

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MORELOS



FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS

**ANÁLISIS DE LA TERMORREGULACIÓN EN EL SAPO DE CAÑA**  
***Rhinella marina* (AMPHIBIA: BUFONIDAE) EN EL PONIENTE DE**  
**MORELOS**

TESIS PROFESIONAL

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

**B I O L O G O**

**P R E S E N T A:**

**DIANA ISAMAR ALONSO CABRERA**

**DIRECTOR**

**DR. RUBÉN CASTRO FRANCO**

**CENTRO DE INVESTIGACIONES BIOLÓGICAS**

**CUERNAVACA, MORELOS**

**MARZO, 2023**

## ÍNDICE

### PÁGINAS

RESUMEN	1
INTRODUCCIÓN	2
ANTECEDENTES	3
POSICIÓN TAXONÓMICA DE LA ESPECIE	5
OBJETIVOS	8
HIPÓTESIS	8
MATERIAL Y MÉTODO	9
RESULTADOS	16
DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES	22
LITERATURA CITADA	24

## INDICE DE FIGURAS

Fig. 1. Individuo de <i>R. marina</i> observado en las orillas del cuerpo de agua de Michapa, Morelos	6
Figura 2. Localización del Municipio, Coatlán del río, Morelos	9
Fig. 3. Localización de la localidad Michapa, Coatlán del Río	10
Fig. 4. Climograma de la zona de estudio elaborado con datos de la estación de Apancingo, Coatlán del río.	11
Fig. 5. Cuerpo de agua de Michapa en Temporada de secas.	12
Fig. 6. Cuerpo de agua de Michapa, Temporada de lluvias	12
Fig. 7. Histograma que muestra la distribución normal de los datos de LHC de sapos <i>R. marina</i> .	14
Fig. 8. Diagrama de dispersión que muestra la correlación de la temperatura de cuerpo, aire y sustrato	18
Fig. 9. Diagrama de dispersión de la temperatura del cuerpo de <i>R. marina</i> y LCH	19
Fig. 10. Diagrama de dispersión de la temperatura del cuerpo de <i>R. marina</i> y peso.	20
Fig. 11. Dendrograma de similitud térmica entre 12 especies de anfibios de México	21

## INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Temperaturas en grados Celsius de machos, hembras, subadultos y crías de <i>R. marina</i>	17
--	----

## ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Datos generales de las otras especies analizadas en condiciones de campo.	29
--	----

## **AGRADECIMIENTOS**

Al Dr Rubén Castro Franco en primer lugar por haberme aceptado como tesista, gracias por todo el apoyo en campo y en el escrito, así como en los análisis estadísticos, gracias por la paciencia.

A la Dra Guadalupe Bustos Zagal por todo el apoyo en campo y escrito, así como las palabras para seguir adelante.

A los sinodales: DRA. Patricia Trujillo Jiménez, Biol.Yirrael Muñiz Corona, Biol.carlos Montalbán Huidobro

A mi familia, a mi papá Gregorio Alonso por todo el apoyo brindado en esta etapa, a mis hermanos Kenia y Gregorio.

Gracias por acompañarme al campo para la toma de datos que faltaban.

Al señor Claudio gracias por permitirme acampar en su negocio, para mayor seguridad.

## DEDICATORIA

*Dedico esta tesis a mi mama gloria cabrera que no pudo verla terminada  
pero desde el cielo me cuida  
y me da fuerzas para seguir adelante.*

