



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

POSGRADO EN CIENCIAS BIOLÓGICAS

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES
IZTACALA

**Ecología de la reproducción y desarrollo larvario en
un ensamble de anuros en la región de Zapotitlán Salinas,
Puebla**

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL GRADO ACADÉMICO DE
MAESTRO EN CIENCIAS BIOLÓGICAS
(BIOLOGÍA AMBIENTAL)

P R E S E N T A

LUIS OLIVER LÓPEZ

**DIRECTORES DE TESIS: Dr. Fausto Méndez de la Cruz
Dr. Aurelio Ramírez Bautista**



Universidad Nacional
Autónoma de México



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.

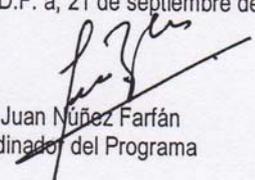
Ing. Leopoldo Silva Gutiérrez
Director General de Administración Escolar, UNAM
Presente

Por medio de la presente me permito informar a usted que en la reunión ordinaria del Comité Académico del Posgrado en Ciencias Biológicas, celebrada el día 19 de junio del 2006, se acordó poner a su consideración el siguiente jurado para el examen de grado de Maestría en Ciencias Biológicas (Biología Ambiental) del alumno **Oliver López Luis** con número de cuenta **501093697** con la tesis titulada: "**Ecología de la reproducción y desarrollo larvario en un ensamble de anuros en la región de Zapotitlán Salinas, Puebla**" bajo la dirección del **Dr. Aurelio Ramírez Bautista**.

| | |
|-------------|--------------------------------------|
| Presidente: | Dr. Eduardo Morales Guillaumin |
| Vocal: | M. en C. Georgina Santos Barrera |
| Secretario: | Dr. Aurelio Ramírez Bautista |
| Suplente: | Dr. Julio Lemos Espinal |
| Suplente: | Dr. Fausto Roberto Méndez de la Cruz |

Sin otro particular, quedo de usted.

Atentamente
"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"
Cd. Universitaria, D.F. a, 21 de septiembre del 2006



Dr. Juan Núñez Farfán
Coordinador del Programa

c.c.p. Expediente del interesado

AGRADECIMIENTOS:

Sobre todo a los que se involucraron en la realización de este trabajo:

- Dt.* Guillermo Woolrich-Piña (synth, teclados, FX, programming, samples) por su desinteresada y antigua amistad.
- Biol. Karla Abbadie Bisogno (Chikorita) por su gran ayuda en el campo, su grandiosa amistad y su viperino lenguaje.
- Dt. Felipe Correa-Sánchez (teclados y FX) por otra gran amistad y buen humor.
- Dt. Noe Lozano Viera por su ayuda en el campo, gracias camarada.

Otros agradecimientos:

- Q.B.P. Alicia Atilano Olivares por los buenos tiempos que hemos pasado juntos.
- A mis tutores y sinodales: Dr. Fausto Méndez de la Cruz (el principal impulsador de este trabajo); Dr. Eduardo Morales Guillaumin (por sus acertadísimos comentarios), Dr. Aurelio Ramírez Bautista (por su apoyo económico en la realización de este trabajo), Dra. Georgina Santos Barrera (por sus muy sabias aportaciones), y Dr. Julio Lemos Espinal (por su amistad y asesoría).
- A mis compañeros y colegas de la FES IZTACALA: Enrique Ávila (Goku), Betty Rubio, Raul Rivera, Marleth, y Miguel.
- A los doctores Patricia Dávila Aranda y Rafael Lira Saade (UBIPRO).
- A mis padres y sobrinos.
- A los Herpetolocos de los Congresos: Leonardo Fernández, César González (Yucatán), Alejandro García (Morelos).
- A mis antiguos camaradas: Dr. Alejandro Falcón-Muñoz, I.B.Q. Jaime Rodríguez-Olmedo, Ing. Antonio Mendoza.

ESTE TRABAJO SE REALIZÓ CON FONDOS PARTICULARES DEL Dr. Aurelio Ramirez Y DEL TESISISTA, Y CON EL MATERIAL Y EL LABORATORIO DE LA Unidad de Biología, Ecología y Prototipos (UBIPRO) de la FES Iztacala, UNAM.

DEDICATORIA: Esta tesis se la dedico sobre todo a nosotros mismos, los que laboramos en el Laboratorio de Ecología de la UBIPRO, por resistir los embates de otros grupos.

*Dt = Dotor

HAILS: Arditi, Der Blutharsch, Aborym, Puissance, Westwind, Temnozoz, Szálasi, Encefálistis, Cenobita, Hocico; NSBM, Martial-industrial, Anton La Vey, A.H. (18), Varg Vikernes, The Pagan Front.

INDICE

| | |
|---|----|
| RESUMEN..... | i |
| INTRODUCCIÓN..... | 1 |
| ANTECEDENTES Y JUSTIFICACIÓN DEL TRABAJO..... | 7 |
| OBJETIVO GENERAL..... | 8 |
| OBJETIVOS PARTICULARES..... | 8 |
| ÀREA DE ESTUDIO..... | 9 |
| MATERIALES Y MÈTODOS..... | 15 |
| RESULTADOS..... | 18 |
| DISCUSIÓN..... | 24 |
| CARACTERÍSTICAS FENOLÒGICAS DE LAS ESPECIES ESTUDIADAS..... | 28 |
| <i>Hyla arenicolor</i> | 28 |
| <i>Hyla xera</i> | 30 |
| <i>Bufo occidentales</i> | 31 |
| <i>Rana spectabilis</i> | 32 |
| CONCLUSIONES..... | 36 |
| LITERATURA CITADA..... | 38 |

RESUMEN

Durante su desarrollo larvario, los anuros se ven fuertemente influenciados por las condiciones y factores ambientales, así como por las interacciones intra e interespecíficas que ocurren en cada hábitat; uno de estos factores es la temperatura del medio en el que se desarrollan y subsisten los renacuajos. Son pocos los estudios sobre el efecto de la temperatura sobre el crecimiento y metamorfosis de los renacuajos, y como afectan las condiciones locales en un sitio en particular y a lo largo de las estaciones del año. En el presente trabajo se estudió un ensamble de anuros de cuatro especies: *Hyla xera*, *Hyla arenicolor*, *Bufo occidentalis*, y *Rana spectabilis*, que coexisten en varias zonas de la región semiárida del Valle de Zapotitlán Salinas, Puebla, México. Se determinó que la temperatura de los cuerpos de agua puede afectar de manera particular a cada especie durante su desarrollo larvario, y simultáneamente se ven afectadas por las condiciones locales de cada sitio de muestreo, y según la época del año. Se usó la técnica de desplazamiento de líquido en una probeta causado por el volumen corporal de los renacuajos, siguiendo el desarrollo de los renacuajos hasta su completa metamorfosis; esto se hizo con cada especie, en dos zonas distintas: El Charcote (CH) y Río Salado (RS) en varios periodos del 2001 y 2002. En RS se obtuvo un volumen promedio de los grupos de renacuajos en todas las especies mayor al de CH, y aunque la temperatura del agua no es el único factor determinante en los ciclos de estos anuros, sí es de los principales. Se determinaron las características fenológicas de las cuatro especies: los hílidos se reproducen durante el comienzo de la temporada de lluvias (mayo-agosto), su actividad y reproducción se restringe únicamente al periodo de lluvias; *Hyla xera* habita en ambas zonas de estudio, no es abundante, y es muy vulnerable a los cambios extremos del hábitat. *Hyla arenicolor* tuvo muy escasa presencia en RS, aunque en CH los adultos y renacuajos se encontraron durante todo el año. *Rana spectabilis* y *Bufo occidentalis* son las especies dominantes en ambas zonas, aunque la primera es escasa en CH; se encuentran durante toda la temporada de lluvias (mayo-diciembre). Los renacuajos de ambas especies se pueden encontrar casi durante todo el año, aunque su actividad se ve mermada en CH. *Rana spectabilis* es poco abundante en CH.

PALABRAS CLAVE: Anuros; desarrollo larvario; renacuajos; *Hyla xera*, *Hyla arenicolor*, *Bufo occidentales*, *Rana spectabilis*; Zapotitlán Salinas.

ABSTRACT

During its larval development, the anurans meet strongly influenced by the conditions and environmental factors, as well as for the interactions intra and interspecific that happens in every habitat; one of these factors is the temperature of the way in which the tadpoles develops and survives. Studies are scarce on the effect of the temperature on the growth and metamorphosis of tadpoles, and since its affects the local conditions in a place especially and along the year seasons. In the present work an assemblage of four anuran species was studied: *Hyla xera*, *Hyla arenicolor*, *Bufo occidentalis*, and *Rana spectabilis*, that coexists in several zones of the semiarid region of Zapotitlán Salinas Valley, Puebla, México. It was determined that temperature of the water bodies can concern in a particular way every species during it larval development, and simultaneously this were affected by the local conditions of every place of sampling, and according to the year season. It was used the technique of liquid displacement in a probeta caused by the corporal volume of the tadpoles, following the development of the tadpoles up to its complete metamorphosis; this was done by every species, in two different zones: El Charcote (CH) and Rio Salado (RS) in several periods of 2001 and 2002. In RS it was obtained an average volume of the groups of tadpoles in all the species bigger than CH, and though water temperature is not the only determinant factor in the cycles of these anurans, it is of the main ones. Fenological characteristics of the four species were determined: the hylids has been reproduce during beginning of rain season (May - August), its activity and reproduction is restricted only to the period of rains; *Hyla xera* inhabits in both study zones, it is not abundant, and is very vulnerable to the extreme changes of habitat. *Hyla arenicolor* had very scanty presence in RS, though in CH adults and tadpoles were during the whole year. *Rana spectabilis* and *Bufo occidentalis* are the dominant species in both zones, the first one is scanty in CH; they are during the whole rains season (May - December). Tadpoles of both species can be almost during the whole year, but its activity meets reduced in CH. *Rana spectabilis* is slightly abundant in CH.

KEY WORDS: Anuran; larval growth; tadpoles; *Hyla xera*, *Hyla arenicolor*, *Bufo occidentales*, *Rana spectabilis*; Zapotitlán Salinas.

INTRODUCCIÓN

Las explicaciones que implican a un simple factor para explicar la variación geográfica en los organismos han probado ser inadecuadas, y ahora se reconoce una jerarquía de factores que actúan simultáneamente a éstos; estos factores en conjunto abarcan desde eventos que tuvieron lugar en el pasado hasta interacciones continuas entre especies; la abundancia de las diferentes especies que componen una comunidad varía a lo largo del tiempo y espacio, y la composición de ésta en un sitio particular puede variar diariamente debido a las respuestas de cada especie ante diversos factores ambientales tales como lluvia, humedad, temperatura, etc. (Pough et al. 1998). El microhábitat en el que un organismo vive y los requerimientos fisiológicos específicos de cada especie dentro de la comunidad puede influir en su desempeño ecológico en el uso del hábitat. Estos requerimientos varían estacionalmente en respuesta a variaciones climáticas, estados reproductivo y nutricional y fisiología del organismo (p. ej. Ramírez-Bautista & Benabib, 2001); no obstante, las especies difieren a lo largo de su desarrollo y de las características de su historia de vida (Blaustein & Wake, 1995), por lo tanto, una comunidad no es un grupo estático, sino dinámico de especies que interactúan, debido a que las condiciones y requerimientos fisiológicos están en constante cambio (Pough et al. 1998). Esta dinámica ha sido poco estudiada en las comunidades herpetofaunísticas, ya que históricamente han recibido poca atención de los investigadores y gente involucrada con la vida silvestre (Thompson et al., 1998). La herpetofauna, y en especial los anfibios, son particularmente sensibles a los cambios climáticos (principalmente a la temperatura y precipitación), y a las alteraciones provocadas por las actividades humanas; la preocupación por los anfibios se debe en parte a su valor como indicadores de la perturbación (stress) del ambiente en que habitan; debido a su contribución a la dinámica trófica, la pérdida de las poblaciones de anfibios afecta a otros organismos (Blaustein et al., 2003); de ahí que los cambios en el hábitat reflejan los efectos más obvios del cambio climático sobre la biodiversidad (Gibbons et al., 2000). Los factores antropogénicos han contribuido a la declinación de las poblaciones de anfibios y reptiles en muchas áreas; en algunas regiones, las disminuciones o mermas en las poblaciones de anfibios parecen ser mayores que las que se producen en otros grupos taxonómicos, y numerosos factores están contribuyendo a estas disminuciones poblacionales (Blaustein et al., 2003). Los cambios abióticos que pueden ocurrir en un

paisaje fragmentado o en los fragmentos de un hábitat incluyen una disponibilidad de la humedad reducida, temperaturas más extremas, mayor exposición a la radiación solar, y una perturbación del viento más grande que en los ambientes no fragmentados (Schlaepfer & Gavin, 2001). Varios estudios revelan que los mecanismos subyacentes de las disminuciones en las poblaciones de anfibios son complejas, involucrando interacciones entre componentes abióticos y bióticos (Greenberg, 2001): los contaminantes transportados en la atmósfera tienen el potencial de afectar a los anfibios en ambientes remotos y relativamente poco perturbados, y aún los bajos niveles de contaminantes provenientes de la deposición atmosférica son potencialmente dañinos para los anfibios. La agricultura intensiva y la contaminación industrial han incrementado la presencia de metales pesados y otras sustancias químicas en la superficie de las aguas, afectando a las poblaciones de anfibios; estos agentes pueden inducir efectos letales o subletales, tales como un lento desarrollo y crecimiento, alteración del comportamiento, altas tasas metabólicas, entre otros (Blaustein et al. 2003). Se ha sugerido que muchos cambios en la abundancia de los anfibios que se han considerado como declinaciones, pueden ser fluctuaciones que están dentro del intervalo natural de variación en el tamaño de la población; las poblaciones de los anfibios pueden ser extremadamente variables año con año, aunque la variación estocástica es una causa improbable cuando la mayoría de las poblaciones en un área grande declinan o se extinguen al mismo tiempo (Corn, 1994).

