



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE CIENCIAS

COMPARACIÓN DE LOS
PARÁMETROS CUANTITATIVOS DE
LOS CANTOS DE ANUNCIO ENTRE
CUATRO POBLACIONES DE *Hyla*
eximia (ANURA: Hylidae).

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

BIÓLOGO

P R E S E N T A :

ALDO ISAAC CARRILLO MUÑOZ

DIRECTOR DE TESIS: DR. VÍCTOR HUGO REYNOSO
ROSALES



2009



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE
MÉXICO

ALC. MAURICIO ACHURRÁ GONZÁLEZ
Jefe de la División de Estudios Profesionales
Facultad de Ciencias
Presente

FACULTAD DE CIENCIAS
Secretaría General
División de Estudios Profesionales

Voto Aprobatorio:

Por este medio hacemos de su conocimiento que hemos revisado el trabajo escrito titulado:

Comparación de los Parámetros Cuantitativos de los Censos de Auncho en Cuatro Poblaciones de Hyla eximia

realizado por **Cerrillo Muñoz Aldo Isaac** con número de cuenta **4980085-3** quien ha decidido titularse mediante la opción de tesis en la licenciatura en Biología. Dicho trabajo cuenta con nuestro voto aprobatorio.

Propietario	Dr. Roger Elizabeth Hudson	<i>R. E. Hudson</i>
Propietario	Dr. Raúl Cuera del Castillo	<i>[Firma]</i>
Propietario Titulo	Dr. Víctor Hugo Reynoso Rosales	<i>[Firma]</i>
Suplente	Biól. Ubaldo Guzman Villa	<i>UBALDO</i>
Suplente	Biól. Juana Margarita Garza Castro	<i>J. Magaña</i>

Atentamente,

"Por Mi Raza Honráse El Escudo"

Ciudad Universitaria, D. F., a 05 de enero de 2009

EL COORDINADOR DEL COMITÉ ACADÉMICO DE LA LICENCIATURA EN BIOL.

[Firma]
DR. PEDRO GARCÍA BARRERA

FACULTAD DE CIENCIAS



UNIDAD DE ENSEÑANZA
DE BIOLÓGICA

Señor síndico: antes de firmar este documento, solicite al estudiante que le muestre la versión digital de su trabajo, verifique que la misma incluya todas las observaciones y correcciones que usted hizo sobre el mismo.

AGRADECIMIENTOS

Aaron Carrillo

Alberto Checa

Alejandro Espinosa

Alexis Carrillo

Antonio Carrillo

Aynara Aranguren

Brenda Crowley

Daniel Yellow

Elis Monroy

José Flores

José León

Margarita Garza

Raúl Cueva

Robyn Hudson

Ubaldo Guzmán

Víctor Reynoso

Yasser Cantón

y a todos los que hicieron posible este proyecto.

Proyecto financiado por el Instituto de Biología. UNAM.

ÍNDICE

AGRADECIMIENTOS.....	3
ÍNDICE.....	4
ÍNDICE DE FIGURAS Y CUADROS.....	5
RESUMEN.....	6
INTRODUCCIÓN.....	7
<i>Grupo Hyla eximia</i>	14
OBJETIVOS.....	16
MÉTODO.....	17
Área de estudio.....	17
Revisión de colecciones.....	19
Colecta de cantos y ejemplares.....	19
Análisis de datos.....	19
RESULTADOS.....	23
Análisis morfométrico.....	23
Análisis acústico.....	24
DISCUSIÓN.....	30
CONCLUSIÓN.....	34
LITERATURA CITADA.....	35

ÍNDICE DE FIGURAS Y CUADROS

Figuras

Figura 1. Mecanismo de la producción del sonido en anuros.....	13
Figura 2. Distribución de <i>Hyla eximia</i>	15
Figura 3. Localidades de colecta.	18
Figura 4. Sonogramas para <i>Hyla eximia</i>	22
Figura 5. Análisis de Componentes Principales de morfometría.....	27
Figura 6. Análisis de Componentes Principales de los cantos.....	29

Cuadros

Cuadro 1. Estadística descriptiva de la morfología.....	26
Cuadro 2. ANOVAs para las variables morfométricas.....	26
Cuadro 3. Valores del Análisis de Componentes Principales de la morfometría	26
Cuadro 4. ANOVAs de los valores asignados por los Componentes Principales de las variables morfométricas.....	27
Cuadro 5. Estadística descriptiva de los parámetros acústicos.....	28
Cuadro 6. Coeficientes de Variación de los cantos entre machos.....	28
Cuadro 7. Valores del Análisis de Componentes Principale de los cantos ...	29
Cuadro 8. ANOVAs de los valores asignados por los Componentes Principales de las variables acústicas.....	29

RESUMEN

Las interacciones sociales de los anuros son casi en su totalidad por medio de cantos. Las ranas y los sapos emiten sonidos que utilizan para atraer parejas, defender sus recursos y exhibir su calidad de salud y posición social. También funciona como mecanismo de aislamiento precopulatorio. Los machos emiten llamadas de anuncio para atraer hembras receptivas durante la época de apareamiento, para hacerse notar ante otros machos, también es una manera de identificación entre ellos ya que refleja parte del genotipo y la filogenia de cada individuo. El canto se puede usar como caracter para la identificación a diferentes niveles taxonómicos. En este proyecto se comparó la variación morfológica y acústica asociada a los cantos de anuncio de cuatro poblaciones de *Hyla eximia* (Álvarez, SLP; Pátzcuaro, Mich; Tecocomulco, Hgo. y Omiltemi, Gro.). Se compararon ocho variables morfológicas y 10 parámetros acústicos durante la época reproductiva de esta especie, en cada localidad se colectaron ejemplares y cantos. Las señales acústicas colectadas se digitalizaron y analizaron con el software Canary 1.2.4., Se caracterizó a cada una de las poblaciones en base a las características de cada una de las variables.

La variación morfológica que presenta cada población de ranas indicó poca diferenciación inter poblacional. En cambio, la variación en las propiedades acústicas resultó significativa, separando en dos grupos a las poblaciones, uno formado por la población de Omiltemi y el otro compuesto por las poblaciones de Álvarez, Pátzcuaro y Tecocomulco. Estas últimas presentan un patrón de variación clinal.

INTRODUCCIÓN

Todos los organismos tienen la capacidad de reconocer cambios del ambiente en el que habitan. Algunos también poseen la capacidad de reconocer y discriminar señales de otros organismos con los que están coexistiendo, sean o no de su misma especie. Esta capacidad les da la oportunidad de obtener información para comprender su entorno y poder adquirir un tipo de estrategia adecuado a los cambios percibidos. Además, algunos organismos pueden comunicar esa información a otros organismos receptores. Pueden usar las señales para distinguir de entre los emisores a miembros de una u otra clase de maneras distintas, como son la comunicación química, visual, táctil y acústica. Como lo define Wilson (1975) “la comunicación ocurre si después que la señal es producida, induce una reducción de la incertidumbre sobre la identidad del emisor de la señal o cambia el comportamiento del receptor”. La comunicación animal beneficia al emisor y al receptor.

Estudios sobre la comunicación han logrado esclarecer su importancia evolutiva, además nos han permitido entender los sistemas motores y sensores. También nos permiten cuantificar la cantidad de información que puede ser codificada en una señal y determinar si los animales usan esa información. (Gerhardt y Huber, 2002).

La exploración de la comunicación acústica permite responder problemas que implican la calidad y cantidad de las señales emitidas y las respuestas que estas producen. También sirve para resolver la filogenia de algunos grupos y conocer algunos de los procesos evolutivos relacionados (Castellano *et al.*, 2002; Smith *et al.*, 2003). Realizar los experimentos es fácil porque la grabación, el análisis, la síntesis y la reproducción de los sonidos actualmente se pueden realizar con una muy alta fidelidad (Bee *et al.*, 2001). La mayoría de los anuros emiten sonidos dentro del rango de audición humana que es desde los 16 Hz hasta los 28 kHz.

La comunicación acústica entre los anuros es un aspecto esencial de su biología reproductiva, (Littlejohn, 1977; Allan y Simmons, 1994). Los anuros son buenos organismos para estudios acústicos. Se han realizado experimentos en el campo y en laboratorio para obtener datos y generar análisis cuantitativos de la selectividad del receptor, para comprender como es el mecanismo de la localización del sonido y el

reconocimiento de señales típicas de especie. También para conocer los patrones de selección sexual y especiación que actúan en ellos (Ryan *et al.*, 1992; Gerhardt, 1994).

En muchas de las especies se presentan agregaciones de individuos que emiten señales sonoras a lo largo de las orillas de cuerpos de agua de hasta más de una docena de especies distintas. En estos coros, los machos cantores defienden los recursos requeridos como la comida o los sitios de ovoposición y es donde se da la mayor presión de selección por selección inter e intrasexual (Gerhardt, 1987; Gerhardt y Huber, 2002). Cada señal emitida puede ser usada como carácter para la identificación de los emisores, ya que estas están determinadas genéticamente. Estas características de la señal varían a diferentes niveles de organización de los individuos modificando las respuestas de sus rivales y sus posibles parejas. En las señales típicas de reconocimiento de especie no existe un aprendizaje de otros organismos coespecíficos, asegurando que la mayoría de la diversidad entre y dentro de las especies no se atribuye a la experiencia individual (Gerhardt y Huber, 2002).