## RESUMEN

*Rhinella marina* (Anura: Bufonidae) es una especie de sapo que fue introducida de Sudamérica, y se encuentra ampliamente distribuida en México. De acuerdo con la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN) actualmente tiene poblaciones estables y se encuentra en la categoría de preocupación menor. En este trabajo se hace una primera evaluación de la temperatura del cuerpo debido a que a la fecha no hay trabajos sobre esta especie. La temperatura promedio del cuerpo de todos los individuos capturados en este estudio, fue de 19.78°C (10.10°C-27.0°C,  $\pm 3.32$ ,  $n=183$ ), con un CV=16.8%. El ANDEVA entre los sexos y el estadio de desarrollo también mostró variación significativa ( $F=5.487$ ,  $p=0.00125$ ,  $gl=3$ ). Hay diferencias entre las temperaturas de cuerpo de las crías y las hembras ( $Tukey= 0.026768$ ). Las crías fueron las que tuvieron las temperaturas de cuerpo más altas (24.02°C). El promedio de temperatura de cuerpo en el periodo de lluvias fue de 21.23° C (D. E  $\pm 2.65$ ,  $n= 119$ , CV= 0.12 %) y en la temporada de secas de 17.08°C ( $\pm 2.72$ ,  $n= 64$ , CV= 0.15%).

## INTRODUCCIÓN

Si bien es cierto que la mayoría de los trabajos sobre termorregulación se han concentrado en el grupo de los reptiles, se conocen pocos estudios sobre la termorregulación en anfibios (Lara-Reséndiz y Luja, 2018).

Una causa posible es que los anfibios son organismos de hábitos crepusculares y nocturnos, y están asociados a cuerpos de agua; y lo más común es que se consideren como poiquiloterms, sin variaciones importantes en la temperatura del cuerpo. Sin embargo, los anfibios también dependen de varios mecanismos para regular su temperatura. Por ejemplo, la radiación solar también es utilizada por los anfibios, y por lo general no se exponen directamente al sol. En lugar de ello, buscan lugares sombreados y con humedad para ganar temperatura. Otra fuente de calor es la temperatura del agua, el suelo o la geometría misma del ambiente donde se encuentra su hábitat Vitt y Caldwell (2014). Factores climáticos como las temperaturas ambientales, el viento y la humedad circundante, también inciden sobre la temperatura del cuerpo.

En diversos trabajos publicados hace ya varios años, se ha considerado a la temperatura como el factor ambiental más crítico para los anuros porque están expuestos durante toda su vida, y principalmente durante la metamorfosis (Ballinger y McKinney, 1966; Smith y Berven, 1979; Manjarrez, 1994). Además, es bien sabido que la temperatura del ambiente influye en el desempeño locomotor, la tasa metabólica, el sistema inmune, el crecimiento, y la reproducción en ectotermos (Espinoza y Tracy, 1997; Salcedo, 2018).

Actualmente el aumento de la temperatura del planeta y su interacción con otros factores ha incrementado la tasa de declive en anfibios. Por ello el cambio climático es un elemento crucial para entender las nuevas amenazas a la que los anfibios se están enfrentando Reques (2020). Por lo que es importante realizar investigación sobre termorregulación en anfibios para conocer cómo las especies se están adaptando a estas nuevas variaciones de temperatura. Este trabajo está enfocado en realizar las primeras evaluaciones sobre la termorregulación de *Rhinella marina* (Anura: Bufonidae), una especie introducida a México que mantiene una población estable, y tiene como propósito obtener nuevos conocimientos para la biología de esta especie.

## **ANTECEDENTES**

En un estudio con *Bufo debilis* en un riachuelo cercano a Road Forks, Nuevo México (Seymour, 1972), se observó que la temperatura media de los sapos que se asoleaban llegó a 30.9° C, mientras que los sapos que estaban en el agua eran de 25.8° C, y los sapos de áreas sombreadas tan solo llegó a 19.5° C. En *Bufo boreas* de Santa Cruz California (Lillywhite *et al.*, 1973) se observó que los subadultos son diurnos y heliotermicos, y tienden a trepar a zonas con mucha vegetación para captar mayor cantidad de radiación solar. En condiciones de laboratorio los sapos con alimento en el estómago termorregulan bajo lámparas incandescentes (26°C-27°C), y cuando no hay alimento disponible abandonan la fuente de calor y asumen temperaturas corporales más bajas.

Carey (1978) observó que las temperaturas corporales de *B. boreas boreas* en laboratorio oscilan entre 25°C y 30°C, con una actividad diurna y nocturna. En contraste, *B. boreas halophilus* es principalmente nocturno y alcanza temperaturas entre 10°C y 25 °C.