Hay varios factores asociados a la disminución de las poblaciones de anfibios: pérdida y degradación del hábitat, especies invasoras introducidas, contaminación ambiental y química, enfermedades y parasitismo, uso insostenible o sobreexplotación de la naturaleza (en el que se incluye cambios en el uso del suelo), y cambio climático global; de esta última causa se desprenden dos posibilidades: que el cambio climático ha causado alteraciones en la fenología de la reproducción de manera que disminuye el éxito reproductivo, o que ha provocado enfermedades infecciosas (Carey & Alexander, 2003). Los factores causales de la declinación local o regional en los anfibios incluyen pérdida de los hábitats húmedos, fragmentación del paisaje (entendiéndose como la alteración física de un hábitat que resulta en la separación de una población silvestre en zonas de distribución discretas, divididas por barreras intermedias, que impiden el flujo de individuos entre los diferentes fragmentos así formados), contaminación del agua, presencia de anfibios no nativos o peces depredadores, y enfermedades. Además, un

incremento en el aislamiento de las áreas del hábitat debido a la sucesión natural o a la destrucción del hábitat disminuye la persistencia de las poblaciones locales (Alford & Richards, 1999); la evaluación del estatus de los anfibios requiere un punto de vista regional (Zampella & Bunnell, 2000). Algunas especies de anfibios han sido catalogados como sensibles bioindicadores de los sistemas acuáticos, puesto que gran parte de su ciclo de vida transcurre en el agua (Wilson & Dorcas, 2003); los anfibios son ectotérmicos, por lo que, por mencionar un ejemplo, responden alterando su comportamiento ante los cambios de temperatura en su microclima; además son más propensos a la desecación, y por lo tanto, más vulnerables. No obstante, efectos como la perturbación humana del ambiente también pueden ser benéficos a ciertas especies de anfibios, si éstos proveen mejores oportunidades de reproducción o alimentación, o bien, tasas reducidas de depredación o parasitismo; por ello es importante entender cómo los anfibios responden a la fragmentación del paisaje (Schlaepfer & Gavin, 2001). La mayoría de las poblaciones de anfibios fluctúan anualmente en tamaño, a veces en órdenes de magnitud de la interacción de factores como sequías, temperaturas extremas, y depredación, por lo que es importante distinguir entre cambios anuales típicos en el tamaño de la población y una declinación sistemática que precede a una extinción (Greenberg, 2003; Collins & Storfer, 2003). Aunque las alteraciones del hábitat pueden reducir las poblaciones de anfibios, en algunos casos, aún severas modificaciones del hábitat pueden tener poco efecto; algunas especies de anuros son insensibles a las alteraciones radicales en las características del suelo, de la flora, y en la estructura de su hábitat terrestres, pudiendo recolonizar rápidamente un sitio, siguiendo a las perturbaciones que los han eliminado en un área (Alford & Richards, 1999).

Últimamente ha habido un creciente interés en las enfermedades infecciosas y su papel en las disminuciones de las poblaciones de los anfibios a nivel mundial; es posible que enfermedades, como las “enfermedades infecciosas emergentes” (EID’s) sean el resultado de cambios ambientales y podrían ser disparadas por varios cofactores, como la radiación ultravioleta (UV), y los contaminantes atmosféricos; en particular, quitridiomycosis, enfermedades causadas por ranavirus, saprolegniosis, e infecciones por *Ribeiroia* han sido implicadas tentativamente como la causa de una gran mortandad de anfibios (Daszak et al., 2003). La radiación UV y los contaminantes pueden afectar la estructura de la comunidad al alterar la competencia y la depredación; así, los anfibios sensibles al UV pueden desaparecer en algunas comunidades, y las especies tolerantes al UV pueden incrementar sus números (Blaustein et al., 2003). Otras

alteraciones documentadas son los efectos subletales de la acidificación, que incluyen eclosión retardada o temprana, tamaño reducido del renacuajo, comportamiento natatorio perturbado, y los efectos subletales indirectos, que incluyen cambios a las fuentes de alimento para los renacuajos a través de los impactos en las comunidades de algas (Alford & Richards, 1999).

La sequía prolongada puede modificar fuertemente la composición de la comunidad y las interacciones de las especies de anfibios, afectando a las especies de vida corta y a las de vida larga de diferente manera: una falla reproductora en un simple año puede causar una severa caída en el tamaño poblacional, en las especies de vida corta (Carey & Alexander, 2003); las poblaciones pueden ser eliminadas localmente, por lo menos temporalmente, hasta que ocurra una colonización desde las áreas adyacentes (Relyea & Werner, 2000). Los factores cambiantes, principalmente climáticos, pueden alterar las densidades poblacionales y las abundancias relativas de los renacuajos de los anfibios. Los renacuajos que se desarrollan en hábitats impredecibles generalmente tienen tiempos de desarrollo extremadamente variables, y se pueden metamorfosear sobre una amplia gama de tamaños corporales; los cambios que ocurren durante la metamorfosis son controlados fisiológicamente por factores internos, principalmente de índole hormonal, y los factores bióticos y abióticos pueden influir de manera importante durante ésta; ejemplos de tales factores incluyen la temperatura, la disponibilidad de alimento, y la densidad poblacional de las larvas en un sitio (Thompson et al., 1998). La mortalidad de los renacuajos juega un papel central en la regulación del tamaño poblacional; las comunidades larvarias en los sitios temporales generalmente se caracterizan por tamaños poblacionales altamente fluctuantes (Crump, 1977).

En las zonas neotropicales, las temperaturas elevadas, las estaciones secas extensas, y el incremento en la variabilidad interanual de las lluvias puede afectar a las especies, reduciendo las poblaciones de presas y alterando la distribución de los anfibios al incrementarse el suelo seco; los patrones de lluvias cambiantes afectarán las fenologías reproductivas de las especies que se reproducen en charcas (Alford & Richards, 1999). Los anuros que comúnmente habitan ambientes xéricos sufren presiones de diversas fuerzas selectivas; la desecación y el hidropereodo de los cuerpos de agua, el periodo de lluvias, la temperatura, los depredadores y competidores, el pH, y la acción del hombre son las fuerzas selectivas que influyen de manera directa en su desarrollo larvario, y establecen la duración del tiempo disponible para el periodo o tiempo de metamorfosis

(Zweifel, 1968). La temperatura del agua es generalmente considerada como el factor ambiental más crítico al que los anfibios se exponen durante su reproducción y desarrollo embrionario; el desarrollo de los huevos y los renacuajos han mostrado una estrecha relación con la temperatura del agua. La condición larvaria (tanto el tamaño como el estadio de desarrollo) puede considerarse como una función de la edad y la temperatura, puesto que si las larvas fueran de la misma edad o puesta, cualquier diferencia significativa en el crecimiento y/o el desarrollo puede atribuirse a la temperatura del agua (Nelson, 1973). Los renacuajos más grandes suprimen el desarrollo de los más pequeños; estos efectos relacionados a la densidad consisten en “estrés” causado por los encuentros físicos entre renacuajos, inhibidores del crecimiento por las larvas más grandes, y competencia por comida; además, en poblaciones con altas densidades, la mayoría de los individuos crecen lentamente; hay evidencias de que en altas densidades, los renacuajos exhiben una gran variabilidad en el tiempo y tamaño alcanzado en la metamorfosis que a densidades bajas (Crump, 1981).

La disponibilidad del agua (más que la temperatura) es el factor clave determinante para la vida en las regiones semiáridas y es el principal factor ambiental que determina la distribución de los anfibios en estas regiones; la reproducción de los anfibios es probablemente la más vulnerable a la variación en la precipitación de todos los vertebrados terrestres. La variación anual en las lluvias puede tener un efecto en el número de huevos que ponen las hembras, afectando el rendimiento reproductivo de una población de anfibios (Carey & Alexander, 2003). Las charcas que se secan rápido son ambientes adversos para los anfibios, ya que la mortalidad de los renacuajos se incrementa si una charca se seca demasiado rápido, favoreciendo un corto periodo de desarrollo para los renacuajos; la duración de los periodos reproductivos (que incluye cortejos, cantos, amplexos, y puestas de huevos) va desde una noche en algunas especies hasta casi dos semanas en otras (Zweifel, 1968).

El hidropериодо es particularmente importante en la determinación de la sobrevivencia de los renacuajos, debido a que este controla no solo la cantidad de tiempo que necesita un renacuajo para completar su metamorfosis, sino también la manera en la cual la competencia y la depredación afectan la composición e interacciones tróficas de la comunidad (Dodd, 1993). Las corrientes de agua muestran una estrecha correlación con el grado o cantidad de hábitat perturbado en el ambiente; una corriente con baja perturbación se caracteriza por una baja conductividad, grandes

cantidades de oxígeno disuelto y de hojas, restos y otros objetos que cubren el lecho, y una alta diversidad de macroinvertebrados.

La estructura de un ensamble (considerando un ensamble como un subgrupo o subconjunto de especies en una comunidad que habitan en un tiempo y lugar determinado, elegido por conveniencia para su estudio; p.ej.: el subconjunto de todas las ranas arbóreas en un bosque tropical [Pough et al. 1998]) de anfibios también está influenciada por el orden en el que las especies depositan sus huevos en un cuerpo de agua; dependiendo las características del hábitat, diferentes especies de anuros depositan sus huevos en diferentes épocas del año o tiempos, resultando en una repartición temporal y espacial de los sitios de reproducción, en los cuales ocurre el desarrollo larvario; tal repartición reduce la competencia potencial por el espacio y por los recursos alimentarios (Pough et al., 1998). La competencia intraespecífica por recursos, la inhibición química del crecimiento, y otros efectos de la densidad pueden ser muy importantes en la naturaleza (Dayton & Fitzgerald, 2001).

Los ránidos y bufónidos generalmente producen grandes puestas de huevos y frecuentemente tienen una supervivencia de la progenie muy variable, mientras que los hílidos producen pequeñas puestas, con tasas de sobrevivencia de progenie (sobre todo en la progenie premetamórfica) más variable, con tendencia a reducirse entre los años con mayor frecuencia de lo que éstas pueden incrementarse (Alford & Richards, 1999). Una rápida tasa de desarrollo embrionario se puede relacionar en parte como una adaptación a la temperatura y a combinaciones de características tales como la selección del hábitat y la variación en el tiempo de la reproducción permiten la coexistencia de especies diferentes (Zweifel, 1968).

ANTECEDENTES Y JUSTIFICACIÓN DEL TRABAJO

La finalidad de este estudio es aportar conocimientos básicos sobre algunos aspectos ecológicos y reproductivos en un ensamble de anfibios que habita una región semiárida al sur de Puebla, en Zapotitlán Salinas. En este estudio se enfatiza la relación existente entre patrones fenológicos como crecimiento y desarrollo larvario, y la distribución temporal de estas especies de anuros en las dos zonas de estudio consideradas.

Los estudios ecológicos de las comunidades herpetofaunísticas en zonas áridas se han realizado con el grupo de los reptiles, principalmente con saurios, mientras que con los anfibios de estas zonas poco o nada se sabe. En México, los anfibios en general son el grupo de vertebrados menos conocido, sobre todo en lo que respecta a sus aspectos reproductivos y ecológicos. Hasta el momento hay escasos trabajos sobre los anfibios de Zapotitlán Salinas; los más importantes en orden cronológico, por la aportación de nuevos conocimientos sobre la región, son: Martín del Campo y Sánchez-Herrera (1979), que realizan el primer estudio herpetofaunístico de Zapotitlán Salinas; Mendelson y Campbell (1994), que dan la descripción taxonómica de *Hyla xera*, anuro de la familia *Hylidae*, endémico del municipio; Mata-Silva (2000) proporciona el primer listado de los anfibios de la región; y Woolrich-Piña et al. (2005), realizaron una monografía actualizada de la herpetofauna de la región, que incluye además descripciones y claves taxonómicas de los renacuajos en los anfibios; hay otros estudios breves o pequeñas notas hechos de manera anecdótica y esporádica sobre comportamiento fingidor (reacción de engaño ante los depredadores), depredación, y características de las puestas de huevos, en *Bufo occidentalis* (Abbadie-Bisogno et al. 2001, 2003; Oliver-López et al., 2000).

