



**BENEMÉRITA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE PUEBLA**

**FACULTAD DE BIOLOGÍA**

---

**CORRELACIONES AMBIENTALES DE LA DENSIDAD DE  
RENACUAJOS DE ANUROS EN UN AMBIENTE ESTACIONAL**

---

TESIS QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

**LICENCIADA EN BIOLOGÍA**

PRESENTA:

**AHUATZIN FLORES DIANA ABILENE**

DIRECTOR:

**DR. GARCÍA AGUAYO ANDRÉS**

PUEBLA DE ZARAGOZA, JUNIO DE 2015.



---

---

Este proyecto de investigación se llevó a cabo en las instalaciones de la Estación de Biología “Chamela” (EBCh) perteneciente al Instituto de Biología de la Universidad Nacional Autónoma de México, contando con el financiamiento del *Programa de Apoyo a Proyectos de Investigación e Innovación Tecnológica* (PAPIIT IN-204713) otorgado al Dr. Andrés García Aguayo.

---

---

---

## AGRADECIMIENTOS

---

---

Agradezco profundamente a mi director de tesis el Dr. Andrés García Aguayo la disposición y asesoramiento, además de la confianza para considerarme parte de este proyecto de investigación, de igual manera agradezco el apoyo brindado durante la estancia en la Estación de Biología Chamela del Instituto de Biología de la Universidad Nacional Autónoma de México (IBUNAM).

Reconozco el enorme desempeño de los colaboradores del proyecto: “Patrones espacio-temporales de la distribución de anuros, adultos y renacuajos, en pozas de reproducción en el bosque tropical caducifolio de Chamela, Jalisco e implicaciones para su conservación”, conformado por: M. en C. Martha Luna Gómez, Biol. Alfredo Esparza Orozco e Ing. Amb. Renán Tapia Orozco, quienes no sólo me brindaron su apoyo y compañerismo durante los muestreos en campo, también me ofrecieron su amistad.

Otro pilar fundamental durante el desarrollo del proyecto y a quienes agradezco de manera especial es a los voluntarios de campo, quienes contribuyeron de una manera importante durante un largo periodo de tiempo: Eduardo Salvador Ávila González, Eliza Álvarez Grzybowska y Biol. Laura Bibiana Larios Llamas; y a quienes apoyaron de una manera eventual: Biol. Flor Lizeth Vega Ramos (“La Patrona”), Biol. Jesús Joshua Pérez Hirata (“Chus”), Biol. Roberto Salazar, Biol. Sergio Bárcenas Arriaga, Taggert Grayson Butterfield (“Tigre de Chamela”), Biol. Emanuel Ruiz Villareal (“Primo”), Biol. Patricia del Carmen Rincón Castrejón (“Paty”), Dr. Alicia Bautista Lozada y Biol. Sandra Reséndiz Padilla (“Sandy”).

Agradezco el apoyo incondicional y los consejos del M. en C. Enrique Ramírez García, quien nos brindó ayuda durante la identificación de los organismos, además de realizar algunas aportaciones fotográficas.

Mi reconocimiento y profundo agradecimiento al personal de la Estación de Biología Chamela-IBUNAM, por su apoyo y hospitalidad.

Agradezco enormemente a la M. en C. María Guadalupe Gutiérrez Mayén y al M. en C. Carlos Alberto Hernández Jiménez por sus comentarios, recomendaciones y el tiempo invertido durante la revisión de esta tesis.

Agradezco al Programa de Apoyo a Proyectos de Investigación e Innovación Tecnológica (PAPIIT), por el financiamiento de la estancia de investigación y el otorgamiento de la beca.

---

---

## AGRADECIMIENTOS PERSONALES

---

---

A mi familia, los seres más importantes en mi vida, les agradezco por apoyarme siempre y porque me dieron la oportunidad de desarrollarme y tener una profesión que amo, en especial a mi madre Rosalva a quien le debo todo lo que soy, quien siempre ha confiado en mí y quien ilumina mis días y a mi padre Celedonio Enrique su compañero en este viaje llamado "vida".

A mi abuelita Sofía uno de los pilares más grandes de mi familia, la cual es y será un motivo y un ejemplo muy grande para día a día luchar por ser mejor, con todo mi amor.

A mi hermanos Giovanna, Víctor y Omar por su apoyo, amor, compañía y palabras de ánimo en todo momento.

A mi tía Reyna, a mis primos Alonso y Andrea y mis tíos Rubén y Letty por el cariño, compañía y apoyo que siempre me han brindado.

A mis sobrinos, los pequeños herpetólogos Fátima y Víctor.

A mis amigos Agus, Alex, César, Tere, Jafet, Emmanuel, Roberto, Tacho, Silvia, Andrés, Cané, Ana, Efrén, Fher, Fera, por los consejos, ánimos, respaldo, confianza en mí y amistad que siempre me han brindado, en especial a Stephanie y Patricia, quienes han sido no sólo mis compañeras y amigas durante toda mi preparación profesional, sino también mis hermanas. A Atziri, Irving y Juan, quienes me han brindaron su amistad y apoyo durante los Congresos Nacionales de Herpetología, de igual forma a Gustavo, Helder, César Arcadia, Winwin, César Díaz, Gibrán y Víctor, quienes me asesoraron durante el certamen de cartel y a Raúl parte de un gran equipo de trabajo.

A la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, en especial a la Escuela de Biología, que abrió sus puertas del conocimiento para mi formación en esta carrera que con orgullo, amor, pasión y respeto representaré.

A todos mis profesores de la carrera por compartir sus conocimientos, consejos, confianza y formación, en especial a: la Dr. Sombra Patricia Rivas Arancibia quien siempre me apoyó, tuvo paciencia mientras colaboré en el Laboratorio de Ecología de Comunidades y cuya pasión por la ecología me llevó a elegirla como el área del conocimiento en la que quiero dirigir mi preparación profesional; al M. en C. Carlos Alberto Hernández Jiménez quien me otorgó su confianza para colaborar con él, realizando mis primeras prácticas profesionales trabajando con anfibios y reptiles contando con muy pocos conocimientos sobre el área, gracias a su paciencia y asesoramiento, éstos grupos de organismos representan la base sobre la cual quiero continuar mi formación, al Biol. Eloy Herrera Hernández, cuyos conocimientos y pasión por la fotografía me llevaron a explorar el área de la fotografía de naturaleza y a la M. en C. María Guadalupe Gutiérrez Mayén quien me mostró el significado de la responsabilidad y vocación científica además de haber representado un gran apoyo para culminar este proyecto de investigación.

A Don Alberto Alegría técnico del Santuario Tortuguero de Puerto Arista, Chiapas, quien compartió conmigo su experiencia en el manejo de vida silvestre, en especial de anfibios y reptiles.

A la Biol. Laura Bibiana Larios Llamas y familia por su hospitalidad y confianza durante mi estancia en la ciudad de Colima, México.

A las ranas y sapos partícipes de este proyecto de investigación.

---

---

## DEDICATORIA

---

---

A mi madre.

A todos y cada uno de los miembros de mi familia.

A mis amigos.

A mis profesores.

A ti, que compartes ésta pasión por el conocimiento y conservación de la herpetofauna.

*Una familia de ranas  
vino al estanque de madrugada.  
Croaban y croaban  
mientras se instalaban.*

*Dicen que cantan  
antes de llover.  
No me lo pude creer  
fue escuchar su concierto.  
Y comenzó a diluviar  
con mucho acierto.*

*Una familia de ranas  
vino al estanque de madrugada.  
Parecía que no pasaba nada  
hasta que con su croar y croar.  
Se puso a llover  
hasta el amanecer.*

(Una familia de ranas. Estrella Montenegro)



---

---

# CONTENIDO

---

---

ÍNDICE DE FIGURAS	. . . . .	<u>I</u>
ÍNDICE DE CUADROS	. . . . .	<u>III</u>
RESUMEN	. . . . .	<u>IV</u>
ABSTRACT	. . . . .	<u>V</u>
1. INTRODUCCIÓN	. . . . .	<u>1</u>
2. ANTECEDENTES	. . . . .	<u>4</u>
	2.1 Aspectos espaciales y temporales en las comunidades de anuros larvales	<u>4</u>
	2.2 Importancia de la temperatura en los procesos biológicos de las pozas temporales	<u>5</u>
	2.3 Efecto de las variaciones en la concentración de oxígeno de la columna de agua de las pozas temporales	<u>6</u>
	2.4 Tolerancia y exposición a diferentes niveles de pH en anfibios larvales	<u>7</u>
	2.5 Efectos fisiológicos y ecológicos de la salinidad en anuros	<u>8</u>
	2.6 Características ambientales que influyen en el microambiente de las pozas de reproducción	<u>9</u>
	2.7 Patrones de comportamiento y distribución en anuros de zonas riparias de bosque tropical	<u>10</u>
3. JUSTIFICACIÓN	. . . . .	<u>12</u>
4. HIPÓTESIS	. . . . .	<u>13</u>
5. OBJETIVOS	. . . . .	<u>14</u>
	OBJETIVO GENERAL	<u>14</u>
	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	<u>14</u>
6. MATERIAL Y MÉTODOS	. . . . .	<u>15</u>
	7.1 DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO	<u>15</u>
	7.2 MÉTODOS	<u>17</u>
	7.2.1. TRABAJO DE CAMPO	<u>17</u>
	I. Diseño de muestreo	<u>17</u>
	III. Estructura de la vegetación	<u>18</u>
	IV. Forma y dimensión de la poza	<u>19</u>
	V. Parámetros físico-químicos de la poza	<u>20</u>
	VI. Estructura de la comunidad de anfibios larvales	<u>21</u>
	VII. Estructura de la comunidad de anfibios adultos	<u>22</u>
	7.2.2. TRABAJO DE LABORATORIO	<u>23</u>
	I. Determinación de anuros larvales a nivel de especie.	<u>23</u>
	7.3 ANÁLISIS DE DATOS	<u>23</u>

<b>7. RESULTADOS</b>	. . . . .	<u><a href="#">25</a></u>
	<b>7.1 CARACTERÍSTICAS AMBIENTALES DEL PERIODO DE ESTUDIO EN CONTEXTO ANUAL Y GENERAL</b>	<u><a href="#">25</a></u>
	7.1.1 Precipitación y temperatura	<u><a href="#">25</a></u>
	<b>7.2 CARACTERIZACIÓN DE LOS ARROYOS</b>	<u><a href="#">27</a></u>
	<b>7.3 POZAS DE REPRODUCCIÓN</b>	<u><a href="#">27</a></u>
	7.3.1 Caracterización de las pozas de reproducción	<u><a href="#">27</a></u>
	7.3.2 Características físico-químicas de las pozas de reproducción	<u><a href="#">31</a></u>
	<b>7.4 DISTRIBUCIÓN Y ABUNDANCIA DE RENACUAJOS: PATRONES ESPACIO-TEMPORALES</b>	<u><a href="#">36</a></u>
	7.4.1. Especies de anuros larvales en los sitios de muestreo.	<u><a href="#">36</a></u>
	7.4.2. Densidad relativa de anuros larvales en las pozas de reproducción	<u><a href="#">41</a></u>
	7.4.3. Interacción variables ambientales en la composición de especies de anuros larvales.	<u><a href="#">43</a></u>
	<b>7.5 DISTRIBUCIÓN Y ABUNDANCIA DE ADULTOS: PATRONES ESPACIO-TEMPORALES</b>	<u><a href="#">46</a></u>
<b>8. DISCUSIÓN</b>	. . . . .	<u><a href="#">50</a></u>
	<b>8.1 EFECTO DE LAS VARIABLES AMBIENTALES EN LAS COMUNIDADES DE ANUROS</b>	<u><a href="#">50</a></u>
	<b>8.2 VARIACIÓN ESPACIO-TEMPORAL EN LAS COMUNIDADES DE ANUROS</b>	<u><a href="#">57</a></u>
<b>9. CONCLUSIONES</b>	. . . . .	<u><a href="#">62</a></u>
<b>10. LITERATURA CITADA</b>	. . . . .	<u><a href="#">64</a></u>
<b>11. ANEXOS</b>	. . . . .	<u><a href="#">74</a></u>
	<i>ANEXO I. Parámetros físicos establecidos para caracterizar el sustrato, forma y color de las pozas de reproducción.</i>	<u><a href="#">74</a></u>
	<i>ANEXO II. Especies de anuros larvales de la Estación de Biología, Chamela-IBUNAM, Jalisco, México.</i>	<u><a href="#">77</a></u>
	<i>ANEXO III. Análisis Estadísticos</i>	<u><a href="#">78</a></u>



# ÍNDICE DE FIGURAS

<b>FIGURA 1</b>	<i>Mapa de la Reserva de la Biósfera Chamela-Cuixmala y zona aledaña.</i>	• • • • • •	<b>16</b>
<b>FIGURA 2</b>	<i>Vista frontal de la ultra estructura de una poza de reproducción circular.</i>	• • • • • •	<b>18</b>
<b>FIGURA 3</b>	<i>Caracterización de la vegetación por el método de cuadrantes.</i>	• • • • • •	<b>19</b>
<b>FIGURA 4</b>	<i>Vista superficial de una poza de reproducción.</i>	• • • • • •	<b>20</b>
<b>FIGURA 5</b>	<i>Vista lateral de la ultraestructura de una poza pequeña circular (PP) y de una poza grande circular (PG).</i>	• • • • • •	<b>22</b>
<b>FIGURA 6</b>	<i>Climograma que indica la temperatura promedio (°C) y la precipitación acumulada (mm) anual de la Estación de Biología de Chamela durante el periodo de los años 2002 a 2013.</i>	• • • • • •	<b>26</b>
<b>FIGURA 7</b>	<i>Climograma que indica la temperatura promedio (°C) y la precipitación acumulada (mm) por semana de la Estación de Biología de Chamela durante el periodo de muestreo (julio a octubre de 2013).</i>	• • • • • •	<b>26</b>
<b>FIGURA 8</b>	<i>Localización de los seis sitios asociados a ambientes riparios y las 24 pozas monitoreadas durante la época lluviosa en la Estación de Biología Chamela, Jalisco, México.</i>	• • • • • •	<b>29</b>
<b>FIGURA 9</b>	<i>Porcentaje de registros en base al tamaño y forma de la poza de reproducción.</i>	• • • • • •	<b>30</b>
<b>FIGURA 10</b>	<i>Porcentaje de registros en base al tamaño y color de la poza de reproducción.</i>	• • • • • •	<b>30</b>
<b>FIGURA 11</b>	<i>Porcentaje de registros en base al tamaño y sustrato de la poza de reproducción.</i>	• • • • • •	<b>30</b>
<b>FIGURA 12</b>	<i>Fluctuaciones del promedio total por semana de las variables ambientales en las pozas de reproducción.</i>	• • • • • •	<b>34</b>
<b>FIGURA 13</b>	<i>Porcentaje de cobertura vegetal promedio de las pozas de reproducción por cada sitio.</i>	• • • • • •	<b>35</b>
<b>FIGURA 14</b>	<i>Abundancia ajustada para todas las especies de anuros larvales en diferentes ambientes (Arroyo y Cuenca) y durante presencia o ausencia de lluvias.</i>	• • • • • •	<b>36</b>

<b>FIGURA 15</b>	<i>Dendrograma del coeficiente de similitud de Jaccard de las especies de renacuajos entre sitios de estudio de la EBCh.</i>	• • • • • •	<b>38</b>
<b>FIGURA 16</b>	<i>Abundancia de especies de anuros larvales por sitio en la EBCh.</i>	• • • • • •	<b>39</b>
<b>FIGURA 17</b>	<i>Densidad promedio de anuros larvales en diferentes ambientes (Arroyo y Cuenca) y durante presencia o ausencia de lluvias a lo largo del periodo de muestreo.</i>	• • • • • •	<b>42</b>
<b>FIGURA 18</b>	<i>Gráfico de Análisis de Componentes Principales de 14 variables ambientales respecto a nueve especies de anuros larvales asociados a las pozas de reproducción sitio en la EBCh.</i>	• • • • • •	<b>45</b>
<b>FIGURA 19</b>	<i>Variación espacio-temporal de la actividad reproductiva en anuros de la EBCh.</i>	• • • • • •	<b>46</b>
<b>FIGURA 20</b>	<i>Análisis de abundancia ajustada de anuros por especie en pozas de reproducción.</i>	• • • • • •	<b>47</b>
<b>FIGURA 21</b>	<i>Dendrograma del coeficiente de similitud de Jaccard de las especies de adultos entre sitios de estudio de la EBCh.</i>	• • • • • •	<b>49</b>
<b>FIGURA 22</b>	<i>Relación de adultos anuros en las pozas de reproducción y anuros larvales durante los meses de julio a octubre.</i>	• • • • • •	<b>49</b>

---



---

---

---

## ÍNDICE DE CUADROS

---

---

<b>CUADRO 1</b>	<i>Amplitud y profundidad promedio del arroyo de los distintos sitios de muestreo.</i>	• • • • • •	<b>27</b>
<b>CUADRO 2</b>	<i>Registros de la Longitud, Amplitud y Profundidad promedio en base al tamaño de la poza de reproducción.</i>	• • • • • •	<b>30</b>
<b>CUADRO 3</b>	<i>Fases y duración del hidroperiodo de las pozas de reproducción en cada sitio.</i>	• • • • • •	<b>31</b>
<b>CUADRO 4</b>	<i>Estructura de la vegetación y porcentaje de cobertura vegetal de las pozas de reproducción por cada sitio.</i>	• • • • • •	<b>35</b>
<b>CUADRO 5</b>	<i>Distribución temporal de las especies de anuros larvales asociada a eventos reproductivos registrados a lo largo del periodo de muestreo en la EBCh.</i>	• • • • • •	<b>37</b>
<b>CUADRO 6</b>	<i>Composición de especies de anuros larvales en los sitios de estudio de la Estación de Biología Chamela.</i>	• • • • • •	<b>38</b>
<b>CUADRO 7</b>	<i>Densidad promedio de renacuajos por litro (total de especies) por poza a lo largo de las semanas de muestreo.</i>	• • • • • •	<b>41</b>
<b>CUADRO 8</b>	<i>Densidad promedio de las especies renacuajos por litro de muestra en cada ambiente durante presencia y ausencia de precipitaciones.</i>	• • • • • •	<b>42</b>
<b>CUADRO 9</b>	<i>Distribución temporal de las especies de anuros adultos asociada a eventos reproductivos registrados a lo largo del periodo de muestreo en la EBCh.</i>	• • • • • •	<b>48</b>
<b>CUADRO 10</b>	<i>Composición de especies de anuros adultos en los sitios de estudio de la Estación de Biología Chamela.</i>	• • • • • •	<b>48</b>

---

---

## RESUMEN

### CORRELACIONES AMBIENTALES DE LA DENSIDAD DE RENACUAJOS DE ANUROS EN UN AMBIENTE ESTACIONAL

<sup>1</sup> Ahuatzin-Flores, Diana A. y <sup>2</sup> García Aguayo Andrés

<sup>1</sup> Escuela de Biología. Benemérita Universidad Autónoma de Puebla. Av. San Claudio, Edificio 112-A, Ciudad Universitaria, Col. Jardines de San Manuel. Puebla, 72570, México. Correspondencia: abline542@gmail.com

<sup>2</sup> Estación de Biología Chamela, Instituto de Biología, UNAM. Apdo. Postal 21. San Patricio, Jalisco, 48980, México. Correspondencia: chanoc@ib.unam.mx

La estacionalidad ambiental afecta la estructura de las comunidades de anfibios a través de los cambios temporales en la disponibilidad de los recursos y fluctuaciones en las variables ambientales del microhábitat y en los sitios de reproducción. La Reserva de la Biósfera Chamela-Cuixmala en la costa de Jalisco, México se caracteriza por una marcada estacionalidad ambiental, por lo que las 19 especies de anuros que ahí habitan deben sincronizar su reproducción, en especial aquellas de desarrollo indirecto, en este trabajo se analizan las variaciones espacio-temporales en la abundancia y densidad de renacuajos en relación a las características físico-químicas de los sitios de ovoposición durante la época de lluvias de 2013. Durante 13 semanas de julio a octubre se monitorearon dos veces por semana, 21 pozas de reproducción en las que se obtuvo información de la composición de especies mediante el muestreo de densidad efectiva, asimismo se comparó la abundancia y densidad de anuros con la variación en la estructura de la vegetación; forma, dimensiones y sustrato de la poza, pH, oxígeno disuelto, sólidos totales disueltos e hidroperiodo. Existe un cambio espacio-temporal en las especies de anuros larvales y adultos en el Bosque Tropical Caducifolio (BTC) asociado principalmente al cambio en el régimen pluvial de los arroyos y cuencas y al patrón de precipitación. Características críticas como la amplitud del arroyo y la vegetación asociada pueden influir en el ambiente de la poza, ocasionando que la interacción entre las condiciones físico-químicas del hábitat de las comunidades difiera espacial y temporalmente; es necesario realizar más estudios que indiquen cómo las condiciones de los sitios de reproducción pueden influir en la composición espacio-temporal de las especies y al mismo tiempo puedan ser un determinante esencial de su estado de conservación.

**Palabras clave:** dinámica espacio-temporal, ecología de comunidades, sitio de ovoposición, desarrollo indirecto, renacuajos, Reserva de la Biósfera Chamela-Cuixmala.

## ABSTRACT

### ENVIRONMENTAL CORRELATIONS OF DENSITY OF ANURAN TADPOLES IN A SEASONAL CLIMATE

<sup>1</sup> Ahuatzin-Flores, Diana A. and <sup>2</sup> García Aguayo Andrés

<sup>1</sup> Escuela de Biología. Benemérita Universidad Autónoma de Puebla. Av. San Claudio, Edificio 112-A, Ciudad Universitaria, Col. Jardines de San Manuel. Puebla, 72570, México. E-mail: abline542@gmail.com

<sup>2</sup> Estación de Biología Chamela, Instituto de Biología, UNAM. Apdo. Postal 21. San Patricio, Jalisco, 48980, México. E-mail: chanoc@ib.unam.mx

The environmental seasonal variation affects the structure of the communities of amphibians through temporary changes in the availability of resources and fluctuations in environmental variables of microhabitat and breeding sites. The Chamela-Cuixmala biosphere reserve on the coast of Jalisco, Mexico is characterized by a marked environmental seasonality, for which the 19 species of frogs must synchronize their reproduction, especially those of indirect development. This work analyzes the spatial and temporal variations in abundance and density of tadpoles in relation to physicochemical oviposition sites during the 2013 rainy season characterization. During 13 weeks from July to October were monitored twice a week, 21 ponds of reproduction in which information about the species composition was obtained by sampling effective density; also the abundance and density of anuran tadpoles was compared with the variation in the vegetation structure; shape, dimensions and substrate of the pond, pH, dissolved oxygen, total dissolved solids and hydroperiod. There exists a spatiotemporal change in species of larval anurans and adults in the tropical deciduous forest mainly associated with changes in rainfall patterns of streams and watersheds and the pattern of precipitation. Critical features such as the amplitude of the stream and its associated vegetation can influence the environment of the pond, causing that the interaction between the physical and chemical conditions of the habitat in the communities differs spatially and temporally; further studies are necessary to understand how the conditions of breeding sites can influence the spatiotemporal composition of species and at the same time can be a key factor of their conservation.

**Keywords:** spatiotemporal dynamics, community ecology, oviposition site, indirect development, tadpoles, Chamela-Cuixmala Biosphere Reserve.

## 1. INTRODUCCIÓN

El estudio del uso del hábitat, y cómo éste y otros recursos son repartidos por las especies, es necesario para entender los factores que determinan su distribución y abundancia, y por lo tanto la organización de las comunidades a las que pertenecen (Toft, 1985; Gillespie *et al.*, 2004). En ambientes marcadamente estacionales, las especies deben ajustarse a las diferentes condiciones climáticas a través del año (Basu, 1997). Así por ejemplo en anfibios, la estacionalidad ambiental característica de los bosques tropicales caducifolios, afecta la estructura de estas comunidades ecológicas por medio de los cambios temporales en la disponibilidad de los recursos (espacio y alimento), temperatura, agua y fotoperiodo (García y Cabrera-Reyes, 2008).

La distribución original del Bosque Tropical Caducifolio (BTC) en México abarca un 60% del área ocupada por los bosques tropicales del país (Noguera *et al.*, 2002). Este bosque puede ser definido por su marcada estacionalidad ambiental, fisionomía y afinidad climática, aunque exhibe una considerable variación espacial en estructura y composición de especies arbóreas (Noguera *et al.*, 2002). El clima de las regiones donde ocurre es cálido y árido a subhúmedo. La temperatura promedio es de 22 a 26 °C y la precipitación total anual varía de 400 a 1300 mm, distribuyéndose en un período de cuatro a seis meses, lo que determina su marcada estacionalidad. Su fauna también es diversa y con un gran número de endemismos. El 33% de las especies de vertebrados conocidos de México han sido registrados en el BTC y de las 796 especies endémicas de México, 31% son encontradas en el BTC y 11% se distribuyen exclusivamente en este bosque (Ceballos y García, 1995).

En la región de Chamela situada en la costa de Jalisco el BTC es la vegetación dominante y es una de las mejor estudiadas de México, siendo considerada una zona de gran importancia biológica y ecológica (Lott y Atkinson, 2002). Ésta alberga 19 especies de anfibios, dentro de 12 géneros pertenecientes a 5 familias; en todas las especies, el cortejo, apareamiento y ovoposición ocurren sólo en época de lluvias (García y Ceballos, 1994; Ramírez-Bautista y García, 2002).

El BTC alberga numerosas especies de anuros, cuya reproducción está sincronizada con la temporada de lluvias y en especial con el patrón de la precipitación durante dicha época (Gottsberger y Gruber, 2004). Así en las regiones tropicales la mayoría de las especies de

anuros se reproducen sólo en la temporada de lluvias (Duellman, 1995), esta dependencia da lugar a una alta competencia temporal y espacial de los sitios de oviposición, nichos acústicos y disponibilidad de alimento para las larvas (Gottsberger y Gruber, 2004).

Los anfibios tienen generalmente un ciclo de vida bifásico. La etapa larval presente en los anuros de desarrollo indirecto es dedicada exclusivamente al crecimiento, mientras que la etapa adulta se destina a la reproducción, dispersión y supervivencia (Wilbur, 1980). Aunque existen excepciones (especies con desarrollo directo como el género *Eleutherodactylus*); típicamente los adultos de desarrollo indirecto ponen huevos en el agua, sin embargo algunas especies depositan sus huevos fuera de ésta, pero conservan etapas larvales acuáticas, esta fase permite la explotación de los ambientes que el adulto no utiliza (Townsend y Stewart, 1985; Gottsberger y Gruber, 2004; Hopkins, 2006).

Diversas especies de anfibios emplean las pozas temporales como los principales sitios de reproducción, ya que cuentan con una alta productividad y un menor número de depredadores potenciales debido a que peces y otras especies requieren hábitats acuáticos relativamente permanentes (Woodward, 1982; Collinson *et al.*, 1995; Ryan y Winne, 2001). Las pozas son parches de hábitat acuático que se llenan de forma esporádica por la lluvia y se secan a un ritmo diferente (Hidroperiodo) (Pearman, 1995; Boix *et al.*, 2006). La velocidad de secado o duración del hidroperiodo del estanque depende tanto de sus características geológicas (es decir, el sustrato) y los factores climáticos y microclimáticos (por ejemplo, la frecuencia de las lluvias y la tasa de evaporación) (Newman, 1989). En estos hábitats impredecibles, la desecación es posiblemente el factor ambiental más importante que afecta a la supervivencia de larvas y especies que se reproducen en las pozas (Denver *et al.*, 1998; Jakob *et al.*, 2003).

Las diferencias interespecíficas en la fenología reproductiva de los anuros pueden reflejar las respuestas individualistas por especie a un entorno cambiante según la estación del año, de igual forma manifiestan las interacciones con otras especies de competidores o depredadores (Lawer, 1993), es así como las comunidades de anuros se enfrentan a diversos factores bióticos y abióticos que influyen en el desarrollo de estadios larvales, entre ellos: la disponibilidad de alimento, depredación, densidad de población, señalización química inter e intraespecífica, temperatura del agua, fotoperiodo y la duración del hidroperiodo (Denver *et al.*, 1998).

A pesar de la gran diversidad de comunidades de anuros en el Neotrópico y la importancia ecológica de los renacuajos, la información básica sobre la influencia que ejercen los factores ambientales tanto bióticos (estructura y cobertura vegetal) y abióticos (características de las pozas de reproducción y estacionalidad en las lluvias y patrón de precipitación) en los patrones espacio temporales en las comunidades de estos organismos es relativamente escasa para México, siendo necesaria para el entendimiento de su historia natural y establecimiento de áreas prioritarias de conservación para estos ecosistemas.

