

**Centro de Investigación Científica y de Educación  
Superior de Ensenada, Baja California**



---

**Maestría en Ciencias  
en Ciencias de la Vida  
con orientación en Biología Ambiental**

---

**Hábitat de *Spea hammondi* (Anura: Scaphiopodidae)  
en Baja California, México**

Tesis  
para cubrir parcialmente los requisitos necesarios para obtener el grado de  
Maestro en Ciencias

Presenta:

**Manuel Misael Acosta Sánchez**

Ensenada, Baja California, México  
2021

Tesis defendida por  
**Manuel Misael Acosta Sánchez**

y aprobada por el siguiente Comité

---

**Dr. Horacio Jesús de la Cueva Salcedo**  
Director de tesis

**Dra. Fadia Sara Ceccarelli**

**Dr. Raúl Ramón Castro Escamilla**



---

**Dra. Patricia Juárez Camacho**  
Coordinadora del Posgrado en Ciencias de la Vida

---

**Dra. Rufina Hernández Martínez**  
Directora de Estudios de Posgrado

Resumen de la tesis que presenta **Manuel Misael Acosta Sánchez** como requisito parcial para la obtención del grado de Maestro en Ciencias en Ciencias de la Vida con orientación en Biología Ambiental.

### **Hábitat de *Spea hammondi* (Anura: Scaphiropodidae) en Baja California, México**

Resumen aprobado por:

---

**Dr. Horacio Jesús de la Cueva Salcedo**  
Director de tesis

*Spea hammondi*, el sapo de espuelas occidental, se distribuye en la región mediterránea de California y Baja California. Evita las sequías enterrándose la mayor parte del año, emergiendo durante la temporada de lluvias para reproducirse en pozas vernaes. Este comportamiento la hace una especie poco común. Es reconocida como Especie de Especial Preocupación en California por reducciones antropogénicas de su hábitat. Para favorecer el desarrollo de estrategias de conservación efectivas, se identificaron preferencias de hábitat y amenazas potenciales de *S. hammondi* en Baja California durante la temporada de lluvias enero-mayo de 2020. Se asoció la abundancia relativa (individuos/tiempo) con las variables ambientales: temperatura y humedad ambiental, temperatura y humedad del suelo, temperatura del agua, precipitación, textura del suelo, cobertura vegetal, área y pH de la poza, cercanía con caminos, y presencia-ausencia de ganado y especies exóticas. La presencia de *S. hammondi* en la superficie es efímera; el período de mayor actividad duró alrededor de un mes (10/marzo-11/abril de 2020). La precipitación y la temperatura determinaron la emergencia y abundancia de la especie. Los valores más altos de abundancia de 0.28 a 0.33 (17-20 individuos por hora de muestreo) ocurrieron en los días más lluviosos, 9.6 a 10.4 mm y una temperatura ambiental entre 10.5 y 15.7°C; así como en suelos arcillosos, cobertura vegetal mayor al 60% con presencia de pastizal inducido, pozas entre 924 y 1,620 m<sup>2</sup> y en ausencia de ganado. Considerando el breve período de actividad de *S. hammondi*, los resultados nos dieron grandes indicios de cómo se comporta bajo condiciones ambientales específicas y cómo la modificación del hábitat puede afectar a sus poblaciones. Esta información permite desarrollar estrategias de conservación efectivas. Llenar huecos de información permitirá la conservación de *S. hammondi* a largo plazo. Se requiere de una muestra más representativa mediante muestreos anuales, para entender las variables ambientales óptimas de la especie. Se recomienda enfocar futuros muestreos al período y condiciones climáticas asociados a una mayor probabilidad de ocurrencia de la especie.

**Palabras clave:** sapo de espuelas occidental, abundancia relativa, variables ambientales, preferencias de hábitat, amenazas potenciales.

Abstract of the thesis presented by **Manuel Misael Acosta Sánchez** as a partial requirement to obtain the Master of Science degree in Life Sciences with orientation in Environmental Biology.

***Spea hammondi* (Anura: Scaphiopodidae) habitat in Baja California, México**

Abstract approved by:

---

**Dr. Horacio Jesús de la Cueva Salcedo**  
Thesis director

*Spea hammondi* the Western Spadefoot Toad's, distribution is restricted to the Mediterranean region of California and Baja California. It avoids drought conditions by burying most of the year, emerging during the rainy season to breed in vernal pools. This behavior makes it a rare species. *S. hammondi* is a Species of Special Concern due to significant anthropogenic reductions in its habitats. To promote the development of effective conservation strategies, we identified *S. hammondi* habitat preferences and potential threats in Baja California for the January to May 2020 rainy season. Relative abundance (individuals/time) was associated with environmental variables: atmospheric temperature and moisture, soil temperature and moisture, water temperature, precipitation, soil texture, vegetation cover, vernal pool area and pH, proximity to roads, and presence-absence of cattle and exotic species. The presence of *S. hammondi* above ground is ephemeral; the peak abundance period lasted approximately one month, March 10 to April 11, 2020. Precipitation and temperature determined the species' emergence and abundance. The highest abundance values, 0.28 to 0.33 (17-20 individuals per sampling hour) were found during the rainiest days, between 9.6 and 10.4 mm and an atmospheric temperature between 10.5 and 15.7°C; also, associated to sites with clay soils, vegetation cover greater than 60% with the presence of induced grassland, pools between 924 and 1,620 m<sup>2</sup>, and in the absence of cattle. Considering the short activity period of *S. hammondi*, the results provided an insight to how the species behaves under specific environmental conditions and how habitat modification can affect its populations. Such information allows the development of effective conservation strategies. Filling species and habitat information gaps will aid in the long-term conservation of *S. hammondi*. A more representative sample is required through annual samplings to delve into the species' optimal environmental variables. It is recommended to focus future samplings on the period and climatic conditions associated with a greater probability of the species occurrence.

**Keywords:** western spadefoot toad, relative abundance, environmental variables, habitat preferences, potential threats.

## Dedicatoria

*A mis padres Manuel y Ángela*

*A mi hermana Itzel*

*A mi presente y futuro Elisa*

## Agradecimientos

Al Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada (CICESE), al Posgrado en Ciencias de la Vida y al Departamento de Biología de la Conservación, por permitirme formar parte de su grupo de trabajo y otorgarme el conocimiento para mi formación en la ciencia. Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT), por su apoyo económico para la realización de mis estudios de posgrado (número de becario 853951).

A mi director de tesis, el Dr. Horacio de la Cueva, por darme la oportunidad de trabajar a su lado y guiarme a lo largo de todo el proyecto. A los miembros de mi comité, la Dra. Sara Ceccarelli y el Dr. Raúl Castro, por sus valiosos comentarios y observaciones, además de la disposición y amabilidad que tuvieron conmigo para la revisión de este trabajo.

Al equipo técnico del Departamento de Biología de la Conservación, el Oc. Eulogio López por su amistad, su apoyo en la gestión de las salidas a campo y todas las facilidades brindadas; el Biol. Mario Salazar, por su valiosa ayuda en campo, en la identificación de la vegetación y por siempre estar al tanto del proyecto. Al técnico del Departamento de Oceanografía Física, Santiago Higareda, por su ayuda al facilitarnos los datos de las estaciones meteorológicas del CICESE. A cada uno de los propietarios en los sitios de muestreo por permitirme el acceso a sus predios para buscar “speas”.

A mis amigos de la maestría, Farid, Sadot, Moi, Rocío, Víctor, Alberto y Diana, ya sea por su ayuda en los muestreos, el conocimiento compartido y todos los buenos momentos que pasamos juntos.

A mis amigos y colegas del CICESE, Misa y Claudia, son los mejores roommates que se puede tener, gracias por su apoyo dentro y fuera de lo académico, por los viajes y por tantos buenos momentos.

A mis padres, a mi hermana y a toda mi familia por su amor y apoyo incondicional, no importa la distancia. A Elisa, por estar a mi lado, por su amor sin medida, por siempre escucharme y alentarme en este proyecto.

A Patula y Alma por hacer mejores mis fines de semana desde que llegaron a Baja.

A mis amigos de Ensenada que siempre tendré presentes, Valeria, Dani, Alan, Poli y Marcos, gracias porque coincidimos y ahora son parte importante de mi vida.

## Tabla de contenido

	Página
Resumen en español.....	ii
Resumen en inglés.....	iii
Dedicatoria.....	iv
Agradecimientos.....	v
Lista de figuras.....	viii
Lista de tablas.....	x
<b>Capítulo 1. Introducción.....</b>	<b>1</b>
1.1 Preferencias de hábitat.....	2
1.2 Antecedentes.....	4
1.2.1 <i>Spea hammondii</i> (Baird, 1859, "1857").....	4
1.2.2 Estado de conservación de <i>Spea hammondii</i> .....	8
1.2.3 Estudios previos de <i>Spea hammondii</i> .....	10
1.3 Hipótesis.....	11
1.4 Objetivos.....	11
1.4.1 Objetivo general.....	11
1.4.2 Objetivos específicos.....	11
<b>Capítulo 2. Metodología.....</b>	<b>13</b>
2.1 Área de estudio.....	13
2.2 Sitios de muestreo .....	14
2.3 Muestreo de <i>Spea hammondii</i> .....	16
2.4 Registro de variables ambientales.....	17
2.4.1 Climáticas.....	17
2.4.2 Características de los sitios.....	18
2.4.3 Amenazas potenciales.....	19
2.5 Interpretación estadística de los datos.....	19
<b>Capítulo 3. Resultados.....</b>	<b>22</b>
3.1 Muestreo de <i>Spea hammondii</i> .....	22
3.1.1 Abundancia relativa de <i>Spea hammondii</i> .....	23

3.2 Asociación de <i>Spea hammondii</i> con las variables ambientales.....	26
3.2.1 Climáticas.....	26
3.2.2 Características de los sitios.....	33
3.2.3 Amenazas potenciales.....	36
<b>Capítulo 4 . Discusión.....</b>	<b>41</b>
4.1 Muestreo de <i>Spea hammondii</i> .....	41
4.2 Asociación de <i>Spea hammondii</i> con las variables ambientales.....	42
4.2.1 Climáticas.....	42
4.2.2 Características de los sitios.....	49
4.2.3 Amenazas potenciales.....	51
<b>Capítulo 5 . Conclusiones.....</b>	<b>53</b>
5.1 Recomendaciones.....	54
<b>Literatura citada.....</b>	<b>55</b>
<b>Anexos.....</b>	<b>62</b>



## Lista de figuras

Figura		Página
1	Individuo de <i>Spea hammondii</i> .....	5
2	Mapa del área de estudio.....	13
3	Poza vernal.....	14
4	Mapa de los sitios de muestreo.....	15
5	Abundancia relativa de <i>Spea hammondii</i> por edad y fecha de muestreo.....	22
6	Individuo metamórfico de <i>Spea hammondii</i> .....	23
7	Abundancia relativa de <i>Spea hammondii</i> por período de muestreo.....	24
8	Mapa con abundancia relativa de <i>Spea hammondii</i> por sitio.....	25
9	Gráfico de dispersión de la abundancia relativa de <i>Spea hammondii</i> y la temperatura del suelo en la emergencia de la especie.....	27
10	Gráfico de dispersión de la abundancia relativa de <i>Spea hammondii</i> y la precipitación en la emergencia de la especie.....	27
11	Gráfico de dispersión de la abundancia relativa de <i>Spea hammondii</i> y la humedad del suelo en la emergencia de la especie.....	28
12	Diferencias <i>post hoc</i> de las variables climáticas entre los períodos de actividad de <i>Spea hammondii</i> .....	29
13	Gráfico de sedimentación del Análisis de Componentes Principales sobre las variables climáticas durante los períodos de actividad de <i>Spea hammondii</i> .....	30
14	Gráfico de dispersión de la abundancia relativa de <i>Spea hammondii</i> y la temperatura del suelo durante los períodos de actividad de la especie.....	31
15	Gráfico de dispersión de la abundancia relativa de <i>Spea hammondii</i> y la precipitación durante los períodos de actividad de la especie.....	32
16	Gráfico de dispersión de la abundancia relativa de <i>Spea hammondii</i> y la humedad ambiental durante los períodos de actividad de la especie.....	32
17	Gráfico de dispersión de la abundancia relativa de <i>Spea hammondii</i> y la humedad del suelo durante los períodos de actividad de la especie.....	33
18	Abundancia relativa de <i>Spea hammondii</i> por textura de suelo.....	34

19	Abundancia relativa de <i>Spea hammondii</i> por cobertura vegetal.....	35
20	Abundancia relativa de <i>Spea hammondii</i> por tamaño de la poza.....	35
21	Abundancia relativa de <i>Spea hammondii</i> por pH de la poza.....	36
22	Abundancia relativa de <i>Spea hammondii</i> por cercanía con caminos.....	37
23	Abundancia relativa de <i>Spea hammondii</i> por presencia-ausencia de ganado.....	38
24	Individuo de <i>Lithobates catesbeianus</i> .....	39
25	Abundancia relativa de <i>Spea hammondii</i> por presencia-ausencia de especies exóticas.....	39
26	Precipitación total diaria de enero a mayo de 2020, clasificada por períodos de muestreo con valores de abundancia relativa de <i>Spea hammondii</i> .....	43
27	Variables de temperatura ambiental, del suelo y del agua por muestreo y clasificadas por períodos, con valores de abundancia relativa de <i>Spea hammondii</i> .....	44

## Lista de tablas

Tabla		Página
1	Sitios muestreados por período.....	16
2	Promedio de las variables climáticas para ausencia y presencia en la emergencia de <i>Spea hammondii</i> .....	26
3	Pruebas estadísticas de las variables climáticas entre los períodos de actividad de la especie.....	28
4	Aportaciones de los componentes principales y de cada una de las variables climáticas a partir de que emergió la especie.....	30
5	Resultados del modelo lineal generalizado para presencia-ausencia de <i>Spea hammondii</i> a partir de que emergió la especie.....	31
6	Estadística descriptiva de los individuos, abundancia relativa y variables climáticas por período de muestreo.....	62
7	Relación de los registros de <i>Spea hammondii</i> por fecha y sitio de muestreo.....	63
8	Descripción de los sitios y abundancia relativa de <i>Spea hammondii</i> durante la fase de máxima abundancia.....	64

## Capítulo 1. Introducción

---

Desde la década de los setentas las poblaciones de anfibios de todo el mundo se encuentran en declive; sin embargo, es hasta el Primer Congreso Mundial de Herpetología en 1989 cuando los científicos manifestaron su preocupación por su disminución global. En las últimas décadas, el declive se ha incrementado de manera preocupante, con un promedio de cinco especies extintas por año (Stuart *et al.*, 2004). Actualmente se conocen 6,892 especies de anfibios en todo el mundo, de las cuales, 32 % se encuentran amenazadas, y alrededor del 20 % no poseen datos suficientes para determinar su estado de conservación (IUCN, 2020).

México es uno de los países con mayor diversidad de anfibios, posicionándose en quinto lugar global, con 376 especies y un endemismo de 67 % de las especies (Parra-Olea *et al.*, 2014). No obstante, es considerado también el segundo país con más especies de anfibios amenazadas, puesto que el 63 % se encuentran bajo alguna categoría de riesgo en la IUCN (2020), siendo la clase amphibia los vertebrados terrestres más amenazados (Stuart *et al.*, 2008; Frías-Álvarez *et al.*, 2010). Las amenazas derivan de sus preferencias de hábitat y adaptaciones fisiológicas altamente especializadas. Los anfibios poseen una piel altamente permeable y susceptible a la desecación, así como un ciclo de vida complejo que depende de un cuerpo de agua para la reproducción y la metamorfosis; todo esto los hace extremadamente sensibles a los cambios ambientales (Pechmann y Wilbur, 1994; Welsh y Ollivier, 1998).

La disminución de las poblaciones se ha atribuido a diversos factores, como la presencia de especies invasoras, contaminantes químicos, cambio climático y quitridiomycosis, una enfermedad dérmica causada por el hongo patógeno *Batrachochytrium dendrobatidis*, aunque la principal causa se atribuye a la pérdida y fragmentación de su hábitat por actividades antropogénicas (Pechmann y Wilbur, 1994; Stuart *et al.*, 2004; Collins *et al.*, 2009). La destrucción del hábitat conduce al aislamiento y reducción de las poblaciones, lo que puede llevar a la pérdida de la variabilidad genética por endogamia y deriva génica, disminuyendo la adecuación de los individuos y la adaptación de la población, generando baja reproducción, alta mortalidad y, finalmente, la extinción (Cushman, 2006). Los efectos de la pérdida y fragmentación de hábitat pueden tener un mayor impacto cuando se trata de especies con distribuciones muy restringidas, generalmente endémicas, las cuales tienen bajas probabilidades de recolonización, ya que requieren hábitats especializados. Las especies endémicas a menudo son poco comunes o aisladas, y pueden perderse debido a los impactos humanos, por lo que la mayoría están clasificadas como amenazadas o en peligro de extinción (Wake, 1991; Berg y Tjernberg, 1996; Bury, 1999). El aumento de las actividades antropogénicas en México ha transformado y fragmentado los ecosistemas naturales a tal grado que la

mayor parte de las especies de anfibios del país han perdido alguna porción de su hábitat y al menos 36 especies endémicas han perdido más del 50 % de su distribución natural (Ochoa-Ochoa *et al.*, 2009).

La disminución de las poblaciones de anfibios representa un fenómeno que va más allá de la pérdida de la riqueza de especies, ya que estos organismos juegan un papel clave tanto en ecosistemas terrestres como acuáticos, con efectos en la biodiversidad local, así como en el bienestar de los humanos (Pechmann y Wilbur, 1994; Cohen, 2001; Collins *et al.*, 2009). Los renacuajos comen grandes cantidades de algas y al hacerlo, alteran la dinámica de los ecosistemas acuáticos y reducen la tasa de eutrofización, evitando así un crecimiento excesivo de algas que pueden crear condiciones tóxicas para los organismos acuáticos y el agotamiento de oxígeno (Ranvestel *et al.*, 2004; Whiles *et al.*, 2006). Mientras que los adultos regulan las densidades de insectos y otros invertebrados, entre estas especies portadoras de enfermedades infecciosas para el ser humano y plagas de cultivos agrícolas; además, son el principal recurso alimenticio para muchas aves, mamíferos, reptiles y peces. Por lo tanto, su ausencia puede crear un efecto en cascada en las redes tróficas (Pechmann y Wilbur, 1994; Cohen Jr., 2001). Debido a que los anfibios son altamente sensibles a los cambios ambientales, son excelentes indicadores biológicos del estrés ambiental y, por lo tanto, el declive de sus poblaciones son señal de alarma para otras especies incluyendo la humana (Blaustein y Wake, 1990; Welsh y Ollivier, 1998).

México requiere medidas urgentes de conservación de sus anfibios, a pesar de la gran diversidad de estos organismos en el país, los estudios ecológicos básicos y de historia natural siguen siendo escasos (Frías-Álvarez *et al.*, 2010). Este tipo de información permitirá establecer los estados de conservación y diseñar medidas para la protección de las especies, además de ser la base para el desarrollo de diversas disciplinas biológicas concernientes a este grupo. Llenar algunos vacíos en nuestro conocimiento de las especies puede contribuir a su supervivencia a largo plazo. Determinar el hábitat de las especies e identificar sus preferencias, es trascendental para comprender cómo la pérdida o modificación del hábitat puede afectar a las poblaciones (Rittenhouse y Semlitsch, 2007).

## **1.1 Preferencias de hábitat**

Un hábitat es definido como un espacio con características homogéneas físicas y biológicas que les permite a las especies vivir y reproducirse exitosamente (Morris, 1987). Distintas especies presentan diferencias en su adecuación en cada hábitat, lo que genera una segregación espacial entre las mismas (Rosenzweig,

1981). La distribución de los organismos depende tanto de los atributos de la propia especie como del requerimiento de nicho, la tolerancia ambiental y la especialización al hábitat; al igual que de las características del medio que favorecen su ocurrencia, tales como variables climáticas y la heterogeneidad ambiental (Brown *et al.*, 1995; Morris, 1995). La distribución de las especies es dinámica en espacio y tiempo, debido a que existen variaciones temporales en los factores bióticos y abióticos que resultan en una expansión o contracción de la distribución (Mackey y Linder Mayer, 2001).

La selección del hábitat es un proceso jerárquico que involucra una serie de decisiones de comportamiento, innatas y aprendidas, en áreas accesibles para una población. Dichas áreas son diferentes entre sí, física y biológicamente, por lo que la selección natural habrá conducido a que los individuos tiendan a ocupar en primer lugar el hábitat donde la oportunidad de la especie para sobrevivir y reproducirse sea máxima (Fretwell y Lucas, 1970). Mientras que la preferencia de hábitat es el resultado de la selección de ciertos hábitats sobre otros, reflejado en la diferencia de los valores de densidad o abundancia entre hábitats (Krausman 1999). Si bien, se conoce la distribución potencial de una gran cantidad de especies mediante el uso de modelos que predicen distribuciones potenciales (Ochoa-Ochoa *et al.*, 2006), es importante hacer estudios a una escala más fina de manera que se reflejen las características de los hábitats, pues la falta de esta información limita el conocimiento de la respuesta de las especies ante la pérdida de hábitat. Conocer las preferencias de hábitat permitirá hacer modelos más precisos de las distribuciones potenciales, comprender cómo afecta a las especies la transformación de los ecosistemas naturales y poder hacer un manejo adecuado.

El presente trabajo está dirigido al sapo de espuelas occidental, *Spea hammondi*, una especie poco común, de la que se sabe muy poco sobre su historia natural, ya que pasa la mayor parte del año bajo tierra, debido al clima semiárido de California y Baja California en donde habita. En California las poblaciones de la especie han disminuido debido a la expansión del desarrollo urbano y campos agrícolas (Jennings y Hayes, 1994; Fisher y Shaffer, 1996; Stebbins y McGinnis, 2012), mientras que en México no existen estudios sobre la especie y el estado de sus poblaciones, aunque sí existe evidencia de la transformación significativa de su hábitat a causa de actividades antropogénicas (INEGI, 2017). Este trabajo tuvo como principal objetivo describir el hábitat de *Spea hammondi* en Baja California a una escala fina y medir su abundancia para identificar preferencias de hábitat y amenazas potenciales, lo cual permitirá que se elaboren estrategias de conservación adecuadas.

## 1.2 Antecedentes

Baja California es uno de los estados con menor diversidad de anfibios en México, 18 especies, 15 del orden Anura y tres de Caudata (Parra-Olea *et al.*, 2014). Sin embargo, también representa ecosistemas únicos dentro del país, como lo es la región mediterránea con especies propias, atribuido a su aislamiento geográfico e influencia de la Corriente de California (Arroyo, 1999; Mellink, 2002; González-Abraham, *et al.*, 2010). Se sabe poco de los anfibios y en general de los tetrápodos de Baja California, particularmente del mediterráneo, comparado con otras regiones mediterráneas del mundo (Mellink, 2002), pues la mayor parte de la investigación en México se ha dirigido a las zonas tropicales del país donde existe una mayor riqueza de especies y número de biólogos.

Los anfibios que ocurren en zonas áridas y semiáridas como Baja California han desarrollado adaptaciones ecofisiológicas y diversos comportamientos para contrarrestar la escasez de agua, lo cual los hace sumamente interesantes. Algunas de las adaptaciones son la estivación, comportamientos fosoriales, aceleración del desarrollo de larvas, osmorregulación, formación de capullos, termorregulación por reflectancia y disminución de la tasa metabólica. Cada especie puede presentar uno o varios de estos mecanismos (Aguillón-Gutiérrez, 2018).

### 1.2.1 *Spea hammondi* (Baird, 1859, "1857")

La familia Scaphiropodidae está compuesta por siete especies y los géneros *Spea* y *Scaphiopus*, las cuales habitan en zonas áridas. El género *Spea* está compuesto por cuatro especies que se extienden por México, Estados Unidos y Canadá (García-París *et al.*, 2003; Frost, 2020). *Spea hammondi* o sapo de espuelas occidental, es la especie con la distribución más restringida dentro del género, ocupando el Valle Central y suroeste de California, así como el noroeste de Baja California desde la costa hasta las estribaciones de la Sierra Juárez y El Rosario como límite sur (Grismer, 2002). Vive en diferentes tipos de hábitats que incluyen pastizales, chaparrales, matorrales y bosques de pino. Se encuentra generalmente desde el nivel del mar hasta los 900 m de altitud, aunque se han registrado algunos individuos a una altitud máxima de 1,410 m (Jung *et al.*, 2001; Shedd, 2016; Stebbins y McGinnis, 2018). Es un sapo de tamaño mediano, con adultos que alcanzan los 6.5 cm de longitud. Su coloración varía de verde claro a gris, con manchas más oscuras en el dorso, tubérculos de color naranja o rojizo, extremidades irregularmente manchadas y ventralmente de color blanquecino a amarillo. Puede distinguirse de otros sapos por una protuberancia

negra semicircular en el talón que utiliza para excavar y por sus pupilas verticales (Figura 1) (Grismer, 2002; Stebbins y McGinnis, 2018).