Sinsch (1989 y 1991) encontró que el sustrato era la fuente principal de calor en *Bufo spinulosus* en condiciones de campo, y se observó un comportamiento heliotérmico y tigmotérmico. Malvín y Wood (1991) en un experimento de laboratorio con *Bufo marinus*, observaron que los sapos disminuyeron su temperatura corporal cuando se exponen a condiciones ambientales secas para evitar la pérdida de agua por evaporación. Sievert (1991) observó que *Bufo marinus* en condiciones de laboratorio seleccionó temperaturas de cuerpo más bajas durante la mitad del día, y *Bufo cognatus* durante la noche. Seebacher y Alford (2002). En la isla de Orfeo en Australia observó que *Bufo marinus* selecciona diferentes microhábitats para reducir la deshidratación y estrés térmico en el campo y su éxito en la colonización se debe a la versatilidad para utilizar diferentes microhábitats.

En el noreste de Chile a 4,300 m sapos juveniles de *Bufo spinulosus* tienen actividad diurna y son más activos en los días soleados que los nublados, con una temperatura de cuerpo máxima de 22.91 °C al mediodía (Lambrinos y Kleier 2003). En *Bufo arenarum* de San Juan, Argentina, se observó que la temperatura del cuerpo se correlaciona positivamente con la temperatura del ambiente (Sanabria *et al.*, 2003) por lo que se sugirió que esta especie podría ser termo conformista. Observaciones contrastantes en *Bufo arenarum* fueron observadas en 2005 (Sanabria *et al.* 2005), cuando se midió la temperatura de los sapos en tres ambientes (agua 18.9°C, suelo 19.4°C vegetación 18.4°C) lo cual pudo mostrar que los sapos pueden termorregular para mantener un intervalo térmico más adecuado.

Un análisis posterior del efecto de los periodos de lluvias y secas mostro que *B. arenarun* es una especie termorreguladora moderada en la estación húmeda y termo conformista en la estación seca (Sanabria *et al.*, 2011). En *Rhinella spinulosa* (Alveal, 2015)

se ha observado una tolerancia térmica que varía entre 0°C y 36°C por lo que fue considerada euritermica, y en condiciones de laboratorio puede desarrollar estrategias de timo y heliotérmica. Un estudio de tipo experimental en *Rhinella schneideri* con datalogger implantados en el cuerpo, mostro que los sapos son más activos en la noche y ajustan su temperatura al microhábitat que seleccionan. En invierno y otoño eran inactivos en el día y noche y entran en estivación (Noronha de souza *et al.*, 2015). Un estudio reciente en condiciones de campo en *Rhinella marina* de Oaxaca (González, 2018). mostró una temperatura corporal media de 19°C, para jóvenes y adultos. Todo lo anterior revela que el estudio de la termorregulación en anfibios de la familia Bufoniodae es un tema que ahora está en desarrollo y aun hacen falta trabajos en otras especies y localidades.

## **POSICIÓN TAXONÓMICA DE LA ESPECIE**

**Clase:** Amphibia

**Orden:** Anura

**Familia:** Bufonidae

**Género:** *Rhinella*

**Especie:** *marina*

**Descripción de especie.** *Rhinella marina* (Linnaeus,1758) pertenece a la Familia Bufonide ([https://animaldiversity.org/accounts/Rhinella\\_marina/](https://animaldiversity.org/accounts/Rhinella_marina/)). Es un sapo de tamaño grande, donde las hembras son más grandes que los machos en el estadio adulto. Los machos inmaduros tienen manchas irregulares de color marrón en la superficie dorsal al igual que las hembras, y cuando llegan al estadio adulto adquieren un color amarillo-marrón uniforme en todo el cuerpo. En los machos sexualmente activos, las verrugas dorsales desarrollan espículas

córneas. Las glándulas paratiroides son relativamente grandes y, a menudo, de forma triangular en apariencia hinchadas. Las crestas craneales están bien desarrolladas (Fig. 1; Easteal, 1986).



**Fig. 1.** Individuo de *R. marina* observado en las orillas del cuerpo de agua de Michapa, Morelos (Foto de Diana Alonso, 2021).