La talla pequeña de la mayoría de los anuros les provoca algunos retos para su comunicación acústica. Uno es generar sonidos de altas frecuencias que tienen una mayor atenuación y degradación que los de frecuencias bajas lo que limita su rango de comunicación. Algunas especies de ranas adoptan comportamientos distintos para sobrepasar estas barreras, como usar a las plantas para rebotar y multiplicar el sonido, cantar en lo alto o emitiendo la señal dentro de charcos que funcionan como bocinas. El sonido generado es más ineficiente y más costoso energéticamente que en los animales grandes (Taigen y Wells, 1985). Otro reto que enfrentan los anuros es que la distancia entre sus oídos es estrecha y la magnitud de las diferencias de la intensidad del sonido y el tiempo de arribo es pequeña, por lo que algunas ranas han adoptado sus mecanismos para generar diferencias de presión. Otro tipo de problema es que la temperatura afecta algunas propiedades temporales y espectrales con consecuencias en las preferencias por las señales. Debido a que en la mayoría de los anuros no hay un cuidado parental y tienen tiempos de vida cortos, sus oportunidades de apareo y de adquirir experiencia son pocas, lo que causa presiones de selección basados en criterios acústicos muy simples (Gerhardt, 1978; Gerhardt y Huber, 2002).

El estudio de las propiedades físicas de las señales de los anuros a diferentes niveles taxonómicos nos ayuda a comprender cómo pueden ser los mecanismos por los cuales ellos producen, reconocen y localizan sus señales y darnos alguna idea de los procesos adaptativos y evolutivos de sus sistemas de comunicación. También para generar inventarios de las características físicas de las señales como la forma, frecuencias y ancho de banda.

Las estimaciones entre individuos, poblaciones y especies se usan para conocer la variación de las señales y para caracterizar el repertorio señales de comunicación de los anuros. En experimentos con reproducciones de sonidos sintéticos, se varían las propiedades de los cantos de las ranas para poder identificar como se genera la información en las señales de comunicación, estimando los cambios mínimos en estas propiedades que resultan en una variación en las respuestas selectivas a diferentes señales (Gerhardt, 1988). Se ha encontrado variación en la intensidad con la que las hembras eligen las señales de los machos; además puede ser identificado y cuantificado el beneficio potencial de la elección de pareja basado en propiedades acústicas particulares. Estas preferencias reflejan una parte de su historia evolutiva y pueden influenciar la dirección de futuros cambios en los sistemas de comunicación (Gerhardt y Huber, 2002). En la actualidad se generan datos filogenéticos, moleculares y taxonómicos que ayudan a comprender mejor los procesos que afectan a estos organismos (Ryan, 1996). La información que se obtiene nos puede ayudar para comprender como es la aparición de nuevas señales y preferencias auditivas. Se sabe que el canto en la mayoría de los anuros es un carácter que puede hacer la diferencia entre especies cercanamente emparentadas (Fouquette, 1960; De la Riva *et al.*, 1995; Bee y Perrill, 1996; Roesli y Reyer, 2000).

La estructura física de la señal refleja las estructuras periféricas de la producción del sonido, la actividad de los circuitos neurales y el control de los músculos de estas estructuras. En términos de función, toda la información biológicamente importante que se transmite del emisor al receptor se codifica en las estructuras particulares de la señal (Gerhardt y Huber, 2002). La información de las señales puede incluir la identidad del emisor (individualidad, sexo, población y especie), talla, condición física, salud genética e incluso el estado emotivo. Los anuros a menudo extraen tal información discriminando

mediante el ordenamiento de las señales que son emitidas por dos a más individuos de la misma o de diferente especie. Con tal información se puede estimar la variación entre individuos sujetos a la selección para identificar patrones de comunicación y caracterizar patrones de variación geográfica que ayuden a definir límites a diferentes niveles taxonómicos (Bee y Perrill, 1996; Bee *et al.*, 2001; Gerhardt y Huber, 2002). La variación geográfica expresa cambios en los fenotipos de las poblaciones de una misma especie y consecuentemente en la producción de sus señales de comunicación (Gerhardt, 1991). Gergus *et al.* (2004) estudiaron otra especie de Norteamérica, *H. wrightorum*, antes considerada como una subespecie de *H. eximia*; basándose en aloenzimas, mDNA, caracteres morfológicos y en sus cantos de anuncio encontrando diferencias con *H. eximia*. *H. wrightorum* actualmente se distribuye en tres poblaciones al norte de la distribución de *H. eximia*.

La mayoría de las interacciones sociales de los anuros se basa en su repertorio vocal. Las señales acústicas que utilizan tienen diferentes finalidades. Una de ellas es la atracción de hembras por los machos. Existen señales de advertencia y agresión hacia otros individuos machos que interfieren directamente con el emisor. Los machos y las hembras no receptivas producen cantos de liberación cuando son abrazadas por un macho. También emiten señales cuando hay depredadores cerca de ellos o son atrapados. Estos diferentes tipos de señales juegan un rol importante en su historia natural y evolutiva (Littlejohn, 1977; Wells, 1977, 1988; Arak, 1983; Schwartz y Wells, 1983; Gerhardt, 1994; Bee y Perrill, 1996; Given, 1999).

La comunicación requiere características distintivas para que las señales puedan ser detectadas e identificadas. Las propiedades de las señales acústicas muestran un rango de variación a diferentes niveles; dentro de los individuos, poblaciones y especies. La frecuencia y la tasa de pulso muestran poca variación relativa entre una señal y otra dentro de los individuos. Por el contrario, otras como los tiempos de duración de las señales o la tasa de canto varían ampliamente, incluso durante una sola sesión de canto, éstas pueden ser influenciadas por el contexto social y la densidad de los coros. Gerhardt (1991) clasificó estas propiedades en estáticas, dinámicas e intermedias. Las estáticas tienen coeficientes de variación entre machos menores al 5% y las dinámicas presentan coeficientes de variación mayores al 20%. Las demás son

intermedias. Estas propiedades son discriminadas por las hembras, las estáticas son para el reconocimiento de especie y ellas eligen a los emisores que están más cercanos a la media de la población natural; las dinámicas funcionan para la elección de pareja, las señales más seleccionadas son las que se alejan de la media (Gerhardt, 1991, 1994). Para los hilitos el canto de anuncio es un sistema de aislamiento reproductivo (Duellman y Pyles, 1983). Las ranas hembras reconocen a los machos coespecíficos (Fouquette, 1960) usando las propiedades de los cantos para poder diferenciar a cada individuo dentro de un coro. Otro tipo de variación de las señales sucede a lo largo de la distribución de las especies, cada población presenta un fenotipo específico adaptado a su hábitat particular que se traduce en diferencias entre las poblaciones sin perder la identidad de especie (Ryan *et al.*, 1996).

Los anuros emplean mecanismos de frecuencias múltiples regulados por ciclos de contracción lenta de los músculos para la producción de sus señales acústicas. Las propiedades básicas espectrales (frecuencias, ancho de banda) y algunas de las cualidades temporales (estructura del pulso) están determinadas por los osciladores primarios y secundarios. Hay dos cámaras involucradas, la vocal y la de los pulmones, cada una con una válvula para cerrar, la laringe cierra a la glotis y el nostrilo cierra la cavidad bucal. En muchas especies la vocalización incluye estas y otras cámaras adicionales como los sacos vocales y las válvulas asociadas. La fuerza del aire que proviene de la cavidad de los pulmones o de la boca es muy grande cuando la laringe se encuentra bloqueada y cuando esta se dilata se minimiza la presión. El sonido se produce durante la expiración del aire desde los pulmones que se dirige hacia la laringe y la abre. El aire liberado estimula a las cuerdas vocales haciéndolas vibrar e infla los sacos vocales de donde se radia el sonido.

La mayoría de las señales producidas por las cuerdas vocales de los anuros no se transmiten directamente al aire que rodea al animal a través de la boca abierta. Es desde los sacos vocales que almacenan la energía y se expanden considerablemente que se esparce el sonido (Dudley y Rand, 1991; Gerhardt y Huber, 2002) (Figura 1). En anuros los principales osciladores son las cuerdas vocales, pero no siempre son los radiadores de las señales acústicas. Los osciladores impulsan a los resonadores secundarios. Los resonadores secundarios son más grandes que los primarios como

las membranas timpánicas, cavidades y sacos vocales o incluso madrigueras que absorben la energía vibratoria de los resonadores primarios y la radian mejor al aire (Penna y Solis, 1996). En la mayoría de los anuros hay un marcado dimorfismo sexual en las estructuras periféricas que producen los sonidos (Schneider, 1988; Rob, 1995). En los machos están fuertemente desarrolladas y producen señales de advertencia muy ruidosas. Por el contrario, las hembras de muchas especies no producen señales acústicas (Gerhardt y Huber, 2002).

De entre los anfibios, la familia Hylidae es una de las más ricas y numerosas de la región neártica, y esto junto con factores ambientales y geográficos propios de esta región ha propiciado una gran radiación del grupo (Check *et al.*, 2001; Coccoft, 1994). Esta familia presenta una forma muy conservada y es frecuente que a diferentes especies se les llame con el mismo nombre. Existen errores al clasificar nuevos organismos o poblaciones enteras (Check *et al.*, 2001). El género *Hyla* tiene un gran número de especies, una de ellas es *H. eximia* (Baird, 1954). Desde que esta especie fue descrita a habido varios problemas para la identificación de muchas de sus poblaciones y se han hecho varias sinonimias con otras especies. Los registros de Taylor (1939) de *H. cardenasi* en Puebla y Taylor (1941) de *H. arborícola* pertenecen en realidad a *H. eximia* (citados por Eliosa, 2001). Conflictos como este existen desde hace mucho tiempo, debido en parte, a la gran diversificación del género al que pertenece, a su morfología bastante conservada, a factores ambientales, ecológicos y a la topografía de su hábitat que permite el aislamiento de las poblaciones (Check *et al.*, 2001).

