



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MORELOS



FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS

**VARIACIÓN DE TEMPERATURA, USO DE HÁBITAT Y HORAS DE
ACTIVIDAD EN *Phrynosoma orbiculare* EN EL ESTADO DE
MORELOS**

TESIS PROFESIONAL POR ETAPAS

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

B I O L O G O

P R E S E N T A:

ANNIE MICHELLE CARNALLA BENITEZ

DIRECTORA

**DRA. MARIA GUADALUPE BUSTOS ZAGAL
CENTRO DE INVESTIGACIONES BIOLÓGICAS**

CUERNAVACA, MORELOS

MAYO, 2024.

AGRADECIMIENTOS

Primeramente, doy gracias a Dios por permitirme culminar uno de mis proyectos de vida.

A mis padres Ma. Guadalupe y Neftalí que con su amor incondicional me han apoyado en cada una de las etapas de mi vida, por sus consejos y por enseñarme desde pequeña que soy capaz de lograr lo que me proponga.

A mis hermanas Alexia y Anelisse que con su amor me impulsaron a seguir adelante.

A mi directora de tesis la Dra. María Guadalupe Bustos Zagal por aceptarme como su alumna en el laboratorio de herpetología. Por los consejos y críticas constructivas. Por permitirme haber realizado este bonito proyecto.

A los miembros de mi comité sinodal: Dr. Rubén Castro Franco, Dra. Patricia Trujillo Jiménez, biólogo Yirdael Muñiz Corona y al biólogo Carlos Alberto Montalbán Huidobro, por su tiempo, sugerencias y comentarios acertados que ayudaron a que mi trabajo se enriqueciera.

A Luis Manuel y Anthony por su ayuda incondicional durante las salidas al campo.

DEDICATORIAS

A mis padres Ma. Guadalupe y Neftali que son mi ejemplo a seguir.

A mis hermanas Alexia y Anelisse con quienes he compartido toda mi vida y han sido mis confidentes.

A mi novio Pedro por ser mi apoyo moral por su paciencia, amor, por creer en mí y por impulsarme a seguir con mis proyectos.

CONTENIDO

ÍNDICE DE FIGURAS.....	1
RESUMEN.....	2
INTRODUCCIÓN.....	3
ANTECEDENTES	4
ASPECTOS GENERALES DE LA ESPECIE EN ESTUDIO.....	7
ÁREA DE ESTUDIO	12
JUSTIFICACIÓN	14
OBJETIVOS	14
HIPÓTESIS	14
MATERIAL Y MÉTODO.....	15
RESULTADOS	17
DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES.....	22
LITERATURA CITADA	25

ÍNDICE DE FIGURAS

Fig. 1. Vista ventral y dorsal de *Phrynosoma orbiculare*.

Fig. 2. Cría de *Phrynosoma orbiculare*.

Fig. 3. *Phrynosoma orbiculare* en su hábitat natural.

Fig. 4. Técnica de defensa de *Phrynosoma orbiculare*.

Fig. 5. Ubicación geográfica de la Preparatoria de Tres Marías, Huitzilac (19° 3'40.09" LN, 99°14'58.57" LO).

Fig. 6. Materiales utilizados para los registros y grupo de trabajo registrando datos de ejemplares de *Phrynosoma orbiculare* recién capturados.

Fig. 7. Frecuencia de avistamientos de las lagartijas por tipo de microhábitats.

Fig. 8. Horas de actividad de lagartijas *Phrynosoma orbiculare* durante los periodos de secas y lluvias.

Tabla 1. Variación en las características de la termorregulación en *Phrynosoma orbiculare*. KW-H prueba de Kruskal Wallis.

RESUMEN

Phrynosoma orbiculare son un grupo de lagartijas endémicas de México, con tamaño de cuerpo entre 8.0-12.0 cm. Son animales ectotermos, están activas por las mañanas y las tardes, por lo tanto, el control de su temperatura es importante ya que le ayuda a que ellas puedan realizar sus actividades cotidianas. Se han realizado estudios previos acerca de la termorregulación en las lagartijas. Por lo tanto, este trabajo tiene como objetivo estimar si hay variación en la termorregulación y en los periodos de actividad de *Phrynosoma orbiculare*, por efecto del hábitat, tamaño, masa del cuerpo, el sexo, la edad y los periodos de lluvias y secas. Para lograr el objetivo se realizaron muestreos dentro de las instalaciones de la Preparatoria de Tres Marías. *Phrynosoma orbiculare* tiene una temperatura cloacal promedio de 29.14°C, la temperatura cloacal no mostró diferencia sobre sexos ($F_{1,48}= 1.310$, $p= 0.2581$), pero si mostró diferencia entre la temperatura dorsal ($F_{1,48}= 6.252$ $p= 0.0015$) los machos tienen temperaturas más altas que las hembras; el tamaño ($r^2=0.0026$, $r= 0.0510$, $F_{1,48}=0.1254$ $p=0.7247$) y la biomasa ($r^2=0.0086$, $r=0.0930$, $F_{1,48}=0.4193$, $p=0.5203$) de las lagartijas tampoco mostraron efecto sobre la temperatura cloacal. La temperatura cloacal mostró efecto con la temperatura del sustrato ($r^2=0.9868$, $r=0.31414$, $F_{1,48}= 5.2557$, $p= 0.2630$) pero no con el aire ($r^2= 0.0427$, $r= 0.2067$, $F_{1,48}=2.1428$, $p= 0.1497$). En el periodo de secas las lagartijas se encontraron activas entre las 9:00 h y las 14:00 horas y en el de lluvias entre las 10:00 h y 17:00 horas.

Palabras clave: Termorregulación, uso de hábitat, horas de actividad, *Phrynosoma orbiculare*

INTRODUCCIÓN

La herpetofauna mexicana es una de las más diversas y con gran número de especies endémicas (Flores-Villela y García-Vázquez, 2014). La familia Phrynosomatidae cuenta con nueve géneros. (<https://reptile-database>) (Márquez y Mayén, 2010); de los cuales las lagartijas del género *Phrynosoma* son de las especies más distintivas por su inusual morfología y su historia de vida (Leaché y McGuire 2006). De acuerdo con la base de datos mundial de reptiles existen 21 especies de lagartijas del género *Phrynosoma*, de las cuales el conocimiento sobre su biología aún es parcial, por el tamaño de sus poblaciones.

La termorregulación en reptiles, implica un proceso regulatorio, que depende de ajustes morfológicos, fisiológicos, conductuales, así como de las características térmicas ambientales, para que se puedan mantener en sus temperaturas óptimas y poder realizar sus actividades cotidianas (Cowles y Borget 1994, Avery, 1979). Una termorregulación eficiente ayuda a explicar muchas de sus actividades como la evasión de la depredación, la forma de capturar su alimento, el apareamiento, la digestión, el crecimiento y los patrones de distribución en ambientes extremos como las zonas altas, frías y las zonas desérticas. (Bauwens et al., 1996; Pianka y Vitt, 2003).

Dado que la termorregulación en lagartijas es importante en este trabajo se examinan las estrategias de termorregulación y sus variaciones en *Phrynosoma orbiculare*.