Esta región mantiene un grupo o ensamble de anfibios que ha sido ignorada, y representa una zona ideal para hacer estudios ecológicos con este tipo de organismos. En esta zona, los anfibios se ven sometidos a severas presiones sobre el hábitat, y se desconocen las relaciones interespecíficas que tienen entre si y con el medio ambiente.

OBJETIVO GENERAL: Analizar la interacción existente entre la temperatura de las charcas con el crecimiento y desarrollo larvario de los renacuajos en los sitios en donde habitan de manera simpátrica las especies *Bufo occidentlis*, *Rana spectabilis*, *Hyla arenicolor* e *Hyla xera*, en la región de Zapotitlán Salinas, Puebla, así como establecer de manera descriptiva los patrones fenológicos de éstas.

OBJETIVOS PARTICULARES:

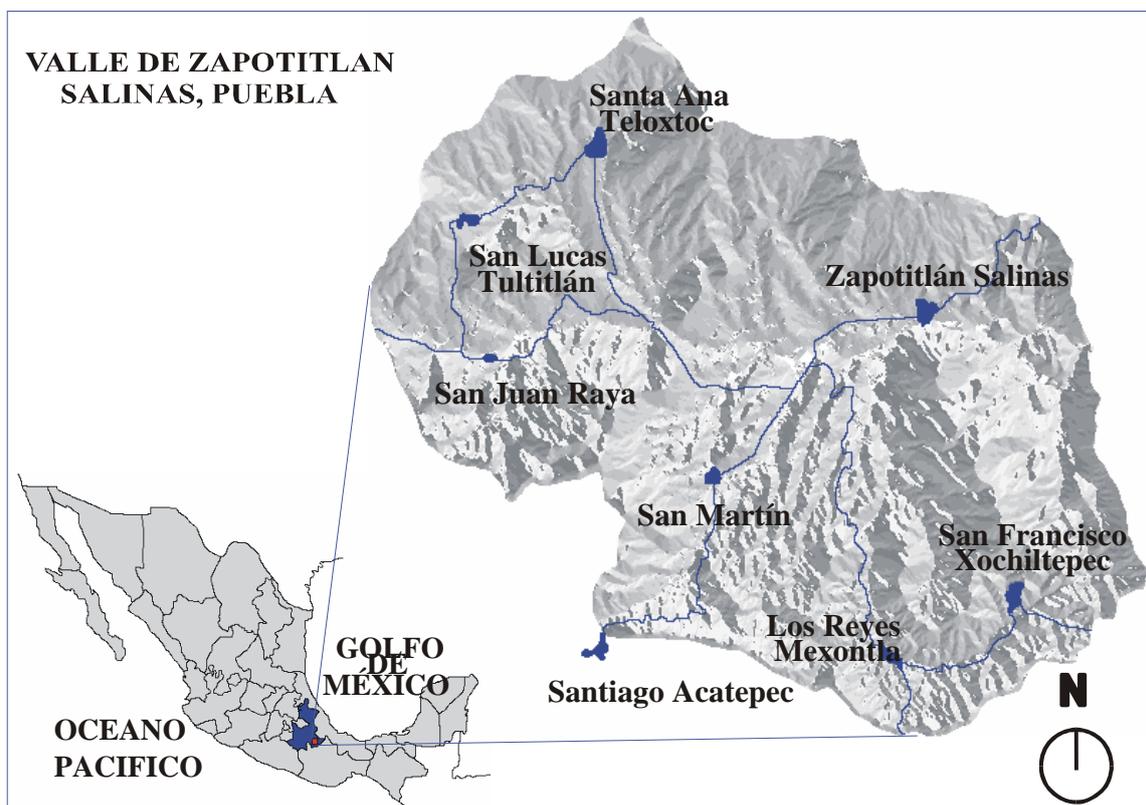
- 1.- Describir y establecer la interacción que existe entre los principales factores abióticos (temperatura del hábitat y del microambiente) que afectan el crecimiento y desarrollo larvario en los renacuajos de las especies *Bufo occidentalis*, *Rana spectabilis*, *Hyla arenicolor* e *H. xera*, en dos sitios y en diferentes épocas del año (periodo de lluvias y periodo de secas).
- 2.- Describir las características y patrones fenológicos de las cuatro especies de anuros del grupo de estudio, desde la perspectiva de su distribución temporal y sus periodos de ocurrencia anual en los sitios de muestreo.

HIPÓTESIS:

Ho: Cada una de las especies de anuros estudiadas está influenciada de manera diferente en su patrón reproductivo y de historias de vida por las características de cada zona de muestreo.

HA: Cada una de las especies de anuros estudiadas responde de manera semejante o igual en sus patrones reproductivos y de historias de vida, ante los diversos factores ambientales considerados, y ante las características particulares de cada zona de muestreo.

ÁREA DE ESTUDIO: El Valle de Zapotitlán Salinas se localiza al sur del estado de Puebla, en la parte occidental del Valle de Tehuacán-Cuicatlán (Mapa 1). Presenta una temperatura media anual de 21°C, con una canícula bien definida a la mitad del periodo de lluvias; la precipitación media anual es de 400-450 mm; el suelo es somero, pedregoso, y presenta diferentes estados de alcalinidad y salinidad, producto de la presencia de un mosaico de substratos del tipo litosol, cambisol cálcico, y xerosol cálcico (García-Oliva, 1991). El tipo de vegetación predominante de la zona es bosque espinoso, matorral xerófilo (en el que predominan las tetecheras de la especie *Neobuxbaumia tetetzo*), y bosque tropical decídúo seco (Rzedowski, 1978). El pueblo de Zapotitlán Salinas se localiza entre los 18° 07' 18''N y 97° 19' 24''O, a una elevación de 1420 msnm., y pertenece al municipio del mismo nombre.



Mapa 1. Ubicación del Valle de Zapotitlán Salinas, Puebla.

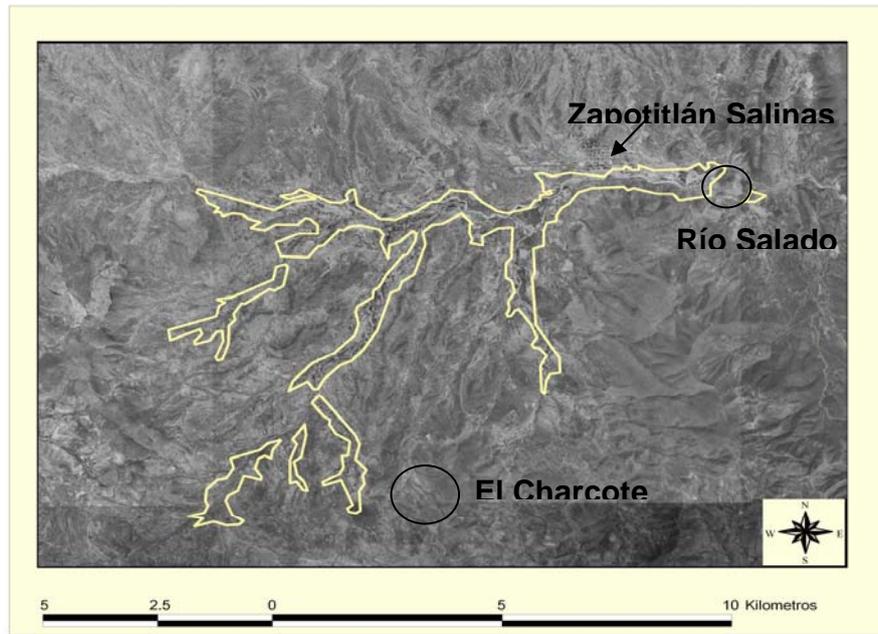
Las principales actividades en la región son la agricultura (el maíz es el principal cultivo), la extracción y elaboración de ónix, la fabricación artesanal de sal mediante salitreras expuestas a la luz solar, la cría de ganado caprino, y la explotación de canteras de

arena y grava. En la zona también se localizan una planta procesadora de pollos, y algunos viveros de cactáceas (Observ. Pers.). Esta región presenta un grave problema de fragmentación del paisaje causado por erosión hídrica, principalmente de origen pluvial, que trae como consecuencia porciones aisladas de tierra divididas por grandes surcos de hasta 5 metros de profundidad y cauces de hasta dos metros de anchura, esto ocurre principalmente en la zona comprendida entre la base del Cerro Cutac ($18^{\circ}19'N$, y $97^{\circ}27'O$) y el extremo occidental del poblado de Zapotitlán.

Las zonas de estudio son los causes de los ríos “Río Salado” y “El Charcote” (Mapa 2); el “Río Salado” se ubica a casi 3 km. al sur del pueblo, a una altitud de 1530 msnm, y se caracteriza por ser un río de profundidad variable (profundidad media 50 cm en la época seca, y mayor a 150 cm al crecer el caudal de agua en la época de lluvias); el río corre sobre un lecho rocoso-arenoso, que también tiene una anchura variable (en la zona de trabajo tiene una anchura de aproximadamente 80 metros); el río presenta un caudal continuo únicamente en época de lluvias, mientras que en la época seca sólo se manifiesta como varios cursos de agua o riachuelos paralelos a lo largo de la cuenca, aunque presenta algunos manantiales que fluyen permanentemente, y que se encuentran en la base de las paredes verticales que bordean el río. Al comenzar las primeras lluvias, se presenta el fenómeno conocido como “barrancada”, el cual es una violenta irrupción de agua pluvial que se forma de todas las descargas de los cursos secundarios perpendiculares que se encuentran a lo largo del curso principal; esta gran descarga de agua va arrastrando todo lo que encuentra a su paso, siendo uno de los factores principales en la formación del relieve, tanto del suelo como de los límites del río. Se ha considerado únicamente un área de 1000 x 80 metros, en la que tienen presencia las especies de anuros consideradas en este estudio.

La zona de “El Charcote” se ubica en la localidad de Tilapa, aproximadamente a 6 km al SW del pueblo de Zapotitlán, ubicado en los $18^{\circ} 20' N$ y $97^{\circ} 26' O$, a una altitud de 1600 msnm; este lugar consta de una serie de charcas y manantiales que forman un riachuelo con varias ramificaciones, que a su vez forman pozas de poca profundidad (no mayor a 30 cms). Esta serie de manantiales corre a lo largo de una cañada cuyas paredes tienen una altura promedio de 5 metros. Los cuerpos de agua son estables a lo largo del año, aunque en los meses de secas algunos cursos de agua desaparecen, y sólo permanecen

los manantiales, y generalmente presentan algas verdes filamentosas que pueden llegar a formar masas muy densas que sirven de refugio a los anuros que viven en este lugar.



Mapa 2. Zonas de estudio.

Ambas zonas de estudio tienen cuerpos de agua (generalmente estancada) durante todo el año, por lo que mantienen grupos de renacuajos de diversas especies de anuros como *Hyla arenicolor*, *H. xera*, *Bufo occidentalis*, y *Rana spectabilis*, en la época de lluvias, a partir de agosto, aunque en los meses de secas sólo puede llegar a predominar una especie; el fondo de todos estos cuerpos de agua considerados es pedregoso, mezclado con sedimento consistente de gravilla y arena, lo que da lugar al desarrollo de una gran diversidad de hierbas y plantas acuáticas.



Rana spectabilis



Hyla xera



Hyla arenicolor



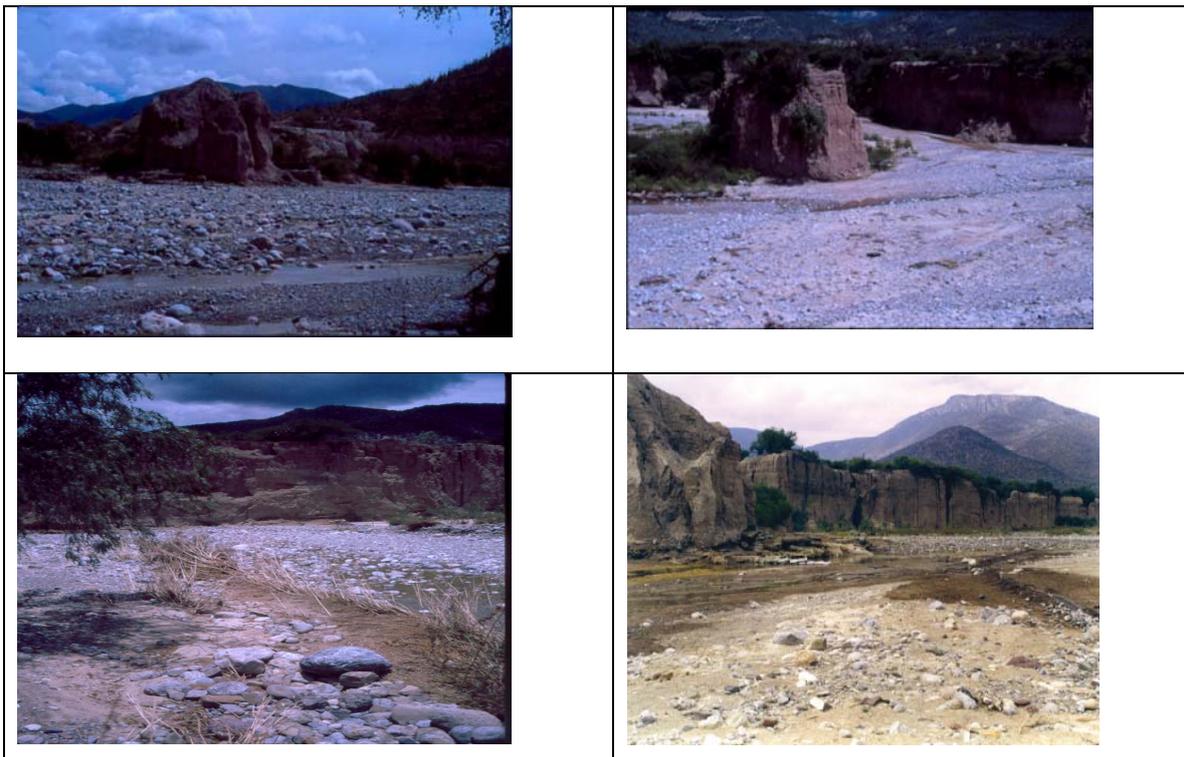
Bufo occidentalis

Especies de estudio.

