CENTRO DE INVESTIGACIONES BIOLÓGICAS DEL NOROESTE, S.C.

Programa de Estudios de Posgrado

ECOLOGÍA TÉRMICA DE *Bipes biporus* (SQUAMATA: AMPHISBAENIA) EN BAJA CALIFORNIA SUR

TESIS

Que para obtener el grado de

Maestro en Ciencias

Uso, Manejo y Preservación de los Recursos Naturales
(Orientación en Ecología de Zonas Áridas)

P r e s e n t a

Fernando Isaí Valle Jiménez

La Paz, Baja California Sur, junio 2018

ACTA DE LIBERACIÓN DE TESIS

En la Ciudad de La Paz, B. C. S., siendo las 9:30 horas del día 28 del Mes de mayo del 2018, se procedió por los abajo firmantes, miembros de la Comisión Revisora de Tesis avalada por la Dirección de Estudios de Posgrado y Formación de Recursos Humanos del Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S. C., a liberar la Tesis de Grado titulada:

"Ecología térmica de *Bipes biporus* (SQUAMATA: AMPHISBAENA) en Baja California Sur"

Presentada por el alumno:

Fernando Isaí Valle Jiménez

Aspirante al Grado de MAESTRO EN CIENCIAS EN EL USO, MANEJO Y PRESERVACIÓN DE LOS RECURSOS NATURALES CON ORIENTACIÓN EN ECOLOGÍA DE ZONAS ÁRIDAS

Después de intercambiar opiniones los miembros de la Comisión manifestaron su **APROBACIÓN DE LA TESIS**, en virtud de que satisface los requisitos señalados por las disposiciones reglamentarias vigentes.

LA COMISIÓN REVISORA

Dra. Patricia Galina Tessaro
Director de Tesis

Dr. Fausto R. Méndez de la Cruz
Co-Tutor

Rafael A. Lara Reséndiz
Co-Tutor

Dra. Norma Yolanda Hernández Saavedra,
Directora de Estudios de Posgrado y
Formación de Recursos Humanos

CONFORMACIÓN DEL COMITÉS

Comité tutorial

Dra. Patricia Galina Tessaro
Centro de Investigaciones Biológicas Del Nororeste, S. C.
Directora de Tesis

Dr. Rafael Alejandro Lara Resendiz
Centro de Investigaciones Biológicas Del Noroeste, S. C.
Co-tutor

Dr. Fausto Roberto Méndez de la Cruz
Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México
Co-tutor

Comité revisor de tesis

Dra. Patricia Galina Tessaro
Dr. Rafael A. Lara Resendiz
Dr. Fausto R. Méndez de la Cruz

Jurado de examen

Dra. Patricia Galina Tessaro
Dr. Rafael A. Lara Resendiz
Dr. Fausto R. Méndez de la Cruz

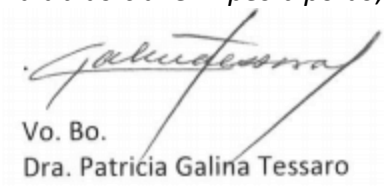
Suplente

Dr. Sergio Álvarez Cárdenas

Resumen

La temperatura juega un papel fundamental en todos los aspectos ecológicos de los reptiles. Estos han desarrollado estrategias conductuales para mantener su temperatura corporal dentro de un intervalo óptimo y realizar sus actividades cotidianas. Este intervalo, así como sus temperaturas corporales suelen variar según las condiciones ambientales y la época del año. Los estudios de termorregulación y uso del hábitat son primordiales en el entendimiento de la ecología y los requerimientos de los reptiles, sobre todo, para anticipar los efectos que los procesos como el cambio climático y la fragmentación del hábitat puedan tener sobre sus poblaciones. Desafortunadamente, este tipo de trabajos se han concentrado solo en las especies conspicuas dejando de lado a los organismos menos evidentes como a las especies fosoriales. Estos últimos aprovechan que la heterogeneidad del suelo propicia la formación de microclimas particulares en función de las características intrínsecas del sustrato y su asociación con elementos superficiales. Para este trabajo se determinó la ecología térmica y el uso de hábitat de *Bipes biporus,* modelo de estudio que se eligió debido a sus hábitos secretivos, conducta fosorial y hábitat con alta variación en la temperatura a lo largo del día y del año. Particularmente, se evaluaron los índices de termorregulación propuestos por Hertz *et al.* (1995) durante la temporada seca (enero – junio) y lluviosa (julio – diciembre) en el "El Comitán", La Paz, B. C. S. En campo se obtuvieron las temperaturas corporales (Tc), las temperaturas operativas (To) y datos estructurales del hábitat. En el laboratorio se evaluó la temperatura seleccionada (Tsel) utilizando un gradiente térmico vertical. La Tc de *B. biporus* fue de 31.9°C y el intervalo de Tsel de 26.8 a 31.4°C. Los resultados no mostraron diferencias significativas de los requerimientos térmicos entre la temporada seca y lluviosa. Para los índices se obtuvo un promedio de 4.5 para la precisión termorregulatoria, 3.2 para la calidad térmica del hábitat y un valor de -0.4 para la eficiencia térmica; sin diferencias entre las estaciones del año. Por otro lado, *B. biporus* tiene mayor afinidad por habitar bajo los mezquites, con una diferencia significativa con respecto de otros sustratos y no parece habitar a grandes profundidades, salvo en los casos donde la cobertura vegetal es escaza. La calidad térmica del hábitat para *B. biporus* es buena, lo cual se refleja en una baja eficiencia, demostrando así que no dedica mucho esfuerzo a termorregular, además su conducta indica la evasión voluntaria del intervalo de Tsel cuando éste está disponible en el ambiente, debido a otros elementos como la presencia de depredadores o la abundancia de alimento.

Palabras clave: *Bipes biporus*, Termorregulación, Reptiles, Temperatura, Fosorial.



Summary

Temperature plays a fundamental role in all ecological aspects of reptiles. They have developed behavioral strategies to maintain their body temperature within an optimal range and perform their daily activities. This interval, as well as their body temperatures, usually varies according to the environmental conditions and time of year. The study of thermoregulation and habitat use are essential in understanding ecology and environmental requirements of reptiles, especially to anticipate the effects that processes such as climate change and habitat fragmentation may have on their populations. Unfortunately, this type of work has focused only on the conspicuous species leaving aside the less obvious organisms such as fossorial species that take advantage of soil heterogeneity, which favors the formation of individual microclimate depending on the intrinsic characteristics of the substrate and its association with surface elements. This study determined thermal ecology and habitat use of *Bipes biporus*; the, study model was chosen because of its secretive habits, fossorial behavior and habitat with high variation in temperature throughout the day and year. In particular, the thermoregulation indices proposed by Hertz *et al.* (1995) were evaluated during the dry season (January-June) and rainy season (July-December) for *B. biporus* in "El Comitán", La Paz, Baja California Sur, Mexico. Corporal temperatures (Tc), operating temperatures (To) and habitat structural elements were obtained in fieldwork. In the laboratory, the selected temperature (Tsel) was evaluated using a vertical thermal gradient. The Tc and Tsel interval of *B. biporus* was 31.9 °C and 26.8 to 31.4 °C, respectively. The results showed no significant differences in thermal requirements between dry and rainy seasons. For the indices, an average of 4.5 for the thermoregulatory precision, 3.2 for the thermal quality of the habitat and a value of -0.4 for the thermal efficiency were obtained. No differences were observed between seasons. On the other hand, *B. biporus* has a greater affinity for living under mesquites with a significant difference with respect to other substrates and does not seem to inhabit great depths, except in cases where plant cover is scarce. The thermal quality of the habitat for *B. biporus* is good, which is reflected in low efficiency, demonstrating that it does not make much effort in thermoregulation; furthermore, its behavior indicates the voluntary evasion of the Tsel interval when it is available in the environment due to other elements, such as the presence of predators or food abundance.

Key words: *Bipes biporus,* Thermoregulation, Temperature, Reptiles, Fossorial.

Dedicatoria

A mi familia, quienes siempre están ahí para apoyarme y regañarme cuando así se requiere, por siempre empujarme a ser mejor persona y enseñarme a afrontar las experiencias de la vida.

A la Biól. Yaredh Ramírez Enríquez, quien siempre ha estado ahí para mí, en buenas y malas. Escuchándome y aconsejándome, con todo su cariño, paciencia y amor. Por siempre ser mi rayo de luz en los momentos difíciles y acompañarme a lo largo de esta travesía. Por esta y muchas aventuras por venir, muchas gracias Yaredh.

A veces se piensa que los reptiles y anfibios son primitivos, aburridos y tontos. De hecho, por supuesto, pueden ser letalmente rápidos, espectacularmente hermosos, sorprendentemente cariñosos y sumamente sofisticados.

-David Attenborough, 2008-

Agradecimientos

Al CONACYT por la beca otorgada (Número de becario: 589363), al mismo tiempo por su apoyo mediante el proyecto: PDCPN-2015-1319 “Efectos del cambio climático sobre los reptiles del noroeste mexicano. Conservación y medidas de mitigación”.

Al CIBNOR por su apoyo y facilidades durante mi estancia en las institución y sus instalaciones, particularmente a la Dirección de Estudios de Posgrado quienes siempre fueron atentos y dedicados con sus adscritos. También por permitirme realizar las colectas de ejemplares dentro de su propiedad. De igual forma al Laboratorio de Comportamiento Animal, quienes me facilitaron las instalaciones para realizar la parte experimental.

A la Dra. Patricia Galina Tessaro, por su gran apoyo, orientación, confianza, paciencia y por no rendirse conmigo y acompañarme hasta el final.

Al Dr. Fausto R. Méndez de la Cruz, por sus comentarios acertados y su siempre precisa forma de motivarnos a seguir en el camino de la herpetología.

De forma muy especial al Dr. Rafael A. Lara Reséndiz, por su amistad, apoyo y por ser mi mentor en el mundo de los reptiles desde hace años.

Al Museo de Historia Natural de San Diego, en especial al PhD. Bradford Hollinsworth, M.S Melissa Stepek por su apoyo en campo, consejos y contribución al conocimiento de la herpetofauna en BCS, en especial a Mr. Clark Mahrdt por sus acertados comentarios sobre mi trabajo y el compartir su vasto conocimiento sobre los Bipes.

Al M. C. Jorge Valdez Villavicencio, por compartir sus conocimientos sobre los reptiles de la península y sus acertados consejos sobre el desarrollo de este trabajo.

A los técnicos Abelino Cota Castro y Franco Cota Castro del Laboratorio de Ecología Animal, por su valioso apoyo en campo, sin ellos este trabajo no hubiera sido posible.

Al Técnico Jorge Cobos del Taller de Maquinados, por traer a la realidad el diseño del gradiente vertical con su gran habilidad.

A la Familia Ramírez Enríquez, por su gran apoyo en esta aventura y por siempre seguir nuestros pasos aconsejándonos y guiándonos con su cariño y experiencia.

A los Bipes, quienes al final espero, sean los más beneficiados con este estudio.