## 2. ANTECEDENTES

### 2.1 Aspectos espaciales y temporales en las comunidades de anuros larvales

Las especies de anfibios que emplean pozas temporales como sitios de reproducción representan un excelente sistema para investigar las respuestas conductuales y demográficas a la variabilidad ambiental. La preservación de la biodiversidad de vertebrados de agua dulce requiere el manejo y la protección no sólo de los principales estanques y cuerpos de agua de un ecosistema, sino también de los estanques de poca profundidad que son temporales y efímeros (Vignoli *et al.*, 2007).

El estudio de estos sistemas se ha enfocado principalmente en cuerpos artificiales de agua que asemejan las características de las pozas de reproducción o grandes pozas permanentes (Smith, 1983; Pearman, 1993). Por ejemplo, Vignoli y colaboradores (2007) examinaron aspectos espaciales y temporales de una comunidad mediterránea de anfibios a través de un paisaje agro-natural concluyendo que el patrón de ocurrencia de las especies depende de las características de las pozas, así la interacción entre la fenología reproductiva (recurso temporal) y la selección del sitio de reproducción (recurso espacial) puede ser determinada por factores causales o casuales. Si es causal, la especie debe responder de manera específica a los recursos espaciales o temporales. Si ésta es casual, la composición de la comunidad debe ser determinada simplemente por los factores ambientales, siguiendo las necesidades ecológicas específicas de las especies; sin embargo ambos factores están estrechamente relacionados puesto que las diferencias en las condiciones de los sitios de reproducción responden no sólo a las características ecológicas del ambiente, sino también a los patrones del uso de este hábitat por las comunidades de anfibios.

Algunos factores causales fueron los encontrados por Torres-Orozco y colaboradores (2002) quienes estudiaron un ensamble neotropical de renacuajos en un lago temporal en el que se reproducen 14 especies de anuros entre las que sobresalen por su abundancia *Smilisca baudinii*, *Hypopachus ustus* y *Lithobates berlandieri*, siendo ésta última la que tiene un mayor microhábitat, *S. baudinii* tiende a permanecer en el fondo y *H. ustus* cerca de la superficie; ellos concluyen que la repartición de los recursos ocurre y depende de las especies de renacuajos, de las interacciones dinámicas entre el hábitat y las dimensiones que éste tiene

en el tiempo, además de la fenología y selección de hábitat de los organismos frente a ciertas condiciones ambientales bióticas y abióticas.

Otros factores de importancia para la supervivencia de renacuajos y el desarrollo de la metamorfosis incluyen la densidad, depredación y el hidroperiodo de las pozas. Loman (2002), estudió pozas de reproducción de *Rana temporaria* durante un periodo de 8 años, resaltó la importancia de la presencia de depredadores (peces espinosos, tritones e invertebrados acuáticos) en los sitios de reproducción; la densidad de los depredadores está correlacionada negativamente con la supervivencia de los renacuajos, sin embargo el desarrollo de metamorfosis es afectado por la variación entre pozas, el número de depredadores y el hidroperiodo, además éste difiere entre los años de muestreo. Si el número de metamorfosis se ve afectado, éste condicionará el número de poblaciones adultas que se reproducirán dentro de dos o tres años. Eso puede indicar que la densidad de la población adulta está regulada por el éxito de la tasa media de metamorfosis de los renacuajos en un sitio, a su vez ésta depende de los procesos estocásticos que operan en las pozas de reproducción (Beebee *et al.*, 1996).

De acuerdo a lo anterior, existen diferentes patrones espacio-temporales que intervienen en los estanques temporales y permanentes, y están relacionados con el mantenimiento de la diversidad de especies de anuros en los sitios de reproducción (Both *et al.*, 2009).

El renacuajo, debe desarrollarse en un ambiente óptimo para su crecimiento, sin embargo, éste es influenciado por diversos factores bióticos y abióticos (Wilbur, 1987). Entre los factores abióticos mejor estudiados están: la temperatura del agua, concentración de oxígeno, profundidad del agua, cobertura vegetal y sustrato, además de otros factores como conducta, distribución en la poza e interacciones con otras especies (Hopkins, 2006).

## 2.2 Importancia de la temperatura en los procesos biológicos de las pozas temporales

La insolación está definida por la temperatura en un lugar en particular, es así como estanques que están más expuestos al sol tienen temperaturas más altas (Werner y Glennemeier, 1999; Gustafson *et al.*, 2009). Aunado a lo anterior, los estanques más cálidos tienden a tener una mayor diversidad, ya que la temperatura puede ser un indicador de hábitats ricos en especies, especialmente si éstos también son ricos en nutrientes.

Gustafson y colaboradores, (2006) al demostrar que el tritón crestado (*Triturus cristatus*) es un indicador útil de la alta diversidad de macrófitos en ciertas lagunas, encontraron que esta especie selecciona estanques productivos con temperaturas más altas que el promedio. Tales hábitats es probable que sean los más favorables, debido a que permiten mayores tasas de crecimiento y una mejor tasa de supervivencia de los huevos y las larvas.

Las temperaturas más altas en algunos estanques también pueden estimular los procesos metabólicos de los anfibios y han demostrado una correlación positiva con las tasas de crecimiento de anuros larvales (Berven, 1982). De esta forma, a pesar de que la tasa de crecimiento más rápida está asociada con las temperaturas más cálidas del agua, estanques con temperatura más cálida producen renacuajos que son más pequeños en tamaño corporal que en los de temperatura más fría (Watkins y Vraspir, 2006).

Debido a que las temperaturas más frías pueden prolongar el periodo previo a la metamorfosis (Berven, 1982), los renacuajos de los estanques más fríos pueden tener la oportunidad de crecer durante un periodo de tiempo mayor que los de los estanques más cálidos, por lo tanto se desarrollan más grandes que sus contrapartes de estanques cálidos.

### 2.3 Efecto de las variaciones en la concentración de oxígeno de la columna de agua de las pozas temporales

El oxígeno disuelto es generado por difusión atmosférica, esta mezcla de gases de la superficie (aire) es empleada en la respiración aeróbica y la fotosíntesis; es así como su concentración es generalmente más alta durante la tarde y a primeras horas de la noche, cuando la fotosíntesis puede generar suficiente oxígeno para saturar la mayor parte de la columna de agua; contrariamente, la concentración más baja tiene lugar durante la madrugada (McIntyre y McCollum, 2000).

El oxígeno disuelto también varía estacionalmente con los cambios en la luz ambiental, la temperatura y la abundancia de materia orgánica en descomposición (Chapman *et al.*, 1998; Werner y Glennemeier, 1999; McIntyre y McCollum, 2000), asimismo su concentración varía dentro de la columna de agua, disminuyendo bruscamente cerca del sustrato (Ultsch, 1971; Nie *et al.*, 1999). En conjunto, estos factores crean complejos patrones espaciales y temporales del hábitat.

Como resultado, estas concentraciones pueden diferir entre las pozas, diaria y estacionalmente (Nie *et al.*, 1999), por lo tanto, el oxígeno es un factor abiótico que puede variar ampliamente en los ambientes y que también puede inducir cambios de comportamiento en los anuros larvales, uno de los efectos más estudiados es la hipoxia en relación a factores como depredación o temperatura; este factor puede influir aumentando el riesgo de depredación en los renacuajos, los cuales pasan más tiempo en la superficie de la poza para obtener oxígeno superficial, o incidiendo en los cambios de la termorregulación de estos organismos (Noland y Ultsch, 1981; Nie *et al.*, 1999, Ultsch *et al.*, 1999; McIntyre y McCollum, 2000).

#### 2.4 Tolerancia y exposición a diferentes niveles de pH en anfibios larvales

La tolerancia al ácido en anfibios es un fenómeno multifacético influenciado por factores taxonómicos, geográficos, ambientales, ecológicos y genéticos (Pierce, 1985). Los anfibios como grupo tienden a ser tolerantes a ciertos grados de acidez, con muchas especies capaces de sobrevivir en soluciones ácidas de pH 4-4.5 (Freda y Dunson, 1984, 1985; Banks y Beebee, 1987). Sin embargo a mayor acidez, ésta puede retrasar el crecimiento y producir anomalías del desarrollo, efectos que pueden reducir en gran medida de aptitud de las larvas. Así, algunas poblaciones de anfibios probablemente serán severamente afectadas por el aumento de la acidez del medio ambiente, ya sea a través de la deposición ácida atmosférica o de otras fuentes antropogénicas (Freda y Dunson, 1984, 1985; Pierce, 1987; Andrén *et al.*, 1988, Cummins, 1988).

Un pH bajo puede tener efectos fisiológicos y ecológicos importantes en las poblaciones de anfibios. Freda y Dunson (1984, 1985) han examinado a detalle las bases fisiológicas de la toxicidad del ácido en las larvas de anfibios. Sus investigaciones de laboratorio y observaciones de campo con *Rana sylvatica* y *Rana pipiens* demuestran claramente que las poblaciones de anuros son fisiológicamente afectadas por ambientes ácidos, de igual manera se ha atribuido un alto índice de mortalidad de embriones y larvas debido al bajo pH, el cual influye significativamente en su distribución y abundancia en las áreas que contienen cuerpos de agua empleados como sitios de reproducción (Freda y Dunson, 1986).

## 2.5 Efectos fisiológicos y ecológicos de la salinidad en anuros

Fisiológicamente se ha comprobado que el contenido de sodio del cuerpo es muy diferente entre las especies de anuros y directamente proporcional a la sensibilidad al pH, lo que puede explicar la gran variación interespecífica en la tolerancia al ácido (Freda y Dunson 1984, 1985).

Los renacuajos y los huevos son más susceptibles que los adultos, ya que están restringidos al medio acuático en el que se desarrollan y sus órganos osmoreguladores están todavía en desarrollo en las primeras etapas larvales, haciéndolos más propensos a ambientes desfavorables (Viertel, 1999), ésta susceptibilidad a los cambios en la calidad del agua a menudo se agrava en las especies que oviponen en cuerpos de agua efímeros debido a la concentración de sales que se incrementa después de la evaporación y que también está influida por la precipitación en ambientes tropicales (Sumner y Belaineh, 2005; Kearney *et al.*, 2012).

Epelbaum y colaboradores (2009) comprobaron niveles de tolerancia a la salinidad en dos especies de anuros expuestos a 14, 20, 26, 32, 38‰ (g/L) y a cinco niveles de temperatura (5, 10, 15, 20, y 25°C). Tanto *Botryllus schlosseri* y *Botryllus violaceus* poseen amplios rangos de tolerancia a la temperatura y salinidad, *B. schlosseri* es ligeramente más eurihalina, sobreviviendo a condiciones ambientales de 10 a 25°C y de 14 a 38‰, mostrando un crecimiento positivo de 10 a 25°C y en un intervalo de 20 a 38‰. *Botrylloides violaceus* tolera de 5 a 25°C y de 20 a 38‰, mostró un crecimiento positivo de 15 a 25°C y de 26 a 38‰ de salinidad. Sin embargo, especies como la rana cangrejera (*Fejervarya cancrivora*) del sureste de Asia y el sapo verde (*Bufo viridis*) de Europa y el Medio Oriente pueden tolerar salinidades de hasta aproximadamente 75‰ (unidades de agua de mar) (Gordon *et al.*, 1961; Katz, 1973; Hart *et al.*, 1991).

Los efectos de la salinidad no siempre pueden ser nocivos a bajas o altas concentraciones, Kearny *et al.*, (2012), estudiaron el crecimiento de larvas, la metamorfosis y la supervivencia de tres especies de anuros de Australia: *Limnodynastes tasmaniensis*, *Neobatrachus sudelli* y *Litoria aurea*, con el fin de comprender mejor las respuestas de estos animales a los cambios ambientales. Observaron que concentraciones elevadas de salinidad (16‰ agua de mar) tiene un impacto negativo sobre la supervivencia de *L. tasmaniensis* (supervivencia del

35%) y de *N. sudelli* (supervivencia 0%), mientras que la salinidad reducida tuvo un impacto negativo en *L. aurea* (16% agua de mar: supervivencia 85%; 0.4% agua de mar: supervivencia 35%). En *L. tasmaniensis* y *L. aurea*, el desarrollo de la metamorfosis fue el más rápido en los tratamientos de baja y alta salinidad, lo cual sugiere que existe una ventaja para los renacuajos que invierten más energía en el desarrollo, tanto en entornos altamente favorables o desafiantes, pudiendo ser una respuesta para facilitar un desarrollo más rápido para salir del estanque en donde hay una reducida probabilidad de supervivencia.

## 2.6 Características ambientales que influyen en el microambiente de las pozas de reproducción

La temporalidad, profundidad y el momento de la inundación de un sitio, así como las características fisicoquímicas del agua (salinidad, conductividad, pH, transparencia, densidad, oxígeno disuelto, etc.) son factores que regulan el establecimiento de las diferentes comunidades dentro de una poza temporal y que han sido estudiados en interacción con las características del ambiente.

Dentro de la temporalidad la duración de los días de humedad en una poza es fundamental, está influida por el hidroperiodo que es el resultado de procesos como la geomorfología y las condiciones de la superficie, además de la precipitación y el régimen pluvial de la fuente de agua; éste factor puede tener variaciones estacionales y a través de los años, además de que es una condición física que influye directa o indirectamente sobre muchos otros factores ambientales tales como la temperatura y la conductividad, y por consiguiente, las interacciones bióticas que determinan la composición real de las especies en una comunidad dada (Wilbur, 1987; Wellborn *et al.*, 1996).

Otros factores esenciales son la intercepción de agua de lluvia por parte del mantillo (capa de hojarasca, tallos, ramas muertas y demás material en proceso de descomposición) y dosel de la vegetación, que intervienen en el llenado de las pozas temporales; la profundidad de la poza considera al sustrato como una variable ambiental importante asociada con las distribuciones del renacuajo, al existir una fuerte correlación entre ellas, ésta es una característica general que podría ser aprovechada por un organismo como un indicador de hábitat adecuado o inadecuado y que a su vez está influida por las modalidades sensoriales utilizadas para distinguir los diferentes tipos de sustratos ya sean visuales, táctiles, o una

combinación de los dos, de igual forma señales olfativas podrían ser importantes en el campo para la selección del microhábitat. Las larvas de anuros se han registrado casi exclusivamente sobre sustratos de partículas finas (barro) en comparación con los tipos de sustratos gruesos (arena, grava y roca) (O'Hara, 1981; Ximenez *et al.*, 2012).

Both *et al.*, (2009) estudiaron la cubierta vegetal, la conductividad y la diversidad de depredadores para conocer la variación espacial de los renacuajos que ocurren en los estanques temporales y permanentes en 20 especies diferentes de anuros del sur de Brasil. Observaron que mientras la conductividad se relaciona positivamente con la mayoría de las especies, la temperatura al incrementar en sitios con una menor cobertura vegetal, es el factor climático relacionado con el aumento de la riqueza de especies, una alta temperatura y una alta densidad de renacuajos pueden cambiar la conductividad y la turbidez de las charcas, a su vez éstos factores dependen de la presencia de iones inorgánicos (aniones de cloruro, nitrato, sulfato y fosfato); de su concentración y movilidad en la columna de agua y de la temperatura ambiental (Wilbur, 1987, Hayasi, 2003).

## 2.7 Patrones de comportamiento y distribución en anuros de zonas riparias de bosque tropical

La importancia de las áreas riparias para la conservación de la herpetofauna en la Reserva de la Biósfera de Chamela varía acorde a la condición de los bosques (conservados o perturbados), estación del año y el grupo en estudio. Este tipo de ecosistema parece ser inhóspito para los anuros durante la estación seca, teniendo en cuenta las limitaciones fisiológicas de éstos, especialmente su vulnerabilidad a la radiación solar directa, la alta temperatura del aire y baja humedad ambiental, sin embargo en la temporada de lluvias la mayor actividad se registra en este hábitat ribereño, estableciendo un gradiente en el bosque conservado, éste se reparte por las diferentes especies de ranas, siendo los anuros de tamaño mediano y de una etapa larval acuática (especies de desarrollo indirecto) quienes dominan (Suazo-Ortuño *et al.*, 2011).

Las primeras investigaciones que plantean las diferencias en las tendencias temporales en la riqueza, abundancia y diversidad de los reptiles y anfibios en la región de Chamela fueron las realizadas por García y Cabrera (2008), cuyo monitoreo llevado a cabo durante los bimestres de abril–mayo y agosto–septiembre del año 2004 sugirió un mayor efecto de la estacionalidad

ambiental sobre anfibios que en reptiles a nivel de comunidad, de igual forma se encontraron fluctuaciones temporales en la estructura de la comunidad (riqueza, abundancia, diversidad y equitatividad), con cambios más marcados para los anfibios existiendo un recambio estacional de especies principalmente durante la época de lluvias, los registros obtenidos para el periodo de lluvias incluyeron 9 especies entre ellas: *Rhinella marina*, *Incilius marmoreus*, *Incilius mazatlanensis*, *Craugastor hobartsmithi*, *Eleutherodactylus nitidus*, *Craugastor occidentali* e *Hypopachus ustus*.

Ford y Scott (2006) realizaron muestreos en sitios conservados y perturbados cercanos a la Estación de Biología “Chamela” de la Universidad Autónoma de México, durante el periodo del 20 de junio al 13 de julio de 1991 (primera parte de la temporada de lluvias), encontrando huevos y larvas de seis especies en pozas de reproducción (*Smilisca baudinii*, *Leptodactylus melanonotus*, *Hypopachus variolosus*, *Incilius marmoreus*, *Incilius mazatlanensis* y *Rhinella marina*). *Smilisca baudinii* se reproduce durante la primera parte de la temporada de lluvias, los anuros larvales generalmente se crían en pozas temporales que se forman durante ese periodo, siendo poco profundas, con amplias zanjas o grandes áreas inundadas, frescas y llenas de detritos. En las partes más xerófilas *Leptodactylus melanonotus* se encuentra sólo en cuerpos permanentes de agua del Río Chamela. Renacuajos de *Hypopachus variolosus* son encontrados en aguas poco profundas con hojarasca y en pozas llenas de agua en zonas con vegetación densa. Las otras tres especies pueden reproducirse en arroyos, ríos y lagunas temporales o permanentes, sin embargo, *R. marina* e *I. mazatlanensis* se crían en ríos y canales permanentes y cálidos, pero renacuajos de *I. marmoreus* fueron encontrados en sitios donde el agua era más temporal y fría (Ford y Scott, 2006).

Al parecer las especies particionan el hábitat de reproducción en ambos ecosistemas. Además, pueden estar evitando el uso compartido de las pozas, siempre y cuando los sitios no ocupados estén disponibles. Anteriores observaciones de historia natural indican que muchas de las especies son capaces de reproducirse en los mismos sitios. Es probable que existan patrones de cambios de comportamiento reproductivo durante la temporada de lluvias, es decir, a medida que cae más lluvia, más agua se acumula, se presentan más especies, hay selección de sitios de cría y los criterios también pueden cambiar (Ford y Scott, 2006).

### **3. JUSTIFICACIÓN**

La partición de recursos es una propiedad fundamental de las comunidades ecológicas complejas; dentro de un ecosistema las tres categorías principales son el espacio, alimento y tiempo. (Toft, 1985). En renacuajos dos de los principales recursos empleados son el espacio y el tiempo; los anuros larvales de diferentes especies deben tener la capacidad de utilizar los recursos disponibles en diferentes formas, sin embargo, la disponibilidad y uso pueden cambiar a medida que la diversidad de especies o las densidades de los organismos cambian. Por lo tanto, las especies interactúan en las dimensiones del espacio y del tiempo generando un cambio en los patrones de uso de recursos (Hopkins, 2006).

Arroyos y ambientes riparios asociados al BTC proveen de diferentes hábitats a diversas especies de anfibios, las cuales se reproducen exclusivamente en estos cuerpos de agua y juegan importantes roles y funciones en la dinámica del ecosistema. Aunado a lo anterior, muchos de los conservacionistas se han enfocado en preservar sólo a un grupo de organismos, o incluso a una sola familia, género o especie, dejando atrás las interacciones que son la base de un ecosistema. Es por ello que se plantea conocer la relación del patrón espacio-temporal de las especies de anuros larvales con las características de las pozas de reproducción, bajo las condiciones de un ambiente marcadamente estacional para generar información básica de su historia natural que permita establecer implicaciones sobre su conservación y manejo de una manera global.

#### **4. HIPÓTESIS**

1. Debido a que existe poca información acerca de la historia natural de las comunidades de renacuajos de BTC y dado que se sabe que las especies interactúan en las dimensiones del espacio y del tiempo y considerando el cambio en los patrones de uso de recursos, se espera encontrar diferencias en la estructura de las comunidades de anuros larvales a lo largo de la temporada de lluvias en las pozas de reproducción.
2. Si la repartición de los recursos ocurre y depende de las especies de renacuajos, de las interacciones dinámicas entre el hábitat y las dimensiones que éste tiene en el tiempo, además de la fenología y selección de hábitat de los organismos frente a ciertas condiciones ambientales bióticas y abióticas, entonces la estructura de la comunidad de anuros larvales estará afectada por las variaciones espacio-temporales de las características físico-químicas de las pozas de reproducción.

## **5. OBJETIVO GENERAL**

Analizar el efecto de las condiciones ambientales (estructura vegetal y características fisicoquímicas del agua) en la estructura (composición, abundancia relativa y riqueza) de las comunidades de anuros larvales en pozas de reproducción a lo largo de la temporada de lluvias (ambiente estacional) en el bosque tropical caducifolio de Chamela, Jalisco, México.

## **6. OBJETIVOS PARTICULARES**

1. Describir las condiciones ambientales (precipitación y temperatura) asociadas a los regímenes fluviales y pluviales del bosque tropical caducifolio de la Estación de Biología Chamela-IBUNAM.
2. Caracterizar la variación espacio-temporal de las condiciones ambientales (estructura vegetal y características fisicoquímicas del agua) de los sitios de reproducción sobre los arroyos (Zarco, Colorado y Hornitos).
3. Determinar los cambios en la estructura de las comunidades de anuros larvales de pozas de reproducción en diferentes sitios asociados a ambientes riparios del bosque tropical caducifolio a lo largo de la temporada de lluvias.
4. Comparar la variación espacio-temporal de las condiciones ambientales entre sitios de muestreo y la presencia o ausencia de especies de anuros larvales y adultos en las pozas de reproducción.

## 7. MATERIAL Y MÉTODOS

### 7.1 DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

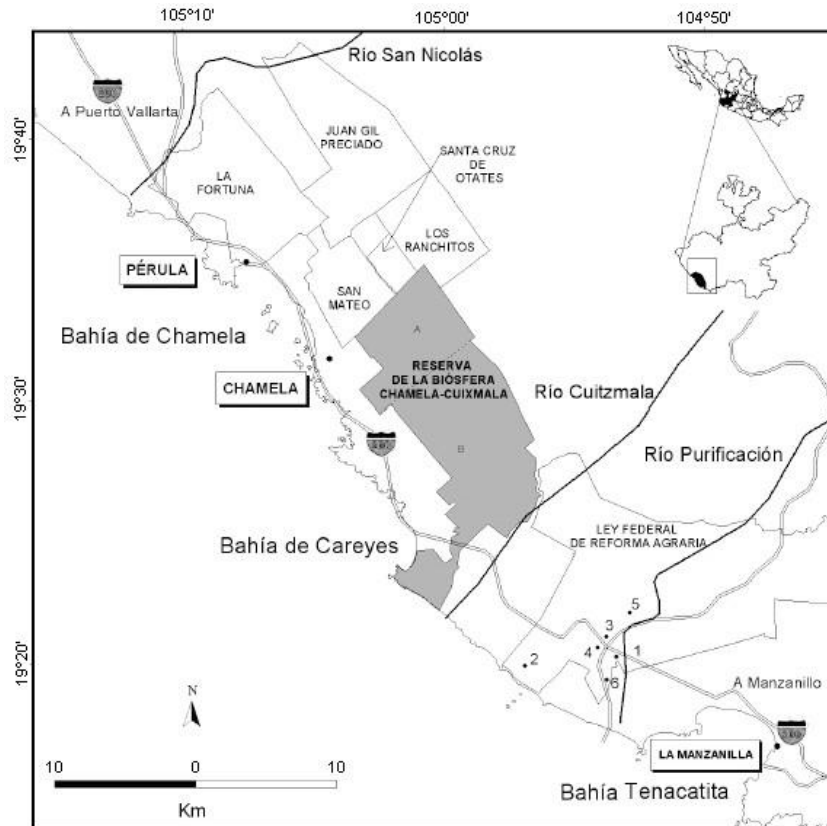
La Estación de Biología “Chamela-IBUNAM” forma parte de la Reserva de la Biósfera Chamela-Cuixmala (RBCH-C) ubicada en la Provincia Fisiográfica de la Sierra Madre del Sur que constituye un sistema de bloques montañosos que se extiende aproximadamente por 1100 km a lo largo de la costa, abarca la parte occidental de Jalisco, limitando al oeste con el Océano Pacífico y al este y al norte con el Cinturón Neovolcánico Transversal (Lugo-Hubp, 1990). Ésta se localiza en la porción costera del Municipio de la Huerta (en el polígono comprendido entre los 19°29' y 19°34' Norte y 104°58' y 105°04' Oeste), originalmente cubría una superficie de 1600 ha, sin embargo actualmente su área es mayor (Figura 1) (Noguera *et al.*, 2002).

La precipitación media anual (datos de 1977 a 2000) es de 788 mm, de la cual 80% se concentra durante los meses de máxima precipitación Agosto y Septiembre (Bullock, 1986; García-Oliva *et al.*, 1991). Aún en la época de lluvias la precipitación se da en pocos días, señalando la influencia de tormentas tropicales y huracanes. El patrón de precipitación anual es altamente variable debido a lluvias invernales de origen ciclónico. La temperatura media anual (periodo de 1978-2000) es de 24.6 °C, con pocas diferencias entre las temperaturas máximas (29-32 °C), pero con grandes diferencias entre las temperaturas mínimas (15-23 °C) (Bullock, 1986; García-Oliva *et al.*, 2002). Éstas características determinan que el clima de la región sea clasificado como tropical seco con una estación hibernal seca (Bshw) según el sistema de Köppen, y como un cálido sub-húmedo con régimen de lluvias en verano (Aw0 (x')i'') (Bullock, 1986; García-Oliva *et al.*, 1991).

*Flora:* Se han caracterizado al menos 10 tipos de vegetación en la EBCh, sin embargo los más ampliamente distribuidos son la selva baja caducifolia o bosque tropical caducifolio, selva mediana subperennifolia y la vegetación riparia (Durán *et al.*, 2002). El bosque tropical caducifolio (BTC) domina el paisaje e influye en los procesos biológicos y bioquímicos del ecosistema, caracterizado por vegetación que pierde sus hojas durante un periodo de cinco a ocho meses del año, árboles con alturas de ocho a 12m, ramificándose a baja altura, además de otras formas de vida como arbustos y lianas (Noguera *et al.*, 2002). Los registros florísticos estiman un número aproximado de 1200 especies de plantas vasculares, de esta

cifra un porcentaje de la flora de la región es endémico en diferentes grados a lo largo de la vertiente del Pacífico y de Centroamérica; respecto a lo anterior este porcentaje cambia si se considera únicamente el área local (Jalisco 2.6%), o si se incluye en la Costa Central (Jalisco a Oaxaca: 9.7%) o en la Costa del Pacífico de México (Baja California a Oaxaca: 8.4%). La flora abarca 125 familias, siendo las más numerosas: *Fabaceae* con 160 especies y *Euphorbiaceae* con 94 especies, comprendiendo el 22.2% de toda la flora. (Ceballos y García, 1995, Lott y Akinson, 2002; Noguera, *et al.*, 2002).

*Fauna:* La fauna de la región está estrechamente relacionada con la alta heterogeneidad ambiental, se han registrado 71 especies de mamíferos, 270 especies de aves, 68 especies de reptiles, 19 de anfibios e innumerables especies de invertebrados. De esta cifra aproximadamente 81 especies de vertebrados son endémicos y al menos 72 especies están consideradas en riesgo de extinción de acuerdo a la NOM-059-SEMARNAT-2010 (Ceballos *et al.*, 1994; Ceballos y García, 1995).



**FIGURA 1.** Mapa de la Reserva de la Biósfera Chamela-Cuixmala y zona aledaña. A: área de la estación de Biología Chamela UNAM, B: área privada correspondiente a la Fundación Ecológica de Cuixmala. Pueblos: 1: Agua Caliente Viejo, 2: Arroyo Seco, 3: Miguel Hidalgo Nuevo, 4: Agua Caliente Nuevo, 5: Miguel Hidalgo, y 6: La Rosa. Tomado de Castillo *et al.*, (2009).