Los sitios considerados en este trabajo presentan un grado de perturbación causado por diversas actividades humanas de diferente magnitud: “El Charcote” esta relativamente menos perturbado que la localidad “Río Salado”, debido a la esporádica presencia humana (exceptuando el hecho de que es una zona de abrevadero para los rebaños de cabras propiedad de las familias asentadas cerca de ese lugar); mientras que “Río Salado” es una zona más perturbada, debido a que es constante el paso de personas y

animales domésticos, ya que cerca de ahí se localizan algunas terrazas de extracción de sal comestible (salineras). “El Charcote” se constituye de un arroyo que debido a su conformación presenta algunas curvas y diferentes niveles de terreno, y que tiene aproximadamente 300 metros de largo; el sitio de “Río Salado” que se ha elegido consta de dos cursos de agua paralelos, con una distancia entre sí de aproximadamente 60 metros, con charcas secundarias de agua estancada repartidas a lo largo de los cursos principales.

La elección de los sitios de estudio se debe a sondeos y muestreos realizados previamente, que confirmaron una abundancia de ejemplares de diversas especies que se presentan simultáneamente en la época de lluvias, hasta tres de las especies mencionadas anteriormente pueden coincidir simultáneamente en una sola charca, al mismo tiempo; los sitios también se han elegido con base en el grado de perturbación o disturbio causado por las actividades humanas en la cobertura vegetal: la zona de “Río Salado” tiene una cubierta vegetal escasa, las especies se encuentran principalmente en el lecho del río, y sólo en ciertas charcas permanentes se tiene una cubierta vegetal consistente de mezquites (*Prosopis laevigata*, *Eysenhardtia polystachya*) arbustos diversos (*Mimosa luisiana*) y vegetación riparia (ver fotografías); la zona de “El Charcote” tiene una cubierta vegetal más abundante a lo largo de su recorrido, y se pueden encontrar arbustos espinosos o creosotas (*Prosopis*, *Eysenhardtia*, *Mimosa luisiana*), pastos y cactáceas, principalmente *Opuntia* y *Neobuxbaumia* (Dávila-Aranda et al., 1993).



Zona de muestreo del Río Salado.



Zona de muestreo de El Charcote.

MATERIALES Y MÉTODOS

En este estudio se trabajó con las especies *Bufo occidentalis*, *Rana spectabilis*, *Hyla arenicolor*, e *H. xera*, que pueden encontrarse con relativa frecuencia (dependiendo de la época del año, y de la cantidad de charcas y cuerpos de agua) en las zonas de muestreo descritas anteriormente.

1).- Seguimiento de las poblaciones de renacuajos en los dos sitios de muestreo:

Este estudio se enfocó a examinar de manera preliminar el papel de algunos factores climáticos bajo condiciones naturales en la dinámica del desarrollo del ensamble de anuros considerado.

Para conocer y comparar la tasa de desarrollo y crecimiento larvario en los anuros de la región a través del tiempo, se compararon las poblaciones de cada especie, en las dos zonas de trabajo.

Es imprescindible mencionar que los cuerpos de agua contemplados no son ocupados de manera continua por los diversos grupos de anuros presentes, y esto se observó a lo largo del periodo de un año, así como en todos los periodos de muestreo durante los años en que se realizó.

El muestreo en parches o áreas (Patch sampling) se aplica a cualquier organismo que esté confinado a hábitats delimitados considerados como áreas dentro de un ambiente mayor; las áreas se muestrean al azar haciendo inferencias estadísticas con los datos; las áreas de interés son consideradas homogéneas, tratadas como unidades independientes (Fellers et al., 1994). Por lo anteriormente señalado, éste tipo de muestreo fue el adecuado para el presente estudio.

En el sitio “Río Salado”, las charcas que se trabajaron tienen una profundidad estable promedio de 20 cm cada una, situadas de manera adyacente a la corriente principal, que es un curso de agua que varía en dimensiones y en velocidad de corriente a lo largo de su trayecto.

En el sitio “El Charcote” se contemplaron charcas estables que tienen una profundidad promedio (a lo largo de los meses) de 30 cm, que se sitúan en el curso principal del riachuelo, cuya profundidad no sobrepasa en algunos puntos los cinco centímetros.

2).- Desarrollo larvario de cuatro especies de renacuajos en dos sitios diferentes y en diferentes épocas del año:

El desarrollo larvario de los renacuajos se evaluó siguiendo la metamorfosis de un grupo de ejemplares de cada especie presentes en un cuerpo de agua en cada zona de estudio considerada. Se sigue el desarrollo larvario del grupo, que generalmente son renacuajos que eclosionaron de una puesta, hasta que los ejemplares más desarrollados reabsorban totalmente la cola, se formen los miembros posteriores y anteriores, y se manifieste la estructura bucal de un anuro adulto; una técnica para estimar la progresión del desarrollo larvario a lo largo del ciclo de vida de un anuro, es medir *in situ* la masa corporal de los renacuajos, determinando al mismo tiempo el estadio de desarrollo con base en las claves para identificación de estadios de Gosner (1960), y las claves desarrolladas por Limbaugh & Volpe (1957). Los métodos de marcaje y medición para los adultos no son adaptables a los renacuajos por perjudicar severamente la actividad de éstos; los estudios en campo de los renacuajos son problemáticos, ya que las técnicas de marcaje son inadecuadas; la técnica para investigación poblacional en los estadios larvarios más efectiva y menos perjudicial es el uso de polímeros acrílicos inyectados en las aletas caudales (Cecil & Just, 1978).

Se tomaron muestras de cinco individuos de cada población de renacuajos, y se colocaron en una solución de formol al 10% para una adecuada conservación. Posteriormente se midió cada renacuajo con un vernier con 0.05 mm de exactitud, el largo del cuerpo y el largo de la cola, y se determinó el estadio según Gosner (1960). El propósito de tener estas muestras en formol, es tener referencias para hacer comparaciones entre estadios a lo largo del tiempo que dura el desarrollo larvario, en cada temporada y en cada sitio de muestreo.

Se realizaron dos periodos de toma de datos: uno en época de lluvias (en esta región, las lluvias se presentan generalmente de mediados del mes de mayo hasta finales de octubre) y otro en época de secas (a finales de noviembre y principios de mayo del año siguiente); a su vez, en el primer periodo se tomaron mediciones en los meses de agosto y

de noviembre; en el segundo periodo, se realizaron en el mes de marzo. Estos periodos de toma de datos en campo se planificaron según el tiempo disponible y el presupuesto otorgado para las salidas al campo

Durante el segundo semestre del año 2002, se hicieron visitas a las zonas para coleccionar ejemplares en julio-agosto y octubre-noviembre, aunque los resultados de éstas fueron infructuosos, debido a la alteración física de los sitios de muestreo causada principalmente por las fuertes lluvias acaecidas, que diezmaron las poblaciones de renacuajos, e incluso afectaron los ciclos reproductores de los adultos.

Se evaluó el crecimiento larvario de los renacuajos con base en su relación masa-volumen, mediante la medición del desplazamiento del menisco de la superficie de un líquido contenido en una probeta graduada de 10 ml de capacidad, causado por el volumen corporal de cada renacuajo: la técnica consistió en recolectar (siempre que fue posible) a todo el grupo de renacuajos que habitaba en una charca, con una red de malla fina, o bien, a un gran porcentaje de individuos de ese grupo; se introdujo cada ejemplar en el líquido contenido en la probeta graduada, y se registró la cantidad de líquido desplazado por el cuerpo del renacuajo en la escala de la probeta; cada vez que se midió el volumen corporal de un individuo se determinó el estadio y la especie; esta técnica es menos agresiva que la medición de la talla o la longitud de cada renacuajo, pues se evita una manipulación excesiva o maltrato de éstos, y de esta forma se obtuvo una mayor exactitud en la evaluación de la distribución temporal de las especies en los cuerpos de agua.

Los estadios menores a 25, cuya edad es aproximadamente de cuatro días (Gosner, 1960), prácticamente no sirven para este tipo de mediciones, ya que su volumen corporal no desplaza el líquido de la probeta; además, son difíciles de manipular y se dañan fácilmente al tocarlos; por esta razón se descartaron del análisis.

Ocasionalmente se pueden encontrar varias especies en un mismo grupo de renacuajos en la misma charca, por lo que se separaron por especie, utilizando como características distintivas las diversas estructuras del aparato bucal.

En el medio ambiente se tomaron temperaturas del aire y del agua (esta última es la del microambiente) con un termómetro de lectura instantánea (± 1 °C); la profundidad del cuerpo de agua se midió con una regla graduada o flexómetro; las mediciones de

temperatura se utilizaron en el análisis estadístico, para determinar si existe una influencia directa en la tasa de desarrollo o crecimiento larvario.

De cada una de las especies seleccionadas se determinaron las características fenológicas con base en las observaciones y registros tomados en el trabajo de campo, durante los periodos de colecta en la zona; estos registros abarcan desde septiembre de 1998 hasta octubre de 2002, y comprenden las cuatro especies contempladas, en diversas etapas del desarrollo; estos datos comprenden: registros auditivos de cantos, presencia de adultos de ambos sexos, amplexos, puestas de huevos, eclosión de puestas, estadios larvarios primarios (1-25), estadios larvarios secundarios (26-39), estadios larvarios terciarios (40-46), y juveniles/subadultos. Mediante estos datos ordenados sistemáticamente, tomados en diversos periodos de tiempo, se pueden determinar tanto ciclos de vida como patrones reproductivos.

RESULTADOS

Se realizaron ANOVAs de una vía y pruebas “t” para comparar los volúmenes de los renacuajos y los estadios de desarrollo en los renacuajos de las cuatro especies estudiadas, tanto en las áreas de trabajo (El Charcote y Río Salado), como en los periodos de muestreo considerados (2001 y 2002); también se aplicaron pruebas Post-hoc tipo Dunn y Tukey, para averiguar si las interacciones encontradas en el conjunto de los datos se explican en términos de efectos principales multiplicativos (Sokal & Rohlf, 1995), y para aislar a los grupos que difieren entre si. La prueba de Dunn es el único método disponible si el tratamiento del tamaño de los grupos es desigual.

En *Hyla arenicolor* se compararon los volúmenes de los renacuajos entre las dos áreas de muestreo (Charcote vs. Río Salado), obteniéndose diferencias significativas entre los valores promedio de ambos grupos ($t = 12619$; $P = < 0.001$), corroborando lo anterior con el procedimiento de comparación múltiple (prueba de Tukey, $P < 0.050$); en *Hyla arenicolor* solamente se tienen datos de 2001; el promedio de estadios colectados en los dos sitios de muestreo es el mismo, aunque el volumen medio de los renacuajos en la zona de El Charcote es mayor comparándolo con Río Salado. Los estadios promedio en la zona de El Charcote fueron de 27, mientras que en Río Salado de 29; estos grupos de datos corresponden solamente al año 2001 ($t = 9142.50$, $P = 0.006$; prueba de Dunn, $P < 0.05$), manteniendo una diferencia significativa entre ambos.

En *Hyla xera*, la comparación del volumen de los renacuajos entre las dos regiones no muestra diferencias significativas ($t = 24477.50$, $P = 0.244$), y en la comparación del promedio de estadios entre ambas regiones tampoco muestran diferencias significativas ($t = 24954$, $P = 0.081$). Al igual que en la especie anterior, de *Hyla xera* sólo se tienen datos del periodo 2001; la diferencia entre los estadios y volúmenes de los renacuajos, tanto en El Charcote como en Río Salado, es nula.

