



BENEMÉRITA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE PUEBLA

ESCUELA DE BIOLOGÍA

CONTRIBUCIÓN AL CONOCIMIENTO DE UN SAPO EN
PELIGRO DE EXTINCIÓN (*Incilius cristatus*): ECOLOGÍA DE
POBLACIONES, HÁBITAT E HISTORIA NATURAL.

TESIS

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

BIÓLOGO

PRESENTA:

MARCO TULIO OROPEZA SÁNCHEZ

TUTOR:

DR. EDUARDO O. PINEDA ARREDONDO



PUEBLA, PUE.

Julio 2014



BENEMÉRITA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE PUEBLA

ESCUELA DE BIOLOGÍA

**CONTRIBUCIÓN AL CONOCIMIENTO DE UN SAPO EN
PELIGRO DE EXTINCIÓN (*Incilius cristatus*): ECOLOGÍA DE
POBLACIONES, HÁBITAT E HISTORIA NATURAL.**

TESIS QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE

BIÓLOGO

PRESENTA:

MARCO TULIO OROPEZA SÁNCHEZ

TUTOR:

Dr. EDUARDO O. PINEDA ARREDONDO



JULIO, 2014

AGRADECIMIENTOS

A mi tutor el Dr. Eduardo O. Pineda Arredondo, por su ayuda en mi formación profesional, enseñanzas, experiencias y por su apoyo en este trabajo, que es trabajo de ambos.

A la M. en C. María Guadalupe Gutiérrez Mayen por apoyo brindado y por las enseñanzas dentro y fuera del salón de clases.

Al Dr. Rodrigo Macip Ríos por apoyar en mi formación académica, y por las observaciones y recomendaciones en este trabajo.

A CONABIO por financiar el proyecto “Anfibios y Reptiles de las Regiones Chimalapas y Bosques de Coníferas y Bosques Mesófilos de Montaña de Veracruz (JF212)” por el cual logró realizarse este trabajo.

Al personal del INECOL, Policarpo Rozón Pérez por el apoyo en campo y a la M. en C. Adriana Sandoval Comte por la ayuda prestada en el trabajo de campo y por el apoyo para la elaboración del mapa para este trabajo.

A mis amigos que me apoyaron en el trascurso de este trabajo, María Chanel “Rosita” Juárez, Ricardo Luría, Isabel Leticia Hernández, Héctor Moreno Lavín, Antonio de Jesús “El Zorri” Gamboa Vélez, Luis Alfredo Alcaide, Denis Pérez, Flor Gabriela Vázquez, “Dulce” Patricia Hernández López, José Luis Aguilar López, Conrado Nochebuena, Cuauhtémoc Cabrera, Raúl Badillo, César Javier Sánchez Juárez, Ana Karen Castañeda, Alma Guadalupe Vázquez, Mónica Contreras Torres y Miriam Palestina. Para bien o para mal este trabajo también les pertenece, gracias por la ayuda, el apoyo, consejos y montones de buenos momentos.

A la familia Hernández que en Chichiquila, nos brindaron su casa, apoyo y amistad.

A mi familia, que siempre ha estado conmigo apoyando, echándome porras y por supuesto creyendo en mí. Este trabajo, se los debo a ustedes como todo lo

importante en mi vida. Gracias por su paciencia y sobre todo por su amor y confianza.

A toda la banda de la escuela de biología que conocí y compartí durante y después de mi estancia en ella, a todos mis amigos y cómplices de por lo menos alguna travesura.

DEDICATORIA

Con mucho cariño y para

José Andrés “El Piris” Camilo Ibarra

Y Marta “Margarita” Oropeza Rosano

Porque realmente siempre estarán conmigo.

Índice

Resumen	7
Introducción	8
Objetivos.....	11
Metodología.....	12
Especie de estudio.....	12
Área de estudio.....	14
Sitios de Estudio	14
Registro por encuentros visuales	15
Marcaje y recaptura.....	16
Estructura de edades y Proporción de sexos	17
Uso del Hábitat.....	17
Caracterización del hábitat.....	17
Análisis de datos.....	18
Resultados.....	20
Tamaño poblacional.....	20
Estructura de edades y proporción de sexos.....	20
Uso del hábitat	22
Caracterización del hábitat.....	23
Historia Natural	25
Discusión	28
Consideraciones finales.....	32
Anexos	33
Literatura citada	34

Resumen

Debido a la importancia a nivel mundial que tiene el estudio de especies de anfibios que, además de endémicas cuentan con una distribución restringida, se intentó examinar el tamaño poblacional, proporción de sexos, estructura de edad, las características y uso de hábitat del sapo de crestas grandes (*Incilius cristatus*), además de aportar información sobre la historia natural de esta especie. Se estudiaron cuatro poblaciones en la región centro de Veracruz, entre los meses mayo-noviembre del 2013, se combinaron los métodos de encuentro visual y el método de marcaje y recaptura para individuos posmetamórficos, mediante inyección de elastómero y la elaboración de un registro fotográfico, y para evaluar las características del hábitat se realizaron transectos de 4x25m. Al final se obtuvieron 177 registros de *I. cristatus* para esta región, donde más de la mitad de estos fueron individuos juveniles (56.5%). La mayor abundancia fue registrada en el municipio de Atzalan (133 individuos), seguido de Chichiquila (22), Huatusco (16) y Coscomatepec (6). Se encontraron diferencias significativas en cuanto a la estructura de edad entre las cuatro poblaciones ($\chi^2_{0.01, 3} = 240.29, p < 0.01$). Además de encontrarse diferencias en cuanto al uso del hábitat en relación con la etapa de desarrollo y en las características del hábitat de las cuatro poblaciones. Si la abundancia relativa se relaciona directamente con el tamaño poblacional, el resultando sería una alta probabilidad que las poblaciones de Coscomatepec, Huatusco y Chichiquila, respectivamente sean más vulnerables a efectos negativos ambientales, demográficos y estocásticamente genéticos en comparación con Atzalan.

Introducción

Actualmente se estima que a nivel global más de un tercio de las especies de anfibios se encuentran dentro de alguna categoría de riesgo, de acuerdo con la IUCN (2013). Se considera que poco más de 120 especies, desde 1980, han sufrido disminuciones drásticas en sus poblaciones hasta el punto de ser declaradas como extintas (Stuart, *et al.*, 2008). Entre las principales causas de tales disminuciones se encuentran factores como la destrucción del hábitat, contaminación, radiación UV-B, enfermedades, especies introducidas y cambio climático (Ron, *et al.*, 2003; Beebee y Griffiths, 2005; Lötters, *et al.*, 2009).

A nivel mundial existen cuatro familias que contribuyen considerablemente al número de especies en acelerado declive: Leptodactylidae, Hylidae, Ranidae y Bufonidae (Stuart, *et al.* 2004). Actualmente se reconocen 576 especies pertenecientes a la familia Bufonidae (Frost, 2014) de estas, 236 especies, es decir el 41% se encuentran en alguna categoría de riesgo (IUCN, 2013), En México cerca del 60% de la especies de anfibios se consideran amenazadas (Frías-Alvarez, *et al.*, 2010) y la familia Bufonidae, la cual cuenta con 36 especies en nuestro país, tiene diez especies en alguna categoría de riesgo: dos especies en la categoría Vulnerable, siete especies dentro de la categoría de En Peligro (*Endangered*) y sólo una especie En Peligro Crítico o Críticamente Amenazada (*Critically Endangered*) siendo la destrucción del hábitat y la contaminación los principales factores que afectan a estas especies (Camargo-Cruz, 1998; Frías-Álvarez, *et al.*, 2010).

Incilius cristatus (Weigmann, 1833) es la única especie de bufónido en la categoría de Peligro Crítico en nuestro país, según la Lista Roja IUCN (2013). La especie es endémica a México, su distribución se restringe a los bosques mesófilo de montaña en la zona centro de Veracruz y zonas cercanas de Puebla (Mendelson, 1997). La legislación mexicana la incluye en la categoría “Bajo Protección Especial” (SEMARNAT, 2010). La inclusión de *I. cristatus* en la Lista Roja, se debe a que su presencia se estima en menos de 100 km² y el área que ocupa es menor de 10km², su distribución presenta una severa fragmentación y hay una constante disminución

en su área de ocupación, de la calidad de su hábitat, en el número de localidades, así como de individuos maduros (Santos-Barrera, *et al.* 2010).

El trabajo continuo con especies de anfibios cuya distribución se restringe a áreas reducidas es sustancial para reconocer el estado por el que atraviesan sus poblaciones (Beebee y Griffiths, 2005; Vasconcellos y Colli, 2009). Para identificar el estado de vulnerabilidad de la especie son necesarios estudios que sirvan como línea base para reconocer el tamaño de las poblaciones, detectar posibles declives, oscilaciones estables o incluso la extirpación de la especie en las localidades de ocurrencia (Fogarty y Vilella, 2002; Ron, *et al.*, 2003, Buckley y Beebee, 2004; Grafe, *et al.*, 2004; Muths y Scherer, 2011). Además, son necesarios estudios que aporten elementos sobre la historia natural de la especie y aquellos que aborden la relación de la especie con su ambiente.