ANTECEDENTES

Las lagartijas se distinguen de otros vertebrados por ser ectotermos debido a que su calor corporal proviene del medio ambiente, es por ello que las características del medio; como la cobertura vegetal, el tipo de vegetación, etc., influyen en la calidad térmica y a su vez en las características de los rasgos vitales de los organismos, tanto o más que la temperatura ambiental (Huey y Slatkin, 1976; Sears y Angilletta, 2014). La variación en los tiempos de exposición y entre los microhábitats, en distintos ambientes revelan una adaptación a la variación del ambiente (Méndez de la Cruz et al., 2003).

En este sentido, la termorregulación depende no solo de factores extrínsecos, como los recursos térmicos, la exposición al viento, la estructura vegetal (Bujes y Verrastro, 2006), y el riesgo de depredación (Downes y Shine, 1998), sino también de las variables intrínsecas de cada individuo, como el sexo entre otros factores (Huey y Pianka, 2007).

La morfología y el tamaño de los individuos es importante para estudiar la termorregulación, debido a que están relacionadas con la velocidad con la que se intercambia el calor con el ambiente (Herczeg et al., 2007). Por ejemplo, la selección de un microclima poco favorable para las lagartijas puede ser letal para organismos pequeños, de esta manera, el tamaño corporal es un factor que influye en los jóvenes de manera distinta, que en los adultos para determinar su distribución espacio-temporal (Herczeg et al., 2007).

El proceso de termorregulación es importante porque todas las funciones de estos animales dependen de la temperatura. A temperaturas

bajas la fisiología cambia y ocurre lo contrario cuando hay temperaturas altas (Bauwens et al., 1996; Pianka y Vitt, 2003). Las temperaturas ambientales altas restringen los periodos de actividad de las lagartijas en ambientes cálidos, debido a que afectan a sus temperaturas corporales; estos cambios pueden ser elevación, hábitat, hora del día, latitud, temporada y el clima (Dunham, 1993; Kearney, 2013).

Cuando la ganancia de energía es insuficiente para las hembras en su proceso reproductivo y temporada activa, la población disminuye y podrían llegar a la extinción (Huey et al., 2010; Sinervo et al., 2010; Sinervo et al., 2011).

El comportamiento termorregulador en los reptiles presenta varias estrategias como: la hibernación, estivación y la variación estacional de la temperatura cloacal (Stevenson, 1985; Christian, 1998; Daza, et al., 2008; Hare, et al., 2010). La termorregulación puede interferir con las actividades sociales, de alimentación o en actividades de evadir a sus depredadores. (Dewitt, 1967).

Los mecanismos de termorregulación son adaptativos porque las lagartijas termorreguladoras evitan temperaturas corporales extremadamente peligrosas (Cowles y Borget, 1944; Licht et al., 1966).

Las lagartijas cornudas del género *Phrynosoma* comparten un comportamiento termorregulador, que incluye el seleccionar sus horas de actividad, el uso de suelo, la exposición directa a la luz solar y el enterrar su cuerpo quedando la cabeza expuesta (Heath, 1962; Heath, 1964; Pianka y William, 1975; Whiting et al., 1993; Christian, 1998; Scott, 2005; Brennan y Holycros et al, 2006; Jones y Lovich, 2009; Woolrich-Piña, et al., 2012). En

estudios previos sobre la termorregulación de *Phrynosoma orbiculare*. Urzúa y Méndez de la Cruz (2008), analizaron la actividad de la lagartija en función del sexo, estado reproductor de las hembras y de la época del año; evaluaron las temperaturas corporales en campo de *Phrynosoma orbiculare*. y encontraron diferencias en los periodos de actividad entre las hembras y los machos, los periodos de actividad entre lluvias y secas fueron diferentes.

Arias y Méndez de la Cruz (2011) Analizaron el comportamiento forrajero, por sexos, estadio de desarrollo y la termorregulación en *Phrynosoma orbiculare*; evaluaron las temperaturas cloacales. En los análisis estadísticos observaron una temperatura cloacal (T_c) promedio de 32.4°C , durante la época de secas las temperaturas promedio fueron de 26°C a 28°C y en época de lluvias obtuvieron temperaturas promedio de 25°C a 30°C . Woolrich-Piña et al. (2012) Realizaron el registro de temperaturas de 3 especies de lagartijas del género *Phrynosoma*, registraron temperaturas de 32.72°C para *P. braconnieri*, 32.54°C para *P. orbiculare* y 33.39°C para *P. taurus*. Observaron que las temperaturas ambientales tienen efecto sobre la temperatura del cuerpo en *P. orbiculare*.

Existen hipótesis sobre las variables que tienen efecto en la temperatura de las lagartijas. La primera sugiere (1) que la coloración en animales oscuros les permite absorber más calor que aquellos que son más claros; (2) longitud hocico-cloaca, en lagartijas grandes, les permite mantener el calor por un periodo de tiempo mayor que aquellas de menor tamaño, sin embargo, la temperatura corporal puede aumentar de manera proporcional con el movimiento y el alimento (Pianka y Vitt, 2003).

(3) El tipo de hábitat también tiene un efecto en la regulación de la temperatura corporal, en los hábitats con temperaturas homogéneas los organismos no llegan a sus óptimas temperaturas, en cambio, en un ambiente heterogéneo, les permite a las lagartijas tener un control preciso en la selección de la temperatura corporal adecuada para desempeñar los diferentes procesos fisiológicos (Pianka y Vitt, 2003).

Este proyecto tiene como propósito estimar si hay variación en la termorregulación debido al tamaño de los individuos, el sexo, la edad, el tipo de microhábitat y la inversión del tiempo. También se propone estimar si la variación ocurre por efecto de las temporadas de lluvias y secas en la población de la zona de estudio.

ASPECTOS GENERALES DE LA ESPECIE EN ESTUDIO

Posición taxonómica de la especie en estudio

Reino: Animalia

Phylum: Chordata

Clase: Reptilia

Orden: Squamata

Familia: Phrynosomatidae

Género: *Phrynosoma*

Especie: *orbiculare*

Generalidades sobre la biología de *Phrynosoma orbiculare*. Son lagartijas de tamaño mediano y miden entre 8.0-12.0 cm. Tienen escamas modificadas en forma de 3 cuernos temporales a cada lado, de los cuales el externo es el más pequeño, dos cuernos occipitales proyectados hacia atrás y dos cuernos superciliares, las escamas de la cabeza son rugosas, sus espinas

dorsales son irregulares en tamaño, sobrepuestas y quilladas, las escamas del abdomen son lisas, los machos presentan escamas postanales agrandadas. Cuerpo aplanado en forma oval con una hilera de espinas rodeando los costados, esta forma de su cuerpo es útil para una rápida termorregulación y para capturar las gotas de la lluvia (Sherbooke, 2003); presenta una cola desarrollada con 5-9 anillos negros, tiene 13 poros femorales en cada extremidad separados por 3 escamas antes de la apertura cloacal, de la región dorsal son de colores marrones, pardos, grises, verdes olivo o una combinación de estos, la región ventral es clara con diversos puntos negros, en algunas ocasiones las podemos encontrar con puntos anaranjados o rojizos y su color cambia para adaptarse al medio y con este se puede camuflar. (Lemos-Espinal y Smith, 2007). Se encuentra en categoría de amenazada de acuerdo con la NOM-059 (SEMARNAT, 2010)