Para el caso de *Rana spectabilis*, se trabajó solamente con la zona de Río Salado, ya que la muestra de El Charcote no es representativa, puesto que el número de ejemplares encontrados es menor a 12 renacuajos entre los dos periodos de muestreo. En Río Salado se realizó la comparación de volúmenes entre los periodos 2001 y 2002, mostrando diferencias significativas en la prueba “t” ($t = 120087.00$; $P = < 0.001$; prueba de Dunn: $P < 0.05$); en la comparación de los tipos de estadios entre los periodos 2001 y 2002, no se encontraron diferencias significativas ($t = 94788.00$, $P = 0.103$).

Para la especie *Rana spectabilis* se usaron solamente los datos de Río Salado, de ambos periodos de tiempo; los estadios no muestran ninguna variación entre los dos años, presentándose en una misma proporción; los volúmenes de los renacuajos en el año 2001 fueron más altos, en promedio, respecto de 2002, aunque esta diferencia es poco apreciable en la gráfica correspondiente.

Para la especie *Bufo occidentalis* se obtuvieron diferencias significativas ($t = 45089.500$, $P = < 0.001$; prueba de Dunn: $P < 0.005$), en la comparación de los volúmenes de los renacuajos entre las dos zonas de muestreo durante el 2001; los volúmenes de los renacuajos fueron más grandes en Río Salado durante 2001; en la comparación de los volúmenes entre las dos zonas de muestreo durante el periodo 2002 se encontraron diferencias significativas ($t = 57197.00$, $P = < 0.001$; prueba de Dunn: $P < 0.05$), mostrando también un mayor volumen en Río Salado.

Se realizaron pruebas “t” para comparar los volúmenes en cada zona de muestreo, entre los dos periodos (2001 vs 2002); en la localidad Río Salado, los volúmenes fueron significativamente diferentes entre los periodos de tiempo ($t = 23408.00$, $P = < 0.001$; prueba de Dunn: $P < 0.05$), al igual que en la localidad de El Charcote ($t = 20594.500$, $P = < 0.001$; prueba de Dunn: $P < 0.05$); el volumen medio de los renacuajos en el año 2002, en cada zona, fue mayor, al doble de la proporción que se tiene en 2001 (mientras que en El Charcote el volumen promedio en 2001 es de 1.5 ml de líquido desplazado en la probeta, para 2002 es de 4 ml; en Río Salado, la proporción es 2001: 4ml, y 2002: 7 ml; ver anexo, figura 1 y 2; cuadro 1).

En las comparaciones de los estadios entre las dos zonas de muestreo, para el periodo 2001 se obtuvieron diferencias significativas ($t = 41810.500$, $P = < 0.001$; prueba de Dunn: $P < 0.05$), al igual que en el periodo 2002 ($t = 56149.500$, $P = < 0.001$; prueba de Dunn: $P < 0.05$). También se hicieron comparaciones entre los dos periodos de muestreo (2001 vs. 2002), obteniéndose diferencias significativas tanto en Río Salado ($t = 13856.00$, $P = < 0.001$; prueba de Dunn: $P < 0.05$), como en El Charcote ($t = 22242.500$, $P = < 0.001$; prueba de Dunn: $P < 0.05$). El promedio de estadios en 2001 fue de 27 para Río Salado, y de 26 para El Charcote, mientras que en 2002 fue de 34 en Río Salado, y de aproximadamente 31 en El Charcote.

| ESPECIE | N | ZONAS (ANOS) | RESULTADOS DE LAS PRUEBAS “t” |
|--------------------------|--------------------------|----------------------------------|---|
| <i>Hyla arenicolor</i> | RS = 105 CH = 100 | RS / CH (2001) Sólo 2001 | Volúmenes: t = 12619 (P = < 0.001) Estadios : t = 9142.5 (P = 0.006) En 2002 se tuvo una N > 10 en cada zona. |
| <i>Hyla xera</i> | RS = 172 CH = 147 | RS / CH (2001) Sólo 2001 | Volúmenes: t = 24472 (P = 0.244) Estadios : t = 24954 (P = 0.081) En 2002 se tuvo una N > 10 en cada zona. |
| <i>Rana spectabilis</i> | 2001 = 301 2002 = 354 | RS (2001/ 2002) Sólo en RS | Volúmenes: t = 12087 (P = < 0.001) Estadios : t = 94788 (P = 0.013) En El Charcote se tuvo una N > 12 por cada año. |
| <i>Bufo occidentalis</i> | RS (2001) = 163 | RS / CH (2001) | Volúmenes: t = 45089 (P = < 0.001) Estadios : t = 41810.5 (P = < 0.001) |
| | CH (2001) = 197 | RS / CH (2002) | Volúmenes: t = 57197 (P = < 0.001) Estadios : t = 56150 (P = < 0.001) |
| | RS (2002) = 209 | RS (2001/ 2002) | Volúmenes: t = 23408 (P = < 0.001) Estadios : t = 13856 (P = < 0.001) |
| | CH (2002) = 249 | CH (2001/ 2002) | Volúmenes: t = 20594 (P = < 0.001) Estadios : t = 22243 (P = < 0.001) |

CUADRO 1.-Resultados de las comparaciones entre las zonas Río Salado (RS) y El Charcote (CH), así como entre los dos años de muestreo (2001 y 2002); se muestran los volúmenes promedio y los estadios promedio de los renacuajos.

Al compararse las cuatro especies por cada área, se obtienen diferencias significativas que se analizan por separado:

Para la localidad de El Charcote, durante 2001, se tuvieron muestras de renacuajos de *Hyla arenicolor*, *H. xera* y *Bufo occidentalis*. Para los estadios promedio, se tienen diferencias significativas (H = 286.50, P = < 0.001; prueba de Dunn: P < 0.005), siendo los dos hílidos los que mostraron estadios más desarrollados en general, de 27 en *H. arenicolor*, y 30 o más en *H. xera*, mientras que *B. occidentalis* tuvo una

proporción mayor de estadios 25-27. En la proporción de volúmenes, *H. arenicolor* y *B. occidentalis* tuvieron volúmenes de 1 ml o menos de líquido desplazado, mientras que para *H. xera* se tuvieron volúmenes mayores a 1, pero inferiores a 1.5 ml ($H = 10.27$, $P = 0.006$; prueba de Dunn: $P < 0.05$).

Para el Charcote durante el periodo 2002, sólo se obtuvieron ejemplares de *Bufo occidentalis*, por lo que no se hicieron comparaciones con otras especies (ver cuadro 2).

En la localidad Río Salado, durante el periodo 2001, se tuvieron las especies: *H. arenicolor*, *H. xera*, *Rana spectabilis* y *Bufo occidentalis*. Los hílidos mostraron predominancia de estadios 29-31, mientras que *B. occidentalis* presentó un intervalo de estadios de 26-27; *R. spectabilis* se mantuvo en general en el estadio 35 ($H = 361.15$, $P = < 0.001$; prueba de Dunn: $P < 0.05$). Se tuvieron diferencias significativas en lo que respecta a los volúmenes de los renacuajos ($H = 599.66$, $P = < 0.001$; prueba de Dunn: $P < 0.05$): los hílidos tuvieron volúmenes de 1 ml o menos, los bufónidos tuvieron una proporción de volúmenes de hasta 4 ml., y *R. spectabilis*, cuyos renacuajos tienen un tamaño que en el estadio 39 llega a triplicar al de las otras especies, tuvieron volúmenes de 14 ml de líquido desplazado. En la misma localidad, para el periodo 2002, sólo se compararon las especies *Rana spectabilis* y *Bufo occidentalis*, puesto que los hílidos tuvieron muy poca presencia durante el periodo de colecta. El promedio de estadios registrados fue de 35 en *Rana* y de 34 en *Bufo* ($H = 11.53$, $P = < 0.001$; prueba de Dunn: $P < 0.05$), mientras que en los volúmenes, *Rana* tuvo una proporción de 10 ml, y *Bufo* de 7 ml de líquido desplazado ($H = 64.62$, $P = < 0.001$; prueba de Dunn: $P < 0.05$). El promedio de los estadios en 2002 es mayor que en 2001 (superior al estadio 30), pudiendo reflejar una mayor proporción de individuos en desarrollo respecto del año.

| ZONA | | 2001 | 2002 |
|-------------|-------------------|---|--|
| El Charcote | Estadios promedio | $H = 285.50$ ($P = < 0.001$) [<i>H. xer.</i> / <i>H. aren.</i> / <i>B. occ.</i>] | ----- Únicamente <i>Bufo occidentalis</i> |
| | Volumen promedio | $H = 10.27$ ($P = 0.006$) [<i>H. xer.</i> / <i>H. aren.</i> / <i>B. occ.</i>] | ----- Únicamente <i>Bufo occidentalis</i> |

| | | | |
|------------|-------------------|---|---|
| Río Salado | Estadios promedio | H = 361.15 (P = < 0.001) [<i>H. xer.</i> / <i>H. aren.</i> / <i>B. occ.</i> / <i>R. spec.</i>] | H = 11.53 (P = < 0.001) [<i>B. occ.</i> / <i>R. spec.</i>] |
| | Volumen promedio | H = 599.66 (P = < 0.001) [<i>H. xer.</i> / <i>H. aren.</i> / <i>B. occ.</i> / <i>R. spec.</i>] | H = 64.62 (P = < 0.001) [<i>B. occ.</i> / <i>R. spec.</i>] |

CUADRO 2.- Comparación por zonas y periodos muestreados; en corchetes ([]) se indican las especies comparadas en cada relación.

| ESPECIE (año) | N | Estadio promedio | Volumen promedio* | T° ambiental media | T° media del microhábitat |
|---------------------------------|-----|------------------|-------------------|--------------------|---------------------------|
| <i>Hyla arenicolor</i> (2001) | 105 | 29 | 0.2 | 21° C | 21° C |
| <i>Hyla arenicolor</i> (2002) | 9 | - | - | - | - |
| <i>Hyla xera</i> (2001) | 172 | 31 | 1.050 | 21° C | 21° C |
| <i>Hyla xera</i> (2002) | 11 | - | - | - | - |
| <i>Rana spectabilis</i> (2001) | 301 | 35 | 14.0 | 21.5 ° C | 23° C |
| <i>Rana spectabilis</i> (2002) | 354 | 35 | 10.0 | 24° C | 25° C |
| <i>Bufo occidentalis</i> (2001) | 163 | 27 | 4.0 | 21.5° C | 23.5° C |
| <i>Bufo occidentalis</i> (2002) | 209 | 34 | 7.0 | 26° C | 25° C |

CUADRO 3.- RIO SALADO. Especies encontradas en la zona durante los periodos de muestreo 2001 y 2002, con el estadio promedio (Gosner, 1960) de cada muestra, el volumen corporal de los renacuajos (en mililitros de líquido desplazado en la probeta de medición*), temperatura ambiental promedio del sitio durante el periodo de muestreo, temperatura media del agua de la charca durante el periodo de muestreo, y N representa Tamaño de la muestra.

| ESPECIE (año) | N | Estadio promedio | Volumen promedio* | T° ambiental media | T° media del microhábitat |
|-------------------------------|-----|------------------|-------------------|--------------------|---------------------------|
| <i>H. arenicolor</i> (2001) | 100 | 27 | 0.5 | 21.5° C | 23° C |
| <i>H. xera</i> (2001) | 147 | 30 | 1.1 | 22° C | 23° C |
| <i>B. occidentalis</i> (2001) | 197 | 26 | 1.0 | 23.5° C | 20° C |
| <i>B. occidentalis</i> (2002) | 249 | 30 | 4.0 | 29° C | 28° C |

CUADRO 4.- EL CHARCOTE. Especies encontradas en la zona durante los periodos de muestreo 2001 y 2002, con el estadio promedio (Gosner, 1960) de cada muestra, el volumen corporal de los renacuajos (en mililitros de líquido desplazado en la probeta de medición*), temperatura ambiental promedio del sitio durante el periodo de muestreo, temperatura media del agua de la charca durante el periodo de muestreo, y N es Tamaño de la muestra.

La temperatura ambiental permaneció constante en las dos zonas durante el 2001, entre 21.5 - 23.5°C en el tiempo que duró el registro de las mediciones de los renacuajos en todas las especies, mientras que en el periodo 2002, esta temperatura osciló desde 24 hasta 29°C, en promedio. Estos intervalos de temperatura media fueron muy parecidos en las dos zonas de muestreo. La temperatura de las charcas en el periodo 2001 se mantuvo en un intervalo promedio de entre 20 y 23.5°C en ambas zonas, mientras que en el periodo 2002 la temperatura media del agua fue de 25 °C en Río Salado, y de 28 °C en El Charcote (ver cuadros 3 y 4).