**Figura 1. Individuo de *Spea hammondi*.** Capturado en La Misión, Baja California, 2020. Foto del autor.

A pesar de que las condiciones de baja humedad de esta región no son favorables para una gran cantidad de anfibios, comparado con las regiones tropicales y otras regiones másicas, esta especie se ha adaptado a las sequías y a las altas temperaturas. Debido a la alta permeabilidad de su piel y a la susceptibilidad de desecación, pasa alrededor de ocho meses bajo tierra en estivación y solo se le puede encontrar activo en la superficie durante la temporada de lluvias cuando emerge para alimentarse y reproducirse en charcas temporales; por lo que generalmente este sapo ocurre en llanuras abiertas que permitan la formación de pozas estacionales (Shoemaker *et al.*, 1969; Jennings y Hayes, 1994; Stebbins y McGinnis, 2018).

La estivación es un mecanismo de comportamiento que usan algunos anfibios de zonas áridas, durante la temporada del año en el que las condiciones ambientales no son favorables. Disminuyen la tasa metabólica, retienen líquidos y usan las reservas de grasa para obtener energía y realizar funciones fisiológicas básicas, ya que durante esta etapa no ingieren alimentos (Aguillón-Gutiérrez, 2018; Stebbins y



McGinnis, 2018). Los individuos al enterrarse, regulan su profundidad con relación en la temperatura y la disponibilidad de humedad; se han encontrado a profundidades de 20 hasta 90 cm (Ruibal *et al.*, 1969; Márquez *et al.*, 2016). Los sitios de estivación son excavados por los mismos sapos o pueden usar madrigueras ya hechas por tuzas, ardillas o ratas canguro (Baumberger *et al.*, 2019). Debido a que *S. hammondii* pasa la mayor parte del año enterrado, las características del suelo son un factor importante en su hábitat, pues cada tipo de textura le podría proporcionar en diferente medida la capacidad de mantener la humedad, así como de enterrarse (Preston, 2009).

Para entender que suelos prefieren para enterrarse es necesario conocer la textura y tamaño de sus componentes a través de su granulometría. Los suelos se clasifican en texturas de arena, limo y arcilla. La arena es la de mayor tamaño (0.063 a 2 mm) con una capacidad baja de retención de agua, debido a los grandes espacios entre sus partículas, por lo que facilita el drenaje y la circulación del aire, además, al estar más sueltos son más fáciles de trabajar. El limo es de tamaño intermedio (0.004 a 0.063 mm), son suelos fáciles de trabajar y forman terrones fáciles de deshacer cuando están secos. La arcilla son los de menor tamaño (< 0.004 mm), cuando se humedecen se expanden y se vuelven pegajosos, son suelos pesados ya que pueden retener mucha agua, pero difíciles de trabajar cuando se secan (IUSS, 2015).

Se ha postulado que la emergencia en sapos de la familia Scaphiropodidae está sincronizada con las vibraciones generadas por la lluvia, pues estos organismos poseen un órgano en el oído interno, llamado sáculo, involucrado en la detección de vibraciones de baja frecuencia que son transmitidas por el sonido de la lluvia a través del suelo, evitando así salidas en falso (Dimmit y Ruibal, 1980; Márquez *et al.*, 2016). La temperatura es también un factor importante para la emergencia y actividad en la superficie, pues al tratarse de organismos ectotermos, afecta directamente su adecuación a través del desempeño de variables conductuales y fisiológicas; al igual que la humedad debido a las características de su piel (Wells, 2007). Se desconocen los parámetros y requerimientos ambientales para *S. hammondii*.

La presencia de *Spea hammondii* en la superficie ocurre durante la temporada de lluvias. No obstante, en algunas ocasiones, se ha registrado a la especie fuera de esta temporada cuando existen las condiciones ambientales adecuadas durante lluvias aisladas, por lo que se cree que puede ser una especie oportunista (Thomson *et al.*, 2016). Es una especie de hábitos nocturnos, con un pico máximo de actividad durante las primeras tres horas de oscuridad (Groff *et al.*, 2012). Se le puede encontrar congregado en las pozas estacionales y en las áreas aledañas, aunque también se le puede escuchar vocalizando durante el día, refugiado debajo de rocas y detritos, o enterrado a poca profundidad, de 2 a 10 cm (Ruibal *et al.*, 1969; Grismer, 2002; Stebbins y McGinnis, 2018).

La reproducción ocurre entre enero y mayo, dependiendo de las condiciones ambientales como la temperatura y la precipitación. Los sapos machos, para reproducirse, atraen a las hembras con vocalizaciones. Las hembras ponen de 300 a 500 huevos en racimos de 10 a 42 huevos, unidos a tallos de plantas u otros objetos; los huevos eclosionan de uno a seis días y el desarrollo larval dura de 30 a 79 días (Morey, 1998; Stebbins y McGinnis, 2012). Tienen una mortalidad sustancial de larvas por la desecación de pozas, aunque Morey y Reznick (2004) demostraron que las larvas de *S. hammondi* tienen una alta plasticidad fenotípica, ya que pueden acelerar la metamorfosis y transformarse en sapos con la cola muy reducida en tan sólo 14 días cuando la poza comienza a secarse y los recursos alimenticios disminuyen, aunque la metamorfosis también es dependiente de la temperatura, siendo más prolongada a menores temperaturas. Una mayor duración de las pozas estacionales, con suficientes recursos alimenticios y temperaturas más bajas, influye positivamente en el desarrollo de los individuos como un mayor tamaño al finalizar la metamorfosis, aunque esto puede implicar un mayor riesgo de depredación de los renacuajos (Morey y Reznick, 2001, 2004).

Los cuerpos de agua juegan un papel importante, tanto en adultos para la reproducción, como en el desarrollo de los renacuajos. De esta manera, las pozas vernaes son fundamentales como hábitat de *S. hammondi*; estas pozas son definidas como humedales estacionales, con una breve etapa de anegación y que culmina en condiciones extremas de desecación por un período prolongado (Keeley y Zedler, 1998).

Las pozas vernaes no ocurren en todas partes y varían ampliamente en forma y tamaño. Son típicas de climas mediterráneos, por lo que sostienen a la biota adaptada a condiciones muy húmedas de invierno y primavera, seguidas de condiciones muy secas de verano y otoño. Su ocurrencia depende principalmente de la geomorfología, ubicadas en pendientes suaves de las mesetas o en los valles de la parte baja de las cuencas (Baskin, 1994; Bauder y McMillan, 1998; Keeley y Zedler, 1998).

Las características fisicoquímicas del agua en las pozas influyen significativamente en la abundancia de los anfibios, ya que la reproducción, así como el crecimiento y desarrollo de los renacuajos, depende en gran medida de factores como pH y temperatura (Buchholz y Hayes, 2000). De manera general, la acidificación de los cuerpos de agua ha impactado negativamente a los anfibios, con una alta mortalidad en pozas con un pH menor a 4, aunque algunas especies suelen ser más sensibles a la acidificación (Pierce, 1985; Freda, 1986). Mientras que los intervalos de temperatura a los que pueden tolerar los anfibios, van de 4 a 34 °C en adultos, afectando la reproducción y movilidad y de 12 a 40 °C en el tiempo de desarrollo de los renacuajos (Brattstrom, 1963). Los valores óptimos de temperatura y pH en los cuerpos de agua son distintos en cada especie de acuerdo al clima de los sitios donde se distribuya, a sus adaptaciones

fisiológicas y a la plasticidad fenotípica. Para *S. hammondii* se han registrado individuos en pozas con pH de 7.1 a 10.1 y temperaturas de 9 a 32 °C (Brown, 1967a; Morey y Reznick, 2004); sin embargo, se desconoce con precisión su tolerancia y los valores óptimos para la especie.

### 1.2.2 Estado de conservación de *Spea hammondii*

*Spea hammondii* se encuentra en la lista roja de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (IUCN), bajo la categoría de Casi Amenazada (NT) y está cerca de calificar como Vulnerable (VU), debido a la pérdida de hábitat en gran parte de su área de distribución (Santos-Barrera *et al.*, 2004). Se sabe que en California permanecen algunas poblaciones aisladas al norte, mientras que al sur del mismo estado se ha eliminado la mayor parte de su población desde la década de 1950, a causa de la expansión agrícola y el desarrollo urbano. La pérdida de su hábitat es alarmante, pues el 80 % al norte de California ahora se encuentra transformado, mientras que, en el centro y sur más del 30 % de su hábitat ha sido transformado, donde actualmente continua la expansión urbana (Jennings y Hayes, 1994; Fisher y Shaffer, 1996; Stebbins y McGinnis, 2012). Dado que su hábitat está en peligro y que aún se desconocen diversos aspectos de su biología, el Departamento de Pesca y Vida Silvestre de California, ha reconocido a *S. hammondii* como Especie de Especial Preocupación (SSC, por sus siglas en inglés) y se ha iniciado una revisión para incluirla en la Ley de Especies en Peligro de Extinción de Estados Unidos (Thomson *et al.*, 2016). Aunque, algunas poblaciones están protegidas por pequeñas reservas de la vida silvestre en California (Santos-Barrera *et al.*, 2004).

En México se desconoce el estado de conservación de *S. hammondii*, por lo que nos dimos a la tarea de identificar el porcentaje de suelo transformado dentro de su área de distribución potencial en Baja California (Santos-Barrera *et al.*, 2004), usando la capa vectorial de INEGI "Uso del suelo y vegetación, serie VI" (2017), en el sistema de información geográfica QGIS 3.6 (QGIS Development Team, 2019); donde alrededor del 21 % del hábitat de *S. hammondii* en Baja California ha sido modificada por actividades antropogénicas de agricultura (11.5 %), desarrollo urbano (3.5 %) y pastizal inducido (6 %). No obstante, si consideramos únicamente la superficie de planicies, donde pueden formarse cuerpos de agua temporales, cerca del 50 % ha sido transformada, principalmente por agricultura (28.2 %), seguido de desarrollo urbano (9.8 %) y pastizal inducido (8.8 %) (INEGI, 2017).

La principal amenaza de *S. hammondii* es la conversión del hábitat y pérdida de pozas vernaes, así como la alteración de su hidroperíodo por la agricultura de riego, acuicultura y la formación de estanques para ganado (Jennings y Hayes, 1994; Groff *et al.*, 2012; Stebbins y McGinnis, 2012; Thompson *et al.*, 2016). Históricamente, *S. hammondii* se reproduce en pozas estacionales. Sin embargo, debido a la pérdida de hábitat se ha observado que usan cuerpos de agua artificiales como estanques para ganado, lo cual afecta a la especie ya que el reclutamiento puede ser ineficaz por la presencia de depredadores y competencia con otras especies que requieren de cuerpos de agua de mayor duración (Thompson *et al.*, 2016). Las sequías y los efectos del cambio climático influirán en las poblaciones de *S. hammondii*, ya que los cuerpos de agua estacionales requieren de condiciones climáticas y un hidroperíodo específicos (Baumberger *et al.*, 2020). Entre otras amenazas se encuentra la presencia de ganado, al modificar las variables fisicoquímicas de las pozas e influir en la supervivencia de los renacuajos (Knustson *et al.*, 2004); así como la presencia de caminos de tránsito intenso al fragmentar los ecosistemas y afectar a las poblaciones por atropellamientos.

Otra amenaza es la presencia de depredadores no nativos. Dentro del área de distribución de *S. hammondii* se han registrado algunas especies introducidas como ranas toro (*Lithobates catesbeianus*) (Hayes y Warner, 1985; Jennings y Hayes, 1994; Fisher y Shaffer, 1996). *Lithobates catesbeianus* es un anuro originario del este de Estados Unidos, el cual puede llegar a medir más de 20 cm de longitud (Bury y Whelan, 1984). Se ha considerado como una de las especies exóticas más invasivas por el serio impacto que ha causado a la diversidad biológica a nivel global, debido su alto índice de depredación y a la disminución del éxito reproductivo de especies nativas (Lowe *et al.*, 2000). Su introducción ha sido ocasionada por su uso como especie ornamental, controlador biológico de plagas, pero principalmente por su cría para la comercialización de la carne de sus ancas (Jennings y Hayes 1985) ocasionándose escapes accidentales o liberación intencional para su cría en los ecosistemas. Ha sido introducida en México y en otros países de América. Tiene una alta capacidad de colonización en los diferentes cuerpos de agua, por lo que puede representar un riesgo para la fauna local por su comportamiento depredador hacia todo tipo de vertebrados como otras especies de anuros, peces, roedores, aves, etc. (Hayes y Warner, 1985).

### 1.2.3 Estudios previos de *Spea hammondi*

La investigación sobre *Spea hammondi* ha sido principalmente en laboratorio y en algunas localidades de California, cubriendo aspectos reproductivos y de desarrollo de los renacuajos (Burgess, 1950; Brown, 1967a, 1967b; Denver *et al.*, 1998; Morey, 1998; Morey y Reznick, 2001, 2004; Groff *et al.*, 2012; Baumberger *et al.*, 2020). Las relaciones filogenéticas de *S. hammondi* a nivel de familia y género también han sido estudiadas (Sattler, 1980; Wiens y Titus, 1991; García-París *et al.*, 2003). Recientemente Neal *et al.* (2018) estudiaron la estructura genética de la especie a lo largo de toda su distribución mediante loci nucleares y mitocondriales. Encontraron para ambos tipos de marcadores moleculares que la especie consiste de dos grupos alopatricos genéticamente distintos, divididos de manera transversal en el sur de California. Para corroborar los grupos genéticos e identificarlos como unidades de conservación desde una perspectiva ecológica, se aplicó una prueba de identidad de nicho para cada grupo, al ser significativamente diferentes, sugieren que pueden ser ecológicamente no intercambiables. Dada la diferenciación genética y ecológica significativa de los grupos, se sugiere que los esfuerzos de conservación consideren a cada uno como una unidad separada con necesidades de manejo diferentes, puesto que tienen presiones ambientales e historias evolutivas distintas.

Sobre la historia natural de *S. hammondi* se conocen algunos datos en localidades de California, aunque no ha sido estudiado a profundidad (Childs, 1953; Ruibal *et al.*, 1969; Shoemaker *et al.*, 1969; Dimmit y Ruibal, 1980; Shedd, 2016). Baumberger *et al.* (2019) implantaron radiotransmisores en 15 individuos de *S. hammondi* capturados en Orange Country, California, EE.UU., y registraron sus movimientos entre enero de 2012 y enero de 2013, con una distancia media de 40 m y una distancia máxima de 262 m, entre las pozas de reproducción y los sitios de enterramiento, ofreciendo más detalles de su biología. Otros datos importantes para la especie fue la relación del movimiento con la precipitación, así como el uso de los tipos de suelo y de la cobertura vegetal. No obstante, algunas de las limitantes fueron el tamaño de muestra, así como el área de estudio que consta únicamente de dos sitios en la costa de California.

Aún falta mucha información de *S. hammondi* acerca del uso del hábitat e historia natural de las poblaciones silvestres, desde la metamorfosis hasta la edad adulta. El comportamiento estacional de la especie crea desafíos para su estudio, ya que permanece bajo tierra durante períodos prolongados. Además de lo anterior, el estado de las poblaciones no ha sido estudiado formalmente. Algunos estudios han indicado las localidades con poblaciones existentes en California (Jennings y Hayes 1994); sin embargo, se desconoce el tamaño total de la población adulta. En cuanto a Baja California, no existen estudios de *S. hammondi*, a excepción de registros ocasionales que pudieron observarse en la base de datos de la Global

Biodiversity Information Facility (<https://www.gbif.org>, consultado en septiembre de 2019). Para la conservación de *S. hammondii* es de suma importancia tener información sobre su abundancia y sus requerimientos de hábitat esenciales para comprender cómo la pérdida o modificación del hábitat puede afectar a su población. Asimismo, la actividad superficial de *S. hammondii* al estar limitada al período de lluvias, es fundamental identificar las condiciones favorables para su emergencia y actividad en la superficie.

### **1.3 Hipótesis**

La ocurrencia y abundancia de *Spea hammondii* en el noroeste de Baja California variará a lo largo de la temporada de lluvias y entre sitios, debido a fluctuaciones en las condiciones climáticas, así como a la heterogeneidad del paisaje y a presiones antropogénicas.

### **1.4 Objetivos**

#### **1.4.1 Objetivo general**

Identificar preferencias de hábitat de *Spea hammondii* mediante asociaciones de abundancia y presencia-ausencia, con variables ambientales en el noroeste de Baja California durante la temporada de lluvia de enero a mayo de 2020, para generar información que permita desarrollar estrategias de conservación efectivas.

#### **1.4.2 Objetivos específicos**

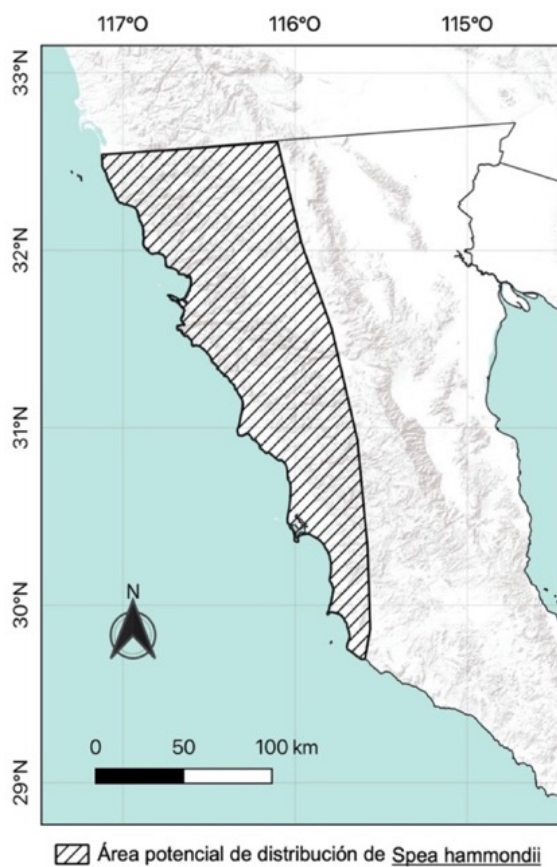
1. Identificar las variables climáticas que influyen en la emergencia y abundancia de *Spea hammondii*, debidas a las fluctuaciones en las condiciones climáticas dentro de la temporada de lluvias.

2. Estimar la abundancia de *Spea hammondi* en los diferentes sitios, para probar si hay variación debido a la heterogeneidad del paisaje.
3. Identificar las amenazas potenciales que influyen en la abundancia de *Spea hammondi*.

## Capítulo 2. Metodología

### 2.1 Área de estudio

El estudio se hizo en Baja California, México, dentro del área de distribución de *Spea hammondi* propuesta por la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (IUCN) en Santos-Barrera *et al.* (2004), la cual se encuentra aproximadamente entre la latitud 32.60° y la longitud 116.10°, y entre la latitud 29.70° y la longitud 115.60°, que comprende la parte oeste a un lado de las sierras de Juárez, desde la frontera norte del país hasta el Rosario en el límite sur (Figura 2). El área de estudio pertenece a la región mediterránea de Baja California (Mellink, 2002), con un clima seco templado, que corresponde a temperaturas medias anuales de 12 a 18°C y una estación de escasa a mediana afluencia de lluvias en invierno, con precipitación de 100 a 300 mm anuales (García, 2004). Así como comunidades vegetales de matorral costero, chaparral y algunas especies de pinos y encinos en las partes más altas cercanas a las Sierras de Juárez (González-Abraham *et al.*, 2010).



**Figura 2. Mapa del área de estudio.** Distribución potencial de *Spea hammondi* en Baja California, México, propuesta por la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (IUCN) (Santos-Barrera *et al.*, 2004). Elaboración propia en QGIS 3.6 (QGIS Development Team, 2019).



## 2.2 Sitios de muestreo

Para seleccionar los sitios de muestreo, se usó el sistema de información geográfica QGIS 3.6 (QGIS Development Team, 2019), donde se caracterizó el área de distribución potencial de *S. hammondi* (IUCN, Santos-Barrera *et al.*, 2004), por texturas del suelo y topoformas, usando las capas de datos vectoriales de INEGI “Conjunto de datos vectoriales edafológico, serie II” (2014), y “Conjunto de Datos Geográficos de la Carta Fisiográfica, serie I” (2001). Se incluyeron planicies donde puedan formarse pozas vernaes, así como diferencias en texturas de suelo de arena, limo y arcilla. Asimismo, nos apoyamos de los registros históricos de *S. hammondi* disponibles en bases de datos de colecciones herpetológicas nacionales y extranjeras recabadas de la Global Biodiversity Information Facility (<https://www.gbif.org>, consultado en septiembre de 2019). Las características de los sitios y la presencia de pozas fueron corroboradas mediante imágenes satelitales, así como salidas de campo prospectivas (Figura 3). Se seleccionaron 12 sitios con una separación mínima de 600 m entre ellos, considerando que la distancia máxima de desplazamiento de *Spea hammondi* es de 262 m (Baumberger *et al.*, 2019). Los sitios se ubicaron en el municipio de Ensenada, de norte a sur en las localidades: Mesa El Descanso, Mesa la Misión, Valle de Guadalupe, Ojos Negros y Héroes de la Independencia (Figura 4).



**Figura 3. Poza vernal.** Sitio El Gato, Baja California, 2019. Foto del autor.

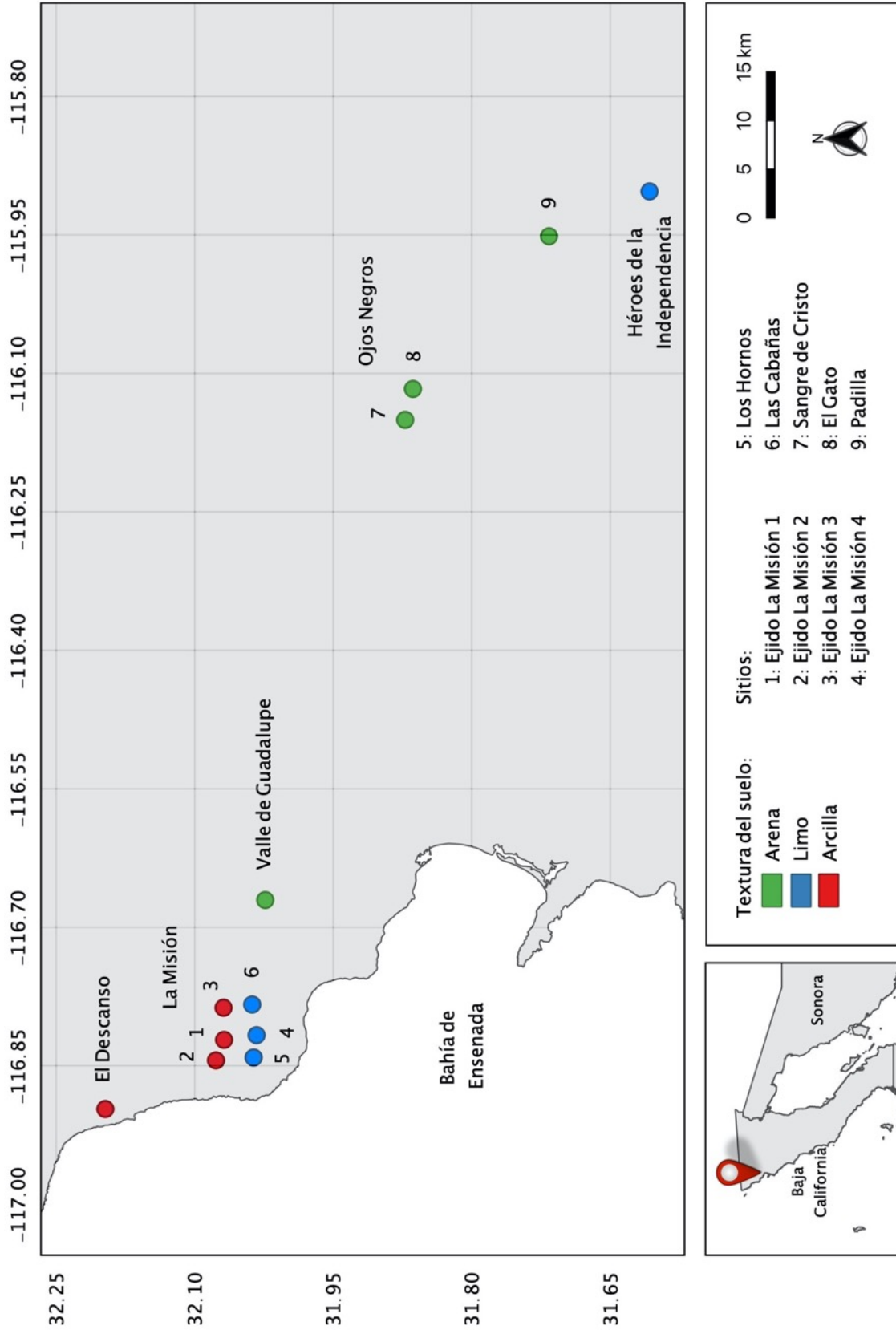


Figura 4. Mapa de los sitios de muestreo. Puntos muestreados en los cuatro periodos, en el noroeste de Baja California, México. Elaboración propia en QGIS 3.6 (QGIS Development Team, 2019).

### 2.3 Muestreo de *Spea hammondii*

Se realizaron 33 muestreos en 12 sitios durante la temporada de lluvias del 28 de enero al 18 de mayo de 2020. Los muestreos por sitio se repitieron mensualmente y se agruparon en cuatro períodos de muestreo. Sin embargo, por situaciones de permisos de entrada a propiedades privadas y el paro de labores general forzado por la COVID-19, en algunos sitios no fue posible continuar los muestreos dentro de los cuatro períodos, por lo que se remplazaron con sitios de características similares en textura del suelo, así como presencia de cuerpos de agua estacionales y de registros históricos de *S. hammondii* (Tabla 1).