## 7.2 METODOS

### 7.2.1. TRABAJO DE CAMPO

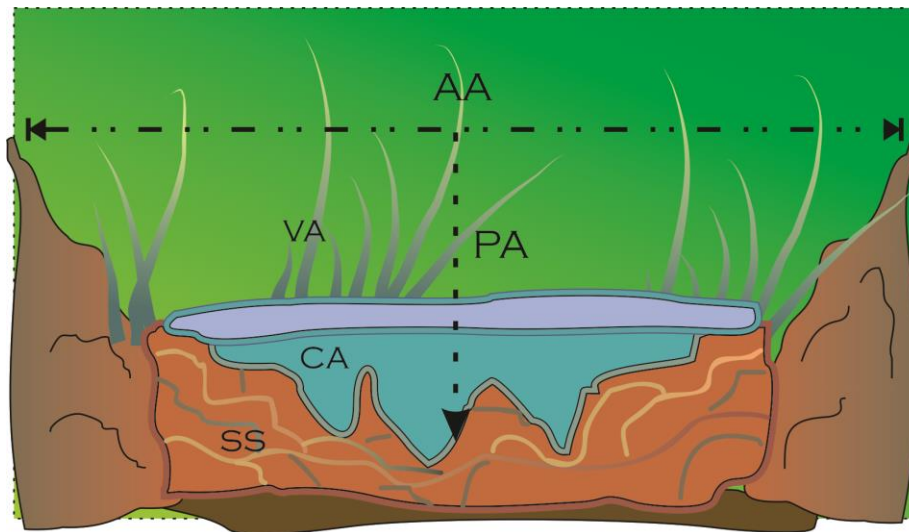
#### I. Diseño de muestreo

Tomando como referencia las primeras lluvias de la temporada (3 de julio del 2013), se recorrieron los principales arroyos ubicados en las inmediaciones de la EBCh (Zarco, Colorado y Hornitos), al igual que las cuencas asociados a ellos. Se establecieron dos tipos de ambientes para el monitoreo: ripario y de pendientes rocosas adyacentes (cuenca hidrológica). Los recorridos de identificación y monitoreo continuo de los sitios fueron diarios y en un horario de 9:00-14:00 horas, y de 21:00-02:00 horas aproximadamente, durante los meses de julio a octubre del año 2013.

Se dividió el área de estudio en 6 zonas de monitoreo nombradas de acuerdo al arroyo en el que se ubicaron: 1) “Zarco”, 2) “Colorado” y 3) “Hornitos”, de igual forma las cuencas consideradas llevaron por nombre el sendero en el que se encontraron localizadas: 4) “Búho”, 5) “Chachalaca” y 6) “Zarco Derecho”. En cada sitio se trazó un transecto a lo largo del arroyo, a su vez, éste se dividió abarcando 20 secciones de 50m cada una, siendo marcadas con flaggin y geoposicionadas con un GPS. Los criterios que fueron tomados para establecer las pozas de reproducción fueron la presencia de actividad reproductora en adultos, puesta de huevos o presencia de anuros larvales.

#### II. Caracterización de los sitios de muestreo: ambiente ripario y de pendiente rocosa adyacente

Para conocer el curso del arroyo y su influencia en la formación de las pozas de reproducción se determinó la amplitud y profundidad de éste para cada una, midiendo el ancho del arroyo de manera perpendicular a la poza, de lado a lado en donde se encontraran vestigios de arrastre de corriente o se notara la ausencia de vegetación, siendo medida una sola vez al inicio del muestreo; se calculó la profundidad en intersección con la amplitud, por medio de un flexómetro y calculando las variables en centímetros (Figura 2).



**FIGURA 2.** Vista frontal de la ultra estructura de una poza de reproducción circular, se observa el ancho del arroyo (AA) en intersección con la profundidad de éste (PA), de igual manera se indica la vegetación adyacente (VA), la columna de agua (CA) y el sustrato (SS).

### III. Estructura de la vegetación

Empleando el método de cuadrantes (Mostacedo y Frederiksen, 2000), se calculó el número de formas de vida vegetales por m<sup>2</sup> tomando como referencia tres categorías principales con base en la clasificación propuesta por Miranda y Hernández (1963) y algunas modificaciones: herbácea (ramificación menor a 10cm, altura menor a 50cm), arbustiva (ramificación en un intervalo de 10 a 50cm, altura en un intervalo de 50 a 300cm) y arbórea (ramificación mayor a 50cm, altura mayor a 300cm y diámetro a la altura del pecho mayor a 10cm), también se registraron formas de vida que no cumplieran con las características anteriores (cactáceas, lianas, etc.). Se realizaron cuadrantes de 2x1m alrededor de la poza de forma perpendicular al punto medio de ésta, las mediciones se hicieron de forma proporcional al tamaño, tomando una medición frontal, una posterior y dos laterales para pozas pequeñas, cuatro laterales para medianas y de 6 a 8 laterales para pozas grandes, realizando esta metodología una sola vez para cada poza (Figura 3).



**FIGURA 3.** a) Caracterización de la vegetación por el método de cuadrantes (cuadrante lateral (CL), cuadrante frontal (CF)). b) Realización de un cuadrante lateral. c) Caracterización de formas de vida. d) Vegetación riparia.

#### IV. Forma y dimensión de la poza

Para cada sitio se eligieron pozas de reproducción al azar denominadas y definidas de acuerdo al tamaño ((pequeña (0-2m), mediana (2-4m) y grande (>4m)), éstas fueron nombradas en base a la primera medición que se realizó de ésta para hacer un total de 21 pozas (7 de cada tamaño), cada una fue marcada de igual forma que las secciones. Realizando un monitoreo diario para cada sitio, cada poza de reproducción fue caracterizada con base en sus dimensiones y forma, tomadas con un flexómetro y registradas en centímetros.

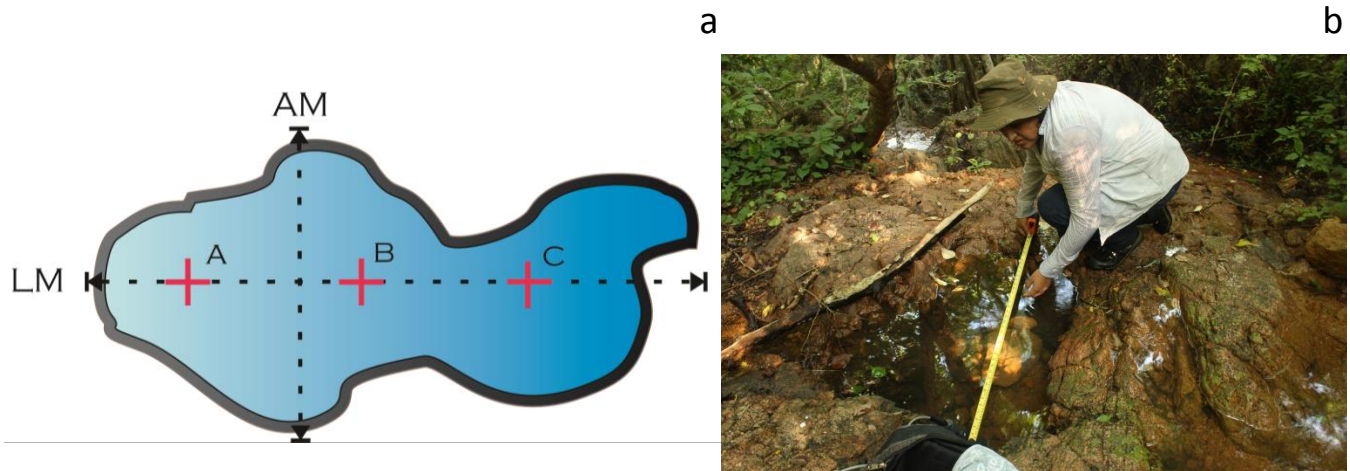
*Longitud:* Distancia máxima de la poza de lado a lado.

*Amplitud:* Se estableció de manera perpendicular a la longitud, siendo el ancho máximo de la poza.

*Profundidad:* Tomada proporcionalmente al tamaño de la poza; para una poza pequeña se realizó una medición, para medianas y grandes se realizaron 3 mediciones, éstas se

cuantificaron de manera que la longitud de la poza fuera paralela a la corriente del arroyo y dividiendo la poza en dos mitades; siendo el primer punto la intersección media de la poza, de izquierda a derecha el segundo punto fue la intersección media de la primera mitad y el tercero la intersección media de la segunda mitad (Figura 4).

*Forma:* Se identificaron visualmente cuatro tipos principales elongada, circular, irregular y triangular (Anexo I.1.1).



**FIGURA 4.** a) Vista superficial de una poza de reproducción elongada, se observa la longitud máxima (LM) en intersección con la amplitud máxima (AM), y la forma en que se establecieron las 3 profundidades: lateral izquierda (A), central (B) y lateral derecha (C). b) Longitud máxima (LM) en una poza triangular.

## V. Parámetros físico-químicos de la poza

*Variables físicas y químicas:* Se obtuvo el pH, temperatura del agua ( $^{\circ}\text{C}$ ), salinidad (%PSU ó g/L), turbidez o Sólidos totales disueltos (TDS) (mg/L) y oxígeno disuelto (% y ppm) con un multiparamétrico HANNA® Para la toma de datos se siguió la misma metodología que la profundidad.

*Sustrato:* El tipo de sustrato fue identificado visualmente considerando tres principales categorías: “roca” (r), “arena” (a) y “hojarasca” (h), para cada uno se registró su proporción de mayor a menor o ausencia dependiendo de lo observado en la toma de datos (Anexo I.1.2).

*Color*: Siguiendo la misma metodología que el sustrato, se establecieron tres categorías: “claro”, “medio” y “oscuro”, dependiendo del color que presentaba la poza en el momento del muestreo (Anexo I.1.3).

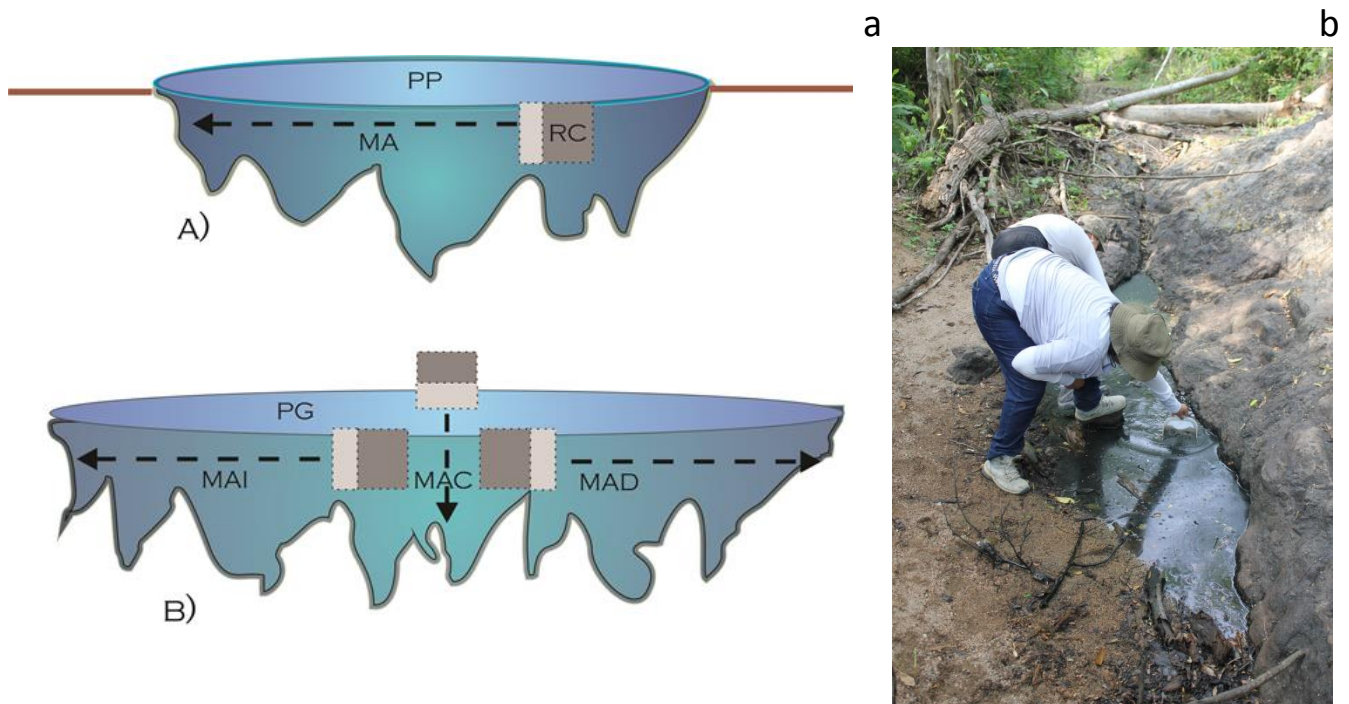
*Cobertura vegetal*: Ésta fue calculada con un densiómetro de 20 unidades, midiendo el punto inicial en el centro de la poza y a un metro de ella 4 puntos alrededor de manera perpendicular al punto inicial.

*Luminosidad*: Este parámetro fue obtenido por medio de un luxómetro en unidades de lux, se siguió la misma metodología que la cobertura vegetal para la obtención de los datos.

*Hidroperiodo*: Se estableció como el intervalo de tiempo en el cual la poza tuvo presencia de agua, relacionándolo con la precipitación del sitio.

## VI. Estructura de la comunidad de anfibios larvales

Para cada poza de reproducción se obtuvo la riqueza y composición de anfibios larvales, siendo cuantificadas mediante el muestro de densidad efectiva que consiste en el conteo e identificación de los renacuajos por litro de muestra *in situ*, siendo posteriormente liberados (McDiarmid y Altig, 1999). Al igual que la toma de datos de las características físico-químicas de las pozas, el monitoreo fue semanal; para las pozas se tomaron muestras proporcionales al tamaño, empleando un recipiente de plástico de 14.42x4.88x14.42cm: para pozas pequeñas, se introdujo el recipiente haciendo un sólo movimiento de arrastre paralelo a la corriente del arroyo y a la máxima longitud de la poza, de derecha a izquierda (Figura 5.A); para pozas medianas, se tomaron dos, realizando movimientos de arrastre de izquierda a derecha y de derecha a izquierda al mismo tiempo, comenzando desde la parte media de la poza hacia los lados, de forma contraria uno de otro; para pozas grandes, se tomaron tres muestras, agregando un movimiento de arrastre en medio de la poza de forma perpendicular a los dos movimientos de arrastre empleados para las pozas medianas (Figura 5.B). La identificación de los morfotipos se de acuerdo a las claves de Altig (1987) y tablas de Gosner (1960), sin embargo para las especies restantes se colectaron muestras que fueron identificadas posteriormente en laboratorio.



**FIGURA 5.** a. A) Vista lateral de la ultraestructura de una poza pequeña circular (PP) en dónde se observa el movimiento de arrastre (MA) con el recipiente contenedor (RC) en dirección a la corriente del arroyo para estimar la densidad relativa. B) Vista lateral de una poza grande circular (PG), se observan los tres movimientos de arrastre realizados: izquierdo (MAI), central (MAC) y derecho (MAD). **5. b.** Toma de densidad efectiva en una poza mediana.

## VII. Estructura de la comunidad de anfibios adultos

Para cada sitio de muestreo se calcularon los cambios en la estructura (composición, riqueza, abundancia relativa y diversidad) de la comunidad de anfibios adultos asociados a la poza, mediante censos nocturnos utilizando registros visuales y auditivos, realizando el conteo del número de individuos por especie en cada sitio por medio de recorridos a lo largo de los transectos, haciendo las observaciones con un tiempo determinado de 5 minutos por sección.

Cada censo fue realizado semanalmente para cada sitio, comenzando a las 22:00hrs, prolongándose de acuerdo al número de secciones por transecto (ya que sitios como “Búho” y “Chacalaca” con difícil acceso, tuvieron un menor número de secciones en comparación a los arroyos). Se buscaron ranas y sapos a una distancia de 3 metros de amplitud sobre cada sección, registrando su comportamiento (cantando, en amplexo, saltando, comiendo), sustrato (roca, hojarasca, dentro de la vegetación, sobre o dentro de la poza, etc.), tomando únicamente los organismos asociados a la poza para este estudio (Donnelly y Guyer, 1994),

esto con la finalidad de observar la repartición de los recursos entre las especies y la asociación de los adultos que se reproducen en la poza con los anfibios larvales encontrados en el sitio, de igual forma se registraron eventos reproductivos masivos.

### 7.2.3. TRABAJO DE LABORATORIO

#### I. Determinación de anuros larvales a nivel de especie.

Para la identificación de los organismos, éstos se colectaron y se mantuvieron *in vivo* en peceras de 1l de capacidad con condiciones similares a las pozas de reproducción, a temperatura ambiente, con un ciclo de luz/oscuridad natural y alimentación *ad libitum* que consistió en comida para cuido y alimento para peces tropicales “Tetramin” (proporción 1:1) (McDiarmid y Altig, 1999; Hopkins, 2006). Esto con la finalidad de observar al organismo una vez que haya completado su metamorfosis y poder determinar su especie.

### 7.3. ANÁLISIS DE DATOS

Para comparar la variación espacio-temporal de las condiciones ambientales entre sitios de muestreo y la presencia o ausencia de especies de anuros larvales y adultos se analizaron la estructura de la vegetación; forma, dimensión y parámetros físico-químicos de la poza; características de los arroyos, datos de precipitación del periodo de julio a octubre del año 2013 y la densidad y abundancia de organismos.

La determinación de los cambios en la estructura de las comunidades de anuros larvales y adultos de las pozas de reproducción en diferentes sitios asociados a ambientes riparios se llevó a cabo por medio de la comparación de la coexistencia de las especies mediante el análisis de similitud de Jaccard (Real y Vargas, 1996) en el programa MVSP 3.2.

La caracterización de la variación espacio-temporal de las condiciones ambientales (estructura vegetal y características fisicoquímicas del agua) de los sitios de reproducción sobre los arroyos (Zarco, Colorado y Hornitos) se obtuvo mediante dos modelos lineales generales univariantes (Bolker *et al.*, 2008), empleando como variable dependiente la densidad de los anuros larvales (n=207 registros por variable); ambos relacionaron 17 parámetros ambientales como variables independientes (Hidroperiodo, Salinidad, pH, Temperatura, OD%, ODppm, Turbidez, Luminosidad, Cobertura vegetal, Longitud de la poza, Amplitud de la poza, Profundidad de la poza, Ancho del arroyo, Profundidad del arroyo,

Forma, Color y Sustrato) y como factores el tipo de ambiente (ripario o cuenca) y presencia o ausencia de precipitaciones. Otro análisis empleó 8 variables independientes que incluyeron la abundancia de las formas de vida vegetales (Vegetación herbácea, arbustiva y arbórea, Bejucos, Cactus, Pastos y Bromelias); y la cobertura vegetal para establecer la estructura de la vegetación en el programa IBM SPSS Statistics Base Versión 19 (IBM Corp., 2010).

El efecto del tiempo (semanas con ausencia o presencia de precipitación) y espacio (ambiente ripario y de pendiente rocosa) sobre las variables ambientales, se comparó con dos análisis multivariados de varianza (MANOVA) y para conocer las diferencias en la estructura de la comunidad de anuros se comparó la densidad y abundancia de anuros larvales y abundancia de adultos entre ambiente y tiempo por medio del análisis de t de student a través del paquete estadístico IBM SPSS Statistics Base Versión 19 (IBM Corp., 2010).

Con el propósito de conocer el efecto de las variables ambientales en las especies de anuros larvales, se realizó un Análisis de Componentes Principales con ayuda del programa PAST 3.02 (Hammer *et al.*, 2001), estableciendo la matriz de correlaciones con las variables que pudieron ser consideradas para la realización del análisis.

## 8. RESULTADOS

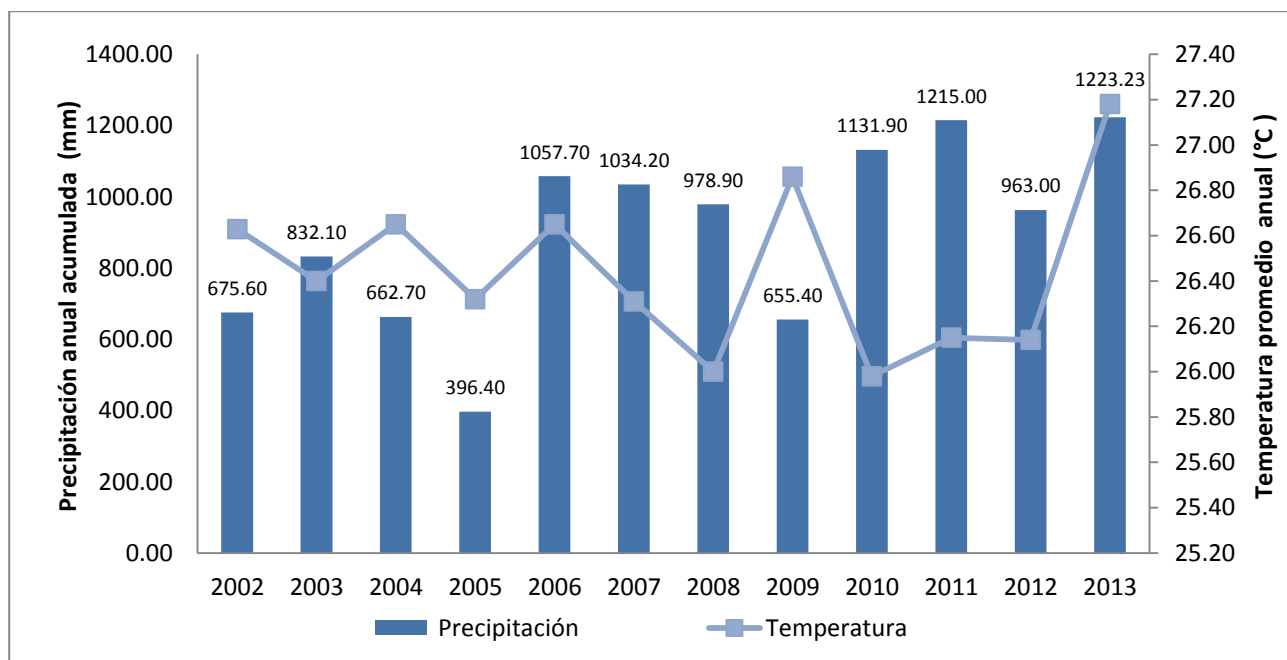
Durante la época de lluvias en el periodo que comprende del 10 de julio al 15 de octubre del año 2013, se monitorearon los sitios de estudio asociados a ambientes riparios y de pendiente rocosa adyacente durante 13 semanas equivalente a 9828 horas/hombre (12 horas diarias). En el periodo de muestreo, el equipo de trabajo estuvo conformado por un responsable y 7 estudiantes realizando tesis, estancias y voluntariados de diferentes grados académicos, todos participaron de manera conjunta en las actividades de campo y laboratorio, de las que forman parte los siguientes resultados.

### 8.1 CARACTERÍSTICAS AMBIENTALES DEL PERIODO DE ESTUDIO EN CONTEXTO ANUAL Y GENERAL

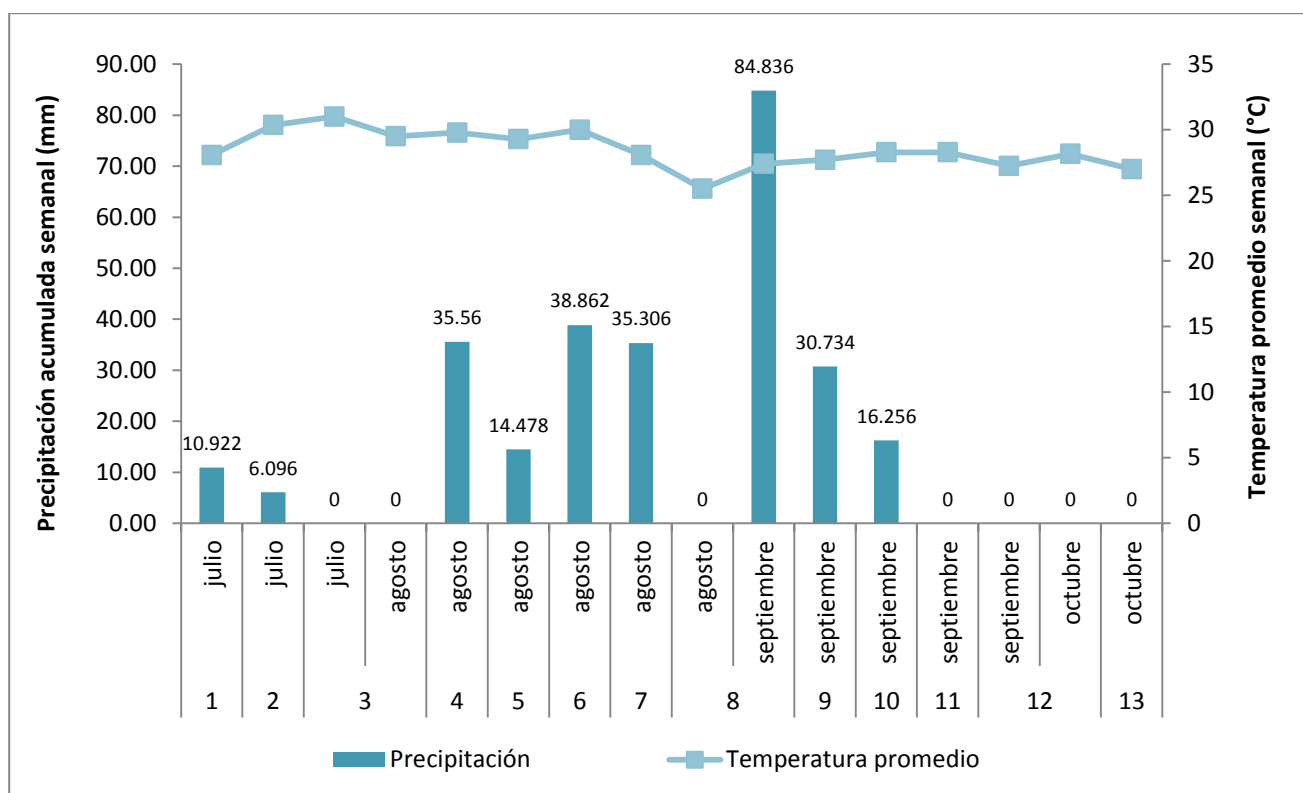
#### 8.1.1 Precipitación y temperatura

De acuerdo a los datos de la estación meteorológica de la Estación de Biología Chamela, esta región ha presentado una gran variabilidad en las condiciones ambientales que imperan durante la época de lluvias. Por ejemplo, en el periodo comprendido de 2002 al 2013 la precipitación promedio reportada es de 902.18mm, siendo el 2013 el más lluvioso (1223.23mm) y el 2005 el más seco (396.4mm). La temperatura promedio en los últimos once años fue de 26.44°C, donde el año 2013 no sólo fue el más lluvioso si no también el más caluroso (27.18°C); el 2010 presentó la mínima (25.98°C) (Figura.6).

La temperatura media en la época de lluvias (Julio-Octubre) fue de 28.74°C (mínima de 25.5°C y máxima de 31°C). La precipitación acumulada semanal durante los meses de muestreo fue de 273.05 mm es decir, llovió en casi 4 meses el 22.31% del total anual, similar a la cantidad de lluvia que se presentó sólo en el mes de noviembre (éste presenta la máxima cantidad de precipitaciones, es decir el 23.80% del total anual (291.33 mm)), la máxima precipitación durante la realización de los muestreos se registró durante los meses de agosto y septiembre (Figura.7). Aún en época de lluvias la precipitación se concentra en pocos días, este patrón es altamente variable, ya que para este año la época de lluvias fue más calurosa en comparación con años anteriores, observándose un incremento en la temperatura media anual; éstas características manifiestan la marcada estacionalidad de este ambiente.



**FIGURA 6.** Climograma que indica la temperatura promedio (°C) y la precipitación acumulada (mm) anual de la Estación de Biología de Chamela durante el periodo de los años 2002 a 2013.



**FIGURA 7.** Climograma que indica la temperatura promedio (°C) y la precipitación acumulada (mm) por semana de la Estación de Biología de Chamela durante el periodo de muestreo (julio a octubre de 2013).

## 8.2 CARACTERIZACIÓN DE LOS ARROYOS

Las condiciones en los arroyos fueron diferentes durante el periodo de muestreo, en los meses de julio y agosto no se formaron corrientes en estos arroyos, la superficie comprendía pequeñas pozas de agua sin un flujo de corriente (condición léntica), sin embargo, a partir del mes de septiembre se presentó un cambio importante al llenarse los arroyos con las precipitaciones generadas, es decir, pasó a ser un ambiente lótico, con corriente continua.