Contenido

Resumen ..... **i**

Summary ..... **ii**

Dedicatoria ..... **i**

Agradecimientos ..... **iv**

Contenido ..... **v**

Lista de figuras ..... **vi**

Lista de tablas ..... **vi**

1. INTRODUCCIÓN **1**

2. ANTECEDENTES **4**

3. JUSTIFICACIÓN **7**

4. HIPÓTESIS **7**

5. OBJETIVOS **8**

5.1 General 8

5.2 Particulares 8

6. MATERIALES Y MÉTODOS **8**

6.1 Área de estudio 8

6.3 Temperaturas corporales 9

6.4 Temperaturas operativas 10

6.5 Temperaturas seleccionadas 12

6.6 Uso de hábitat 12

6.7 Análisis de datos 13

7. RESULTADOS **15**

7.1 Temperaturas 15

7.1.1 Temperaturas de campo y patrones de actividad *15*

7.1.2 Temperaturas seleccionadas *16*

7.1.3 Temperaturas operativas *17*

7.1.4 Relación entre la temperatura corporal y las temperaturas ambientales *18*

7.1.5 Temperaturas críticas *18*

7.2 Índices de eficiencia en la termorregulación 18
7.2.1 Precisión termorregular 18
7.2.2 Calidad térmica del hábitat 18
7.2.3 Eficiencia termorregulatoria 19
7.1 Uso de hábitat 19
8. DISCUSIÓN 22
8.1 Ecología térmica 22
8.1.1 Temperaturas de campo 22
8.1.2 Temperaturas seleccionadas 25
8.1.3 Índices de termorregulación 26
8.1.4 Uso de hábitat 28
9. CONCLUSIONES 30
10. LITERATURA CITADA: 33

Lista de figuras

Figura 1. Fotografía de *Bipes biporus.* 4
Figura 2. Mapa de distribución de *B. biporus*. 6
Figura 3. Área de estudio 11
Figura 4. Fotografías del sitio de estudio "El Comitán". 11
Figura 5. Representación del gradiente térmico 13
Figura 6. Patrón diario de actividad de *B. biporus* 17
Figura 7. Distribución de las temperaturas obtenidas para *B. biporus*.. 20
Figura 8. Porcentaje de avistamientos de *B. biporus* en los distintos habitáculos 22

Lista de tablas

Tabla I. Medidas morfométricas de *B. biporus* 15
Tabla II. Temperaturas corporales para *B. biporus*. 16
Tabla III. Temperaturas seleccionadas de *B. biporus* en la temporada seca y húmeda 17
Tabla IV. Índices de termorregulación 21
Tabla V. Profundidad promedio en cada uno de los habitáculos 21

1. INTRODUCCIÓN

La temperatura es un factor ambiental que influye en los procesos biológicos de todos los seres vivos, además es uno de los principales componentes en los estudios de distribución de especies y podemos encontrar un claro patrón por parte de muchos taxa en función de esta variable (Huey, 1982). La capacidad de regular la temperatura corporal de un organismo se le conoce como termorregulación, la cual se basa en mantener al mismo en un intervalo de temperaturas dentro de sus límites fisiológicos óptimos (Kour y Hutchison, 1970).

La termorregulación en los seres vivos se manifiesta de distintas formas y mecanismos para controlar la temperatura los cuales se pueden dividir en dos: endotermos y ectotermos (Pough, 1980). Los endotermos son aquellos organismos que mediante procesos metabólicos generan suficiente calor para solventar sus requerimientos biológicos. Por otro lado, los ectotermos no logran realizar este proceso con su metabolismo, por lo cual su principal fuente de calor es el ambiente. Estos últimos a su vez podemos clasificarlos en dos grupos principales según su estrategia para termorregular, los heliotermos que son los que obtienen calor aprovechando la conducción (rayos solares) y los tigmotermos que utilizan la convección (sustrato) para el intercambio de calor (Angilletta, 2006; Kour y Hutchison, 1970).

En los reptiles, la temperatura juega un papel fundamental en todos sus aspectos ecológicos, así como en su comportamiento debido a su condición de ectotermos. Han desarrollado estrategias conductuales para mantener su temperatura corporal dentro de su intervalo óptimo y así desarrollar sus actividades cotidianas y procesos metabólicos; este intervalo, así como sus temperaturas corporales suelen variar según las condiciones del hábitat, condición, modo reproductor y época del año (Brown *et al*., 1995; Huey, 1982; Huey y Berrigan, 2001; Huey y Pianka, 2007; Martin y Huey, 2008; Vitt, 2003).

Particularmente las lagartijas mantienen su temperatura corporal dentro de su intervalo óptimo gracias a los ajustes en su comportamiento, esto puede ser por medio de la selección de hábitat vertical u horizontalmente, cambio en su exposición al sol, posturas y traslado entre parches de sol y sombra (Brattstrom, 1965; Kour y Hutchison, 1970). Estos ajustes son posibles gracias a que existe una oferta térmica diferencial en cada microambiente dentro del ecosistema, debido a la inercia térmica del sustrato, vegetación dominante y temperatura ambiental (Hertz *et al.*, 1993; Huey y Slatkin, 1976). De acuerdo a lo anterior, uno de los principales factores que deben considerarse en los estudios ecológicos y principalmente en los de termorregulación es el uso del hábitat, ya que juega un papel primordial en la obtención de calor debido a su variación en el ecosistema y a lo largo del día (Huey y Slatkin, 1976). La mayor parte de las premisas previamente mencionadas son considerando especies arborícolas o saxícolas. Sin embargo las especies fosoriales muestran condiciones *sui generis*.

Los organismos fosoriales, son todos aquellos que habitan bajo tierra, en cavernas y fosas, constituyen un grupo muy poco estudiado debido a la complejidad y al esfuerzo que implica trabajar con éstos. La mayoría de los estudios están sesgados hacia aquellas especies superficiales, abundantes y fáciles de capturar, sin embargo se han dejado de lado los más complejos dentro de los que destacan los vertebrados como lagartijas y serpientes de hábitos secretivos (López *et al*., 1998). Las lagartijas que cumplen esta condición hacen uso del hábitat de manera un poco distinta ya que viven bajo tierra, donde la variación de la temperatura, el alimento, el agua y el refugio están distribuidos y varían verticalmente (Civantos *et al*., 2003).

Las lagartijas fosoriales utilizan el microhábitat de forma diferencial ajustando su comportamiento, ya que existe variación a lo largo del día, a pesar de que bajo tierra la conductividad es el principal mecanismo de obtención de calor, la heterogeneidad del suelo propicia la formación de microclimas dados en función de las características intrínsecas del sustrato y la asociación con elementos superficiales que pudieran modificar

la incidencia de la radiación y a su vez modificar el flujo calórico en regiones específicas. Un ejemplo de éste último son los sitios sombreados por acción de la vegetación que presentan menor temperatura que aquellos con incidencia directa de la radiación solar a lo largo del día (Hohenbrink y Lischeid, 2015; López *et al.,*1998; Martin *et al.,* 2013a).

Para este estudio se decidió utilizar como modelo a la especie *Bipes biporus* (Fig. 1) por sus hábitos secretivos y conducta fosorial, es una lagartija ovípara con un tamaño promedio de 145 mm de longitud hocico – cloaca, tiene el cuerpo elongado de forma cilíndrica, posee solamente dos apéndices con cinco dedos en cada uno, cola corta, ojos pequeños con poca capacidad visual y presenta un color rosado en todo el cuerpo con escamas delgadas y alargadas de gran tamaño en la parte ventral (Fig. 1). Sus hábitos son desconocidos, ya que la mayor parte de su vida vive bajo tierra, por lo que la luz no parece tener un efecto en el ciclo diario de la especie. *Bipes biporus* se distribuye desde Cabo San Lucas al sur de la península de Baja California hasta la parte norte de la Reserva de la Biósfera El Vizcaíno, a lo largo del estado de Baja California Sur, incluyendo algunas islas como Cerralvo y Magdalena (Grismer, 2002; Papenfuss, 1982; Peralta-García *et al.*, 2007; Fig. 2). Esta especie tiene la característica de ser fosorial, todo su ciclo de vida es bajo tierra con algunas excepciones en los días lluviosos, donde el suelo se satura por acción del agua y se ven obligados a salir a la superficie para evitar la asfixia (Papenfuss, 1982). Se han registrado numerosos avistamientos de estos organismos en la zona urbana y suburbana de la ciudad de La Paz, Baja California Sur así como en regiones cercanas a la misma, a pesar de su condición fosorial, se conoce que la profundidad a la que suelen habitar no supera los 20 cm, esto quizás debido a que el alimento que consumen se encuentra en la superficie o a que las condiciones intrínsecas del suelo les son favorables, las cuales varían en función de la profundidad y la composición (Civantos *et al*., 2003; Papenfuss, 1982).

2. ANTECEDENTES

La necesidad de entender los procesos biológicos influenciados por la temperatura en los seres vivos, sobre todo en los ectotermos, ha traído consigo el interés de muchos investigadores, específicamente en el caso de los reptiles, los trabajos inician hacia 1944, describiendo aspectos conductuales involucrados en la regulación de la temperatura, donde sobresale la investigación de Cowles y Bogert (1944).

Figura 1. Fotografía de la especie *Bipes biporus.*

Más tarde, los estudios sobre termorregulación adoptaron un enfoque más explicativo para ligar los procesos fisiológicos, conductuales y la relación de las especies con la temperatura ambiental, o dicho de otra forma, la capacidad que tienen los reptiles para controlar su temperatura corporal independientemente de la temperatura ambiental. Lo anterior podría ser evidencia evolutiva que inició como una respuesta adaptativa a las condiciones del hábitat, aprovechando así los recursos al máximo (Bogert, 1949; Cowles y Bogert, 1944); algunos utilizando mecanismos activos en su comportamiento para regular

su temperatura a los que se les llamó termorreguladores y por otra parte hay quienes optan por seleccionar un sitio específico aceptando las temperaturas disponibles en su hábitat (tigmotermos), todo ello gracias a sus intervalos de tolerancia a la temperatura (Brattstrom, 1965; Kour y Hutchison, 1970).

Huey y Slatkin (1976) propusieron un modelo que evalúa los costos y beneficios de la termorregulación en las lagartijas, involucrando condición fisiológica e historia de vida en la que se encuentran. También se propusieron estudios sobre la influencia que podría tener la variación de la temperatura en la adecuación biológica de estos organismos (Adolph y Porter, 1993; Huey, 1982).

Los fenómenos que afectan a las lagartijas tales como el cambio en la temperatura ambiental no suceden a la misma escala que para las especies grandes, por lo tanto era necesario monitorear su hábitat a un nivel específico con influencia directa e inmediata sobre su fisiología. Esta premisa dio origen al método de evaluación de las condiciones térmicas del hábitat y su relación con los reptiles (Dzialowski, 2005; Hertz *et al.*, 1993). Es importante mencionar que el método está propuesto para lagartijas terrestres, quedando fuera las hipogeas, particularmente para los bipédidos se ha generado muy poca información, la información que se conoce se concentra principalmente en especies de climas templados con comportamientos fosoriales pero no tan estrictos como en el caso del género Bipes.

Por ejemplo, se ha encontrado en algunas especies del suborden amphisbaenia una tendencia a la tigmotermia, esto debido principalmente a que hay una fuerte relación con la temperatura del sustrato y a que su condición fosorial le favorece. Esto puede ser debido a que bajo tierra la variación de la temperatura no es tan abrupta lo cual se traduce en una mayor calidad del hábitat (López *et al.*, 1998; 2002). Sin embargo, se ha encontrado que existe un uso diferencial del hábitat, lo cual podría estar indicando una termorregulación activa - facultativa en función de actividades específicas, el ejemplo de esto es *Blanus cinereus*, el cual se ha observado tomando el sol en las rocas en ciertas

épocas del año así como se ha encontrado que presenta mayor temperatura al atardecer que al amanecer, lo cual podría indicar un comportamiento termorregulador (Díaz-Paniagua *et al.*, 1995; López *et al.*, 1998).