En este proyecto se comparo la variación de los cantos de anuncio y la variación de caracteres morfológicos de cuatro poblaciones de *Hyla eximia*. Los datos obtenidos de los cantos y de caracteres morfológicos pueden aclarar el estado taxonómico de las poblaciones y caracterizar a cada una de ellas.

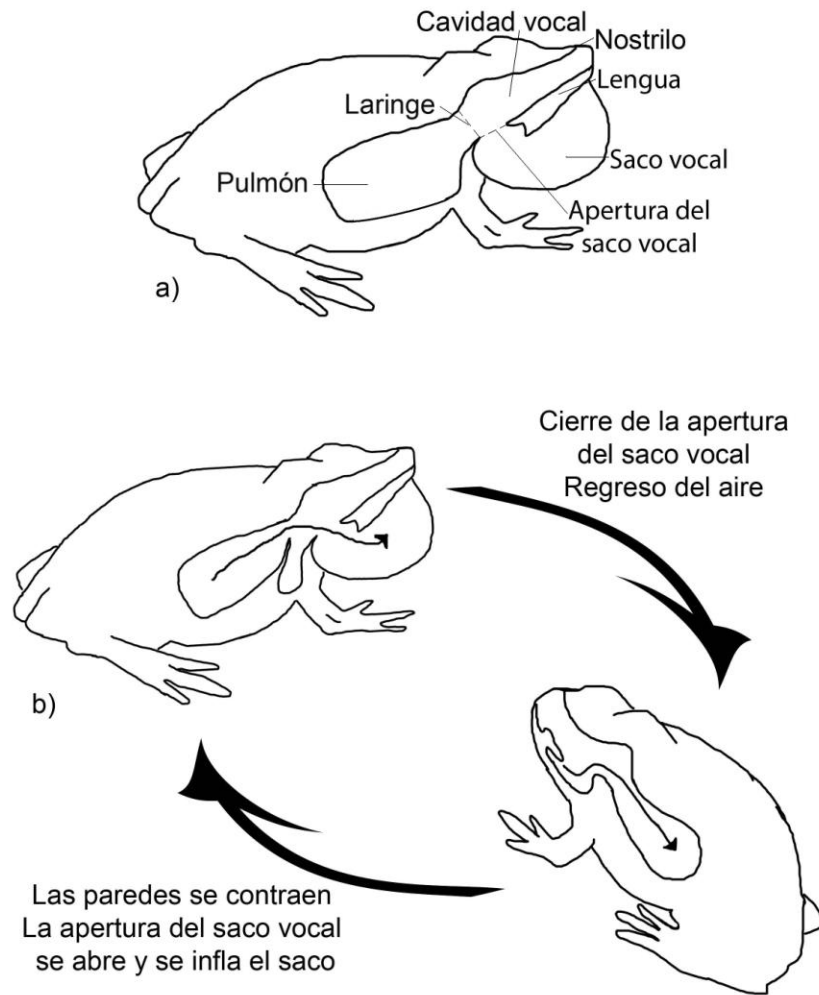


Figura 1. Mecanismo de la producción del sonido en anuros. a) Estructuras que intervienen en la producción del sonido; b) Eventos de la producción del sonido (Modificado de Gerhardt y Huber, 2002).

Grupo *Hyla eximia*

Dentro de la familia Hylidae el género *Hyla* es el que tiene mayor número de especies con una distribución cosmopolita. En este género se encuentra el llamado grupo *Hyla eximia* con una distribución en Norte América al que se le han agregado o retirado especies en varias ocasiones. Las especies que actualmente pertenecen al grupo son *Hyla arborícola*, *H. arenicolor*, *H. bocourti*, *H. eximia*, *H. euphorbiacea*, *H. walkeri* y *H. wrightorum* (Duellman, 2001; Eliosa, 2001).

La especie *Hyla eximia* se caracteriza por su piel lisa y talla pequeña con un tamaño máximo de 37 mm de longitud hocico-cloaca; la cabeza es más estrecha que el cuerpo y la parte dorsal poco convexa; el hocico es algo largo con lengua cordiforme y libre posteriormente en un cuarto de su longitud; los brazos son algo cortos y delgados con manos sin membrana interdigital ni axilar. Las extremidades posteriores cortas y algo robustas, con membranas interdigitales que se extienden hasta dos tercios de la longitud de los dedos que terminan en discos bien desarrollados y los talones apenas se superponen cuando se doblan las patas en ángulo recto respecto del cuerpo, sus muslos tienen barras transversales. La coloración en el dorso es verde brillante con franjas dorso laterales a cada lado o en un arreglo de motas de color café o negro. La cabeza tiene una línea lateral que inicia en el hocico y se extiende por la parte de atrás del nostrilo, el ojo y el tímpano y continua por los costados hasta la ingle. Esta especie tiene una amplia distribución en el Altiplano Central Mexicano que abarca Chihuahua, Durango, Nayarit, Zacatecas, Jalisco, San Luis Potosí, Hidalgo, Tamaulipas, Aguascalientes, Guanajuato, Querétaro, México, Michoacán, Distrito Federal, Tlaxcala, Puebla, Veracruz, Morelos y Guerrero. Habita principalmente en los bosques de pino y de pino-encino que se encuentran a elevaciones de entre 900 y 2900 msm (Duellman, 2001; Eliosa, 2001) (Figura 2).

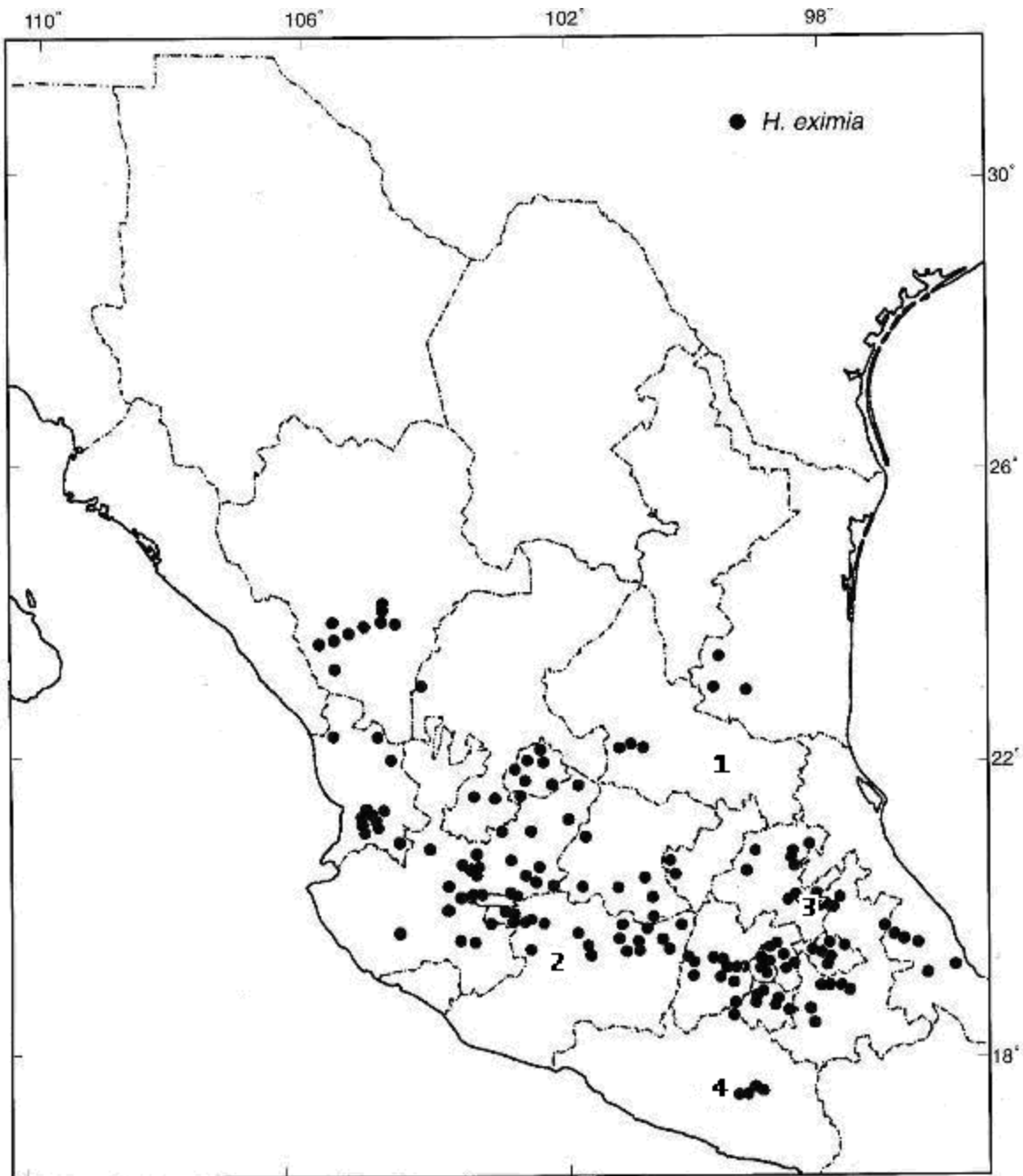


Figura 2. Distribución de *Hyla eximia*.

1, Álvarez, San Luis Potosí. 2, Pátzcuaro, Michoacán. 3, Tecocomulco, Hidalgo. 4, Omitemi, Guerrero. (Modificado de Duellman, 2001) (ver figura 3).

OBJETIVOS

Compara los caracteres morfométricos entre las poblaciones de *Hyla eximia* de Álvarez, San Luis Potosí; Pátzcuaro, Michoacán; Tecocomulco, Hidalgo y Omiltemi, Guerrero.

Comparar los parámetros acústicos muestreados de los cantos de anuncio.