## **ASPECTOS GENERALES DE LA BIOLOGÍA DE *Rhinella marina***

**Reproducción.** La temporada de reproducción sucede a finales de la temporada de secas y principios de la época de lluvias. Los machos llevan a cabo vocalizaciones cerca de cuerpos de agua para atraer hembras y experimentan un amplexo inguinal (Zug y Zug, 1979; Mercado, 2017).

**Alimentación.** Su dieta es amplia se considera oportunista, pero principalmente consta de artrópodos (especialmente hormigas y termitas) y pequeños vertebrados y invertebrados como caracoles, lombrices etc. (Zug y Zug, 1979; Mercado, 2017)

**Distribución.** Se distribuye desde el extremo sur de Texas y sur de Sonora hasta el centro de Brasil (Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza **IUCN**) (Hernández, 2011).

**Hábitat.** Hábitat en los bosques tropicales caducifolios, vegetación ribereña, y pastizales. Se puede encontrar sobre el suelo, cerca de los cuerpos de agua bajo troncos, hojarasca y rocas (García y Ceballos, 1994; Hernández, 2011).

**Estado de conservación.** Según la lista de especies amenazadas de la UICN, *Rhinella marina* se encuentra en preocupación menor (LC). (Solís *et al.*, 2009)

## **OBJETIVOS**

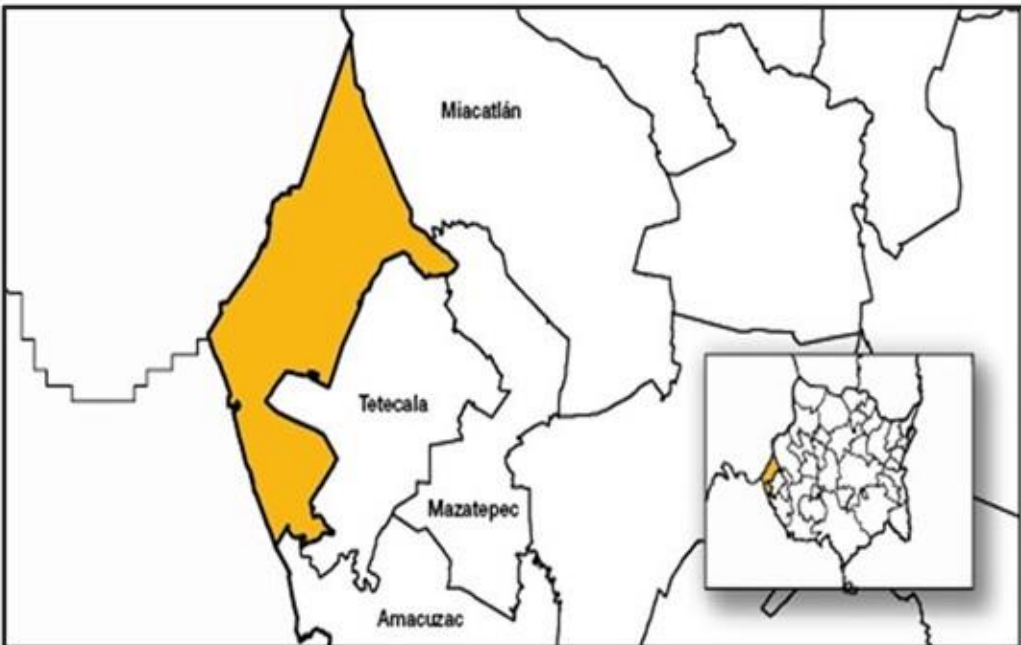
1. Estimar cuál es la variación de la temperatura del cuerpo de *Rhinella marina*.
2. Estimar el efecto de la temperatura del aire y sustrato sobre la temperatura del cuerpo de *Rhinella marina*.
3. Estimar si hay variación en la temperatura del cuerpo de *Rhinella marina* en función de la longitud hocico-cloaca y el peso.