**Tabla 1. Sitios muestreados por período.** Se enlistan los sitios muestreados durante el primer período, así como los sitios que se fueron agregando en los siguientes períodos como remplazo de aquellos donde no fue posible continuar el trabajo de campo.

Período de muestreo			
1	2	3	4
El Descanso	-	-	-
Los Hornos	Los Hornos	Los Hornos	Los Hornos
Padilla *	Padilla	-	-
El Gato *	El Gato	El Gato	El Gato
Sangre de Cristo	Sangre de Cristo	Sangre de Cristo	Sangre de Cristo
	Héroes de la Independencia	-	-
	Ejido La Misión 1	Ejido La Misión 1	Ejido La Misión 1
	Ejido La Misión 2	Ejido La Misión 2	Ejido La Misión 2
	Valle de Guadalupe	Valle de Guadalupe	Valle de Guadalupe
		Las Cabañas	Las Cabañas
		Ejido La Misión 3	Ejido La Misión 3
		Ejido La Misión 4	Ejido La Misión 4

\* Sitios visitados dos veces dentro del mismo período

Los muestreos se realizaron dentro de las primeras tres horas de oscuridad, siendo este el pico de actividad en las especies de anuros nocturnos (Aguirre-León, 2011; Groff *et al.*, 2012). Se usaron linternas para hacer conteos de individuos por búsqueda intensiva en la orilla de los cuerpos de agua y en el área adyacente, escudriñando la vegetación, rocas, detritos o cualquier microhábitat que pudiera ser utilizado por la especie, así como búsquedas guiadas por vocalizaciones (Heyer *et al.*, 1994). La abundancia relativa se obtuvo estandarizando el número de registros por esfuerzo de muestreo por minutos invertidos de manera ininterrumpida en cada muestreo.

## 2.3 Registro de variables ambientales

Para determinar qué variables influyeron en la emergencia y abundancia de *S. hammondii*, se tomaron datos ambientales para cada uno de los muestreos realizados. Las variables se clasificaron en aquellas que son influenciadas por condiciones climáticas, por las características de los sitios y amenazas potenciales.

### 2.3.1 Climáticas

#### Temperatura (°C) y humedad ambiental (%)

Se tomaron lecturas al inicio y al final de cada muestreo de la temperatura y de la humedad relativa en el ambiente, usando el medidor portátil Humidity/Temperature Pen (Traceable, EUA) que mide de 0 a 50 °C con una precisión de  $\pm 1$  °C y un rango de humedad relativa del 20 al 95 % con una precisión de  $\pm 3.5$  %.

#### Temperatura (°C) y humedad del suelo ( $m^3/m^3$ )

Se usó la micro estación meteorológica HOBO H21-USB (Onset Computer Corporation, EUA) que permite el almacenamiento de datos para monitorear las condiciones climáticas. Se conectó a la estación meteorológica un sensor de temperatura del suelo HOBO S-TMB-M006 (Onset Computer Corporation, EUA) que mide de -40 a 100 °C con una precisión de  $\pm 0.2$  °C; así como un sensor de humedad del suelo HOBO S-SMD-M005 (Onset Computer Corporation, EUA) que proporciona el contenido volumétrico de agua en el suelo ( $m^3$  de agua/ $m^3$  de suelo) de 0 a 0.570  $m^3/m^3$  con una precisión de  $\pm 0.033$   $m^3/m^3$ . Los sensores fueron colocados a una profundidad de 15 cm y tomaron datos cada cinco minutos durante el muestro. Se utilizó esta profundidad ya que durante la temporada de lluvias la especie suele resguardarse cerca de la superficie (Ruibal *et al.*, 1969).

#### Temperatura del agua (°C)

Se tomó la temperatura del agua al inicio y al final de los muestreos con un termómetro de inmersión de mercurio graduado de 0 a 260 °C con una precisión de medida de  $\pm 2.0$  °C (Brannan Thermometers & Instrumentation, Inglaterra).

### **Precipitación (mm)**

Se tomó la precipitación total por día correspondiente a la fecha del muestreo, registrada en las estaciones meteorológicas del CICESE en Ojos Negros y en Valle de Guadalupe (<http://observatorio.cicese.mx>, consultado en mayo de 2020).

## **2.3.2 Características de los sitios**

### **Textura del suelo**

Se utilizó el sistema de información geográfica QGis 3.6 (QGIS Development Team, 2019) para identificar las texturas del suelo arena, limo y arcilla, mediante la capa de INEGI "Conjunto de datos vectoriales edafológicos, serie II" (2014) corroborándose organolépticamente en campo.

### **Porcentaje de cobertura vegetal**

Se realizaron tres transectos lineales por sitio con una longitud de 40 m, basada en la media de desplazamiento de *Spea hammondi* entre los cuerpos de agua y los sitios de entierro (Baumberger *et al.*, 2019). Se usó el método de líneas de intercepción, el cual consistió en medir todas las intercepciones o proyecciones de arbustos y herbáceas (Canfield, 1941; Smith, 1980; Cuello *et al.*, 1991). No obstante, se excluyó la vegetación herbácea a ras de suelo, ya que ésta no implica refugio o protección para *Spea hammondi*. Asimismo, se realizó una descripción general de la vegetación para cada uno de los sitios.

### **Tamaño de los cuerpos de agua (m<sup>2</sup>)**

Se marcó el perímetro de las pozas en campo con una precisión de  $\pm 3$ m y posteriormente en el sistema de información geográfica QGis 3.6 (QGIS Development Team, 2019) se calculó el área total de los cuerpos de agua por sitio.

### **pH de los cuerpos de agua**

Se realizaron mediciones del pH del agua, usando el medidor portátil Pocket Pro+ Multi 2 Tester (Hach, Alemania) que mide el pH de 0 a 14 con una precisión de  $\pm 0.01$ .

### 2.3.3 Amenazas potenciales

#### Distancia a caminos (m)

Se registró la distancia de la poza a caminos con un tránsito vehicular mayor al de los mismos predios, tales como carreteras o calles, dentro de un radio de 260 m de las pozas, que corresponde a la distancia máxima de desplazamiento reportada de *S. hammondii* (Baumberger *et al.*, 2019).

#### Presencia-Ausencia de ganado

Se registro la presencia o ausencia de ganado en cada sitio, ya sea por la observación de individuos, huellas o excretas.

#### Presencia-Ausencia de especies exóticas.

Se registró la presencia o ausencia de especies exóticas en cada sitio, tales como rana toro (*Lithobates catesbeianus*), considerada una de las especies invasoras más importantes a nivel mundial, la cual se alimenta de anuros y otros organismos (Hayes y Warner, 1985; Lowe *et al.*, 2000).

## 2.4 Interpretación estadística de los datos

Los análisis fueron realizados en R (R Core Team, 2019), usando la aplicación RStudio 1.2.5033 (Rstudio Team, 2019). Los supuestos de la estadística paramétrica fueron comprobados mediante pruebas de normalidad de Shapiro-Wilk, así como pruebas de homocedasticidad de Bartlett cuando las muestras seguían una distribución normal, de lo contrario, se usó la prueba de Levene basada en la mediana. En caso de que no se cumplieran las suposiciones paramétricas se utilizaron estadísticas no paramétricas. La estadística descriptiva incluyó los valores del rango, media y error estándar de la media.

Para utilizar el análisis de varianza para estudiar la abundancia relativa *S. hammondii*, los períodos de muestreo se clasificaron en tres grupos: fase previa a la emergencia, fase de máxima abundancia y fase de disminución. Los sitios dónde no se registró ningún individuo de *S. hammondii* y que a su vez no pudieron ser muestreados durante la fase de máxima abundancia no se consideraron en los análisis, ya que no se

puede identificar si la abundancia cero de dichos sitios fue influenciada por las características del hábitat o por las condiciones climáticas durante los muestreos.

Para comparar la abundancia relativa de *Spea hammondi*, así como las variables climáticas entre los períodos de muestreo, se emplearon pruebas de ANOVA de una vía y de *t* de Student para muestras normales y homocedásticas, así como pruebas de Kruskal-Wallis y U de Mann-Whitney para muestras no normales y heteroscedásticas. Posteriormente, los resultados estadísticamente significativos fueron sometidos a pruebas *post hoc* de Tukey en el caso de ANOVA y de Dunn-Bonferroni para Kruskal-Wallis.

Para identificar asociaciones de la abundancia relativa con las variables ambientales, se usó el coeficiente de correlación Pearson cuando las variables no tenían una distribución normal. En los otros casos se usó el coeficiente de correlación de Spearman. Tanto en los valores positivos como negativos de los coeficientes de correlación (*r*), cuando resultaron de 0 a 0.2, se consideraron una correlación no existente o mínima; de 0.2 a 0.4, baja; de 0.4 a 0.6, moderada; de 0.6 a 0.8, buena y de 0.8 a 1, muy buena.

Para determinar que características de hábitat y amenazas potenciales influyen sobre la abundancia relativa de *S. hammondi*, se repitieron los análisis de comparación de la varianza y de correlaciones lineales, trabajando únicamente con la fase de máxima abundancia, ya que considerar los datos de la fase previa a la emergencia y de la fase de disminución, podrían arrojar información errónea, debido a que la abundancia relativa estaría influenciada por condiciones climáticas desfavorables y no por las características del hábitat. Para este análisis se hizo un reajuste de la fase de máxima abundancia, donde se tomaron en cuenta los muestreos con una abundancia relativa considerable, siempre que fueran cercanos en fechas al segundo período y que no difirieran en las variables climáticas.

Para identificar que variables ambientales explican el mayor porcentaje de la varianza de los datos, y saber cómo están determinando la abundancia relativa y presencia-ausencia de *S. hammondi*, se usó el análisis de componentes principales (ACP), el cual permite construir relaciones con un gran número de variables, obteniendo una mejor interpretación de los datos, a partir de su simplificación en grupos de nuevas variables llamados componentes principales. Posteriormente se usó el modelo lineal generalizado (MLG), empleando la familia binomial cuando se trataba de valores de presencia-ausencia, mientras que para los valores de abundancia relativa se empleó la familia Poisson, la cual es usada para datos de conteos en ecología, debido a una ausencia de normalidad en la distribución de la variable dependiente, es decir, con muchos valores cero y unos pocos con valores elevados de abundancia (Guisan y Zimmermann, 2000).

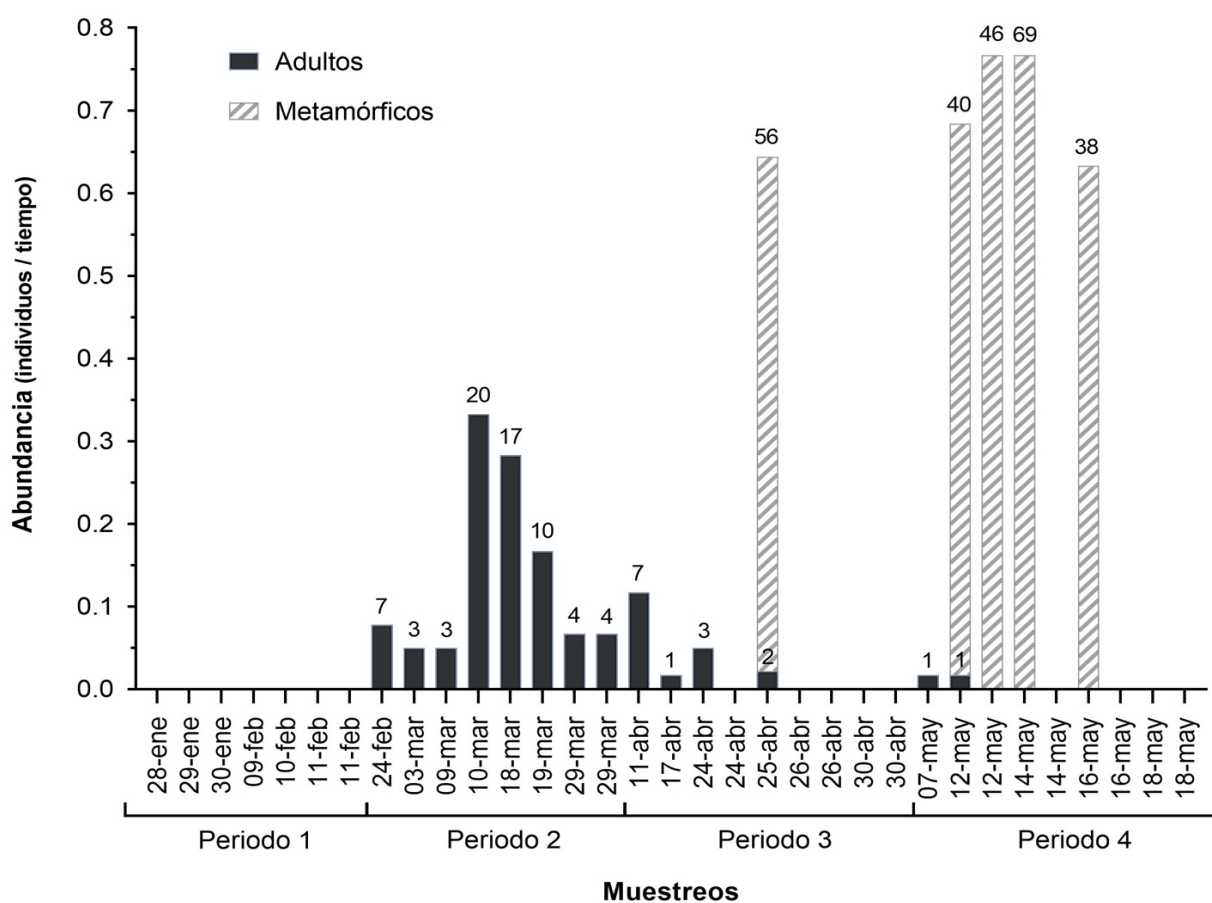
Debido a que algunos equipos para medir variables climáticas fallaron en algunos de los muestreos, se usó la función “pmm” en R, de la librería “mice” para imputar los datos faltantes, con el fin de no reducir el tamaño de la muestra en el análisis de componentes principales, ya que este no permite datos ausentes. El método pmm permite realizar una imputación múltiple de los datos faltantes, para variables cuantitativas que no se distribuyen normalmente; obteniendo valores imputados que se parecen más a los valores reales, en comparación con los métodos estándar basados en la regresión lineal y la distribución normal.



## Capítulo 3. Resultados

### 3.1 Muestreo de *Spea hammondii*

Se registraron 83 individuos de *Spea hammondii* con tallas de 4.5 a 6.2 cm (media 5.4 cm,  $\pm$  0.8 cm), con un promedio de esfuerzo de muestreo de 62.12 minutos en 33 muestreos realizados en 12 sitios en el noroeste de Baja California, del 28 de enero al 18 de mayo de 2020. Se registró a la especie a partir del 24 de febrero y hasta el 12 de mayo de 2020. El número de individuos varió por fecha de muestreo dentro de la temporada de lluvias. Durante el primer período de muestreo no se encontró ningún espécimen; en el segundo período se registraron 68 individuos (81.9 %) con un valor máximo de 20 y mínimo de 3 individuos; en el tercer período se registraron 13 individuos (15.7 %) con un valor máximo de 7 y mínimo de 0 individuos; en el cuarto período se registraron dos individuos (2.4%) con un valor máximo de 1 y mínimo de 0 individuos. Asimismo, en los períodos tercero y cuarto se registraron 249 individuos que recién habían completado su metamorfosis (Figuras 5 y 6, Anexo A).



**Figura 5. Abundancia relativa de *Spea hammondii* por edad y fecha de muestreo.** Los muestreos se agrupan en cuatro períodos de muestreo. Arriba de cada barra se indica el número de individuos registrados por muestreo.



**Figura 6. Individuo metamórfico de *Spea hammondi*.** Individuo que recién ha completado la metamorfosis, presenta remanente de cola. Capturado en La Misión, Baja California, 2020. Foto del autor.

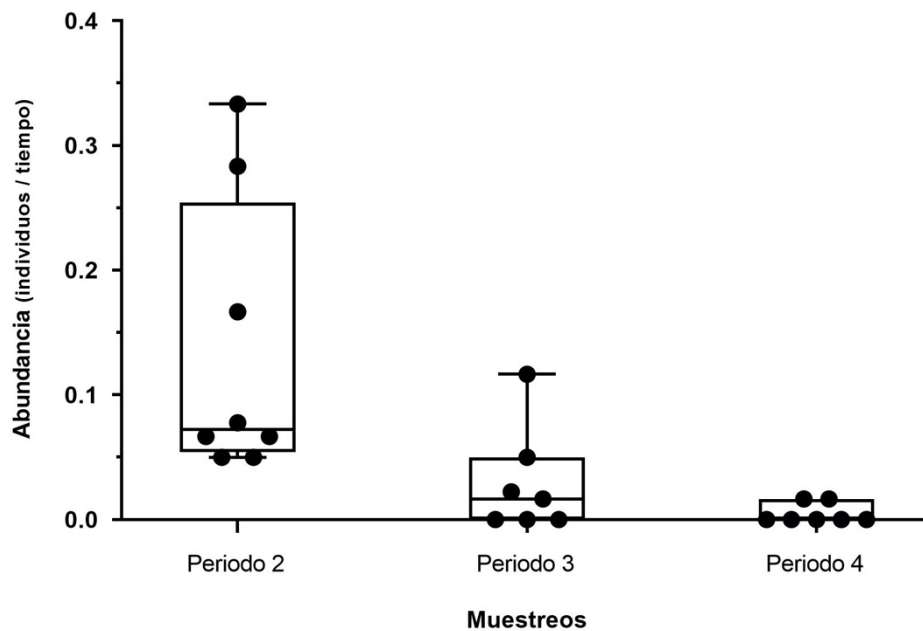
Los tres primeros y los cuatro últimos muestreos con presencia de la especie, consistieron principalmente en registros de vocalizaciones, pues algunos especímenes no pudieron ser avistados, debido a que permanecieron refugiados entre la vegetación o debajo de rocas (Anexo B). En tres de los sitios no se obtuvieron registros de *S. hammondi*, los cuales no pudieron ser muestreados dentro de los cuatro períodos; estos fueron El Descanso, muestreado solo en el primer período, así como Ejido La Misión 3 y Ejido La Misión 4, muestreados solo en los períodos tercero y cuarto. Los resultados de dichos sitios no se incorporarán al análisis.

### **3.1.1 Abundancia relativa de *Spea hammondi***

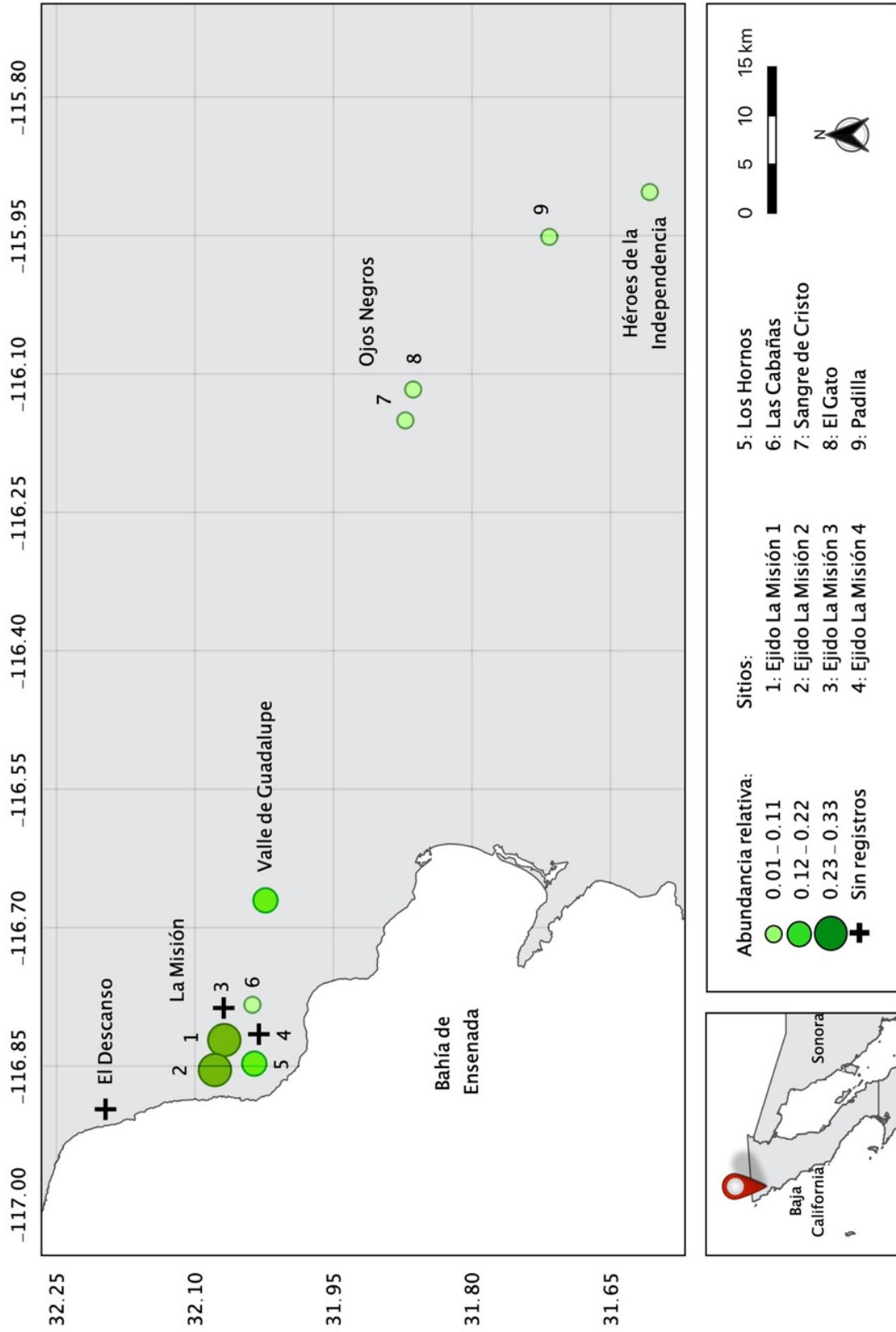
En el primer período de muestreo no se registró ningún espécimen con un promedio de esfuerzo de muestreo de 60 minutos por sitio. En el segundo período se obtuvo una media de 0.137 de abundancia relativa, con un valor máximo de 0.333 y un mínimo de 0.050, con un promedio de esfuerzo de muestreo de 64 minutos por sitio. En el tercer período de muestreo la media de abundancia relativa disminuyó a

0.029, con un valor máximo de 0.117 y un mínimo de 0, con un promedio de esfuerzo de muestreo de 61.4 minutos por sitio. En el cuarto período la abundancia relativa continuó disminuyendo con una media de 0.005, un valor máximo de 0.017 y un mínimo de 0, con un promedio de esfuerzo de muestreo de 64.3 minutos por sitio (Anexo A).

En la prueba de Kruskal-Wallis se encontraron diferencias significativas de la abundancia relativa entre períodos de muestreo a partir de que emergió la especie,  $H=13.50$ ,  $g.l.=2$ ,  $p=0.001$ , donde el segundo período con los valores más altos de abundancia difirió significativamente de los períodos tercero y cuarto, donde se observa una notable disminución de la abundancia relativa (Figura 7). Mientras que el primer período sin registros, se consideró como previo a la emergencia de *S. hammondii*. En la figura 8 se señala la ubicación de los sitios de muestreo, así como la abundancia relativa de *S. hammondii* obtenida por sitio.



**Figura 7. Abundancia relativa de *Spea hammondii* por período de muestreo.** Comparación de la abundancia de *S. hammondii* entre períodos a partir de la emergencia de la especie. Cada punto indica un dato.



**Figura 8. Mapa con abundancia relativa de *Spea hammondii* por sitio.** Valores de abundancia relativa de *S. hammondii* de los sitios muestreados en los cuatro períodos. Elaboración propia en QGIS 3.6 (QGIS Development Team, 2019).

## 3.2 Asociación de *Spea hammondii* con las variables ambientales

### 3.2.1 Climáticas

Los datos de las variables climáticas fueron cambiando a lo largo del muestreo (Anexo A). Asimismo, se encontraron diferencias significativas entre los períodos, asociadas a la emergencia y la abundancia relativa de *Spea hammondii*.

#### Emergencia de *Spea hammondii*

Se encontraron diferencias en las condiciones climáticas entre el primer período de muestreo, previo a la emergencia, y el segundo período cuando la especie emergió, con valores más altos de precipitación y de temperatura y humedad del suelo en el segundo período (Tabla 2). Por otra parte, en los períodos primero y segundo se observó una mayor abundancia relativa de *S. hammondii* durante los días más lluviosos y con la mayor humedad del suelo, así como una temperatura del suelo que osciló los 15°C (Figuras 9-11).

**Tabla 2. Promedio de las variables climáticas para ausencia y presencia en la emergencia de *Spea hammondii*.** Prueba U de Mann-Whitney entre los períodos primero y segundo.