Los ambientes riparios y cuencas presentan una amplitud promedio de 4.31m y una profundidad promedio de 55.39cm, sin embargo, el arroyo con una mayor amplitud es “Colorado” (13.2m) y el sitio con una menor amplitud es “ZarcoD” (1.53m); el arroyo “Hornitos” tiene una mayor profundidad (60.75cm) y de la misma forma el sitio “ZarcoD” presenta una menor profundidad (42cm). La mayoría de las pozas temporales presenta un tamaño pequeño, los arroyos más amplios dan origen a pozas más grandes y más profundas. (Cuadro.1).

**CUADRO 1.** Amplitud y profundidad promedio del arroyo de los distintos sitios de muestreo.

Sitio	Amplitud del arroyo (cm)	Profundidad del arroyo (cm)
Búho	304.69	58.66
Chachalaca	325.88	47.15
Colorado	1320.00	51.00
Hornitos	349.29	60.75
Zarco	464.85	56.30
ZarcoD	153.00	42.00
$\bar{x}$ Total	<b>431.51</b>	<b>55.39</b>

## 8.3 POZAS DE REPRODUCCIÓN

### 8.3.1 Caracterización de las pozas de reproducción

A lo largo del periodo de actividades se registraron un total de 105 sitios de reproducción, estableciendo un seguimiento continuo de 21 pozas para observar los cambios en las características físico-químicas y en la estructura de la comunidad de renacuajos (Figura.8). Se realizaron en promedio 16 visitas por poza siendo monitoreadas cada semana, obteniendo un total de 336 visitas, sin embargo, a partir de la semana 10 (13 al 19 de

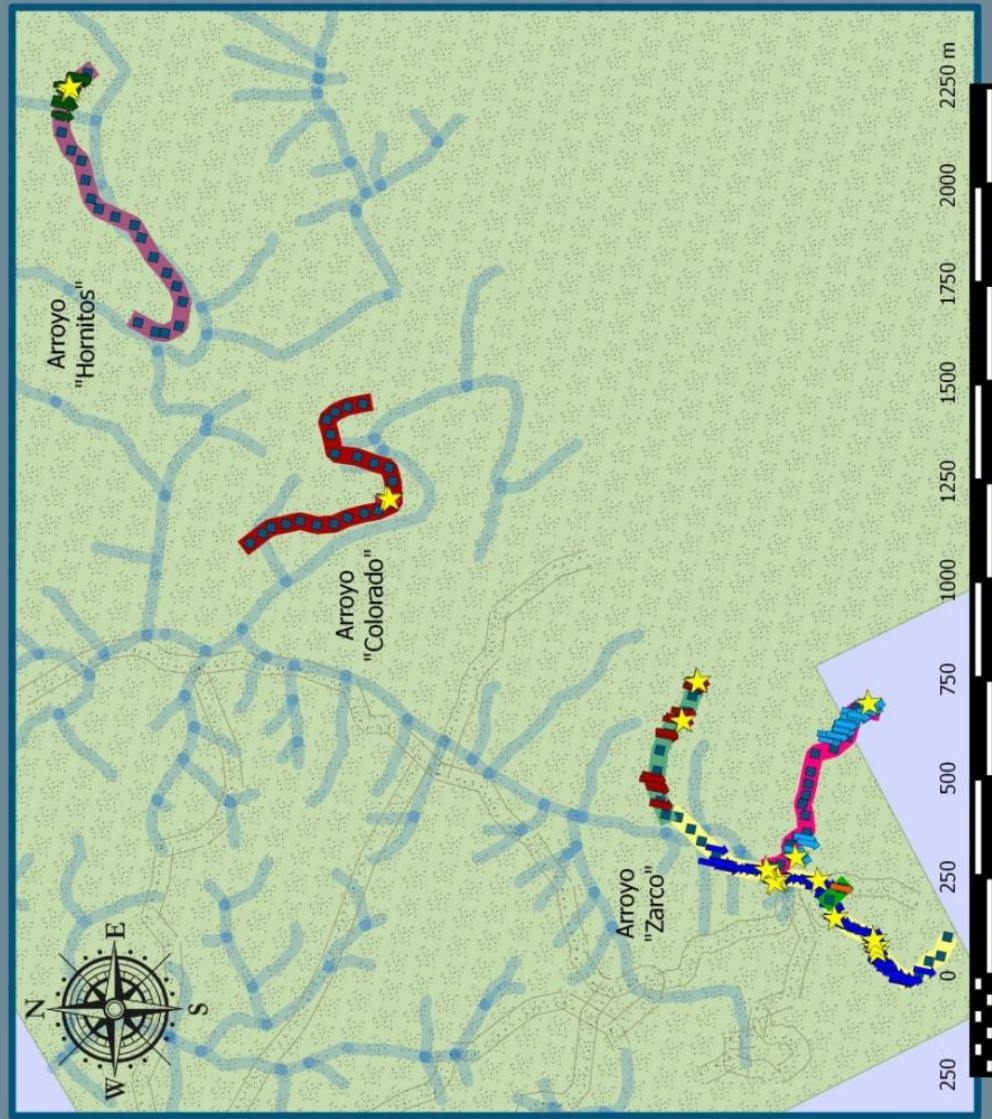
septiembre) se registró un menor número debido al incremento en los caudales y las profundidades de los arroyos, que impidió el ingreso a los sitios de estudio.

Del total de 21 pozas monitoreadas, 13 son pequeñas, 3 medianas y 5 grandes, sus dimensiones cambian durante el tiempo, debido a los eventos de precipitación y regímenes pluviales que incrementan el volumen de agua. Con un total de 459 observaciones, las pozas pequeñas tienen en promedio una amplitud de 104.32cm, longitud de 218.22cm y una profundidad de 14.8cm, mientras que las pozas grandes presentaron una longitud de 653cm, una amplitud de 210.70cm y tienden a tener una mayor profundidad (22.48cm) (Cuadro.2).

Cada poza presentó variaciones en cuanto al tamaño, forma, coloración y sustrato; dadas las condiciones ambientales una poza pudo presentar más de una categoría de forma (circular, elongada, triangular e irregular), por ejemplo una poza del sitio “Colorado” (Co\_103), tuvo todas las categorías, en cambio, otras permanecieron constantes. La mayoría de las pozas se caracterizan por tener una forma elongada; los registros indican que formas triangulares o circulares son muy escasas o inclusive inexistentes para algunos tamaños de las pozas (Figura. 9). Se presentaron tres diferentes coloraciones en las pozas, sin embargo, el único sitio que presentó cuatro coloraciones fueron las pozas de “Búho”, en el cual al menos en una ocasión se observó una tonalidad blanquecina en el agua, por el contrario las pozas de los sitios “Hornitos”, “Colorado” y “ZarcoD”, presentan sólo coloraciones claras y medias. Los sitios asociados a pendientes rocosas presentan todas las coloraciones al igual que algunas pozas de “Zarco”. La mayoría de las pozas se caracteriza por presentar las tres categorías de coloración, sin embargo, las pozas pequeñas presentaron una coloración blanca (Figura.10).

El sustrato fue muy variable a lo largo del periodo de muestreo, dadas las condiciones de cada arroyo, las pozas encontradas sobre las corrientes de agua presentaron un mayor número de categorías definidas por el aumento o la disminución en la proporción de los materiales con los cuales estaba compuesto, ejemplo de ello son algunas pozas de “Zarco” que presentan el mayor número de categorías diferentes. El sustrato rocoso se encuentra de manera predominante en Búho y Chachalaca, siendo el material principal que compone las pozas. Las pozas pequeñas se caracterizan por poseer un sustrato rocoso en mayor proporción, sin embargo presentan todas las categorías a excepción de la composición únicamente por arena, condición presente únicamente pozas grandes (Figura.11).

## Zona de Muestreo: Estación de Biología Chamela IBUNAM



### Simbología

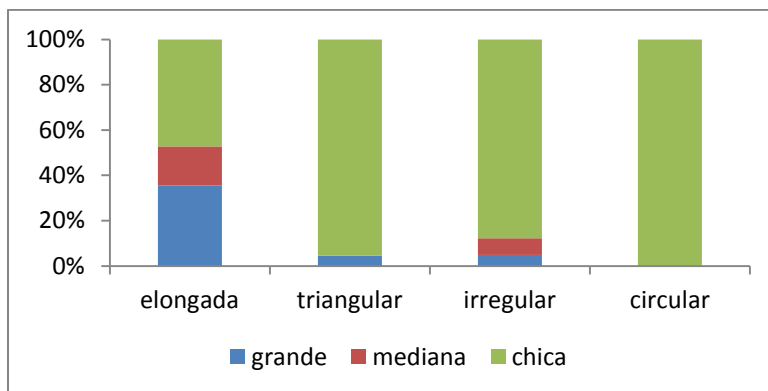
- Pozas monitoreadas
- Pozas "Colorado"
- Secciones "Colorado"
- Arroyo "Colorado"
- Pozas "Hornitos"
- Secciones "Hornitos"
- Arroyo "Hornitos"
- Pozas "Búho"
- Secciones "Búho"
- Sitio "Búho"
- Pozas "Chachalaca"
- Secciones "Chachalaca"
- Sitio "Chachalaca"
- Pozas "ZarcoD"
- Secciones "ZarcoD"
- Sitio "ZarcoD"
- Pozas "Zarco"
- Secciones "Zarco"
- Arroyo "Zarco"
- Hidrografía
- RBChamela-Cuixmala
- Veredas

Fuente: INEGI 2010, Proyecto PAPIIT  
 IN-204713  
 Sistema de Coordenadas: WGS 1984, UTM  
 Zona 13N  
 Elaboración: Ahuatzin-Flores Diana Abilene  
 Revisión: Dr. García Aguayo Andrés

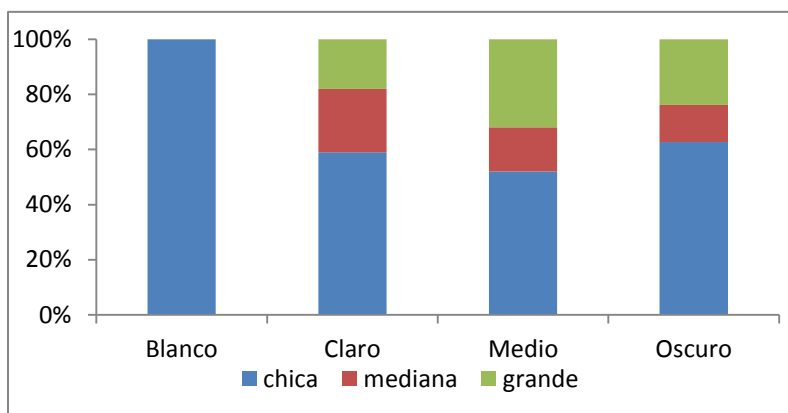
**FIGURA 8.** Localización de los seis sitios asociados a ambientes riparios y las 21 pozas monitoreadas durante la época lluviosa en la Estación de Biología Chamela, Jalisco, México.

**CUADRO 2.** Registros de la Longitud, Amplitud y Profundidad promedio en base al tamaño de la poza de reproducción.

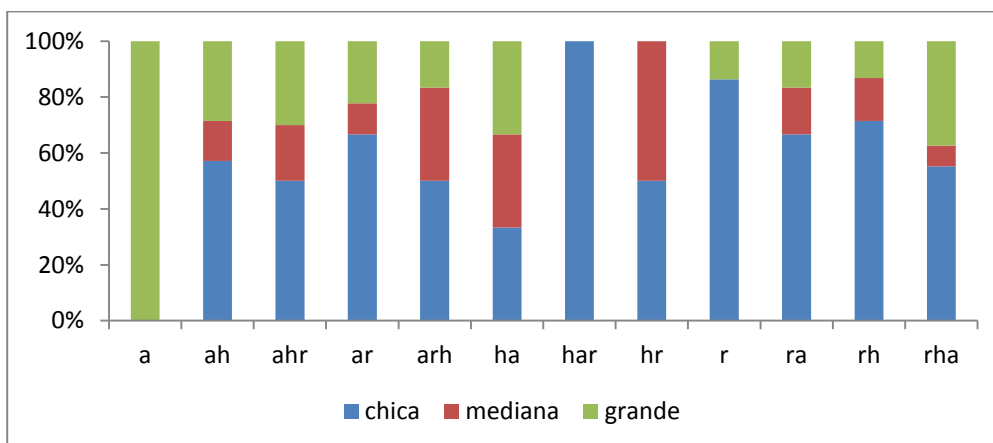
Tipo de poza	Amplitud $\bar{x}$ (cm)	Longitud $\bar{x}$ (cm)	Profundidad $\bar{x}$ (cm)
chica	104.32	218.22	14.80
mediana	121.01	362.75	18.25
grande	210.74	653.00	22.48
<b>Total</b>	<b>145.36</b>	<b>411.32</b>	<b>18.51</b>



**FIGURA 9.** Porcentaje de registros en base al tamaño y forma de la poza de reproducción.



**FIGURA 10.** Porcentaje de registros en base al tamaño y color de la poza de reproducción.



**FIGURA 11.** Porcentaje de registros en base al tamaño y sustrato de la poza de reproducción (r=roca, a=arena, h=hojarasca).

Dadas las condiciones de cada sitio, la mayoría de las pozas tuvieron diversas fases definidas por episodios de presencia de agua y su duración en días, estos episodios de humedad se presentaron en intervalos aislados de días en algunos sitios, relacionados de manera importante con la precipitación que influyó en el llenado de éstas. De los 91 días de trabajo, algunas de las pozas presentaron agua durante casi todo el periodo de muestreo, entre ellas algunas de “Búho” (Bu\_53, Bu\_92), “Chachalaca” (Ch\_21, Ch\_161) y “Zarco” (Za\_131, Za\_133), de forma contraria, algunas pozas tuvieron condiciones muy variables que ocasionaron diversos periodos de desecación y sólo periodos cortos de presencia de agua (Cuadro 3).

**CUADRO 3.** Fases y duración del hidroperiodo de las pozas de reproducción en cada sitio.

Sitio	Poza	Fase de hidroperiodo (núm. de días)				Total
		1	2	3	4	
Búho	Bu_52	57	-	-	-	57
	Bu_53	17	58	-	-	75
	Bu_91	3	10	2	41	56
	Bu_92	79	-	-	-	79
Chachalaca	Ch_161	13	62	-	-	75
	Ch_21	80	-	-	-	80
Colorado	Co_103	37	-	-	-	37
	Co_92	37	-	-	-	37
Hornitos	Ho_182	51	-	-	-	51
	Ho_188	10	39	-	-	49
Zarco	Za_111b	15	39	-	-	54
	Za_131	84	-	-	-	84
	Za_132	7	58	-	-	65
	Za_133	82	-	-	-	82
	Za_141	3	40	-	-	43
	Za_51	5	11	23	-	39
	Za_61	11	11	23	-	45
	Za_62	16	14	36	-	66
	Za_91	9	36	-	-	45
Zarco Derecho	ZD_11	5	38	-	-	43

### 8.3.2. Características físico-químicas de las pozas de reproducción

*pH.* Se registró un pH promedio total de 6.88 a lo largo de la temporada de muestreos. Las pozas con mayor basicidad (7.18) se presentaron durante la segunda semana (19-25 Julio), por el contrario pozas con una mayor acidez (6.42) se observaron en la onceava semana (20-26 de Septiembre), los datos muestran una tendencia a un pH neutro (Figura 12.a).

*Salinidad.* La salinidad promedio en todos los sitios de muestreo fue de 0.17 g/L, sin embargo los valores de salinidad mínimos (0.098g/L) se registraron en la semana 11 (20-26 de Septiembre) mientras que los valores más altos (0.27 g/L), se registraron en la semana 9 (6-12 Septiembre) (Figura 12.b).

*Temperatura.* La temperatura promedio de las pozas durante la temporada de muestreo fue de 26.83°C, registrándose la menor temperatura (26.05°C) en la octava semana (30 Agosto-5 Septiembre) y la mayor (27.74°C), durante la cuarta semana (2-8 Agosto) (Figura 12.c).

*TDS.* Los sólidos totales disueltos tienen una tendencia a disminuir durante los muestreos, el promedio total que presentaron las pozas de reproducción fue de 239.30ppm, registrándose el máximo promedio (377.97ppm) en la segunda semana (19-25 Julio) y el mínimo (105.01ppm), durante la semana 11 (20-26 Septiembre) (Figura 12.d).

*Oxígeno disuelto partes por millón.* De manera similar el oxígeno disuelto en partes por millón, varió durante las semanas de muestreo, el nivel promedio en las pozas de reproducción fue de 1.38ppm, la octava semana (30 Agosto- 5 Septiembre) registró los mayores niveles (2.72ppm), a su vez al igual que en el oxígeno disuelto porcentual, la semana 11 (20-26 Septiembre) registra los niveles mínimos promedio (0.19ppm) (Figura 12.e).

*Oxígeno disuelto porcentual.* El oxígeno disuelto en el agua de las pozas fue variable durante el periodo de muestreo dando un promedio total de 16.47%, los mayores niveles de oxigenación promedio (27.2%), se presentaron durante la cuarta semana (2-8 Agosto), por el contrario los niveles promedio más bajos (2.38%) fueron registrados durante la onceava semana (20-26 Septiembre) (Figura 12.f).

*Luminosidad.* El nivel de iluminación en las pozas fue registrado a partir de la semana 7 (23-29 Agosto), en la cual se registró el mayor nivel de iluminancia promedio (7.39lx), el mínimo

nivel (3.43lx), se registró durante la última semana de muestreo (27Septiembre-4Octubre), estableciéndose un promedio total de 5.59lx (Figura 12.g).

*Cobertura vegetal.* El promedio total de cobertura vegetal en las pozas de reproducción es de 88.5%, sin embargo los sitios que presentaron un mayor porcentaje son Búho (93.38%) y Hornitos (92.51%), por el contrario, Colorado posee el menor porcentaje de cobertura vegetal (81.21%) (Figura 13).

*Estructura de la vegetación.* La mayoría de las formas de vida registradas para todos los sitios son herbáceas y arbustivas, pozas asociadas a ambientes de pendientes rocosas como “Búho”, tienen los valores de cobertura vegetal más altos (95%), sin embargo la categoría de vegetación arbórea es ausente a excepción de “Bu\_92”, los sitios asociados a ambientes riparios son variables, “Colorado” posee el valor más bajo de cobertura vegetal (72.65%) aunado a la escasa presencia de organismos vegetales, mientras que “Hornitos” presenta todas las formas de vida (Cuadro 4).

VARIABLE AMBIENTAL

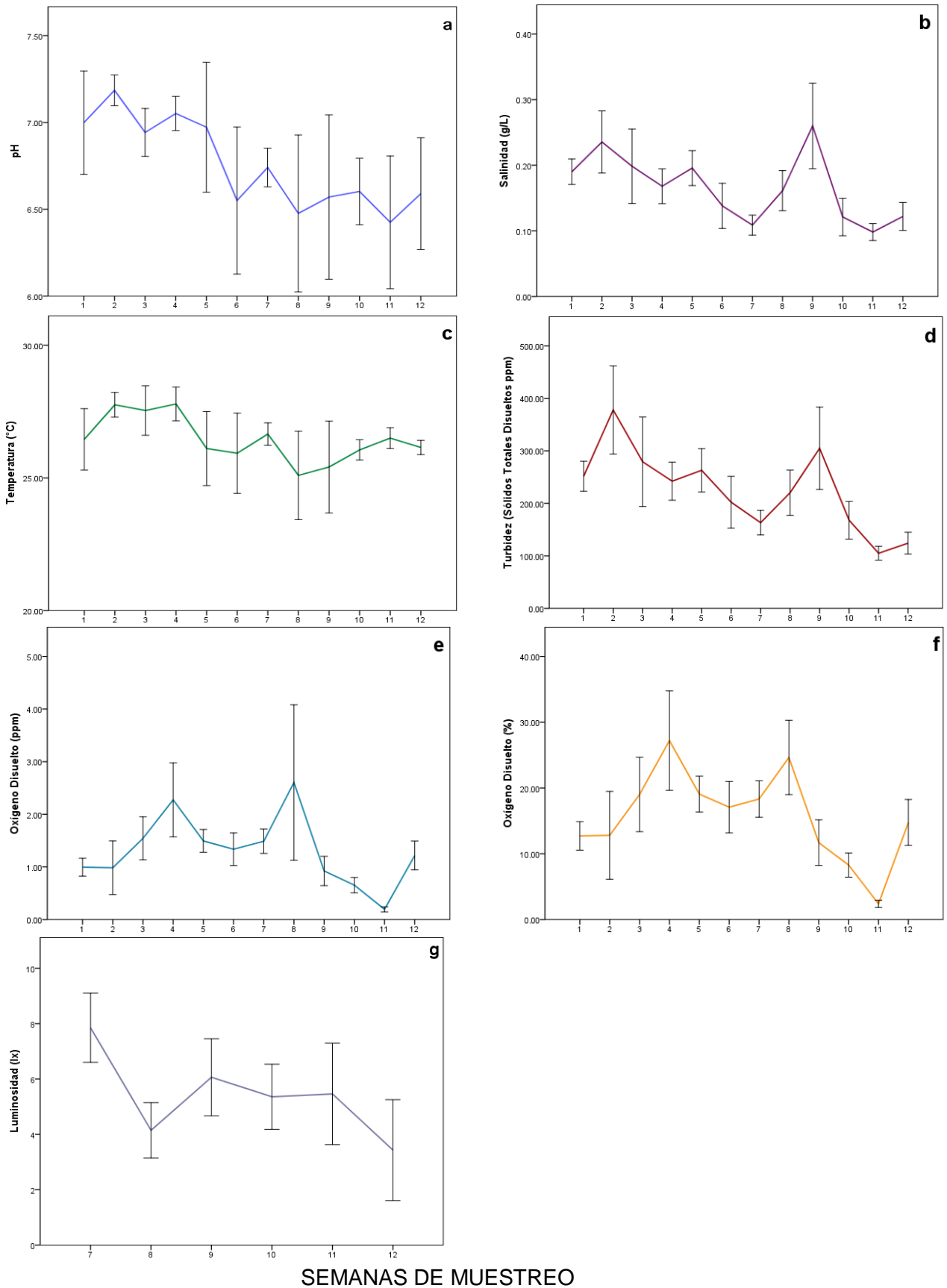
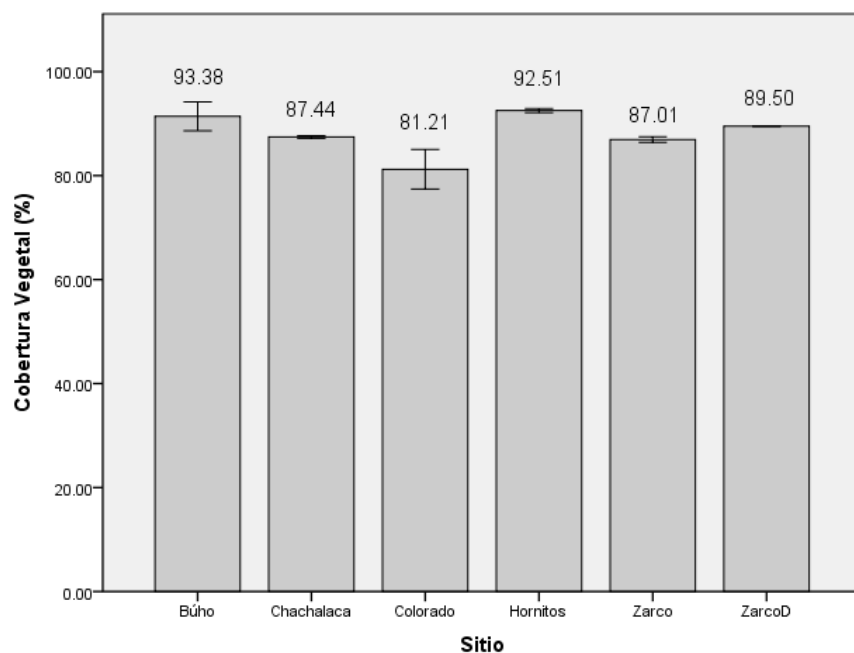


FIGURA 12. Fluctuaciones del promedio total por semana de las variables ambientales en las pozas de reproducción.



**FIGURA 13.** Porcentaje de cobertura vegetal promedio de las pozas de reproducción por cada sitio.

**CUADRO 4.** Estructura de la vegetación y porcentaje de cobertura vegetal de las pozas de reproducción por cada sitio.

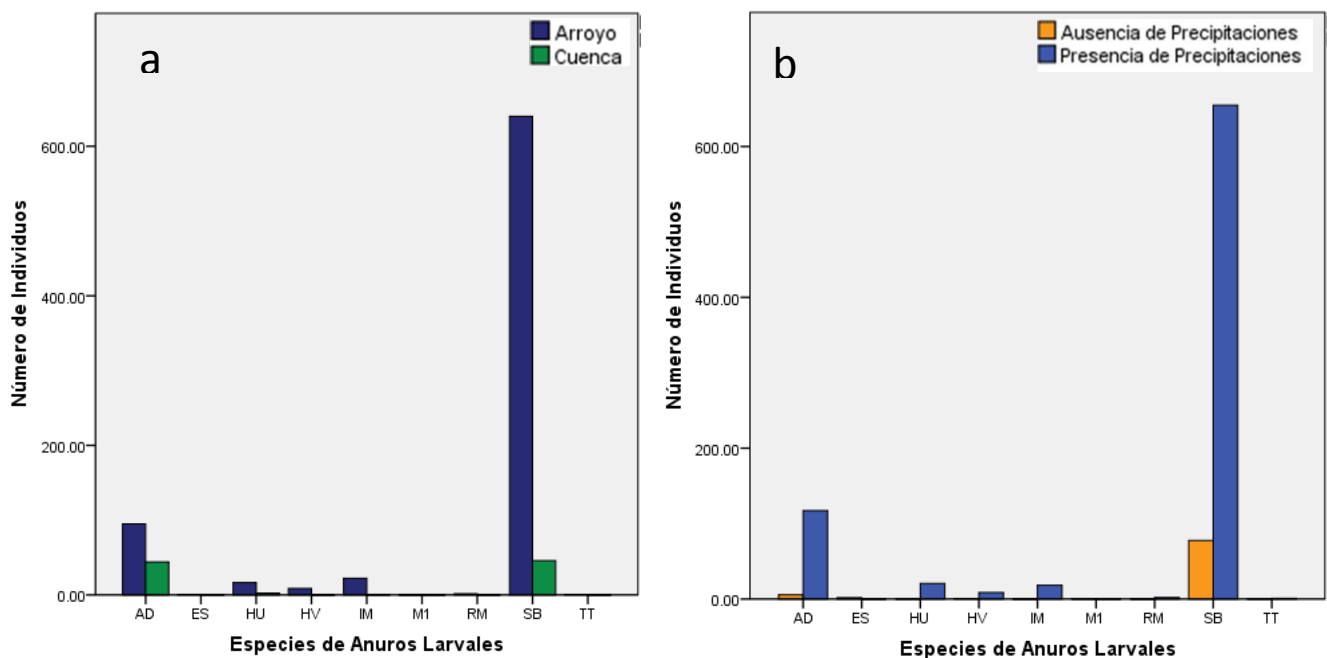
Sitio	Poza	Categoría					Cobertura vegetal (%)
		Herbácea	Arbustiva	Arbórea	Bejucos	Otros	
Búho	Bu_52	6.75	4.75	-	0.50	-	90.00
	Bu_53	13.75	2.25	-	0.50	-	95.00
	Bu_91	13.25	0.50	-	1.00	0.75	95.50
	Bu_92	25.25	4.25	0.25	1.25	0.50	92.50
Chachalaca	Ch_161	11.17	5.83	0.17	0.17	0.67	86.50
	Ch_21	8.17	5.33	0.33	-	0.33	88.50
Colorado	Co_103	2.50	0.25	-	-	0.25	72.65
	Co_92	16.50	0.75	0.25	-	8.25	89.00
Hornitos	Ho_182	6.27	1.55	0.45	0.09	0.09	93.75
	Ho_188	4.00	0.75	0.25	0.25	0.75	91.00
Zarco	Za_111b	4.17	3.83	0.17	1.00	-	84.50
	Za_131	4.50	4.25	0.13	0.75	-	80.00
	Za_132	1.00	0.25	-	-	-	86.50
	Za_133	0.75	0.50	-	-	-	87.00
	Za_141	5.00	7.75	-	1.13	-	90.40
	Za_51	4.57	2.57	0.29	2.14	-	90.10
	Za_61	3.57	1.71	0.29	2.14	-	83.75
	Za_62	8.67	4.33	0.17	1.83	-	89.10
Za_91	10.67	6.33	-	0.83	-	89.10	
Zarco Derecho	ZaD_11	19.00	4.00	-	1.50	-	89.10

## 8.4 DISTRIBUCIÓN Y ABUNDANCIA DE RENACUAJOS: PATRONES ESPACIO-TEMPORALES

### 8.4.1. Especies de anuros larvales en los sitios de muestreo.

Durante el monitoreo en las pozas de reproducción se encontraron un total de 4599 individuos, de los cuales se identificaron 8 especies: *Agalychnis dacnicolor*, *Exerodonta smaragdina*, *Hypopachus ustus*, *Hypopachus variolosus*, *Incilius marmoreus*, *Rhinella marina*, *Smilisca baudinii*, *Trachycephalus typhonius* y se estableció 1 morfotipo. El análisis de abundancia ajustada de las especies de anuros larvales en diferentes ambientes (Figura 14.a) y en presencia y ausencia de precipitaciones (Figura 14.b) indica que la especie más abundante es *Smilisca baudinii* seguida de *Agalychnis dacnicolor*, las demás especies tienen escasos registros siendo *T. typhonius* y el Morfotipo 1 los menos abundantes.