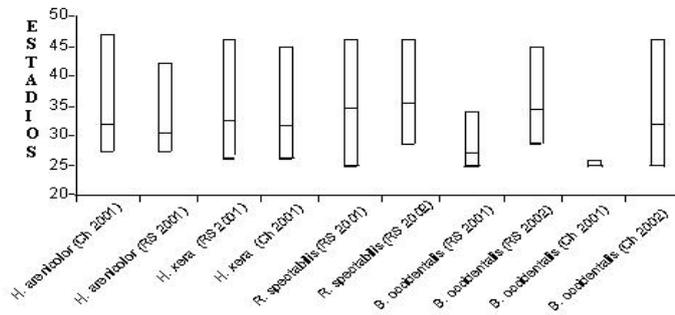


Figura 1. Estadios promedio de cada una de las especies de anfibios, por zona y año de muestreo; considerando rangos mínimo y máximo.

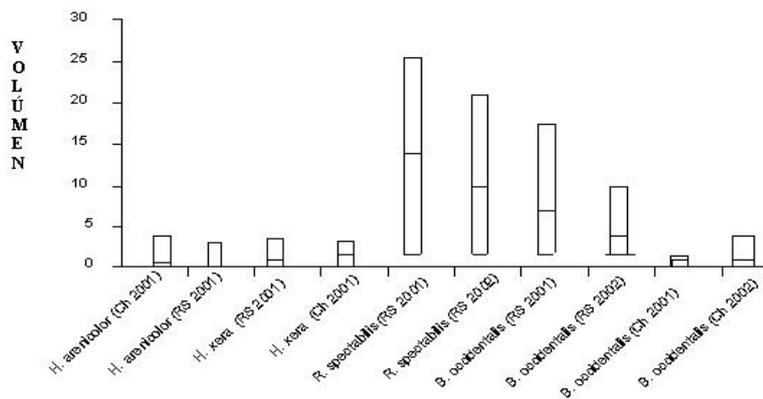


Figura 2. Volúmenes promedio (ml de agua desplazados en la probeta) de cada una de las especies de anfibios, por zona y año de muestreo; considerando rangos mínimo y máximo.

DISCUSIÓN

Con los datos obtenidos ha sido posible dar un panorama general de dos componentes principales básicos en este ensamblaje: la influencia de algunos factores abióticos en el desarrollo larvario de los anuros y su fenología. Analizando las especies por zonas, se podrá notar una preferencia particular por especie tanto en el tiempo de ocupación como en cada zona de muestreo. Aun así, estos resultados muestran acontecimientos ocurridos en breves intervalos de tiempo, advirtiendo sobre la

complejidad de las relaciones en las comunidades, y mostrando a su vez que este tipo de estudios son válidos al seguirse de manera metódica durante un largo periodo y de manera constante. Los resultados obtenidos de este estudio no deben ser tomados como consecuencias únicas y directas del efecto de algunos factores abióticos específicos (como la temperatura de los cuerpos de agua, la salinidad, etc) sobre el desarrollo y crecimiento de los renacuajos de los anuros que habitan en esta región, sino solamente como tendencias en el funcionamiento de este ensamble.

Los hílidos parecen ser los anuros más limitados en cuanto a posibilidades de supervivencia en este ensamble; los adultos son escasos si se les compara con los grandes grupos de renacuajos de *Rana* y *Bufo* que se pueden encontrar en estas zonas, como lo demuestra la exigua cantidad de ejemplares adultos de hílidos colectados a lo largo de dos años. Se colectaron sólo dos puestas de *Hyla arenicolor*, y ninguna puesta de *Hyla xera*, a la vez que se ha observado que el tiempo en que permanecen en actividad es breve, principalmente en lo que respecta a las etapas reproductivas; de las puestas que llegan a eclosionar, sólo un pequeño porcentaje de los individuos en desarrollo llega a la madurez sexual. Las observaciones de la especie realizadas en esta localidad se contraponen a las características ecológicas generales que se conocen de ésta a lo largo de su distribución, sobre todo a que es una especie muy común y ampliamente distribuida en México, tolerante a una amplia variedad de climas y formaciones vegetales, y siempre esta muy asociada a las pequeñas corrientes de agua con gran cantidad de rocas y vegetación circundante (Duellman, 2001).

Hyla xera es una especie que aparentemente es poco tolerante a los hábitats perturbados, pues se han encontrado pocos ejemplares en Río Salado, incluyendo renacuajos en diversos estadios, así como adultos sexualmente maduros, a lo largo de varios años de muestreo en la región, incluyendo los años 2001 y 2002. Esto contrasta con el trabajo de Canseco-Márquez et al. (2003), en donde se menciona que son comunes en este río y en las corrientes secundarias entre los meses de mayo y septiembre (aunque en el apéndice del trabajo sólo mencionan seis ejemplares colectados en el Río Zapotitlán).

Los anuros de tamaños más grandes, *Bufo* y *Rana*, son los géneros predominantes en este ensamble, pues los adultos permanecen mucho tiempo en actividad, encontrándose ejemplares, tanto estadios larvarios como adultos en los meses más secos, de enero a mayo; debido a la abundancia de renacuajos de *Bufo* y *Rana*, los renacuajos de los hílidos probablemente sean afectados de manera adversa por los

primeros. Los adultos generalmente vuelven a aparecer en grandes cantidades (principalmente en la zona de Río Salado) cuando las lluvias se presentan con más regularidad a mediados de septiembre; durante este tiempo, las hembras ponen varias puestas en el curso de las corrientes de agua, y la gran cantidad de renacuajos que llegan a desarrollarse permite que las agregaciones o grupos tengan más de 100 individuos, incluso en charcas de reducidas dimensiones (algunas de hasta 70 cms de ancho por 100 cms de largo). Estas colonias de renacuajos pueden permanecer en el mismo cuerpo de agua por varias semanas, más allá del tiempo de desarrollo normal para estos dos géneros, el cual varía entre tres y cuatro semanas, llegando a prolongarse más allá de dos meses (esto último se especula basándose en las observaciones de campo y en experimentos en laboratorio con condiciones controladas); es por esto que nuestras muestras de renacuajos de *Bufo* y *Rana* son mucho más grandes que las de los hílidos. El tiempo de desarrollo larvario concuerda con el de varias especies de anuros; en varias especies de *Hyla* (*cinerea*, *crucifer*, *rosenbergi*) varía de 35 a 45 días, en *Bufo*(*quercicus*, *valliceps*, *marinus*) varía entre 24 y 30 días, y para el caso de *Rana* (*cancrivora* ,*sylvatica*) va desde aproximadamente 40 hasta 67 días); (Duellman & Trueb, 1986).

De las especie *Hyla arenicolor* solo se obtuvieron muestras grandes en el 2001, mientras que en 2002 se encontraron muy pocos ejemplares, que no fueron comparados con las muestras de *Bufo* y *Rana*. En esta última especie, las muestras de renacuajos presentan una variedad más amplia de estadios, incluyendo los últimos estadios del desarrollo larvario, cuando los ejemplares ya presentan los cuatro miembros desarrollados; *Rana spectabilis* estuvo presente en grandes cantidades en la zona Río Salado, mientras que en El Charcote se observó una muestra muy pequeña tanto de renacuajos como de adultos.

Se tuvieron grandes muestras de la especie *Bufo occidentalis* en los dos sitios y en los dos años de muestreo; los estadios promedio para las dos áreas en 2001, fueron 26-27, en los que apenas son distinguibles las protuberancias que darán origen a las patas traseras, pero el volumen promedio desplazado de estos renacuajos fue de 4 ml en Río Salado, y de 1 ml en El Charcote; esta diferencia posiblemente se debe a una mayor cantidad de alimento en Río Salado, aunque no se ha evaluado este parámetro.

La zona del Río Salado posiblemente sea la zona más favorable para el desarrollo y crecimiento de los renacuajos, especialmente para *Rana spectabilis* y *Bufo occidentalis*, debido a la calidad y cantidad de alimento en las charcas, que en su mayor

parte es proporcionado por los filamentos de algas verdes; en comparación, El Charcote presenta una menor proporción de aglomeraciones de algas. Las algas verdes también sirven como refugio a los renacuajos y como fuente de calor almacenado ante vientos y épocas frías. La perturbación por actividades humanas es más notoria en Río Salado, aunque parece que el ensamble de anuros no es afectado por este fenómeno; no se han detectado contaminantes químicos en agua o aire; el principal factor adverso para los anuros son las “barrancadas” que ocurren de manera imprevisible durante un tiempo muy breve, inmediatamente después de un aguacero, afectando todo el hábitat. Como dato adicional, los principales depredadores de anfibios en este sitio son los mapaches, aunque no se ha estudiado la presión que ejercen sobre las poblaciones de adultos.

La zona de El Charcote tiene una perturbación ambiental menor, ya que no presenta actividad humana con regularidad, y se restringe al paso de los rebaños de cabras que buscan sitios para abreviar; la zona también se ve afectada por “barrancadas”, aunque de una proporción mucho menor a las que ocurren en Río Salado; en este sitio, la gran cubierta vegetal, tanto herbácea como arbustiva, adyacente al curso de la corriente, es el principal refugio de los anuros adultos; aunado a ello las paredes y el piso del sitio conforman una cañada en forma de “U” a todo lo largo de su recorrido, con numerosos terraplenes y declives laterales que pueden quedar fuera del alcance de las “barrancadas”, por lo que los renacuajos son los principales afectados por este fenómeno. Las dos especies de hílidos son más numerosas en esta zona, especialmente los adultos, debido principalmente a que son los anuros que se ocultan más fácilmente entre la abundante vegetación herbácea; aquí, los principales depredadores de los anuros son las culebras *Thamnophis cyrtopsis*, aunque éstas no son abundantes. La presencia de las grandes aglomeraciones de algas verdes que se observan en Río Salado son prácticamente inexistentes en El Charcote; aquí solo se aprecian restos vegetales y aglomeraciones de algas verdes muy disgregadas y poco densas en el fondo de las charcas, y se puede suponer que la cantidad y calidad de alimento para los renacuajos es menor aquí que en Río Salado, y puede ser un factor decisivo para el crecimiento de los renacuajos.

Ambos sitios cambian tras la temporada de lluvias, y su conformación hidrológica y topográfica es alterada año tras año; las charcas principales pueden quedar separadas entre sí o quedar interconectadas como una gran charca, o bien puede variar su profundidad al agregarse sedimentos arrastrados por la corriente de agua; con este fenómeno también varía la cantidad de algas o detritus en el fondo de las charcas, y la

tasa de mortalidad de renacuajos en las dos zonas puede llegar a ser del 100 %, y sin embargo, en *Rana* y *Bufo*, un número considerable de adultos llega a la etapa reproductiva para dejar descendencia en estas zonas al año siguiente.

La temperatura ambiental no cambia drásticamente de una estación a otra, y se puede decir que es estable a lo largo del año, por lo que la temperatura de las charcas varía en un grado mucho menor que la temperatura ambiental, y se puede decir que ninguna de estas temperaturas afecta en gran medida o directamente de una manera apreciable el desarrollo larvario de las especies que constituyen este ensamble de anuros.

CARACTERÍSTICAS FENOLÓGICAS DE LAS ESPECIES ESTUDIADAS.

Las condiciones físicas de cada una de las zonas pueden cambiar drásticamente a lo largo del año; normalmente en “El Charcote” no hay eventos catastróficos de gran magnitud como los que ocurren en el “Río Salado”; estos eventos, por lo general, cambian totalmente la conformación física y distribución de los cuerpos de agua. Posiblemente hay variaciones en cuanto a la calidad y cantidad de alimento en los cuerpos de agua, tanto a lo largo de un año, como en años sucesivos; las observaciones efectuadas durante este estudio, nos han llevado a suponer que el principal alimento de los renacuajos para todas las especies, son los cuerpos de algas verdes filamentosas que se presentan de manera más abundante en la zona del “Río Salado”, y probablemente el mayor volumen corporal de los renacuajos en “Río Salado” se debe a una mayor disponibilidad de este tipo de alimento.

Cada especie se reproduce en una época o tiempo determinado, principalmente a lo largo de la época de lluvias, pudiendo coincidir en tiempo y espacio; a su vez, tienen un patrón reproductivo particular, que incluso es diferente entre dos zonas del mismo municipio, y que dependerá de las condiciones locales.

Se analizaron las características fenológicas de cada una de las especies, comparándose en los dos sitios de muestreo, haciendo posible obtener el patrón reproductivo de cada especie. En los cuadros o esquemas siguientes, una línea continua indica ejemplares colectados y registros de actividad abundantes, en diferentes periodos de tiempo; línea discontinua indica ejemplares colectados, observaciones, e indicios de actividad muy esporádicos o aislados; las siglas E. L. significan Estadios Larvarios.

HYLA ARENICOLOR.