Determinar cuales de las propiedades de los cantos son estáticas y cuales dinámicas para cada una de las poblaciones de estudio.

Aclarar el estatus taxonómico de estas cuatro poblaciones por medio de la comparación de sus parámetros acústicos.

MÉTODO

Área de estudio

El estudio se realizó en cuatro distintas localidades donde se distribuye la especie (Figura 2 y 3). La localidad de Álvarez en San Luís Potosí se localiza en 22° 01' de latitud norte y 100° 35' de longitud oeste y una altitud de 2250 msm en promedio. Es parte de La Sierra de Álvarez y presenta una vegetación de zonas templadas principalmente bosques de pino-encino, con áreas de pastoreo y cultivo y vegetación xerófila en la parte baja. Presenta climas semiárido y templado con lluvias en verano. Se encuentra siguiendo la desviación del kilómetro 58 de la carretera 70 de San Luís Potosí a Río Verde, hasta llegar al poblado de San Francisco de Álvarez. La colecta y la grabación de cantos se llevaron a cabo en una laguna cercana dentro de una parcela de pastoreo en la parte alta del poblado que tiene 10 m de largo y presenta un sistema de charcas, con un máximo de 0.8 m de profundidad alimentada por un pequeño río con pastos en la orilla.

El Lago de Pátzcuaro en Michoacán se localiza entre los 19° 31' y 19° 42' de latitud norte y 101° 32' y 101° 43' de longitud oeste y una altitud promedio de 2035 msm. La zona es un cuerpo de agua del Sistema Volcánico Transversal con vegetación acuática y bosque de pino-encino, bosque de oyamel y matorral subtropical en los alrededores (Barrera, 1986). Tiene un clima templado con lluvias en verano. Los datos se tomaron a la orilla de un terreno de cultivo inundado y con pasto en el poblado de Ichupio ubicado en la salida hacia Ichupio. Otros cantos fueron grabados en una charca a la orilla del mismo camino.

La Laguna de Tecocomulco se ubica entre los 19° 42' y 19° 59' de latitud norte y los 98° 11' y 98° 27' de longitud oeste y una altitud de 2500 msm. La laguna está dentro de los territorios de los estados de Hidalgo, Puebla y Tlaxcala. Hay vegetación acuática rodeada por bosques de pino y pino-encino. Tiene un clima templado subhúmedo con lluvias en verano (Álvarez Huizar y Ruiz., 2005). Aquí los datos fueron recolectados directamente de la orilla de la laguna entrando por el poblado de La Rinconada.

La localidad de Omiltemi en Guerrero se localiza en $17^{\circ} 35'$ y $17^{\circ} 30'$ de latitud norte y $99^{\circ} 38'$ y $99^{\circ} 44'$ de longitud oeste y una altitud entre 1800 y 2800 msn. Se ubica en la parte central del Estado dentro de la Sierra Madre del Sur a 15 km al oeste de la ciudad de Chilpancingo. Presenta una vegetación de bosque de pino, bosque de pino-encino y bosque mesófilo. El clima es templado subhúmedo, con lluvias en verano (Luna, 1993) Las ranas se encontraron en algunos charcos en el poblado de Omiltemi rodeados por pastos y en un gran charco de 15 x 10 m en el poblado de Xocomanatlán a un kilómetro antes de Omiltemi.



Figura 3. Localidades de colecta. a) Álvarez, SLP., b) Tecocomulco, Hgo., c) Pátzcuaro, Mich. y d) Omiltemi, Gro. (ver Figura 2).

Revisión de colecciones

Se revisaron 56 organismos en las colecciones del Museo de Zoología “Alfonso L. Herrera” de la Facultad de Ciencias, la Colección Nacional de Anfibios y Reptiles del Instituto de Biología, las dos de la UNAM, y la colección de anfibios y reptiles de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla para conocer a la especie y recabar información sobre sus fechas y lugares de colecta.

Colecta de cantos y ejemplares

Para la obtención de los cantos se utilizó una grabadora digital de minidisc SONY mz-100 que utiliza el formato ATRAC (adaptive transform acoustic coding) que no comprime el sonido con una tasa de muestreo de 44.1 kHz y un micrófono para un mayor acercamiento. Los cantos se grabaron al anochecer, que es cuando las ranas empiezan a cantar, acercando el micrófono a la rana cantora entre 10 y 30 cm. Los ejemplares se capturaban inmediatamente para medirlos y pesarlos.

La colecta y la grabación en la localidad de Álvarez fue del 24 al 27 de julio del 2004; en el Lago de Pátzcuaro del 28 y 29 de julio del 2004 y el 15 y 16 de julio del 2005; en Omiltemi del 4 al 6 de agosto del 2004 y del 2 al 5 de julio del 2005; en Tecocomulco del 26 al 28 de junio y del 07 al 09 de agosto del 2006.

Análisis de datos

Se tomaron las medidas del cuerpo con un vernier de una muestra de 31 ejemplares de Álvarez, 15 de Pátzcuaro, 16 de Tecocomulco, 18 de Omiltemi. Las medidas tomadas para el estudio fueron:

LHC	Longitud hocico cloaca (mm)
AI C	Alto de la cabeza (mm)
An C	Ancho de la cabeza (mm)
AI T	Alto del tímpano (mm)
An T	Ancho del tímpano (mm)
Muslo	Longitud del muslo (mm)
Pierna	Longitud de la pantorrilla (mm)
Pie	Longitud del pie (mm)

Se obtuvo para cada una de las variables medias (m), desviación estándar (ds) y coeficientes de variación (CV) de cada una de las poblaciones y de también para todas las poblaciones juntas. Para determinar si existían diferencias entre las poblaciones estudiadas se realizaron ANOVAs de un solo factor para cada variable. Para conocer que tanto se relacionan las poblaciones respecto a su forma se realizó un análisis de componentes principales para estos caracteres morfométricos empleando el programa STATISTICA (Stat soft). Se aplicaron ANOVAs de un factor a los valores arrojados por los componentes principales obtenidos para cada individuo.

Se evaluaron los cantos de 22 ejemplares de Álvarez, 30 de Pátzcuaro, 27 de Tecocomulco y 25 de Omiltemi. Se digitalizaron los cantos en formato AIFF (audio interchange file format) de Macintosh para que el software Canary 1.2.4 los pudiera reconocer y representar gráficamente forma de sonogramas. Los parámetros acústicos temporales y espectrales considerados fueron los siguientes.

NN	Número de notas en cada canto.
TN	Tasa de repetición de la nota. Es el número de notas entre la duración del canto (notas/segundo).
DC	Duración del canto. Tiempo del inicio de un canto hasta su término (segundos).
DeC	Duración entre cantos desde el fin de un canto al inicio del siguiente canto (segundos).
NP	Número de pulsos. Cantidad de pulsos que presenta cada canto.
TP	Tasa de repetición de pulsos. Es el número de pulsos entre la duración del canto (pulsos/segundo).
F2°	Frecuencia secundaria. Medida en el espectro como el segundo pico con mayor energía (kHz).
FD	Frecuencia dominante. Es la frecuencia con mayor energía medida en el espectro.
I m (dB)	Intensidad promedio (dB).
AR (dB)	Amplitud relativa de la frecuencia secundaria respecto a la frecuencia dominante. Diferencia de la intensidad de las frecuencias dominante y secundaria (dB).

De las representaciones gráficas ocilograma, espectro y espectrograma (Figura 4) obtenidas de cada canto con Canary se obtuvieron las variables NN, DC, DeC, NP, FD y F2°. Las variables TN y TP se obtuvieron dividiendo NN o NP entre DC, respectivamente. La I m y AR se obtuvieron directamente del software de análisis.

Se tomaron las medidas de cada parámetro de tres cantos por cada ejemplar para obtener los coeficientes de variación (CVi) de los individuos y poder determinar si los parámetros acústicos medidos fueron estáticos o dinámicos. Se obtuvo las medias (m), desviaciones estándar (ds) y coeficientes de variación (CVp) de los cantos de cada uno de los machos para cada una de las poblaciones y también para las cuatro poblaciones juntas (m, ds, CVt) para poder caracterizar a las diferentes poblaciones y conocer su variación relativa. Con los datos obtenidos se realizó un análisis de componentes principales utilizando el programa STATISTICA (Stat Soft) y se aplicaron ANOVAs a los valores que cada componente principal asigna a cada individuo para determinar la relación de las poblaciones respecto a estas variables acústicas.