De acuerdo a lo anterior, los análisis estadísticos arrojaron que existen diferencias significativas en las abundancias de anuros larvales de ambientes riparios y cuencas ( $t=3.034$ , g.l.=22,  $P=0.006$ ) (Anexo III, Cuadro 3.1) asimismo, hay diferencias significativas en la abundancia de estos organismos en presencia o ausencia de precipitaciones ( $t=2.761$ , g.l.=22,  $P=0.011$ ) (Anexo III, Cuadro 3.2).



**FIGURA 14.** Abundancia ajustada para todas las especies de anuros larvales en diferentes ambientes (Arroyo y Cuenca) y durante presencia o ausencia de lluvias (AD= *A. dacnicolor*, ES= *E. smaragdina*, HU= *H. ustus*, HV=*H. variolosus*, IM= *I. marmoreus*, RM= *R. marina*, SB= *S. baudinii*, TT= *T. typhonius*, M1= Morfotipo 1).

Las especies de anuros larvales que dominaron durante el periodo de muestreo fueron *A. dacnicolor* y *S. baudinii*, las cuales estuvieron presentes durante 10 semanas consecutivas, de igual forma éstas fueron registradas durante los seis primeros eventos reproductivos, las especies que tuvieron una menor presencia fueron *R. marina*, *T. typhoni* y el morfotipo encontrado durante las últimas semanas. Un mayor número de especies se registró en la semana 10 durante el sexto evento reproductivo, interactuando siete de ellas: *A. dacnicolor*, *E. smaragdina*, *H. ustus*, *H. variolosus*, *R. marina*, *S. baudinii* y *T. typhoni* (Cuadro 5).

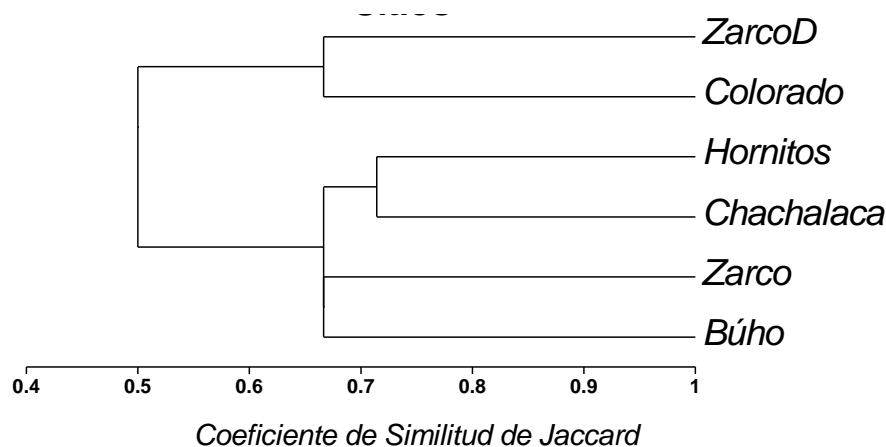
**CUADRO 5.** Distribución temporal de las especies de anuros larvales asociada a eventos reproductivos registrados a lo largo del periodo de muestreo en la EBCh.

Evento reproductivo	1			2			3	4	5	6		7	
Fecha	12-18jul	19-25-Jul	26Jul-1Ago	2-8Ago	9-15Ago	16-22Ago	23-29Ago	30Ago-5Sep	6-12Sep	13-19Sep	20-26Sep	27Sep-40Oct	5-11Oct
Semana/ Especie	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
<i>A. dacnicolor</i>	[Barra azul continua desde semana 1 hasta semana 11]												
<i>E. smaragdina</i>	[Barra gris continua desde semana 4 hasta semana 10]									[Barra gris continua desde semana 10 hasta semana 12]			
<i>H. ustus</i>	[Barra gris]		[Barra gris continua desde semana 4 hasta semana 10]										
<i>H. variolosus</i>	[Barra gris]		[Barra gris continua desde semana 5 hasta semana 10]										
<i>I. marmoreous</i>	[Barra azul]		[Barra azul continua desde semana 7 hasta semana 8]										
M1	[Barra azul continua desde semana 12 hasta semana 13]												
<i>R. marina</i>	[Barra azul continua desde semana 7 hasta semana 8]						[Barra azul continua desde semana 10 hasta semana 11]						
<i>S. baudinii</i>	[Barra azul continua desde semana 1 hasta semana 10]												
<i>T. typhoni</i>	[Barra azul]		[Barra azul continua desde semana 9 hasta semana 10]										

El coeficiente de similitud de Jaccard basado en la presencia y ausencia de las especies de renacuajos en los sitios de estudio indica que “ZarcoD” y “Colorado” son los lugares que comparten un menor número de especies con los demás sitios, pese a que “Búho” y “Chachalaca” son sitios con pendiente rocosa, ambos son diferentes en cuanto a las especies de renacuajos que albergan (Coef=0.5), de igual forma “ZarcoD” pese a ser un sitio asociado a “Zarco”, difiere de éste (Coef=0.22) teniendo el mismo número de especies que “Colorado” (Coef=1) (Cuadro 6, Figura 15).

**CUADRO 6.** Composición de especies de anuros larvales en los sitios de estudio de la Estación de Biología Chamela.

Composición	Búho	Chachalaca	Colorado	Hornitos	Zarco	ZarcoD
Búho	1.00	0.50	0.33	0.50	0.67	0.33
Chachalaca		1.00	0.33	0.71	0.67	0.33
Colorado			1.00	0.33	0.22	1.00
Hornitos				1.00	0.67	0.33
Zarco					1.00	0.22
ZarcoD						1.00

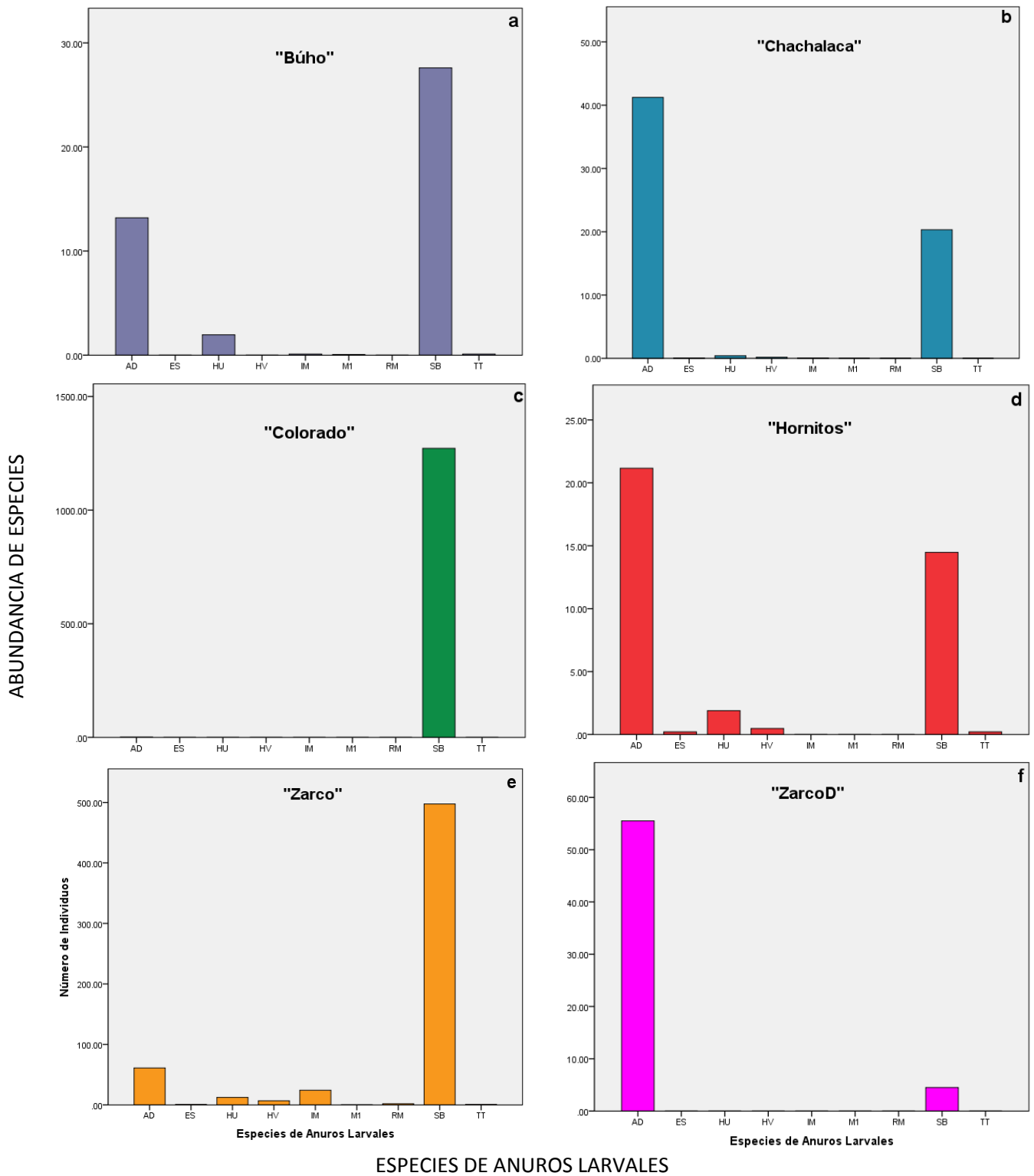


**FIGURA 15.** Dendrograma del coeficiente de similitud de Jaccard de las especies de renacuajos entre sitios de estudio de la EBCh.

Siendo “Búho” y “Chachalaca” sitios asociados a pendientes rocosas, en ambos, las especies dominantes son *S. baudinni* y *A. dacnicolor*, sin embargo en “Búho” *S. baudinii* domina (n=92), además de tener presencia de *T. typhonius*, el cual está ausente en “Chachalaca”, por el contrario, en “Chachalaca” *A. dacnicolor* domina (n=99), y además *H. variolosus* se encuentra presente, caso contrario a “Búho” (Figura 16.a, b).

“Colorado” y “Hornitos” son sitios más cercanos geográficamente, en ellos sólo se muestrearon dos pozas en cada sitio (Co\_103, Co\_92 y Ho\_182, Ho\_188); “Colorado” presenta un mayor número de individuos en las pozas de reproducción, sin embargo, sólo se encuentran presentes dos especies, siendo *S. baudinii* la más abundante (n=1696) y *A. dacnicolor* se encuentra con un mínimo registro (n=2). “Hornitos” presenta un menor número de individuos, sin embargo en este sitio se encuentra un mayor número de especies en las pozas, *A. dacnicolor* es la más abundante (n=67), seguida de *S. baudinii* (n=55), no existen registros del Morfotipo 1, de *I. marmoratus* ni de *R. marina* (Figura 16.c, d).

“Zarco” presenta el mayor número de registros debido a que la mayoría de las pozas fueron monitoreadas en ese sitio (n=3160), *S. baudinii* es la especie dominante (n=2338), sin embargo un caso diferente a los demás sitios, fue que *I. marmoreous* (n=379) fue más abundante que *A. dacnicolor* (n=261), no hay presencia de *T. typhoni*, *E. smaragdina* ni el Morfotipo 1. “ZarcoD”, fue el sitio en el que se monitoreó una sola poza (ZD\_11), en la que se registraron dos especies, *A. danicolor* es la más abundante (n=111), seguida de *S. baudinii* (n=9) (Figura 16.e, f).



**ESPECIES DE ANUROS LARVALES**

**FIGURA 16.** Abundancia ajustada para todas las especies de anuros por sitio en la EBCh. (AD= *A. dacnicolor*, ES= *E. smaragdina*, HU= *H. ustus*, HV=*H. variolosus*, IM= *I. marmoratus*, RM= *R. marina*, SB= *S. baudinii*, TT= *T. typhonius*, M1= Morfotipo 1).

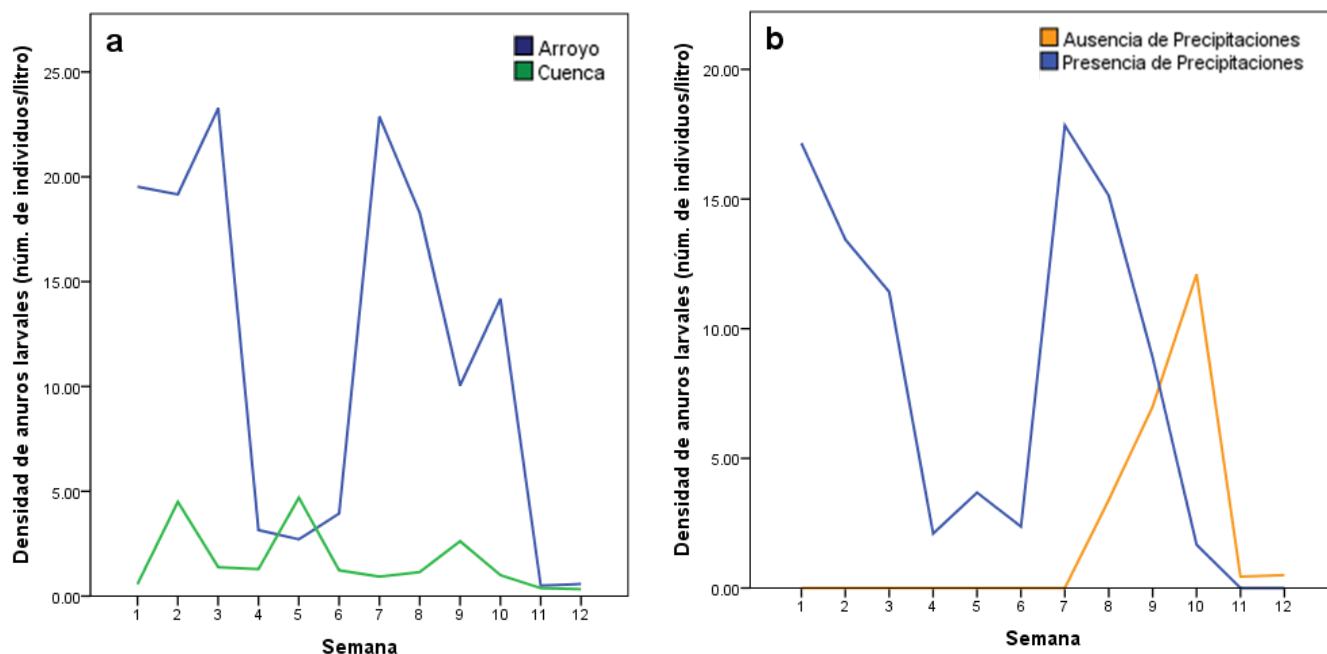
#### 8.4.2 Densidad relativa de anuros larvales en las pozas de reproducción

La presencia de anuros larvales se registró en todos los sitios, sin embargo, ésta tuvo ciertas variaciones durante el periodo del monitoreo. En los arroyos “Hornitos” y “Colorado” hay un menor número de registros durante las primeras semanas ya que las pozas consideradas permanecieron secas en ese periodo de tiempo, en cambio, las observaciones en todos los sitios disminuyen en la semana 12. Hay una mayor densidad de anuros larvales en la mayoría de los sitios durante las semanas 7 y 8 (17.84 y 14 ind/L respectivamente), sin embargo las pozas asociadas al arroyo “Colorado” presentaron una mayor densidad (Cuadro 7, Figura 17.a). El análisis indica que hay diferencias significativas entre las densidades de los ambientes riparios y cuencas ( $t=3.739$ ,  $g.l.=22$ ,  $P=0.001$ ) (Anexo III, Cuadro 3.3).

Durante los eventos de precipitación, las pozas de reproducción tuvieron condiciones favorables para albergar anuros larvales, durante las últimas semanas sin presencia de lluvias éstas presentaron renacuajos debido al régimen pluvial de los arroyos (condición lóptica) (Cuadro 7, Figura 17.b). El análisis arrojó que hay diferencias significativas en la densidad de individuos por litro en presencia o ausencia de precipitaciones ( $t=2.564$ ,  $g.l.=22$ ,  $P=0.018$ ) (Anexo III, Cuadro 3.4).

**CUADRO 7.** Densidad promedio de renacuajos por litro (total de especies) por poza a lo largo de las semanas de muestreo.

Sitio	Semanas de Muestreo												Total
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
Precipitaciones													
Búho	0.40	3.67	1.13	1.22	4.58	0.36	0.44		0.25				1.54
Chachalaca	1.00	5.00	1.80	1.38	4.88	2.75	1.80	1.60					2.94
Colorado							203.75	165.75	44.00				130.62
Hornitos					2.73	7.83	3.09	1.43	2.38				3.26
Zarco	18.39	19.16	23.27	3.15	2.70	1.60	7.23	1.20	3.79	1.67			10.53
ZarcoD	37.00						4.50						13.33
Ausencia de precipitaciones													
Búho								1.75	5.50	0.50	0.25	0.25	1.42
Chachalaca									2.20	2.00	0.60	0.50	1.36
Colorado													0.00
Hornitos											0.50	1.00	0.83
Zarco								10.00	10.00	18.15	0.71	0.60	9.83
ZarcoD													0.00
Total	17.16	13.44	11.42	2.10	3.68	2.37	17.84	14.00	8.19	10.74	0.44	0.50	9.98



**FIGURA 17.** Densidad promedio de anuros larvales en diferentes ambientes (Arroyo y Cuenca) y durante presencia o ausencia de lluvias a lo largo del periodo de muestreo.

Las especies de anuros larvales presentaron mayores densidades promedio por litro de muestra en el ambiente ripario durante la presencia de precipitaciones; bajo estas condiciones aquellas que tienen una mayor densidad son *I. marmoratus* y *S. baudinii*, sin embargo en ausencia de precipitaciones sólo a *S. baudinii* se le encuentra en un mayor número de organismos por litro en ambos ambientes (Cuadro 8).

**CUADRO 8.** Densidad promedio de las especies renacuajos por litro de muestra en cada ambiente durante presencia y ausencia de precipitaciones.

Especie	Ambiente		Total	Ambiente		Total
	Arroyo	Cuenca		Arroyo	Cuenca	
	Precipitaciones			Ausencia de precipitaciones		
<i>A. dacnicolor</i>	11.76	2.49	6.67	1.20	2.50	2.00
<i>E. smaragdina</i>	2.00		2.00	1.43	1.00	1.33
<i>H. usta</i>	2.60	2.57	2.60	1.00		1.00
<i>H. variolosus</i>	2.13	1.00	2.08	2.50		2.50
<i>I. marmoratus</i>	37.80	1.50	31.75	1.00		1.00
Morfotipo 1				1.00	1.00	1.00
<i>R. marina</i>	5.60		5.60			
<i>S. baudinii</i>	32.56	5.68	27.28	37.11	4.00	22.63
<i>T. typhonus</i>	1.86		1.86		2.00	2.00

#### 8.4.3. Interacción de las variables ambientales en la composición de especies de anuros larvales.

El Análisis Multivariado de Varianza (MANOVA) arrojó que estadísticamente hay diferencias significativas en las condiciones entre ambientes (Ripario y cuenca) en ocho variables ambientales: hidroperiodo ( $F=46.141$ , g.l.=1,  $P<0.05$ ), amplitud del arroyo ( $F=22.678$ , g.l.=1,  $P<0.05$ ), longitud de la poza ( $F=26.304$ , g.l.=1,  $P<0.05$ ), amplitud de la poza ( $F=29.701$ , g.l.=1,  $P<0.05$ ), salinidad ( $F=11.139$ , g.l.=1,  $P<0.05$ ), TDS ( $F=11.746$ , g.l.=1,  $P<0.05$ ), luminosidad ( $F=37.713$ , g.l.=1,  $P<0.05$ ) y Sustrato ( $F=221.947$ , g.l.=1,  $P<0.05$ ) (Anexo III, Cuadro 3.5).

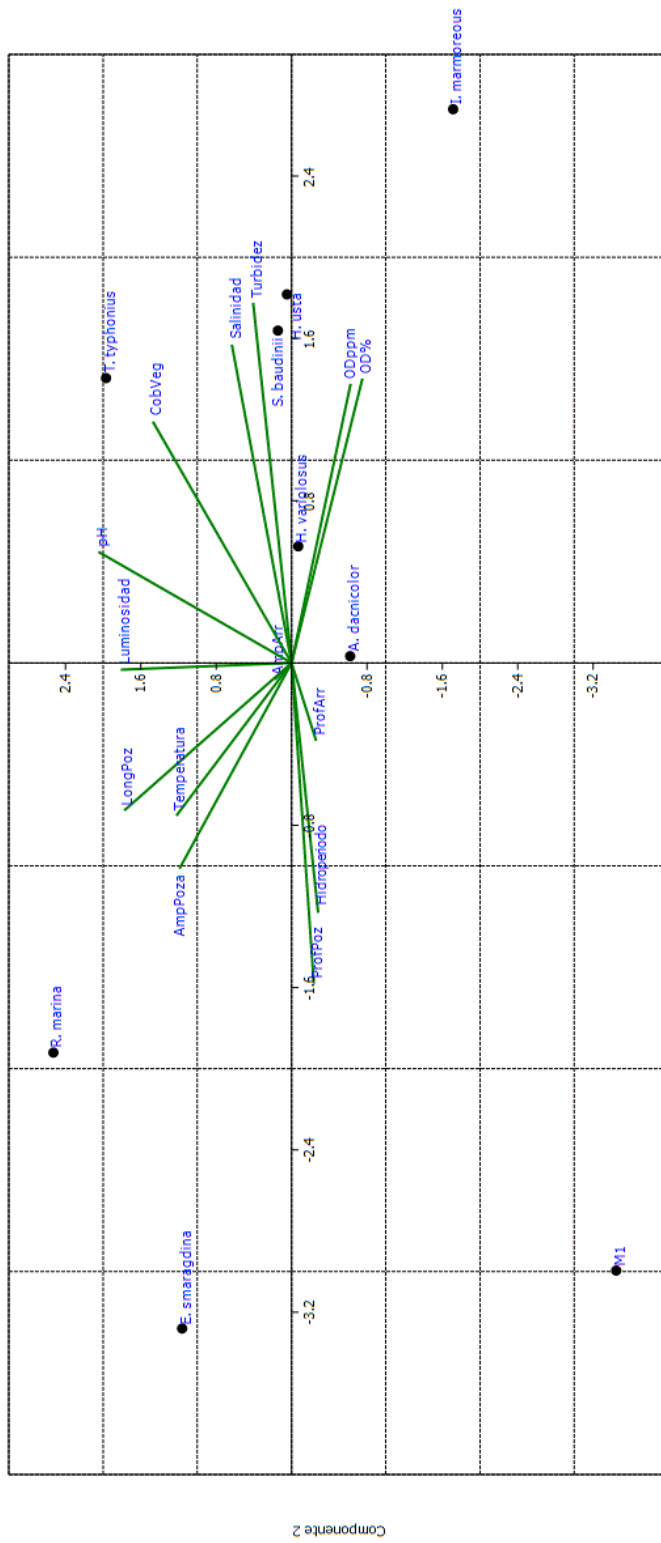
El segundo análisis MANOVA empleado para comparar el efecto de las variables en presencia o ausencia de precipitaciones indicó que estadísticamente hay diferencias significativas en: hidroperiodo ( $F=5.740$ , g.l.=1,  $P<0.05$ ), longitud de la poza ( $F=5.844$ , g.l.=1,  $P<0.05$ ), profundidad de la poza ( $F=4.390$ , g.l.=1,  $P<0.05$ ), pH ( $F=5.747$ , g.l.=1,  $P<0.05$ ), temperatura ( $F=6.868$ , g.l.=1,  $P<0.05$ ), oxígeno porcentual ( $F=18.506$ , g.l.=1,  $P<0.05$ ), oxígeno ppm ( $F=5.116$ , g.l.=1,  $P<0.05$ ), TDS ( $F=6.324$ , g.l.=1,  $P<0.05$ ), luminosidad ( $F=4.058$ , g.l.=1,  $P<0.05$ ), color ( $F=21.395$ , g.l.=1,  $P<0.05$ ) y sustrato ( $F=11.384$ , g.l.=1,  $P<0.05$ ) (Anexo III, Cuadro 3.6).

El análisis del Modelo Lineal General entre las características físico-químicas de las pozas de reproducción y las comunidades de renacuajos indicó que la única variable estudiada que tiene un efecto significativo dadas ciertas condiciones ambientales (sitio ripario o cuenca), es la amplitud del arroyo ( $F=17.977$ , g.l.=1,  $P<0.05$ ) (Anexo III, Cuadro 3.7). El segundo análisis que considera la ausencia o presencia de precipitaciones arrojó efectos significativos únicamente en dos variables, la amplitud del arroyo ( $F=18.400$ , g.l.=1,  $P<0.05$ ). y la cobertura vegetal ( $F=3.907$ , g.l.=1,  $P<0.05$ ) (Anexo III, Cuadro 3.8). Para establecer la caracterización de la estructura de la vegetación, el último análisis arrojó que el único predictor con un efecto significativo sobre la densidad de anuros larvales es la cobertura vegetal ( $F=3.907$ , g.l.=1,  $P<0.05$ ) (Anexo III, Cuadro 3.9).

El Análisis de Componentes Principales sobre el efecto de las variables ambientales en las especies de anuros larvales mostró que los primeros tres componentes explican el 77.4% de la variación total, así el componente 1 explica el 34.96%, el componente 2, el 23.97% y el

componente 3, 18.47%; el componente 1 tiene su mayor aporte en la composición de sólidos y gases disueltos en el agua tomando en cuenta los variables de turbidez (0.939), salinidad (0.830), oxígeno disuelto porcentual (0.742) y en ppm (0.728), las especies asociadas a estas condiciones son *A. dacnicolor*, *H. usta*, *H. variolosus* y *S. baudinii*, por otro lado el componente 2 implica mayormente la incidencia de luz en relación a las dimensiones de la poza: luminosidad (0.794), longitud de la poza (0.778) y cobertura vegetal (0.645), *T. typhoni* es una de las especies que se asocia principalmente con estas características (Anexo III, Cuadro 3.10).

El gráfico de componentes principales indica que las especies de anuros larvales se comportan de una manera altamente variable respecto a las variables físicas y químicas de los sitios de muestreo. Especies como *E. smaragdina*, *R. marina*, *I. marmoratus* y el Morfotipo I, tienden a separarse del resto de las especies lo que indica que éstas se desarrollan en ambientes completamente diferentes a las demás especies (Figura 18).

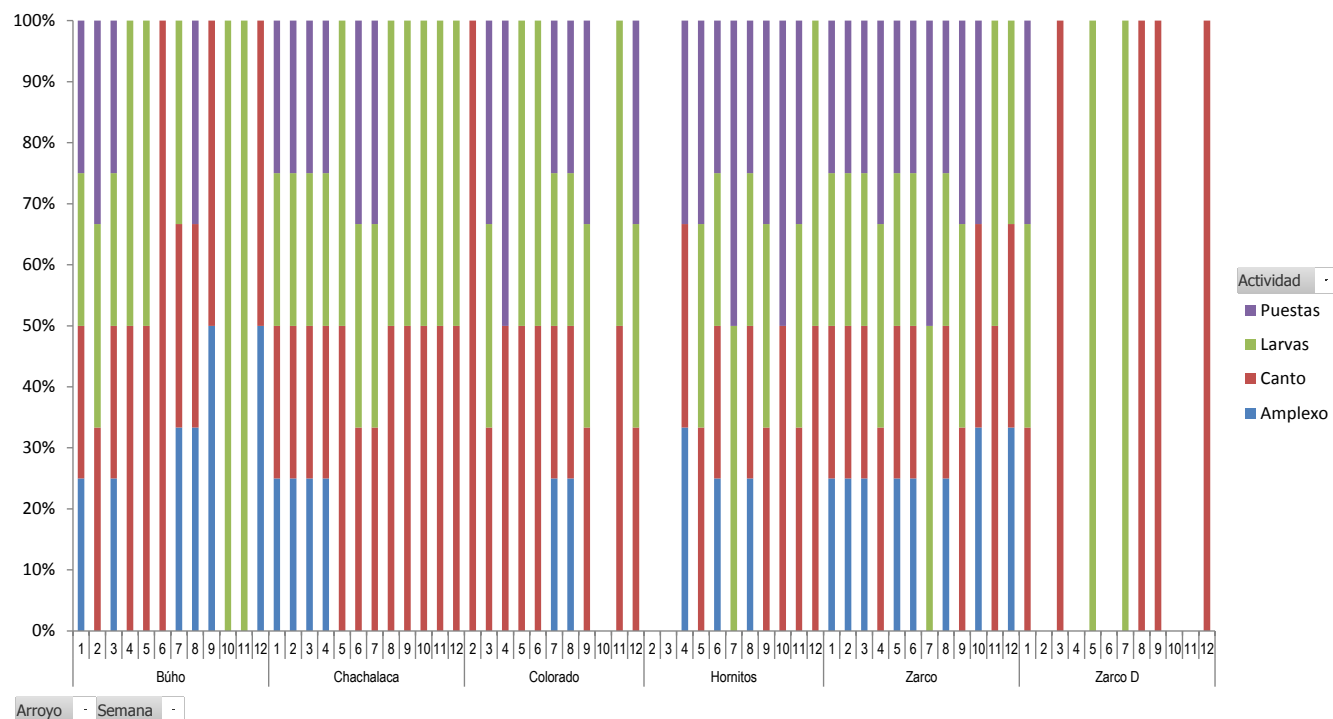


**FIGURA 18.** Gráfico de Análisis de Componentes Principales de 14 variables ambientales respecto a nueve especies de anuros larvales asociados a las pozas de reproducción en la EBCh.