A



B



Fuente: <https://spain.inaturalist.org/taxa/36307-Phrynosoma-orbiculare>

Fig. 1. Vista ventral de *Phrynosoma orbiculare* (A). Vista dorsal de *Phrynosoma orbiculare* (B). Fotos tomadas por Karla (A) y Denis Castro Bustos (B)

Alimentación. En general la familia Phrynosomatidae se desempeña por tener una estrategia de forrajeo al acecho, esta se caracteriza porque las lagartijas esperan inmóviles y acechan a que las presas se aproximen, las presas tienden a ser móviles y la tasa de captura por día por lo general es muy baja. Se ha descrito que los organismos que presentan este tipo de estrategia presentan un cuerpo robusto, resistencia fisiológica baja y una temperatura del cuerpo moderada.

De acuerdo con algunos autores (Pianka y Parker, 1975; Sherbrooke, 2003) Se han llevado a cabo estudios sobre la dieta de lagartijas del género *Phrynosoma* y han demostrado que tienen una dieta basada en el consumo de artrópodos del suelo, entre los que se encuentran hormigas, coleópteros y ortópteros. A pesar de ello, las especies del género presentan variaciones en cuanto al nivel de mirmecófagia (consumo de hormigas).

Reproducción. El tamaño y la masa relativa de la camada y las características de las crías son atributos importantes en la historia de vida de una especie (Stearns, 1976; Vitt y Price, 1982), donde la variación depende de una interacción entre factores tanto bióticos y abióticos (Dunham et al., 1989). La reproducción es de tipo sexual se reproduce durante el otoño e invierno y pueden llegar a tener 19 crías (García y Mendizábal, 2014).



Fig. 2. Cría de *Phrynosoma orbiculare* (Foto tomada por Annie Michelle Carnalla Benítez)

Hábitat. *Phrynosoma orbiculare*, es endémica de México, se distribuye en la parte central de la Sierra Madre Occidental en el oeste de Chihuahua, hasta el sur de Puebla y Guerrero, en el norte se distribuye a través de la Sierra Madre Oriental hasta el sur de nuevo León; presentando un marcado gradiente latitudinal y altitudinal, teniendo un gran contraste en los ambientes que ha colonizado; por lo que la temperatura debe ser un factor limitante en su periodo de actividad y comportamiento en general, reflejándose en el tiempo que dedica en la alimentación. Utiliza una gran variedad de hábitats montañosos, principalmente en parches abiertos de pastizales, en bosques de pino- encino, en altitudes que oscilan entre 1500 y 3400 msnm (Castro-Franco y Bustos-Zagal, 2003).



Fig. 3 *Phrynosoma orbiculare* en su hábitat natural
(Foto tomada por Annie Michelle Carnalla Benitez)

Tácticas de defensa. Su primera línea de defensa es el quedarse completamente inmóvil y fuera de la vista; lo que consigue asemejando el color de su cuerpo al color del sustrato, su armadura también le sirve, ya que representa una amenaza significativa para muchos depredadores, hincha su cuerpo convirtiéndolo en una bola espinosa y arroja sangre por los ojos.

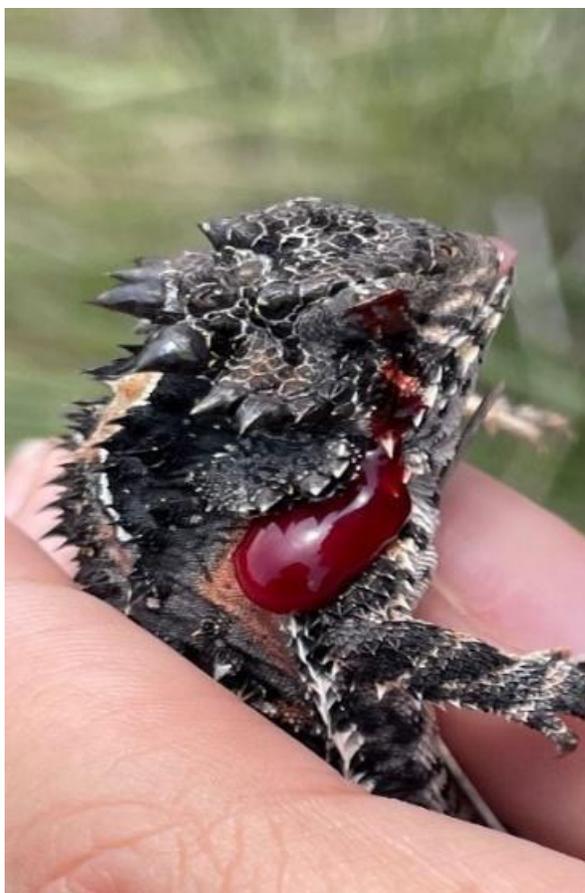


Fig. 4. Técnica de defensa de *Phrynosoma orbiculare*
(Foto tomada por Anthony Derek Gómez Fernández)

ÁREA DE ESTUDIO

El área de estudio se encuentra dentro de los límites de la preparatoria comunitaria de Tres Marías (UAEM) ubicada en el poblado de Tres Marías (19° 3'40.09" LN, 99°14'58.57" LO), (Fig. 5) y forma parte del municipio de Huitzilac, Morelos, dentro de los límites del Corredor Biológico Chichinautzin. Este sitio fue elegido por la seguridad, las instalaciones y porque en esta área se han encontrado *Phrynosoma orbiculare*. El clima de la región de Tres Marías es del tipo templado subhúmedo Cw2(w)b (i) de acuerdo con el INEGI, el cual

corresponde al clima más húmedo de los templados con lluvias en verano. La precipitación media anual es mayor de 800 mm, con el mes más lluvioso en agosto (320 a 330 mm), la menor precipitación es entre diciembre y febrero (menos de 10 mm), y el porcentaje de lluvia invernal es menor de 5%. Los meses más calientes son de abril a julio (13°-14° C) y el mes más frío es enero (9°C -10°C).

La vegetación original del área de acuerdo con Rzedowsky (1978) es bosque de pino con oyamel y pastizal (*Stipa ipu*, *Festuca amplisima* y *Muhlenbergia macroura*).



Fig. 5. Ubicación geográfica de la Preparatoria de Tres Marías, Huitzilac (Google Maps).

Suelo. De acuerdo con la FAO-UNESCO (1970), el municipio de Huitzilac presenta un suelo de andosol húmico, phaeozem y cambisol. De la superficie

total, en forma general se utilizan: 3,035 hectáreas para uso agrícola, 3,051 hectáreas para uso pecuario y 7,002 hectáreas para uso forestal.