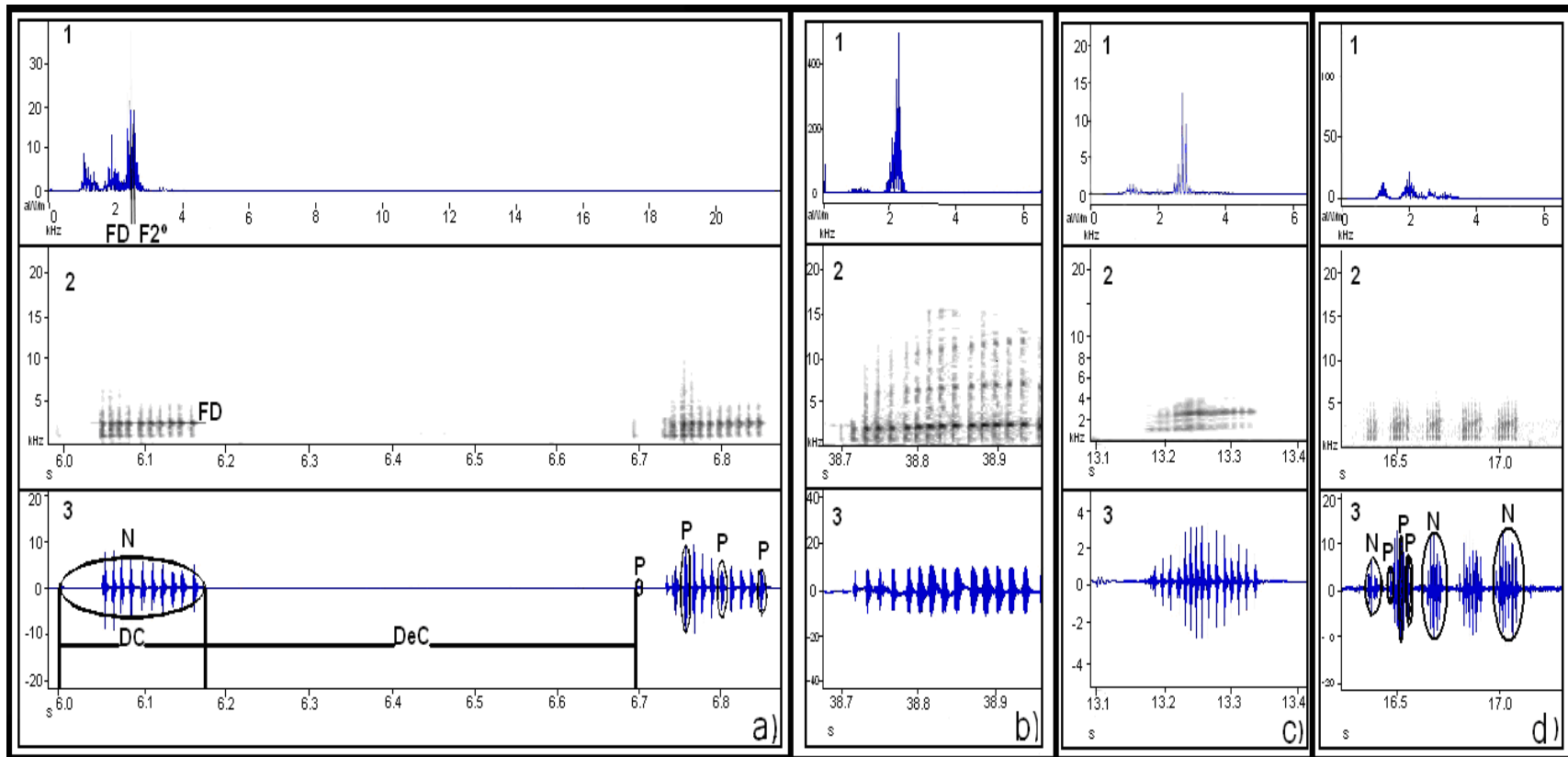


Figura 4. Sonogramas para *Hyla eximia* de las poblaciones de a) Álvarez, SLP., b) Tecocomulco, Hgo., c) Pátzcuaro, Mich. y d) Omiltemi, Gro. 1, Espectrograma; 2, Espectro y 3, Oscilograma.

DC, Duración del Canto; DeC Duración entre canto; FD, Frecuencia Dominante; F2°, Frecuencia Secundaria; N, Nota; P, Pulso.

RESULTADOS

Análisis morfométrico

El Cuadro 1 muestra las medias (m), desviaciones estándar (ds) y coeficientes de variación (CV) para los atributos de las cuatro poblaciones muestreadas. La mayoría tiene coeficientes de variación (CV) menores al 10% (LHC, ancho de la cabeza y medidas correspondientes a la pierna) y otros menores del 20% (alto de la cabeza y las correspondientes al tímpano).

El Cuadro 2 presenta los valores de las ANOVAs obtenidas para cada una de las variables. Para cada variable existieron diferencias significativa entre las poblaciones, excepto para la variable de ancho del tímpano.

Comparando los caracteres morfométricos con el Análisis de Componentes Principales (ACP) se obtuvieron dos componentes principales con auto valores de 3.52 el primero y de 1.16 el segundo y un porcentaje de varianza de 44.10 y 14.53 respectivamente, acumulando 58.63 de la variación total. Además de una matriz de componentes (Cuadro 3), la que nos indica el valor que es asignado a cada una de las variables para cada factor obtenido en el ACP que es la influencia que ejerce cada variable a los factores. El primer componente principal obtenido tiene valores significativos para los caracteres medidos de LHC, ancho de la cabeza y de las medidas correspondientes a la pierna. El segundo componente tiene valores significativos para los caracteres medidos del tímpano. Las ANOVAs de un factor aplicadas a los valores que cada componente principal asigna a cada individuo (Cuadro 4) mostraron que si existen diferencias significativas para el componente 1, al contrario del componente 2.

El ACP de los caracteres morfométricos arrojó una gráfica donde se representa a cada uno de los individuos (Figura 5). Se observa que no se forman grupos separados. Sin embargo, hay una distribución particular en la que los individuos de cada población se solapan en forma clinal para el primer factor. Del lado izquierdo, con valores negativos, se ubican casi todos los individuos de la localidad de Álvarez, aunque también los hay dispersos; al centro, con valores negativos y positivos pequeños se encuentran la mayoría de los individuos de la población de Tecocomulco; los individuos

de la población de Pátzcuaro se hallan a la derecha con valores positivos; y los individuos que corresponden a Omiltemi se sobrelapan a los demás.

Análisis acústico

En el Cuadro 5 se muestra la estadística descriptiva de las variables medidas de los cantos para cada una de las poblaciones y para las cuatro poblaciones juntas. La variación dentro de cada población fue demasiado heterogénea, pero aun se puede observar que la frecuencia y el número de pulsos tienen una variación más pequeña que el resto de las propiedades. Las características más variables fueron las espectrales. La variación entre todas las poblaciones también fue muy alta pero aun se mantiene baja la variación en las frecuencias de los cantos de anuncio.

El Cuadro 6 muestra la variación dentro de cada individuo, son los Coeficientes de Variación (CV) de cada una de las variables medidas para cada macho cantor. Explica para cada variable si es estática o dinámica para cada una de las poblaciones. La frecuencia dominante es estática en las poblaciones de Álvarez, Pátzcuaro y Tecocomulco, el número de pulsos también excepto en Álvarez, pero la variación es baja. Para la población de Omiltemi las propiedades que resultan ser estáticas son la duración del canto y la frecuencia secundaria. Las demás variación de las propiedades medidas para los cantos de anuncio clasificadas como estáticas, dinámicas o intermedias se pueden deber a la adaptación que ha tomado cada una de las poblaciones a las presiones de su ambiente (Littlejohn, 1965).

El ACP arrojó tres componentes principales con auto valores de 3.83 para el primer componente, 1.92 para el segundo y 1.15 para el tercero con porcentajes de variación de 42.52, 21.31 y 12.81 respectivamente acumulando 76.64 de la variación total. La matriz de componentes nos señala la influencia que cada variable efectúa sobre los componentes obtenidos (Cuadro 7). Los valores positivos más altos para el primer componente se encuentran dados por las variables tasa de nota, duración de la nota, duración entre notas y número de pulsos. La tasa de pulso ejerce una influencia negativa para el primer factor. Para el segundo componente las variables con los valores positivos más altos son la intensidad promedio y la amplitud relativa y los negativos tasa de pulso, frecuencia dominante. Para el tercer componente las variables

que tiene influencia de forma negativa son la frecuencia dominante y frecuencia secundaria.

En el cuadro 8, ANOVAs aplicadas a los valores que cada componente principal asigna a cada individuo, se observa que para ninguno de los tres componentes principales hay diferencias significativas.

La figura 6 representa el Análisis de Componentes Principales de los parámetros acústicos para cada uno de los organismos de las cuatro localidades. Esta distribución no corresponde a los patrones de distribución de tallas. La imagen del análisis de las variables de los cantos presenta dos grupos bien definidos. El primero incluye a los individuos de las poblaciones de Álvarez, Pátzcuaro y Tecocomulco con una distribución clinal para los dos factores con muy poco solapamientos en sus valores. Pátzcuaro presenta valores negativos para los dos factores y unos pocos individuos con valores positivos para el primer factor, Álvarez con valores negativos para el primer factor y valores negativos y positivos bajos para el segundo y Tecocomulco con valores negativos para el primer factor y positivos para el segundo. El segundo grupo que representa a los individuos de la población de Omiltemi presenta valores positivos para los dos factores y unos pocos individuos con valores negativos para el segundo factor.

Cuadro 1. Estadística descriptiva de la morfología.

Características físicas de las ranas *Hyla eximia* de las cuatro poblaciones de estudio.

	Álvarez. n=32			Pátzcuaro. n=15			Tecocomulco. n=16			Omitemi. n=18			Las cuatro poblaciones. n=81		
	m	ds	CVp	m	Ds	CVp	m	ds	CVp	m	ds	CVp	m	ds	CVt
LHC	32,50	4,72	0,145	25,02	1,72	0,069	27,93	1,41	0,050	29,83	1,85	0,062	29,62	4,26	0,144
AI C	7,23	7,02	0,971	3,89	0,38	0,099	3,79	0,45	0,118	4,59	0,63	0,137	5,35	4,66	0,871
An C	9,75	1,19	0,122	8,59	0,67	0,078	9,13	0,43	0,047	9,82	0,62	0,063	9,43	0,98	0,104
AI T	2,49	3,60	1,445	1,58	0,16	0,102	1,80	0,24	0,132	1,92	0,37	0,195	2,25	2,27	1,009
An T	1,69	0,34	0,201	1,70	0,20	0,115	2,16	0,22	0,102	2,37	0,46	0,195	1,75	0,32	0,183
Muslo	14,31	1,73	0,121	12,28	0,78	0,064	12,72	0,67	0,053	14,30	1,15	0,080	13,62	1,56	0,114
Pierna	15,06	1,16	0,077	13,50	0,78	0,058	14,70	0,77	0,052	14,66	0,76	0,052	14,61	1,09	0,074
Pie	11,10	3,03	0,273	8,63	0,72	0,083	9,43	0,57	0,060	9,27	0,62	0,066	9,91	2,20	0,222

Cuadro 2. ANOVAs para las variables morfométricas.