Variable	Período 1	Período 2	Valores estadísticos
	Ausencia de <i>S. hammondii</i>	Presencia de <i>S. hammondii</i>	
Temperatura del suelo	13.7 °C	15.2 °C	U=5 y p=0.857
Precipitación	0.06 mm	3.34 mm	U=16 y p=0.301
Humedad del suelo	0.16 m <sup>3</sup> /m <sup>3</sup>	0.22 m <sup>3</sup> /m <sup>3</sup>	U=4 y p=0.643

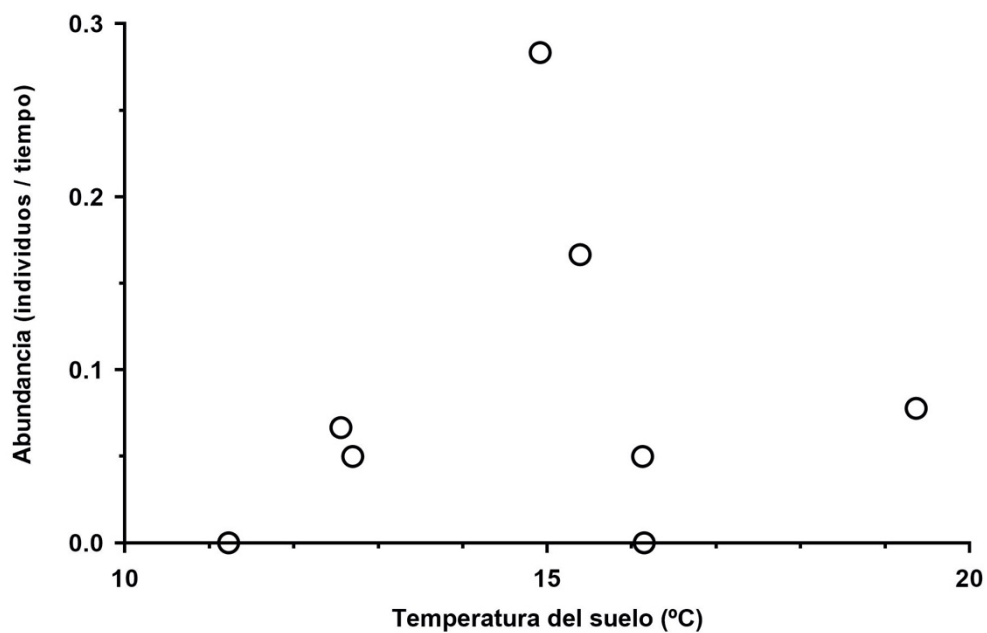


Figura 9. Gráfico de dispersión de la abundancia relativa de *Spea hammondi* y la temperatura del suelo en la emergencia de la especie. Períodos primero y segundo.

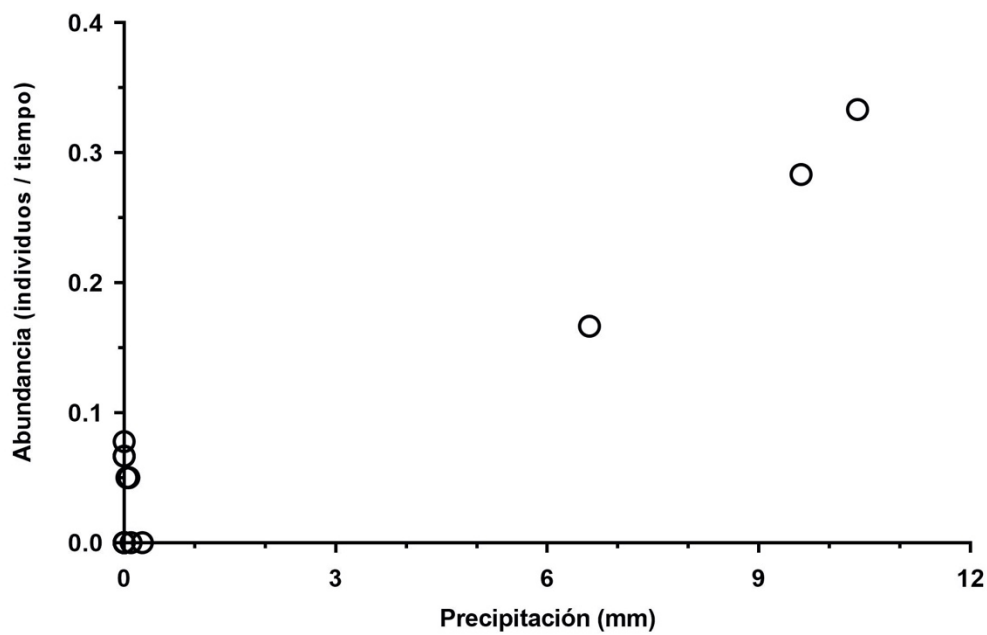


Figura 10. Gráfico de dispersión de la abundancia relativa de *Spea hammondi* y la precipitación en la emergencia de la especie. Períodos primero y segundo.

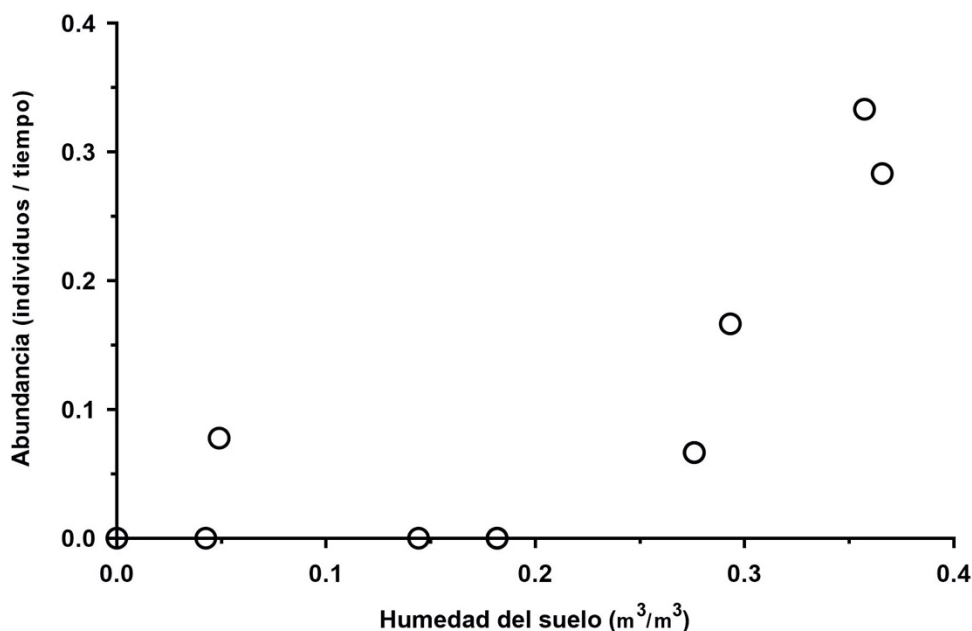


Figura 11. Gráfico de dispersión de la abundancia relativa de *Spea hammondii* y la humedad del suelo en la emergencia de la especie. Períodos primero y segundo.

#### Actividad de *Spea hammondii* en la superficie

Se encontraron diferencias significativas en las variables climáticas entre el segundo período de muestreo cuando emergió la especie y los períodos posteriores cuando la abundancia relativa fue disminuyendo, principalmente entre el segundo y tercer período, donde aumentaron significativamente la temperatura ambiental, del suelo y del agua. Del tercer al cuarto período sólo se encontraron diferencias significativas en la temperatura del suelo; y del segundo al cuarto período se observó un cambio significativo de la precipitación, debido a la lluvia escasa durante el último período de muestreo cuando finalizó la temporada de lluvias (Tabla 3, Figura 12).

Tabla 3. Pruebas estadísticas de las variables climáticas entre los períodos de actividad de la especie. En negritas se indican las variables con diferencias estadísticamente significativas en las pruebas de ANOVA y Kruskal-Wallis, respectivamente, entre los períodos segundo, tercero y cuarto.

Variable	Estadístico	g.l.	Significancia
Temperatura ambiental (°C)	H=9.38	2	<b>p=0.009*</b>
Temperatura del suelo (°C)	F=23.74	2	<b>p&lt;0.001*</b>
Temperatura del agua (°C)	F=8.50	2	<b>p=0.003*</b>
Precipitación (mm)	H=7.81	2	<b>p=0.020*</b>
Humedad ambiental (%)	H=4.07	2	p=0.131
Humedad del suelo (m³/m³)	H=3.81	2	p=0.149

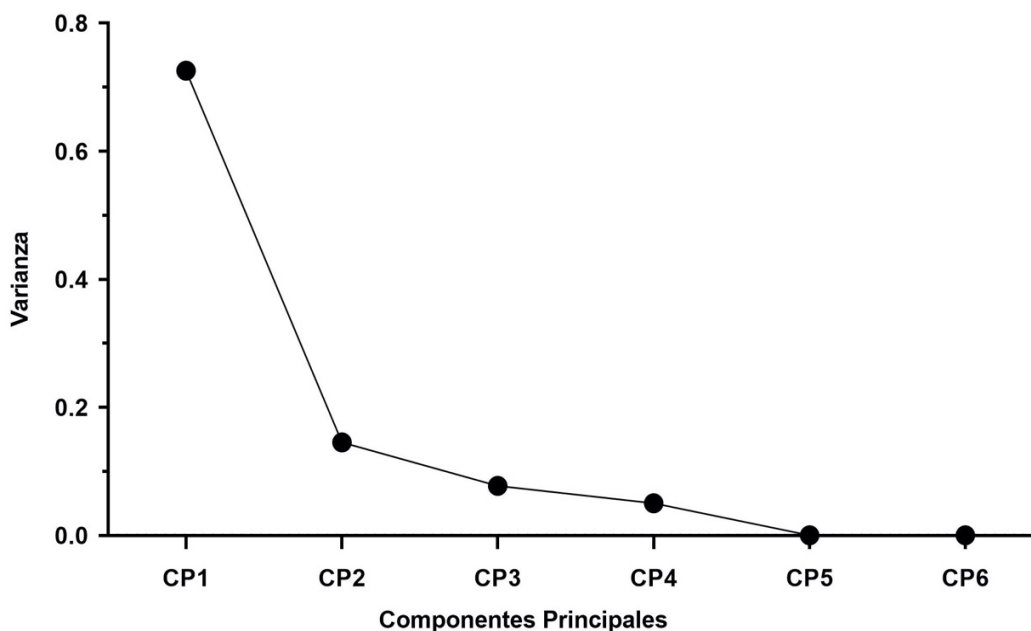
\* p<0.05

		Temperatura ambiental (°C)		
<b>Media:</b>		9.6	12.8	15.8
<b>Período de muestreo:</b>		2	4	3
		Temperatura del suelo (°C)		
<b>Media:</b>		15.2	23	27.5
<b>Período de muestreo:</b>		2	3	4
		Temperatura del agua (°C)		
<b>Media:</b>		15.1	19.8	21.5
<b>Período de muestreo:</b>		2	3	4
		Precipitación (mm)		
<b>Media:</b>		0.00	0.23	3.34
<b>Período de muestreo:</b>		4	3	2

**Figura 12.** Diferencias *post hoc* de las variables climáticas entre los períodos de actividad de *Spea hammondi*. La media de las variables climáticas se encuentra en orden creciente para el segundo, tercero y cuarto período de muestreo. La línea indica los valores entre períodos sin diferencias estadísticamente significativas,  $p > 0.05$ .

El resultado del Análisis de Componentes Principales, obtenido de las variables climáticas a partir de la emergencia de la especie, mostró que los primeros tres componentes principales (CP1, CP2 y CP3) explicaron el 95 % de la variabilidad acumulada (Figura 13). La variabilidad explicada por cada componente principal, así como la contribución de las variables climáticas dentro de cada componente se presentan en la Tabla 4. Dentro de los tres primeros componentes principales, el modelo lineal generalizado indicó que únicamente el componente principal 1 (CP1) era significativo para la presencia-ausencia de *S. hammondi* como variable dependiente (Tabla 5). El componente principal 1 (CP1) explicó el 73 % de la variabilidad, donde las variables con mayor varianza fueron la temperatura ambiental, del suelo y del agua, y en menor medida la precipitación (Tabla 4).





**Figura 13.** Gráfico de sedimentación del Análisis de Componentes Principales sobre las variables climáticas durante los períodos de actividad de *Spea hammondii*. Se explica la varianza para cada componente principal, obtenidos de las variables climáticas del segundo al cuarto período de muestreo. CP: Componente Principal.

**Tabla 4.** Aportaciones de los componentes principales y de cada una de las variables climáticas a partir de que emergió la especie. En negritas se indican los valores más altos de cada componente, obtenidos de las variables climáticas del segundo al cuarto período de muestreo. CP: Componente Principal.

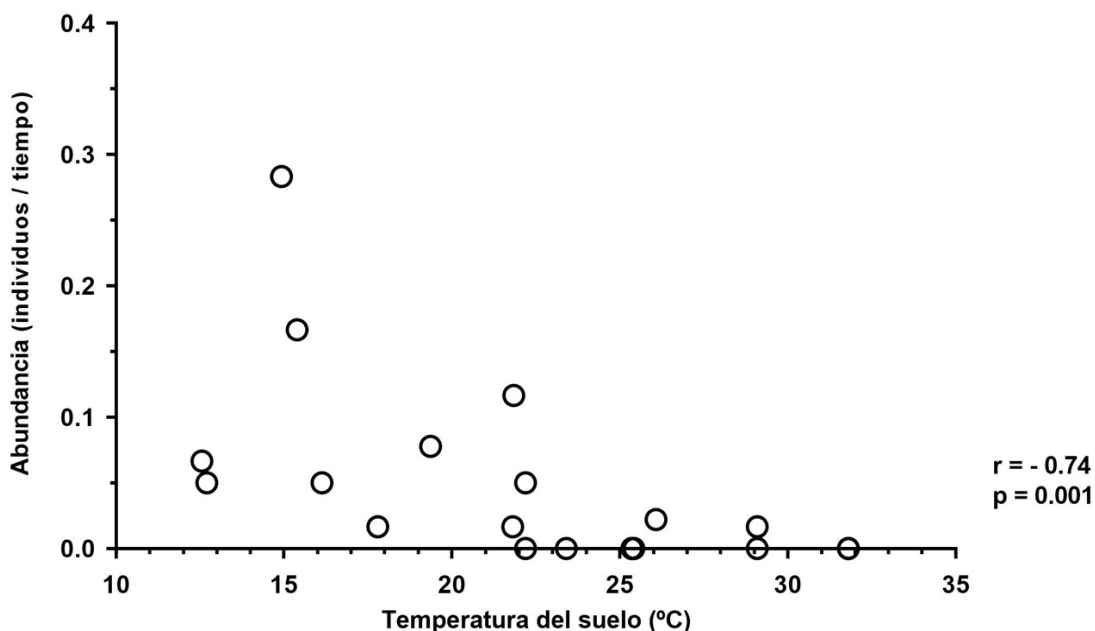
	CP1	CP2	CP3	CP4	CP5	CP6
Desviación estándar	7.4750	3.3451	2.44446	1.96959	0.13633	0.10075
Varianza	0.7261	0.1454	0.07765	0.05041	0.00024	0.00013
Varianza acumulada	0.7261	0.8716	0.94921	0.99963	0.99987	1.00000
<b>VARIABLES:</b>						
Temperatura ambiental	<b>0.3979</b>	0.2855	<b>-0.7355</b>	<b>0.4678</b>	0.0015	-0.0214
Temperatura suelo	<b>0.8108</b>	0.1913	0.1805	<b>-0.5223</b>	0.0209	0.0099
Temperatura agua	<b>0.4154</b>	<b>-0.4303</b>	<b>0.4700</b>	<b>0.6484</b>	-0.0302	0.0011
Precipitación	-0.1077	<b>0.8346</b>	<b>0.4525</b>	0.2936	-0.0283	-0.0065
Humedad ambiental	-0.0063	-0.0005	0.0287	0.0224	<b>0.8268</b>	<b>-0.5614</b>
Humedad del suelo	-0.0051	0.0119	0.0012	0.0350	<b>0.5606</b>	<b>0.8272</b>

**Tabla 5. Resultados del modelo lineal generalizado para presencia-ausencia de *Spea hammondi* a partir de que emergió la especie.** Se muestran los tres primeros componentes principales que explican la ocurrencia de la especie como variable dependiente. CP: Componente Principal.

	Estimado	Error estándar	Valor de z	Valor de p
(Intercepto)	1.240	0.779	1.593	0.111
<b>CP1</b>	0.303	0.143	-2.112	<b>0.035*</b>
<b>CP2</b>	0.155	0.239	0.649	0.516
<b>CP3</b>	0.098	0.235	0.416	0.677

\*  $p < 0.05$

Se obtuvieron correlaciones de Spearman significativas entre la abundancia relativa de *S. hammondi* y las variables climáticas del segundo al cuarto período de muestreo. Éstas fueron “buena” en la precipitación y “moderada” en la humedad ambiental y del suelo; mientras que las correlaciones con las variables de temperaturas resultaron negativas, es decir que, al aumentarse la temperatura disminuyó la abundancia de *S. hammondi*, siendo significativa “buena” la temperatura del suelo (Figuras 14-17).



**Figura 14. Gráfico de dispersión de la abundancia relativa de *Spea hammondi* y la temperatura del suelo durante los períodos de actividad de la especie.** Períodos segundo, tercero y cuarto. Correlación de Spearman negativa “buena” estadísticamente significativa ( $p < 0.05$ ).

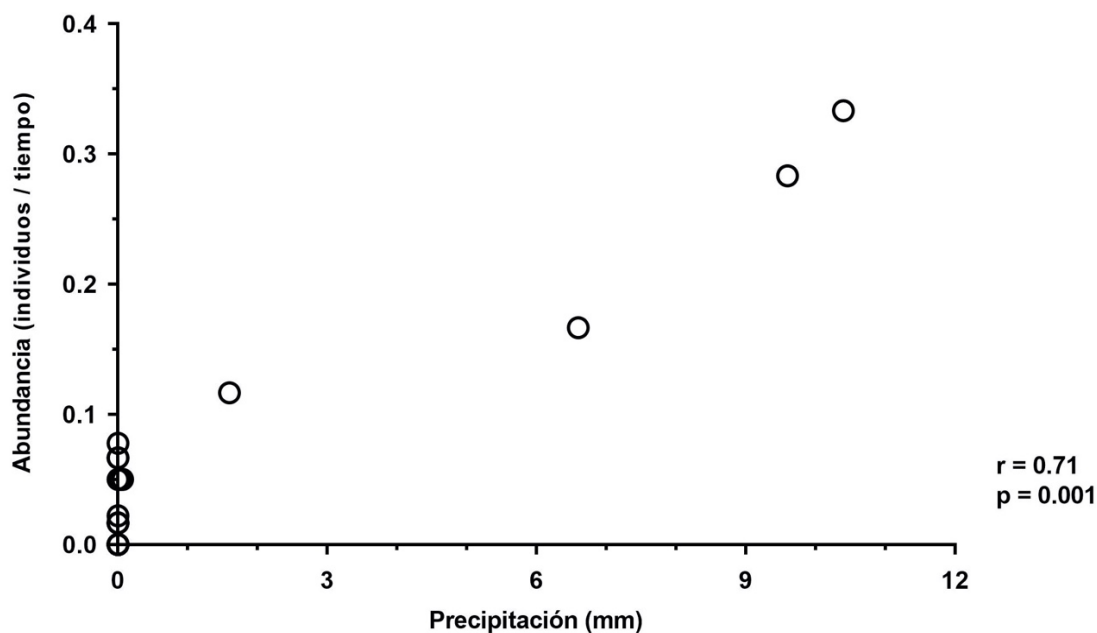


Figura 15. Gráfico de dispersión de la abundancia relativa de *Spea hammondi* y la precipitación durante los períodos de actividad de la especie. Del segundo al cuarto período. Correlación de Spearman “buena” estadísticamente significativa ( $p < 0.05$ ).

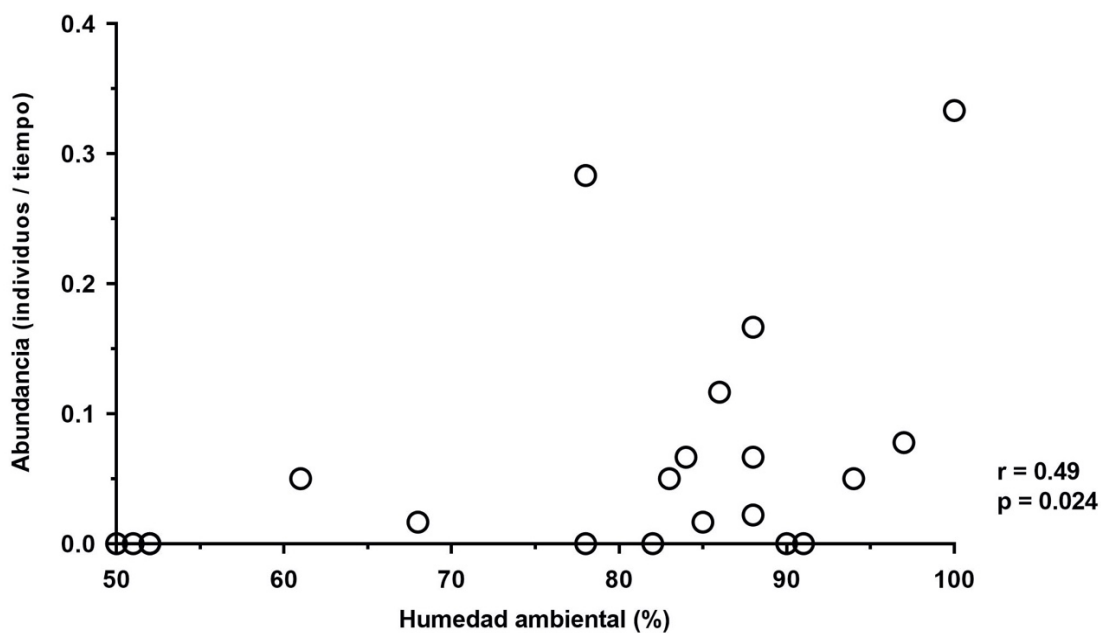
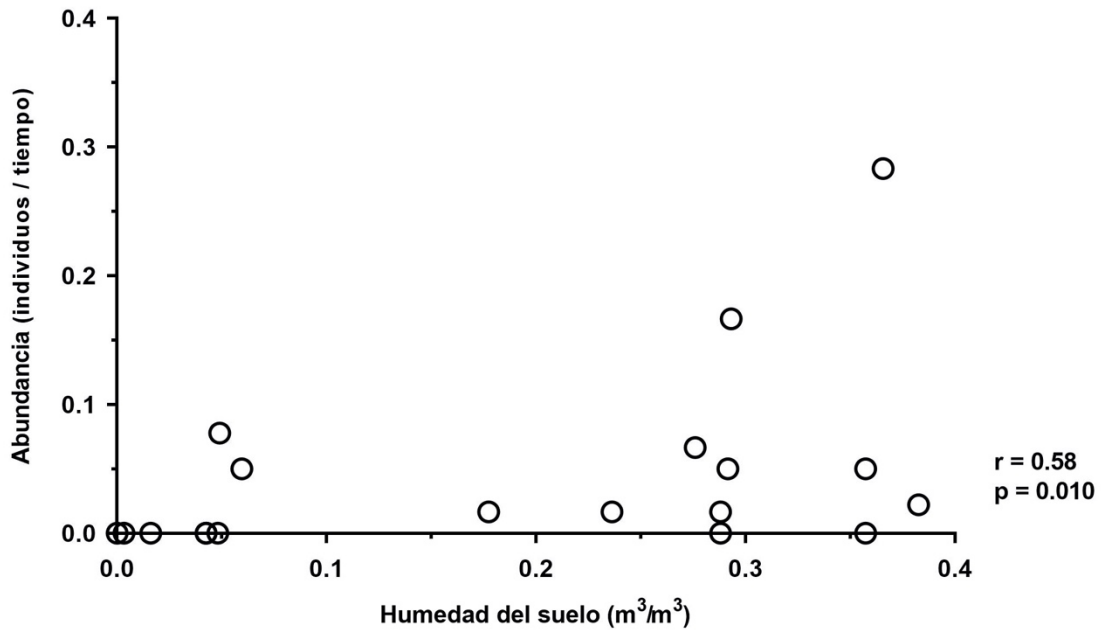


Figura 16. Gráfico de dispersión de la abundancia relativa de *Spea hammondi* y la humedad ambiental durante los períodos de actividad de la especie. Del segundo al cuarto período. Correlación de Spearman “moderada” estadísticamente significativa ( $p < 0.05$ ).