## 8.5 DISTRIBUCIÓN Y ABUNDANCIA DE ADULTOS: PATRONES ESPACIO-TEMPORALES DE LA ACTIVIDAD REPRODUCTIVA

Para la determinación del patrón espacio-temporal de la actividad reproductiva en anuros adultos, se realizaron un total de 95 recorridos nocturnos a lo largo de los 6 sitios de estudio con un promedio de 16 recorridos por arroyo y 8 recorridos por semana. De forma similar el número de recorridos a partir de la semana 10 (del 13 al 19 de septiembre) fue menor debido al incremento en los caudales y profundidades de algunos arroyos. Durante los 95 transectos se registraron 14 especies y 4305 individuos, dentro esta actividad se observaron un total de 7 eventos reproductivos, la mayoría de éstos fueron registrados durante los meses de agosto y septiembre (2 y 3 eventos respectivamente).

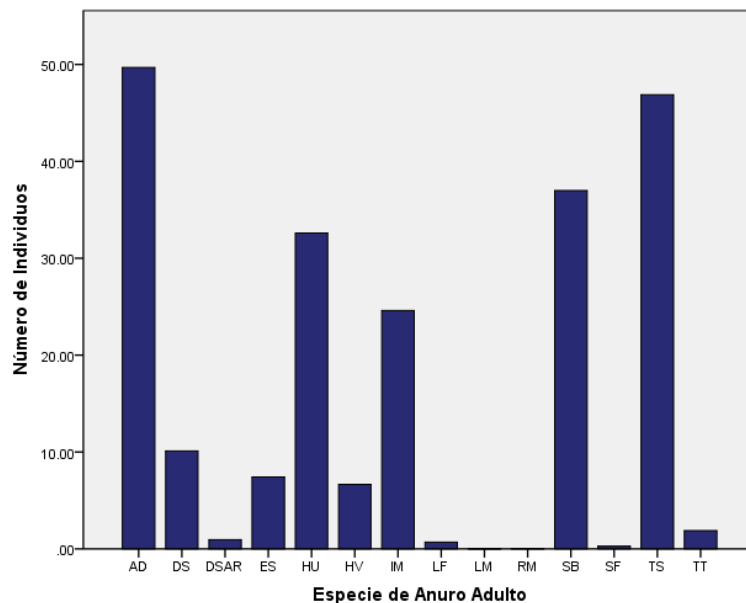
El patrón espacio-temporal de la actividad reproductiva tiende a ser similar en todos los arroyos, sin embargo, existen variaciones particularmente durante las últimas semanas en el sitio “ZarcoD” donde se registró una disminución en la actividad y únicamente se registraron cantos, mientras que en el caso del sitio “Búho” se registran principalmente larvas (Figura 19).



**FIGURA 19.** Variación espacio-temporal de la actividad reproductiva en anuros de la EBCh.

De acuerdo con lo anterior, los análisis arrojaron que existen diferencias significativas en las abundancias de anuros adultos de ambientes riparios y cuencas ( $t=4.358$ ,  $g.l.=1410$ ,  $P<0.05$ ) (Anexo III, Cuadro 3.11) asimismo, hay diferencias significativas en la abundancia de anuros adultos en presencia o ausencia de precipitaciones ( $t=5.488$ ,  $g.l.=1410$ ,  $P<0.05$ ) (Anexo III, Cuadro 3.12).

Del total de los registros de anuros adultos a lo largo de los transectos, se encontraron 14 especies asociadas a pozas de reproducción ( $n=1989$ ): *Agalychnis dacnicolor*, *Diaglena spatulata*, *Dendropsophus sartori*, *Exerodonta smaragdina*, *Hypopachus ustus*, *Hypopachus variolosus*, *Incilius marmoratus*, *Lithobates forreri*, *Leptodactylus melanonotus*, *Rhinella marina*, *Smilisca baudinii*, *Smilisca fodiens*, *Tlalocohyla smithii* y *Trachycephalus typhonius*. El análisis de la abundancia ajustada de los organismos asociados a las pozas indica que *A. dacnicolor* y *Tlalocohyla smithii* fueron las especies más abundantes, seguidas en menor medida por *S. baudinii*, *H. ustus* e *I. marmoratus*, (Figura 20).

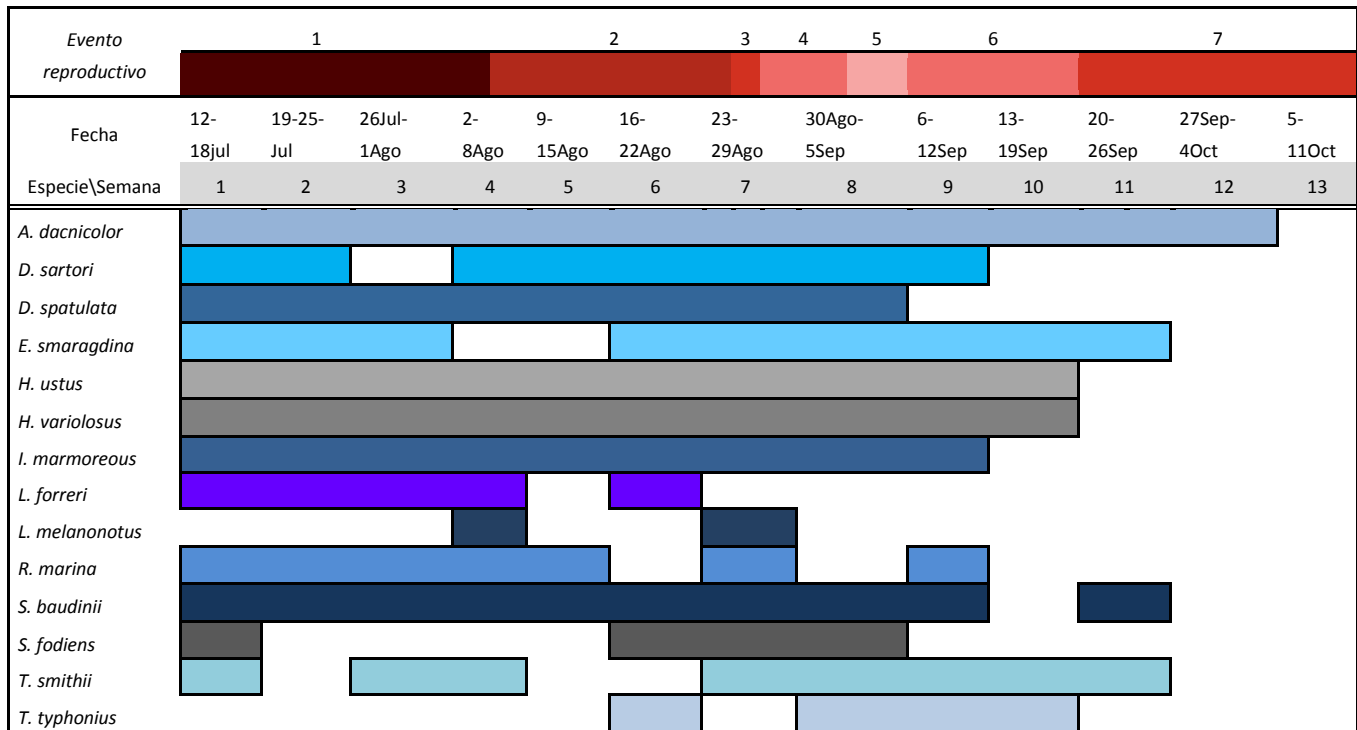


**FIGURA 20.** Análisis de abundancia ajustada de anuros por especie en pozas de reproducción: (AD= *Agalychnis dacnicolor*, DS= *Diaglena spatulata*, DSAR= *Dendropsophus sartori*, ES= *Exerodonta smaragdina*, HU= *Hypopachus ustus*, HV= *Hypopachus variolosus*, IM= *Incilius marmoratus*, LF= *Lithobates forreri*, LM= *Leptodactylus melanonotus*, RM= *Rhinella marina*, SB= *Smilisca baudinii*, SF= *Smilisca fodiens*, TS= *Tlalocohyla smithii* y TT= *Trachycephalus typhonius*).

La especies de anuros que dominaron las áreas de las pozas de reproducción durante el periodo de muestreo fueron *A. dacnicolor*, permaneciendo 12 semanas consecutivas, a su vez *H. ustus* e *H. variolosus* estuvieron presentes durante 10 semanas consecutivas, de igual

forma éstas fueron registradas durante los seis primeros eventos reproductivos, las especies que tuvieron una menor presencia fueron *L. melanonotus* y *T. typhonius* asociando su presencia a ciertos eventos reproductivos y no necesariamente a los monitoreos. Un mayor número de especies se encontraron en la semana 7 durante el tercer evento reproductivo, interactuando doce de ellas, excepto *L. melanonotus* y *T. typhonius* (Cuadro 9).

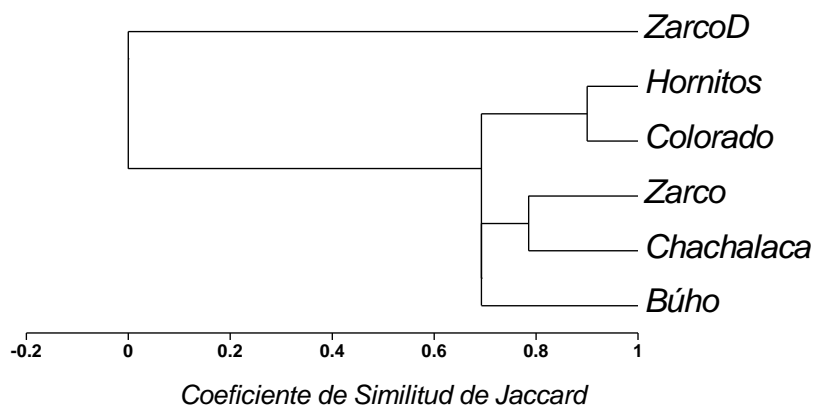
**CUADRO 9.** Distribución temporal de las especies de anuros adultos asociada a eventos reproductivos registrados a lo largo del periodo de muestreo en la EBCh.



El análisis del coeficiente de similitud de Jaccard de las especies de adultos en las pozas indica que “Hornitos” y “Colorado” son los sitios con una composición mayormente similar en comparación a otros (coef=0.9), al igual que “Zarco” y “Chachalaca” (coef=0.79), por el contrario “ZarcoD” no comparte ninguna especie con los demás, al no presentarse ningún individuo sobre las pozas de reproducción en ese lugar (Cuadro 10, Figura 21).

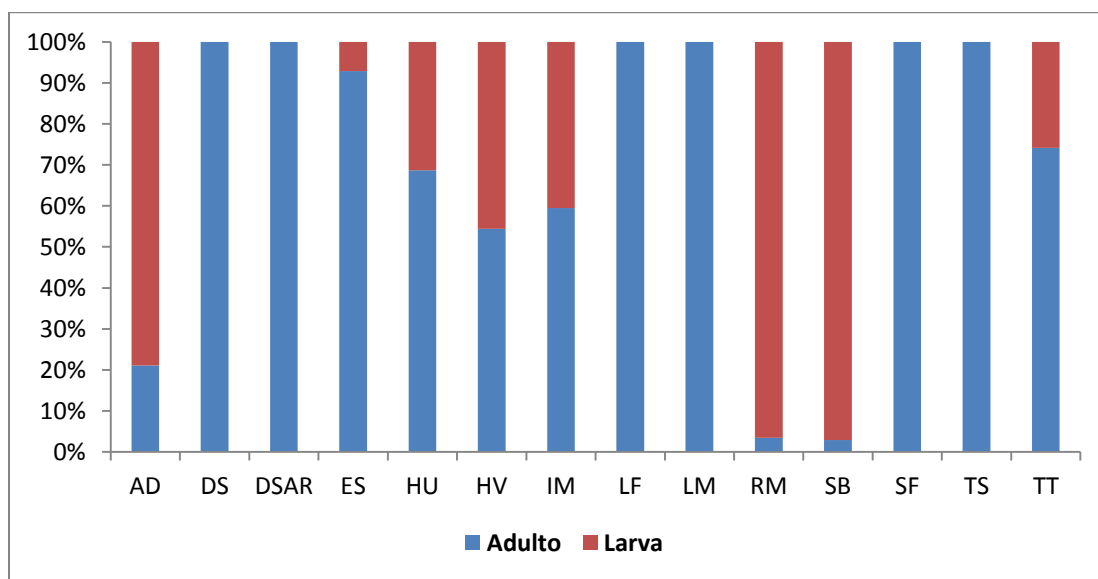
**CUADRO 10.** Composición de especies de anuros adultos en los sitios de estudio en la EBCh.

Composición	Búho	Chachalaca	Colorado	Hornitos	Zarco	ZarcoD
Búho	1.00	0.62	0.58	0.50	0.69	0.00
Chachalaca		1.00	0.69	0.62	0.79	0.00
Colorado			1.00	0.90	0.64	0.00
Hornitos				1.00	0.57	0.00
Zarco					1.00	0.00
ZarcoD						1.00



**FIGURA 21.** Dendrograma del coeficiente de similitud de Jaccard de las especies de adultos entre sitios de estudio de la EBCh.

Al comparar la abundancia de los anuros adultos asociados a las pozas de reproducción y las especies de anuros larvales encontradas en éstas, *A. dacnicolor* se encuentra presente dominando de manera semejante en forma adulta y larval, *S. baudinii* a pesar de ser más abundante en forma larval tiende a ser más escasa en las pozas en forma adulta al igual que *R. marina*, por otro lado, existen al menos seis especies de anuros adultos asociados a pozas, sin embargo no existen registros de larvas de éstas especies en ellas (Figura 22).



**FIGURA 22.** Relación de adultos anuros en las pozas de reproducción y anuros larvales durante los meses de julio a octubre, (AD= *Agalychnis dacnicolor*, DS= *Diaglena spatulata*, DSAR= *Dendropsophus sartori*, ES= *Exerodonta smaragdina*, HU= *Hypopachus ustus*, HV= *Hypopachus variolosus*, IM= *Incilius marmoratus*, LF= *Lithobates forreri*, LM= *Leptodactylus melanonotus*, RM= *Rhinella marina*, SB= *Smilisca baudinii*, SF= *Smilisca fodiens*, TS= *Tlalocohyla smithii* y TT= *Trachycephalus typhonius*).

## 9. DISCUSIÓN

### 8.1 EFECTO DE LAS VARIABLES AMBIENTALES EN LAS COMUNIDADES DE ANUROS

La estación lluviosa se convierte en una fuerza ecológica dominante cuando los patrones temporales de la actividad biológica como crecimiento o reproducción están sincronizados con la disponibilidad de agua o cuando las distribuciones geográficas de plantas o animales están restringidas por limitaciones de humedad durante ciertas épocas del año (Murphy y Lugo, 1986). Tal es el caso de la selva baja caducifolia, la cual está determinada principalmente por condiciones climáticas que la caracterizan como un ambiente marcadamente estacional.

La porción de BTC que abarca la Estación de Biología Chamela ha tenido un patrón de precipitación que ha cambiado durante los últimos años, de acuerdo con García-Oliva *et al.*, (2002) la precipitación media anual fue de 788mm en el periodo de 1977 a 2000 y la temperatura media anual de 24.6°C (1978-2000), sin embargo, los datos para el periodo de 2002 a 2013 arrojaron un incremento en la precipitación media anual, registrándose 902.18mm al igual que en la temperatura (26.44°C), siendo el año 2013 el más lluvioso y caluroso (1223.83mm y 27.18°C) en comparación al periodo anterior. Si bien, los meses de mayor precipitación son agosto y septiembre (Bullock, 1986), el año 2013 registró el mayor número de precipitaciones en el mes de noviembre (291.34mm), lo cual indica un retraso en el periodo de lluvias, existiendo precipitaciones en la estación seca temprana, causa de ello puede ser la diferencia en la incidencia de ciclones, que afecta la cantidad y probabilidad de lluvia a lo largo de la costa, esto indica la influencia de factores aleatorios que hacen difícil pronosticar las precipitaciones de la BTC (García.Oliva *et al.*, 1991).

Los arroyos y cuencas asociados al BTC son dos ambientes que forman parte de este mismo ecosistema, sin embargo sus dinámicas son diferentes, las pozas de reproducción son hábitats aislados desde el momento en que se llenan y los arroyos y ambientes de pendiente rocosa (cuenca) se tornan aislados hasta que la corriente de agua se detiene, dadas éstas características y su dependencia de las precipitaciones originan diferencias en los parámetros registrados de los factores abióticos durante la temporada de muestreo.

La composición de anuros puede estar influenciada por interacciones bióticas o gradientes ambientales (Inger y Voris, 1993), en este trabajo se analizaron las condiciones abióticas

relacionadas a las variables físico-químicas del hábitat de las comunidades de renacuajos a lo largo de la época de lluvias, siendo la amplitud del arroyo y la cobertura vegetal, los parámetros que mayormente ejercen un efecto en la densidad de anuros larvales, a su vez los parámetros relativos a la composición química y física de las partículas del agua (turbidez, salinidad, pH) explican gran parte de la variación en la composición de las comunidades de renacuajos. Datos similares son los obtenidos por Ponssa (2004), quien estudió los patrones temporales de una charca en donde habitan 14 especies de anuros, siendo algunas de las variables empleadas: sustrato (% de agua, % suelo), vegetación, temperatura del aire y el agua, clima y pH del agua; obteniendo un 73.317% de variación explicada a partir de los 3 primeros componentes del PCA; siendo el suelo y la vegetación asociada los parámetros con un mayor aporte.

Azevedo-Ramos *et al.* (1999) indican que las características abióticas de los cuerpos de agua no siempre ejercen un efecto directo sobre la composición de ensambles de renacuajos, existiendo otros factores que también pueden influir de manera importante. Los parámetros físico-químicos de las pozas de reproducción presentaron variaciones durante el periodo de muestreo asociadas al cambio de condición léntica a lótica y al régimen fluvial y pluvial, y al tipo de ambiente, no obstante algunas de las correlaciones del modelo lineal general realizadas en el presente estudio no tienen un fuerte efecto en la composición de especies. Diversas correlaciones potencialmente presentes no se encuentran porque la variación en el conjunto de pozas naturales es mucho mayor que la utilizada en los estudios de laboratorio (Loman, 2002). Esto tiene cierto interés, ya que puede mostrar que algunas variables consideradas no son una fuerza selectiva importante en entornos naturales, existiendo otro tipo de variables que puedan explicar parte de los efectos encontrados y que no fueron consideradas como conducta, competencia y depredación.

La estacionalidad de los ambientes riparios tiene una dinámica peculiar en la cual la mayoría de los procesos físicos, químicos y biológicos de mayor importancia que se llevan a cabo únicamente durante la temporada de lluvias, esto implica el cambio en la geomorfología de estos ecosistemas al incrementar la humedad ambiental y precipitaciones, los arroyos tienden a ser más anchos que las cuencas, albergando pozas temporales con una mayor longitud y amplitud; en la estación temprana lluviosa éstas pozas juegan un papel importante, presentan cuatro fases bien definidas que dependen estrictamente de los factores

ambientales: 1) estado seco, 2) pre-inundación para generar una fase húmeda estimulada por las primeras lluvias, 3) fase de poza y 4) fase de desecación, en la cual el agua comienza a evaporarse y filtrarse, dejando al sustrato descubierto secarse (Zedler, 1987), este ciclo tiende a repetirse en diversas ocasiones para todas las pozas de reproducción estudiadas, esto provoca una diferencia importante en los hidroperiodos de cada una.

*Hidroperiodo:* Dentro de los parámetros físicos, el hidroperiodo es una característica crítica de las pozas, ya que afecta directamente la supervivencia de los anuros larvales, quienes deben completar un periodo de 3 o más semanas de desarrollo (dependiendo de la especie) para alcanzar la etapa de metamorfosis (Dodd y Dodd, 1976). Los análisis mostraron que ésta característica varía entre sitios de ambiente ripario y de pendiente rocosa y entre periodos con presencia y ausencia de precipitaciones.

La pérdida de agua produce severas consecuencias como la reducción en la cantidad de alimento y un incremento en la temperatura del agua, a su vez, la disminución del volumen produce un incremento en la densidad de la población por litro de muestra (Maciel y Juncá, 2009). Esto tiene implicaciones en organismos con ciclos de vida complejos como en los anuros de desarrollo indirecto del BTC, ya que puede producirse una aceleración del desarrollo larval en pozas que se secan (plasticidad adaptativa) y al mismo tiempo los individuos que habitan en ellas se enfrentan a una alta tasa de mortalidad en caso de desecación (Newman, 1992), lo que explica algunas de las variaciones en las densidades de las larvas entre ambientes.

La densidad de anuros cambia en los dos distintos ambientes y en ausencia o presencia de precipitaciones, esto es posible debido a la existencia de pozas que tienen condiciones microclimáticas que les permiten tener hidroperiodos más largos, como es el caso de los sitios de “Búho” y “Chachalaca” (ambientes de pendiente rocosa) que a su vez se mantienen con distintos volúmenes de agua, permitiendo la supervivencia de las larvas aún en semanas con ausencia de lluvias. Una mayor densidad de individuos fue registrada en pozas con un mayor número de días en fase húmeda, éstas pueden presentar condiciones propicias para albergar a una mayor cantidad de estos organismos por un periodo más prolongado de tiempo ya que si la temperatura se eleva, también se eleva la tasa de evaporación, ocasionando la desecación del hábitat acuático (Michener *et al.*, 1997; MacCracken *et al.*, 2003; Amburgey *et al.*, 2012).

*Sustrato:* Aunado a lo anterior, pozas que tienen una mayor duración de la fase húmeda tienen características físicas que evitan la fase de desecación, una de ellas es poseer como principal sustrato roca; el ambiente ripario de la EBCh se caracteriza por poseer en su mayoría arena asociada al cauce, roca y hojarasca en menor proporción (Ford y Scott, 2006), sin embargo las pequeñas porciones de roca favorecen la formación y duración de las pozas al ser un material impermeable que evita la infiltración del agua, por el contrario pozas con una mayor composición de arena presentan varias fases de desecación como se observó en este estudio.

Otra característica física es la condición del suelo, definida principalmente por el tipo de sustrato y las características geológicas; la infiltración se incrementa por el impacto de la lluvia sobre superficies de suelo desnudo y se reduce cuando el suelo está protegido por las plantas y la superficie de mantillo orgánico que disminuye la fuerza de las gotas de agua, aumentando el tiempo de permanencia del agua en las dimensiones de la poza; si los suelos cubiertos de vegetación presentan arcilla y arena en las proporciones adecuadas pueden formar placas sobre la superficie, generando un sellado que disminuye o incluso detiene completamente la infiltración (Zedler 1987; Engelhardt *et al.*, 2012), lo cual explica la permanencia de pozas con una alta composición de arena que tienen una prolongada duración.

*Temperatura:* La temperatura del agua es un factor importante que afecta los patrones de desarrollo de los anuros larvales, este efecto observado por Brady y Griffiths (2000) sugiere que el crecimiento y desarrollo de las larvas está influenciado por la temperatura, ésta promueve el desarrollo acelerando el tiempo de metamorfosis, mientras que los cambios en el volumen de agua determinan el tamaño del cuerpo al someter a los organismos a estrés hídrico. En el BTC de Chamela la temperatura cambia entre días lluviosos y sin lluvia, esto ocasiona que en pozas pequeñas se presenten diversos episodios de desecación, a su vez la temperatura media en estos cuerpos de agua es alta y varía continuamente, siendo mayor que en las pozas grandes lo que puede promover el crecimiento de los renacuajos y su rápida migración a tierra o causar altos índices de mortalidad y con esto cambios en la densidad de anuros larvales entre los dos diferentes ambientes.

*Vegetación:* Se ha observado que la vegetación asociada a los ambientes riparios tiene una organización espacial que depende del nivel de agua y del régimen de inundación de las

pozas y éstos a su vez determinan las diferentes formas de vida presentes en ellas limitando su crecimiento o excluyendo a ciertas especies en la periferia (Zunzunegui *et al.*, 1998, Zedler, 2003). La cobertura vegetal juega un papel importante en la estructura del hábitat ya que además de proporcionar materia orgánica, también provee de sombra, impidiendo la evaporación del agua contenida en las pozas y regulando su temperatura, ofreciendo un microclima que favorece el desarrollo de las especies que la habitan, sin embargo, al interceptar agua por medio del dosel puede ser un factor que condicione el llenado de las pozas evitando que lluvias menores a 10mm alcancen el suelo del BTC (Maass *et al.*, 2002).

De acuerdo con lo anterior, la cobertura vegetal afecta dramáticamente la disponibilidad de recursos y la calidad de éstos, de igual forma influye en las condiciones abióticas del estanque (Werner y Glennemeier, 1999; Skelly *et al.*, 2002; Halverson *et al.*, 2003; Schiesari, 2004). La cubierta densa de las copas de los árboles en algunos casos puede dar lugar a una adaptación local de las especies en los microhábitats con esta condición (Relyea, 2001; Skelly, 2004), limitando la riqueza de anfibios, lo cual puede ocasionar la exclusión de algunas especies de anuros de estanques con dosel cerrado (Werner *et al.*, 2007), estos organismos pueden presentar preferencias por sitios de reproducción con diferentes condiciones ambientales; lo que explica la presencia o ausencia de algunas especies en los sitios de estudio, siendo el ambiente de pendiente rocosa el que tiene una mayor cobertura y una menor riqueza de especies en comparación con el ambiente ripario.

*Luminosidad:* La incidencia de luz en cuerpos de agua no permanentes tiende a ser particularmente susceptible a los efectos de la vegetación, al ser relativamente pequeños, la sucesión vegetal a lo largo del año o algunas otras alteraciones geológicas o antropogénicas pueden generar cambios en los niveles de luminosidad que incide en ellos, alterando la coloración del hábitat acuático (Halverson *et al.*, 2003); esto podría explicar las diferencias de coloración encontradas a lo largo del periodo de muestreo y en los dos diferentes ambientes del BTC (en su mayoría de tonalidad clara), además de estar asociadas a otros parámetros importantes como la cobertura vegetal y la luminosidad, ya que la radiación solar puede afectar el rendimiento de los anfibios a través de una amplia variedad de mecanismos (como la elevación de la temperatura o desecación) (Newman, 1992). La luz es un factor que afecta la composición y abundancia de los productores primarios en los ecosistemas acuáticos, estos organismos tienen preferencia por medios más iluminados, si la poza es más oscura

tiende a ser más fría, lo que condiciona el tipo de alimentación de los anuros larvales y su distribución en las pozas de reproducción (Halverson *et al.*, 2003).

*Color:* El color de las pozas de reproducción, también se vio influido por el cambio de corrientes en ambos ambientes durante las precipitaciones, el arrastre de la materia orgánica en el suelo, ocasionó el cambio en la composición del sustrato y del color. El color es un parámetro relacionado de manera importante al sustrato de la poza de reproducción y la luminosidad. Se ha observado que las pozas más oscuras son más frías, estos descensos en la temperatura pueden causar grandes reducciones en el crecimiento y desarrollo de los anfibios (Newman 1989, Halverson *et al.*, 2003). Al ser la mayoría de las pozas de reproducción de una tonalidad clara y encontrarse en ellas el mayor número de individuos por litro, puede implicar la selección del microhábitat por los renacuajos mediante el uso de pistas visuales, como lo plantean Ximenez *et al.* (2012) quienes estudiaron la capacidad de los renacuajos de *Pseudacris gracilis* para detectar diferentes microhábitats basados en el color, resaltando la importancia de la evaluación visual en la selección y uso de hábitat, este mecanismo puede ser más ventajoso en áreas predominantemente abiertas o expuestas a una mayor luminosidad.