	F	p
LHC	18,94	0,00000
AI C	3,37	0,02276
An C	7,61	0,00016
AI T	3,81	0,01332
An T	0,42	0,73744
Muslo	12,28	0,00000
Pierna	8,99	0,00004
Pie	6,71	0,00045

Cuadro 3. Valores del Análisis de Componentes Principales de morfometría.

C1=3.52, 44.1%; C2=1.16, 14.53%

	Componente 1	Componente 2
LHC	-0,85	-0,04
AI C	-0,28	-0,06
An C	-0,85	0,00
AI T	-0,21	-0,81
An T	-0,48	0,56
Muslo	-0,77	0,10
Pierna	-0,86	0,13
Pie	-0,62	-0,39

Cuadro 4. ANOVAs de los valores asignados por los Componentes Principales de las variables morfológicas.

	F	p
Componente 1	16.34	0.00
Componente 2	1.939	0.13

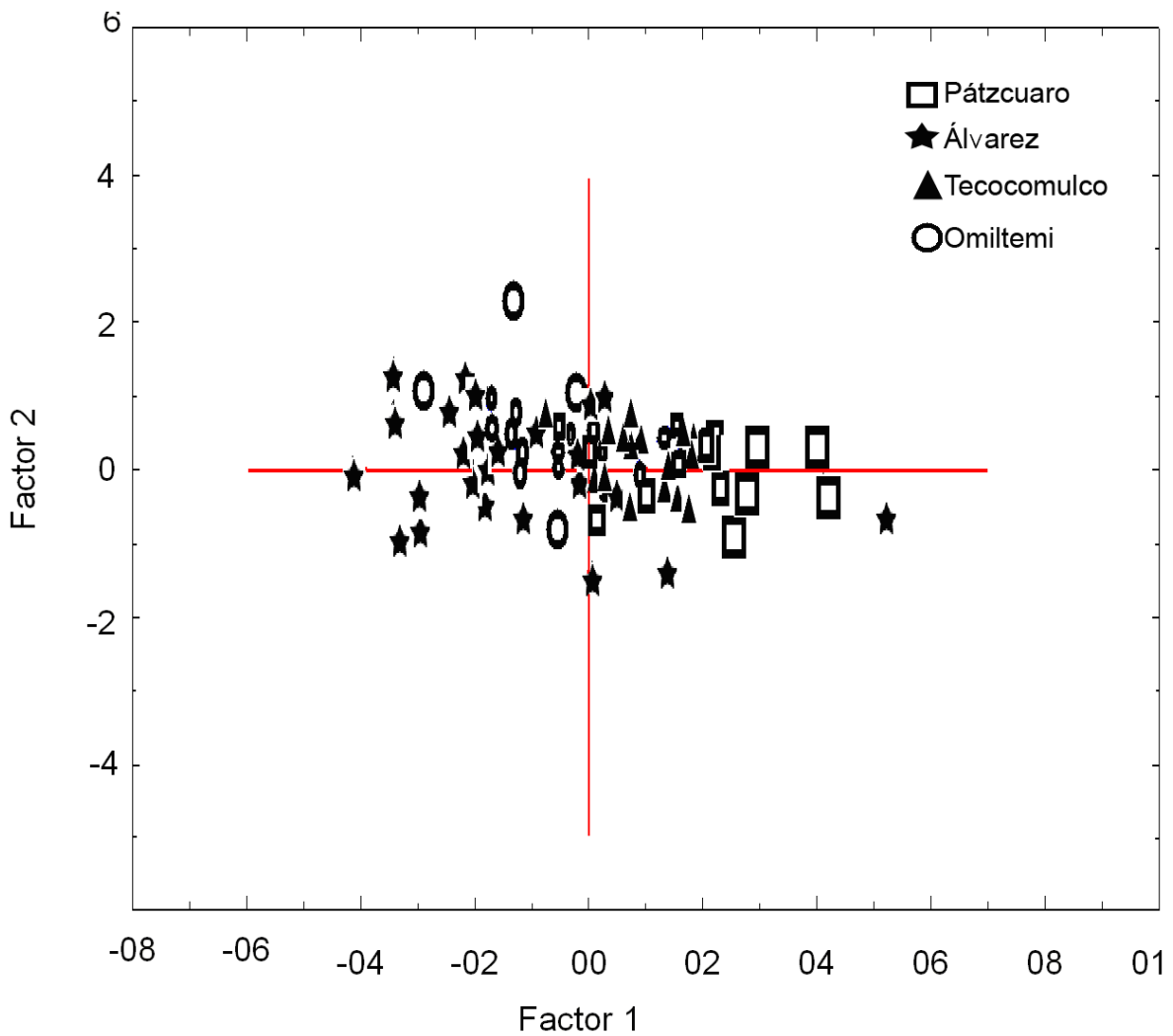


Figura 5. Análisis de Componentes Principales de morfometría.
Cada punto representa a un individuo. C1=3.52, 44.1%; C2=1.16, 14.53%

Cuadro 5. Estadística descriptiva de los parámetros acústicos.

Características temporales y espectrales de los cantos de anuncio de cuatro poblaciones de estudio.

	Álvarez. n=22			Pátzcuaro. n=30			Tecocomulco. n=27			Omitemi. n=25			Las cuatro poblaciones. n=104		
	M	ds	CVp	M	ds	CVp	m	ds	CVp	m	ds	CVp	m	ds	CVt
NN	1	0	0	1	0	0	1	0	0	5.317	0.724	13.62	2.038	1.886	92.57
TN	4.252	0.528	11.67	5.337	0.7	13.11	3.81	0.369	9.693	7.62	1.095	14.37	5.318	1.589	29.89
DC	0.214	0.035	16.15	0.191	0.026	13.57	0.266	0.028	10.5	0.695	0.113	16.2	0.336	.0213	63.42
DeC	0.48	0.168	35.06	0.633	0.223	35.28	0.505	0.123	24.32	1.726	0.739	42.81	0.821	.0634	77.15
NP	20.27	1.732	8.546	17.89	2.234	12.48	16.18	1.589	9.818	41	7.76	18.93	23.51	10.79	45.91
TP	79004	27591	34.92	89539	13179	14.72	57501	6656	11.58	39509	7901	20	66967	24813	37.05
F2°	1.093	0.1	9.137	1.182	0.124	10.53	1.169	0.137	11.74	1.218	0.102	8.362	1.168	0.124	10.63
FD	2.417	0.189	7.806	2.655	0.314	11.83	2.449	0.10	7.351	2.449	0.279	11.38	2.502	0.267	10.66
I m (db)	-7.363	1.242	-16.87	-27.02	4.833	-17.89	-7.62	4.93	-64.7	-21.97	5.559	-25.3	-1661	9.909	-5966
AR (db)	9.677	3.355	34.67	6.417	3.766	58.68	14.72	3.001	20.39	8.295	4.025	48.52	9.714	4.749	48.9

Cuadro 6. Coeficientes de Variación de los cantos entra machos.

	Álvarez		Pátzcuaro		Tecocomulco		Omitemi	
TN	22.815	Dinámica	8.677	Intermedia	4.785	Estática	10.158	Intermedia
DC	15.671	Dinámica	7.067	Intermedia	4.848	Estática	4.781	Estática
DeC	28.533	Dinámica	23.106	Dinámica	16.145	Dinámica	31.072	Dinámica
NP	6.962	Intermedia	4.482	Estática	4.882	Estática	13.488	Intermedia
TP	21.854	Dinámica	9.596	Intermedia	4.909	Estática	14.757	Intermedia
F2ª	7.675	Intermedia	6.173	Intermedia	8.708	Intermedia	4.268	Estática
FD	4.039	Estática	3.528	Estática	2.397	Estática	9.748	Intermedia
I m (dB)	-4.039	Estática	-13.431	Intermedia	-15.054	Dinámica	-5.172	Intermedia
AR (dB)	-28.169	Dinámica	-10.195	Intermedia	-16.617	Dinámica	-185.632	Dinámica

Cuadro 7. Valores del Análisis de Componentes Principale de los cantos.
C1=3.83, 42.51%; C2=1.92, 21.31%; C3=1.15, 12.81%

	Componente 1	Componente 2	Componente 3
TN	0.845	-0.105	0.141
DC	0.905	0.307	-0.013
DeC	0.852	0.049	0.003
NP	0.892	0.199	0.1
TP	-0.551	-0.507	0.349
F2º	0.338	-0.323	-0.726
FD	0.007	-0.68	-0.524
l m (dB)	-0.484	0.707	-0.223
AR (dB)	-0.349	0.668	-0.385

Cuadro 8. ANOVAs de los valores asignados por los Componentes Principales de las variables acústicas.