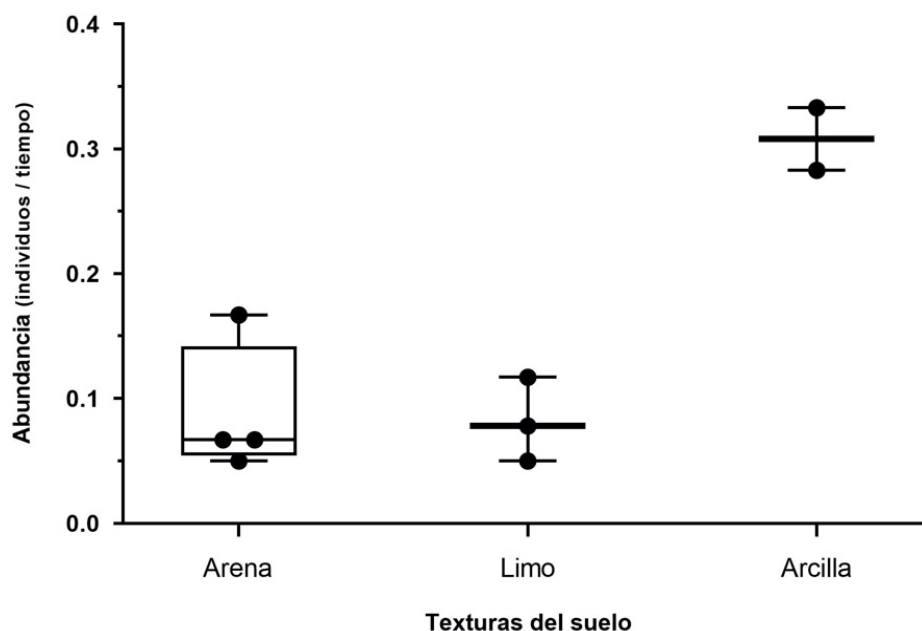


**Figura 17.** Gráfico de dispersión de la abundancia relativa de *Spea hammondi* y la humedad del suelo durante los períodos de actividad de la especie. Del segundo al cuarto período. Correlación de Spearman “moderada” estadísticamente significativas ( $p < 0.05$ ).

### 3.2.2 Características de los sitios

Para identificar preferencias por las características de los sitios, se analizó la abundancia relativa durante el segundo período el cual consistió de ocho muestreos en distintos sitios. Debido a que en el primer muestreo del tercer período la especie se encontró activa con una abundancia relativa de 0.117, aunado a la proximidad en fecha y a las variables climáticas, dicho muestreo fue incluido en el análisis.

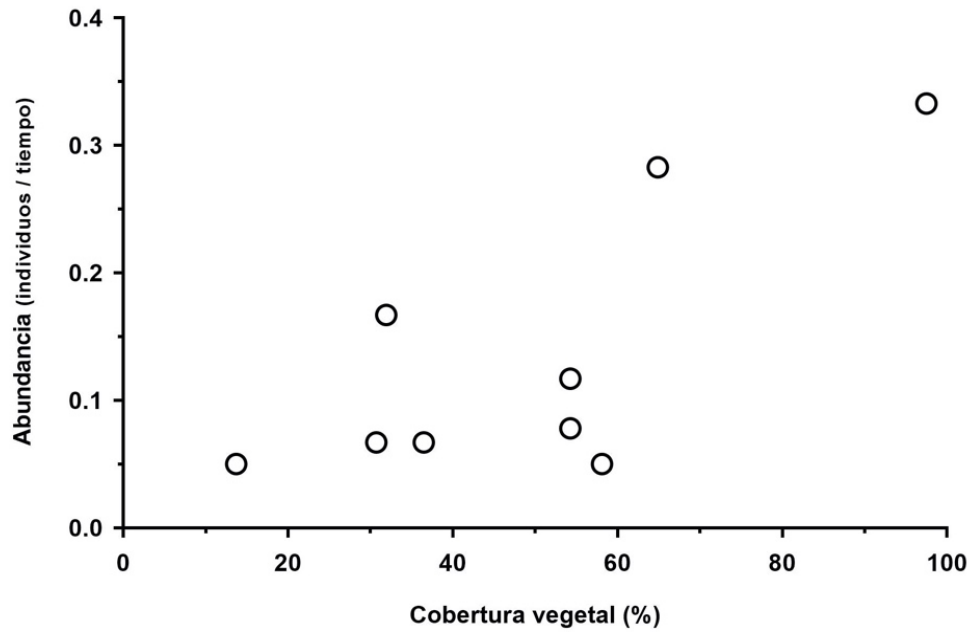
Durante la fase de máxima abundancia, se realizaron muestreos en sitios con texturas de arena, limo y arcilla, donde se observó que la abundancia relativa de *S. hammondi* fue mayor en los sitios con suelos arcillosos (Ejido La Misión 1 y Ejido La Misión 2), mientras que los valores de abundancia en los sitios de limo y de arena fueron menores y similares entre ellos (Figura 18, Anexo C).



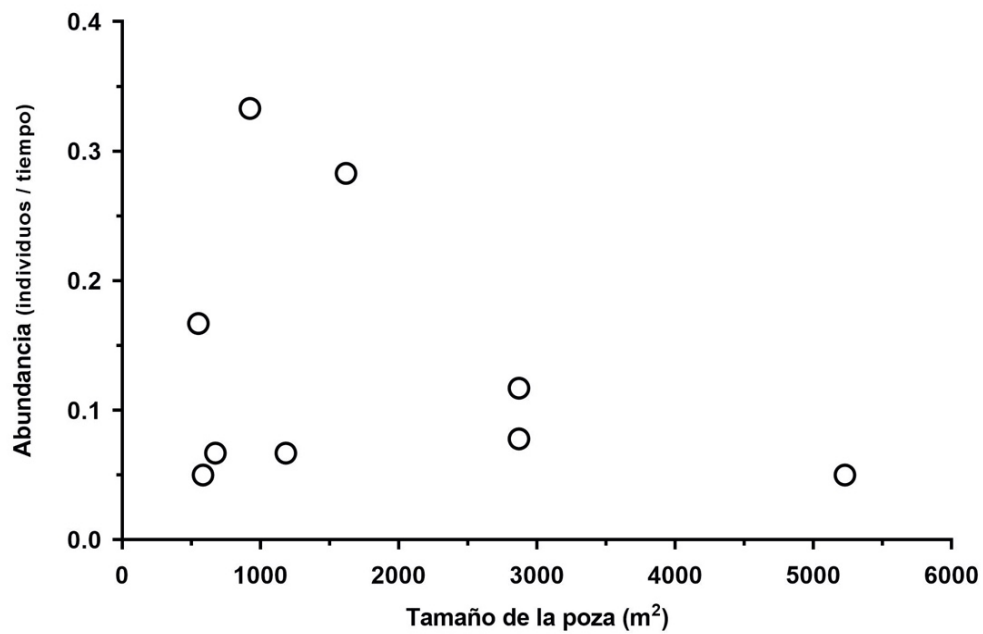
**Figura 18. Abundancia relativa de *Spea hammondi* por textura de suelo.** Comparación de la abundancia relativa por textura de arena, limo y arcilla, durante el período de máxima abundancia. Cada punto indica un dato.

La cobertura vegetal varió entre los sitios muestreados durante el período de máxima abundancia, con valores de 13.7 a 97.5 % de cobertura (Anexo C). Se observó que la abundancia relativa de *S. hammondi* fue más alta cuando la cobertura vegetal fue mayor al 64 % (Ejido La Misión 1 y Ejido La Misión 2), por debajo de esa cobertura la abundancia fue más variable (Figura 19). Se describió la vegetación de los sitios como matorral costero y chaparral (Anexo D). Los sitios de mayor abundancia relativa (Ejido La Misión 1 y Ejido La Misión 2) consistieron en matorral costero con pastizal inducido por campos agrícolas en descanso, sobre los sistemas de pozas vernaes (Anexo D).

Los tamaños de las pozas durante la fase de máxima abundancia tuvieron áreas totales por sitio de 552 a 5,229 m<sup>2</sup> (Anexo C). Se observó que las pozas más pequeñas, entre 552 y 674 m<sup>2</sup> tuvieron una baja abundancia relativa de *S. hammondi*, al igual que las pozas más grandes entre 2,871 y 5,229 m<sup>2</sup>. Mientras que las pozas con tamaños de 924 y 1,620 m<sup>2</sup> (Ejido La Misión 1 y Ejido La Misión 2) obtuvieron los valores más altos de abundancia relativa de *S. hammondi*.

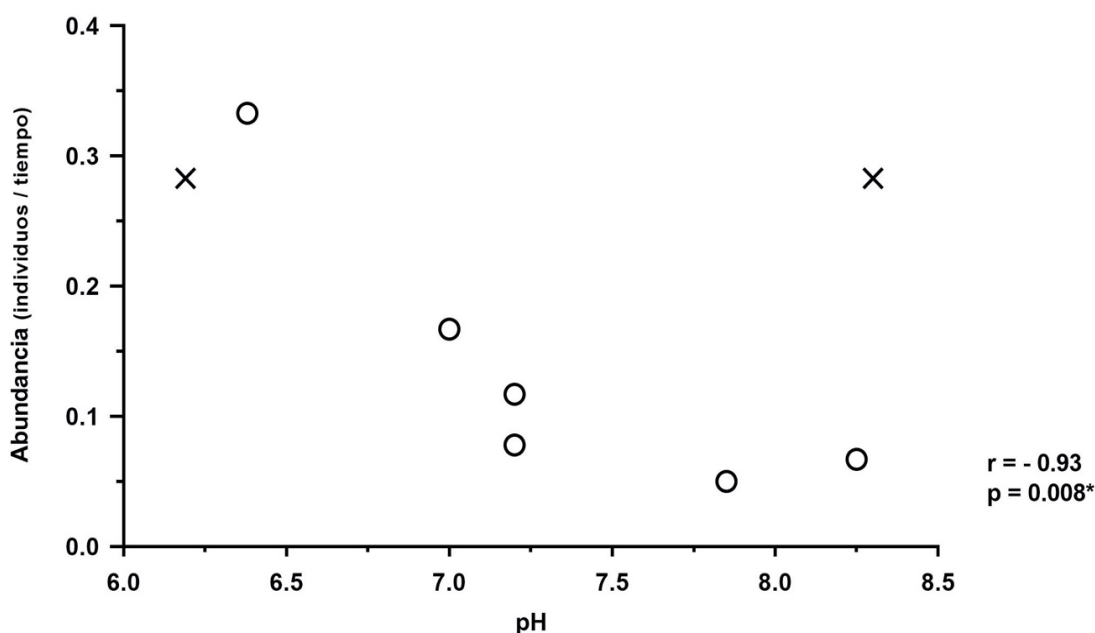


**Figura 19. Abundancia relativa de *Spea hammondi* por cobertura vegetal.** Gráfico de dispersión de la abundancia relativa por cobertura vegetal de los sitios muestreados durante el período de máxima abundancia.



**Figura 20. Abundancia relativa de *Spea hammondi* por tamaño de la poza.** Gráfico de dispersión de la abundancia relativa de la especie por tamaño de la poza en el período de máxima abundancia.

Las pozas presentaron pH ácido, neutro o alcalino, con valores entre 6.19 y 8.3. Sin embargo, los datos de pH para los análisis fueron de 6.38 a 8.25, pues los datos del sitio Ejido La Misión 2 no se consideraron, ya que presenta dos pozas con valores de pH contrastantes (6.19 y 8.3) para las cuales, no fue posible obtener la abundancia de *S. hammondii* de manera independiente, debido a la cercanía entre las pozas. Se encontró una correlación lineal significativa “muy buena” en la prueba de Spearman, con una  $r=-0.93$  y  $p=0.008$ , donde el valor más alto de abundancia relativa corresponde a un pH ácido (Ejido La Misión 1), seguido valores de pH neutro y finalmente en las pozas alcalinas se obtuvo una menor abundancia (Figura 21).

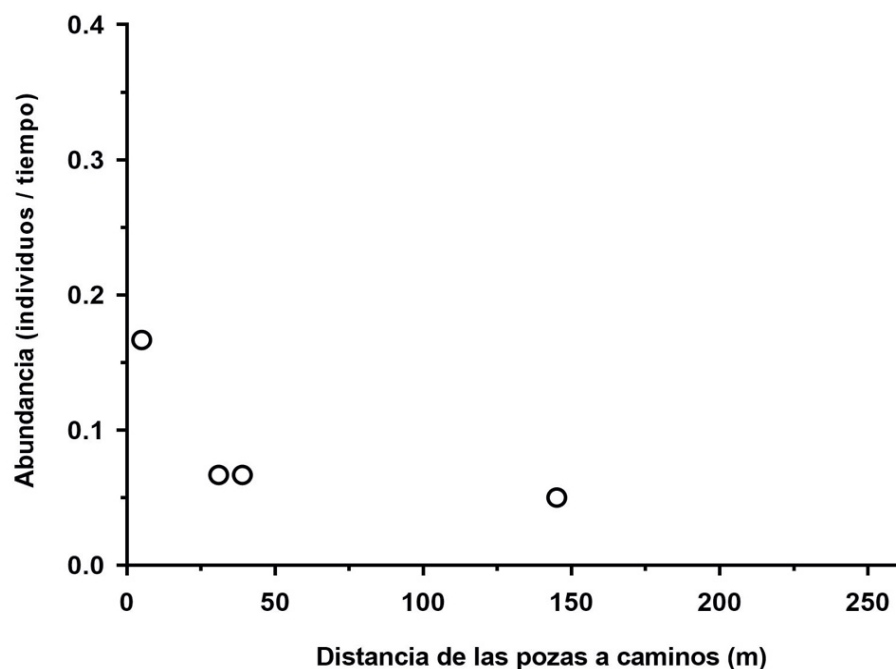


**Figura 21. Abundancia relativa de *Spea hammondii* por pH de la poza.** Gráfico de dispersión de la abundancia relativa por pH de la poza para el período de máxima abundancia, con una correlación significativa “muy buena”,  $r=-0.93$  y  $p=0.008$  en la prueba de Spearman. “X” indican los valores del sitio Ejido La Misión 2, los cuales no se consideraron en la prueba de Spearman.

### 3.2.3 Amenazas potenciales

Se encontraron caminos principales y carreteras en cuatro de los sitios muestreados durante la fase de máxima abundancia (Valle de Guadalupe, Sangre de Cristo, Padilla y El Gato), con distancias de 5 a 145 m entre caminos y pozas (Anexo C). No se observó una influencia clara de los caminos y carreteras sobre la

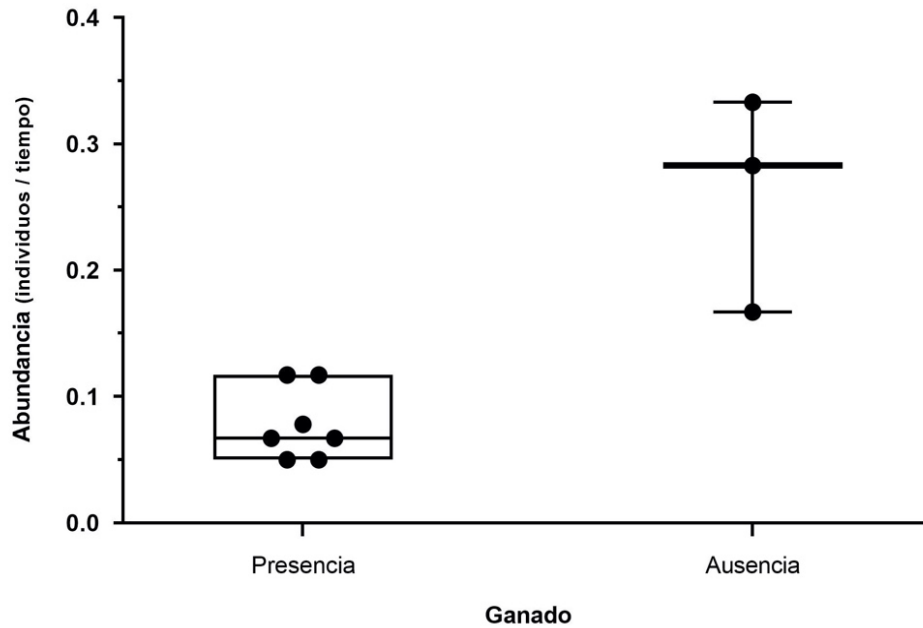
abundancia relativa de *S. hammondii*, ya que los sitios con vialidades fuera del radio de desplazamiento de la especie tuvieron los valores más altos de abundancia, así como valores bajos (Figura 22).



**Figura 22. Abundancia relativa de *Spea hammondii* por cercanía con caminos.** Gráfico de dispersión de la abundancia relativa con respecto a la distancia entre pozas y caminos, durante el período de máxima abundancia. "x" señala la abundancia de los sitios sin caminos en un radio de 260m.

Asimismo, se registró la presencia de ganado en cinco de los sitios muestreados durante la fase de máxima abundancia, estos incluyeron el avistamiento de los animales, así como observaciones indirectas de huellas y excretas alrededor de las pozas, donde la abundancia relativa de *S. hammondii* fue significativamente mayor en los sitios sin ganado (Valle de Guadalupe, Ejido La Misión 1 y Ejido La Misión 2) en la prueba de U de Mann-Whitney,  $U=18$  y  $p=0.027$  (Figura 23, Anexo C).





**Figura 23. Abundancia relativa de *Spea hammondi* por presencia-ausencia de ganado.** Comparación de la abundancia relativa de *Spea hammondi* con la presencia-ausencia de ganado en los sitios muestreados durante el período de máxima abundancia. La ausencia de ganado fue significativamente diferente con una mayor abundancia de *S. hammondi*, U de Mann-Whitney:  $U=18$  y  $p=0.027$ . Cada punto indica un dato.

En cuanto a especies exóticas, se registró un individuo de rana toro (*Lithobates catesbeianus*) en el sitio Los Hornos durante el cuarto período de muestreo, para el resto de los sitios no hubo avistamientos de especies exóticas a lo largo de los cuatro períodos de muestreo (Figura 24 y Anexo C). No se observó una clara influencia de la rana toro durante la fase de máxima abundancia, puesto que la abundancia de *S. hammondi* en los sitios sin registros de especies exóticas, tuvieron tanto valores más altos como más bajos que en los muestreos del sitio Los Hornos (Figura 25).



Figura 24. Individuo de *Lithobates catesbeianus*. Capturado en Los Hornos, Baja California, 2020. Foto del autor.

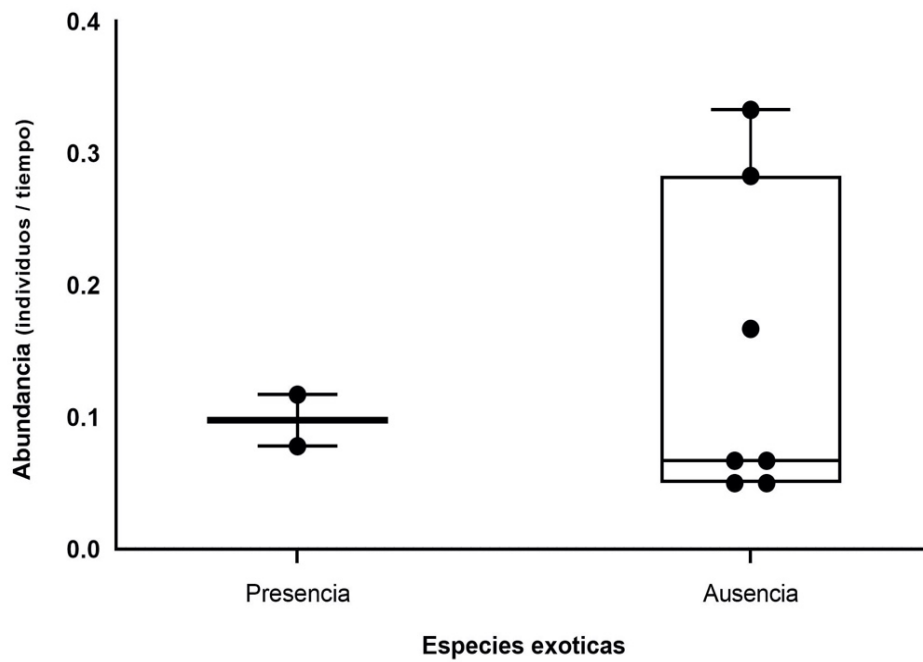


Figura 25. Abundancia relativa de *Spea hammondii* por presencia-ausencia de especies exóticas. Comparación de la abundancia relativa de *Spea hammondii* en el período de máxima abundancia con la presencia-ausencia de registros de especies exóticas (*Lithobates catesbeianus*) a lo largo de todo el muestreo. Cada punto indica un dato.

Debido al corto período de actividad de *S. hammondii* en la superficie, no fue posible hacer comparaciones entre sitios. Del mismo modo, no fue posible obtener un análisis de componentes principales que explicaran la presencia de *S. hammondii* por características de los sitios y amenazas potenciales, pues incluir datos fuera del segundo período de muestreo, puede implicar información equivocada ya que la especie no se encontraba activa en la superficie o su abundancia relativa era casi nula.

## Capítulo 4. Discusión

---

### 4.1 Muestreo de *Spea hammondii*

Se documentó la presencia y abundancia de *Spea hammondii* a lo largo de la temporada de lluvias de enero a mayo de 2020 con fluctuaciones asociadas a las variables climáticas. Asimismo, se describieron los sitios de muestreo y asociaciones del hábitat y amenazas potenciales con la abundancia de *S. hammondii*. Se tienen indicios de las preferencias de hábitat, las cuales eran desconocidas para la especie en la región. La información lograda establece un punto de partida del conocimiento del hábitat y la respuesta de la especie, para su conservación en Baja California.

Se registró a *S. hammondii* en nueve de los doce sitios muestreados, así como metamórficos en cuatro de los sitios, lo cual es prueba de reproducción efectiva. En cuanto a los sitios donde no se registró a la especie, no implicó necesariamente su ausencia, debido a que esos sitios no se muestrearon en todos los períodos, particularmente en el segundo, cuando emergió la especie y se registró la mayor abundancia en otros sitios. La abundancia relativa de *S. hammondii* durante el segundo período tuvo una media de 0.13, lo que es equivalente a ocho individuos en alrededor de una hora de muestreo, así como un valor máximo de abundancia relativa de 0.33, correspondiente a 20 individuos en una hora de muestreo. Sin embargo, debido a que no existe un antecedente de la abundancia de la especie en Baja California, no es posible determinar el estado actual de sus poblaciones.

Se encontraron diferencias notables y significativas de la abundancia relativa entre los períodos de muestreo, aunque la especie históricamente ha sido registrada a lo largo de toda la temporada de lluvias, así como registros ocasionales en otras estaciones del año (Thomson *et al.*, 2016). Los registros obtenidos de presencia de *S. hammondii* se reducen a un período que abarcó alrededor de tres meses entre el 24 de febrero y 12 de mayo de 2020, siendo los primeros y los últimos registros muy esporádicos y principalmente de vocalizaciones de individuos refugiados entre la vegetación o debajo de rocas. Esta circunstancia hacía difícil su observación pues, a pesar de que la especie había emergido, ésta no se encontraba activa. Así, el período de mayor actividad o cuando se encontraba en movimiento y vocalizando alrededor de las pozas para su reproducción, se reduce a un mes, que consistió en muestreos entre el 10 de marzo y el 11 de abril de 2020. Esto indica que es una especie con un período de actividad en la superficie muy breve, limitado por factores climáticos. Por lo cual, la probabilidad de que esta especie sea registrada es baja y se considera que, con estas limitaciones, el esfuerzo dedicado a la detección para este estudio fue adecuado.

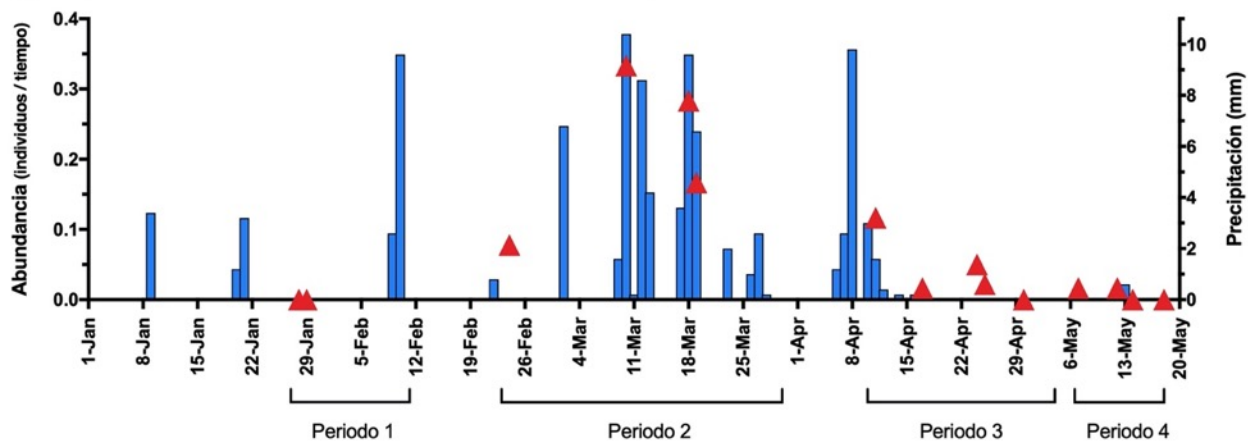
Debido a la naturaleza de la especie se obtuvieron pocas observaciones, lo cual implicó algunas limitaciones con un bajo tamaño de muestra para resolver preguntas más específicas y análisis estadísticos más robustos. Entonces, los resultados se centran en sugerencias de cómo la especie puede ocurrir con mayor probabilidad, apoyándonos de las observaciones en campo y de la literatura disponible de *S. hammondii*, así como de otras especies de zonas áridas. Los resultados obtenidos dan pie a encaminar estudios más específicos para entender mejor las necesidades de hábitat de la especie y establecen un antecedente de su abundancia para la región.