Los hábitos reproductivos de la especie difieren entre los dos sitios de muestreo; en “Río Salado”, la población de esta especie es escasa, los adultos se presentan de manera esporádica en el periodo comprendido entre los meses de marzo-julio; entre julio y agosto es posible observar renacuajos y algunas puestas de huevos; no hay indicios de sus actividades en esta localidad durante los últimos cuatro meses del año. En “El Charcote”, la actividad de los adultos se desarrolla a lo largo del año, pudiendo ser colectados en cualquier mes, aunque con mayor frecuencia en los meses lluviosos (de julio a noviembre); la actividad reproductiva aparentemente se da en un periodo relativamente corto, que coincide con la época de lluvias periódicas y constantes en la zona (a partir del mes de junio a septiembre); no se registraron cantos en ninguna de las dos regiones; puestas de huevos y estadios larvarios primarios se encontraron hasta mediados de septiembre, y los estadios larvarios secundarios y terciarios se encontraron hasta finales de noviembre; los juveniles y subadultos se presentaron desde mediados de septiembre hasta finales de diciembre. Esto concuerda con los datos que se tienen de la especie, en el que su metamorfosis completa ocurre entre 50 y 60 días (Duellman, 2001). Esta especie muestra actividad reproductiva solamente en época de lluvias, y los renacuajos encuentran condiciones propicias para desarrollarse durante el ultimo trimestre del año, que coincide con el fin de la época lluviosa y con un incremento tanto del número como del volumen de los cuerpos de agua en las cuencas de los ríos y manantiales.

| FENOLOGÍA | En | Fb | Mz | Ab | My | Ju | Jl | Ag | Se | Oc | No | Di |
|------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| CANTOS | | | | | | | | | | | | |
| ADULTOS (♀♂) | | | | | | | | | | | | |
| AMPLEXOS | | | | | | | | | | | | |
| PUESTAS DE HUEVOS | | | | | | | | | | | | |
| ECLOSIÓN | | | | | | | | | | | | |
| E. L. PRIM. (1-25) | | | | | | | | | | | | |
| E. L. SEC. (26-39) | | | | | | | | | | | | |
| E. L. TER. (40-46) | | | | | | | | | | | | |
| JUVENILES Y SUBADULTOS | | | | | | | | | | | | |

CUADRO 3.- Periodos anuales de las características fenológicas de *Hyla arenicolor*. Las líneas claras corresponden a Río Salado, las líneas oscuras corresponden a El Charcote.

HYLA XERA

El cuadro 4 muestra la actividad reproductiva de *Hyla xera*; esta especie se reproduce exclusivamente en la época de lluvias, mientras los cuerpos de agua sean estables; esta condición se presenta en las dos localidades de muestreo. En el caso de la localidad “Río Salado”, la actividad se restringe al periodo de lluvias regulares, de finales de junio a noviembre; los cantos de apareamiento en esta especie se escuchan en los meses de julio y agosto, y los machos generalmente los producen debajo de una roca, en el borde de un cuerpo de agua; los adultos están activos hasta finales de noviembre, cuando ya no se presenta ningún chubasco y hay una gran cantidad de humedad en el terreno. No se registró ningún amplexo ni puestas de huevos, estos últimos aún no han sido descritos en la literatura, aunque se especula que pueden ser muy parecidos a los huevos de *Hyla arenicolor*, y con toda seguridad también es posible encontrarlos en época de lluvias; los renacuajos (en las tres etapas principales que se manejaron) tuvieron presencia durante todo el tiempo de duración de la época de lluvias (de principios de julio a finales de noviembre); no se colectaron ejemplares que puedan considerarse juveniles o subadultos, tanto por las características de las gónadas como por su tamaño. En la zona de “El Charcote”, el patrón de actividades fue muy similar al de “Río Salado”, aunque no se registraron cantos de apareamiento, puestas de huevos ni amplexos (las líneas punteadas en el esquema indican la posibilidad de que estos eventos ocurran, aunque no se hayan registrado); los renacuajos se pudieron encontrar desde principios de julio hasta mediados de octubre, los estadios primarios (del 1 al 25) únicamente durante el mes de agosto, posiblemente son muy vulnerables a las condiciones y limitantes del ambiente, y solo sobrevive un pequeño porcentaje de los renacuajos hasta los estadios posteriores. Los juveniles y subadultos fueron encontrados durante noviembre y diciembre, que coincidió con la conclusión del desarrollo larvario en los grupos de renacuajos observados a lo largo de la época de lluvias. Esta especie en particular fue muy vulnerable a las “barrancadas”, ya que después de un evento de esta

naturaleza, no se volvió a registrar actividad alguna ni de adultos, ni de grupos de renacuajos en los cuerpos de agua.

| FENOLOGÍA | En | Fb | Mz | Ab | My | Ju | Jl | Ag | Se | Oc | No | Di |
|------------------------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| CANTOS | | | | | | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ |
| ADULTOS (♀♂) | | | | | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ |
| AMPLEXOS | | | | | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ |
| PUESTAS DE HUEVOS | | | | | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ |
| ECLOSIÓN | | | | | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ |
| E. L. PRIM. (1-25) | | | | | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ |
| E. L. SEC. (26-39) | | | | | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ |
| E. L. TER. (40-46) | | | | | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ |
| JUVENILES Y SUBADULTOS | | | | | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ |

CUADRO 4.- Periodos anuales de las características fenológicas de *Hyla xera*. Las líneas claras corresponden a Río Salado, las líneas oscuras corresponden a El Charcote.

BUFO OCCIDENTALIS

Esta especie prácticamente presenta los mismos patrones de desarrollo y actividad en ambas zonas de muestreo, aunque en “Río Salado” se presentaron los renacuajos con los volúmenes corporales más grandes.

Los cantos de apareamiento se escuchan durante los meses de octubre, noviembre y diciembre, principalmente a lo largo de las corrientes principales de los ríos y riachuelos; en un transecto de 100 metros de largo puede haber simultáneamente hasta 15 machos cantando. Los adultos pueden tener actividad a partir de la segunda mitad de abril, y de ahí hasta los primeros días de diciembre (en Río Salado se pueden encontrar hasta finales de diciembre).

Los amplexos se manifiestan únicamente en los meses de septiembre y octubre, y las puestas de huevos son muy comunes durante octubre y noviembre, y la eclosión de los huevos ocurre también en estos meses, aunque las puestas se pueden hallar hasta diciembre.

Una característica observada es que los renacuajos de *B. occidentalis* pueden permanecer durante los meses de sequía en los mismos cuerpos de agua de las zonas estudiadas. Los renacuajos hacen su aparición a partir del mes de octubre, en los dos sitios estudiados, aunque hay algunas diferencias entre ambos sitios: los estadios larvarios primarios comienzan a aparecer en octubre, continuando durante diciembre, y

pueden encontrarse hasta finales de marzo del siguiente año (principalmente en “El Charcote”); los estadios larvarios secundarios y terciarios también pueden ser encontrados desde principios de octubre hasta el comienzo de la temporada de lluvias del siguiente año, pero en la zona del “Río Salado”, permanecen hasta mediados de abril, mientras que en “El Charcote” hasta finales de julio, cuando las lluvias son regulares; esto puede deberse a una prolongación del desarrollo en los grupos de renacuajos que no se transformaron durante el periodo de condiciones óptimas (con estabilidad de los cuerpos de agua, abundancia de partículas alimenticias y refugio), que se presenta durante el último trimestre del año, correspondiente a una abundancia de cuerpos de agua al término de la época de lluvias; estas condiciones óptimas cambian drásticamente durante la época de sequía, correspondiente al periodo comprendido entre enero y mayo. Los juveniles y subadultos presentan un periodo de actividad que varía entre los dos sitios: en “Río Salado” se pueden encontrar desde principios de marzo hasta finales de octubre, y en “El Charcote” desde mediados de mayo hasta mediados de noviembre; la presencia de juveniles y subadultos también coincide con los adultos en reproducción, con renacuajos recién eclosionados, y aún con renacuajos cuyo desarrollo se retrasó (que predominan durante los últimos cuatro meses del año).

| FENOLOGÍA | En | Fb | Mz | Ab | My | Ju | Jl | Ag | Se | Oc | No | Di |
|------------------------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| CANTOS | | | | | | | | | | ■ | ■ | ■ |
| ADULTOS (♀♂) | | | | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ |
| AMPLEXOS | | | | | | | | | ■ | ■ | ■ | ■ |
| PUESTAS DE HUEVOS | | | | | | | | | | ■ | ■ | ■ |
| ECLOSIÓN | | | | | | | | | | ■ | ■ | ■ |
| E. L. PRIM. (1-25) | ■ | ■ | ■ | ■ | | | | | | ■ | ■ | ■ |
| E. L. SEC. (26-39) | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ |
| E. L. TER. (40-46) | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ |
| JUVENILES Y SUBADULTOS | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ |

CUADRO 5.- Periodos anuales de las características fenológicas en *Bufo occidentalis*. Las líneas claras corresponden a Río Salado, las líneas oscuras corresponden a El Charcote.

RANA SPECTABILIS

Esta especie muestra diferencias fundamentales en los patrones de actividad en cada zona de estudio; la zona menos favorable para la especie parece ser “El Charcote”. En la zona de “El Charcote” se han colectado pocos ejemplares (tanto adultos como

renacuajos). Se ha observado que los adultos hacen su aparición únicamente en la época de lluvias, de julio a septiembre; la presencia de los renacuajos también se da únicamente en temporada de lluvias regulares, de julio a finales de octubre, predominando los estadios larvarios secundarios (estadios 26-39); se han llegado a coleccionar ejemplares juveniles en junio.

“Río Salado” es la zona más favorable para la especie. En esa zona, los adultos se pueden encontrar comúnmente a lo largo del año, desde el mes de marzo hasta diciembre, y en los meses de enero y febrero prácticamente desaparecen. Los cantos de apareamiento se escuchan generalmente a partir del mes de septiembre y continúan hasta finales de noviembre, y los amplexos se prolongan hasta finales de diciembre.

Hay dos periodos bien definidos en donde se observan las puestas de huevos, la eclosión de éstos, y los tres tipos de estadios larvarios; el periodo más prolongado corresponde a la mayor parte de la temporada de lluvias, desde principios de julio, continuándose hasta los últimos días de diciembre, que corresponde a la época de terminación de las lluvias, cuando hay una abundancia de humedad y alimento; hay otro periodo de actividad que corresponde a la temporada de secas, pero es más corto en comparación al del periodo de lluvias; corresponde principalmente al periodo comprendido de la segunda mitad de marzo y la primera de abril. Los renacuajos, en estadios primarios y secundarios, se empiezan a observar desde el mes de julio (principalmente a partir de la segunda mitad del mes) hasta la segunda mitad de diciembre, para disminuir drásticamente el número de individuos en las charcas a principios de enero; los estadios primarios (hasta el estadio 25) desaparecen durante todo el mes de enero y febrero, y se les vuelve a encontrar hasta la segunda mitad de marzo y abril; se piensa que éstos últimos han surgido de las puestas de huevos que se detectaron en marzo. Los estadios larvarios secundarios (26-39) son encontrados desde el mes de julio, y su estancia en las charcas puede registrarse hasta mediados de mayo del siguiente año; el número de individuos decrece en los cuerpos de agua a finales de diciembre y principios de marzo; son los estadios que se presentan con más frecuencia, en cualquier época del año.

Los estadios larvarios terciarios (40-46) también tienen dos periodos de actividad, proliferan a partir del mes de septiembre, decrece el número de individuos hasta casi desaparecer (muy pocos individuos son colectados de las charcas) a principios de diciembre, habiendo una posterior proliferación a partir del mes de marzo y hasta mediados de mayo, momento en el cual vuelve a decrecer el número de estadios

terciarios hasta casi desaparecer. En el mes de junio prácticamente desaparecen los tres tipos de estadios larvarios.

La aparición y presencia de juveniles y subadultos sigue un patrón de actividad similar al de los estadios larvarios; tienen una aparición explosiva durante los meses más lluviosos, correspondientes al periodo comprendido entre principios de agosto y finales de octubre, decrece el número de individuos de esta categoría a principios de noviembre, y vuelven a registrarse individuos durante el periodo comprendido entre principios de marzo y mediados de junio.

La actividad de esta especie, tanto en sus formas larvarias, como en juveniles y adultos, varía en gran medida entre un año y otro; los patrones de actividad de cada categoría se hicieron con base en las observaciones realizadas en varios periodos durante casi cinco años de muestreo en las zonas de estudio. En el año 2001, hubo presencia de renacuajos desde principios de agosto hasta finales de noviembre en “Río Salado”, y sin embargo, en “El Charcote” no se registró actividad alguna ni presencia de ejemplares adultos; la misma situación se presentó en el año 2002. Aún no se sabe la causa de esta ausencia de ejemplares en El Charcote.

| FENOLOGÍA | En | Fb | Mz | Ab | My | Ju | Jl | Ag | Se | Oc | No | Di |
|------------------------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| CANTOS | | | | | | | | | | — | — | |
| ADULTOS (♀♂) | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| AMPLEXOS | | | | | — | — | — | — | | | | |
| PUESTAS DE HUEVOS | | | — | — | — | — | — | — | | | | |
| ECLOSIÓN | | | — | — | — | — | — | — | | | | |
| E. L. PRIM. (1-25) | | | — | — | — | — | — | — | — | — | — | |
| E. L. SEC. (26-39) | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| E. L. TER. (40-46) | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| JUVENILES Y SUBADULTOS | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |

CUADRO 6.- Periodos anuales de las características fenológicas de *Rana spectabilis*. Las líneas claras corresponden a Río Salado, las líneas oscuras corresponden a El Charcote.