	F	p
Componente 1	283.2	0.00000
Componente 2	55.19	0.00000
Componente 3	9.932	0.00001

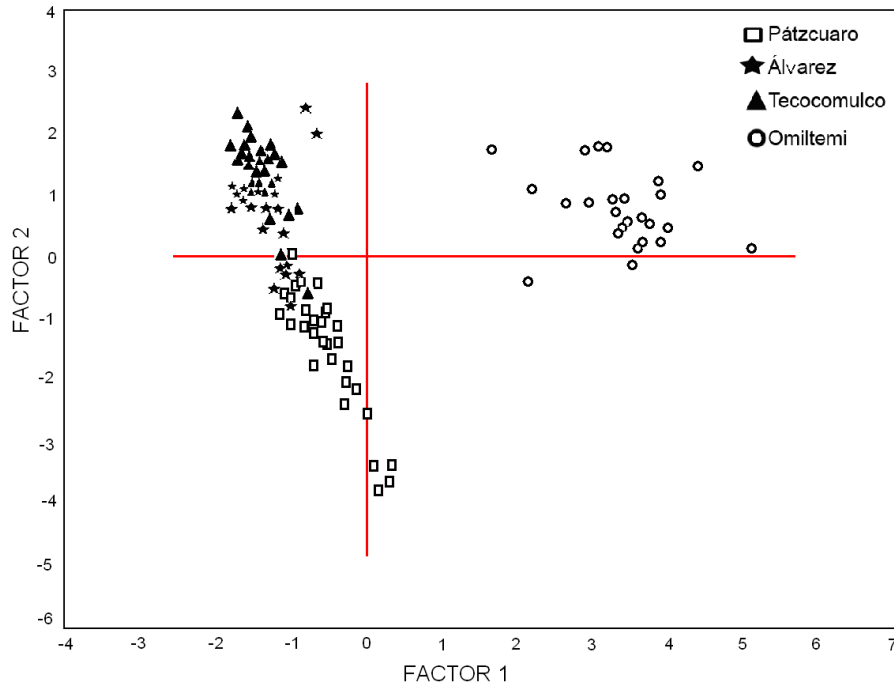


Figura 6. Análisis de Componentes Principales de los cantos.
Cada punto representa a un individuo. C1=3.83, 42.51%; C2=1.92, 21.31%.

DISCUSIÓN

La evidencia obtenida de las medidas del cuerpo de estas poblaciones de hílidos reveló una morfología bien conservada. Por otro lado se demuestra que sus cantos de anuncio poseen información para discriminar entre las diferentes poblaciones y especies.

Cada una de las poblaciones fue descrita morfológicamente. Se pudo observar que la variación que se exhibe dentro de las poblaciones no es muy alta, los caracteres muestreados presentaron coeficientes de variación menores al 10% (LHC, ancho de la cabeza y medidas correspondientes a la pierna) y otros menores al 20% (alto de la cabeza y las correspondientes al tímpano). Sin embargo las ANOVAs realizadas mostraron que si existe una variación significativa entre las poblaciones de estudio respecto a su morfología, en todas las variables medidas excepto para la variable de ancho del tímpano. Para entender mejor como es que estas variables se relacionan entre las poblaciones se realizó el ACP.

El primer componente obtenido está mayormente influenciado por las variables de la talla del cuerpo y de las piernas. Entre más grande sea un individuo es probable que tenga mejores cualidades para la reproducción lo que anuncian mediante sus cantos. Entre 39 especies de hílidos se encontró que la mayor variación observada se debe principalmente a la talla de los individuos (Duellman y Pyles, 1983). Las poblaciones estudiadas por Castellano *et al.* (2002) muestran que la talla interviene en los patrones de variación de los cantos de anuncio y explica hasta un 73 % de la variación. El componente 1 mostró una diferencia significativa con respecto a los valores que asignó a cada individuo de las cuatro poblaciones. Estudios en acústica de anuros revelan que el LHC explica mucho de la variación entre los machos (Gerhardt, 1991). Sin embargo el componente 2 no mostró variación significativa entre los valores que asignó a los individuos de cada población. El segundo componente tuvo caracteres negativos para las medidas del tímpano. Entre los anuros es necesario que se establezcan diferencias de presión en sus órganos de recepción del sonido para poder saber de donde y de quien provienen las señales. Poseen dos tipos de membranas auditivas, la basilar y la anfibia. Estas captan diferentes frecuencias de los cantos de sus coespecíficos. Hay una relación entre las preferencias de las señales de

apareo de las hembras y la emisión de los machos que se refleja físicamente en las estructuras de emisión y recepción de las señales (Gerhardt, 1991). Para *Pseudacris triseriata* el diámetro de los tímpanos y el ancho de la cabeza son caracteres importantes para poder distinguir entre poblaciones (Platz, 1989).

Aunque la variación que los componentes obtenidos asignó a los individuos de cada población fue significativa en el caso del componente 1, no lo es para el componente 2. Elosa (2001) encontró que en once poblaciones de *H. eximia* se presenta una variación de sus caracteres morfológicos en forma de mosaico, los caracteres de LHC, ancho de la cabeza y diámetro del tímpano son los más importantes. Al igual que Elosa no se puede distinguir diferencias que separen a ninguna de las poblaciones de estudio en grupos separados.

En cambio los resultados de este estudio del análisis de las señales acústicas separan a las poblaciones de estudio en dos grupos. Las propiedades estáticas y las dinámicas transmiten información del emisor. Por lo general las estáticas poseen información de especie y las dinámicas de la calidad de los recursos del emisor. Un primer grupo representa a las poblaciones de Álvarez, Pátzcuaro y Tecocomulco. En estas poblaciones su frecuencia dominante fue estática, el número de pulsos también excepto para la población de Álvarez, aunque su variación es muy similar a las otras dos poblaciones del grupo. Lo que sugiere que estas propiedades acústicas son las que contiene la información biológica que identifica a los individuos de estas poblaciones como pertenecientes a la especie *H. eximia*.

Duellman y Pyles (1983) encontraron que el mejor modelo para poder identificar diferentes comunidades y especies de 39 hílidos es basado en sus frecuencias, la dominante y la fundamental. Gerhardt (1991) describió los cantos de tres especies de hílidos de Norteamérica: *Hyla versicolor*, *H. cinerea* y *Pseudacris crucifer* las que presentan su frecuencia dominante estática. Las hembras de estas especies eligen a los machos coespecíficos con valores medios para la frecuencia dominante. En *Acris crepitans* la frecuencia dominante, la duración de canto y el número de pulsos son estáticos. Castellano *et al.* (2002) estudio tres poblaciones de hílidos de Europa: *H. sarda*, *H. intermedia* e *H. arborea*. Las propiedades de sus cantos de anuncio entre individuos varían con diferente intensidad, la duración del canto, el número de pulsos, la

tasa de canto y la de pulsos, las frecuencias dominante y la fundamental son estáticas. La rana *Lithobates clamitans* discrimina entre sus vecinos coespecíficos y extraños basándose en los cantos de anuncio. La mayor contribución para la diferenciación de los individuos en estas especies está dada por sus frecuencias dominante y fundamental (Bee *et al.* 2001)

La población de Omiltemi presentó un patrón de variación de los cantos de anuncio diferente a las poblaciones anteriores. Este resultado concuerda con el de Eliosa (2001) que distinguió la población de Omiltemi de las de las otras seis poblaciones de *H. eximia* que muestreó. La duración del canto y la frecuencia secundaria son las propiedades estáticas que distinguen a esta población. Anteriormente Flores y Muñoz (1993) consideraron que *H. eximia* como parte de la herpetofauna del parque Omiltemi, basándose solo en caracteres morfológicos y de coloración. Es muy posible que la información para la identificación efectiva de especie de esta población esté en estas propiedades de su canto de anuncio (Gerhardt, 1991). Otras especies, *Inalus valliceps* y *Amaxyrus woodhousii* presentan la duración de sus cantos con una variación estática. Las otras propiedades acústicas analizadas variaron de modo diferente en cada población. Esto se puede deber a la adaptación y/o adecuación que cada una de las poblaciones ha adquirido a las presiones de su ambiente y a las interacciones con sus coespecíficos (Gerhardt, 1991).

El ACP de los cantos de anuncio muestra que el primer componente tuvo una mayor influencia positiva de las propiedades de tasa de nota, duración del canto, duración entre cantos y número de pulsos; e influencia negativa para las propiedades de tasa de pulso. Para el segundo componente las propiedades con mayor influencia positiva fueron intensidad media y amplitud relativa, las propiedades con influencia negativa, la tasa de pulso y las frecuencias, dominante y secundaria. Para un tercer componente se explica la influencia negativa para las frecuencias, la dominante y secundaria.

En la representación gráfica del ACP se observó que se forman dos grupos bien definidos y las diferencias en los valores que cada componente asignó a los individuos de las cuatro poblaciones fueron significativas. Un grupo lo conforman las poblaciones de de Álvarez, Pátzcuaro y Tecocomulco y el otro la población de Omiltemi. En el caso

de Álvarez, Pátzcuaro y Tecocomulco es posible que haya un vector de variación geográfica ya que las muestras son de dos sistemas montañosos diferentes. En el estudio de Eliosa (2001) con los caracteres morfológicos la distribución de las poblaciones de *H. eximia* se presenta en forma de mosaico. Para conocer si la variación de los cantos de anuncio de *H. eximia* en toda su distribución es en forma de mosaico o clinal es necesario comparar más poblaciones. Se reporta que la especie en estado de Jalisco tiene una menor talla y en Nayarit presenta un solo patrón de coloración a diferencia de las demás poblaciones donde hay de dos a cuatro diferentes patrones. En Chihuahua la distribución de las poblaciones se sobrelapan entre *H. eximia* y *H. wrightorum*. En Veracruz la distribución de las poblaciones rebasa los límites de las montañas. En Tamaulipas parece que es discontinua la distribución (Eliosa, 2001). Así que es necesario realizar más estudios a lo largo de toda su distribución.

Las estructuras generales de los patrones de los cantos están genéticamente definidas y los resultados obtenidos de la variación de sus cantos de anuncio para poblaciones muestreadas revelaron una clara diferencia entre la población de Omiltemi con respecto a las otras; además se distribuye sistema montañoso aparte. Por lo que las poblaciones de Álvarez, Pátzcuaro y Tecocomulco se consideran como *H. eximia*. La población de Omiltemi se debe considerar como otra especie diferente, haciendo caso de los resultados aquí expuestos. Eliosa (2001) propone recuperar el nombre de *H. arboricola*, pero se requieren estudios genéticos para poder comprobar si en realidad las diferencias encontradas separan a esta población en una especie distinta a *H. eximia* o si solo es en canto que se diferencian.