Desde su descripción por Weigmann (1833), los estudios referentes a *I. cristatus* han estado enfocados principalmente a revisiones taxonómicas y descripciones comparativas (Firschein, 1950; Porter, 1964; Mendelson, 1997; Mendelson, *et al.*, 2011), y debido a que *I. cristatus* es una especie rara de encontrar, prácticamente son inexistentes los estudios enfocados en aspectos ecológicos, incluyendo los relacionados con atributos poblacionales. Entre los años 2008 y 2009 se realizó un estudio con *I. cristatus* en una localidad del municipio de Cuetzalan del Progreso, Puebla, donde se generó información sobre la morfología de *I. cristatus* durante la etapa de larva, se evaluó la densidad poblacional de los renacuajos, se examinó la presencia del hongo *Batrachochytrium dendrobatidis*, se evaluaron los atributos del hábitat acuático, las características de la vegetación, y se estimó la distribución potencial de esta especie (Vázquez-Corzas, 2012). En dicho estudio se aportó información sobre la historia natural de esta especie en etapa larvaria, no se detectó la presencia de *B. dendrobatidis* y se registró sólo un individuo adulto, atribuyendo esto último al hábitat severamente fragmentado. Se calificó a *I. cristatus* como una especie estenoica, debido a su alta especificidad por el hábitat, y las proyecciones sobre su distribución potencial sugieren una intensa transformación del hábitat (más del 60%).

En estudios recientes, entre 2010 y 2012, los cuales evaluaron el estado actual de especies de anfibios en el centro de Veracruz (Meza-Parral y Pineda en prep; Pineda y Aguilar-López en prep.), se registraron pocos individuos adultos de *I. cristatus* en dos localidades. Asimismo, durante exploraciones para registrar la herpetofauna de una localidad del estado de Puebla, en los límites con el estado de Veracruz se detectó un individuo de este sapo en un fragmento de bosque de niebla (Nochebuena-Alcázar, com. pers.).

Estos hallazgos recientes representan una oportunidad para llevar a cabo estudios poblacionales que contribuyan a aumentar el conocimiento sobre una especie de anfibio en peligro crítico, con distribución restringida y al parecer de difícil detección.

Objetivo General

- ❖ Contribuir al conocimiento relacionado con aspectos poblacionales y de hábitat de *Incilius cristatus*

Objetivos Particulares

- ❖ Determinar el tamaño poblacional de la especie en cuatro localidades de su distribución conocida
- ❖ Examinar la estructura de edades dentro de las poblaciones y determinar la proporción de sexos
- ❖ Examinar diferencias del uso de hábitat en relación a la edad
- ❖ Registrar las características del hábitat en las poblaciones estudiadas
- ❖ Describir atributos de la historia natural de la especie observados durante el trabajo de campo.

Metodología

Especie de estudio

Los individuos de *Incilius cristatus* son de tamaño mediano (52.9 ± 2.8 mm en machos y 78.4 ± 9.9 mm en hembras), tienen hábitos terrestres y su desarrollo pasa por un estadio larvario (Mendelson, 1997). El tímpano es reducido, carecen de saco vocal, en comparación con las otras especies que forman parte del complejo *Incilius valliceps* presentan glándulas parotoides muy desarrolladas, además del desarrollo notable de crestas postorbitales. Existe un dimorfismo sexual en la talla y en características morfológicas, siendo las hembras más grandes que los machos, y presentando las hembras maduras las crestas preorbitales (Firschein, 1950; Porter, 1964; Mendelson, 1997). En cuanto a la coloración es predominante en hembras la coloración dorsal café oscuro, además de presentar una línea interrumpida y delgada de color café claro (Figura 1a). En el caso de los machos, estos pueden presentar la región dorsal del cuerpo de color café claro hasta amarillo mostaza, con el vientre de color crema opaco con marcas difusas y esparcidas de color café oscuro (Figura 1b). Por otro lado los ejemplares juveniles pueden presentar coloración gris, café o tonos rojizos en las regiones paraventrales, que llegan a ser gris-café claro a nivel de las verrugas laterales (Mendelson, 1997).

La distribución histórica de *Incilius cristatus* corresponde a la parte central de la Sierra Madre Oriental, en la región centro de Veracruz, dentro de las localidades de Atzalan, Coscomatepec, Huatusco y Xalapa en Veracruz, y Teziutlán, Cuetzalan, y Zacapoaxtla en Puebla. Sin embargo, en la actualidad la mayoría de estas localidades son escasos los registros de *I. cristatus*, llegando a ser nulos aun en la localidad tipo (Xalapa, Veracruz) creyéndose extinta en esta localidad (Mendelson, 1997; Mendelson y Canseco-Marquez, 1998; Stuart, *et al.*, 2008).

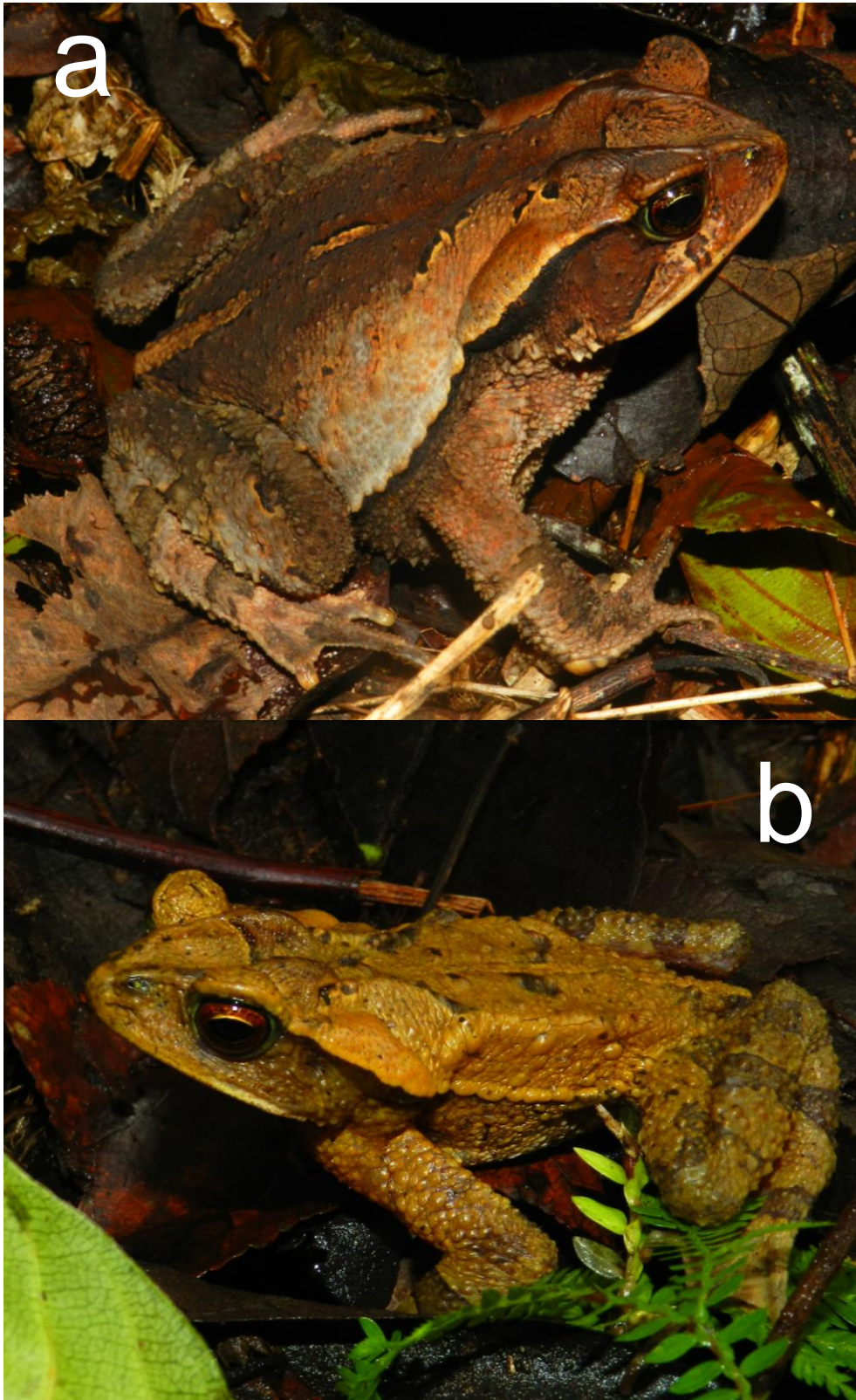


Figura 1. *Incilius cristatus* hembra de la localidad en Atzalan (a) y macho de la localidad en Coscomatepec (b).

Área de estudio

El estudio se llevó a cabo dentro del área originalmente de bosque mesófilo de montaña de la región centro de Veracruz, hacia el oriente del país, y cuya distribución altitudinal de este tipo de vegetación en la región va desde los 600 hasta los 3000 msnm (Cruz-Argón, *et al.* 2010). La precipitación anual total oscila entre los 1500 y los 2000 mm y la temperatura media anual está alrededor de los 18°C (Williams-Linera, 2012). Aunque el lapso de la época seca varía desde 0 hasta 4 meses, durante estos la alta frecuencia de neblinas y la resultante alta humedad atmosférica en combinación con la falta de luminosidad contrarrestan la escases de lluvias en este periodo del año (Rzedowski, 2006). .

Sitios de Estudio

El primer paso para la selección de los sitios de estudio fue considerar localidades donde existían registros recientes de *I. cristatus* así como registros históricos georeferenciados, lo cual se determinó mediante la revisión de las bases de datos de Global Biodiversity Information Facility (www.gbif.org) y Herpnet (www.herpnet.org). Posteriormente, sitios que aun mantuvieran fragmentos de bosque mesófilo y aparentemente poco alterados o perturbados y finalmente se llevaron a cabo recorridos de campo para explorar las localidades y solicitar la autorización de los propietarios de los predios a estudiar o de las autoridades locales.