JUSTIFICACIÓN

Phrynosoma orbiculare es una especie endémica de México, que se sabe que habita en bosque de pino-encino y en matorrales, su temperatura del cuerpo oscila entre 25°C-37°C, presentan un horario de actividad corto (5.0-6.0 horas) con modificaciones en su conducta termorreguladora. Por lo tanto, en este trabajo se pretende generar información que ayude a comprender como *P. orbiculare* es capaz de sobrevivir en un ambiente térmico poco amigable para los reptiles y cómo varían las temperaturas del cuerpo de acuerdo a las épocas de lluvias, secas y en función de la heterogeneidad del ambiente.

OBJETIVOS

1. Estimar si hay variación en la temperatura de *Phrynosoma orbiculare* por efecto del tamaño y masa del cuerpo, el sexo, y el tipo de microhábitat.
2. Estimar si hay variación en la temperatura de cuerpo y en los periodos de actividad de *Phrynosoma orbiculare* por efecto de los periodos de secas y lluvias.

HIPÓTESIS

1. La termorregulación en *Phrynosoma orbiculare* varía en función de los cambios en el tamaño y masa del cuerpo, el sexo y el tipo de microhábitat que usan las lagartijas y los periodos de secas y lluvias.

2. Los periodos de actividad en *Phrynosoma orbiculare* se modifican en función de las temporadas de lluvias y secas en el año.

MATERIAL Y MÉTODO

La zona de estudio fue zonificada en dos áreas. Áreas sobre piedras y vegetación natural (A), áreas con pastizal y poco suelo visible (B). Ahí se realizaron 11 salidas de campo entre las 9:00 y las 17:00 h. De las lagartijas capturadas se obtuvieron los siguientes datos: La temperatura cloacal (T_c) y la temperatura dorsal (T_d) fue obtenida apuntando un termómetro láser en la cloaca y en el dorso de los ejemplares, la temperatura del aire (T_a), y la temperatura del sustrato (T_s) se obtuvieron con higrómetros digitales tipo coleParmer; se sexaron los ejemplares en machos o hembras; se obtuvieron datos de la longitud hocico cloaca (LHC) y longitud cola (LC), la cual fue medida con un calibrador vernier digital; para obtener la masa del cuerpo de las lagartijas se utilizó una balanza digital. Por último, se obtuvo fecha, horas de captura, estado del tiempo (soleado, nublado, con lluvia) y área de captura (A y B). Todos los registros se realizaron durante los periodos de lluvias y secas. Los ejemplares fueron liberados en el mismo sitio de captura y marcados en el dorso con pintura no tóxica e indeleble, se usaron colores rojo, azul, amarillo, blanco, verde, lila, rosa y se realizó una combinación con estos.



Fig.6. Materiales utilizados para los registros **(A)**. Grupo de trabajo registrando datos de ejemplares de *Phrynosoma orbiculare* recién capturados **(B)**.

Análisis estadístico. Con los registros de temperatura cloacal (T_c), temperatura del aire (T_a) y temperatura del sustrato (T_s) se obtuvieron el promedio, el valor mínimo, el valor máximo y la desviación estándar (\pm D.E). La normalidad de los datos fue estimada con la prueba de Shapiro-Wilk, en los casos que no había normalidad se usaron pruebas no paramétricas. Las diferencias entre los promedios de T_c entre machos y hembras fueron estimadas con análisis de varianza de una vía, donde el sexo es el factor y la temperatura (T_c , T_s) las variables dependientes. Para estimar el efecto de la masa del cuerpo y la longitud hocico cloaca (LHC) sobre la temperatura cloacal (T_c) se hicieron análisis de regresión lineal simple. Para estimar la variación en el porcentaje de frecuencia en las horas de actividad y uso de microhábitats

entre los periodos de secas y lluvias se realizó un análisis de Chi-cuadrada (X^2). En todos los análisis se utilizó un nivel de significancia de $p=0.05$. La prueba de Kruskal-Wallis fue utilizada para estimar la variación en el tamaño de la cola y la masa del cuerpo. Todos los análisis fueron procesados con el software *Statistica 7.0*.

RESULTADOS

Se obtuvo el registro de un total de 50 ejemplares (34 machos y 16 hembras). La temperatura cloacal promedio para todos los ejemplares fue 29.14°C (\pm D.S 3.78). El análisis de varianza no mostró diferencias significativas entre los sexos (Tabla 1). Sin embargo, la temperatura dorsal si fue diferente entre machos y hembras (Tabla 1), Los machos tuvieron las temperaturas más altas que las hembras con una diferencia de 2.25°C .

Tabla 1. Variación en las características de la termorregulación en *Phrynosoma orbiculare*. KW-H prueba de Kruskal Wallis.

Caracteres	Machos	Hembras	Valor del Análisis de Varianza F
Temperatura cloacal (°C)	29.55 (21.1-36.9) ± D.S 3.77	28.23 (21.2-33.5) ± D.S 3.77	$F_{1,48}=1.310$ $p=0.2581$
Temperatura dorsal	32.43 (27.8-38.7) ± D.S 2.55	30.18 (23.4-35.4) ± D.S 3.74	$F_{1,48}=6.252$ $p=0.0158$
Temperatura del aire (°C)	28.96 (20.3-38.4) ± D.S 5.99	23.5 (18.1-34.2) ± D.S 3.69	$F_{1,48}=11.219$ $p=0.0015$
Temperatura del sustrato (°C)	28.98 (20.30-40.6) ± D.S 5.33	25.05 (18.1-30.9) ± D.S 3.68	$F_{1,48}=7.068$ $p=0.0106$
Tamaño de cuerpo LHC (mm)	51.90 (23-103.2) ± D.S 18.37	61.38 (37-78.3) ± D.S 12.49	$F_{1,48}=4.508$ $p=0.0389$
Longitud de la cola (mm)	35.23 (13.5-90) ± D.S 17.43	43.91 (23.4- 69.8) ± D.S 13.69	KW-H $(1,50) =3.986$ $p=0.0459$
Masa del Cuerpo (g)	14.47 (0.8- 84.1) ± D.S 14.45	24.11 (6.6- 41.3) ± D.S 11.25	KW-H $(1,50) =9.930$ $p=0.0016$

Los análisis de regresión entre la LHC y la temperatura cloacal no mostraron efecto de ningún tipo ($r^2=0.0026$, $r=0.0510$, $F_{1,48}=0.1254$ $p=0.7247$); es decir la temperatura cloacal no se ve afectada por el tamaño del cuerpo de los individuos, ni por la biomasa ($r^2=0.0086$, $r=0.0930$, $F_{1,48}=0.4193$, $p=0.5203$). La temperatura del cuerpo está correlacionada significativamente con la

temperatura del sustrato ($r^2=0.9868$, $r=0.31414$, $F_{1,48}= 5.2557$, $p= 0.2630$) pero no con el aire ($r^2= 0.0427$, $r= 0.2067$, $F_{1,48}=2.1428$, $p= 0.1497$). El análisis de varianza tampoco mostró diferencias entre la temperatura cloacal de las lagartijas y el tipo de microhábitat ($F_{1,48}=0.083$, $p=0.7744$) ni entre los periodos de lluvias y secas ($F_{1,48}= 2.67$, $p=0.108$). Para dilucidar si podría haber efecto subyacente por la interacción del hábitat y el sexo se hizo un análisis de varianza de dos vías (microhábitat, sexos) el cual no mostro diferencias entre la temperatura del cuerpo de las lagartijas entre los microhábitats y los sexos ($F_{2,46}= 1.2989$, $p= 0.2603$). Sin embargo, si hay diferencias significativas entre la temperatura dorsal y el tipo de microhábitats y el sexo ($F_{2,46}= 5.809$ $p= 0.0200$).