Un fenómeno que incide de manera directa en los ciclos de vida y en los patrones reproductivos de estas especies, son las irrupciones repentinas de grandes cantidades

de agua de lluvia en los cauces de los ríos y manantiales de la zona, conocidas como “barrancadas” por los habitantes del lugar. Afecta de manera catastrófica a las especies que habitan en los cuerpos de agua: los renacuajos y los adultos que se encuentran en los cuerpos de agua y en las inmediaciones de la cuenca del río al momento que ocurre un fenómeno de éstos, son arrastrados por una gran corriente de agua generada por las lluvias, eliminando una gran cantidad de individuos. El paso del agua puede durar varias horas, e incluso algunos días, cuando las lluvias son frecuentes y copiosas; el volumen de agua en la corriente baja de forma paulatina, horas o días después de la violenta irrupción, y el curso de un río o manantial puede volver a la normalidad hasta una semana después de la primera “barrancada” (siempre y cuando no haya lluvias abundantes después de ésta primera irrupción). El paisaje en el sitio en el que ocurre la “barrancada” cambia drásticamente, gran cantidad de sedimento es desplazado, árboles y arbustos son arrancados desde la raíz por la fuerza de la corriente, y grandes porciones de paredes y barrancos que conforman paredes laterales a lo largo de la corriente son desgajados por la misma causa; este ciclo de destrucción y transformación de las diferentes cuencas de los ríos ocurre año tras año.

Los anuros adultos que sobrevivieron a los fenómenos de “barrancada” pueden volver a reproducirse, y las nuevas poblaciones de renacuajos habitarán nuevas charcas en la zona recién conformada.

CONCLUSIONES:

1.- La temperatura de la charca afecta de una manera muy particular a cada especie durante el desarrollo larvario, y no hay un patrón común de alteración simultánea para todas las especies, que se pueda verificar en el grupo de anuros estudiado; en esta región dependerá de la época del año en la cual se desarrolla un grupo de renacuajos.

2.- Los hílidos se reproducen durante el comienzo de la temporada de lluvias (mayo-junio); los adultos no permanecen mucho tiempo en las zonas y son reemplazados casi completamente por *Rana spectabilis* y *Bufo occidentalis*, que llegan a ser las especies dominantes en este ensamble de anuros, cuya presencia (tanto larvas como adultos) se extiende durante la segunda mitad del año y durante los dos primeros meses del año siguiente.

3.- Se necesitan más estudios en los que se evalúe el efecto de otros factores abióticos (temperaturas ambiental, pH, densidad poblacional, etc.) sobre el desarrollo larvario de cada una de las especies que componen este ensamble de anuros; estos estudios deberán hacerse a largo plazo y de manera continua, abarcando varios años y estudiando varias generaciones de renacuajos, y no solamente por temporadas cortas. Las colectas y mediciones de renacuajos deben hacerse siguiendo el desarrollo continuo desde el estadio 1 (puestas de huevos) hasta el 46 (anuro juvenil) en el mismo sitio en el que fueron hallados, evitando que se mezclen con otras colonias de renacuajos presentes en el mismo sitio. A su vez, este procedimiento deberá hacerse con diversos grupos de renacuajos, en diferentes sitios de la zona de muestreo y durante varios años, con el fin de obtener un panorama mucho más exacto de la influencia de los factores sobre el desarrollo de los renacuajos. Sólo se podrá determinar con exactitud y de manera apreciable y determinante el efecto de la temperatura ambiental y microambiental en el desarrollo y crecimiento de los renacuajos a lo largo del tiempo, haciendo mediciones a mediano y largo plazo con varios grupos de renacuajos, en condiciones que garanticen que no habrá ninguna adversidad que pueda alterar el desarrollo del experimento (se incluyen tanto factores externos naturales como de índole humana).

4.-Otros factores que afectan de manera importante y determinante al desarrollo larvario de los renacuajos de las especies de anuros son la calidad, cantidad y disponibilidad de alimento para los renacuajos, la posible competencia entre especies que se encuentran en un mismo sitio durante el mismo periodo de tiempo, y las relaciones interespecíficas con los depredadores y otras especies no anuros.

5.- Como consecuencia de lo anteriormente dicho, se tienen que diseñar métodos de verificación experimental de los factores mencionados, tanto en el campo como a nivel de laboratorio, así como perfeccionar los métodos aplicados en este trabajo; estos se podrán adecuar a otro tipo de ambientes y a otras especies de anfibios que manifiesten desarrollo larvario.

LITERATURA CITADA

- Abbadié-Bisogno, K., L. Oliver-López, and A. Ramírez-Bautista. 2001. *Bufo occidentalis*. Death feigning. *Herpetological Review* 32 (4): 247.
- _____. 2003. *Thamnophis cyrtopsis collaris*. Prey. *Herpetological Review* 38 (2): 145.
- Alford, R.A. and S.J. Richards. 1999. Global amphibian declines: a problem in applied ecology. *Annales Review Ecology and Systematics* 1999, 30: 133-165.
- Blaustein, A.R., J.M. Romansic, J.M. Kiesecker, and A.C. Hatch. 2003. Ultraviolet radiation, toxic chemicals and amphibian population declines. *Diversity and Distributions* (2003) 9: 123-140.
- _____, and D.B. Wake. 1995. The puzzle of declining amphibian populations. *Scientific American* 272: 52-57.
- Cabral-Eterovick, P. and I. Sazima. 2000. Structure of an anuran community in a montane meadow in southeastern Brazil: effects of seasonality, habitat, and predation. *Amphibia-Reptilia* 21: 439-461.
- Canseco-Márquez, L.; G. Gutiérrez-Mayén and J.R. Mendelson III. 2003. Distribution and natural history of the hylid frog *Hyla xera* in the Tehuacán-Cuicatlán valley, México, with a description of the tadpole. *The Southwestern Naturalist* 48 (4): 670-675.
- Carey, C. and M.A. Alexander. 2003. Climate change and amphibian declines: is there a link?. *Diversity and Distributions* (2003) 9: 111-121.
- Cecil, S.G. and J.J. Just. 1978. Use of acrylic polymers for marking of tadpoles (Amphibia, Anura). *Journal of Herpetology* 12 (1): 95-96.
- Collins, J.P. and A. Storfer. 2003. Global amphibian declines: sorting the hypothesis. *Diversity and Distributions* (2003) 9: 89-98.
- Corn, P. S. 1994. What we know and don't know about amphibian declines in the West. *In*: W.W. Covington and L. F. DeBano (coord.), *Sustainable ecological systems: Implementing an ecological approach to land management*. USDA Forest Service, Rocky Mountain Forest and Range Experiment Station, Ft. Collins, Colorado. General Technical Report RM-247, May 1994: 59-67.
- Crump, M. L. 1977. Amphibian reproductive ecology on the community level. *Herpetologica* 34: 21-36.
- _____. 1981. Energy accumulation and amphibian metamorphosis. *Oecologia (Berl)* (1981) 49: 167-169.

- Daszak, P., A.A. Cunningham, and A.D. Hyatt. 2003. Infectious disease and amphibian population declines. *Diversity and Distributions* (2003) 9: 141-150.
- Dávila-Aranda, P., J.L. Villaseñor Ríos, R. Medina Lemos, A. Ramírez Roa, A. Salinas-Tovar, J. Sánchez Ken y P. Tenorio-Lezama. 1993. Flora del Valle de Tehuacán-Cuicatlán, México. Serie: Listado florístico de México. Instituto de Biología; Universidad Nacional Autónoma de México. 195 pp.
- Dayton, G.H. and L.A. Fitzgerald. 2001. Competition, predation, and the distributions of four desert anurans. *Oecologia* (2001) 129: 430-435.
- Dodd, C. K. 1993. Cost of living in an unpredictable environment: The ecology of striped newts *Notophthalmus perstriatus* during a prolonged drought. *Copeia* 1993 (3): 605-614.
- Duellman, W. E. 2001. Hylid frogs of Middle America, volume 1. Society for the Study of Amphibians and Reptiles; U.S.A.: 518.
- _____ and L. Trueb. 1986. Biology of amphibians. McGraw-Hill Book Co. New York. N.Y. 612 pp.
- Fellers, G.A.; C.A. Drost and W.R. Heyer. 1994. Handling live amphibians. *In*: W. R. Heyer, M.A. Donnelly, R.C. McDiarmid, L.-A C. Hayek, and M.S. Foster (Eds.) *Measuring and monitoring biological diversity—Standard methods for Amphibians.*; Smithsonian Institution Press. U.S.A : 275-284.
- García-Oliva, F. 1991. Influencia de la dinámica del paisaje en la distribución de las comunidades vegetales de la Cuenca del Río Zapotitlán. *Investigaciones geográficas* 23; *Boletín del Instituto de Geografía, Universidad Nacional Autónoma de México.*
- Gibbons, J.W., D.E. Scott, T.J. Ryan, K.A. Bulhmann, T.D. Tuberville, B.B. Metts, J.L. Greene, T. Mills, Y. Leiden, S. Poppy, and C.T. Winne. 2000. The global decline of reptiles, déjà vu amphibians. *Bioscience*, August 2000, vol. 50, No. 8: 653-666.
- Gosner, K.L 1960. A simplified table for staging anuran embryos and larvae with notes on identification. *Herpetologica* 16: 183-190.
- Greenberg, C.H. 2001. Response of reptile and amphibian communities to canopy gaps created by wind disturbance in the southern Appalachian. *Forest Ecology and Management* 148 (2001): 135-147.
- Hero, J; C. Gascon and W.E. Magnusson. 1998. Direct and indirect effects of predation on tadpole community structure in the Amazon rainforest. *Australian Journal of Ecology* 23: 474-482.
- Limbaugh, B. A. and E. P. Volpe. 1957. Early development of the Gulf Coast Toad, *Bufo valliceps* Wiegmann. *American Museum Novitates*, number 1842. Department of Herpetology; American Museum of Natural History. 32 pp.
- Martín del Campo, R, y O. Sánchez-Herrera. 1979. Estudio herpetofaunístico de Zapotitlán de las Salinas, Puebla. *Biología de Campo*. Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México.

- Mata-Silva, V. 2000. Estudio comparativo del ensamble de anfibios y reptiles en dos localidades de Zapotitlán Salinas, Puebla. Tesis de Licenciatura. Escuela Nacional de Estudios Profesionales-Iztacala. Universidad Nacional Autónoma de México.
- Mendelson, J.R. and J.A. Campbell. 1994. Two new species of the *Hyla sumichrasti* group (Amphibia: Hyla) from México. Proceedings of Biological Society of Washington 107: 398-409.
- Nelson, D.H. 1973. Growth and developmental responses of larval toad populations to heated effluent in a South Carolina reservoir. Journal of Herpetology 8: 264-276.
- Oliver-López, L., A. Ramírez-Bautista, and J. Lemos-Espinal. 2000. *Bufo occidentalis*. Notes. Fecundity. Herpetological Review 31 (1): 39-40.
- Pianka, E.R. 1973. The structure of lizard communities. Annales Review of Ecology and Systematics 4: 53-74.
- Pough, F.H., R.M. Andrews, J.E. Cadle, M.L. Crump, A.H. Savitzky and K.D. Wells. 1998. Herpetology. Prentice Hall. U.S.A. 612 pp.
- Ramirez-Bautista, A. and M. Benabib. 2001. Perch height of the arboreal lizard *Anolis nebulosus* (Sauria: Polychrotidae) from a tropical dry forest of México: Effect of reproductive season. Copeia 2001: 187-193.
- Relyea, R, A. and E.E. Werner. 2000. Morphological plasticity in four larval anurans distributed along an environmental gradient. Copeia, 2000: 178-190.
- Rzedowski, J. 1978. Vegetación de México. Ed. Limusa. México. 432 pp.
- Schlaepfer, M.A. and T.A. Gavin. 2001. Edge effects on lizards and frogs in tropical forest fragments. Conservation Biology 15 (4): 1079-1090.
- Sokal, D. and L. Rohlf. 1995. Biometry, 3rd Ed. Freeman and Co. NY. 832 pp.
- Thompson, W.L., G.C. White and C. Gowan. 1998. Amphibians and Reptiles, chapter 8. Monitoring vertebrate populations. Academic Press Inc: 233-260.
- Wilson, J.D. and M.E. Dorcas. 2003. Effects of habitat disturbance on stream salamanders: implications for buffer zones and watershed management. Conservation Biology 17 (3): 763-771.
- Woolrich-Piña, G., L. Oliver-López, y J. Lemos-Espinal. 2005. Anfibios y reptiles del Valle de Zapotitlán Salinas, Puebla. U.N.A.M.- CONABIO. México. 54 pp.
- Zampella, R.A. and J.F. Bunnell. 2000. The distribution of anurans in two river systems of a coastal plain watershed. Journal of Herpetology 34 (2): 210-221.
- Zweifel, R.G. 1968. Reproductive biology of anurans of the arid southwest, with emphasis on adaptation of embryos to temperature. Bulletin of the American Museum of Natural History 140, article 1. 57 pp.