## **4.2 Asociación de *Spea hammondii* con las variables ambientales**

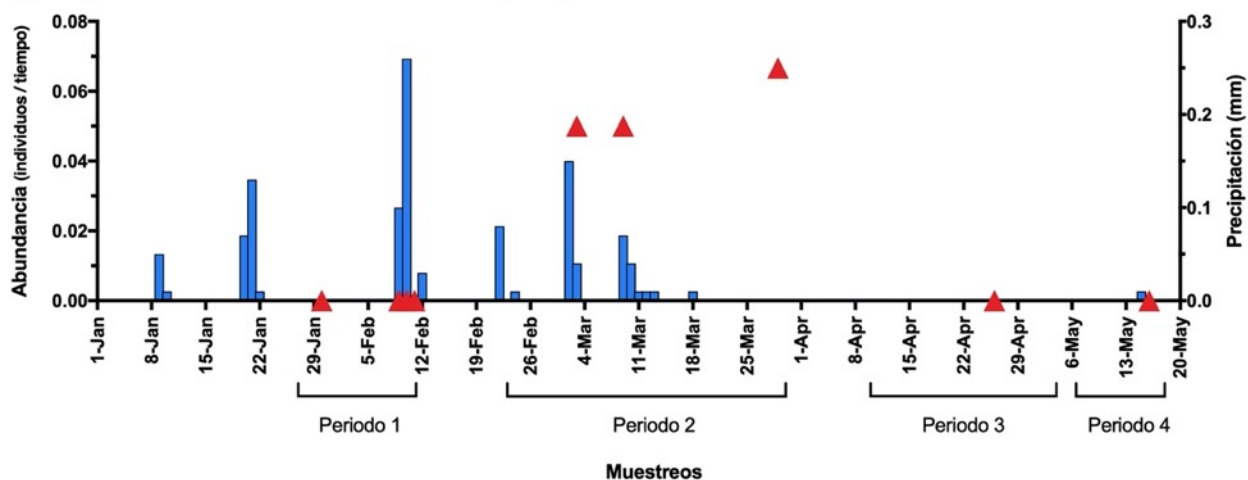
### **4.2.1 Climáticas**

La percepción de condiciones climáticas favorables es fundamental en *Spea hammondii* para que pueda emerger y reproducirse en las pozas estacionales (Wells, 2007; Thomson *et al.*, 2016). Los resultados sugieren que la especie podría ocurrir con mayor probabilidad bajo condiciones específicas, además que las condiciones climáticas actúan de diferente manera sobre *S. hammondii* para salir de la estivación y para la actividad en la superficie. Para ejemplificar de mejor manera la asociación de las variables climáticas con la abundancia relativa de *S. hammondii*, en las figuras 26 y 27 se muestra su respuesta por períodos y a lo largo de todo el muestreo. No obstante, las condiciones climáticas pueden variar año con año, particularmente la lluvia que es poco frecuente e impredecible en zonas áridas, lo cual puede determinar en cada año el momento de la emergencia de *S. hammondii*, así como el período de actividad en la superficie y la cantidad de individuos observados. Por lo tanto, su sincronía con las condiciones favorables es transcendental en la especie.

(a) Precipitación total diaria de la estación climática Valle de Guadalupe



(b) Precipitación total diaria en la estación climática Ojos Negros



▲ Abundancia relativa de *Spea hammondi* por muestreo      ■ Precipitación total diaria

Figura 26. Precipitación total diaria de enero a mayo de 2020, clasificada por períodos de muestreo con valores de abundancia relativa de *Spea hammondi*. Los valores de precipitación corresponden respectivamente a los de las estaciones meteorológicas del CICESE en Ojos Negros y en Valle de Guadalupe (<http://observatorio.cicese.mx>, consultado en mayo de 2020). Las fechas en el eje X es una referencia semanal para los registros diarios de precipitación.

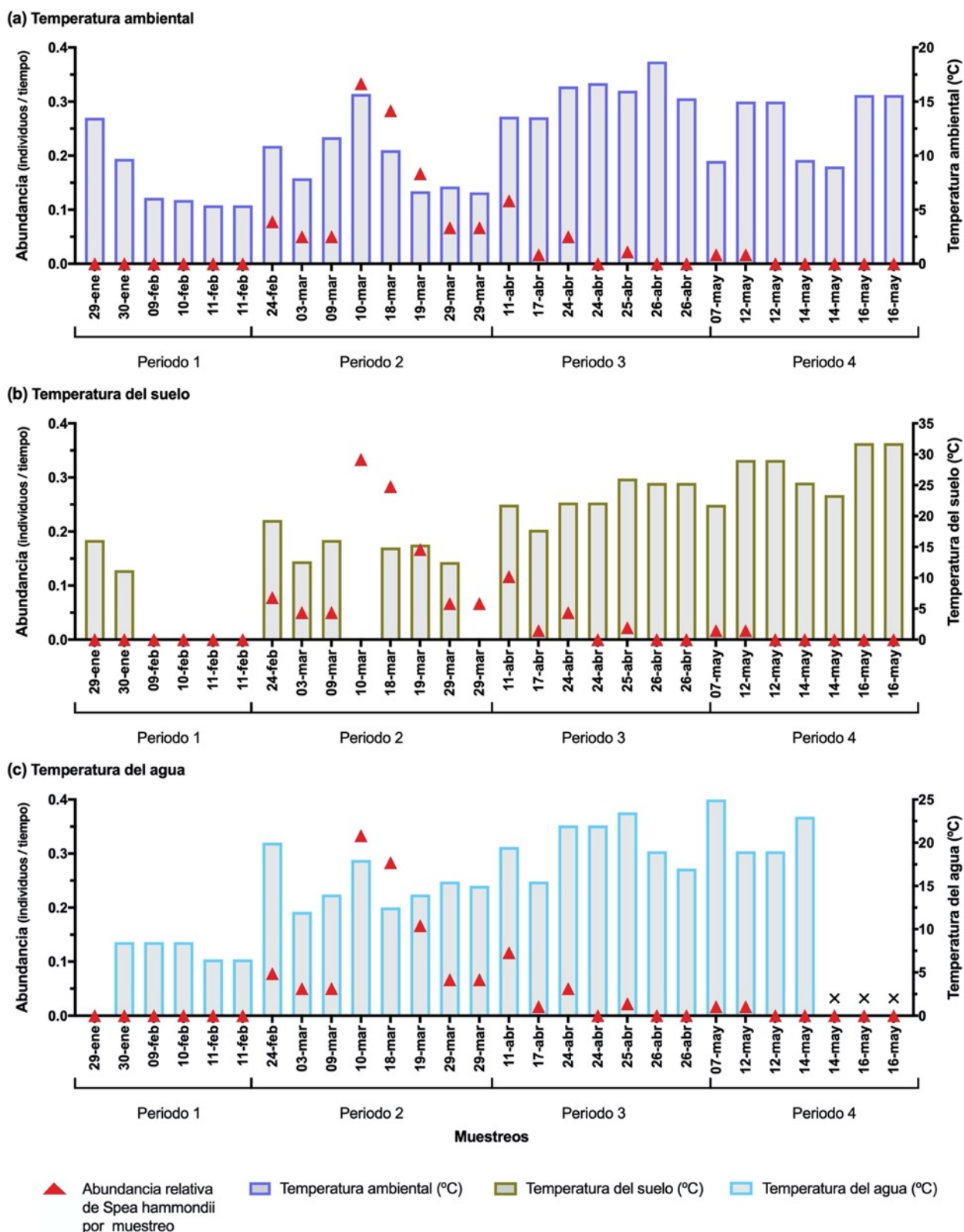


Figura 27. Variables de temperatura ambiental, del suelo y del agua por muestreo y clasificadas por períodos, con valores de abundancia relativa de *Spea hammondi*. Los valores de temperatura corresponden a la registrada en campo al momento de realizar cada muestreo. La ausencia de barras indica ausencia de datos cuando falló algún sensor de temperatura en campo. “x” en temperatura del agua, señala cuando la poza estaba seca.

### **Emergencia de *Spea hammondi***

Si bien, no se encontraron resultados estadísticamente significativos de las variables climáticas entre los períodos primero y segundo, es probable que la especie tenga una alta sensibilidad a las condiciones climáticas para la emergencia, pues sólo se pudo registrar a la especie hasta que las variables alcanzaron cierto valor que les permitió emerger, podríamos considerar la presencia de una función escalón compleja que determina la emergencia. *S. hammondi* sale del estado de estivación durante la temporada de lluvias, las cuales permiten la formación de pozas para su reproducción. Se ha documentado que los sapos de zonas áridas pueden percibir las lluvias mediante las vibraciones del sonido emitidas a través del suelo (Dimmit y Ruibal, 1980; Márquez *et al.*, 2016). La emergencia es repentina y puede suceder en dos etapas, la primera como una emergencia esporádica antes de la reproducción en respuesta a las primeras lluvias ligeras, y la segunda es una emergencia masiva en la que los individuos se concentran en las pozas temporales para reproducirse y es provocada por lluvias intensas (Ruibal *et al.*, 1969).

Los resultados sugieren que la emergencia de *S. hammondi* sucedió en dos etapas, pues los primeros muestreos con presencia de la especie, tuvieron una baja abundancia relativa (de 0.05 a 0.08), con registros principalmente de vocalizaciones sin observar a los individuos (Anexo B), asociados a valores de precipitación bajos (de 0 a 0.7 mm). Posteriormente, en el cuarto muestreo desde la emergencia de la especie, se obtuvo una mayor abundancia relativa (0.33) y se observaron congregaciones de *S. hammondi* vocalizando alrededor de las pozas, asociado a un valor de precipitación más alto en dicho muestreo (10.4 mm) (Figura 26). No obstante, en el primer período no se registró a la especie a pesar de que también hubo lluvias fuertes (Figura 26), por lo cual consideramos que durante la emergencia de la especie intervienen otros factores de manera simultánea a las lluvias. La temperatura es el factor contribuyente más probable, pues los anfibios son especies ectotermas y tienden a tener rangos de preferencias térmicas para desempeñar de mejor manera variables conductuales y fisiológicas (Wells, 2007). Aunque no se encontraron cambios estadísticamente significativos de la temperatura del suelo entre el primero y segundo período, es importante mencionar que el muestreo en el que registramos por primera vez a *S. hammondi* tuvo un aumento considerable de la temperatura del suelo con un valor de 19.4 °C, comparado con los valores durante el primer período de muestreo (entre 11.23 y 16.15 °C). Por lo cual, es posible que la especie emerja al percibir tanto las vibraciones del suelo por la lluvia, como una temperatura del suelo favorable. Dimmit y Ruibal (1980), en experimentos de laboratorio, con especies de zonas áridas de Norte América (*Spea multiplicata* y *Scaphiopus couchi*), pertenecientes a la familia Scaphiopodidae, documentaron que la temperatura de suelos por debajo de los 20 °C inhibe la emergencia.



Por otra parte, la humedad del suelo no presentó diferencias significativas entre el primero y segundo período, ya que en ambos períodos hubo lluvias. Consideramos que la humedad del suelo podría no ser un factor determinante en la emergencia, ya que los sapos de zonas áridas regulan su profundidad en relación con la disponibilidad de humedad, por lo tanto, es probable que se encuentren en un suelo húmedo que no aumentará significativamente su saturación con la lluvia (Márquez *et al.*, 2016). Su manera de detectar las lluvias debe ser principalmente por las vibraciones en el suelo (Márquez *et al.*, 2016). De la misma manera Dimmit y Ruibal (1980) probaron este efecto mediante experimentos en laboratorio con sapos de zonas áridas, donde humedecer el suelo no provoca la emergencia de los sapos, mientras que emitir sonidos con el suelo seco genera que los sapos emerjan (Dimmit y Ruibal, 1980). No obstante, la humedad del suelo tiene un papel importante haciendo los suelos más fáciles de excavar, principalmente en arcilla que al secarse se compacta, endureciendo el suelo.

### **Actividad de *Spea hammondi* en la superficie**

Se obtuvo un modelo significativo que explica la presencia de *Spea hammondi* desde su emergencia con el 72.6 % de variabilidad acumulada, principalmente por variables de temperatura y en una menor proporción por la precipitación. Se atribuye que la precipitación tuvo un menor peso sobre los datos de presencia de la especie, pues una vez que emergió, ésta se mantuvo en la superficie a pesar de las fluctuaciones de las precipitaciones diarias de 0 a 10.4 mm, y sólo dejó de registrarse en los últimos períodos de muestreo, al finalizar la temporada de lluvias. Por otra parte, la temperatura es un factor trascendental en cualquier especie, debido a que la termorregulación implica un alto gasto de energía metabólico. Sin embargo, en los anfibios tiene implicaciones más grandes, dado que dependen completamente de fuentes de energía externas para su termorregulación. Las temperaturas bajas limitan a la especie a realizar sus funciones fisiológicas y mantenerse activa en la superficie (Wells, 2007). Los valores de temperatura ambiental con presencia de *S. hammondi* fueron relativamente bajos, de 6.6 a 16.4 °C y una media de  $11.5 \pm 0.9$  °C. No obstante, para identificar las condiciones ideales para la especie, que le permiten una mayor actividad, es necesario trabajar con datos como abundancias, que fungen como una variable dependiente más específica.

La emergencia de *S. hammondi*, no implicó que estuviera activa en los muestreos consecutivos. Su actividad como la reproducción y el desplazamiento hacia las pozas desde los sitios de entierro son dependientes de las condiciones climáticas en la superficie (Wells, 2007; Thomson *et al.*, 2016). Por lo que las variables y parámetros del clima que provocan la emergencia de la especie no son necesariamente las mismas que permiten su actividad. Una vez que ha emergido la especie, si las condiciones climáticas en la

superficie no son favorables, pueden encontrarse inactivos, ya sea enterrados a bajas profundidades de 2 a 10 cm o refugiados entre la vegetación y las rocas, hasta que se presentan las condiciones climáticas adecuadas (Ruibal *et al.*, 1969; Grismer, 2002; Stebbins y McGinnis, 2018).

A lo largo de todo el muestreo las lluvias fueron escasas y esporádicas, con diferencias significativas únicamente del segundo período donde se presentaron algunas lluvias intensas, con el último período cuando culminaba la temporada de lluvias (Figura 26). No obstante, a pesar de que hubo pocas lluvias, la abundancia relativa fue mayor en los días con las precipitaciones más altas, con una correlación significativa (“buena”). La especie puede estar altamente asociada a las lluvias y su actividad será mayor en la medida que las lluvias se vuelven más intensas y constantes, como lo sugieren Baumberger *et al.* (2019). Los muestreos con los valores de precipitación más altos fueron de 6.6, 9.6 y 10.4 mm, mismos en los que se obtuvieron los valores más altos de abundancia relativa de 0.17, 0.28 y 0.33, respectivamente (Figura 26). Por lo cual, las diferentes precipitaciones anuales deben influir en la abundancia relativa y el período de actividad de la especie.

La humedad ambiental y del suelo dieron correlaciones significativas “moderadas” con la abundancia relativa durante los períodos de actividad de la especie. Dichas variables se encuentran relacionadas con la precipitación. La humedad ambiental favorece a la especie debido a las características de su piel susceptible a la desecación, los valores registrados durante el segundo período con la mayor abundancia, fueron de 60.5 a 100 % con una media de  $86.06 \pm 4.5$  %. Mientras que, al ir disminuyendo la humedad del suelo, este se vuelve difícil de excavar. Esta variable disminuyó particularmente en el último período con valores de 0 a  $0.29 \text{ m}^3/\text{m}^3$  y una media de  $0.13 \pm 0.1 \text{ m}^3/\text{m}^3$ .

La literatura sugiere que la temperatura también se ha asociado con la actividad de *S. hammondii*, nuestros resultados van en la misma dirección. Centrándonos en el segundo período de muestreo con la mayor actividad de la especie, se observó que los valores más altos de abundancia relativa sucedieron durante precipitaciones altas, así como con una temperatura ambiental entre 10.5 y 15.7 °C. Estas temperaturas son altas si consideramos que el rango a lo largo de los cuatro períodos fue de 5.4°C a 18.7 °C. En otros muestreos del segundo período con una temperatura ambiental menor entre 6.6 y 7.15 °C, la abundancia relativa disminuyó (Figura 27). Aunque existe una relación entre las variables de temperatura ambiental y del agua, la temperatura a la que se encuentran las pozas es importante para la reproducción, ya que el amplexo sucede dentro del agua para que pueda suceder la fertilización externa. La temperatura del agua se mantuvo unos grados más arriba de la ambiental, entre 12 y 20 °C y una media de  $15.1 \pm 0.9$  °C para del segundo período, y una temperatura máxima de 25°C registrada en el cuarto período de muestreo.

Estos valores no difirieron de los registros para *S. hammondii* en California entre 11 y 32 °C (Brown, 1967a; Morey y Reznick, 2004).

Para el tercer período, la precipitación fue casi nula y la temperatura ambiental aumentó significativamente de una media de  $9.6 \pm 1.1$  °C en el segundo período a  $15.7 \pm 0.7$  °C, mientras que la temperatura del agua aumento significativamente de una media de  $15.1 \pm 0.9$  °C a  $19.8 \pm 1.1$  °C, (Figuras 20 y 21). La abundancia se redujo significativamente bajo las condiciones climáticas del tercer período, con ausencias en los muestreos y algunos individuos inactivos detectados por vocalizaciones ocasionales. En el cuarto período, no se encontraron diferencias significativas entre las variables climáticas con respecto al tercer período, además que algunas pozas ya se habían secado (Figura 27), mientras que la abundancia relativa continuó disminuyendo, con ausencias de *S. hammondii* en la mayoría de los muestreos.

El período de actividad y reproducción de *S. hammondii* fue breve, aproximadamente cuatro semanas. Consideramos que la precipitación, seguido de la temperatura ambiental, determinaron la abundancia de la especie, pues a pesar de que la temperatura ambiental aumentó en los períodos tercero y cuarto con un valor máximo de 19 °C, pero con precipitaciones casi nulas, la abundancia disminuyó significativamente por lo cual, no se encontró una correlación significativa de la abundancia relativa con las variables de temperatura ambiental y del agua, pues aunque la temperatura sea la adecuada, sin lluvias la especie será menos activa. Asimismo, creemos que las lluvias de la temporada invernal no sean viables para que la especie pueda mantenerse activa en la superficie, sino hasta la entrada de la primavera en el segundo período de muestreo, cuando se presentan algunas lluvias cálidas. Bajo las condiciones de primavera la especie emerge y se activa alrededor de marzo y no desde las primeras lluvias intensas de invierno.

Lo que determina que la especie vuelva a entrar en estivación es probablemente la disminución de la precipitación con una correlación significativa “buena” con la abundancia relativa, donde los valores de precipitación casi nulos en los períodos tercero y cuarto, influyen en la ausencia de la especie y valores bajos de abundancia relativa. La temperatura del suelo también puede ser un factor importante para que *S. hammondii* vuelva a enterrarse, pues el aumento significativo de esta variable en los períodos tercero y cuarto con una media de  $23.0 \pm 1.1$  °C y  $27.5 \pm 4.0$  °C respectivamente, puede influir pérdida de humedad tanto para la especie como en el suelo, haciéndolos cada vez más difíciles de excavar. Por lo que se observó una correlación significativa “buena”, donde la abundancia relativa de *S. hammondii* se ve afectada en la medida que la temperatura del suelo aumenta, llegando a alcanzar los 32 °C en el último período.

Los resultados obtenidos nos permiten entender la abundancia de *S. hammondii* ante las condiciones climáticas medidas en campo. Sin embargo, el tamaño de muestra con registros de la especie, debido al corto período de actividad, nos limita a identificar con precisión cual es el rango de los valores óptimos de precipitación y temperatura que determinarían la actividad o abundancia de la especie.

#### 4.2.2 Características de los sitios

En el área de estudio existe una considerable heterogeneidad del paisaje que permite un mosaico de condiciones ambientales y nichos ecológicos que pueden brindar diferentes oportunidades de adecuación a las especies. *Spea hammondii* al reproducirse en charcas temporales, tiene una historia de vida compleja que requiere acceso a hábitats acuáticos, así como terrestres para alimentarse y estivar.

Dentro de la distribución de *Spea hammondii* en Baja California, hay una variedad de texturas de suelo de tipo arena, limo y arcilla (INEGI, 2014), las cuales pueden ser un factor importante en las preferencias de hábitat debido a sus hábitos fosoriales. Los resultados obtenidos muestran una mayor abundancia relativa de *S. hammondii* en los sitios con textura de arcilla, la cual, debido al tamaño de sus partículas permiten una mayor capacidad para retener la humedad del suelo (IUSS, 2015). Los anuros de zonas áridas, al enterrarse, evitan las condiciones desfavorables de sequía y altas temperaturas, puesto que tienen la capacidad de absorber agua del suelo por osmorregulación. Así, los suelos altamente húmedos benefician a estas especies durante los períodos de entierro (Ruibal *et al.*, 1969; Aguillón-Gutiérrez, 2018).

Se ha documentado en diversos estudios la preferencia de texturas de suelo en anuros de zonas áridas, entre ellas *Scaphiopus couchii* perteneciente a la misma familia, donde hay una preferencia marcada por suelos arcillosos con alta retención de agua, ya que pueden reducir el riesgo de desecación durante los períodos de sequía (Dayton *et al.*, 2004; Dayton y Fitzgerald, 2006; Riddle y Bateman, 2020). Sin embargo, en un estudio realizado por Baumberger *et al.* (2019) en Orange County, California, han documentado que *S. hammondii* prefiere suelos de textura de arena. En nuestro estudio se observó una mayor abundancia relativa en suelos arcillosos, aunque el tamaño de la muestra es reducido debido al corto tiempo de actividad de la especie en la superficie por la alta afinidad que tiene con las condiciones climáticas.

Por otra parte, *S. hammondii* requiere de microhábitats con fuentes de cobertura que brinden refugio o protección, como hojarasca, desechos leñosos, madrigueras de animales y rocas (Grismer, 2002; Stebbins

y McGinnis, 2018). En este estudio se obtuvo una mayor abundancia relativa en los sitios de mayor cobertura vegetal de matorral costero con abundantes pastos no nativos. Otras especies de sapos fosoriales, incluidos *Scaphiopus holbrookii* y el sapo europeo *Pelobates fuscus*, utilizan pastizales o áreas con vegetación corta en lugar de hábitat de arbustos (Eggert 2002; Johnson 2003). Hay mayor humedad del suelo en áreas abiertas o de pastizales, debido a que los sistemas de raíces de las áreas cubiertas por arbustos agotan la humedad del suelo a una mayor profundidad (Davis y Morey, 1985). Evitar las áreas arbustivas por *S. hammondii* puede reflejar la selección de áreas con mayor humedad del suelo, además que, la excavación puede ser difícil en áreas con sistemas de raíces complejos, por lo tanto, puede afectar negativamente la capacidad de buscar refugio o alcanzar una profundidad de entierro adecuada.

En cuanto al hábitat acuático, el tamaño de los cuerpos de agua es un factor importante, pues a mayor tamaño promueven la existencia de un mayor número de nichos espaciales que pueden ser explotados por más especies. En los resultados obtenidos se observaron los valores más altos de abundancia relativa de *S. hammondii* en las pozas con tamaños de 924 y 1,620 m<sup>2</sup>, mientras que los cuerpos de agua más grandes entre 2,000 y 5,000 m<sup>2</sup> la abundancia relativa fue menor, pues la asociación de la especie a cuerpos de agua muy grandes y con un amplio período de anegación puede implicar una mayor competencia y abundancia de depredadores (Jennings y Hayes 1994, Stebbins y McGinnis, 2012). Asimismo, debido a que las pozas temporales representan un alto riesgo de muerte por desecación, son menos usadas por otras especies de anuros. Mientras que *S. hammondii* se ha adaptado a las pozas temporales con un proceso de metamorfosis más rápido que reduce la mortalidad de las crías por la desecación de los cuerpos de agua (Denver *et al.*, 1998). No obstante, al reducir tamaño de las pozas, éstas tenderán a secarse más rápido, lo cual aumenta el riesgo de muerte por desecación en renacuajos incluyendo a *S. hammondii*, a pesar de sus adaptaciones de metamorfosis acelerada, pues se observó que las pozas más pequeñas con tamaños entre 500 y 700 m<sup>2</sup> tuvieron una menor abundancia relativa.

El pH de las pozas es importante en aspectos de reproducción en los anuros, el cual varió de ácido a alcalino, con una mayor abundancia relativa de *S. hammondii* en la poza con pH de 6.38, contrario a lo que sucede en la mayoría de las especies de anuros, donde la acidificación del agua puede tener efectos negativos en el desarrollo y la reproducción (Pierce, 1985). Se encontró evidencia de reproducción efectiva de metamórficos tanto en pozas con pH ácido de 6.38, como con pH alcalino de 8.25 (Anexos B y C). Por lo que consideramos que *S. hammondii* puede ser una especie generalista en cuanto al pH, lo que le permite sobrevivir ante a las condiciones inhóspitas de la región y tener una reproducción exitosa bajo condiciones que suelen ser desfavorables para otras especies.

Debido a que *S. hammondii* es una especie efímera asociada a las variables climáticas, se vuelve complicado su estudio al buscar preferencias de hábitat por sitio. Es importante ampliar los muestreos en años posteriores, para lograr un tamaño de muestra más representativo y así corroborar las preferencias por características de los sitios. No obstante, los resultados son coincidentes con la literatura disponible para los anuros de zonas áridas.