CONCLUSIÓN

El análisis estadístico aplicado a los caracteres morfométricos seleccionados no mostró diferencias entre las cuatro poblaciones de hílidos, indicando así el alto grado de conservación de estos caracteres para estos taxones. Sin embargo se reveló diferencias en sus patrones de canto de anuncio, como están determinados genéticamente y están sujetos a la selección sexual nos permiten agrupar a las poblaciones muestreadas como pertenecientes a dos diferentes grupos.

Las propiedades dinámicas de los cantos de anuncio son discriminadas por las hembras para elegir a un macho coespecífico determinado en una sesión de apareo. Los machos las usan para ser más atractivos a una pareja prospecto y revelan su estado físico y de salud. Las propiedades estáticas es donde se encuentra la información de especie de cada individuo. En los dos taxones diferenciados en este trabajo se observó que no presentan estas propiedades en los mismos parámetros acústicos, ni para la identificación de especies ni para la competencia sexual.

El grupo donde se encuentran las poblaciones de Álvarez, SLP., Pátzcuaro, Mich. y Tecocomulco, Hgo. tuvo como propiedades estáticas la frecuencia dominante y el número de pulsos de los cantos. Se pudo observar una variación clinal a la cual hay que prestarle más atención. Para el caso de la población de Omiltemi las propiedades estáticas fueron la duración del canto y la frecuencia secundaria por lo cual no es posible incluirla en la misma clase con las otras poblaciones de estudio como *Hyla eximia*. Es posible que el proceso de especiación este actuando entre ellas.

LITERATURA CITADA

- Allan, S. E. y A. M. Simmons. 1994. **Temporal features mediating call recognition in the green treefrog, *Hyla cinerea*: Amplitude modulation.** *Animal Behaviour*. 47: 1073-1086.
- Álvarez Huizar, R. y J. Ruiz. 2005. **El espacio físico de Tecocomulco.** En "La Laguna de Tecocomulco. Geo-Ecología de un Desastre". Ed. Álvarez Huizar R., Jiménez, E. y Juárez C. México: UNAM: 9-17
- Arak, A. 1983. **Vocal interactions, call matching and territoriality in a Sri Lankan treefrog, *Philautus leucorhinus* (Rhancophoridae).** *Animal Behaviour*. 31: 292-302
- Barrera, B. N. 1986. **La cuenca del lago de Pátzcuaro, Michoacán: Aproximación al análisis de una región natural.** Tesis profesional. Facultad de Filosofía y Letras, Colegio de Geografía, UNAM.
- Bee, M. y S. Perrill. 1996. **Responses to coespecific advertisement calls in the green frog (*Rana clamitans*) and their role in male-male communication.** *Behaviour*. 133: 283-301.
- Bee, M., C. Kozich, K. Blackwell y C. Gerhardt. 2001. **Individual variation in advertisement calls of territorial male green frogs, *Rana clamitans*: Implications for individual discrimination.** *Ethology*. 1007: 65-84.
- Castellano, S., B. Cuatto, R. Rinella, A. Rosso y C. Giacomina. 2002. **The advertisement call of the European treefrogs (*Hyla arborea*): a multilevel study of variation.** *Ethology*. 108: 75-89.
- Check, A., S. Loughheed, P. Bogart y P. Boag. 2001. **Perception and history: Molecular phylogeny of a diverse group of neotropical frogs, the 30-chromosome *Hyla* (Anura: Hylidae).** *Molecular phylogenetics and evolution*. 18: 370-385.
- Cocroft, R. B. 1994. **A cladistic analysis of chorus frog phylogeny (Hylidae: *Pseudacris*).** *Herpetologica*. 50: 420-437.

- De la Riva, I., R. Marquez y J. Bosch. 1995. **Advertisement calls of eight Bolivian hylids (Amphibia, Anura)**. Journal of Herpetology. 29: 113-118.
- Dudley, R. y A. S. Rand. 1991. **Sound production and vocal sac inflation in the Túngara frog, *Physalaemus pustulosus* (Leptodactylidae)**. Copeia. 1991: 460-470.
- Duellman, W. E. y R. A. Pyles. 1983. **Acoustic resource partitioning in anuran communities**. Copeia. 1983: 639-649.
- Duellman, W. E. 2001. **The hylid frogs of middle America**. Society for the study of amphibians and reptiles. Contributions to herpetology. Vol 18. USA.
- Eliosa, H. 2001. **Variación geográfica en *Hyla eximia* (Anura: Hylidae)**. Tesis de maestría, Facultad de Ciencias, UNAM.
- Flores Villeda O. y A. Muñoz. 1993. **Anfibios y reptiles**. En "Historia natural del Parque Estatal Omiltemi, Chilpancingo, Guerrero, México". Ed. Luna-Vega. UNAM-CONABIO.
- Fouquette, M. J. Jr. 1960. **Isolating mechanism in three sympatric treefrogs in the Canal Zone**. Evolution. 14: 484-497.
- Gergus, W., T. Reeder y B. Sullivan. 2004. **Geographic variation in *Hyla wrightorum*: advertisement calls, alloenzymes, mDNA, y morphology**. Copeia. 2004: 758-769.
- Gerhardt, H. C. 1978. **Mating call recognition in the green treefrog (*Hyla cinerea*): the significance of some fine-temporal properties**. Journal of Experimental Biology. 74: 59-73.
- Gerhardt, H. C. 1987. **Evolutionary and neurobiological implications of selective phonotaxis in the green treefrog (*Hyla cinerea*)**. Animal Behaviour. 35: 1479-1489.
- Gerhardt, H. C. 1988. **Acoustic properties used in call recognition by frogs and toads**. En "The evolution of the amphibian auditory system". Ed. B. Fritsch, John Wiley. New York.

- Gerhardt, H. C. 1991. **Female mate choice in treefrogs: static and dynamic acoustic criteria.** *Animal Behaviour*. 42: 615-635.
- Gerhardt, H. C. 1994. **The evolution of vocalization in frogs and toads.** *Annual Review of Ecology and Systematics*. 25: 293-324.
- Gerhardt, H. C. y F. Huber. 2002. **Acoustic communication in insects and anuras. Common problems and diverse solutions.** The University of Chicago Press.
- Given, M. F. 1999. **Frequency alteration of the advertisement calls in the carpenter frog, *Rana virgatipes*.** *Herpetologica*. 55: 304-317.
- Littlejohn, M. 1965. **Premating isolation in the *Hyla ewingi* complex (ANURA: Hylidae).** *Evolution*. 19: 234-43.
- Littlejohn, M. 1977. **Long range acoustic communication in anurans: An integrated and evolutionary approach.** En "The reproductive biology of the amphibians". Ed. D. H. Taylor y S. I. Guttman. NY: Plenum Press.
- Luna, I. 1993. **Generalidades geográficas.** En "Historia natural del Parque Estatal Omiltemi, Chilpancingo, Guerrero, México". Ed. Luna-Vega. UNAM-CONABIO.
- Penna, M y R. Solís. 1996. **Influence of burrow acoustics on sound reception by frogs *Eupsphus* (Leptodactylidae).** *Animal Behaviour*. 51: 255-263.
- Platz, J. E. 1989. **Speciation within the chorus frog *Pseudacris triseriata*: Morphometric and mating call analyses of the boreal and western subspecies.** *Copeia*. 1989: 704-712.
- Rob, C. B. 1995. **Biochemical correlates of calling activity in neotropical frogs.** *Physiological Zoology*. 68: 1118-1142.
- Roesli, M. y H-U. Reyer. 2000. **Male vocalization end female choice in the Hybridogenetic *Rana lessonae/Rana esculenta* complex.** *Animal Behaviour*. 60: 745-755.
- Ryan, M. J. 1996. **Phylogenetics in behaviour: Some cautions and expectations.** En "Phylogenies and the comparative method in animal behaviour". Ed E. P. Martins. Oxford: Oxford University Press.

- Ryan, M. J., S. A. Perrill y W. Wilczynski. 1992. **Auditory tuning and call frequency predict population-based mating preferences in the cricket frog, *Acris crepitans***. American Naturalist. 139: 1370-1383.
- Ryan, M. J., A. S. Rand y L. A. Weigt. 1996. **Allozyme and advertisement call variation in the tungara frog, *Physalaemus pustulosus***. Evolution. 50: 2435-2453.
- Schneider, H. 1988. **Peripheral and central mechanisms of vocalization**. En "The evolution of the amphibian auditory system". Ed. B. Frittsch, M. J. Ryan, W. Wliczinski., T. E. Herington y W. Walkowiak. NY: John y Wiley and Sons.
- Schwartz, J. J. y K. D. Wells. 1983. **An experimental study of acoustic interference between two species of neotropical treefrogs**. Animal Behaviour. 31: 181-190.
- Smith, M., W. Osborne y D. Hunter. 2003. **Geographic variation in the advertisement call structure of *Litoria verreauxii* (Anura: Hylidae)**. Copeia. 2003: 750-758.
- Taigen T. L. y K. D Wells. 1985. **Energetics of vocalization by an anuran amphibian (*Hyla versicolor*)**. Journal of Comparative Physiology. B. 155: 163-170.
- Wells, K. D. 1977. **The social behaviour of anuran amphibians**. Animal Behaviour. 25: 666-693.
- Wilson, E. O. 1975. **Sociobiology: The new synthesis**. Cambridge: Belknap/Harvard University Press.