*Turbidez:* La turbidez es una variable estrechamente vinculada con la temperatura y el color, esta variable conduce a una temperatura más uniforme con la profundidad. Una alta turbidez conduce a una mayor absorción de calor en la superficie, sin embargo también se ha observado que un estanque con baja turbidez y de color oscuro absorbe significativamente más calor cerca de la superficie que uno más turbio y de una coloración clara (Williams, 2005), este fenómeno se observó en las pozas de reproducción, las cuales difieren en los niveles de turbidez en ambos ambientes y en presencia y ausencia de precipitaciones; dependiendo de otros factores como la coloración y composición del sustrato, la exposición a la radiación solar y la temperatura alcanzada; el régimen pluvial y el fluvial cambiaron la composición y concentración de sólidos disueltos al alterar el volumen del agua y al mismo tiempo modificaron la profundidad de la poza. La fuente de turbidez varía dependiendo de su composición (microorganismos, deposición de elementos orgánicos e inorgánicos) (Zedler, 1987; Croel y Kneitel, 2011; Engelhardt *et al.*, 2012), y las fluctuaciones diarias y estacionales; esto puede alterar la calidad del microhábitat afectando la distribución y abundancia de los organismos en la columna de agua de la poza de reproducción.

*Oxígeno:* El oxígeno disuelto es un parámetro que fluctúa entre microhábitats y en gran medida entre ambientes acuáticos. Las variaciones en los niveles de oxígeno también pueden estar ocasionadas por cambios en la precisión de medición (Gómez, 2012). Esta precisión podría ser alterada por la respiración de las plantas o algunos organismos fotosintéticos quienes cambian la concentración de oxígeno, que puede variar de forma natural a lo largo de un día o de semanas; a bajas concentraciones algunos de los efectos que implica para las comunidades de organismos acuáticos son una alta mortalidad, alteraciones en el crecimiento, cambios en el comportamiento reproductivo y en la distribución espacial (Wakeman y Ultsch, 1975; Breitbart, 1992; Nie *et al.*, 1999).

La cantidad de oxígeno disuelto en las pozas de reproducción del BTC está condicionada por el volumen de agua que a su vez depende de los eventos de precipitación. Al disminuir el volumen de la columna de agua, disminuye el nivel de oxigenación, afectando el crecimiento y desarrollo de los renacuajos en altas densidades y causando un alto índice de mortalidad debido al agotamiento de este recurso (hipoxia) (Noland y Ultsch, 1981; Breitbart, 1992; Nie *et al.*, 1999), sin embargo cuando algunas pozas quedan completamente secas y otras pierden la mayor parte del volumen de agua, ante una gran caída de la lluvia se restauran los niveles de agua, convirtiéndose en sitios que nuevamente pueden ser empleados por los anuros.

*pH (Acidez y alcalinidad):* La tolerancia a ciertos niveles de acidez y alcalinidad en anfibios indica que hay una variación interespecífica y a su vez ésta sugiere que los límites de tolerancia están relacionados con el pH del hábitat. (Freda y Dunson, 1984; Pierce, 1985). Es por ello que los niveles de pH de las pozas de reproducción de ambos ambientes pueden estar condicionados por el pH ambiental, de igual forma, uno de los efectos que se producen en condiciones naturales es el incremento de pH en las pozas de reproducción conforme el volumen de agua desciende, mostrando un efecto similar en los arroyos, en los cuales los niveles de oxígeno disuelto también descienden (Gerlanc y Kaufman, 2005), esto puede ser un indicador de las variaciones en los niveles de pH durante los eventos de precipitación.

La mayoría de las especies de anfibios son tolerantes a la acidez, sin embargo a partir de un pH de 4 se produce una mortalidad del 50% (Pierce, 1985). Por otro lado, alta salinidad (pH de 10.5) observada en cuerpos de agua habitados por *Microhyla ornata* y *Xenopus laevis* produce cambios y alteraciones fisiológicas importantes; mientras que en condiciones de

laboratorio los renacuajos de *Pseudacris triseriata* expuestos a altas condiciones de pH (7.57-8.15) indican que este factor retrasa la metamorfosis en comparación con el grupo control (pH 7.4), ésta alcalinidad ocasiona alteraciones en el desarrollo larval, causando malformaciones y altos índices de mortalidad (Gerlanc y Kaufman, 2005; Chougule *et al.*, 2012). Las observaciones en el periodo de muestreo se encuentran en un rango de 5.17 a 8.82 y la media en 6.88, lo cual indica una tendencia a un pH neutro. De acuerdo con lo anterior, el pH es un factor que puede afectar el rendimiento dentro de los grupos de renacuajos y sus interacciones inter e intraespecíficas (Cummins, 1989); al disminuir el volumen de agua en la poza se incrementa la densidad por litro de organismos alterando las tasas de desarrollo y crecimiento y su distribución de acuerdo a las condiciones del hábitat (Freda y Dunson, 1986).

## 8.2 VARIACIÓN ESPACIO-TEMPORAL EN LAS COMUNIDADES DE ANUROS

Para el BTC de Chamela las características de los arroyos juegan un papel crucial en la variación espacio-temporal de las especies, esta dinámica biológica fue propuesta por Ford y Scott (2006), cuyas observaciones sólo abarcaron un periodo pequeño de tiempo de la temporada lluviosa temprana (20 de Junio a 13 de Julio de 1991). Ellos resaltan la importancia de algunos parámetros como temperatura del agua, sustrato, vegetación, área, profundidad y turbidez del sitio de reproducción, describiendo algunos aspectos ecológicos de larvas de seis especies (*Smilisca baudinii*, *Leptodactylus melanonotus*, *Hypopachus variolosus*, *Incilius marmoreus*, *I. mazatlanensis* y *Rhinella marina*). Por otro lado García y Cabrera-Reyes (2008) enfatizan la existencia de ciertas fluctuaciones estacionales en anfibios relacionadas con la estructura de la vegetación; los muestreos en agosto y septiembre de 2004 arrojaron registros para el periodo de lluvias de 9 especies de anuros adultos entre ellas: *Rhinella marina*, *Incilius marmoreous*, *Incilius mazatlanensis*, *Craugastor hobartsmithi*, *Eleutherodactylus nitidus*, *Craugastor occidentali* e *Hypopachus ustus*. En este trabajo se contrastan 5 meses de muestreo constantes (iniciando el 10 de julio), un periodo de tiempo mayor a los estudios anteriores y se analizó un mayor número de variables en diferentes condiciones ambientales.

Las especies de anuros larvales identificadas durante el periodo de muestreo fueron sólo 8 de 14 especies de anuros adultos asociadas a las pozas: *A. dacnicolor*, *E. smaragdina*, *H. ustus*, *H. variolosus*, *I. marmoreous*, *R. marina*, *S. baudinii*, *T. typhonius* y 1 morfotipo, éstas

si presentaron cambios sucesionales, contrario a lo observado por Ford y Scott (2006). Si bien las especies de anuros larvales se comportan de una manera altamente variable respecto a los parámetros físicos y químicos de los sitios de muestreo es posible que algunas de ellas se desarrollen en ambientes completamente diferentes a las demás especies dadas ciertas condiciones o que exista cierta preferencia en los sitios de ovoposición por algunos anuros adultos y eso implique que algunos renacuajos no se encuentren en ciertos sitios, mientras que otros son más generalistas como *A. dacnicolor* y *S. baudinni*, las cuales están presentes en un mayor periodo de tiempo y en todos los sitios de estudio (Gottsberger y Gruber, 2004; Kaefer, *et al.*, 2012).

Cuando las condiciones en el medio ripario cambian de una corriente léntica a lótica, las características del ambiente se modifican drásticamente lo que permite que exista una sucesión de especies; el uso del espacio en anuros larvales no sólo depende de la segregación interespecífica, sino de la tolerancia fisiológica y las diferencias morfológicas que les permiten sobrevivir a un hábitat con variaciones físico-químicas (Ponssa, 2004).

Estudios en *Rana chiricahuensis* muestran que los renacuajos asociados a estanques se caracterizan por poseer patrones de coloración pálidos, aletas dorsales relativamente delgadas, y los músculos de la cola un poco más pequeños, mientras que los renacuajos de los arroyos tienen patrones contrastantes de color, aletas dorsales más gruesas y los músculos de la cola un poco más grandes (Jennings y Norman, 1993), esto indica que éstas diferencias morfológicas entre renacuajos de estanques y arroyos al estar correlacionadas con sus respectivos hábitats podrían ser adaptaciones a los distintos hábitats acuáticos. En este estudio especies como *A. dacnicolor* y *S. baudinii* predominan en las condiciones lénticas de ambos ambientes en los distintos sitios de estudio, sin embargo cuando las condiciones implican la existencia de corrientes de agua más fuertes (llenado de los arroyos durante la segunda y tercera semana de septiembre), aparecen especies como *E. smaragdina* y el M1, la primera presenta un disco oral de succión que le permite adherirse al sustrato y la segunda, tiene un cuerpo más grande con la aleta de la cola más gruesa que le permite nadar contracorriente (observaciones de campo). La repartición de los recursos sugiere una variación temporal de las especies de anuros larvales dadas las características del hábitat, así la morfología oral podría ser un factor que difiere reflejando específicamente radiaciones adaptativas de cada especie para explotar diferentes partes de la base de

alimentos disponibles en la columna de agua de las pozas de reproducción, aunado a esto el tamaño del renacuajo está correlacionado con la rapidez con la cual se desplazan en el agua, entre más grandes poseen un mejor rendimiento en la natación y movilidad, de igual forma renacuajos que poseen colas más grandes aumentan la velocidad de nado, la aceleración o la maniobrabilidad, permitiendo su coexistencia en ambientes más hostiles (ambiente lótico) (Jennings y Norman, 1993; Khann y Mufti, 1994; Buskirk y McCollum, 2000).

De acuerdo con lo anterior, las interacciones ecológicas directas que experimentan los anuros larvales ocurren a través de una gran variedad de mecanismos, uno de ellos es la competencia intra e interespecífica causada principalmente por la explotación de los recursos (agotamiento) y el traslape de especies que lo emplean, esto puede traer consigo efectos negativos disminuyendo el número de organismos, ya que hay una interferencia en el uso de los recursos; además en las pozas de reproducción no sólo interactúan diversas especies de renacuajos, también se observaron una gran variedad de larvas y adultos de otros organismos, como insectos y tortugas, éstos a su vez también pueden actuar como potenciales depredadores, ejerciendo otra interacción negativa que afecta directamente la densidad de los organismos. Los efectos de estos mecanismos pueden ser mediados por el genotipo del anuro larval, la habilidad específica de la especie para competir por el recurso, la heterogeneidad ambiental, la diferenciación del hábitat y la conducta (Alford y Crump, 1982; Azevedo-Ramos *et al.*, 1999; Flecker *et al.*, 1999, Hero *et al.*, 2001; Hoff y Wassersug, 2000, Eterovick y Barata, 2006), muchos de ellos aún no estudiados para las comunidades de anuros de la EBCh.

La reproducción de anuros en un ambiente estacional se caracteriza principalmente por ser una actividad oportunista que está coordinada con los patrones de precipitación y los regímenes pluviales de los arroyos en los que interactúan, se encontraron 14 especies de adultos anuros asociadas a las pozas de reproducción en los diferentes sitios, sin embargo, éstos no siempre correspondieron a los anuros larvales de las áreas en las que ovopositaban, éste fenómeno también fue observado por Ford y Scott (2006). De igual forma la presencia y ausencia de estos organismos fue diferente en los sitios de muestreo y en la distribución temporal, algunas asociadas a periodos de mayor humedad o de mayor flujo de corriente en los arroyos y cuencas (condición lótica) o a eventos reproductivos masivos.

Observaciones de campo de la actividad reproductiva en *Agalychnis dacnicolor* por Pyburn (1970) durante el mes de julio de 1968 en una localidad de Nayarit, México; señalan que esta especie ovoposita por encima del agua en hojas o ramas de plantas o árboles que rodean las pozas de reproducción con un ambiente ripario léntico, es por ello que en los sitios de pendientes rocosas en donde existe una mayor cantidad de formas de vida arbórea, fueron registradas por más de 8 semanas, lo que indica que estos ambientes presentan condiciones que favorecen este tipo de reproducción, de igual forma este mecanismo podría representar ciertas ventajas para la especie; una de ellas es que la masa gelatinosa de huevos no está expuesta directamente a los depredadores del fondo de la poza y en caso de desecación, los huevos pueden sobrevivir a periodos cortos de sequía hasta el llenado del cuerpo de agua, contrariamente a especies como *Smilisca baudinii* cuya ovoposición ocurre directamente en la poza con la producción de una masa de huevos que forma una película flotante, expuesta directamente a depredadores y que depende de una manera importante del hidroperiodo, sin embargo esta especie también puede encontrarse en vegetación xerófita, siendo registrada desde las primeras semanas con menor humedad ambiental y pocas precipitaciones (Pyburn, 1966; Duellman, 1968).

*Hypopachus ustus* e *Hypopachus variolosus* emplean pozas rodeadas principalmente de pastos, para estas especies fueron registrados cantos en la periferia y algunos amplexos en el interior del agua, su periodo reproductivo en este estudio se estableció desde el mes de Julio a Septiembre, sin embargo las observaciones de esta actividad en la literatura sólo abarcan hasta el mes de Agosto (Nelson, 1972).

*Incilius marmoreus* y *Rhinella marina* son consideradas especies oportunistas que se reproducen principalmente cuando las condiciones de humedad ambiental y precipitación aumentan lo suficiente para llenar las pozas de reproducción (Ford y Scott, 1996), es por ello que pese a encontrarlos asociados a las pozas de reproducción durante las primeras nueve semanas, no implica que estuvieran en amplexo, ya que sólo se encontraron renacuajos de estas especies en días de eventos reproductivos masivos que se produjeron después de una fuerte lluvia.

Algunas descripciones de la ecología de *Trachycephalus typhonius* indican que esta especie está asociada a pozas estancadas con una temperatura cálida y bajas concentraciones de oxígeno que favorecen la permanencia de la masa de huevos y el desarrollo de las larvas al

no haber una alta tensión superficial (Zweifel, 1964), es por ello que una vez que el ambiente léntico cambió a lótico, las condiciones no permitieron que continuara su actividad reproductiva, lo contrario a *Exerodonta smaragdina*, la cual fue registrada un periodo mayor de tiempo.

Un mecanismo de aislamiento reproductor es la sincronización de las estaciones reproductoras a diferentes tiempos como respuesta específica a ciertos factores ambientales (Ponssa, 2004), en este estudio las especies de anuros demostraron una organización temporal relacionada con la estacionalidad y el ritmo de vocalizaciones, la cual varió durante los muestreos en semanas con ausencia de precipitaciones y en los eventos reproductivos durante o posteriormente de lluvias fuertes, este mecanismo podría disminuir la interferencia entre las especies que se reproducen en un mismo ambiente, favoreciendo su coexistencia. Especies como *A. dacnicolor* y *S. baudinii* fueron observadas en pozas de reproducción en días con sequía y en un gran periodo de la temporada de lluvias, sin embargo algunas de ellas como *T. typhonius* requieren mayores niveles de humedad ambiental y de sitios con un gran volumen de agua. Al igual que en los anuros larvales, esto podría estar relacionado con las diferencias morfológicas y etológicas que les permitirían ajustarse al régimen fluvial y pluvial, logrando explotar ambientes sujetos a desecación.

Si bien la ecología de la reproducción de los anfibios se centra principalmente en la preferencia por los sitios de reproducción, el tiempo de reproducción, la proporción de sexos y el dimorfismo sexual de machos y hembras, la talla a la madurez y la oviposición (Aichinger, 1987; Lauck *et al.*, 2005; Wang *et al.*, 2008), es necesario realizar más estudios enfocados en la interacción de variables abióticas y bióticas que indiquen cómo la disponibilidad y las condiciones favorables de los lugares de reproducción pueden influir de una manera importante en la composición espacio-temporal de las especies y al mismo tiempo puedan ser un determinante esencial de su estado de conservación.

## 9. CONCLUSIONES

La porción de Bosque Tropical Caducifolio perteneciente a la Estación de Biología Chamela presenta un patrón de precipitación muy variable; los arroyos y cuencas asociados al BTC son dos ambientes que forman parte de este mismo ecosistema, el cual tiene una evidente influencia de factores atmosféricos aleatorios que hacen difícil establecer un pronóstico de las condiciones ambientales durante la estación lluviosa y originan diferencias en los parámetros encontrados en los factores abióticos durante la temporada de muestreo.

Los parámetros físico-químicos de las pozas de reproducción presentaron variaciones durante el periodo de muestreo asociadas al régimen fluvial y pluvial, y al tipo de ambiente. La amplitud del arroyo y la cobertura vegetal son los parámetros que mayormente ejercen un efecto en la densidad de anuros larvales, a su vez las variables relativas a la composición química y física de las partículas del agua (turbidez, salinidad, pH) explican gran parte de la variación en la composición de las comunidades de renacuajos.

La amplitud del arroyo da origen a pozas de reproducción con dimensiones diferentes, sin embargo éstas están condicionadas por la temperatura y el hidropereodo ya que afectan directamente la supervivencia de los anuros larvales; los cambios en la forma y volumen dependerán de factores como la composición del sustrato, la topografía, cobertura vegetal y cobertura del mantillo, exposición a la luz solar y evaporación del agua contenida en ellas.

La vegetación asociada a los ambientes riparios tiene una organización espacial que depende del nivel de agua y del régimen de inundación de las pozas, esto determina la presencia de las diferentes formas de vida especializadas a esas condiciones, además favorece a las pozas de reproducción proporcionando materia orgánica y limitando la exposición solar (provee de sombra), por el contrario al interceptar agua por medio del dosel puede ser un factor que condicione el llenado de las pozas.

Las especies de renacuajos se comportan de una manera altamente variable respecto a los parámetros físicos y químicos de las pozas de reproducción, existiendo un cambio espacio-temporal en la composición de especies en la EBCh asociado principalmente al cambio en el régimen pluvial de los arroyos y cuencas y al patrón de precipitación.

Las especies de anuros adultos presentaron cambios en la distribución espacial y temporal, sin embargo éstos no siempre correspondieron a los anuros larvales de las áreas en las que ovopositaban; esta organización temporal podría estar relacionada con la estacionalidad y el ritmo de vocalizaciones, a su vez este mecanismo podría disminuir la interferencia entre las especies que se reproducen en un mismo ambiente, favoreciendo su coexistencia.

La reproducción de anuros en este ambiente estacional se caracteriza principalmente por ser una actividad oportunista que está coordinada con los patrones de precipitación y los regímenes pluviales de los arroyos en los que interactúan. Es necesario realizar más estudios enfocados en la interacción de variables bióticas y abióticas que indiquen cómo la disponibilidad y las condiciones de los sitios de reproducción pueden influir de una manera importante en la composición espacio-temporal de las especies y al mismo tiempo puedan ser un determinante esencial de su estado de conservación.

## 10. LITERATURA CITADA

- Aichinger, M. 1987. Annual activity patterns of anurans in a seasonal neotropical environment. *Oecologia*. 71(4): 583-592.
- Alford, R. A., Crump M. L. 1982. Habitat partitioning among size classes of larval southern leopard frogs, *Rana utricularia*. *Copeia*. 1982(2): 367-373.
- Altig, R. 1987 Key to the anuran tadpoles of Mexico. *The Southwestern Naturalist*. 32(1): 75-84.
- Amburgey, S., Funk, W. C., Murphy M., Muths, E. 2012. Effects of hydroperiod duration on survival, developmental rate and size at metamorphosis in boreal chorus frog tadpoles (*Pseudacris maculata*). *Herpetologica*. 68(4): 456-467.
- Andrén C., Henrikson L., Olsson M., Nilson G. 1988. Effects of pH and aluminium on embryonic and early larval stages of swedish brown frogs *Rana arvalis*, *R. temporaria* and *R. dalmatina*. *Holarctic Ecology*. 11(2): 127-135.
- Azevedo-Ramos, C., Magnusson, W. E., Bayliss, P. 1999. Predation as the key factor structuring tadpole assemblages in a savanna area in Central Amazonia. *Copeia*, 1999(1): 22-33.
- Banks B., Beebee T. 1987. Factors influencing breeding site choice by the pioneering amphibian *Bufo calamita*. *Holarctic Ecology*. 10(1): 14-21.
- Basu, P. 1997. Ecology of ground foraging ants in a tropical evergreen forest in Western Ghats, India. *Biotropica*. 29(4): 489-500.
- Beebee, T., Denton, J., Buckley, J. 1996. Factors affecting population densities of adult natterjack toads *Bufo calamita* in Britain. *Journal of Applied Ecology*. 33(2): 263-268.
- Berven, K. A. 1982. The genetic basis of altitudinal variation in the wood frog *Rana sylvatica*. I. An experimental analysis of life history traits. *Evolution*. (36): 962-983.
- Both C., Solé M., Gomes T., Zanini. 2009. The role of spatial and temporal descriptors for neotropical tadpole communities in Southern Brazil *Hydrobiologia*. (624): 125–138.
- Bullock, S. 1986. Climate of Chamela, Jalisco, and trends in the south coastal region of Mexico. *Archives for Meteorology, Geophysics and Bioclimatology, Ser. B* (36): 297-316.
- Buskirk, J. V., Mccollum, S. A. (2000) Influence of tail shape on tadpole swimming performance. *The Journal of Experimental Biology*. (203): 2149-2158.

- Castillo, A., Godínez, C., Schroeder, N., Galicia C., Pujadas-Botey, A., Martínez, L. 2009. El bosque tropical seco en riesgo: conflictos entre uso agropecuario, desarrollo turístico y provisión de servicios ecosistémicos en la costa de Jalisco, México. *Interciencia*. 34(12): 844-850.
- Ceballos, G., García, A. 1995. Conserving neotropical biodiversity: the role of dry forests in Western Mexico. *Conservation Biology*. (9): 1349-1356.
- Ceballos, G., García, A., Rodríguez, P. 1994. Plan de Manejo de la Reserva de la Biósfera de Chamela-Cuixmala. Fundación Ecológica de Cuixmala-UNAM, México D.F. México. Pp. 141.
- Chougule, B., Asashima, M., Patwardhan, V., Ghaskadbi, S. 2012. Alterations in ambient salinity and pH lead to modulation of developmental gene expression in *Microhyla ornata* (Duméril and Bibron) and *Xenopus laevis* (Daudin). *Indian Journal of Experimental Biology*. (50): 531-541.
- Collinson N., Biggs, J., Corfield, A., Hodson M. J., Walker D., Whitfield M., Williams P. 1995. Temporary and permanent ponds: An assessment of the effects of drying out on the conservation value of aquatic macroinvertebrate communities. *Biological Conservation*. (74): 125-133.
- Croel, R. C., Kneitel J. M. 2011. Ecosystem-level effects of bioturbation by the tadpole shrimp *Lepidurus packardii* in temporary pond mesocosms. *Hydrobiologia*. 665(1): 169-181.
- Cummins C. P. 1988. Effect of calcium on survival times of *Rana temporaria* L. embryos at low pH. *Functional Ecology*. 2(3): 297-302.
- Cummins, C. P. 1989. Interaction between the effects of pH and density on growth and development in *Rana temporaria* L. tadpoles. *Functional Ecology*. 3(1): 45-52.
- Denver, R., Mirhadi, N., Phillips, M. 1998. Adaptive plasticity in amphibian metamorphosis: response of *Scaphiopus hammondi* tadpoles to habitat desiccation. *Ecology*. 79(6): 1859-1872.
- Dodd, M.H.I.; Dodd, J.M.M. 1976. The Biology of Metamorphosis. En: Lofts Brian (Editor). *Physiology of the Amphibia*. Academic Press, Inc. Estados Unidos de América. Pp. 476-576.
- Donnelly, M., Guyer, C. 1994. Reproduction and habitat use in an assemblage of Neotropical hylid frogs. *Oecologia*, 98(3/4): 291-302.

- Duellman, W. 1995. Temporal fluctuations in abundances of anuran amphibians in a seasonal Amazonian Rainforest. *Journal of Herpetology*. 29(1): 13-21.
- Duellman, W.E. 1968. *Smilisca baudini*. Catalogue of American Amphibians and Reptiles: 1-2.
- Durán, E.; Balvanera, P.; Lott E.; Segura, G.; Pérez-Jiménez, A.; Islas, A.; Franco, M. 2002. Estructura, composición y dinámica de la vegetación. En: Noguera, F. A., Vega Rivera, J. H., García Aldrede A. N., Quesada Avendaño, M. (Editores) *Historia Natural de Chamela*. Instituto de Biología, UNAM. México. Pp. 443-472.
- Engelhardt, B. M., Weisberg, P. J., Chambers, J. C. 2012. Influences of watershed geomorphology on extent and composition of riparian vegetation. *Journal of Vegetation Science* (23): 127-139.
- Epelbaum, A., Herborg, L.M., Therriault, T.W., Pearce C.M. 2009. Temperature and salinity effects on growth, survival, reproduction, and potential distribution of two non-indigenous botryllid ascidians in British Columbia. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*. (369): 43–52.
- Eterovick, P. C., Barata, I. M. 2006. Distribution of tadpoles within and among Brazilian streams: The influence of predators, habitat size and heterogeneity. *Herpetologica*. 62(4): 365-377.
- Flecker, A. S., Feifarek, B. P., Taylor, B. W. 1999. Ecosystem engineering by a tropical tadpole: density-dependent effects on habitat structure and larval growth rates. *Copeia*. 1999(2): 495-500.
- Ford P.L., Scott N. J. 1996. Descriptions of *Bufo* tadpoles from the Southwestern Coast of Jalisco, México. *Journal of Herpetology*. 30(2): 253-257.
- Ford, P. L., Scott, N. J. 2006. Community level analysis of opportunistically breeding anurans in Western México. *Herpetological Natural History*. 9(2): 177-182.
- Freda J., Dunson, W. A. 1984. Sodium balance of amphibian larvae exposed to low environmental pH. *Physiological Zoology*. 57(4): 435-443.
- Freda J., Dunson, W. A. 1985. Field and laboratory studies of ion balance and growth rates of *Rana* tadpoles chronically exposed to low pH. *Copeia*. (2): 415-423.
- Freda J., Dunson, W. A. 1986. Effects of low pH and other chemical variables on the local distribution of amphibians. *Copeia*. 1986(2): 454-466.

- García, A., Cabrera Reyes. 2008. Estacionalidad y estructura de la vegetación en la comunidad de anfibios y reptiles de Chamela, Jalisco, México. *Acta Zoológica Mexicana*: 24(3): 91-115.
- García-Oliva, F. Ezcurra E., Galicia. 1991. Pattern of rainfall distribution in the Central Pacific Coast of Mexico. *Geografiska Annaler*. 73A(3-4): 179-186.
- García-Oliva, F., Camou, A., Mass, J. 2002. El Clima de la Región Central de la Costa del Pacífico Mexicano. En: Noguera, F. A., Vega Rivera, J. H., García Aldrede A. N., Quesada Avendaño, M. (Editores) *Historia Natural de Chamela*. Instituto de Biología, UNAM. México. Pp. 4-10.
- Gerlanc, N. M.; Kaufman, G. A. (2005) Habitat of origin and changes in water chemistry influence development of Western chorus frogs. *Journal of Herpetology*. 39 (2): 254-265.
- Gillespie, G., Lockie D., Scroggie M., Iskandar D. 2004. Habitat use by stream-breeding frogs in South-East Sulawesi, with some preliminary observations on community organization. *Journal of Tropical Ecology*. (20): 439-448.
- Gómez, V. I. 2012. Respuestas fenotípicas en larvas de anuros a situaciones cambiantes en los factores bióticos y abióticos. Tesis doctoral no publicada. Argentina: Universidad Nacional de la Plata.
- Gordon M. S., Schmidt-Nielsen K., Hamilton M. K. 1961. Osmotic regulation in the crab-eating frog (*Rana cancrivora*). *J. Exp. Biol.* (38): 659-678.
- Gosner, K. 1960. A simplified table for staging anuran embryos and larvae with notes on identification. *Herpetologica*. 16(3): 183-190.
- Gottsberger, B., Gruber, E. 2004. Temporal partitioning of reproductive activity in a neotropical anuran community. *Journal of Tropical Ecology*. 20(3): 271-280.
- Gustafson, D. H., Andersen, A. S. L., Mikusiński G., Malmgren J. C. 2009. Quality determinants of occurrence patterns of great crested newts (*Triturus cristatus*). *Journal of Herpetology*. 43(2): 300-310.
- Gustafson, D. H., Pettersson, C. J., Malmgren, J. C. 2006. Great crested newts (*Triturus cristatus*) as indicators of aquatic plant diversity. *Herpetological Journal*. (16): 347-352.