Figura 2. Mapa de distribución de *Bipes biporus.* Fuente: "Amphibian and Reptile Atlas of Peninsular California (Papenfuss, 1982)".

3. JUSTIFICACIÓN

El estudio de la termorregulación así como el uso y selección de hábitat, juegan roles fundamentales en el entendimiento de la ecología de los reptiles y por ende su distribución (Asplund, 1974; Costa *et al.*, 2008; Huey y Slatkin, 1976; Frost y Bergmann, 2012; Hager, 2001; Nussear *et al.*, 2009). Lo anterior refuerza la necesidad de conocer los requerimientos de las especies para sobrevivir en hábitats específicos y a su vez permitirán anticipar los efectos que los procesos como el cambio climático y la fragmentación del hábitat puedan tener sobre sus poblaciones. Desafortunadamente, los trabajos se han concentrado en las especies superficiales dejando de lado a los organismos fosoriales, debido a la complejidad y esfuerzo que conlleva su estudio, por lo cual existe una gran carencia de información sobre como la fragmentación del hábitat y el cambio de uso de suelo modifican las condiciones bajo tierra (López *et al.*, 1998; Martín *et al.,* 2013b). Debido a esto es importante analizar los requerimientos de las especies fosoriales para de esta forma poder resaltar la conservación de regiones específicas que albergan no solo una especie endémica del estado, sino a una de las únicas tres especies de esta familia, la cual, junto a otros organismos fosoriales, se ve amenazada en gran medida por la modificación humana del suelo y evidentemente por el cambio climático global (Huey *et al.*, 2010; Martín *et al.*, 2013b; Sinervo *et al.*, 2010).

4. HIPÓTESIS

Dado que *Bipes biporus* es una especie fosorial, se espera una alta relación con la temperatura del sustrato, seleccionando sitios que presenten alta calidad térmica para solventar sus requerimientos de temperatura y en consecuencia presente una alta eficiencia en su termorregulación.

5. OBJETIVOS

5.1 General

Conocer la ecología térmica y uso de hábitat de *Bipes biporus* en la región de La Paz, Baja California Sur.

5.2 Particulares

- Determinar las temperaturas corporales en campo y laboratorio de *B. biporus*.
- Evaluar la calidad térmica del hábitat.
- Estimar la precisión y la eficiencia en la termorregulación de *B. biporus.*
- Describir el uso del hábitat por parte de *B. biporus.*

6. MATERIALES Y MÉTODOS

6.1 Área de estudio

El estado de Baja California Sur se encuentra ubicado en el Noroeste de México, en la parte sur de la península de Baja California, abarca desde Cabo San Lucas en las coordenadas 22°53’27”N, 109°54’45”W y llega hasta el valle de Vizcaíno en las coordenadas 27°34’43”N, 113°31’55”W, limitado hacia el este por el Golfo de California y a su vez por el Océano Pacífico en el oeste. El régimen de lluvias en esta región está dado en el verano por precipitaciones monzónicas y huracanes. Se presentan equipatas debido a las corrientes frías provenientes del norte pero en menos frecuencia e intensidad. Su composición florística está representada por matorral en las partes a nivel del mar con bosques de pino-encino en las regiones altas y vegetación costera a lo largo del estado en las zonas que colindan directamente con el mar (León-De la Luz *et al.*, 2012).

6.2 Sitios de estudio

El sitio de estudio fue el ejido "El Comitán", éste se ubica a 16 km al oeste de la ciudad de La Paz, Baja California Sur, se localiza dentro de las coordenadas 24.119167 N/ 110.064722 O al noroeste y 24.1225 N/ 110.426389 O al sureste, abarcando específicamente la reserva natural "Dra. Laura Arriaga" en las inmediaciones del Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste (CIBNOR) (Fig. 3). La vegetación que predomina en el lugar es el matorral sarcocaule con dominancia de plantas vasculares, dentro del grupo resaltan las especies *Pachycereus pringlei, Lophocereus schotti, Stenocereus gummosus y Cylindropuntia cholla,* así como otras plantas en menor medida de los géneros: *Jatropha, Bursera, Prosopis y Parkinsonia.* Presenta un clima de tipo cálido muy seco (BW (h') hw (e)) con precipitaciones mayores al 10% anual en invierno, registrando un total en el año de 183.6 mm con una temperatura media anual 24°C (García, 1981; González – Abraham *et al*., 2010; Velderrain – Algara y León-de la Luz, 2010). El sitio fue establecido en función de la abundancia de la especie en estas áreas específicas según trabajos previos (Macey *et al*., 2004; Papenfuss, 1982).

6.3 Temperaturas corporales

Para la obtención de las temperaturas corporales en campo se realizaron muestreos en la temporada seca de diciembre de 2015 a julio de 2016 y en la época húmeda de agosto a diciembre de 2016 (Fig. 4). Mensualmente, se llevaron a cabo colectas con esfuerzo de dos a tres personas realizando excavaciones al azar con una pala de punta plana y un rastrillo (usado comúnmente para recoger hojarasca) desde las 8:00 hasta las 12:00 hrs. y posteriormente de las 16:00 a las 19:00 hrs. Los individuos encontrados fueron capturados a mano para tomar su temperatura corporal (Tc), la cual se medió inmediatamente introduciendo una termocupla de 1 cm de largo en la cloaca de los organismos, conectada a un termómetro digital de lectura rápida (Fluke 52 II); al mismo tiempo se midieron: la temperatura del sustrato (Ts: donde se observó al organismo; Tss: temperatura superficial

de donde se observó) y la temperatura del aire (Ta; 5 cm por encima de la superficie donde se observó al organismo).

6.4 Temperaturas operativas

Para evaluar las condiciones del hábitat se monitorearon las temperaturas disponibles en el ambiente o temperaturas operativas (To) (Bakken y Gates, 1975). Esta medida puede definirse como la temperatura corporal que tendría un organismo en equilibrio térmico con el ambiente sin mecanismos de enfriamiento por evaporación ni calentamiento por acción metabólica. Regularmente se utiliza un modelo biofísico con base en un material conocido para la simulación de la absorbancia de calor, sin embargo para este caso, se decidió monitorear las temperaturas sin la implementación de un modelo, ya que la transferencia de calor por convección presenta baja velocidad y la relevancia del modelo fue anulada por este fenómeno (Dzialowsky, 2005). Para este estudio, se utilizaron 10 sensores de temperatura (Thermochron DS1921H-F5) a 2 distintas profundidades: superficial y 20 cm; fueron colocados en parejas en cinco sitios distintos, seleccionados en función de los avistamientos de *B. biporus*. Para esto se eligieron las plantas de choya, mangle dulce, cardón, mezquite y otros (involucrando suelo desnudo y postes para cercar). Mediante los sensores obtuvimos las temperaturas que ofrece el ambiente a distintas profundidades en sitios de avistamientos de organismos. A su vez, esto nos permite conocer la oscilación de las temperaturas dentro de la columna vertical del suelo y a lo largo del día y del año (Dzialowski, 2005; Hertz *et al.*, 1993; Portner, 2010).

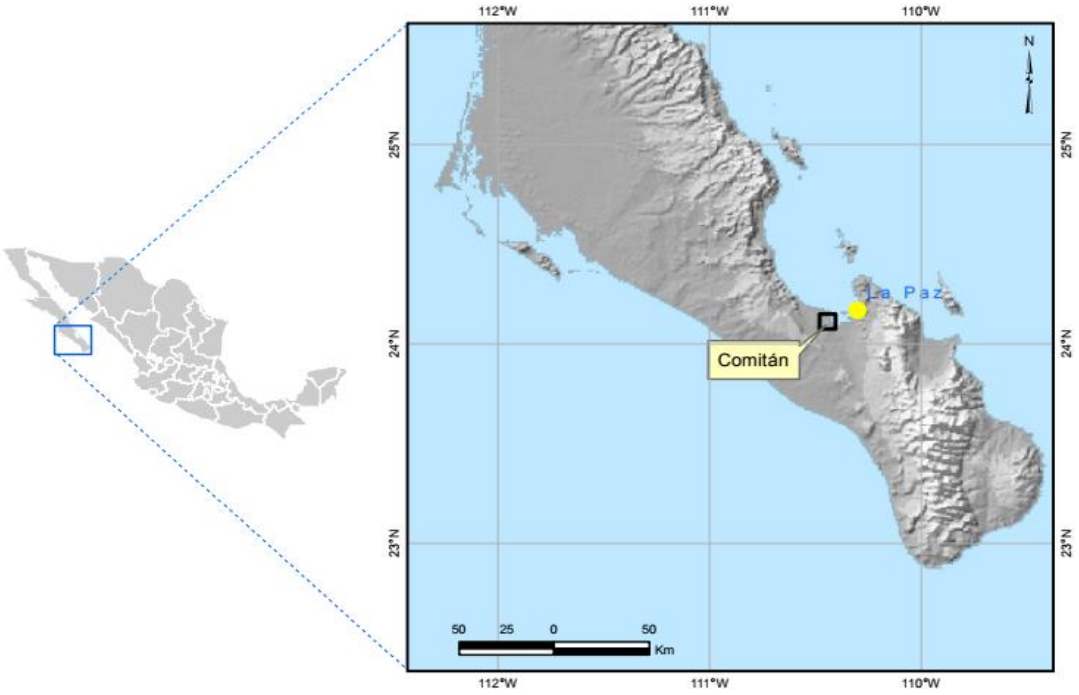


Figura 3. Ubicación del sitio de muestreo en el ejido "El Comitán", perteneciente al municipio de La Paz, Baja California Sur. En amarillo se muestra la ubicación de la ciudad capital que llevar el mismo nombre del municipio.

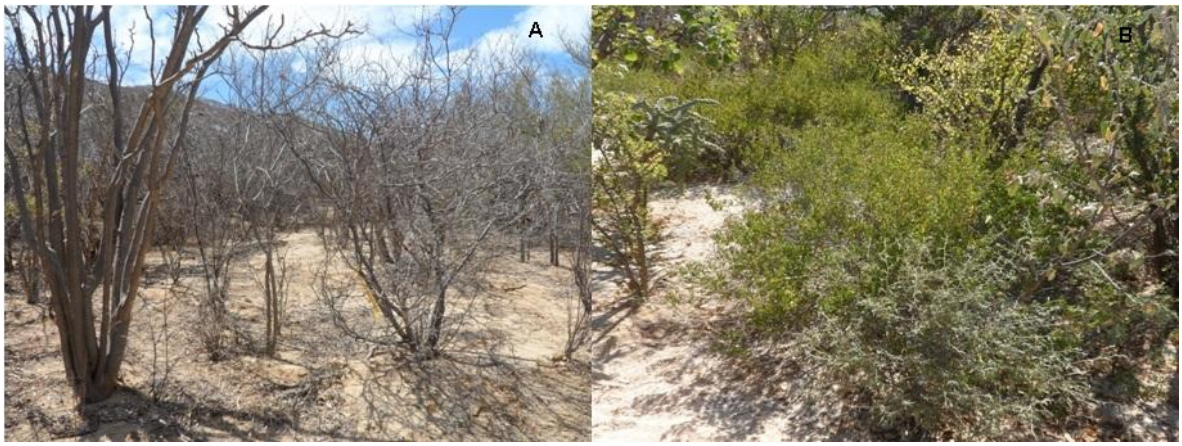


Figura 4. Fotografías del sitio de estudio "El Comitán", mostrando la temporada de secas (A) y la temporada de lluvias (B).