Al final, se eligieron cuatro localidades (Figura 2), dos de ellas, ubicadas, en los municipios de Huatusco y Coscomatepec, en Veracruz, y una en el municipio de Chichiquila, en Puebla. Estas tres localidades fueron seleccionados a partir de observaciones recientes (entre 2010-2012) de la especie. La cuarta localidad se ubica en el municipio de Atzalan, Veracruz y fue incluida para este estudio, debido a que existían registros históricos de larvas (Mendelson, 1997), posteriormente confirmamos la presencia de esta especie mediante en una visita exploratoria.

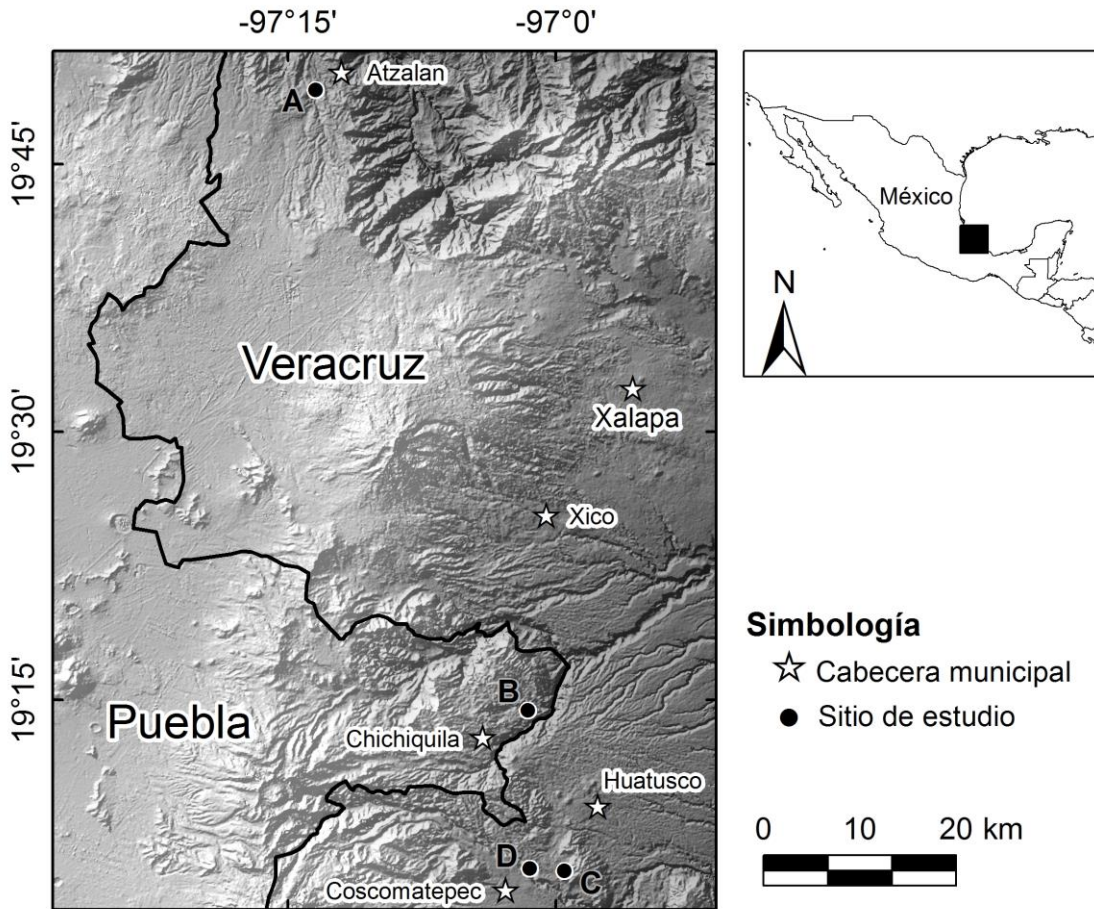


Figura 2. Ubicación de las localidades donde se realizaron los muestreos ;(A) Atzalan, (B) Chichiquila, (C) Huatusco, (D) Coscomatepec.

Para determinar el tamaño poblacional en cada uno de los sitios de estudio, inicialmente se buscaron ejemplares postmetamórficos mediante el método de encuentros visuales y posteriormente se siguió una técnica de marcaje-recaptura.

Registro por encuentros visuales

El trabajo de campo abarcó del mes de mayo a noviembre del 2013, teniendo intervalos de 30 a 45 días entre cada uno de los cinco muestreos. Se utilizó el método de registros por encuentros visuales, expresando el esfuerzo realizado como horas-persona, siendo la técnica de búsqueda más apropiada debido a que *I. cristatus* es una especie rara y considerando además que si este método se repite varias veces en estudios de marcaje-recaptura la densidad puede ser estimada

razonablemente (Heyer, *et al.*, 1994). En cada sitio y durante cada muestreo se realizó un esfuerzo de búsqueda promedio de 50 horas persona. Los horarios de búsqueda fueron vespertinos-crepusculares (entre las 16:00 y 20:00 h aproximadamente) y nocturnos (entre las 21:00 y 01:00 h aproximadamente), durante los dos días de búsqueda. El número de personas que participo en las búsquedas osciló entre tres y cinco, cabe mencionar que al inicio del estudio, se planteó buscar en horario diurno, pero debido a los escasos registros que se generaron durante ese periodo en el primer muestreo, se decidió concentrar la búsqueda en los dos horarios previamente mencionados. El esfuerzo de muestreo fue de 1000 horas-persona de todo el estudio, dividido en 250 horas persona por localidad.

Marcaje y recaptura

Una vez localizados los ejemplares en campo, se capturaron manualmente y se transportaron al campamento en bolsas de polietileno, para la toma de datos. La ubicación de los individuos capturados se georreferenció mediante un GPS Garmin eTrex 30. En el campamento se llevó a cabo el registro fotográfico y marcaje de los ejemplares capturados. Para el registro fotográfico se siguió el protocolo recomendado por Zaffaroni-Caorsi, *et al.* (2012), mediante una cámara digital, haciendo uso del flash incorporado se tomaron tanto la parte ventral como dorsal de cada individuo teniendo alguna referencia del tamaño del ejemplar (cuadrícula con 5 mm de precisión). Considerando la calidad de la foto se tomaron de tres a cuatro imágenes del ejemplar limpio (para evitar pasar por alto marcas oscuras) y seco (para evitar el reflejo del flash), de las imágenes tomadas se seleccionaron las que tuvieron mayor similitud con la coloración real del ejemplar para ser utilizadas en los reconocimientos posteriores. El marcaje de los individuos se llevó a cabo mediante la inyección de un Implante de Elastómero Visible siguiendo la metodología de Hoffman, *et al.* (2008), utilizando el código de numeración de Donnelly (1989) citado por Heyer, *et al.* (1994).

Estructura de edades y Proporción de sexos

Para examinar la estructura de edades se utilizaron el peso tomado con dinamómetros de 10g (± 0.1 g), 30g (± 0.25 g) y 100(± 1 g) y la LHC medida con un calibrador de precisión de 0.01mm, con el fin de categorizar a cada individuo en alguna etapa de desarrollo (Juvenil o Adulto), tomando como referencia lo reportado por Mendelson (1997). La determinación de la proporción de sexos de las poblaciones estudiadas se llevó a cabo mediante el análisis de la morfología de los individuos encontrados, considerando caracteres sexuales secundarios como la cresta preorbital en hembras y las excrescencias nupciales en machos.

Uso del Hábitat

Para definir el uso del hábitat en las diferentes etapas de desarrollo, se tomaron los datos de humedad y temperatura ambientales donde cada individuo fue capturado, además se utilizaron los datos georreferenciados de cada individuo y se calculó tanto la distancia al cuerpo de agua corriente más cercano como la distancia al borde más cercano del fragmento.

Caracterización del hábitat

Para caracterizar la vegetación, se realizaron diez transectos de 25x4 metros (1000 m² en total) en cada sitio durante el último muestreo, en los que se midió la densidad arbórea considerando sólo individuos que presentaron un diámetro a la altura del pecho (DAP) mayor o igual a 15 cm, tomado con una cinta métrica (± 0.1 cm), se calculó el área basal y se estimó la altura de los árboles mediante estimación visual con ayuda de dos metros de madera. Paralelamente se midió la cobertura de dosel mediante fotografías digitales tomadas en tres puntos de cada transecto, al principio, en medio y al final. Las fotografías del dosel fueron analizadas siguiendo la metodología propuesta por Korhonen, *et al.* (2006) haciendo uso del software ImageJ versión 1.43 para calcular el porcentaje de cobertura del dosel. En cinco transectos de cada sitio se tomaron 15 mediciones de hojarasca, cinco al inicio, en medio y al final, y en los cinco transectos restante se tomó sólo una medida en cada sección (inicio, en medio y final). Adicionalmente se identificaron los fragmentos trabajados mediante Google Earth, para

consiguientemente calcular el área total trabajada en cada localidad haciendo uso del software ArcView 3.2 (Esri, 1999).

Análisis de datos

Para calcular el tamaño de la población en cada sitio de estudio utilizamos, mediante software MARK, el modelo Jolly-Seber para poblaciones abiertas (Krebs, 1999) de acuerdo a la fórmula:

$$\hat{N}_t = \frac{\hat{M}_t}{\hat{\alpha}_t}$$

Donde

\hat{N}_t = Tamaño estimado de la población justo antes del muestreo en el tiempo t .

\hat{M}_t = Tamaño estimado de la población marcada justo antes del muestreo del tiempo t .

$\hat{\alpha}_t$ = Proporción de los animales marcados.

El modelo Jolly-Seber se basa en las siguientes suposiciones: 1) todos los individuos tienen la misma probabilidad ($\hat{\alpha}_t$) de ser capturados en el t -ésimo muestreo, independientemente si está marcado o no, 2) cada individuo marcado tiene la misma probabilidad ($\hat{\phi}_t$) de sobrevivir desde el t -ésimo al $(t+1)$ -ésimo muestreo, 3) los individuos no pierden las marcas, y las marcas no se pasan por alto al ser capturados y, 4) el tiempo de muestreo es insignificante en relación al intervalo entre muestreos.