La frecuencia de avistamiento de lagartija entre los microhábitats no mostró diferencias significativas (Fig. 7, $\chi^2=0.3200$, $gl=1$, $p\leq 0.05$).

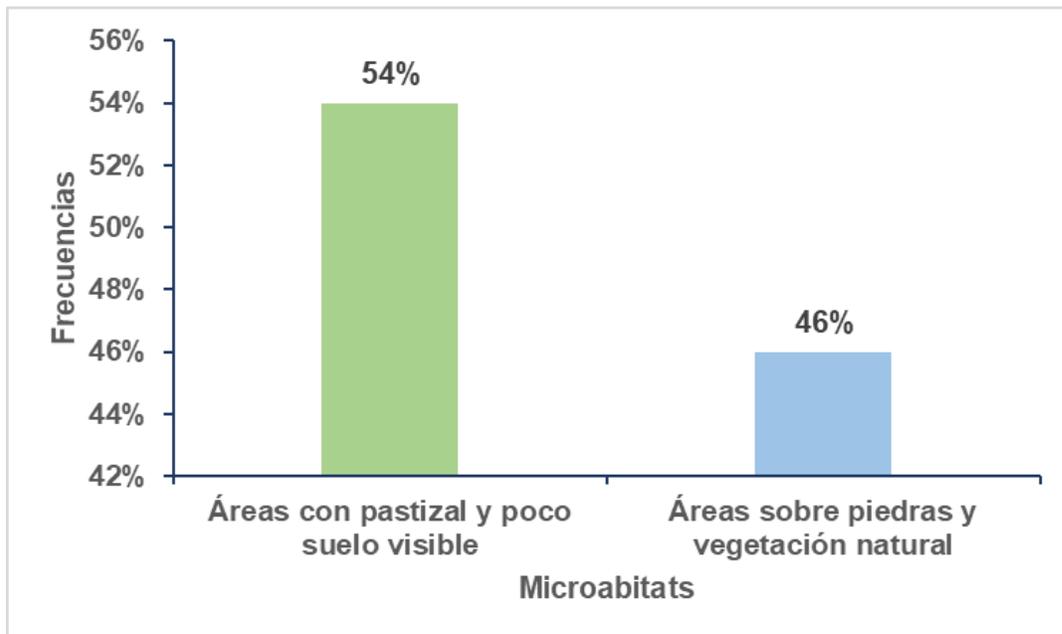


Fig. 7. Frecuencia de avistamientos de las lagartijas por tipo de microhábitats.

Horas de actividad. Las horas de actividad y el porcentaje de lagartijas observadas a lo largo del día en los periodos de secas y lluvias se muestran en la Fig. 8.

En el periodo de secas las lagartijas se encontraron activas entre las 9:00 h y las 14:00 horas (5 horas), con tres picos de mayor actividad entre las 9:00 h y 10:00 horas (25%), 10:00 h y 11:00 horas (31.25%) y de 12:00 h y 13:00 horas (25%). En el periodo de lluvias las lagartijas se encontraron activas entre las 10:00 h y las 17 horas (7 horas) con dos picos de mayor actividad entre las 11:00 h y 12:00 horas (17.65%) y 13:00 h y 14:00 horas (26.47%). El análisis de Chi cuadrada que compara las horas de actividad entre los dos periodos mostró diferencias significativas ($X^2=18.195$, $gl=6$, $p=0.05$) entre lluvia y secas.

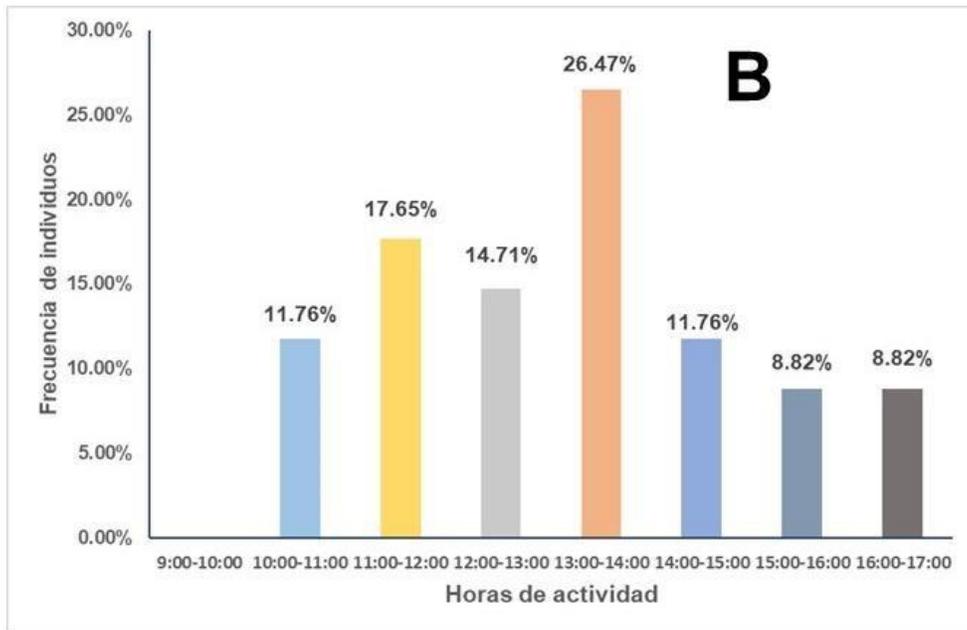
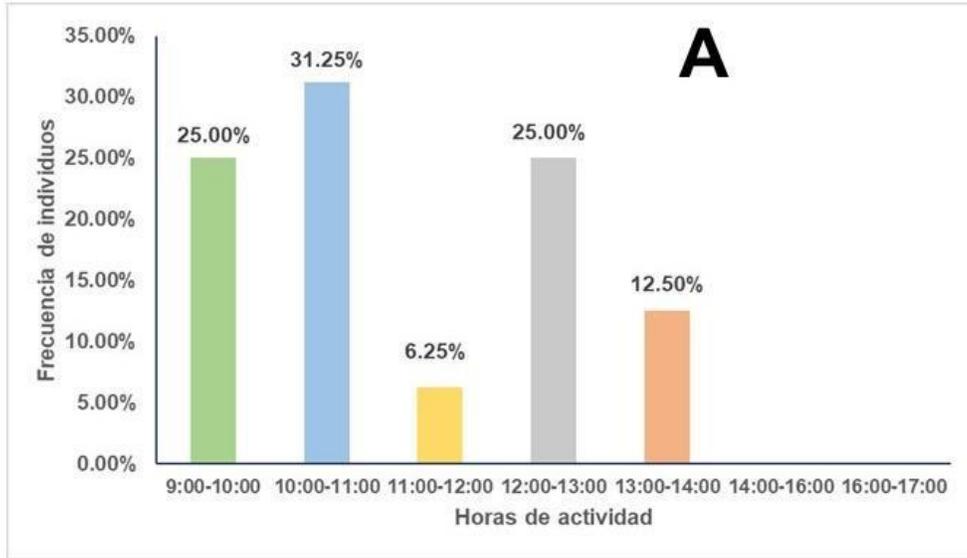


Fig. 8. Horas de actividad de lagartijas *Phrynosoma orbiculare* durante los periodos de secas **A** y lluvias **B**.

DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

En trabajos previos (Woolrich-Piña et al., 2012; Arias y Méndez de la Cruz, 2011; Urza y Méndez de la Cruz, 2008), sobre la termorregulación de *Phrynosoma orbiculare* se ha observado que ocurren pequeñas variaciones del orden de 3.43°C en la temperatura del cuerpo, y estas oscilan entre 29.11°C y 32.54°C. Si bien es cierto que no se han encontrado variaciones significativas, una explicación a esta variación puede ser atribuida a la variación en el efecto altitud. Los valores relativamente bajos (29.11°C y 29.14°C) observados en este trabajo corresponden a los lugares con mayor altitud que regularmente son los más fríos. Sin embargo, es necesario considerar que el efecto combinado de la estacionalidad (lluvias y secas) y el uso de distintos microhábitats en altas y bajas altitudes, también podrían tener efecto en la termorregulación y posiblemente no han sido evaluados bajo este tipo de interacciones.

En la mayoría de los trabajos conocidos sobre termorregulación (Woolrich-Piña et al., 2012), usualmente se ha tratado de buscar el efecto del tamaño del cuerpo y la biomasa sobre la temperatura y no se ha encontrado ningún efecto. Sin embargo, un aspecto importante que vale la pena resaltar en este trabajo, es que la temperatura dorsal sí tiene variación entre los sexos. Los machos tuvieron temperaturas dorsales más altas que las hembras y esto se podría explicar por la morfología circular-ovoidal de las lagartijas y por el uso de diferentes microhábitats.

Las lagartijas *Phrynosoma orbiculare* fueron vistas generalmente en áreas donde había pastizal y poco suelo visible, estos resultados coinciden con los datos

de otros autores (Scott-Newbold y MacMahon, 2014), quienes mencionan que las lagartijas *Phrynosoma* prefieren los hábitats de suelo visible, porque les permite escapar rápidamente de sus depredadores.

Aunque las temperaturas de cuerpo no tuvieron variación entre los distintos microhábitats, en este trabajo se observó variación en la temperatura dorsal entre los sexos y los microhábitats; lo cual revela en cierta medida el efecto de la morfología variante entre machos y hembras. Sugerimos en trabajos futuros, evaluar la variación de la morfología circular entre los sexos, desde un enfoque de variación en la superficie dorsal, en lugar de un análisis desde un enfoque lineal-tubular como ha ocurrido en casi todos los trabajos de termorregulación de lagartijas (Sinervo et. al., 2010; Lara-Reséndiz, 2017)

Como ocurre en la mayoría de las especies tigmotermas, en este trabajo la temperatura cloacal de *Phrynosoma orbiculare* se mostró correlacionada con la temperatura del sustrato, pero no con la del aire como ha sido observado en trabajos previos (Woolrich- Piña et al., 2012), esto se puede explicar porque en lugares de gran altitud el aire es más frío y en lugar de hacer ganar calor podría representar pérdidas por enfriamiento.

La población de *Phrynosoma orbiculare* de Tres Marías se mantuvo activa durante un periodo de 8:00 horas (9:00-17:00 h), una hora menos que el periodo observado en *Phrynosoma douglassi* (Christian, 1998) y esto se podría explicar por el efecto altitud, localidad y duración de la hibernación.

De acuerdo con Urza y Méndez de la Cruz (2008) los periodos de actividad de *P. orbiculare* fueron diferentes entre lluvias y secas, como fue observado en este trabajo. En análisis de la termorregulación entre lluvias y secas es un tema

relativamente nuevo que se sugiere sea analizado en otras poblaciones de *Phrynosoma* en otros ambientes.

Especies de alta montaña como *P. obiculare* son buenos modelos aún vivos para examinar la respuesta de las lagartijas frente al cambio climático.

LITERATURA CITADA

Arias, S. F., y Méndez de la Cruz, F. (2011). Termorregulación y comportamiento forrajero de *Phrynosoma orbiculare* en el Arenal, Nicolas Romero, Edo. de México. Tesis (Maestría). México, D.F. Universidad Autónoma de México, 44p.

Avery, R.A. (1979). Lizards - a study in thermoregulation. University Park Press, Baltimore, USA, 54p.

Bauwens, D. Hertz E., y Castilla A. (1996). Thermoregulation in lacertid lizard: the relative contributions of distinct behavioral mechanisms. *Ecology*, 77(6):1818-1830.

Brennan, T. C., y Holycros A. T. (2006). A field guide to Amphibians and Reptiles in Arizona. Arizona game and Fish Department, Phoenix, Arizona.

Bujes, C. S., y Verrastro, L. (2006). Thermal biology of *Liolaemus occipitalis* (Squamata, Tropicuridae) in the coastal sand dunes of Rio Grande do Sul, Brazil. *Brazilian Journal of Biology*, 66 (3): 945-954.

Castro-Franco, R., y Bustos-Zagal M. G. (2003). Lagartijas de Morelos, México: distribución, hábitat y conservación. *Acta zoológica mexicana*, (N.S.), (88), 123–142.

Christian, K. A. (1998). Thermoregulation by the short-horned lizard (*Phrynosoma douglassii*) at high elevation. *Journal of Thermal Biology*, 23:395-399.

Cowles, R.B., y Bogert, C.M. (1944). A preliminary study of the thermal requirements of desert reptiles. *Bulletin of the American Museum of Natural History*, 83: 263-296, altimore, USA.

Daza, E. P., Royman, M., y Gras, A. (2008). Termorregulación de lagartos en la formación de profesores de ciencias naturales y educación ambiental. *Ciencia y Tecnología (Bauru)*, 17:663-678.

Dewitt, C. B. (1967). Precision of thermoregulation and its relation to environmental factors in the Desert Iguana, *Dipsosaurus dorsalis*. *Physiol. Zool*, 40: 49-66.

Downes, S., y Shine, R. (1998). Heat, safety or solitude Using habitat selection experiments to identify a lizard's priorities. *Animal Behaviour*, 55: 1387-1396.

Dunham, A. E., Grant, W., y Overall, K. L. (1989). Interfaces between biophysical and physiological ecology and the population ecology of terrestrial vertebrate ectotherms. *Physiological Zoology*, 62: 335-355.