6.5 Temperaturas seleccionadas

Se sometieron los organismos a un experimento de gradiente térmico bajo condiciones controladas de laboratorio para conocer sus temperaturas seleccionadas. Todos los organismos colectados fueron llevados al laboratorio y colocados en terrarios individuales de cristal de 80 cm de largo, 30 cm de ancho y 40 cm de alto, con suficiente tierra para enterrarse por completo. Además se aclimataron durante 1 día, se alimentaron con termitas y hormigas pequeñas, se hidrataron mediante un atomizador (rociando el sustrato) y se simuló el fotoperiodo (12 horas de luz y 12 horas de oscuridad). Posteriormente se procedió al estudio de las temperaturas seleccionadas, generando un gradiente térmico desde los 20 hasta los 55 °C, esto se logró utilizando lámparas de 100 watts para calentar el lado con mayor temperatura y con apoyo del aire acondicionado del cuarto se alcanzarán los 20 °C en el lado opuesto a las lámparas; utilizando larvas pequeñas de *Tenebrio molitor* se mantuvieron alimentados, con un aspersor se mantuvo la hidratación y el fotoperiodo con focos de luz de día de 60 W a lo largo del experimento. Se midió la temperatura corporal de cada organismo 1 vez cada 15 minutos durante un periodo de 5 horas. El gradiente se llevó a cabo en un terrario vertical de 50 x 50 x 2 cm (Fig. 5), el cual ofreció las distintas temperaturas en sentido horizontal como vertical, esto para evitar el sesgo del escape de la fuente de luz o la preferencia por sitios más profundos como medida de protección.

6.6 Uso de hábitat

Para este aspecto medimos una serie de datos descriptivos específicamente para las áreas de incidencia de las lagartijas. Con un termómetro digital de lectura rápida (Fluke 52 II) se midió la Ts y Ta, utilizando una cinta métrica evaluamos la profundidad del sustrato, distancia a la planta más cercana, composición vegetal aledaña, medidas de la planta más cercana, exposición de las raíces, distancia al organismo más cercano (de la misma especie), exposición al sol y altura del sustrato (en caso de ser un cúmulo por encima del nivel natural del suelo).

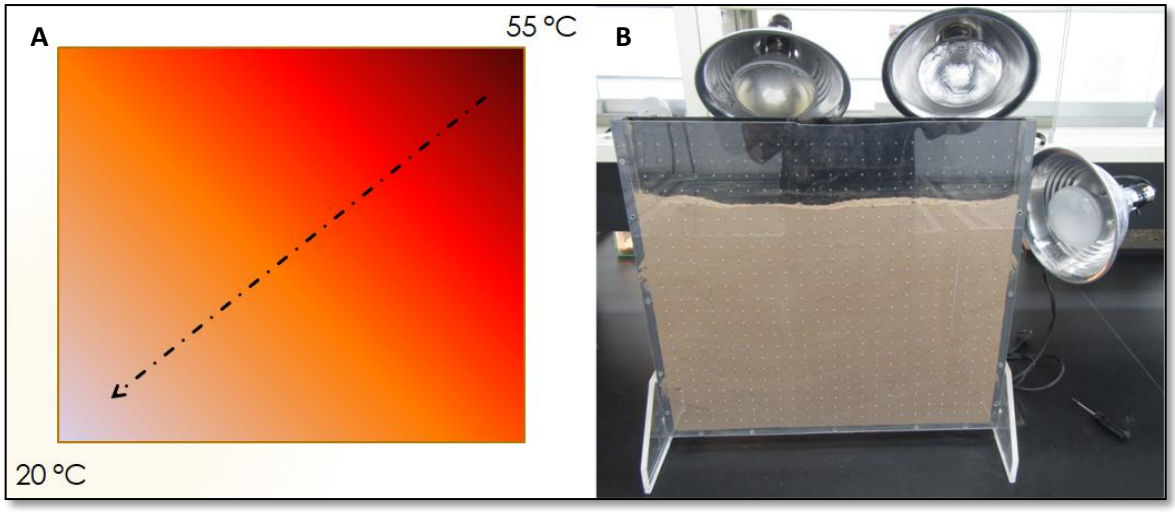


Figura 5. Representación del gradiente térmico (A) y fotografía de gradiente diseñado para *B. biporus* (B).

6.7 Análisis de datos

Una vez recopilada la información tanto en el medio natural como en las pruebas de laboratorio se procedió al análisis de datos, realizando pruebas estadísticas básicas para establecer las relaciones entre las condiciones encontradas en el medio y las presentadas por los organismos. Llevamos a cabo una regresión lineal simple, para establecer la influencia de la temperatura del aire, sustrato y sustrato superficial sobre la temperatura corporal presentada por los organismos en campo.

Determinamos los promedios de Tc para ambas temporadas con su respectiva desviación estándar. Realizamos una prueba de t de Student para determinar si existía o no diferencia significativa entre las medias de Tc para ambas temporadas. Por otro lado, registramos la distribución de la actividad de *B. biporus* a lo largo del día, para determinar si presentaba algún pico de actividad en algún momento en específico.

Calculamos los promedios de Tsel para cada temporada, así mismo aplicamos una prueba de t de Student para evaluar si existía diferencia en ambas categorías utilizando sus medias. Lo mismo hicimos para las temperaturas operativas, para ambas temporadas y comparando entre microhábitats. Éstos últimos los comparamos entre sí utilizando una prueba de Kruskal-Wallis, de igual forma, comparamos las Tc y Tsel para cada temporada con la misma prueba. En caso de encontrar diferencias significativas, aplicamos una prueba de Wilcoxon, esto para esclarecer cuales variables eran las que presentaban diferencias con respecto de las demás. Todos los análisis estadísticos se realizaron utilizando la paquetería R Development Core Team (2008) versión 3.4.4 apoyada en la plataforma R Studio versión 1.1.447 para visualizarlo de forma más sencilla.

Utilizamos el índice propuesto por Hertz *et al.* (1993) para evaluar la termorregulación. Este método evalúa la precisión en la termorregulación (*db*) con base en la diferencia absoluta entre Tc y Tsel (en los límites superior e inferior del mismo). En este caso valores de "*db*" cercanos al cero indican alta precisión al termorregular y valores lejanos, indican lo opuesto.

El índice de calidad térmica del hábitat (*de*) se calculó de igual manera pero con la diferencia en el número absoluto entre la Top (para cada profundidad) y la Tsel. Valores cercanos a cero indican una alta calidad térmica del hábitat y valores altos indican una baja calidad térmica. Posteriormente con los resultados obtenidos de *de* y *db* se calculó la eficiencia en la termorregulación (*E*) mediante la ecuación:

$$E = 1 - (db / de) \quad (1)$$

dónde una *E* igual o cercana a cero indica que las lagartijas no están termorregulando y están siendo termoconformistas. Sin embargo si el valor es alto (cercano a 1) indica que si existe una termorregulación activa por parte de los individuos (Hertz *et al.*, 1993; Huey *et al.*, 2003).

Todas las gráficas y tablas fueron construidas y editadas utilizando los programas de Microsoft Office Excel 2007 y Adobe Photoshop CS5, así como su corroboración en la paquetería R Development Core Team (2008) versión 3.4.4 y Sigmaplot 11.0.

7. RESULTADOS

7.1 Temperaturas

7.1.1 Temperaturas de campo y patrones de actividad

Registramos los valores morfométricos para *B. biporus*, debido a la dificultad en la obtención de los ejemplares, todos los organismos colectados fueron considerados dentro del estudio. Los organismos recolectados midieron en promedio 150.7 mm de LHC y tuvieron un peso promedio de 6.8 g (Tabla I).

B. biporus en la temporada seca presentó una temperatura corporal promedio (Tc) de 30.9 ± 3.1°C. A su vez, encontramos que para la temporada lluviosa la T_c fue de 31.9 ± 4.8°C (Fig. 6; Tabla II). No se hubo una diferencia significativa entre ambas temporadas (t: 1.425; p< 0.05), lo que evidencia la continuidad en el mantenimiento de la temperatura a pesar de las variaciones de la temperatura ambiental de la zona. Debido a las características morfológicas de los organismos, ya que no existe dimorfismo sexual evidente, no fue posible determinar el sexo de los individuos por lo que dicho atributo no se consideró en el análisis.

Tabla I. Medidas morfométricas promedio de *Bipes biporus* y su error estándar.

	Promedio	Error estándar
LHC (mm)	150.7	3.5
Cola (mm)	14.2	0.64
Peso (g)	6.8	0.22

Tabla II. Temperaturas corporales registradas para *Bipes biporus*, mostrando Media ± Error estándar.

Temporada	n	T_c (°C)
Bipes biporus	63	30.25 ± 0.39 °C
Seca	25	28.6 ± 0.62 °C
Lluvias	38	31.9 ± 0.79 °C

La actividad diaria de *B. biporus* registró una tendencia de tipo unimodal, presentando una alta frecuencia de actividad entre las 9 y las 13 hrs, con una disminución en sus avistamientos alrededor de las 11 hrs, lo cual puede deberse al tipo de muestreo, a su vez, una caída de su actividad después de las 17 hrs. Este comportamiento se mantuvo tanto en la temporada de secas como en la temporada lluviosa (Fig. 6).

7.1.2 Temperaturas seleccionadas

En las pruebas de gradiente térmico, obtuvimos que para la temporada seca, *B. biporus* presentó una temperatura seleccionada (Tsel) promedio de 28.6 (0.17) (Tabla III). Así mismo, registramos una Tsel promedio de 29.4 (0.42) en los organismos de la temporada de lluvias. Sin embargo, no logramos detectar diferencias significativas entre las temperaturas seleccionada en ambas temporadas (t = 1.078; *g.l.* = 62; p = 0.314). Debido a la similitud estadística decidimos determinar intercuartiles únicos para todas las temperaturas seleccionadas, siendo de 31°C y 26.1°C la máxima y la mínima, respectivamente (Fig. 6; Tabla III).

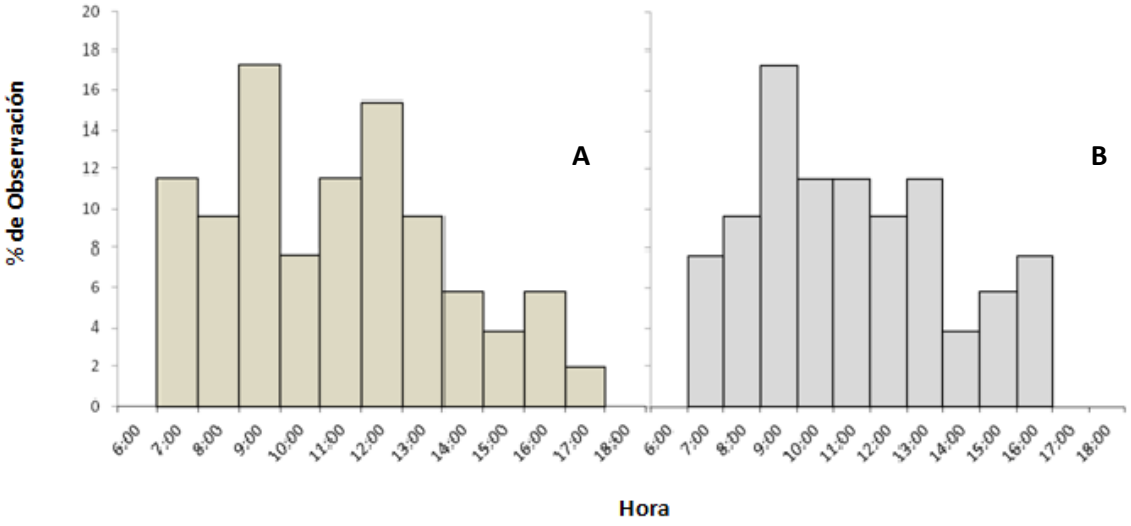


Figura 6. Patrón diario de actividad de *B. biporus*, presentando la temporada seca a la izquierda (A) y la temporada de lluvias a la derecha (B).