Para examinar si la abundancia de *I. cristatus* era independiente del sitio estudiado se llevó a cabo una prueba de bondad de ajuste (χ^2) considerando la abundancia esperada como abundancia total observada dividida entre el número de localidades estudiadas. Asimismo se realizó una tabla de contingencia para analizar las

diferencias en la estructura poblacional entre los sitios estudiados. Por otro lado se realizó una prueba de T para corroborar el dimorfismo sexual anteriormente reportado (Zar, 1999).

Para comparar el uso de hábitat y para analizar los datos de humedad y temperatura entre categorías de edad (adultos y juveniles), se utilizó una prueba de T , y mediante la prueba de Mann-Whitney se analizaron tanto los datos de cercanía a cuerpos de agua, como ubicación de los organismos con respecto al borde del fragmento de bosque más cercano.

Con respecto al hábitat, para cada sitio se calculó la media y desviación estándar de los atributos de este (Profundidad de hojarasca, Cobertura del dosel, Altura de los árboles y el DAP de éstos), para posteriormente ser analizadas por separado entre las cuatro localidades mediante un análisis de varianza (ANOVA) y finalmente se realizó una prueba de Tukey para definir qué grupos diferían significativamente. Todos los análisis estadísticos fueron realizados en el programa PAST 2.17.

Resultados

Se registraron 177 individuos de *Incilius cristatus* dentro de las cuatro localidades pertenecientes a los estados de Veracruz y Puebla, resultando el sitio ubicado en el municipio de Atzalan con el mayor número de individuos registrados (133), seguido por los de Chichiquila (22), Huatusco (16) y finalmente el de Coscomatepec (seis individuos, ver Figura 4). Del total de individuos detectados, 175 fueron marcados y registrados fotográficamente y dos no pudieron ser capturados, 167 fueron marcados mediante el implante de elastómero y liberados sin ninguna dificultad, los ocho individuos restantes capturados durante el último muestreo no fueron marcados debido a que fueron encontrados en amplexo, por lo que solamente fueron integrados al registro fotográfico.

Tamaño poblacional

El tamaño de la población no pudo ser calculado mediante el modelo Jolly-Seber, como inicialmente se planteó, debido al escaso número de recapturas en los casos de Huatusco (una recaptura) y Atzalan (cuatro recapturas) y nulos en los sitios restantes. Aún en Atzalan donde se registró el mayor número de individuos, el número de recapturas no fue suficiente para estimar el tamaño poblacional.

Se encontró que la abundancia observada de *I. cristatus* varió en función del sitio de estudio ($\chi^2_{0.01, 3} = 240.29, p < 0.01$). Cuando se relacionó el número de individuos registrados en función del esfuerzo de muestreo se observó una tasa de encuentro de 17.7 individuos por cada 100 horas-persona, no obstante a nivel de sitio, se detectaron diferencias en la tasa de encuentro en las cuatro localidades. En Atzalan se registraron 52.4 individuos por cada 100 horas de búsqueda, el segundo lugar fue Chichiquila con 8.8, seguido por Huatusco con 6.4 y finalmente Coscomatepec, donde se registró la menor tasa de encuentro, con 2.4 individuos por cada 100 horas-persona de búsqueda.

Estructura de edades y proporción de sexos

En el conjunto de sitios estudiados se detectó que, más de la mitad de los individuos capturados fueron juveniles (56.5%), y que la proporción de machos adultos (21.5%) y hembras adultas (22%) fue muy parecida. No obstante a nivel

local, la estructura poblacional de cada sitio de estudio fue diferente ($\chi^2_{0.01, 6}=76.06$, $p<0.01$). Casi dos terceras partes de los individuos en Atzalan fueron individuos en estadio juvenil (63%), siendo casi el doble del número de registros de individuos adultos (37%). De estos últimos, las hembras representaron el 26% y los machos el 11%. En Chichiquila de manera similar lo juveniles representaron más de la mitad de los registros (59%) complementados por un 41% de adultos, sin embargo en esta localidad no se registraron machos adultos. En contraste, en Huatusco casi todos los registros fueron de adultos (94%), específicamente hembras. Por último, en Coscomatepec, donde se obtuvo la menor abundancia, el número de individuos adultos fue el doble (66.7%) que de juveniles (33.3%; Figura 3).

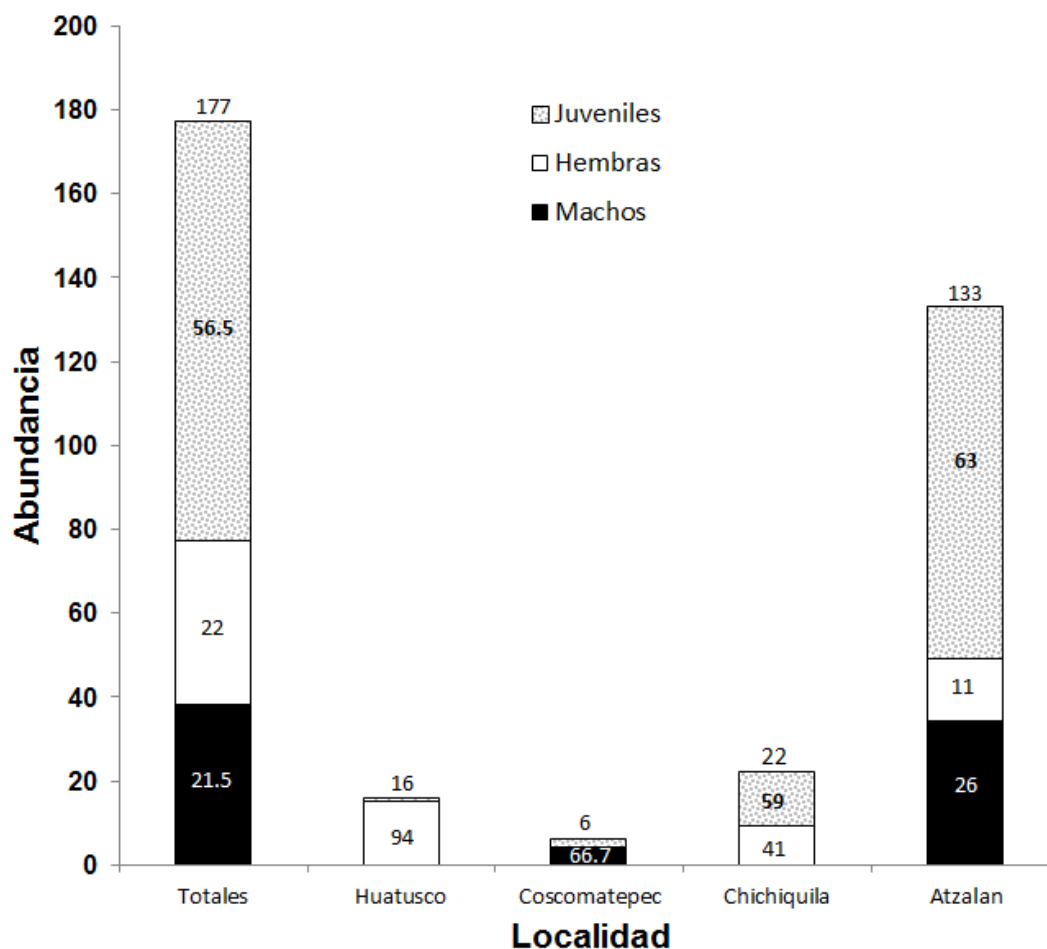


Figura 3. Abundancia de *I. cristatus* en cuatro localidades de la región centro de Veracruz, se muestra el número total de registros (sobre cada columna), así como la proporción de individuos juveniles y adultos de cada sexo (valores en el interior de cada columna).

Uso del hábitat

Las condiciones del hábitat (datos de temperatura y humedad relativa) se relacionaron con la actividad de *I. cristatus* durante el periodo de muestreo (crepúsculo-noche), el intervalo de temperatura fue de 13.4 a 23.4 °C y la humedad relativa varió desde 65 a 99%(Figura 4a). Siendo los organismos juveniles los que estuvieron presentes en las condiciones con los valores más extremos de estos intervalos, sin embargo, no se encontraron diferencias significativas entre las condiciones de humedad ($t=0.254$, $p=0.81$), ni temperatura ($t= -2.793$, $p=0.69$) ocupadas por ambos estadios de desarrollo.

La ubicación de los individuos de cada categoría de edad con respecto al río (distancia al río), mostró diferencias entre juveniles y adultos ($U= 1137$, $Z= -4.604$, $p<0.01$), la distribución de los organismos adultos varió entre 0 a 260m al cuerpo de agua más cercano, el 97% de los registros fueron a menos de 110m. Por otro lado individuos juveniles ubicados entre un intervalo de 0 a 290m, presentaron una mayor variación en la distancia al cuerpo de agua (Figura 4b).

Con relación a la ubicación de los individuos en función de la distancia al borde más cercano del fragmento, también se encontró una diferencia entre organismos juveniles y adultos ($U=1502$, $Z= -6.262$, $p<0.01$). Los adultos presentaron una mayor cercanía al fragmento siendo 15m la distancia más alejada de este, y adentrándose hasta más de 270 metros de este. En cambio los juveniles, hacia el interior de los fragmentos se ubicaron de manera similar que los adultos, y en el exterior fueron registrados a una distancia más apartada en comparación con los adultos (124m; Figura 4c).