Dunham, A.E. (1993). Population responses to environmental change: physiologically structured models, operative environments, and population

dynamics. In: Biotic Interactions and Global Change, p. 95-119. Kareiva, P.M., Kingsolver, J.G., Huey, R.B., Eds, Sinauer Associates, Sunderland, MA.

FAO-UNESCO. (1970). Mapa mundial de suelos de México y América central. Place Fontenoy, Paris.

Flores-Villela, O., y García-Vázquez, U. (2014). Biodiversidad de reptiles en México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 85: 467-475.

García-Vázquez, U., y Mendizábal, N. (2014). Camaleones endémicos de México. *Herpetofilos*, Revista Mexicana especializada en anfibios, reptiles y artrópodos, 1:12-13.

Hare, K., Pledger, S., Thompson, M., Miller, J., y Daugherty, C. (2010). Nocturnal lizards from cool-temperatures. *Journal of Comparative Physiology B: Biochemical, Systemic, and Environments Physiology*, 180:1173-1181.

Heath, J. E. (1962). Temperature-indepent morning emergence in lizards of the genus *Phrynosoma*. *Science*, 138:891-892.

Heath, J. E. (1964). Head-body temperature differences in horned Lizards. *Physiological Zoology*, 37:273-279.

Herczeg, G., Gonda, A., Perälä, J., Saarikivi, J., Tuomola, A., y Merilä, J. (2007). Ontogenetic differences in the preferred body temperature of the European adder *Vipera berus*. *Herpetology. Journal.*,17:58-61.

Huey, R. B., y Slatkin, M. (1976). Cost and benefits of lizard thermoregulation. *The Quarterly Review of Biology*, 51:363-384.

Huey, R.B., y Pianka, E.R. (2007). Lizard thermal biology: do genders differ?. *The American Naturalist*, 170:473-478

Huey, R. B., Losos, J.B., y Moritz, C. (2010). Are lizards toast?. *Science*, 328:832-833.

Jones, L. L. C., y Lovich, R. E. (2009). *Lizards of the American Southwest: A Photographic Field Guide*. Tucson, Arizona, USA: Rio Nuevo Publishers.

Kearney, R. M. (2013). Activity restriction and the mechanistic basis for extinctions under climate warming. *Ecology Letters*, 16:1470-1479.

Lara Resendiz, R. (2017). Un análisis cuantitativo del estado del conocimiento de la ecofisiología térmica de reptiles en México. *Árido-Ciencia*, 1: 36-47.

Leaché, A., y McGuire, A. (2006). Phylogenetic relationships of horned lizards (*Phrynosoma*) based on nuclear and mitochondrial data: Evidence for a misleading mitochondrial gene tree. *Molecular phylogenetics and evolution*, 39:628-648

Lemos-Espinal, J.A., y Smith H. M. (2007). *Anfibios y reptiles del Estado de Chihuahua*. CONABIO. México, 613p.

Licht, P., Dawson, W.R., Shoemaker., V.H., y Main, A.R. (1966). Observations on the thermal relations of Western Australian lizards. *Copeia*, 1966 (1), 97–110.

Márquez, L., y Mayén, G. (2010). *Anfibios y reptiles del valle de Tehuacán Cuicatlán*. Puebla: Biodiversidad: Fundación para la Reserva de la Biosfera Cuicatlán: Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, 132p. (https://reptiledatabase.reptarium.cz/advanced_search?taxon=Phrynosomatidae&submit=Search).

Méndez de la Cruz, F.R., Hernández, O., y Rodríguez, F. (2003). *Phrynosoma orbiculare*. Elaboración de fichas de 5 especies de lacertilios: Proy-Nom-059-ecol2000. Departamento de Zoología, Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México. Bases de datos SNIB CONABIO. Proyecto W033, México.

Pianka, E., y Parker, W. (1975). Ecology of Horned Lizards: A Review with Special Reference to *Phrynosoma platyrhinos*. *Copeia*, 1: 141-162.

Pianka, E., y Vitt, L. (2003). Lizards: windows to the evolution of diversity. University of California Press. Berkeley, Los Angeles, London, Pp. 32-38.

Pianka, E., y William, S. P. (1975). Ecology of horned Lizards: A Review with special reference to *Phrynosoma platyrhinos*. *Copeia*, 1975:141-162.

Rzedowski, J. (1978). Vegetación de México. 1ra edición impresa, Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México, Pp. 504.

Scott-Newbold, T.A. (2005). Desert horned lizard (*Phrynosoma platyrhinos*) locomotor performance: the influence of cheatgrass (*Bromus tectorum*). *The Southwestern Naturalist*, 50:17-23.

Scott-Newbold, T.A., y MacMahon J.A. (2014) Determinants of habitat selection by desert horned lizards (*Phrynosoma platyrhinos*): the importance of abiotic factors associated with vegetation structure. *Journal of Herpetology*, 48(3), 2, pp. 306-316

Sears, M., y Angilletta, M. (2014). Costs and Benefits of Thermoregulation Revisited: Both the Heterogeneity and Spatial Structure of Temperature Drive Energetic Costs. *The American Naturalist*, 185:94-102.

SEMARNAT. (2010). Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010. México.

Sherbrooke, W.C. (2003). Introduction to Horned Lizards of North America. California Natural History Guides No. 64. Berkeley. University of California Press.

Sinervo, B., Méndez-de la Cruz, F.R., Miles, D.B., Heulin, B., Bastiaans, E., Villagrán-SantaCruz, M., Lara-Reséndiz, R., Martínez-Méndez, N., CalderónEspinosa, M.L., Meza-Lázaro, R.N., Gadsden, H., Ávila, L.J., Morando, M., De la Riva, I.J., Sepulveda, P.V., Rocha, C.F.D., Ibargüengoytía, N., Puntriano, C.A., Massot, M., Lepetz, V., Oksanen, T.A., Chapple, D.G., Bauer, A.M., Branch, W.R., Clobert, J., y Sites, J.W. (2010). Erosion of lizard diversity by climate change and altered thermal niches. *Science*, 328: 894-899.

Sinervo, B., Miles, D.B., Martínez-Méndez, N., Lara-Reséndiz, R. y Méndez-de la Cruz, F.R. (2011). Response to comment on “Erosion of lizard diversity by climate change and altered thermal niches”. *Science*, 332: 537.

Stearns, S. C. (1976). Life-history tactics: a review of the ideas. *Quarterly Review of Biology*, 51:3-47.

Stevenson, R. (1985). The relative importance of behavioral and physiological adjustments controlling body temperature in terrestrial ectotherms. *The American Naturalist*, 126:362-386

Urza, E., y Méndez de la Cruz, F. (2008). Termorregulación de la lagartija vivípara *Phrynosoma orbiculare* (Phrynosomatidae) en zonas de Alta Montaña. Tesis (Maestría) México, D.F. Universidad Autónoma de México, 36p.

Vitt, L. J. y Price, H. J. (1982). Ecological and evolutionary determinants of relative clutch mass in lizards, *Herpetological Journal*, 38: 237-255.

Whiting, M., Dixon, J.R. y Murray R. (1993). Spatial distribution of a population of Texas horned lizards (*Phrynosoma cornutum*: Phrynosomatidae) relative to habitat and Prey. *The Southwestern Naturalist*, 38(2), 150–154.