Tabla III. Temperaturas seleccionadas de *B. biporus* en la temporada seca y húmeda (°C). Se muestran las temperaturas seleccionadas y sus intercuartiles para cada temporada y su error estándar.

			Intervalos de Tsel	
Temporada	**N**	**Tsel**	**Límite inferior 25%**	**Límite superior 75%**
Bipes biporus	63	29.0 ± 0.27	26.8 ± 0.22	31.4 ± 0.41
Seca	25	28.6 ± 0.14	26.9 ± 0.10	30.6 ± 0.33
Lluvia	38	29.4 ± 0.34	27.1 ± 0.23	31.7 ± 0.24

7.1.3 Temperaturas operativas

Monitoreamos un total de 5 microhábitats distintos (cardón, mezquite, choya, pitaya, suelo desnudo) a 20 y a 1 cm (superficie) de profundidad, que es donde normalmente se encuentran los organismos. Registramos una temperatura promedio de 29.1°C para la superficie y de 28.7°C para la profundidad a 20 cm (Fig. 7).

7.1.4 Relación entre la temperatura corporal y las temperaturas ambientales

En este estudio, no logramos determinar una clara relación entre las temperaturas ambientales y las temperaturas corporales para la especie, analizamos la relación entre la Tc y la Ts (R^2 = 0.43) donde observamos una baja relación entre las variables, pero significativamente mayor a los valores obtenidos al comparar Tc con Ta (R^2 = 0.13) y Tc con Tss (R^2 = 0.55). Esto significa que la Ts tiene un efecto sobre las temperaturas corporales aunque sea de bajo impacto al explicar solo el 43% de nuestros datos.

7.1.5 Temperaturas críticas

Realizamos pruebas a un total de 20 organismos, 10 para temperatura crítica máxima y 10 para temperatura crítica mínima. Registramos un promedio de 6.23 °C (± 2.1°C) para la CTmin mientras que el promedio de CTmax que obtuvimos fue de 48.12 °C (± 1.4 °C).

7.2 Índices de eficiencia en la termorregulación

7.2.1 Precisión termorregular

Calculamos el índice de precisión termorregulatoria (*db*) para *B. biporus* durante la temporada seca fue de 2.1, con un 27.2% de las temperaturas registradas dentro del intervalo de Tsel. Por otra parte la temporada lluviosa obtuvo un valor de 7, con un 16.8% de las Tc dentro del intervalo de Tsel. En promedio la precisión de *Bipes biporus* registró 4.32°C (*n* = 63; Tabla IV), lo que indica que es una especie poco precisa al termorregular, manteniéndose cerca del intervalo de temperaturas seleccionadas pero con solo el 21% de las Tc dentro del intervalo de Tsel, mientras que el 63% estuvo por encima y el 16% por debajo de dicho intervalo.

7.2.2 Calidad térmica del hábitat

El índice de calidad térmica del hábitat (*de*) para *B. biporus* durante la temporada seca fue de 3.6°C, con un 29.3% de las temperaturas registradas dentro del intervalo de Tsel. Por otra parte la temporada lluviosa obtuvo un valor de 2.8°C, con un 28.1% de las To dentro del intervalo de Tsel. En promedio la precisión de *B. biporus* registró 3.2°C (*n* = 63; Tabla

IV), lo que indica que es una especie que cuenta con buena calidad térmica en su hábitat, con el 28% de las To dentro del intervalo de Tsel, mientras que el 45% estuvo por encima y el 27% por debajo de dicho intervalo.

7.2.3 Eficiencia termorregulatoria

Registramos que el promedio de las Tc fueron ligeramente más altas que el promedio de las To (Tabla IV), también encontramos que las To tiene una mayor distribución que las Tc sin embargo, estas últimas se mantuvieron muy cerca de su Tsel. Para la temporada seca obtuvimos un valor de 0.4 y para la época lluviosa el valor fue de -1.45. Con esto podemos revelar que la especie *B. biporus* mantiene su Tc con una eficiencia alta, promediando -0.41 (*E*) con base en Hertz *et al.* (1993).

7.1 Uso de hábitat

Evaluamos el uso que *Bipes biporus* hace del microhábitat durante todo el año y encontramos una tendencia hacia la raíz de los mezquites, seguido de mangle dulce, pitaya, cardón, choya y otros (englobando, suelo desnudo, poste de cerca de alambre, bardas y cúmulos en la orilla del camino), respectivamente (Fig. 8). Comparamos con una prueba Kruskal – Wallis entre los microhábitats y encontramos diferencias significativas (x^2 = 20.41; *g.l.* = 5; p = 0.0082) sobresaliendo el mezquite y el mangle dulce, quienes a su vez con una prueba de Wilcoxon determinamos que el mezquite tuvo mayor preferencia por los organismos (x^2 = 3.14; *g.l.* = 5; p = 0.021).

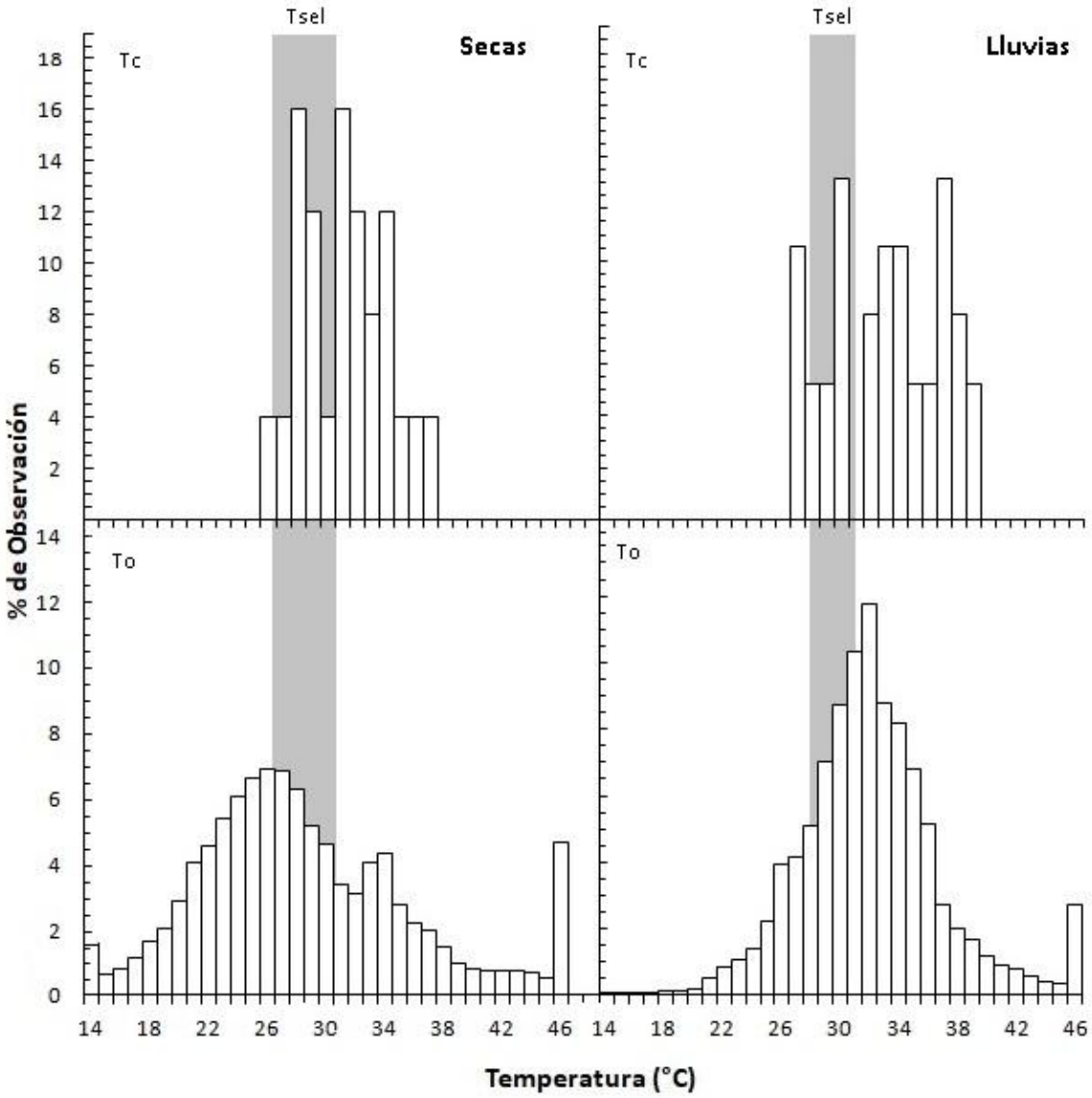


Figura 7. Distribución de las temperaturas obtenidas para *Bipes biporus* en la temporada seca y en la lluviosa, en la parte superior se muestra la distribución de las temperaturas corporales y en la inferior las temperaturas operativas. La línea de color gris indica el intervalo de temperaturas seleccionadas.

Tabla IV. Índices de termorregulación, presentando los valores promedio de temperatura corporal (Tc), temperatura operativa (Top), la desviación de temperatura corporal *(db*) y la desviación de Top (*de*) con respecto a Tsel.

	N	Tc(°C)	Top (°C)	*db* (°C)	*de* (°C)	*E*
Bipes biporus	63	31.96 ± 4.95	30.99 ± 6.32	4.52 ± 3.43	3.2 ± 3.09	-0.41
Secas	25	28.6 ± 0.62	29.04 ± 7.24	2.16 ± 1.51	3.60 ± 4.23	0.40
Lluvias	38	31.9 ± 0.79	32.65 ± 4.81	7.02 ± 3.01	2.86 ± 3.56	-1.45

Registramos la profundidad de avistamiento en función de la planta hospedero donde se encontraron, promediando 78.86 mm entre todos los registros. A su vez pudimos determinar que hubo diferencia (x^2 = 3.67, *g.l.* = 5, *p* = 0.00024) en la profundidad entre el mangle dulce y otros, siendo significativamente mayor la profundidad de otros con respecto del mangle, mientras que no se pudo determinar diferencias entre los demás hospederos.

Comparamos las Tc y las Tsel en función de cada microhábitat, las Tc mostraron con una diferencia significativa (x^2 = 23.2; *g.l.* = 5; *p* = 0.0003) entre los que utilizaron el mezquite con respecto de los demás, mientras que para Tsel no hubo diferencia estadísticamente significativa (x^2 = 6.21; *g.l.* = 5; *p* = 0.28).

Tabla V. Se muestra la profundidad promedio en cada uno de los habitáculos con su respectiva desviación estándar, así como el porcentaje de avistamiento.