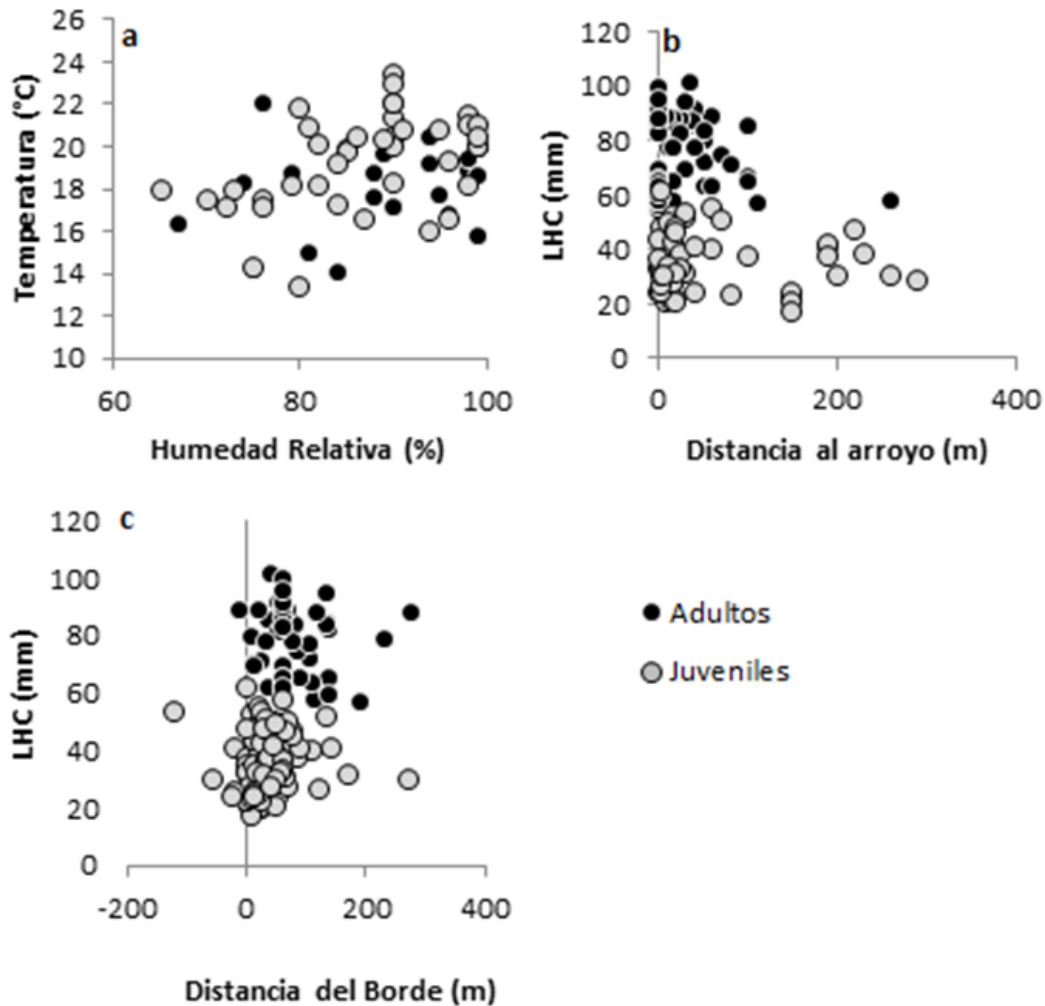


Figura 4. Condiciones microclimáticas y distribución espacial de los individuos de *I. cristatus* registrados en cuatro localidades de estudio a) Relación temperatura-humedad en función de la edad del individuo; b) Ubicación de los individuos y su edad con respecto al arroyo; y c) ubicación de los individuos y su edad con respecto al borde del fragmento del bosque (los valores negativos en la abscisa representan la ubicación fuera del fragmento).

Caracterización del hábitat

La cobertura del dosel del conjunto de sitios donde se registró a *I. cristatus* varió entre 34 y 98%, entre sitios se observaron diferencias en la cobertura del dosel, siendo Chichiquila el sitio que difirió significativamente del resto de los sitios y cuya cobertura fue más baja ($F_{3,116}=11.15$, $p<0.05$, ver Figura 5a).

Los valores para la profundidad de hojarasca registrada para los cuatro sitios estuvieron entre 0 y 12cm, siendo en este caso Atzalan donde se registraron los valores más grandes y la que difiere de las demás localidades ($F_{3,356}=13.93$, $p<0.05$, ver Figura 5b).

En el hábitat de *I. cristatus* se encontraron diferencias tanto en el promedio del DAP de los árboles como en la altura de estos. Los municipios de Coscomatepec y Huatusco fueron los que presentaron los valores más altos de DAP (50 ± 31 y 40 ± 29 cm respectivamente), siendo estos dos municipios significativamente diferentes de los municipios de Chichiquila y Atzalan ($F_{3,141}=12.11$, $p<0.01$, ver Figura 5c). En cuanto a la altura de los árboles se encontraron diferencias significativas, donde el municipio de Huatusco presentó los valores más altos y Atzalan presentó los valores más bajos ($F_{3,141}=10.39$, $p<0.01$, ver Figura 5d).

En cuanto al área basal, el municipio de Coscomatepec presentó el mayor valor ($8.35\text{m}^2/1000\text{m}^2$) seguido por Huatusco ($6.8\text{m}^2/1000\text{m}^2$), Atzalan ($2.41\text{m}^2/1000\text{m}^2$) y Chichiquila ($2.01\text{m}^2/1000\text{m}^2$). El municipio con la mayor densidad arbórea de individuos con una DAP mayor a 15cm fue Atzalan ($50/1000\text{m}^2$), seguido por Huatusco ($35/1000\text{m}^2$) y finalmente los municipios de Chichiquila y Coscomatepec ($30/1000\text{m}^2$). Por último, área de los fragmentos de cada localidad fue similar en Atzalan (64.4hm^2), Chichiquila (75.3hm^2) y Coscomatepec (83.8hm^2), resaltando el fragmento en la localidad de Huatusco, siendo mayor en cuanto a área (124.1hm^2).

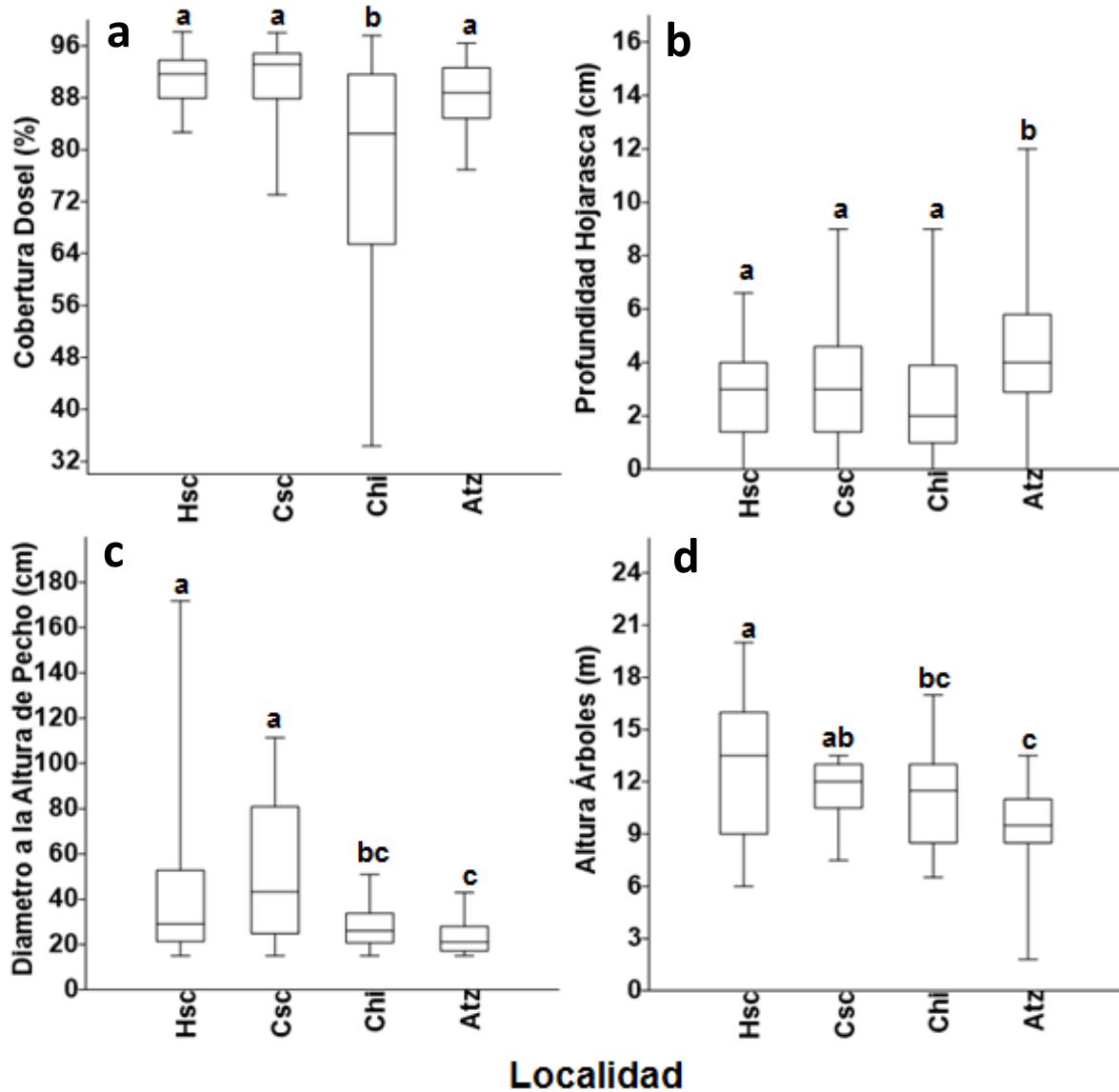


Figura 5. Variación de cuatro atributos ambientales en sitios con presencia de *I. cristatus*. Los sitios que difieren en atributos están representados con diferente letra (a, b, c, d). Huatusco (Hsc); Coscomatepec (Csc); Chichiquila (Chi) y Atzalan (Atz).