- Halverson, M. A.; Skelly, D. K.; Kiesecker J. M.; Freidenburg, L. K. 2003. Forest mediated light regime linked to amphibian distribution and performance. *Oecologia*. (134): 360-364.
- Hammer, Ø., Harper, D.A.T., Ryan, P.D. 2001. PAST: Paleontological Statistics Software Package for Education and Data Analysis. *Palaeontologia Electronica*. 4(1): (9) [En línea]: [http://palaeo-electronica.org/2001\\_1/past/issue1\\_01.htm](http://palaeo-electronica.org/2001_1/past/issue1_01.htm) Acceso: 27-04-2014.
- Hart B.T., Bailey P., Edwards R., Hortle K., James K., McMahon A., Meredith C. Swadling K. 1991. A review of the salt sensitivity of the Australian fresh-water biota. *Hydrobiologia*. (210): 105-144.
- Hayashi M. 2004. Temperature-electrical conductivity relation of water for environmental monitoring and geophysical data inversion. *Environmental Monitoring and Assessment*. (96): 119-128.
- Hoff, K. vS., Wassersug, R. J. 2000. Tadpole locomotion: Axial movement and tail functions in a largely vertebraeless vertebrate. *American Zoologist*. 40(1): 62-76.
- Hopkins, S. 2006. The ecology of tadpoles in a temporary pond in the Western Cape with comparisons to other habitats. PhD thesis. South Africa: University of the Western Cape. Department of Biodiversity and Conservation Biology.
- IBM Corp. 2010. IBM SPSS Statistics for Windows. Version 19.0. Armonk, NY: IBM Corp.
- Inger, R. F., Voris, H. K. 1993. A comparison of amphibian communities through time and from place to place in bornean forests. *Journal of Tropical Ecology*. 9(4): 409-433.
- Jakob, C., Poizat, G., Veith, M., Seitz ,A., Crivelli, A. 2003. Breeding phenology and larval distribution of amphibians in a Mediterranean pond network with unpredictable hydrology. *Hydrobiologia*. (499): 51-61.
- Jennings, R. D., Norman, S. J. 1993. Ecologically correlated morphological variation in tadpoles of the leopard frog, *Rana chiricahuensis*. *Journal Of Herpetology*. 27(3): 285-293.
- Kaefer, I. L., Montanarin, A., da Costa, R. S., Lima, A. P. 2012. Temporal patterns of reproductive activity and site attachment of the brilliant-thighed frog *Allobates femoralis* from Central Amazonia. *Journal of Herpetology*. 46(4): 549-554.
- Katz, U. (1973) Studies on the adaptation of the toad *Bufo viridis* to high salinities: Oxygen consumption, plasma concentration and water content of the tissues. *J. Exp. Biol.* (58): 785-796.

- Kearney, B.D., Byrne, P.G., Reina, R.D. 2012. Larval tolerance to salinity in three species of Australian anuran: An indication of saline specialization in *Litoria aurea*. PLOS ONE. 7(8): e43427.
- Khan, M. S., Mufti, S. A. 1994. Oral disc of amphibian tadpole and its functional correlates. Pakistan J. Zool. 26(1): 25-30.
- Lauck, B., Swain, R., Barmuta, L. 2005. Breeding site characteristics regulating life history traits of the brown tree frog, *Litoria ewingii*. Hydrobiologia. (537): 135-146.
- Lawyer P., Morin, P. 1993. Temporal overlap, competition and priority effects in larval anurans. Ecology. 74(1): 174-182.
- Loman J. 2002. Temperature, Genetic and Hydroperiod Effects on Metamorphosis of Brown Frogs *Rana arvalis* and *R. temporaria* in the Field. J. Zool. Lond. (258): 115-129.
- Loman, J. 2002. *Rana temporaria* metamorph production and population dynamics in the field: Effects of tadpole density, predation and pond drying. J. Nat. Conserv. (10): 95-107.
- Lott, E., Atkinson T. 2002. Biodiversidad y fitogeografía de Chamela-Cuixmala, Jalisco. En: Noguera, F. A., Vega Rivera, J. H., García Aldrede A. N., Quesada Avendaño, M. (Editores) Historia Natural de Chamela. Instituto de Biología, UNAM. México. Pp. 83-97.
- Lugo-Hubp, J. 1990. El relieve de la República Mexicana. Revista del Instituto de Geología. Universidad Nacional Autónoma de México. 9(1): 82-111.
- Maass, J. M., Jaramillo, V., Martínez-Yrizar, A., García-Oliva, F., Pérez-Jiménez, A., Sarukhán, J. 2002. Aspectos funcionales del ecosistema de selva baja caducifolia en Chamela, Jalisco. En: Noguera, F. A., Vega Rivera, J. H., García Aldrede A. N., Quesada Avendaño, M. (Editores) Historia Natural de Chamela. Instituto de Biología, UNAM. México. Pp. 525-542.
- Maccracken, M.C., Barron, E.J., Easterling, D.R., Felzer, B.S., Karl T.R. 2003. Climate change scenarios for the U.S. National Assessment. American Meteorological Society. (84): 1711-1723.
- Maciel, T. A.; Juncá, F. A. 2009. Effects of temperature and volume of water on the growth and development of tadpoles of *Pleurodema dipolister* and *Rhinella granulosa* (Amphibia: Anura). Zoologia. 26(3): 413-418.

- McDiarmid, R., Altig, R. 1999. Tadpoles: The Biology of Anuran Larvae. The University of Chicago Press. United States of America. Pp. 7-23.
- McIntyre, P. B., McCollum S. A. 2000. Responses of bullfrog tadpoles to hypoxia and predators. *Oecologia*. (125): 301-308.
- Michener, W.K., Blood E.R., Bildstein, K.L., Brinson, M.M., Gardner L.R. 1997. Climate change, hurricanes and tropical storms, and rising sea level in coastal wetlands. *Ecological Applications* (7): 770-801.
- Miranda, F.; Hernández, E. 1963. Los tipos de vegetación de México y su clasificación. *Boletín de la Sociedad Botánica de México*. (28): 29-179.
- Moore, M. K., Townsend, V. R. 1998. The interaction of temperature, dissolved oxygen and predation pressure in an aquatic predator-prey system. *Oikos*. 81(2): 329-336.
- Mostacedo Bonifacio, Fredericksen Todd S. 2000. Manual de métodos básicos de muestreo y análisis en Ecología Vegetal. Editorial El País. Bolivia. Pp. 10-11.
- Murphy, P. G., Lugo, A. E. 1986. Ecology of tropical dry forest. *Annual Review of Ecology and Systematics*. (17): 67-88.
- Nelson, C. E. 1972. *Gastrophryne usta*. Catalogue of American Amphibians and Reptiles. (123): 1-2
- Newman, R. A. 1989. Developmental plasticity of *Scaphiopus couchii* tadpoles in an unpredictable environment. *Ecology*. (70): 1775-1787.
- Newman, R. A. 1992. Plasticity in amphibian metamorphosis. *BioScience*. 42(9): 671-678.
- Nie, M., Crim, J. D., Ultsch, G. R. 1999. dissolved oxygen, temperature, and habitat selection by bullfrog (*Rana catesbeiana*) tadpoles. *Copeia*, 1999(1): 153-162.
- Noguera, F. A., Vega Rivera, J. H., García Aldrede A. N., Quesada Avendaño, M. (Editores) 2002. Historia Natural de Chamela. Instituto de Biología, UNAM. México. Pp. 15-21.
- Noland, R., Ultsch, G. R. 1981. The roles of temperature and dissolved oxygen in microhabitat selection by the tadpoles of a frog (*Rana pipiens*) and a toad (*Bufo terrestris*). *Copeia*, 1981(3): 645-652.
- O'Hara Richard K. 1981. Habitat selection behavior in three species of anuran larvae: environmental cues, ontogeny, and adaptive significance. Tesis doctoral no publicada. Estados Unidos: Oregon State University.
- Pearman, P. 1993. Effects of habitat size on tadpole populations. *Ecology*. 74(7): 1982-1991.

- Pearman, P. 1995. Effects of pond size and consequent predator density on two species of tadpoles. *Oecologia*. (102): 1-8.
- Pierce, B. A. 1985. Acid tolerance in amphibians. *BioScience*. 35(4): 239-243.
- Pierce, B. A. 1987. The effects of acid rain on amphibians. *The American Biology Teacher*. 49(6): 342-347.
- Ponssa, M. A. 2004. Utilización espacial y temporal de una comunidad de anuros de Kent's Marsh (Gamboa, Panamá). *Rev. Esp. Herp.* (18): 5-18.
- Pyburn, W.F. 1966. Breeding activity, larvae and relationship of the treefrog *Hyla phaeota cyanosticta*. *The Southwestern Naturalist*. 11(1): 1-18.
- Pyburn, W.F. 1970. Breeding Behavior of the Leaf-Frogs *Phyllomedusa callidryas* and *Phyllomedusa dacnicolor* in Mexico. *Copeia*. 1979(2): 209-218.
- Ramírez-Bautist, A., García, A. 2002. Diversidad de la Herpetofauna de la Región de Chamela. En: Noguera, F. A., Vega Rivera, J. H., García Aldrede A. N., Quesada Avendaño, M. (Editores) *Historia Natural de Chamela*. Instituto de Biología, UNAM. México. Pp. 15-21.
- Relyea, R. A. 2001. Morphological and behavioral plasticity of larval anurans in response to different predators. *Ecology*. 82(2): 523–540.
- Richter-Boix, A., Llorente G., Montori A. 2006. Breeding phenology of an amphibian community in a Mediterranean area. *Amphibia-Reptilia* (27): 549-559.
- Ryan, T.; Winne, C., 2001. Effects of hydroperiod on metamorphosis in *Rana sphenoccephala*. *The American Midland Naturalist*. 145(1): 46-53.
- Schiesari, L. 2006. Pond canopy cover: A resource gradient for anuran larvae. *Freshwater Biology*. (51): 412-423.
- Skelly, D. K. 2004. Microgeographic countergradient variation in the wood frog, *Rana sylvatica*. *Evolution*. 58(1): 160-165.
- Skelly, D. K.; Freidenburg, L. K.; Kiesecker J. M. 2002. Forest canopy and the performance of larval amphibians. *Ecology*. 83(4): 983-992.
- Smith, D. 1983. Factors controlling tadpole populations of the chorus frog (*Pseudacris triseriata*). *Ecology*. 64(3): 501-510.
- Suazo-Ortuño, I., Alvarado-Díaz, J., Martínez-Ramos, M. 2011. Riparian areas and conservation of herpetofauna in a tropical dry forest in Western Mexico. *Biotropica*. 43(2): 237-245.

- Sumner, D. M.; Belaine, G. 2005. Federation Evaporation, Precipitation, and Associated Salinity Changes at a Humid, Subtropical Estuary. *Estuaries*. 28(6): 844-855.
- Toft, C. 1985. Resource partitioning in amphibians and reptiles. *Copeia* 1985(1): 1-21.
- Torres-Orozco, R., Jimenez-Sierra, C., Vogt, R., Villarreal-Benitez, J. 2002. Neotropical tadpoles: spatial and temporal distribution and habitat use in a seasonal lake in Veracruz, México. *Phyllomedusa*. 1(2): 81-91.
- Townsend, D., Stewart M. 1985. Direct development in *Eleutherodactylus coqui* (Anura: *Leptodactylidae*): A staging table. *Copeia*. 1985(2): 423-436.
- Ultsch, G. R. 1971. The relationship between dissolved carbon dioxide and oxygen to microhabitat selection in *Pseudobranchius striatus*. *Copeia*. (1971): 247-252.
- Ultsch, G. R., Reese S. A., Nie M., Crim J. D., Smith W. H., LeBerte C. M. 1999. Influences of temperature and oxygen upon habitat selection by bullfrog tadpoles and three species of freshwater fishes in two Alabama strip mine ponds. *Hydrobiologia*. (416): 149-162.
- Viertel, B. (1999) Salt tolerance of *Rana temporaria*: Spawning site selection and survival during embryonic development (Amphibia, Anura). *Amphibia-Reptilia*. (20): 161-171.
- Vignoli, L., Bologna, M., Luiselli, L. 2007. Seasonal patterns of activity and community structure in an amphibian assemblage at a pond network with variable hydrology. *Acta Oecologica*. (31): 185-192.
- Wakeman, J. M.; Gordon R. U. 1975. The Effects of Dissolved O<sub>2</sub> and CO<sub>2</sub> on metabolism and gas-exchange partitioning in aquatic salamanders. *Physiological Zoology*. 48(4): 348-359.
- Wang, Y., Wu, Z., Lu, P., Zhang, F., Li, Y. 2008. Breeding ecology and oviposition site selection of blackspotted pond frogs (*Rana nigromaculata*) in Ningbo, China. *Front. Biol. China*. 3(4): 530-535.
- Watkins, T.B., Vraspir J. 2006. Both incubation temperature and post-hatching temperature affect swimming performance and morphology of wood frog tadpoles (*Rana sylvatica*). *Physiological and Biochemical Zoology*. (79):140-149.
- Werner, E. E., Glennemeier K. S. 1999. Influence of forest canopy cover on the breeding pond distributions of several amphibian species. *Copeia*. (1): 1-12.
- Werner, E. E.; Skelly, D. K.; Relyea R. A.; Yurewicz, K. L. 2007. Amphibian species richness across environmental gradients. *Oikos*. 116(10): 1697-1712.

- Wilbur, H. 1980. Complex life cycles. *Annual Review of Ecology and Systematics*. (11): 67-93.
- Wilbur, H. 1987. Regulation of structure in complex systems: Experimental temporary pond communities. *Ecology*. (68): 1437-1452.
- Williams D. Dudley. 2005. *The Biology of temporary waters*. Oxford University Press. United States of America. Pp. 348.
- Williams, B. K.; Rittenhouse, T. A. G.; Semlitsch, R. D. 2008. Leaf litter input mediates tadpole performance across forest canopy treatments. *Oecologia*. 155(2): 377-384.
- Woodward, B. 1982. Tadpole competition in a desert anuran community. *Oecologia*. (54): 96-100.
- Ximenez S. S., Gonçalves T. P., Oliveira M., Tozetti A. M. 2012. Substrate color selection by tadpoles of *Physalaemus gracilis* (Boulenger, 1883) (Anura, Leiuperidae). *Pan-American Journal of Aquatic Sciences*. 7(2): 111-116.
- Zedler, P. H. (1987) *The ecology of Southern California vernal pools: A community profile*, U.S. fish and wildlife service, Washington, DC, USA. Biological Report. (85): 7.11.
- Zunzunegui M., Diaz M. C., Garcia F. 1998. Vegetation fluctuation in mediterranean dune ponds in relation to rainfall variation and water extraction. *Applied Vegetation Science*. 1(1): 151-160.
- Zweifel, R.G. 1964. Life History of *Phrynohyas venulosa* (Salientia: Hylidae) in Panamá. *Copeia*. 1964(1): 201-208.

**ANEXO I.** Parámetros físicos establecidos para caracterizar forma, sustrato y color de las pozas de reproducción.

a)



b)



c)



d)



1.1. Formas establecidas para caracterizar las pozas de reproducción de la Estación de Biología Chamela-IBUNAM, Jalisco, México ( a)Elongada, b)Circular, c)Irregular, d)Triangular).



a)



b)



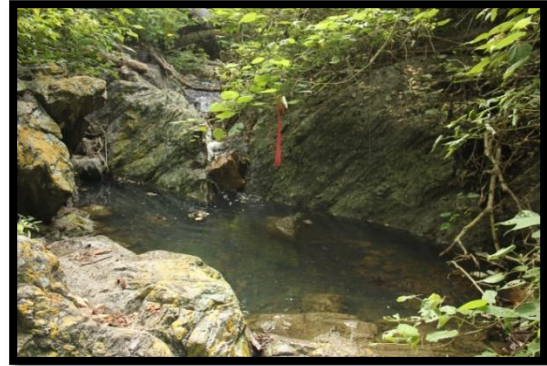
c)

1.2. Sustratos establecidos para cada poza de reproducción de la Estación de Biología Chamela-IBUNAM, Jalisco, México. ( a)Roca, b) Arena, c) Hojarasca).

a)



b)



c)



d)



- 1.3. Rango de colores establecidos para las pozas de reproducción de los sitios de muestreo de la Estación de Biología Chamela-IBUNAM, Jalisco, México ( a)Oscuro, b)Medio, c)Claro, d)Blanco).

**ANEXO II.** Especies de anuros larvales de la Estación de Biología, Chamela-IBUNAM, Jalisco, México.



*A. dacnicolor*



*E. smaragdina*



*H. ustus*



*H. variolosus*



*I. marmoreous*



*Morfotipo I*



*R. marina*



*S. baudinii*



*T. typhoni*

Fotografía Diana Abilene

2.1. Especies de anuros larvales determinadas para el periodo de lluvias durante los meses de julio a octubre del año 2013 en la Estación de Biología Chamela-IBUNAM, Jalisco, México.

### ANEXO III. Análisis Estadísticos.

Cuadro 3.1. Resultados de *t de student* para muestras independientes que representa la diferencia entre las abundancias de anuros larvales del ambiente ripario y de pendiente rocosa de la EBCh.

Prueba de Levene para la igualdad de varianzas			Prueba T para la igualdad de medias			
F	P	t	Grados de Libertad	P	Diferencia de medias	Error
23.628	.000	3.034	22	.006	331.25	109.16676

Cuadro 3.2. Resultados de *t de student* para muestras independientes que representa la diferencia entre las densidades de anuros larvales en semanas con presencia y ausencia de precipitaciones en la EBCh.

Prueba de Levene para la igualdad de varianzas			Prueba T para la igualdad de medias			
F	P	t	Grados de Libertad	P	Diferencia de medias	Error
20.646	.000	2.761	22	.011	314.58333	113.94748

Cuadro 3.3. Resultados de *t de student* para muestras independientes que representa la diferencia entre las densidades de anuros larvales del ambiente ripario y de pendiente rocosa de la EBCh.

Prueba de Levene para la igualdad de varianzas			Prueba T para la igualdad de medias			
F	P	t	Grados de Libertad	P	Diferencia de medias	Error
49.881	.000	3.739	22	.001	9.84500	2.63291

Cuadro 3.4. Resultados de *t de student* para muestras independientes que representa la diferencia entre las densidades de anuros larvales en semanas con presencia y ausencia de precipitaciones en la EBCh.

Prueba de Levene para la igualdad de varianzas			Prueba T para la igualdad de medias			
F	P	t	Grados de Libertad	P	Diferencia de medias	Error
10.977	.003	2.564	22	.018	5.85417	2.28310

Cuadro 3.5. Análisis Multivariado de Varianza que representa las diferencias entre las condiciones ambientales de 16 variables en sitios asociados a arroyos y cuencas.

Variable	Suma de cuadrados tipo III	Grados de Libertad	Media cuadrática	F	P
<b>Hidroperiodo</b>	<b>14388.079</b>	<b>1</b>	<b>14388.079</b>	<b>46.141</b>	<b>.000</b>
<b>Amplitud del Arroyo</b>	<b>1907236.012</b>	<b>1</b>	<b>1907236.012</b>	<b>22.678</b>	<b>.000</b>
Profundidad del Arroyo	63.342	1	63.342	.431	.512
<b>Longitud de la Poza</b>	<b>3135087.926</b>	<b>1</b>	<b>3135087.926</b>	<b>26.304</b>	<b>.000</b>
<b>Amplitud de la Poza</b>	<b>449227.841</b>	<b>1</b>	<b>449227.841</b>	<b>29.701</b>	<b>.000</b>
Profundidad de la Poza	436.701	1	436.701	2.189	.141
<b>Salinidad</b>	<b>.067</b>	<b>1</b>	<b>.067</b>	<b>11.139</b>	<b>.001</b>
pH	4.820	1	4.820	1.204	.274
Temperatura	36.417	1	36.417	.605	.437
Oxígeno Disuelto (%)	2.189	1	2.189	.013	.909
Oxígeno Disuelto (ppm)	2.107	1	2.107	.344	.558
<b>Turbidez</b>	<b>108636.000</b>	<b>1</b>	<b>108636.000</b>	<b>11.746</b>	<b>.001</b>
<b>Luminosidad</b>	<b>564.766</b>	<b>1</b>	<b>564.766</b>	<b>37.713</b>	<b>.000</b>
Forma	.004	1	.004	.008	.929
Color	.004	1	.004	.005	.946
<b>Sustrato</b>	<b>43924.939</b>	<b>1</b>	<b>43924.939</b>	<b>21.947</b>	<b>.000</b>

Cuadro 3.6. Análisis Multivariado de Varianza que representa las diferencias entre las condiciones ambientales de 16 variables en semanas con presencia y ausencia de precipitaciones

Variable	Suma de cuadrados tipo III	Grados de Libertad	Media cuadrática	F	P
<b>Hidroperiodo</b>	<b>2133.010</b>	<b>1</b>	<b>2133.010</b>	<b>5.740</b>	<b>.017</b>
Amplitud del Arroyo	70389.507	1	70389.507	.756	.385
Profundidad del Arroyo	1.898	1	1.898	.013	.910
<b>Longitud de la Poza</b>	<b>764068.961</b>	<b>1</b>	<b>764068.961</b>	<b>5.844</b>	<b>.017</b>
Amplitud de la Poza	9107.421	1	9107.421	.527	.469
<b>Profundidad de la Poza</b>	<b>866.504</b>	<b>1</b>	<b>866.504</b>	<b>4.390</b>	<b>.037</b>
Salinidad	.014	1	.014	2.221	.138
<b>pH</b>	<b>22.507</b>	<b>1</b>	<b>22.507</b>	<b>5.747</b>	<b>.017</b>
<b>Temperatura</b>	<b>401.039</b>	<b>1</b>	<b>401.039</b>	<b>6.868</b>	<b>.009</b>
<b>Oxígeno Disuelto (%)</b>	<b>2853.766</b>	<b>1</b>	<b>2853.766</b>	<b>18.506</b>	<b>.000</b>
<b>Oxígeno Disuelto (ppm)</b>	<b>30.570</b>	<b>1</b>	<b>30.570</b>	<b>5.116</b>	<b>.025</b>
<b>Turbidez</b>	<b>59995.332</b>	<b>1</b>	<b>59995.332</b>	<b>6.324</b>	<b>.013</b>
<b>Luminosidad</b>	<b>70.556</b>	<b>1</b>	<b>70.556</b>	<b>4.058</b>	<b>.045</b>
Forma	.119	1	.119	.256	.613
<b>Color</b>	<b>14.962</b>	<b>1</b>	<b>14.962</b>	<b>21.395</b>	<b>.000</b>
<b>Sustrato</b>	<b>23895.833</b>	<b>1</b>	<b>23895.833</b>	<b>11.384</b>	<b>.001</b>

Cuadro 3.7. Modelo Lineal General de la densidad promedio de anuros larvales en relación a las características físico-químicas de las pozas de reproducción en sitios asociados a arroyos y cuencas.

Efecto	Suma de cuadrados tipo III	Grados de Libertad	Media cuadrática	F	P
Hidroperiodo	202.751	1	202.751	.070	.791
<b>Amplitud del Arroyo</b>	<b>51906.160</b>	<b>1</b>	<b>51906.160</b>	<b>17.977</b>	<b>.000</b>
Profundidad del Arroyo	3471.131	1	3471.131	1.202	.274
Longitud de la Poza	58.176	1	58.176	.020	.887
Amplitud de la Poza	141.157	1	141.157	.049	.825
Profundidad de la Poza	1198.184	1	1198.184	.415	.520
Salinidad	4613.278	1	4613.278	1.598	.208
pH	894.638	1	894.638	.310	.578
Temperatura	617.787	1	617.787	.214	.644
Oxígeno Disuelto (%)	5987.411	1	5987.411	2.074	.152
Oxígeno Disuelto (ppm)	4674.688	1	4674.688	1.619	.205
Turbidez	3825.453	1	3825.453	1.325	.251
Luminosidad	875.315	1	875.315	.303	.583
Cobertura Vegetal	10934.953	1	10934.953	3.787	.053
Forma	845.832	1	845.832	.293	.589
Color	511.516	1	511.516	.177	.674
Sustrato	41.958	1	41.958	.015	.904
Ambiente	765.591	1	765.591	.265	.607
Error	542832.942	188	2887.409		

Cuadro 3.8. Modelo Lineal General de la densidad promedio de anuros larvales en relación a las características físico-químicas de las pozas de reproducción en semanas con presencia y ausencia de precipitaciones

Efecto	Suma de cuadrados tipo III	Grados de Libertad	Media cuadrática	F	P
Hidroperiodo	37.040	1	37.040	.013	.910
<b>Amplitud del Arroyo</b>	<b>53058.061</b>	<b>1</b>	<b>53058.061</b>	<b>18.400</b>	<b>.000</b>
Profundidad del Arroyo	4492.856	1	4492.856	1.558	.213
Longitud de la Poza	298.090	1	298.090	.103	.748
Amplitud de la Poza	190.059	1	190.059	.066	.798
Profundidad de la Poza	468.274	1	468.274	.162	.687
Salinidad	2103.224	1	2103.224	.729	.394
pH	208.142	1	208.142	.072	.788
Temperatura	46.455	1	46.455	.016	.899
Oxígeno Disuelto (%)	3441.113	1	3441.113	1.193	.276
Oxígeno Disuelto (ppm)	5053.617	1	5053.617	1.753	.187
Turbidez	1829.199	1	1829.199	.634	.427
Luminosidad	304.154	1	304.154	.105	.746
<b>Cobertura Vegetal</b>	<b>11265.197</b>	<b>1</b>	<b>11265.197</b>	<b>3.907</b>	<b>.050</b>

Forma	590.666	1	590.666	.205	.651
Color	346.110	1	346.110	.120	.729
Sustrato	23.309	1	23.309	.008	.928
Precipitaciones	1486.893	1	1486.893	.516	.474
Error	542111.639	188	2883.573		

Cuadro 3.9. Modelo lineal general de la caracterización de la estructura de la vegetación en relación al promedio de la densidad de anuros larvales en las pozas de reproducción.

Efecto	Suma de cuadrados tipo III	Grados de Libertad	Media cuadrática	F	P
Cobertura vegetal	13062.846	1	13062.846	9.889	<b>.009</b>
Vegetación herbácea	1179.348	1	1179.348	.893	.365
Vegetación arbustiva	744.369	1	744.369	.564	.469
Vegetación arbórea	1.317	1	1.317	.001	.975
Bejucos	125.932	1	125.932	.095	.763
Cactus	398.207	1	398.207	.301	.594
Pastos	333.951	1	333.951	.253	.625
Bromelias	73.612	1	73.612	.056	.818
Error	14529.804	11	1320.891		

Cuadro 3.10. Análisis de Componentes Principales de 14 variables ambientales respecto a nueve especies de anuros larvales asociados a las pozas de reproducción en la EBCh.

Componente	PC 1	PC 2	PC 3
Varianza total explicada (%)	34.96	23.97	18.47
Hidroperiodo	-.652	-.124	<b>.592</b>
Amplitud del Arroyo	-.043	.079	<b>-.493</b>
Profundidad del Arroyo	-.203	-.114	<b>.702</b>
Longitud de la Poza	-.385	<b>.778</b>	.419
Amplitud de la Poza	-.537	<b>.522</b>	<b>.565</b>
Profundidad de la Poza	<b>-.837</b>	-.104	.405
Salinidad	<b>.830</b>	.278	<b>.424</b>
pH	.290	<b>.898</b>	.067
Temperatura	-.398	.536	-.481
Oxígeno Disuelto (%)	<b>.742</b>	-.330	.277
Oxígeno Disuelto (ppm)	<b>.728</b>	-.275	.281
Turbidez	<b>.939</b>	.179	.186
Luminosidad	-.018	<b>.794</b>	-.417
Cobertura Vegetal	.629	<b>.645</b>	.247

Cuadro 3.11. Resultados de *t de student* para muestras independientes que representa la diferencia entre las abundancias de anuros adultos del ambiente ripario y de pendiente rocosa de la EBCh.

Prueba de Levene para la igualdad de varianzas			Prueba T para la igualdad de medias			
F	P	t	Grados de Libertad	P	Diferencia de medias	Error
66.573	.000	5.488	1410	.000	2.81649	.51317

Cuadro 3.12. Resultados de *t de student* para muestras independientes que representa la diferencia entre las abundancias de anuros adultos en semanas con presencia y ausencia de precipitaciones en la EBCh.

Prueba de Levene para la igualdad de varianzas			Prueba T para la igualdad de medias			
F	P	t	Grados de Libertad	P	Diferencia de medias	Error
45.965	.000	4.358	1410	.000	2.12174	.48681