Habitáculo	**Avistamiento (%)**	**Profundidad (mm)**
Cardón	12.2	52 ± 1.2
Choya	4.88	84 ± 9.1
Mangle dulce	26.83	48 ± 17.4
Mezquite	34.15	69.71 ± 16.3
Pitaya	14.63	96.16 ± 12.3
Otros	7.32	123.33 ± 23.7

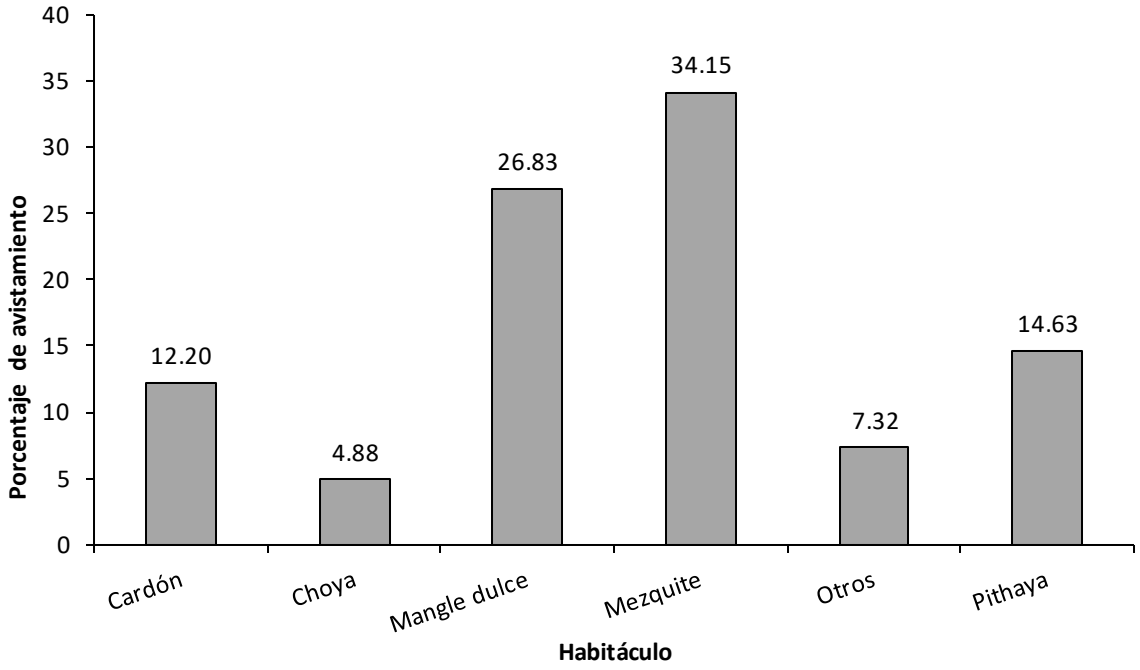


Figura 8. Porcentaje de avistamientos de *B. biporus* en los distintos habitáculos. Sobre las barras se muestran los valores de porcentaje para cada uno.

8. DISCUSIÓN

8.1 Ecología térmica

8.1.1 Temperaturas de campo

Las temperaturas corporales que se registraron para *Bipes biporus* fueron de 30.2°C, mientras que para la época de secas y lluvias fueron de 28.6 y 31.9°C, donde no pudimos determinar diferencias estadísticas. Estas medidas concuerdan con el intervalo registrado para la especie a lo largo de su distribución (21.4 – 34.2°C) con excepción de 8 registros por encima de éste. A su vez están dentro del intervalo registrado para la temporada seca

(23 – 29.8°C) y de igual forma para la época lluviosa (30.2 – 34.2°C) de acuerdo a lo documentado por Papenfuss (1982).

Comparando a *Bipes biporus* con las demás especies del género, *B. canaliculatus* (31.1°C) y *B. tridactylus* (29.8°C) determinamos que se encuentra del intervalo que presentan las tres especies, concordando con lo propuesto por Papenfuss (1982) donde se destaca que no hay diferencia significativa entre las temperaturas entre las tres especies del género, a pesar de sus diferencias en tamaño y hábitat.

Dentro del suborden *Amphisbaenia*, el género *Bipes,* cuenta con los promedios de temperatura más altos registrados, con excepción de la especie *Diplometopon zarudyi* (30.9°C) el cual vive en un ambiente similar, en el desierto africano (Al Johany, 1999). Mientras que las demás especies mantienen intervalos más estrechos y relacionados entre sí, que van desde los 21.8 hasta los 28.4°C esto se debe a que la mayoría de las especies de esta familia habitan en lugares templados o con ambientes sin cambios abruptos de temperatura a lo largo del año (Abe, 1984; López *et al.*, 1998; Martín *et al*., 1990; Rocha y Verrastro, 2018).

Con respecto a la estacionalidad ambiental parece no tener influencia en la T_c de *B. biporus,* ya que no encontramos diferencias significativas en la T_c en las temporadas seca y húmeda (Tabla II), concordando con lo registrado por Papenfuss (1982) para las tres especies del género *Bipes,* donde registra que no hay diferencias estacionales en ellas. De igual forma, esto sigue la línea del trabajo para el anfisbénido *Amphisbaenia munoai* por Rocha y Verrastro (2018), quienes no encontraron diferencias en la Tc entre estaciones a lo largo del año. De igual manera Navarro-García *et al.* (2008) realizando un estudio sobre una lagartija epígea en un ambiente similar, mostraron que *Aspidoscelis linneatisima* en un bosque tropical caducifolio en Chamela Jalisco, no presenta diferencias entre secas y lluvias, lo cual podría ser un indicio de que este factor no juega un papel relevante en la ecología térmica de las especies de este tipo de regiones.

No se registró una relación positiva entre la temperatura del sustrato (Ts) y la Tc (r^2= 0.43), lo cual difirió con lo registrado por Papenfuss (1982) quien sugirió una relación positiva, entre ambas variables. Así mismo, indica la presencia de organismos en distintas alturas del estrato vertical del suelo, en función de la temperatura disponible, lo cual es un indicio de una termorregulación activa, al estar buscando las condiciones para mantener su intervalo de temperatura preferida. Sin embargo, la baja relación que obtuvimos puede deberse a varios factores. Un ejemplo es, la longitud corporal, esto puede sugerir que el cuerpo elongado de la especie funciona como un mecanismo termorregulador ya que no todos los órganos requieren la misma temperatura, también encontramos regularmente Tc menores a las Ts, esto puede deberse a que la estructura ósea de *B. biporus* es un recurso en el control de la temperatura transmitiendo de forma más efectiva el calor a través del cuerpo, mientras que registramos solamente la temperatura cloacal, la parte más alejada de la cabeza, teniendo así un efecto de disminución de la temperatura y por ende un gradiente diferencial a lo largo de su cuerpo, esto corresponde a lo mencionado por Heat (1964), donde menciona que las lagartijas utilizan su cuerpo de manera diferencial para termorregular, aprovechando las características físicas de sus partes. Esto también concuerda con los resultados discutidos por Papenfuss (1982) quien propone que *B. biporus*, hace uso de su cuerpo para termorregular, colocándose en posición vertical en el suelo y así aprovechar mayormente el intervalo de temperaturas disponibles en el ambiente. Sin embargo, esto difiere con lo que ha sido registrado para la mayoría de las especies de esta familia, lo cuales han mostrado una alta relación con la temperatura del sustrato en todos los casos (Abe, 1984; Al- Johany, 1999; Civantos *et al.,* 2003; López *et al.,* 1998; López *et al.,* 2002; Martín *et al.*, 1990; Rocha y Verrastro, 2018). A diferencia de los demás miembros de la familia de los anfisbénidos, el género *Bipes* parece tener un comportamiento inverso, presentando temperaturas corporales promedio por debajo de las temperaturas del sustrato, no así por los demás géneros. Por otra parte, cabe destacar que todos estos trabajos han tenido una característica común y es que en todos los casos, se ha descrito una selección clara del hábitat, en donde los

organismos tiene preferencia por rocas de gran tamaño que los ayudan a termorregular, no siendo así en el caso del género *Bipes* que a pesar de que Papenfuss (1982) menciona avistamientos de individuos de este género debajo de rocas o restos de escombro de construcción, en el hábitat natural de estos organismos, hay muy poca o nula disponibilidad de esta clase de sustrato.

La temperatura del aire tampoco parece tener un efecto en la Tc (r^2= 0.0514), sin embargo, al ser un organismo fosorial, con pocas o nulas apariciones en superficie, es fácil determinar que no existe dicha relación entre ambas temperaturas tal como sucede con otras especies de anfisbénidos (Abe, 1984; Al- Johany, 1999; Civantos *et al.,* 2003; López *et al.,* 1998; López *et al.,* 2002; Rocha y Verrastro, 2018; Papenfuss, 1982).

8.1.2 Temperaturas seleccionadas

En este trabajo, el intervalo de las temperaturas seleccionadas por *B. biporus* fue de 26.6 a 30.9°C, es importante destacar que se consideró para este trabajo el diseño y la implementación de un gradiente térmico que se ajustara más a las necesidades de la especie, permitiéndoles moverse tanto en vertical como en horizontal en un gradiente térmico, algo que se había recomendado por Abe (1984) en su análisis de temperaturas preferidas para *Amphisbaena mertensi*, difiriendo del tradicional método propuesto por Hertz (1993) y por otros autores que han realizado estudios similares en el mismo grupo (Al- Johany, 1999; López *et al.,* 2002; Civantos *et al.,* 2003; Rocha y Verrastro, 2018; Fig. 4). Este intervalo se encuentran dentro del mencionado para otras especies, tales como *Trogonophis wiegmani* (21.7-23.8°C), *Blanus cinereus* (21-26°C)*, Amphisbaena mertensi* (16-27°C)*, Amphisbaena munoai* (24.7-31.8°C)*, Trogonophis wiegmani* (21.7-23.4°C) *y Diplometopon zarudyi* (21-36°C) (Abe, 1984; Al- Johany, 1999; Civantos *et al.,* 2003; López *et al.,* 2002; Martín *et al.*, 1990; Rocha y Verrastro, 2018). A pesar de que no se habían realizado anteriormente estudios de esta clase para el género, no logramos encontrar diferencia significativa entre la T_{sel} con respectos a las estaciones, tal como sucede en otras especies de anfisbénidos como *Diplometopon zarudnvi* y *Blanus cinereus* (Al –

Johany, 1999; López *et al.,* 1998; Rocha y Verrastro, 2018), en donde se ha evaluado previamente.

8.1.3 Índices de termorregulación

En el presente trabajo, logramos determinar la precisión termorregulatoria (*db*), para ambas temporadas, registrando un valor de 2.16°C para la temporada seca y 7.02°C para la época lluviosa, con una diferencia significativa entre ambas épocas, sin embargo, esto puede deberse a que en la época lluviosa existe una mayor variación en la temperatura a lo largo del día ya que son los meses más cálidos del año, esto nos deja vislumbrar que es una especie con una alta precisión, al presentar un promedio de 4.52°C de su temperatura seleccionada promedio (29°C), ajustándose perfectamente a lo que el hábitat le ofrece, con base en lo mencionado por Hertz *et al.* (1993). Esto está a la par de lo estudiado para otras especies dentro del mismo suborden *Amphisbaenea*, en la cual, todos los trabajos realizados demuestran una gran precisión termorregulatoria y de igual forma corresponde al comportamiento singular de los tigmotermos, los cuales tienen una influencia muy fuerte de la temperatura del sustrato al controlar sus temperaturas corporales al estar embebidos dentro del mismo como en el caso de *Xenosaurus tzacualtipantecus*, donde se observa claramente una alta relación con la temperatura del sustrato dándole la oportunidad de ser altamente preciso en su regulación térmica (Abe, 1984; Al- Johany, 1999; Civantos *et al.,* 2003; García- Rico *et al.*, 2015; Martín *et al.*, 1990; López *et al.,* 2002; Rocha y Verrastro, 2018).