Historia Natural

La talla (LHC) de los organismos juveniles varió entre 53.8 y 17.7mm siendo la media 33 ± 9 mm. Con respecto a los adultos se encontraron diferencias significativas entre sexos ($t=12.723$, $p<0.05$), donde las hembras fueron notablemente más grandes (83 ± 10 mm) que los machos (61 ± 3 mm).

Con los datos de recapturas obtenidos se pudo calcular la tasa de crecimiento de cinco individuos, observando que esta osciló entre 8.1 y 3.1% en individuos cuya talla inicial fue de 50.2 y 28.8mm, respectivamente (Anexo 1).

Al analizar la relación talla-peso de los organismos, se detectó que las hembras, quienes generalmente fueron más grandes, tuvieron una mayor variación en biomasa (medida como peso fresco, ver Figura 6)

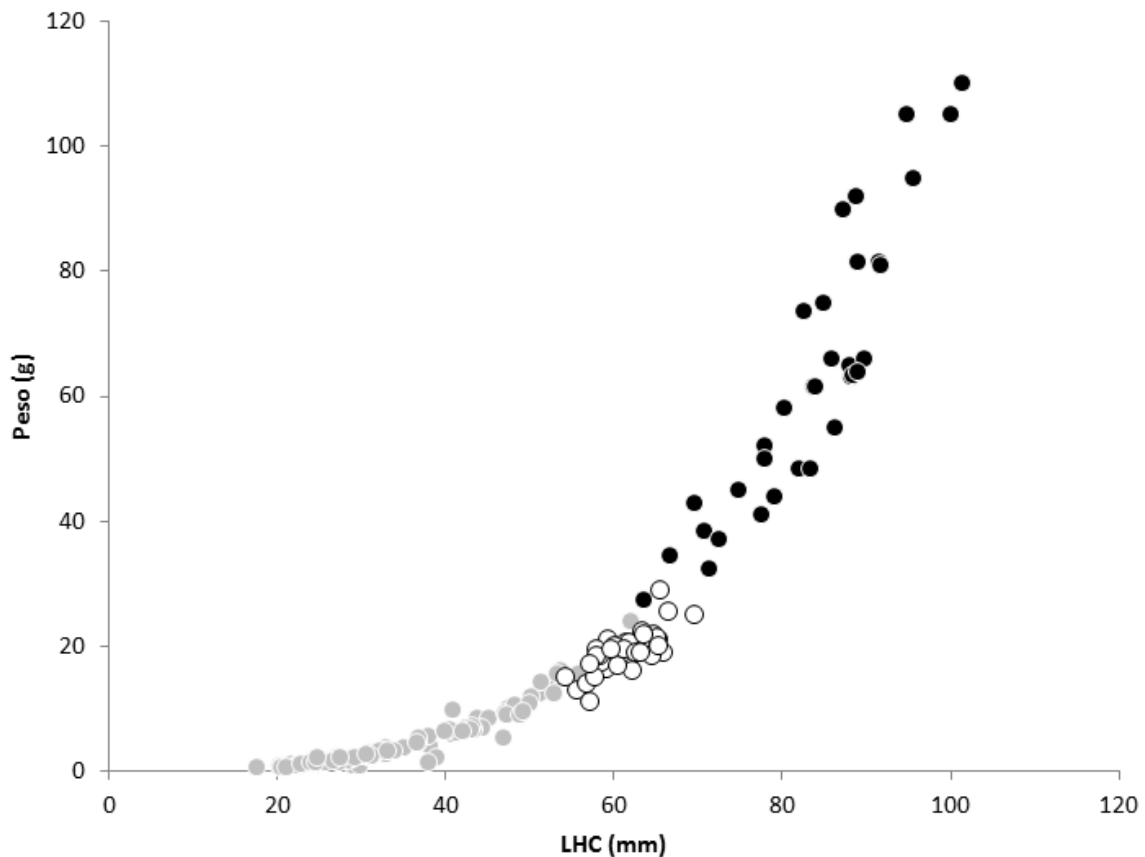


Figura 6. Relacion Peso-Talla de *Incilius cristatus* para cada categoria (Hembras (●), Machos (○), Juveniles (●)).

En la población de Atzalan se encontraron organismos en amplexo (Figura 7) a finales de la época de muestreo (noviembre), con una relación promedio de tamaño

de la hembra: tamaño del macho de 1.44 (Anexos 2). Cabe mencionar que durante ese último muestreo, a pesar de observar varias parejas en amplexo, no se escucharon vocalizaciones por parte de los machos.



Anexo 3. Pareja de *I. cristatus* perteneciente a la población de Atzalan, Ver., en amplexo.

Discusión

Los resultados de este trabajo confirman la permanencia de *I. cristatus* en cuatro fragmentos de bosque de niebla con registros previos, sin embargo, la abundancia entre las poblaciones estudiadas fue notablemente variable, oscilando entre seis y 133 individuos. De hecho este último valor es el más alto registrado (como individuos postmetamórficos: juveniles y adultos) con respecto a cualquier estudio. Asimismo, las diferencias tanto en la estructura como en la proporción de sexos entre poblaciones, junto con las variaciones en abundancia, sugieren que los fragmentos de bosque de niebla donde habita *I. cristatus*, a pesar de estar poco o moderadamente perturbados, difieren notablemente con respecto a los atributos ambientales que determinan la sobrevivencia, reproducción y dinámica de los individuos en la población. Adicionalmente, las diferencias poblacionales, permiten inferir que la población cercana a Coscomatepec es la más propensa a desaparecer en un futuro inmediato, en contraste con la población de Atzalan, donde se observaron mucho más individuos y donde proporcionalmente hubo más juveniles. .

La baja abundancia y la alta variabilidad en la detección, propia de los organismos considerados “raros”, resulta en una baja detección en los cambios de tamaño poblacional (Goldberg y Schwalbe, 2004) haciendo más complicada una inferencia de su condición actual. Los estimadores de tamaño poblacional representan una ventaja de poder calcular la variación de la población a lo largo del tiempo (Scherer, *et al.*, 2008), sin embargo se necesita de un gran esfuerzo de muestreo durante un periodo de tiempo considerable para obtener los datos apropiados para su uso (Beebee y Griffiths, 2005; Goldberg y Schwalbe, 2004). Si bien, en el presente trabajo no se obtuvieron las suficientes recapturas para usar algún estimador y calcular el tamaño poblacional de alguna de las cuatro poblaciones, si fue posible registrar la abundancia sin sobreestimarla, ya que se marcaron los individuos y se relacionó con el esfuerzo de muestreo aplicado. De esta manera se valida la comparación entre poblaciones y se genera una línea base para estudios

comparativos, ya sea en otro momento en los mismos sitios o bien en otras localidades, lo cual es imprescindible para evaluar de manera continua la tendencia poblacional de las especies de anfibios en general y en particular de aquellas en situación de riesgo (Blaustein, *et al.* 1994; Stuart, 2007).

Si la abundancia relativa se relaciona directamente con el tamaño poblacional (en este caso expresada en tasa de encuentro) el resultando sería una alta probabilidad que las poblaciones de Coscomatepec, Huatusco y Chichiquila, respectivamente sean más vulnerables a efectos negativos ambientales, demográficos y estocásticamente genéticos (Purvis, *et al.*, 2000) en comparación con Atzalan.

La mayor abundancia en Atzalan, puede verse relacionada con la alta densidad arbórea, por otro lado difícilmente se ve afectada por el área basal y el tamaño del fragmento estudiado, debido a que en esta localidad se presentó uno de los menores valores para estas dos variables. Por lo que se considera que las características de microhábitat, probablemente la profundidad de la hojarasca y la cobertura del dosel, resultado de un mayor número de árboles maduros en comparación con los otros tres sitios, actué generando condiciones viables para la presencia de estos organismos (Murcia, 1995; Rothermel y Semlitsch, 2006; Rittenhouse y Semlitsch, 2006; Rittenhouse, *et al.*, 2008).

Excluyendo a la población de Atzalan, el escaso número de juveniles en las tres poblaciones restantes puede tener varias causas. Se descarta la variación en la detectabilidad relacionada con el estadio de desarrollo (Fong, *et al.*, 2010), debido a que la diferencia en el número de registros en comparación con Atzalan es muy grande, además las características del hábitat en esta última localidad podrían ofrecer menor variación en las condiciones de microhábitats disponibles como refugios (Rittenhouse, *et al.*, 2008). Esta etapa de desarrollo tiene un papel muy importante, ya que durante este estadio se produce la mayor tasa de movilidad, como se infiere a partir de los resultados de este trabajo, dando como consecuencia la colonización y/o reclutamiento en diferentes hábitats (Cushman, 2006; Griffiths, *et al.*, 2010; Pittman, *et al.*, 2014). Sin embargo, una alta tasa de

mortandad en los primeros meses de desarrollo post metamórfico además de un mayor intervalo de movilidad, podría explicar estas diferencias negativas (Grafe, *et al.*, 2004; Rothermel y Semlitsch, 2006; Rittenhouse y Semlitsch, 2006; Rittenhouse, *et al.*, 2008). Específicamente en la familia bufonidae existe evidencia de este fenómeno (Blair, 1953; Zug y Zug, 1979; Todd y Rothermel, 2006). Tomando en cuenta la distribución de los individuos juveniles respecto a los fragmentos de hábitat, las diferencias poblacionales pueden ser el resultando de la baja abundancia registrada debido a la movilidad a través de hábitats alterados drásticamente (cultivos, potreros, carreteras), reduciendo aún más la tasa de supervivencia debido a depredación y a su relativamente baja tolerancia a condiciones de estrés hídrico y térmico, afectando la tasa de reclutamiento y por ende la persistencia de la población (Cogalniceanu y Miaud, 2003; Rothermel y Semlitsch, 2006; Rittenhouse y Semlitsch, 2006).