Woolrich-Piña, G. A., Smith, G. R., y Lemos- Espinal, J. A. (2012). Body temperatures of three species of *Phrynosoma* from Puebla, México. *Herpetology Notes* 5:361-364 and prey. *The Southwestern Naturalist*, 38:150-154.



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL
ESTADO DE MORELOS



FACULTAD
DE CIENCIAS
BIOLÓGICAS

FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS

Licenciatura en Biología, Programa Educativo de Calidad.

Cuernavaca, Mor., 23 de abril del 2024

DRA. DULCE MARÍA ARIAS ATAIDE
DIRECTORA GENERAL DE SERVICIOS ESCOLARES

P R E S E N T E.

Por este conducto, los catedráticos suscritos comunicamos a Usted, que hemos revisado el documento que presenta la Pasante de Biólogo: **C. ANNIE MICHELLE CARNALLA BENITEZ**, con el título del trabajo: **VARIACIÓN DE TEMPERATURA, USO DE HÁBITAT Y HORAS DE ACTIVIDAD EN *Phrynosoma orbiculare* EN EL ESTADO DE MORELOS**. En calidad de miembros de la comisión revisora, consideramos que el trabajo reúne los requisitos para optar por la Modalidad de Titulación por Tesis Profesional por Etapas como lo marca el artículo 26° del Reglamento de Titulación Profesional vigente de la Universidad Autónoma del Estado de Morelos.

Atentamente

Por una humanidad culta

JURADO REVISOR

FIRMA

PRESIDENTE: DR. RUBÉN CASTRO FRANCO

SECRETARIO: BIOL. YIRDAEL MUÑIZ CORONA

VOCAL: DRA. MARIA GUADALUPE BUSTOS ZAGAL

SUPLENTE: DRA. PATRICIA TRUJILLO JIMÉNEZ

SUPLENTE: BIOL. CARLOS ALBERTO MONTALBAN HUIDOBRO



Av. Universidad 1001 Col. Chamilpa, Cuernavaca Morelos, México, 62209, Unidad Biomédica,
Tel. (777) 329 7047, 329 7000, Ext. 3527 / titulaciones.biologia@uaem.mx

UAEM
RECTORÍA
2023-2029



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL
ESTADO DE MORELOS

Se expide el presente documento firmado electrónicamente de conformidad con el ACUERDO GENERAL PARA LA CONTINUIDAD DEL FUNCIONAMIENTO DE LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MORELOS DURANTE LA EMERGENCIA SANITARIA PROVOCADA POR EL VIRUS SARS-COV2 (COVID-19) emitido el 27 de abril del 2020.

El presente documento cuenta con la firma electrónica UAEM del funcionario universitario competente, amparada por un certificado vigente a la fecha de su elaboración y es válido de conformidad con los LINEAMIENTOS EN MATERIA DE FIRMA ELECTRÓNICA PARA LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE ESTADO DE MORELOS emitidos el 13 de noviembre del 2019 mediante circular No. 32.

Sello electrónico

YIRDAEL MUÑOZ CORONA | Fecha:2024-04-23 16:21:33 | FIRMANTE

bktBs8XNhoX3HctgAS6Z6azEqC70LvZtrrhWd3sZ9LDm5dIRs14KTb2zLcoGomxlnm6BqREUEUe6/Vsr82j4N+csllPhhQ/KcWS1rJamllFVdM2gq4vZBTmQK4redJKA9CPHqIQ2WqA5qzNg/03NjM3be5iC0ol2rtUQuC/rfYtp83rFbkWPl+o+GQ3Az5XSm48nLWNWL/qcx0QNlStcJThvT9bDlchNNbL6ZBowmhQPRumNrlxRGU6i2L8/NzipoCZwpcN7iX66QU4/jQCITwpHEpMfR71KCM869Lcj5hjVb1Z8FoHFqekWVeRaKZyvr4kV9uq0MQ1t6xLJBBg==

RUBEN CASTRO FRANCO | Fecha:2024-04-23 16:36:45 | FIRMANTE

CTAPbCQXufukR941GCLSCwlgHvkt4yZDuAn3U3DdS/3KwwzcG1KBE1fWrD899gX53Lm7N49wRBA5+K0l/7ABIQDcVS6j4UsaDM0rbERgsGcy+f8J5z3V8TjgjoEVNpew4cxNaCY1dcDR4U5tCWi0E1VA0JU9DqP4kqHkJsUPX9wqEqmNNh97D3DiKjYBtVv60A50AuQrPZBp4XX9Hk8IQKFIfKu3+PpJx4VUQMxQYZ+ApkzS8gy/N9thgQC0JmgCRNm1PNBdnercCfvSGWnvt3bakZYXa/dlFu/DJReWRDO+rx7iVPESCtG/1ciNLU6d/DmQaLMRRw5wNzbU1r9NQ==

CARLOS ALBERTO MONTALBAN HUIDOBRO | Fecha:2024-04-23 17:05:21 | FIRMANTE

weURY1Tgn0ernbABUNppwh7gtYTHvnYmid/qtEFZOyudOBqKXyZvVI32HrOnE1cbrFwFBBWV262G5d+eNZDy/+P2k/rtrJlRk43PbvsaNl/V9cmrv3uriSLauz+jPIEOi8cnNGo2A4aGCLcFwQG63j1JPSASpEDpJXg/VIB7IEoniAPLw9zJSDEDea3SllwUy3gFQnOxo6vO9J6CZsTBxtiV6PWbE9AKSHWOOOK4qu7CZ2L8NBcyPsXAS1FolvEgW3F8Lommjl43Ppqm nO79e3G6cfshFaBZpXeKOb7SEcUZ0Lb5JUBgLIhYh7oWjYSriisD0iLo4YL/f9dlHVwhg==

MARIA GUADALUPE BUSTOS ZAGAL | Fecha:2024-04-29 23:58:54 | FIRMANTE

ZLfhQ5N80hAZ5pf2dLL5ITIT3FxxIsUib7cW27cSW5wPvsiO9vwwMUxMn3f6qDyQ6nLIY8KZM3edLDwYBeBxNBiqZcflxj5Sf28Zu5QXS1P2/55rNhKlkyoRus/AUYO8qJwXp+yQ9AacxDdCK/eTlSt+Blu2pyhHJR57Kjxs2fW7oJiCdHYFue0FU/xtR1GsvWBNCdV0/aTiGW5ap5k9EmaFkH87a9tcVJU0ui/uWAG9EAg5OCV+n0+f6F33U3ulTEKk/WEKXvBp6aV7xhi2/4gSmSTD3gRy1KLtHLU9mNP/fZV1uPfmHJ7hp74pDoJgqQI10bVCKw+CI0kCZtHIOg==

Puede verificar la autenticidad del documento en la siguiente dirección electrónica o escaneando el código QR ingresando la siguiente clave:



AWECRLVgu

<https://efirma.uaem.mx/noRepudio/3EaToeExYLftkZtZCVin2nnInXpk8Ln>



UAEM
RECTORÍA
2023-2029