Por otro lado, analizamos la calidad térmica del hábitat, en la cual no obtuvimos diferencias significativas entre ambas épocas, siendo de 3.6 y 2.86°C los valores para *de* de secas y lluvias respectivamente. Esto nos indica que el hábitat térmico en el que habita *B. biporus* es de buena calidad, es decir, le ofrece en gran parte del día, las temperaturas que selecciona para sus actividades cotidianas. Obtuvimos un promedio de 3.2°C para *de*, un valor que según Hertz *et al.* (1993) se puede considerar como favorable. Estos datos, son un reflejo de lo que se ha estudiado en otras especies de anfisbénidos como *Trogonophis*

wiegmani, *Blanus cinereus, Amphisbaena mertensi, Amphisbaena munoai, Trogonophis wiegmani y Diplometopon zarudyi* y en algunas otras especies termoconformistas como *Xenosaurus tzacualtipantecus*, en donde para cada caso, se ha observado que el hábitat donde habitan es propicio en cuanto a la temperatura, siempre presentado valores pequeños de *de* lo cual se traduce en una buena calidad térmica del hábitat (Abe, 1984; Al- Johany, 1999; Civantos *et al.,* 2003; García- Rico *et al.*, 2015; Martín *et al.*, 1990; López *et al.,* 2002; Rocha y Verrastro, 2018;).

De igual manera, abordamos con los índices anteriores el más importante de todos, la eficiencia termorregulatoria, éste se destaca porque nos indica realmente que tanto esfuerzo realiza un organismo para controlar su temperatura corporal a pesar de las condiciones ambientales, lo cual se vuelve fundamental en situaciones de baja calidad térmica o de necesidades específicas para realizar sus actividades cotidianas como la especialización en el alimento. Para este índice obtuvimos valores distintos para ambas temporadas, 0.4 para las secas y -1.4 para las lluvias. Esto revela que durante la temporada de secas, al ser la temperatura más estable, existe también una baja eficiencia termorregulatoria, lo cual no significa que sea un organismo poco eficiente para controlar su temperatura, sino que tiene que dedicar menos esfuerzo en realizar esta actividad debido a la alta calidad térmica del hábitat donde vive. Por el otro lado, en tiempo de lluvias, obtuvimos valores negativos, los cuales pueden interpretarse como una acción voluntaria del organismo por alejarse de su intervalo de temperaturas seleccionadas a pesar de que estas están disponibles en el sistema, lo cual puede deberse a varios factores según proponen Blouin-Demers y Nadeau (2005), uno de ellos puede ser el alimento, como se menciona para especies tales como *Diplometopon zarudyi* (Al-Johany, 1999) y *Amphisbaena munoai* (Rocha y Verrastros, 2018), concordando con lo mencionado por Papenfuss (1982) quien dice que posiblemente estos organismos se ven obligados a desplazarse y utilizar la columna vertical del suelo para alimentarse. Con los datos obtenidos al calcular los índices de termorregulación de Hertz *et al.* (1993), podemos decir que *B. biporus* es una especie termoconformista, ya que presenta una buena precisión y

calidad del hábitat, salvo en el caso de las lluvias, donde la precisión parece disminuir al obtener un valor negativo, esta disminución parece ser voluntaria según la propuesta de Blouin-Demers y Nadeau (2005) por lo que debemos clasificarlo dentro del grupo de termorreguladores facultativos, es decir, que bajo ciertas circunstancias este organismo tigmotermo se ve obligado a realizar acciones para regular su temperatura en función de otras necesidades, difiriendo con lo encontrado para otras especies de su misma familia y otros termoconformistas como *X. tzacualtipantecus* (Civantos *et al.,* 2003; García- Rico *et al.*, 2015; López *et al.,* 2002; Rocha y Verrastro, 2018) y concordando con lo reportado por Al-Johany (1999) para *Diplometopon zarudyi,* Martin *et al.* (1990) para *Blanus cinereus* y Abe (1984) para *Amphisbaena mertensi* quienes encontraron en sus respectivas especies que mantenían una alta precisión a pesar de los momentos de baja calidad en ciertas horas del día, dándoles la posibilidad de extender sus periodos de actividad con poco esfuerzo en momentos específicos, sin tener que dedicar gran parte del día a termorregular como pasa en las lagartijas epigeas que termorregulan activamente.

8.1.4 Uso de hábitat

En el presente trabajo, realizamos una evaluación del uso de hábitat por parte de *B. biporus,* en la cual encontramos que tiene tendencia hacia habitar bajo algunas plantas con mayor frecuencia en relación con otras. Los mezquites aparentemente son las plantas de mayor predilección por parte de la especie con un 34% del total de organismos capturados, seguida del conocido como mangle dulce, pitaya, cardón, choya y otros sustratos, en ese orden respectivamente. Esto tiene coherencia con lo publicado por Papenfuss (1982) quien encontró la misma afición por el mezquite y esto se repetía de igual forma para *B. tridactylus*. Sin embargo, esto discrepa por lo estudiado en otras especies de la misma familia, en donde todas estas especies tienden a seleccionar hábitats en función del tamaño de las rocas y no propiamente enfocados en algún tipo de planta en específico (Abe, 1984; Al- Johany, 1999; Civantos *et al.,* 2003; García- Rico *et al.*, 2015; Martín *et al.*, 1990; López *et al.,* 2002; Rocha y Verrastro, 2018;). Este comportamiento sumado a la eficiencia térmica negativa, nos lleva a pensar que el mezquite puede tener

un efecto favorable para ser habitado por *B. biporus,* sin embargo, al no encontrar diferencias significativas entre las Tc, Tsel ni en las To comparando con los diferentes habitáculos, no podemos determinar que la temperatura sea el factor fundamental que los lleve a seleccionar esta planta. Kearny (2003) en su trabajo analizando la dieta de esta especie, encontró que tiene una predilección por alimentarse de dos grupos de artrópodos particulares, los himenópteros (hormigas) y los isópteros (termitas), siendo igualmente representados en sus contenidos estomacales. Esto último nos lleva a pensar que el alimento puede ser el factor que límite o promueva la conducta de este organismo, buscando sitios ricos en alimentos focalizado en estos dos grupos de insectos, los cuales son bien conocidos por asociarse a fuentes de materia orgánica abundante y sobre todo plantas con troncos leñosos que les proveen hospedero y alimento (Haverty y Nutting, 1975). Esta misma situación ha sido descrita en múltiples ocasiones, por ejemplo López *et al.* (1997) registra para *Trogonophis wiegmani* una marcada selección en su alimentación con una preferencia de 98% para larvas de insectos del grupo de las termitas, por otro lado Martin *et al.* (2003) presenta para *Blanus cinereus* una situación similar, donde la especie aparentemente tiene conductas termorregulatorias por las tardes, saliendo incluso a la superficie y alimentándose de pequeñas hormigas. Esto discrepa con Adrews *et al.* (1987), quien proponía que los anfisbénidos en general son organismos oportunistas y tiene una dieta muy generalizada dependiendo de lo que está a su alcance.

Así mismo, en general encontramos que *B. biporus*, se mantiene en un intervalo de 48 a 123 mm de profundidad, siendo el mangle dulce quien presenta los valores menores de profundidad (48mm), mientras que en los otros sustratos fue un poco mayor ($p<0.05$). Esto puede explicarse de dos formas, la primera es por las temperaturas, el mangle dulce es un matorral que tiene mucha cobertura bajo su dosel, con pocos espacios donde se filtra el sol, esto ayuda a mantener la temperatura y disminuir el cambio abrupto de la misma bajo su manto, sin embargo, son pequeños y limitados en el hábitat. La segunda razón es debido a los demás sustratos ajenos a las plantas, suelen tener un gran impacto de los rayos solares, por los que presentan temperaturas superiores y con mayor

variabilidad en su superficie, lo cual obliga a estos anfisbénidos a buscar refugio en una mayor profundidad. Este efecto se repite si lo analizamos desde la perspectiva de las presas, pues los insectos al ser ectotermos tienden a buscar microclimas que les ofrezcan cierta resiliencia a los factores ambientales, por lo que de nuevo el alimento es un factor determinante en la selección del nicho para la especie (Haverty y Nutting, 1975). Este comportamiento de baja profundidad se repite en todos los casos estudiados con otras especies de la familia, donde se reportan menores valores de ésta en las zonas que mas frecuentan, si bien el mezquite no tiene el valor más bajo en profundidad, las raíces del mismo son profundas y un importante hospedero para las termitas y otros artrópodos, por lo que encontramos claridad en el resultado de una profundidad media (69mm) en comparación con los demás habitáculos, mientras que en las demás especies de anfisbénidos, hacen uso de rocas, que rara vez están enterradas bajo el sustrato (Abe, 1984; Al- Johany, 1999; Avery, 1982; Civantos *et al.,* 2003; García- Rico *et al.*, 2015; Martín *et al.*, 1990; López *et al.,* 2002; Rocha y Verrastro, 2018;).

9. CONCLUSIONES

Registramos un promedio de 30.25°C para la temperatura corporal de *Bipes biporus*, no existen diferencias evidentes entre ambas temporadas. Esto nos revela que la estacionalidad no tiene un efecto directo en la temperatura corporal, a pesar de las diferencias en las temperaturas ambientales.

Por otra parte, no pudimos establecer una clara relación entre las temperaturas ambientales (Ts y Ta) con las temperaturas corporales, sin embargo, la estadística revela que el sustrato si tiene un efecto en la Tc aunque no se refleje de manera evidente en los resultados.

Las temperaturas seleccionadas presentan un intervalo estrecho con diferencia de 4.2°C entre ellos, indicando que son organismos estenotérmicos, es decir con un requerimiento

térmico específico. Al mismo tiempo, los índices de termorregulación sugieren una gran precisión para controlar su temperatura corporal en promedio (*db*= 4.5), a su vez el hábitat le ofrece una buena gama de temperaturas, indicando una gran calidad. También encontramos que la eficiencia termorregulatoria es alta, aunque con valores negativos, esto nos aclara que hay factores que determinan la temperatura corporal además de las preferencias o requerimientos térmicos pero sin afectar su eficiencia.

Encontramos que *B. biporus* tiene una clara preferencia por los mezquites, sobresaliendo de entre las demás especies de platas donde se encontró, esto puede deberse a la gran cobertura que ofrece manteniendo la temperatura y a la microfauna asociada que funge como alimento para el anfisbénido, esto último debido a que escapa en algunos momentos de las temperaturas ofrecidas por el ambiente y a la profundidad media asociada a la microfauna con la que cohabita.

Recomendaciones

Hace falta un estudio intensivo a lo largo de su distribución para determinar si existen diferencias fisiológicas y no solo morfométricas entre las poblaciones, esto podría ayudarnos a conocer la variabilidad que presenta la especie como respuesta a las temperaturas ambientales o a determinar si es una característica hereditaria que se mantiene indiferentemente de las condiciones del hábitat. A su vez buscar la comparación entre las tres especies del género *Bipes.*

Realizar estudios consecutivos a este y por periodos prolongados con una mayor cantidad de sensores, de mejor calidad y precisión que nos permitan distinguir entre toda la gama de microhábitats presentes en el sistema de *Bipes biporus*

La principal recomendación después de este trabajo, es ahondar en el estudio de la biología de la especie, pues aun se desconocen muchos aspectos de su historia de vida que serán fundamentales para la elaboración de un programa de conservación para esta especie, la cual podría funcionar como especie sombrilla para un gran número de

organismos asociados al mismo tipo de suelo y a su vez, generar modelos de riesgo de extinción, que al ser fosorial presentaría una gran resiliencia por lo que su extinción conllevaría un fuerte impacto en el medio ambiente.