La proporción de sexos fue diferente en cada población, en Atzalan y Coscomatepec ésta resultó inclinada hacia los machos, considerado esto común en especies terrestres (Zug y Zug, 1979; Höglund, 1989; Wagner y Sullivan, 1992; Vasconcellos y Colli, 2009). La no detección de adultos de los dos sexos durante el periodo de estudio en tres de las localidades exploradas, podría estar relacionado con el comportamiento y hábitos estacionales influenciados por la época no reproductiva (Fogarty y Vilella, 2002), o por efecto de los diferentes factores tanto bióticos como abióticos en cada sitio. Se ha registrado que ante la existencia de dimorfismo sexual en tamaño, normalmente difiere la respuesta al ambiente (Gray y Smith, 2005; Lu, *et al.*, 2006; Young y Schmetterling, 2009), observando que hembras más grandes, podrían ser menos afectadas por estrés hídrico y térmico (Grafe, *et al.*, 2004), resultando en una mayor resistencia a hábitats alterados y lo que les permitiría aumentar su intervalo de movilidad, explicando esto la baja tasa de recapturas en todos los sitios (Schwarzkopf y Alford, 2002; Fong, *et al.*, 2010). Por otro lado, el aumento de talla en anfibios puede elevar la resistencia al ayuno (Bidau, *et al.*, 2011), y un mayor tamaño de las glándulas parotoides, influye en la probabilidad de evadir depredadores eficientes (Zug y Zug, 1979), ambos factores pueden tener un efecto positivo en la tasa de supervivencia, reflejada en este caso

un mayor número de capturas como es el caso de Huatusco y Atzalan. Tomando en cuenta la ubicación espacial de los organismos en etapa adulta en relación con los fragmentos de vegetación y la distancia al arroyo, se refleja una dependencia de estos para su reproducción y una filopatría al elegir hábitats que ofrezcan una mayor estabilidad de recursos entre cada evento reproductivo como se ha registrado en múltiples trabajos con anfibios (Pröhl, 2002; Muths, *et al.*, 2006; Todd, *et al.* 2009; Liang y Stohlgren, 2011).

Consideraciones finales

Para llevar a cabo trabajos futuros con *I. cristatus*, particularmente con aspectos poblacionales, sería recomendable ampliar el periodo de estudio, tanto a un ciclo anual completo, como a varios anuales, ya que los resultados de este trabajo se limitan a una ventana temporal menor a un año. Con un periodo de tiempo más prolongado se podría calcular el tamaño poblacional, estudiar tendencias poblacionales, definir la tasa de crecimiento con relación a la época y al estadio de desarrollo, y esclarecer en qué magnitud la variación de características ambientales afecta la dinámica de las poblaciones. Asimismo, es conveniente ampliar la ventana espacial del estudio, aumentando el número de fragmentos de bosque por estudiar e incluso incursionar en ambientes modificados parcialmente, como los cafetales con sombra, característicos de la región los cuales han sido calificados como apropiados para una porción de la diversidad de anfibios de la región, pero aun no para *I. cristatus* (Pineda y Halffter, 2004). Por otro lado sería pertinente analizar de manera particular las amenazas que enfrenta la especie, además de la pérdida de hábitat, como el hongo quitridio o la contaminación. De igual manera realizar estudios enfocados a la reproducción de esta especie, debido a que se reproduce a finales de la época húmeda, periodo en el cual se nota la disminución drástica de la temperatura, siendo este comportamiento muy poco común en las especies de la zona. Adicionalmente, sería interesante analizar la diversidad genética dentro y entre el conjunto de poblaciones, para evaluar su nivel de heterocigocidad y examinar el riesgo de extinción local de cada una.

Finalmente y en un contexto de conservación los escasos registros de *I. cristatus* que existían desde su descripción dieron como resultado que se catalogara como una especie rara en la mayoría de los trabajos. Ahora con los datos generados en Vásquez-Corzas (2012) como los de este trabajo incluyendo lo referente a historia natural, es posible actualizar la información sobre este sapo en peligro y confirmar o quizá reconsiderar, la categoría de amenaza asignada tanto por la UICN, como por la NOM-059-2010 y con ello establecer estrategias de conservación acordes al escenario actual.

Anexos

Anexo 1. Tasa de crecimiento de los individuos recapturados, donde se reporta el crecimiento en mm por día, mes y su proporción por mes.

Individuo	Localidad	LHC1(mm)	LHC2(mm)	Crecimiento promedio por día (mm)	% de crecimiento por mes
7	Huatusco	87.25	94.8	0.22	7.6
58	Atzalan	50.2	52.9	0.14	8
32	Atzalan	43.3	47.8	0.12	8
45	Atzalan	25.4	27.5	0.04	4.1
47	Atzalan	28.8	30.6	0.03	3.1

Anexo 4. Talla de machos y hembras encontrados en amplexo y proporción del tamaño de las hembras respecto al de machos

LHC Machos (mm)	LHC Hembras (mm)	Relación LHC
61.2	91.7	1.50
65.9	83.3	1.26
65.4	100.1	1.53
62.6	95.7	1.53
63.2	88	1.39

Literatura citada

Beebee, T. J. C., y R. A. Griffiths. 2005. The amphibian decline crisis: a watershed for conservation biology? *Biological Conservation* 125: 271-285.

Bidau, C. J., Marti, D. A. y D. Baido. 2011. Inter-and intraspecific geographic variation of body size in South American redbelly toads of the genus *Melanophryniscus* Gallardo, 1961 (Anura: Bufonidae). *Journal of Herpetology* 45: 66-74.

Blair, W. F. 1953. Growth, dispersal and age at maturity of the mexican toad (*Bufo valliceps*, Wiegmann). *Copeia* 1953: 208-212.

Blaustein, A. R., Wake, D. B. y W. P. Sousa. 1994. Amphibian declines: judging stability, persistence, and susceptibility of populations to local and global extinctions. *Conservation Biology* 8: 60-71.

Buckley, J. y T. J. C. Beebee. 2004. Monitoring the conservation status of an endangered amphibian: the natterjack toad *Bufo calamita* in Britain. *Animal Conservation* 7:221-228.

Camargo-Cruz, E. 1998. Determinación de metales pesados en el anfibio *Bufo valliceps* en la zona agrícola de Meztitlan Hidalgo. *Boletín de la Sociedad Herpetológica Mexicana* 8:21.

Canseco-Márquez L. y M.G. Gutiérrez-Mayén. 2006. Herpetofauna del municipio de Cuetzalan del Progreso, Puebla. En: Ramírez-Bautista A, Canseco-Márquez L, Mendoza-Quijano F (eds) *Inventarios herpetofaunísticos de México: Avances en el conocimiento de su biodiversidad*. Publicaciones de la Sociedad Herpetológica Mexicana No. 3, Distrito Federal, México.

Cogalniceanu, D. y C. Miaud. 2003. Population age structure and growth in four syntopic amphibian species inhabiting a large river floodplain. *Canadian Journal of Zoology* 81:1096-1106.

Cruz-Argón, A., Escobar-Sarria, F., Gerez-Fernández, P., Muñiz-Castro, M. A., Ramírez-Ramírez, F. y G. Williams Linera. 2010. Resultados, V. Centro de Veracruz. En: Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. *El Bosque Mesófilo de Montaña en México: Amenazas y Oportunidades para su Conservación y Manejo Sostenible*. Pp. 80-87. México D.F., México.

Cushman, S. A. 2006. Effects of habitat loss and fragmentation on amphibians: A review and prospectus. *Biological Conservation* 128: 231-240.

- ESRI. 1999. ArcView GIS 3.2. Environmental Systems Research Institute, Inc. New York.
- Firschein, I. L. 1950. A new toad from México with a redefinition of the *cristatus* group. *Copeia* 1950: 81-87.
- Fogarty, J. H. y F. J. Vilella. 2002. Population dynamics of *Eleutherodactylus coqui* in cordillera forest reserves of Puerto Rico. *Journal of Herpetology* 36: 193-201.
- Fong G, A., Hero, J-M., Viña, R. e I. Bignotte-Giró. 2010. Population ecology of the riparian frog *Eleuthedactylus cuneatus* in Cuba. *Biotropica* 42: 348-354.
- Frías-Alvares, P., Zúñiga-Vega, J.J. y O. Flores-Villela. 2010. A general assessment of the conservation status and decline trends of Mexican amphibians. *Biodiversity and Conservation* 19: 3699-3742.
- Frost, D. R. 2014. Amphibian species of the world: an Online Reference. Version 6.0 (Date of access). Electronic Database accessible at <http://research.amnh.org/herpetology/amphibia/index.html>. American Museum of Natural History, New York, USA.
- Goldberg, C. S., y C. R. Schwalbe. 2004. Considerations for monitoring a rare anuran (*Eleutherodactylus augusti*). *The Southwestern Naturalist* 49: 442-448.
- Grafe, T., Kaminsky, S. K., Bitz, J. H., Lussow, H. y K. E. Linsenmair. 2004. Demographic dynamics of the afro-tropical pig-nosed frog, *Hemisus marmoratus*: effects of climate and predation on survival and recruitment. *Oecologia* 141: 40-46.
- Gray, M. J. y L. M. Smith. 2005. Influence of land use on postmetamorphic body size of playa lake amphibians. *Journal of Wildlife Management* 69: 515-524.
- Griffiths, R. A., Sewell, D. y R. S. McCrea. 2010. Dynamics of a declining amphibian metapopulation: survival, dispersal and impact of climate. *Biological Conservation* 143: 485-491.
- Heyer, W. R., Donnelly, M. A., McDiarmid, R. W., Hayek L. C. y M. S. Foster. 1994. Measuring and monitoring biological diversity: standard methods for amphibians. Smithsonian Books.
- Hoffman, K., McGarrity, M. E. y S. A. Johnson. 2008. Technology meets tradition: A combined VIE-C technique for individually marking anurans. *Applied Herpetology* 5:265-280.
- Höglund, J. 1989. Pairing and spawning patterns in the common toad, *Bufo bufo*: the effects of sex ratios and the time available for male-male competition. *Animal Behavior* 38: 423-429.