#### 4.2.3 Amenazas potenciales

La fragmentación del hábitat por actividades antropogénicas es la principal causa a la que se le atribuye la disminución de los anfibios. Las carreteras pueden crear barreras para la dispersión de las especies y aislar a las poblaciones (Pechmann y Wilbur, 1994; Stuart *et al.*, 2004; Collins *et al.*, 2009). De esta manera, las carreteras y caminos cercanos a las pozas temporales pueden fragmentar los ecosistemas e impactar a las poblaciones de *Spea hammondii*, principalmente durante la dispersión. Localmente, en áreas donde existen carreteras o caminos de tránsito intenso es probable que los sapos, para llegar a las charcas de reproducción, se vean obligados a cruzar por esas vías, lo cual puede incrementar la mortalidad debido a atropellamientos en masa por los vehículos. Se encontraron caminos principales y carreteras en cuatro de los sitios muestreados durante la fase de máxima abundancia (Valle de Guadalupe, Sangre de Cristo, Padilla y El Gato), con distancias de 5 a 145 m entre caminos y pozas (Anexo C). No obstante, no se observó una influencia clara de los caminos y carreteras sobre la abundancia relativa de *S. hammondii*, ya que los sitios con vialidades a una distancia superior a la de desplazamiento de la especie (262 m) (Baumberger *et al.*, 2019), tuvieron los valores más altos de abundancia, así como valores bajos, lo cual atribuimos al corto período de actividad de la especie y a su actividad nocturna.

Se registró la presencia de ganado en cinco de los sitios muestreados durante la fase de máxima abundancia, estos incluyeron el avistamiento de los animales, así como observaciones indirectas de huellas y excretas alrededor de las pozas, donde la abundancia relativa de *S. hammondii* fue significativamente mayor en los sitios sin ganado (Valle de Guadalupe, Ejido La Misión 1 y Ejido La Misión 2). Los impactos del ganado sobre *S. hammondii* pueden ser diversos, ya que modifican la calidad del agua, lo cual puede generar en los renacuajos una disminución de los tamaños corporales o malformaciones (Knustson *et al.*, 2004). Por otra parte, el ganado puede modificar el hidroperíodo, acelerando la desecación de las pozas, así como formar pequeños cráteres con las pisadas en los cuerpos de agua, que aíslan a los renacuajos cuando la poza comienza a secarse (Stebbins y McGinnis, 2018).

Las especies exóticas pueden disminuir o desplazar a las poblaciones nativas, ya que se convierten en competidoras o depredadoras. Durante los muestreos, se encontró un individuo de rana toro *Lithobates catesbeianus* en uno de los sitios. Ésta especie se ha asociado con cuerpos de agua permanentes, por lo que la alteración de las pozas con una mayor duración puede influir en la presencia de *L. catesbeianus* (Bury y Whelan, 1984). Al comparar la abundancia relativa de *S. hammondi* entre sitios por presencia- ausencia de *L. catesbeianus*, no se observó una afectación significativa. Si bien, *L. catesbeianus* se ha considerado como una de las especies exóticas que ha causado serios daños a la diversidad biológica a nivel global, debido su a su alto índice de depredación y a la disminución del éxito reproductivo de especies nativas, el período de estivación prolongado de *S. hammondi*, puede reducir la interacción entre las especies, además que *L. catesbeianus* requiere de cuerpos de agua permanentes, así como de temperaturas más cálidas (Bury y Whelan, 1984; Lowe *et al.*, 2000).

## Capítulo 5. Conclusiones

---

*Spea hammondii* es una especie efímera, aún dentro de la temporada de lluvias. La presencia de la especie abarcó alrededor de tres meses desde finales de febrero a mediados de mayo de 2020, mientras que el período de mayor actividad o abundancia relativa, se reduce a un mes, de mediados de marzo a mediados de abril de 2020. La percepción de las condiciones climáticas es trascendental en *S. hammondii* tanto en la emergencia como durante el período de actividad en la superficie. Por lo cual, creemos que es una especie oportunista fisiológicamente capaz de reproducirse en el momento que las condiciones son favorables.

La emergencia de *S. hammondii* observada en este estudio se apega a la literatura existente tanto para la especie, como para anuros de zonas áridas. Las variables de precipitación y temperatura del suelo son determinantes para la emergencia, donde las lluvias más fuertes y constantes generan una mayor probabilidad, mientras que las temperaturas más bajas la inhiben. La emergencia sucedió en dos etapas, la primera con una baja abundancia relativa entre 0.05 y 0.08 con pocas observaciones de los individuos, se estima que sucedió con lluvias constantes entre 0.4 y 0.7 mm, y temperaturas del suelo entre 12.7 y 19.3 °C. La segunda etapa de emergencia sucedió con un incremento considerable de la precipitación a 10.4 mm, donde se observó a la especie de manera masiva congregada en cuerpos de agua temporales para reproducirse, con una abundancia relativa de 0.33, equivalente a 20 individuos en alrededor de una hora de muestreo. Consideramos que la humedad del suelo no es un factor determinante, ya que esta variable no presentó diferencias significativas en la emergencia, además que la especie al estar enterrada regula la humedad de acuerdo a la profundidad, por lo que ya se encuentran en un suelo húmedo que probablemente no aumentará con la lluvia.

La precipitación, seguido de la temperatura, determinan la abundancia y el período de actividad de *S. hammondii* en la superficie. Este período puede variar cada año en función de dichas variables. Bajo esta premisa, el cambio climático podría afectar fuertemente a este tipo de especies efímeras con una alta dependencia de las condiciones meteorológicas. A lo largo del muestreo las lluvias fueron escasas y esporádicas, a excepción de algunas lluvias intensas entre 9.6 y 10.4 mm, asociadas a los valores más altos de abundancia relativa de 0.28 a 0.33, equivalente de 17 a 20 individuos por hora de muestreo. La especie ocurre en temperaturas relativamente bajas, las condiciones favorables asociadas a una mayor abundancia relativa se encontraron entre 10.5 y 15.7 °C de temperatura ambiental. Estos valores no implican los óptimos para la especie, aún faltan más estudios para observar su respuesta con una mayor



cantidad de replicas a distintas temperaturas. Se requieren más muestreos para determinar fiablemente los parámetros de tolerancia y óptimos para *S. hammondii*.

La abundancia relativa mayor de *S. hammondii* se encontró en los sitios con textura de arcilla, cobertura vegetal por encima del 60 % con pastizal inducido, y en pozas entre 924 y 1,620 m<sup>2</sup>. Mientras que el pH de las pozas no parece influir en la especie, por lo que podría ser una especie generalista en este aspecto. La abundancia relativa de *S. hammondii* pudo verse afectada por sitios con presencia de ganado. Debido a la alta asociación de *S. hammondii* con las condiciones climáticas y su breve período de actividad, son necesarios muestreos adicionales para corroborar si los resultados encontrados son debidos a las características de los sitios como se sugiere, y no a las condiciones ambientales durante los muestreos.

## 5.1 Recomendaciones

Aún falta mucho por conocer sobre *Spea hammondii* en Baja California, los resultados obtenidos nos dan un gran indicio de cómo se comporta bajo ciertas condiciones ambientales, a partir de lo cual se puede profundizar para estudios más detallados como predicciones de su distribución. Son necesarios más estudios en los años siguientes, por lo que se recomienda realizar muestreos intensivos durante los períodos de máxima abundancia de la especie, lo cual permitirá resolver cuestiones como el estado de las poblaciones, los valores de tolerancia y óptimos de las condiciones climáticas, el efecto que tienen los años con precipitaciones extraordinarias y reafirmar las preferencias por características de los sitios planteadas en este trabajo. Una muestra más grande también permitirá realizar más análisis multivariados y determinar que característica de los sitios tiene un mayor efecto en la abundancia de la especie.

## Literatura citada

---

- Aguillón-Gutiérrez, D. A. 2018, Mecanismos de adaptación ecofisiológica de anfibios anuros a zonas áridas. *Árido-Ciencia*, 3(2): 3-11.
- Aguirre-León, G. 2011. Métodos de estimación, captura y contención de anfibios y reptiles. Manual de Técnicas para el estudio de la Fauna, vol. 1, 48-65.
- Arroyo, M. T. 1999. Criterios e indicadores para la conservación de la biota de los ecosistemas mediterráneos. *Revista Chilena de Historia Natural*, 72(4): 473-474.
- Baskin, Y. 1994. California's ephemeral vernal pools may be a good model for speciation. *BioScience*, 44(6): 384-388.
- Baumberger, K. L., Backlin, A. R., Gallegos, E. A., Hitchcock, C. J. y Fisher, R. N. 2020. Mitigation Ponds Offer Drought Resiliency for Western Spadefoot (*Spea hammondi*) Populations. *Bulletin of the Southern California Academy of Sciences*, 119(1): 6-17.
- Baumberger, K. L., Eitzel, M. V., Kirby, M. E. y Horn, M. H. 2019. Movement and habitat selection of the western spadefoot (*Spea hammondi*) in southern California. *PLoS One*, 14(10): e0222532.
- Bauder, E. T. y McMillan, S. 1998. Current distribution and historical extent of vernal pools in southern California and northern Baja California, Mexico. En: C. Witham, E. T. Bauder, D. Belk, W. R. J. Ferren y R. Ornduff (Eds.), Ecology, conservation, and management of vernal pool ecosystems proceedings from a 1996 conference, Sacramento, California. pp. 56-70.
- Berg, A. y Tjernberg, M., 1996, Common and rare Swedish vertebrates' distribution and habitat preferences, *Biodiversity and Conservation* 5(1): 101-128
- Blaustein, A. R. y Wake, D. B. 1990. Declining amphibian populations: a global phenomenon? *Tree*, 5(7): 203-204.
- Brattstrom, B. H. 1963. "A Preliminary review of the thermal requirements of amphibians". *Ecology*, 44(2): 238-255.
- Brown, H. A. 1967a. Embryonic temperature adaptations and genetic compatibility of two allopatric populations of the spadefoot toad, *Scaphiopus hammondi*. *Evolution*, 21(4):742- 761.
- Brown, H. A. 1967b. High temperature tolerance of the eggs of a desert anuran, *Scaphiopus hammondi*. *Copeia*, 1967(2): 365-370
- Brown, J. H., Mehlman, D. W. y Stevens, G. C. 1995. Spatial variation in abundance. *Ecology*, 76(7): 2028-2043.
- Buchholz, D. R. y Hayes, T. B. 2000. Larval period comparison for the spadefoot toads *Scaphiopus couchii* and *Spea multiplicata* (Pelobatidae: Anura). *Herpetologica*, 56(4): 455-468.
- Burgess, R. C. 1950. Development of spade-foot toad larvae under laboratory conditions. *Copeia*, 1950(1): 49-51.

- Bury, R. B. 1999. A historical perspective and critique of the declining amphibian crisis. *Wildlife Society Bulletin* (1973-2006), 27(4): 1064-1068.
- Bury, R. B. y Whelan, J. A. 1984. Ecology and management of the Bullfrog. US Department of the Interior, Fish and Wildlife Service.
- Canfield, R. H. 1941. Application of the line interception method in sampling range vegetation. *Journal of forestry*, 39(4): 388-394.
- Childs, H. E. 1953. Selection by predation on albino and normal spadefoot toads. *Evolution*, 7(3):228–233.
- Cohen Jr., M. M. 2001. Frog decline, frog malformations, and a comparison of frog and human health. *American Journal of Medical Genetics*, 104(2):101–109.
- Collins, J. P., Crump, M. L. y Lovejoy III, T. E. 2009. Extinction in our times: global amphibian decline. Oxford University Press. New York, USA.
- Cuello, N., Killeen, T. J. y Antezana, C.V. 1991. Línea de intercepción, una metodología apropiada para el estudio de las sabanas tropicales. En: Miranda, C., Restrepo, D. y Castellano E. (Eds). Memoria del Curso de Vegetación y Ecología Tropical con un énfasis en los métodos.
- Cushman, S. A., 2006, Effects of habitat loss and fragmentation on amphibians: A review and prospectus, *Biological Conservation*, 128(2): 231-240
- Davis, S. y H. Mooney. 1985. Comparative water relations of adjacent California shrub and grassland communities. *Oecologia* 66(4):522–529.
- Dayton, G. H., Jung, R. E. y Droege, S. 2004. Large-scale habitat associations of four desert anurans in Big Bend National Park, Texas. *Journal of Herpetology*, 38(4): 619–627.
- Dayton, G. H. y Fitzgerald, L. A. 2006. Habitat suitability models for desert amphibians. *Biological Conservation*, 132(1): 40–49.
- Denver, R. J., Mirhadi N. y Phillips, M. 1998. Adaptive plasticity in amphibian metamorphosis: response of *Scaphiopus hammondi* tadpoles to desiccation. *Ecology*, 76(6):1859–1872.
- Dimmitt, M. A. y Ruibal, R. 1980. Environmental correlates of emergence in spadefoot toads (*Scaphiopus*). *Journal of Herpetology*, 14(1):21–29.
- Eggert, C. 2002. Use of fluorescent pigments and implantable transmitters to track a fossorial toad (*Pelobates fuscus*). *Herpetological Journal*, 12(2):69–74.
- Fisher, R. N. y Shaffer, H. B. 1996. The decline of amphibians in California's Great Central Valley. *Biological Conservation*, 10(5):1387–1397.
- Freda, J. 1986. The influence of acidic pond water on Amphibians: A Review. *Water Air and Soil Pollution*, 30:439-450.
- Fretwell, S. y Lucas, H. 1970. On territorial behavior and other factors influencing habitat distribution in birds. *Acta Biotheoretica*, 19(1):16-36.

- Frías-Alvarez, P., Zúniga-Vega, J. J. y Flores-Villela, O. 2010. A general assessment of the conservation status and decline trends of Mexican amphibians. *Biodiversity and Conservation*, 19(13): 3699-3742.
- Frost, D. R. 2020. Amphibian Species of the World: An Online Reference. Version 6.1. American Museum of Natural History, New York, USA. Electronic Database. Recuperado en agosto de 2020 de: <https://amphibiansoftheworld.amnh.org/index.php>.
- García, E. A. 2004. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen (para adaptarlo a las condiciones de la República Mexicana). (5ª ed.). Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Geografía. México, D.F.
- García-París, M., Buchholz, D. R. y Parra-Olea, G. 2003. Phylogenetic relationships of Pelobatoidea reexamined using mtDNA. *Molecular Phylogenetics and Evolution*, 28(1): 12-23.
- González-Abraham, C. E., Garcillán, P. P. Y Ezcurra, E. 2010. Ecorregiones de la península de Baja California: una síntesis. *Boletín de la Sociedad Botánica de México*, (87): 69-82.
- Grismer, L. L. 2002. Amphibians and reptiles of Baja California, including its Pacific islands and the islands in the Sea of Cortez. University of California Press, Berkeley and Los Angeles, California, USA.
- Groff, L. A., Duffy, W. G., Kahara, S. N. y Chapin, S. J. 2012. Temporally irregular breeding of western spadefoot toads (*Spea hammondi*) in managed wetlands. *Northwestern Naturalist*, 93(1), 79-83.
- Guisan, A. y Zimmermann, N. E. 2000. Predictive habitat distribution models in ecology. *Ecological Modelling*, 135(2-3): 147-186.
- Hayes, M. P. y Warner, J. 1985. *Rana catesbeiana* (bullfrog) food. *Herpetological Review*, 16(4):109.
- Heyer, W. R., Donnelly M. A., McDiarmid R. W., Hayek L. C. y Foster M. S. 1994. Measuring and Monitoring Biological Diversity. Smithsonian Institution Press, Washington, 364 pp.
- INEGI. 2001. Conjunto de Datos Geográficos de la Carta Fisiográfica, serie I (continuo nacional). Instituto Nacional de Estadística y Geografía. Aguascalientes, México. Recuperado en julio de 2019 de: <https://www.inegi.org.mx/app/mapas/default.html?t=0150011%20000000000&ag=00>
- INEGI. 2014. Conjunto de datos vectoriales edafológicos, escala 1:250000 Serie II. (continuo nacional). Instituto Nacional de Estadística y Geografía. Aguascalientes, México. Recuperado en julio de 2019 de: <https://www.inegi.org.mx/app/mapas/default.html?t=0150011%20000000000&ag=00>
- INEGI. 2017. Uso del suelo y vegetación, escala 1:250000, serie VI (continuo nacional). Instituto Nacional de Estadística y Geografía. Aguascalientes, México. Recuperado en julio de 2019 de: <https://www.inegi.org.mx/app/mapas/default.html?t=0150011%20000000000&ag=00>
- IUCN. 2020. Summary Statistics from the Red List of Threatened Species. Version 2020. Recuperado en junio de 2020 de: <https://www.iucnredlist.org/resources/summary-statistics#Summary%20Tables>
- IUSS Working Group WRB. 2015. Base referencial mundial del recurso suelo 2014, Actualización 2015. Sistema internacional de clasificación de suelos para la nomenclatura de suelos y la creación de leyendas de mapas de suelos. Informes sobre recursos mundiales de suelos 106. FAO, Roma.

- Jennings, M. R. y Hayes, M. P. 1985. Pre-1900 overharvest of California red-legged frogs (*Rana aurora draytonii*): The inducement for bullfrog (*Rana catesbeiana*) introduction. *Herpetologica*, 41(1):94-103.
- Jennings, M. R. y Hayes, M. P. 1994. Amphibian and reptile species of special concern in California. Final Report submitted to the California Department of Fish and Game, Inland Fisheries Division. Rancho Cordova, California, USA.
- Johnson, K. 2003. Abiotic factors influencing the breeding, movement, and foraging of the eastern spadefoot (*Scaphiopus holbrookii*) in West Virginia. MSc thesis, Marshall University, Huntington, West Virginia, USA. 67 pp.
- Jung, R. E., Shannon Claeson, J. E. W., Welbourn, W. C Jr. 2001. Natural history notes: Anura. *Spea hammondi* (Western Spadefoot Toad). Elevation Record. *Herpetological Review*, 32(1), 33.
- Keeley, J. E. y Zedler, P. H. 1998. Characterization and global distribution of vernal pools. En: Witham, C. W., Bauder, E. T., Belk, D., Ferren Jr, W.R. y Ornduff R. (Eds). Ecology, conservation, and management of vernal pool ecosystems, proceedings from 1996 conference. California Native Plant Society, Sacramento, California.
- Knutson, M. G., W. B. Richardson, D. M. Reineke, B. R. Gray, J. P. Parmelee y S. E. Weick. 2004. Agricultural ponds support amphibian populations. *Ecological Applications*, 14(3):669-684.
- Krausman, P. 1999. Some basic Principles of habitat use. Grazing behavior of livestock and wildlife. *Wildlife and Range Experiment Station Bulletin*, 70: 85-90.
- Lowe, S., Browne, M., Boudjelas, S. y De Poorter, M. 2000. 100 of the world's worst invasive alien species: a selection from the global invasive species database. The Invasive Species Specialist Group (ISSG) a specialist group of the Species Survival Commission (SSC) of the World Conservation Union (IUCN). 12 pp.
- Mackey, B. G. y Lindenmayer, D. B. 2001. Towards a hierarchical framework for modelling the spatial distribution of animals. *Journal of Biogeography*, 28(9): 1147-1166.
- Márquez, R., Beltrán, J. F., Llusia, D., Penna, M. y Narins, P. M. 2016. Synthetic rainfall vibrations evoke toad emergence. *Current Biology*, 26(24): R1270-R1271.
- Mellink, E. 2002. El límite sur de la región mediterránea de Baja California, con base en sus tetrápodos endémicos. *Acta zoológica mexicana*, 85: 11-23
- Morey, S. R. 1998. Pool duration influences age and body mass at metamorphosis in the western spadefoot toad: implications for vernal pool conservation. En Witham, C. W., Bauder, E. T., Belk D., Ferren, W. R. y Ornduff, R. (Eds.). Ecology, Conservation, and Management of Vernal Pool Ecosystems, Proceedings from 1996 Conference. California Native Plant Society, Sacramento, California.
- Morey, S. y D. Reznick. 2001. Effects of larval density on postmetamorphic spadefoot toads (*Spea hammondi*). *Ecology*, 82(2): 510–522.
- Morey, S. R. y Reznick, D. N. 2004. The relationship between habitat permanence and larval development in California spadefoot toads: field and laboratory comparisons of developmental plasticity. *Oikos*, 104(1):172–190.

- Morris, D. W. 1987. Tests of density-dependent habitat selection in a patchy environment. *Ecological Monographs*, 57(4): 269-281.
- Morris, D. W. 1995. Temporal variation, habitat selection and community structure. *Oikos*, 59(3): 303-312.
- Morrison, M. L., Marcot, B. y Mannan, W. 2012. Wildlife-habitat relationships: concepts and applications. (3th ed). Island Press. Washington, D.C., USA.
- Neal, K. M., Johnson, B. B. y Shaffer, H. B. 2018. Genetic structure and environmental niche modeling confirm two evolutionary and conservation units within the western spadefoot (*Spea hammondi*). *Conservation genetics*, 19(4), 937-946.
- Ochoa-Ochoa, L., Correa-Cano, M., Flores-Villela, O., García-Vázquez, U. y Canseco-Márquez, L. 2006. Áreas potenciales de distribución de la herpetofauna de México, escala: 1:1000000. Museo de Zoología Alfonso L. Herrera, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México. Extraído del proyecto DS009: Áreas potenciales de distribución y GAP análisis de la herpetofauna de México. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO). México.
- Ochoa-Ochoa, L., Urbina-Cardona, J. N., Vázquez, L. B., Flores-Villela, O. y Bezaury-Creel, J. 2009. The effects of governmental protected areas and social initiatives for land protection on the conservation of Mexican amphibians. *PLoS One*, 4(9): e6878.
- Parra-Olea, G., Flores-Villela, O. y Mendoza-Almeralla, C. 2014. Biodiversidad de anfibios en México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 85(Suplemento): 460-466.
- Pechmann, J. H. y Wilbur, H. M. 1994. Putting declining amphibian populations in perspective: natural fluctuations and human impacts. *Herpetologica*, 50 (1):65-84.
- Pierce, B. A. 1985. Acid tolerance in Amphibians. *BioScience*, 35(4):239-243.
- Preston, W. B. 2009. The Distribution of the Plains Spadefoot, *Spea bombifrons*, in relation to soil type in southwestern Manitoba. *The Canadian Field-Naturalist*, 123(2): 107-111.
- QGIS Development Team, 2019. QGIS Geographic Information System. Open Source Geospatial Foundation. Recuperado en mayo de 2019 de: <http://qgis.org>
- R Core Team, 2019. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. Recuperado en mayo de 2019 de: <https://www.R-project.org/>
- Ranvestel, A. W., Lips, K. R., Pringle, C. M., Whiles, M. R. y Bixby, R. J. 2004. Neotropical tadpoles influence stream benthos: evidence for the ecological consequences of decline in amphibian populations. *Freshwater Biology*, 49(3): 274-285
- Rittenhouse, T. A. y Semlitsch, R. D. 2007. Distribution of amphibians in terrestrial habitat surrounding wetlands. *Wetlands*, 27(1): 153-161.
- Rosenzweig, M. L. 1981. A theory of habitat selection. *Ecology*, 62(2): 327-335.
- RStudio Team, 2019. RStudio: Integrated Development for R. RStudio, Inc., Boston, MA. Recuperado en mayo de 2019 de: <http://www.rstudio.com/>

- Riddle, S. B., y Bateman, H. L. 2020. Habitat and soil associations of a fossorial toad in a Sonoran Desert riparian forest. *Journal of Arid Environments*, 181, 104239.
- Ruibal, R., Tevis L. y Roig, V. 1969. The terrestrial ecology of the spadefoot toad *Scaphiopus hammondi*. *Copeia*, 1969(3): 571-84.
- Santos-Barrera, G., Hammerson, G. y Morey, S. 2004. *Spea hammondi*. The IUCN Red List of Threatened Species 2004: e.T59045A11874606. Recuperado en agosto de 2019 de: <http://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2004.RLTS.T59045A11874606.en>
- Sattler, P. W. 1980. Genetic relationships among selected species of North American Scaphiopus. *Copeia*, 1980(4): 605–610.
- Shedd, J. D. 2016. Distribution of the Western Spadefoot (*Spea hammondi*) in the northern Sacramento Valley of California, with comments on status and survey methodology. Vernal Pools in Changing Landscapes. En: Schlising, R. A., Gottschalk Fisher, E. E. y Guilliams, C. M. (Eds). Vernal Pools in Changing Landscapes. Studies from the Herbarium, No 18. California State University, Chico, California, USA.
- Shoemaker, V. H., McClanahan L. y Ruibal R. 1969. Seasonal changes in body fluids in a field population of spadefoot toads. *Copeia*, 1969(3): 585-591.
- Smith, R. L. 1980. Ecology and Field Biology. (3th ed). New York, EE. UU.
- Stebbins, R. C y McGinnis, S. M. 2012. Frogs and Toads (Order Anura). In Field Guide to Amphibians and Reptiles of California: Revised Edition. University of California Press, Berkeley and Los Angeles, California, USA.
- Stebbins, R. C. y McGinnis, S. M. 2018. Peterson Field Guide to Western Reptiles & Amphibians. Fourth Edition. Houghton Mifflin Harcourt Company, Boston.
- Stuart, S. N., Chanson, J. S., Cox, N. A., Young, B. E., Rodrigues, A. S., Fischman, D. L. y Waller, R. W. 2004. Status and trends of amphibian declines and extinctions worldwide. *Science*, 306(5702), 1783-1786.
- Stuart, S. N., Hoffmann, M., Chanson, J. S., Cox, N. A., Berridge, R.J., Ramani, P. y Young, B. E. 2008. Threatened Amphibians of the World. Lynx Edicions, Barcelona, Spain; IUCN, Gland, Switzerland; and Conservation International, Arlington, Virginia, USA.
- Thomson, R. C., Wright, A. N. y Shaffer, H. B. 2016. California amphibian and reptile species of special concern. University of California Press, Oakland, California, USA.
- Wake, D. B. 1991. Declining amphibian populations. *Science*, 253(5022): 860-861.
- Wells, K. D. 2007. The Ecology and Behavior of Amphibians. The University of Chicago Press, Chicago, USA.
- Welsh, H. H. y Ollivier, L. M. 1998. Stream amphibians as indicators of ecosystem stress: a case study from California's redwoods. *Ecological Applications*, 8(4): 1118-1132.
- Whiles, M. R., Lips, K. R., Pringle, C.M., Kilham, S.S., Bixby, R.J., Brenes, R., Connelly, S., Colon-Gaud, J.C., Hunte-Brown, M., Huryn, A.D., Montgomery, C. y Peterson, S. 2006. The effects of amphibian population decline on the structure and function of Neotropical stream ecosystems. *Frontiers in Ecology and the Environment* 4(1): 27-34.