10. LITERATURA CITADA:

Abe AS. 1984. Experimental and field record of preferred temperature in the neotropical amphisbaenid *Amphisbaena mertensii* Stauch (Reptilia, Amphisbaenidae). Com. Biochem. and Physiol. 77: 251–253.

Adolph, S. C., and W. P. Porter. 1993. Temperature , activity , and lizard life histories. Amer. Naturalist 142:273–295.

Al-Johany, A. M. 1999. The activity and thermal biology of the fossorial reptile, *Diplometapon zarudnyi* (Amphisbaenia-Trogonophiidae). Asian Herpetol, Res. 8 : 1-6

Andrews, R. M., F. H. Pough, A. Collazo, and A. de Queiroz. 1987. The ecological cost of morphological specialization: feeding by a fossorial lizard. Oecologia 73:139–145

Angiletta M. J.. 2006. Thermal adaptation: a theoretical and empirical analysis. Primera Edición. Oxford University Press. Indiana 345p.

Angilletta, M. J. 2006. Estimating and comparing thermal performance curves. J. Therm. Biol. 31:541–545.

Asplund, K. K. 1974. Body size and habitat utilization in whiptail lizards (Cnemidophorus). Copeia 1974:695–703.

Avery R. A. 1982. Field studies of body temperatures and thermoregulation. Biol. Reptil. 12: 93–166

Bakken, G.S.,D. M. Gates. 1975. Heat-transfer analysis of animals: some implications for field ecology, physiology, and evolution. En: Gates, D.M., Schmerl, R.B. (Eds.), Perspectives of Biophysical Ecology. Springer, New York, pp. 255–290

Blouin-Demers, G. & Nadeau P. 2005. The cost benefit of thermoregulation does not predict lizard thermoregulatory behavior. Ecology 86, 560–566.

Blouin-Demers, G. & Weatherhead, P.J. 2001. Thermal ecology of black rat snakes (Elaphe obsoleta) in a thermally challenging environment. Ecology, 82, 3025–3043.

Bogert, C. M. 1949. Thermoregulation in reptiles, a factor in evolution. Evolution 3:195–211.

Brattstrom, B. H. 1965. Body temperatures of reptiles. Amer. Midl. Naturalist 73:376–422.

Brown, T. K., B. T. Henen, l. M. l. A. Pierre, M. F. Meyer, K. A. Nagy. 1995. Lizard ecology: historical and experimental perspectives. Princeton University Press. New Jersey, USA 403p.

Civantos, E., J. Martin, P. López. 2003. Fossorial life constrains microhabitat selection of the amphisbaenian *Trogonophis wiegmanni*. Can. J. Zool. 81:1839–1844.

Costa, G. C., L. J. Vitt, E. R. Pianka, D. O. Mesquita, G. R. Colli. 2008. Optimal foraging constrains macroecological patterns: body size and dietary niche breadth in lizards. Glob. Ecol. Biogeogr. 17:670–677.

Cowles, R. B., C. M. Bogert. 1944. A preliminary studie of the desert reptiles. Natural History. Bull. Am. Mus. Nat. Hist. 83:261–296.

Diaz-Paniagua, C., M. C. Blazquez, C. Keller, A. C. Andreu, G. Olmedo, and J. A. Mateo. 1995. Observations on seasonal and diel surface activity of the amphisbaenian *Blanus cinereus* in south-western Spain. Herpetol. J. 5:217–220.

Dzialowski, E. M. 2005. Use of operative temperature and standard operative temperature models in thermal biology. J. Therm. Biol. 30:317–334.

Frost, C. L., P. J. Bergmann. 2012. Spatial distribution and habitat utilization of the zebra-tailed lizard (*Callisaurus draconoides*). J. Herpetol. 46:203–208.

García, E. 1981. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen. Ed. Enriqueta García de Miranda. México. 241 p.

García-Rico J., A. H. Díaz de la Vega-Pérez, G. R. Smith, J. A. Lemos-Espinal, G. A. Woolrich-Piña. 2015. Thermal ecology, sexual dimorphism, and diet of *Xenosaurus tzacualtipantecus* from Hidalgo, Mexico. West. N. Am. Nat. 75: 209-217

González-Abraham C. E., P. P. Garcillán, E. Ezcurra. 2010. Ecoregions of Baja California peninsula: A synthesis. Bol. Soc. Mex. 87: 68-82

Grismer, L. L. 2002. Amphibians and reptiles of Baja California, including its pacific islands and the islands in the sea of Cortés. University of California Press. Berkley, USA 399p.

Hager, S. 2001. Microhabitat use and activity patterns of *Holbrookia maculata* and *Sceloporus undulatus* at White Sands National Monument. J. Herpetol. 35:326–330.

Haverty M. I., W. L. Nutting. 1975. Natural wood preferences of desert termites. Ann. Entomol. Soc. Amer. 68: 533-536

Heath, J.E., 1962. Temperature-independent morning emergence in lizards of the genus Phrynosoma. Science 138: 891–892.

Heath, J.E., 1964. Head-body temperature differences in horned lizards. Physiol. Zool. 37: 273–279.

Hertz, P. E., R. B. Huey, R. D. Stevenson. 1993. Evaluating temperature regulation by field-active ectotherms: the fallacy of the inappropriate question. Amer. Naturalist 142:796–818.

Hohenbrink, T. L., G. Lischeid. 2015. Does textural heterogeneity matter? Quantifying transformation of hydrological signals in soils. J. Hydrol. 523:725–738.

Huey, R. B. 1982. Temperature, physiology, and the ecology of reptiles. En: Gans (ed.) Biology of the Reptilia. Primera edición. Academic Press. Londres pp 24- 39.

Huey, R. B., D. Berrigan. 2001. Temperature, demography, and ectotherm fitness. Amer. Naturalist 158:204–210.

Huey, R. B., E. R. Pianka. 2007. Lizard thermal biology: do genders differ?. Amer. Naturalist 170:473–478.

Huey, R. B., J. B. Losos, C. Moritz. 2010. Are lizards toast?. Science 328:835-835

Huey, R. B., M. Slatkin. 1976. Cost and benefits of lizard thermoregulation. Q. Rev. Biol. 51:363–384.

Huey, R. B., P. E. Hertz, B. Sinervo. 2003. Behavioral drive versus behavioral inertia in evolution: a null model approach. Amer. Naturalist 161:357–366.

Johnson, D. E. 2000. Métodos multivariados aplicados al análisis de datos. Internacional Thomson Editores. México, D.F. 566

Kearney M. 2003. Systematics of the amphisbaenia (Lepidosauria: Squamata) based on morphological evidence from recent fossil forms Herpetol. Monogr., 17: 1-74

Kour, E. L., V. H. Hutchison. 1970. Critical thermal tolerances and heating and cooling rates of lizards from diverse habitats. Copeia 1970:219–229.

León de la Luz, J. L., R. Domínguez C. y M. Domínguez L. 2012. Florística de la selva baja caducifolia de la península de Baja California, México. Bot. Sci. 90: 143-162.

López P., J. Martin. 2002. Body temperature regulation in the amphisbaenian *Trogonophis wiegmanni*. Can. J. Zool. 80:42.

López, P., A. Salvador, J. Martín. 1998. Soil temperature, rock selection, and the thermal ecology of the amphisbaenian reptile *Blanus cinereus*. Can. J. Zool. 76:673–679.

Macey, J. R., T. J. Papenfuss, J. V Kuehl, H. M. Fourcade, J. L. Boore. 2004. Phylogenetic relationships among amphisbaenian reptiles based on complete mitochondrial genomic sequences. Mol. Phylogenet. Evol. 33:22–31.

Martin J., P. López, A. Salvador. 1990. Field body temperatures of the amphisbaenid lizard *Blanus cinereus*. Amphib. Reptil. 11: 87–96

Martín, J., J. Ortega, P. López, A. Pérez-Cembranos, V. Pérez-Mellado. 2013b. Fossorial life does not constrain diet selection in the amphisbaenian *Trogonophis wiegmanni*. J. Zool. 291:226–233.

Martín, J., P. López, L. V. García. 2013a. Soil characteristics determine microhabitat selection of the fossorial amphisbaenian *Trogonophis wiegmanni*. J. Zool. 290:265–272.

Martin, T. L., R. B. Huey. 2008. Why "suboptimal" is optimal: Jensen's inequality and ectotherm thermal preferences. Amer. Naturalist 171:E102–E118.

Navarro-García J. C., A. García,F. R. Méndez de la Cruz. 2008. Estacionalidad, eficiencia termorreguladora de *Aspidoscelis lineatissima* (Sauria: Teiidae) y la calidad térmica del bosque tropical caducifolio en Chamela, Jalisco, México. Rev. Mex. Biod.79: 413-419

Nussear, K. E., T. C. Esque, R. D. Inman, L. Gass, K. a Thomas, C. S. Wallace, J. B. Blainey, D. M. Miller, R. H. Webb. 2009. Modeling habitat of the desert tortoise (Gopherus agassizii) in the Mojave and parts of the Sonoran deserts of California, Nevada, Utah, and Arizona. Reporte técnico de US Geological Survey 1102:18.

Papenfuss, T. J. 1982. The ecology and systematics of the amphisbaenian genus Bipes. Occas. Pap. Calif. Acad. Sci. 136:1– 42.

Peralta-García, A., A. S. Herrera, J. H. Valdez-villavicencio. 2007. Registros nuevos de reptiles en islas del noroeste de Mexico. Acta Zool. Mex. 23:179–182.

Portner, H. O. 2010. Oxygen capacity limitation of thermal tolerance: a matrix for integrating climate related stressor effects in marine ecosystems. J. Exp. Biol. 213:881

Pough, F. H.. 1980. The advantages of ectothermy for tetrapods. Amer. Naturalist 115:92–112.

Rocha N. M., L. Verrastro. 2018. Thermal biology of *Amphisbaena munoai* (Squamata: Amphisbaenidae). Zoologia 35: 1-9.

Sinervo, B., F. Méndez-de-la-Cruz, D. B. Miles, B. Heulin, E. Bastiaans, M. Villagran-Santa Cruz, R. Lara-Resendiz, N. Martínez-Méndez, M. L. Calderón-Espinosa, R. N. Meza-Lázaro, H. Gadsden, L. J. Avila, M. Morando, I. J. De la Riva, P. V. Sepulveda, C. F. D. Rocha, N. Ibargüengoytia, C. A. Puntriano, M. Massot, V. Lepetz, T. A. Oksanen, D. G. Chapple, A. M. Bauer, W. R. Branch, J. Clobert, and J. W. Sites. 2010. Erosion of lizard diversity by climate change and altered thermal niches. Science 328:894–899.

Strauss, R. E. 2010. Discriminating groups of organisms. En: Elewa, A. M. T. (ed.), Morphometrics for nonmorphometricians, Lecture Notes in Earth Sciences, 124. Springer-Verlag. Berlin. pp 73-91

Van Damme, R., D. Bawens, A. Castilla, R. F. Verheyen. 1989. Altitudinal variation of the thermal biology and running performance in the lizard *Podacris tiliguerta*. Oecologia, 80:516-524.

Van Damme, R., D. Bawens, R. F. Verheyen. 1990. Evolutionary rigidity of thermal physiology: the case of the cool temperate lizard *Lacerta vivipara*. Oikos, 57:61-67.

Vial, J. L. 1984. Comparative field responses to diel and annual thermal regimens among Sceloporine lizards, with specific reference to *Sceloporus malachiticus*. Rev. Biol. Trop. 32:1-9.

Vitt, L. J. 1974. Body temperatures of high latitude reptiles. Copeia, 1974(1):255-256.