IUCN 2013. The IUCN Red List of Threatened Species. Version 2013.2. <<http://www.iucnredlist.org>>. Downloaded on 21 November 2013

Korhonen, L., Korhonen, K.T., Rautiainen, M. y P. Stenberg. 2006. Estimation of forest canopy cover: a comparison of field measurement techniques. *Silva Fennica* 40: 577–588.

Krebs, C. J. 1999. *Ecological Methodology*. 2da Edición. University of British Columbia.

Liang, C.T. y T. J. Stohlgren. 2011. Habitat suitability of patch types: a case study of Yosemite toad. *Front Earth Science* 5: 217-228.

Lötters, S., Kielgast, J., Bielby, J., Schmidlein, S., Bosch, J., Veith, M., Walker, S. F., Fisher, M. C. y D. Rödder. 2009. The link between rapid enigmatic amphibian decline and the global emerging chytrid fungus. *EcoHealth* 6: 358-372.

Lu, X., Li, B., y J. J. Liang. 2006. Comparative demography of a temperate anuran, *Rana chensinensis*, along a relatively fine elevational gradient. *Canadian Journal of Zoology* 84: 1789-1795.

Mendelson III, J. R. 1997. A new species of toad (Anura: Bufonidae) from Oaxaca, México with comments on the status of *Bufo cavifrons* and *Bufo cristatus*. *Herpetologica* 53: 268-286.

Mendelson III, J. R. y L. Canseco –Márquez. 1998. *Bufo cristatus*. México: Puebla: Zacapoaxtla; Apulco, Cascada La Gloria. *Herpetological Review* 29: 106.

Mendelson III, J. R., Mulcahy, D. G., Williams, T. S. y J. W. Sites Jr. 2011. A phylogeny and evolutionary natural history of mesoamerican toads (Anura: Bufonidae: *Incilius*) based on morphology, life history and molecular data. *Zootaxa* 3138: 1-34.

Murcia, C. 1995. Edge effects in fragmented forests: implications for conservation. *Trends in Ecology & Evolution* 10: 58-62.

Muths, E. y R. D. Scherer. 2011. Effects of Weather on survival in populations of boreal toads in Colorado. *Journal of Herpetology* 42: 508-517.

Muths, E., Scherer, R. D., Corn, P. S. y B. A. Lambert. 2006. Estimation of temporary emigration in male toads. *Ecology* 87: 1048-1056.

Pineda, E. y G. Halffter. 2004. Species diversity and hábitat fragmentation: frogs in a tropical montane landscape in Mexico. *Biological Conservation* 117: 499-508.

- Pittman, S. E., Osbourn, M. S. y R. D. Semlitsch. 2014. Movement ecology of amphibians: A missing component for understanding population declines. *Biological Conservation* 169: 44-53.
- Porter, K. R. 1964. Morphological and mating call comparisons in *Bufo valliceps* complex. *American Midland Naturalist* 71: 232-245.
- Pröhl, H. 2002. Population differences in female resource abundance, adult sex ratio, and male mating success in *Dendrobates pumilio*. *Behavioral Ecology* 13: 175-181.
- Purvis, A., Gittleman, J. L., Cowlishaw y G. M. Mace. 2000. Predicting extinction risk in declining species. *Proceeding of The Royal Society B* 267: 1947-1952.
- Rittenhouse T. R. A. y R. D. Semlitsch. 2006. Grassland as movement barriers for a forest-associated salamander: Migration behavior of adult and juvenil salamanders at a distinct habitat edge. *Biological Conservation* 131: 14-22.
- Rittenhouse, T. A. G., Harper, E. B., Rehard, L. R. y R. D. Semlitsch. 2008. The role of microhabitats in the desiccation and survival of anurans in recently harvested oak-hickory forest. *Copeia* 4: 807-814.
- Ron, S. R., Duellman, W. E., Coloma, L. A. y M. R. Bustamante. 2003. Population decline of the jambato toad *Atelopus ignescens* (Anura: Bufonidae) in the Andes of Ecuador. *Journal of Herpetology* 37: 116-126.
- Rothermel, B. B. y R. D. Semlitsch. 2006. Consecuencias of forest fragmentation for juvenile survival in spotted (*Ambystoma maculatum*) and marbled (*Ambystoma opacum*) salamanders. *Canadian Journal of Zoology* 84: 797-807.
- Rzedowski, J. 2006. Vegetación de México. 1ra Edición digital, Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México. 504 pp.
- Santos-Barrera, G., Canseco-Márquez, L. y L. Carrillo. 2010. *Incilius cristatus*. In 2012 IUCN. Red list of threatened species. <www.iucnredlist.org>. Consultada el 27 de enero de 2013.
- Scherer, R. D., Muths, E. y B. A. Lambert. 2008. Effects of weather on survival in populations of boreal toads in Colorado. *Journal of Herpetology* 42: 508-517.
- Schwarzkopf, L. y R. A. Alford. 2002. Nomadic movement in tropical toads. *Oikos*, 96: 492-506.
- SEMARNAT (Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales) .2010. Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010, Protección ambiental-Especies nativas de México de flora y fauna silvestre-Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio-Lista de especies en riesgo. Diario Oficial de la Federación. 30 de diciembre, segunda sección.

Stuart, S.N. 2007. The continuing need for assessments: making the global amphibian assessment an ongoing process. En: Amphibian Conservation Action Plan (Eds. Gascon, C., Collins, J. P., Moore, R. D., Church, D. R., McKay, J. E. y J. R. Mendelson III) Capítulo 9. IUCN/SSC Amphibian Specialist Group Gland, Switzerland and Cambridge, UK. Pp 43-45.

Stuart, S.N., Chanson, J.S., Cox, N.A., Young, B.E., Rodrigues, A.S.L., Fischman, D.L. y R.W. Waller. 2004. Status and trends of amphibian declines and extinctions worldwide. *Science* 306: 1783-1786.

Stuart, S.N., Hoffmann, M., Chanson, J.S., Cox, N.A., Berridge, R.J., Ramani, P., y B.E. Young. 2008. *Threatened Amphibians of the World*. Lynx Edicions, Barcelona, Spain; IUCN, Gland, Switzerland; and Conservation International, Arlington, Virginia, USA.

Todd, B. D. y B. B. Rothermel. 2006. Assessing quality of clearcut habitats for amphibians: Effects on abundances versus vital rates in the southern toad (*Bufo terrestris*). *Biological Conservation* 133:178-185.

Todd, B. D., Luhring, T. M., Rothermel, B. B. y J. W. Gibbons. 2009. Effects of forest removal on amphibian migrations: implications for habitat and landscape connectivity. *Journal of Applied Ecology* 46: 554-561.

Vasconcellos, M. M. y G. R. Colli. 2009. Factors affecting the population dynamics of two toads (Anura: Bufonidae) in a seasonal Neotropical savanna. *Copeia* 2: 266-276.

Vazquez-Corzas, F. G. 2012. Aportes al conocimiento de *Incilius cristatus* (Anura: Bufonidae), una especie prioritaria para su conservación. Tesis de Licenciatura en Biología, Escuela de Biología, Benemerita Universidad Autonoma de Puebla. Puebla, Puebla, México, 71p.

Wagner, W. E. Jr. y B. K. Sullivan. 1992. Chorus organization in the gulf coast Toad (*Bufo valliceps*): male and female behavior and the opportunity for sexual selection. *Copeia* 3: 647-658.

Wiegmann, A. F. A. 1833. Herpetologische Beitrage. *Isis* 26: 651-662

Williams-Linera, G. 2012. El bosque de niebla en el centro de Veracruz, ecología, historia y destino en tiempo de fragmentación y cambio climático. CONABIO – Instituto de Ecología, A.C., Xalapa, Veracruz, Mexico. 208 pp.

Young, M. K. y D. A. Schmetterling. 2009. Age-Related Seasonal Variation in Captures of Stream-Borne Boreal Toads (*Bufo boreas boreas*, Bufonidae) in Western Montana. *Copeia* 1: 117-124.

Zaffaroni-Caorsi, V., Rocha-Santos, R. y T. Grant. 2012. Clip or Snap? An Evaluation of Toe-Clipping and Photo-Identification Methods for Identifying Individual Southern Red-Bellied Toads, *Melanophryniscus cambaraensis*. *South American Journal of Herpetology* 7: 79-84.

Zar, J. H. 1999. Biostatistical Analysis. 4a edición. Northern Illinois University.

Zug, G. R. y P. B. Zug. 1979. The marine toad *Bufo marinus*: a natural history resume of native populations. Contribution in zoology, 284. Smithsonian Institution, Washington, D.C.