Wiens, J. J. y Titus, T. A. 1991. A phylogenetic analysis of *Spea* (Anura: Pelobatidae). *Herpetologica*, 47(1):21–28.



## Anexos

### Anexo A

**Tabla 6. Estadística descriptiva de los individuos, abundancia relativa y variables climáticas por período de muestreo.** Se muestra el valor mínimo, máximo, media y error estándar para cada variable por período de muestreo.

		Período de muestreo			
		1	2	3	4
Individuos de <i>Spea hammondii</i>	Mínimo:	0	3	0	0
	Máximo:	0	20	7	1
	Media:	0.00	8.50	1.44	0.22
	Error estándar:	0.00	2.35	0.78	0.15
Abundancia de <i>Spea hammondii</i> (individuos/ tiempo)	Mínimo:	0.000	0.050	0.000	0.000
	Máximo:	0.000	0.333	0.117	0.017
	Media:	0.000	0.137	0.029	0.005
	Error estándar:	0.000	0.040	0.016	0.008
Temperatura ambiental (°C)	Mínimo:	5.40	6.60	13.55	9.00
	Máximo:	13.50	15.70	18.70	15.60
	Media:	7.67	9.64	15.75	12.76
	Error estándar:	1.34	1.12	0.69	3.19
Temperatura del suelo (°C)	Mínimo:	11.23	12.56	17.79	21.81
	Máximo:	16.15	19.37	26.07	31.80
	Media:	13.69	15.18	22.97	27.49
	Error estándar:	2.46	1.03	1.09	3.99
Temperatura del agua (°C)	Mínimo:	6.50	12.00	15.50	19.00
	Máximo:	8.50	20.00	23.50	25.00
	Media:	7.70	15.13	19.79	21.50
	Error estándar:	0.49	0.96	1.10	3.00
Precipitación (mm)	Mínimo:	0.00	0.00	0.00	0.00
	Máximo:	0.26	10.40	1.60	0.00
	Media:	0.06	3.34	0.23	0.00
	Error estándar:	0.04	1.66	0.23	0.00
Humedad ambiental (%)	Mínimo:	32.00	60.50	50.00	52.00
	Máximo:	95.00	100	87.50	91.00
	Media:	53.50	86.06	72.43	74.67
	Error estándar:	10.72	4.47	6.14	18.15
Humedad del suelo (m <sup>3</sup> /m <sup>3</sup> )	Mínimo:	0.14	0.05	0.04	0.00
	Máximo:	0.18	0.37	0.38	0.29
	Media:	0.16	0.22	0.23	0.13
	Error estándar:	0.02	0.05	0.07	0.14

## Anexo B.

**Tabla 7. Relación de los registros de *Spea hammondii* por fecha y sitio de muestreo.** Se muestra el número de individuos detectados visualmente y aquellos registrados únicamente de manera indirecta con vocalizaciones, así como la abundancia relativa y el número de individuos que recién habían terminado la metamorfosis (metamórficos).

Fecha 2020	Sitio	Adultos de <i>Spea hammondii</i>			Abundancia relativa	Metamórficos de <i>Spea hammondii</i>
		Visuales	Sólo por vocalización	Total		
28-ene	El Descanso*	0	0	0	0.000	0
29-ene	Los Hornos	0	0	0	0.000	0
30-ene	Padilla	0	0	0	0.000	0
09-feb	El Gato	0	0	0	0.000	0
10-feb	Padilla	0	0	0	0.000	0
11-feb	Sangre de cristo	0	0	0	0.000	0
11-feb	El Gato	0	0	0	0.000	0
24-feb	Los Hornos	2	5	7	0.078	0
03-mar	Héroes de la Independencia	0	3	3	0.050	0
09-mar	Sangre de Cristo	0	3	3	0.050	0
10-mar	Ejido La Misión 1	20	0	20	0.333	0
18-mar	Ejido La Misión 2	17	0	17	0.283	0
19-mar	Valle de Guadalupe	10	0	10	0.167	0
29-mar	Padilla	4	0	4	0.067	0
29-mar	El Gato	4	0	4	0.067	0
11-abr	Los Hornos	6	1	7	0.117	0
17-abr	Valle de Guadalupe	1	0	1	0.017	0
24-abr	Ejido La Misión 2	0	3	3	0.050	0
24-abr	Ejido La Misión 1	0	0	0	0.000	0
25-abr	Las Cabañas	1	1	2	0.022	56
26-abr	Sangre de Cristo	0	0	0	0.000	0
26-abr	El Gato	0	0	0	0.000	0
30-abr	Ejido La Misión 3*	0	0	0	0.000	0
30-abr	Ejido La Misión 4*	0	0	0	0.000	0
07-may	Los Hornos	0	1	1	0.017	0
12-may	Ejido La Misión 2	0	1	1	0.017	40
12-may	Ejido La Misión 1	0	0	0	0.000	46
14-may	Las Cabañas	0	0	0	0.000	69
14-may	Valle de Guadalupe	0	0	0	0.000	0
16-may	El Gato	0	0	0	0.000	38
16-may	Sangre de Cristo	0	0	0	0.000	0
18-may	Ejido La Misión 3*	0	0	0	0.000	0
18-may	Ejido La Misión 4*	0	0	0	0.000	0

\*Muestreos no considerados en los análisis.

Las bandas en diferentes tonos indican cambio de período de muestreo.

**Tabla 8. Descripción de los sitios y abundancia relativa de *Spea hammondi* durante la fase de máxima abundancia.** Se muestra la abundancia relativa en orden decreciente con las características por de los sitios y amenazas potenciales para los muestreos de la fase de máxima abundancia.

Sitio	Abundancia (individuos/ tiempo)	Textura del suelo	Cobertura vegetal (%)	Area total de las pozas (m <sup>2</sup> )	pH en la poza	Distancia de poza a caminos (m)	Presencia/Ausencia	
							Ganado	Especies exóticas
Ejido La Misión 1	0.333	arcilla	97.50	924	6.38	x	0	0
Ejido La Misión 2	0.283	arcilla	64.88	1,620	6.19, 8.30	x	0	0
Valle de Guadalupe	0.167	arena	31.91	552	7.00	5	0	0
Rancho Los Hornos *	0.117	limo	54.28	2,871	7.20	x	1	1
Rancho Los Hornos	0.078	limo	54.28	2,871	7.20	x	1	1
Rancho Padilla	0.067	arena	36.47	1,184	-	31	1	0
Rancho El Gato	0.067	arena	30.71	674	8.25	39	1	0
Héroes de la Independencia	0.050	limo	13.71	5,229	-	x	1	0
Sangre de Cristo	0.050	arena	58.10	584	7.85	145	1	0

\*Sitio del tercer período de muestreo, agregado por la proximidad en fecha y de condiciones climáticas con el segundo período.

Las "x" indican la ausencia de caminos en un radio de 260 m de la poza.

Valores de pH en las pozas del sitio Ejido La Misión 2 no fueron considerados en los análisis, debido a que no se conoce la abundancia para cada poza.

## Anexo D

Descripción de la vegetación por sitio durante el período de máxima abundancia.

### Los Hornos

Matorral costero con pastizal inducido.

Familia	Especie
Anacardiaceae	<i>Malosma laurina</i> (Nutt.) Abrams
Anacardiaceae	<i>Rhus integrifolia</i> (Nutt.) Benth. & Hook.f. ex Rothr.
Asteraceae	<i>Artemisia californica</i> Less
Asteraceae	<i>Pseudognaphalium</i> sp.
Asteraceae	<i>Rafinesquia californica</i> Nutt.
Asteraceae	<i>Xanthium strumarium</i> L.
Fabaceae	* <i>Medicago polymorpha</i> L.
Fabaceae	<i>Acmispon glaber</i> (Vogel) Brouillet var. <i>glaber</i>
Gentianaceae	<i>Zeltnera venusta</i> (A. Gray) G. Mans
Hydrophyllaceae	<i>Pholistoma racemosum</i> (Nutt. ex A. Gray) Constance
Oleaceae	<i>Fraxinus parryi</i> Moran
Plantaginaceae	<i>Veronica peregrina</i> L. subsp. <i>xalapensis</i> (Kunth) Pennell
Poaceae	<i>Avena</i> sp.
Poaceae	* <i>Bromus catharticus</i> Vahl
Poaceae	* <i>Festuca myuros</i> L
Poaceae	<i>Festuca octoflora</i> Walter
Poaceae	* <i>Festuca perennis</i> (L.) Columbus & J.P. Sm.
Poaceae	* <i>Gastridium phleoides</i> (Nees & Meyen) C.E. Hubb.
Poaceae	* <i>Lamarckia aurea</i> (L.) Moench
Poaceae	* <i>Polypogon monspeliensis</i> (L.) Desf.
Polygonaceae	<i>Eriogonum fasciculatum</i> Benth. var. <i>fasciculatum</i>
Rhamnaceae	<i>Rhamnus crocea</i> Nutt.
Rosaceae	<i>Heteromeles arbutifolia</i> (Lindley) M. Roem. var. <i>arbutifolia</i>
Themidaceae	<i>Dichelostemma capitatum</i> (Benth.) Alph. Wood

\* Especie exótica.

## Héroes de la Independencia

Chaparral con mezquital.

Familia	Especie
Asteraceae	<i>Baccharis salicifolia</i> (Ruiz & Pav.) Pers. subsp. <i>salicifolia</i>
Asteraceae	<i>Ericameria brachylepis</i> (A. Gray) H.M. Hall
Asteraceae	<i>Pseudognaphalium</i> sp.
Cactaceae	<i>Cylindropuntia californica</i> (Torr. & A. Gray) F.M. Knuth var. <i>parkeri</i> (J.M. Coult.) Pinkava
Cactaceae	<i>Ferocactus acanthodes</i> (Lem.) Britton & Rose var. <i>acanthodes</i>
Cactaceae	<i>Opuntia phaeacantha</i> Engelm.
Fabaceae	<i>Prosopis glandulosa</i> Torr. var. <i>torreyana</i> (L.D. Benson) M.C. Johnst.
Fagaceae	<i>Quercus</i> sp.
Pinaceae	<i>Pinus</i> sp.
Poaceae	* <i>Bromus rubens</i> L.
Polygonaceae	<i>Eriogonum fasciculatum</i> Benth. var. <i>polifolium</i> (Benth.) Torr. & A. Gray
Rhamnaceae	<i>Rhamnus ilicifolia</i> Kellogg
Rosaceae	<i>Adenostoma fasciculatum</i> Hook. & Arn. var. <i>obtusifolium</i> S. Watson
Tamaricaceae	* <i>Tamarix</i> cf. <i>ramosissima</i> Ledeb.
Viscaceae	<i>Phoradendron californicum</i> Nutt

\* Especie exótica.

## Sangre de Cristo

Chaparral. Humedal con poza.

Familia	Especie
Asteraceae	<b><i>Bahiopsis laciniata</i></b> (A. Gray) E.E. Schill. & Panero
Asteraceae	<b><i>Baileya multiradiata</i></b> Harvey & A. Gray ex Torr
Asteraceae	<b><i>Encelia californica</i></b> Nutt.
Asteraceae	<b><i>Ericameria brachylepis</i></b> (A. Gray) H.M. Hall
Asteraceae	<b><i>Hazardia stenolepis</i></b> (H.M. Hall) Hoover
Asteraceae	<b><i>Isocoma menziesii</i></b> (Hook. & Arn.) G.L. Nesom
Asteraceae	<b><i>Xanthium strumarium</i></b> L.
Boraginaceae	<b><i>Cryptantha</i></b> sp.
Cactaceae	<b><i>Cylindropuntia californica</i></b> (Torr. & A. Gray) F.M. Knuth <b>var. <i>parkeri</i></b> (J.M. Coult.) Pinkava
Cyperaceae	<b><i>Eleocharis</i></b> cf. <b><i>macrostachya</i></b> Britton
Cyperaceae	<b><i>Schoenoplectus americanus</i></b> (Pers.) Schinz & R. Keller
Ephedraceae	<b><i>Ephedra californica</i></b> S. Watson
Fabaceae	<b><i>Acmispon glaber</i></b> (Vogel) Brouillet <b>var. <i>brevialatus</i></b> (Ottley) Brouillet
Fabaceae	<b><i>Prosopis glandulosa</i></b> Torr. var. <b><i>torreyana</i></b> (L.D. Benson) M.C. Johnst.
Fabaceae	<b><i>Senegalia greggii</i></b> (A. Gray) Britton & Rose
Juncaceae	<b><i>Juncus acutus</i></b> L. subsp. <b><i>leopoldii</i></b> (Parl.) Snog.
Malvaceae	<b><i>Sphaeralcea ambigua</i></b> A. Gray
Poaceae	* <b><i>Gastridium phleoides</i></b> (Nees & Meyen) C.E. Hubb.
Poaceae	* <b><i>Hordeum murinum</i></b> L. subsp. <b><i>glaucum</i></b> (Steud.) Tzvelev
Poaceae	* <b><i>Polypogon monspeliensis</i></b> (L.) Desf.
Poaceae	* <b><i>Polypogon viridis</i></b> (Gouan) Breistr.
Poaceae	* <b><i>Bromus rubens</i></b> L.
Poaceae	* <b><i>Hordeum murinum</i></b> L.
Polygonaceae	<b><i>Eriogonum fasciculatum</i></b> Benth. var. <b><i>flavoviride</i></b> Munz & I.M. Johnst.
Polygonaceae	<b><i>Lastarriaea coriacea</i></b> (Goodman) Hoover
Simmondsiaceae	<b><i>Simmondsia chinensis</i></b> (Link.) C.K. Schneid
Solanaceae	<b><i>Lycium andersonii</i></b> A. Gray var. <b><i>andersonii</i></b>
Tamaricaceae	* <b><i>Tamarix ramosissima</i></b> Ledeb.
Viscaceae	<b><i>Phoradendron californicum</i></b> Nutt.

\* Especie exótica.

## Ejido La Misión 1

Matorral costero con poza vernal en pastizal inducido por campos agrícolas en descanso.

Familia	Especie
Anacardiaceae	<i>Malosma laurina</i> (Nutt.) Abrams
Anacardiaceae	<i>Rhus integrifolia</i> (Nutt.) Benth. & Hook.f. ex Rothr
Asteraceae	<i>Artemisia californica</i> Less.
Asteraceae	* <i>Logfia gallica</i> (L.) Coss. & Germ.
Boraginaceae	<i>Amsinckia intermedia</i> Fisch. & C.A. Meyer
Brassicaceae	* <i>Brassica nigra</i> (L.) W.D.J. Koch
Brassicaceae	<i>Lepidium virginica</i> L.
Brassicaceae	* <i>Raphanus sativus</i> L.
Convolvulaceae	<i>Cuscuta californica</i> Hook. & Arn. var. <i>californica</i>
Fabaceae	<i>Lupinus truncatus</i> Nutt.
Fabaceae	<i>Lupinus sparsiflorus</i> Benth.
Fabaceae	<i>Trifolium depauperatum</i> Desv. var. <i>amplectens</i> (Torr. & A. Gray) McDermott
Geraniaceae	* <i>Erodium botrys</i> (Cav.) Bertol.
Geraniaceae	* <i>Erodium cicutarium</i> (L.) Aiton
Malvaceae	* <i>Malva parviflora</i> L.
Plantaginaceae	* <i>Plantago lanceolata</i> L.
Plantaginaceae	<i>Veronica peregrina</i> L. subsp. <i>xalapensis</i> (Kunth) Pennell
Poaceae	* <i>Avena fatua</i> L.
Poaceae	* <i>Bromus rubens</i> L.
Poaceae	* <i>Bromus hordaceus</i> L.
Poaceae	* <i>Festuca bromoides</i> L.
Poaceae	* <i>Festuca myuros</i> L.
Poaceae	* <i>Gastridium phleoides</i> (Nees & Meyen) C.E. Hubb.
Poaceae	* <i>Hordeum murinum</i> L.
Poaceae	* <i>Lamarckia aurea</i> (L.) Moench
Polygonaceae	<i>Eriogonum fasciculatum</i> Benth. var. <i>fasciculatum</i>
Polygonaceae	* <i>Rumex crispus</i> L.

\* Especie exótica.

## Ejido La Misión 2

Matorral costero con pastizal inducido por campos agrícolas en descanso, sobre sistema de pozas vernaes.

Familia	Especie
Anacardiaceae	<i>Rhus integrifolia</i> (Nutt.) Benth. & Hook.f. ex Rothr
Asteraceae	* <i>Cotula coronopifolia</i> L.
Asteraceae	* <i>Logfia gallica</i> (L.) Coss. & Germ.
Asteraceae	<i>Artemisia californica</i> Less.
Asteraceae	<i>Deinandra fasciculata</i> (DC.) Greene
Asteraceae	<i>Isocoma menziesii</i> (Hook. & Arn.) G.L. Nesom var. <i>decumbens</i> (Greene) G.L. Nesom
Asteraceae	<i>Pseudognaphalium</i> sp.
Brassicaceae	* <i>Brassica nigra</i> (L.) W.D.J. Koch
Brassicaceae	* <i>Brassica</i> sp.
Cyperaceae	<i>Eleocharis cf. macrostachya</i> Britton
Fabaceae	<i>Acmispon glaber</i> (Vogel) Brouillet var. <i>glaber</i>
Fabaceae	<i>Acmispon maritimus</i> (Nutt.) D.D. Sokoloff var. <i>maritimus</i>
Gentianaceae	<i>Zeltnera venusta</i> (A. Gray) G. Mans
Juncaginaceae	<i>Triglochin scilloides</i> (Poir.) Mering & Kadereit
Plantaginaceae	<i>Veronica peregrina</i> L. subsp. <i>xalapensis</i> (Kunth) Pennell
Poaceae	* <i>Bromus hordeaceus</i> L.
Poaceae	* <i>Bromus rubens</i> L.
Poaceae	* <i>Festuca myuros</i> L.
Poaceae	* <i>Festuca perennis</i> (L.) Columbus & J.P. Sm.
Poaceae	* <i>Gastridium phleoides</i> (Nees & Meyen) C.E. Hubb.
Poaceae	* <i>Hordeum vulgare</i> L.
Poaceae	* <i>Lamarckia aurea</i> (L.) Moench
Poaceae	* <i>Polypogon monspeliensis</i> (L.) Desf.
Poaceae	<i>Avena</i> spp.
Polemoniaceae	<i>Navarretia hamata</i> Greene
Polygonaceae	* <i>Rumex crispus</i> L.
Polygonaceae	<i>Eriogonum fasciculatum</i> Benth. var. <i>fasciculatum</i>
Polygonaceae	<i>Eriogonum wrightii</i> Benth. var. <i>dentatum</i> (S. Stokes) Reveal
Rubiaceae	<i>Galium</i> sp.
Simmondsiaceae	<i>Simmondsia chinensis</i> (Link.) C.K. Schneid.

\* Especie exótica.



## Valle de Guadalupe

Matorral costero.

Familia	Especie
Asteraceae	* <i>Cotula coronopifolia</i> L.
Asteraceae	<i>Stebbinsoseris heterocarpa</i> (Nutt.) K.L. Chambers
Cyperaceae	<i>Eleocharis</i> cf. <i>macrostachya</i> Britton
Cyperaceae	<i>Schoenoplectus americanus</i> (Pers.) Schinz & R. Keller
Fabaceae	<i>Acmispon maritimus</i> (Nutt.) D.D. Sokoloff var. <i>maritimus</i>
Fabaceae	<i>Lupinus sparsiflorus</i> Benth.
Gentianaceae	<i>Zeltnera venusta</i> (A. Gray) G. Mans.
Iridaceae	<i>Sisyrinchium bellum</i> S. Watson
Juncaginaceae	<i>Triglochin scilloides</i> (Poir.) Mering & Kadereit
Liliaceae	<i>Calochortus splendens</i> Benth.
Orobanchaceae	<i>Castilleja exserta</i> (A. Heller) T.I. Chuang & Heckard subsp. <i>exserta</i>
Plantaginaceae	<i>Veronica peregrina</i> L. subsp. <i>xalapensis</i> (Kunth) Pennell
Poaceae	* <i>Bromus hordeaceus</i> L.
Poaceae	* <i>Festuca myuros</i> L.
Poaceae	* <i>Phalaris paradoxa</i> L.
Poaceae	<i>Avena</i> sp.
Poaceae	<i>Phalaris</i> sp.
Polygonaceae	* <i>Rumex crispus</i> L.
Polygonaceae	<i>Eriogonum fasciculatum</i> Benth. var. <i>fasciculatum</i>
Polygonaceae	<i>Eriogonum wrightii</i> Benth. var. <i>dentatum</i> (S. Stokes) Reveal
Themidaceae	<i>Dichelostemma capitatum</i> (Benth.) Alph. Wood

\* Especie exótica.

**Padilla**

Chaparral con formación abierta de *Juniperus californica* (huata).

<b>Familia</b>	<b>Especie</b>
Agavaceae	<b><i>Agave desertii</i></b> Engelm. subsp. <b><i>pringlei</i></b> (Engelm. Ex Baker) Gentry
Asparagales	<b><i>Yucca schidigera</i></b> Ortgies
Asteraceae	<b><i>Ericameria brachylepis</i></b> (A. Gray) H.M. Hall
Asteraceae	<b><i>Gutierrezia sarothrae</i></b> (Pursh) Britton & Rusby
Berberidaceae	<b><i>Berberis higginsiae</i></b> Munz
Boraginaceae	<b><i>Cryptantha</i></b> sp.
Cactaceae	<b><i>Cylindropuntia californica</i></b> (Torr. & A. Gray) F.M. Knuth var. <b><i>parkeri</i></b> (J.M. Coult.) Pinkava
Cactaceae	<b><i>Echinocereus engelmannii</i></b> (Engelm.) Lam.
Cactaceae	<b><i>Opuntia phaeacantha</i></b> Engelm.
Cupressaceae	<b><i>Juniperus californica</i></b> Carrière
Ephedraceae	<b><i>Ephedra aspera</i></b> S. Watson
Fabaceae	<b><i>Prosopis glandulosa</i></b> Torr. var. <b><i>torreyana</i></b> (L.D. Benson) M.C. Johnst.
Geraniaceae	<b><i>Erodium</i></b> sp.
Pinaceae	<b><i>Pinus quadrifolia</i></b> Parl. ex Sudw.
Polygonaceae	* <b><i>Polygonum argyrocoleon</i></b> Kunze
Polygonaceae	<b><i>Eriogonum fasciculatum</i></b> Benth. var. <b><i>polifolium</i></b> (Benth.) Torr. & A. Gray
Solanaceae	<b><i>Lycium andersonii</i></b> A. Gray var. <b><i>andersonii</i></b>
Viscaceae	<b><i>Phoradendron bolleanum</i></b> (Seem.) Eichler
Viscaceae	<b><i>Phoradendron californicum</i></b> Nutt.

\* Especie exótica.

**El Gato**

Chaparral.

<b>Familia</b>	<b>Especie</b>
Anacardiaceae	<i>Rhus ovata</i> S. Watson
Asparagaceae	<i>Yucca schidigera</i> Ortgies
Asteraceae	<i>Ericameria brachylepis</i> (A. Gray) H.M. Hall
Cactaceae	<i>Cylindropuntia californica</i> (Torr. & A. Gray) F.M. Knuth <b>var. parkeri</b> (J.M. Coult.) Pinkava
Cactaceae	<i>Echinocereus engelmannii</i> (Engelm.) Lam.
Cactaceae	<i>Opuntia phaeacantha</i> Engelm.
Cupressaceae	<i>Juniperus californica</i> Carrière
Ephedraceae	<i>Ephedra aspera</i> S. Watson
Fabaceae	<i>Prosopis glandulosa</i> Torr. <b>var. torreyana</b> (L.D. Benson) M.C. Johnst.
Polygonaceae	<i>Eriogonum fasciculatum</i> Benth. <b>var. foliolosum</b> (Nutt.) Abrams
Simmondsiaceae	<i>Simmondsia chinensis</i> (Link.) C.K. Schneid
Solanaceae	<i>Lycium</i> sp.