## **HIPÓTESIS**

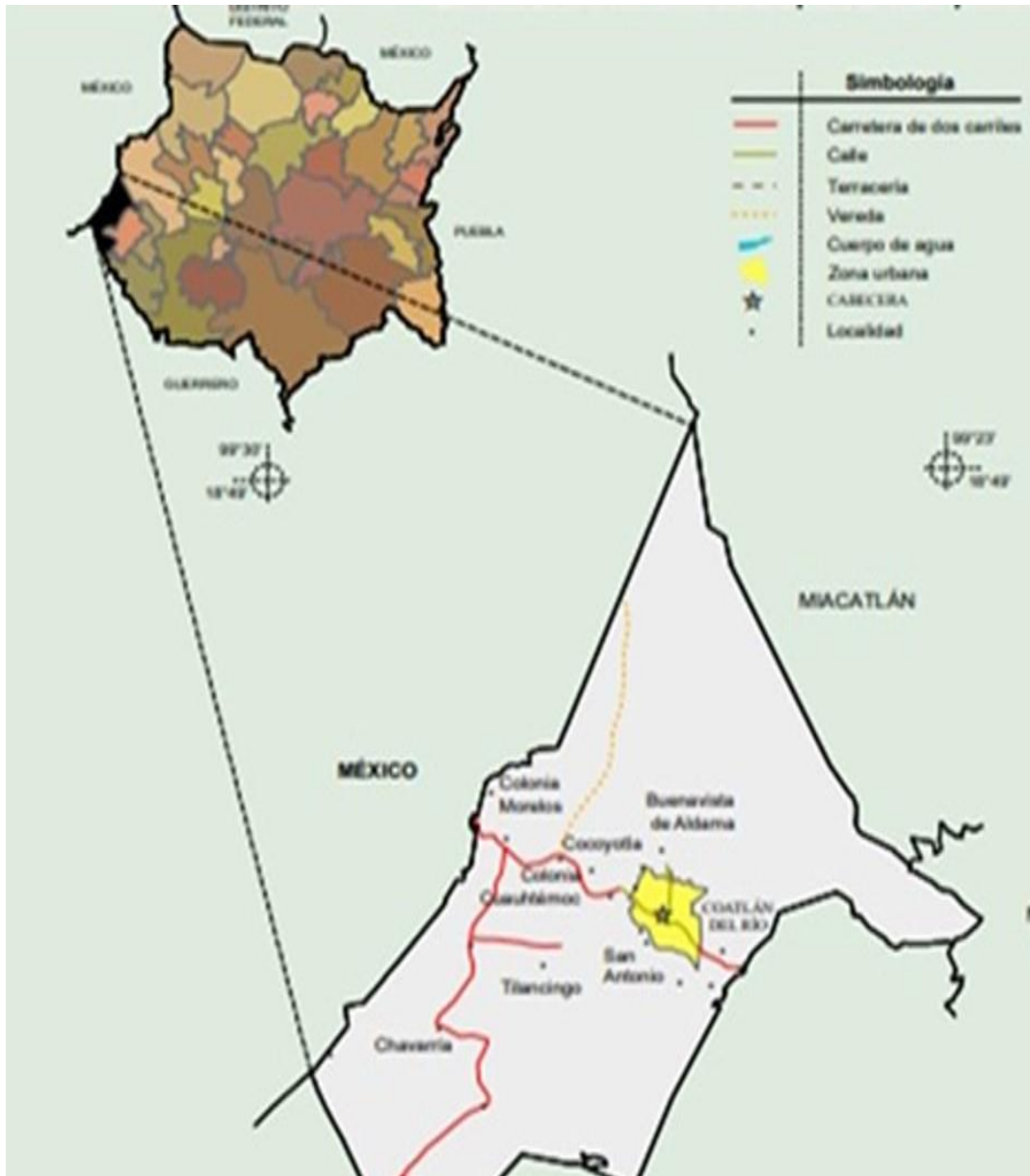
Las temperaturas del cuerpo de *Rhinella marina* varían en función del sexo y la edad, debido al tamaño y la biomasa de los individuos.

## MATERIAL Y MÉTODO

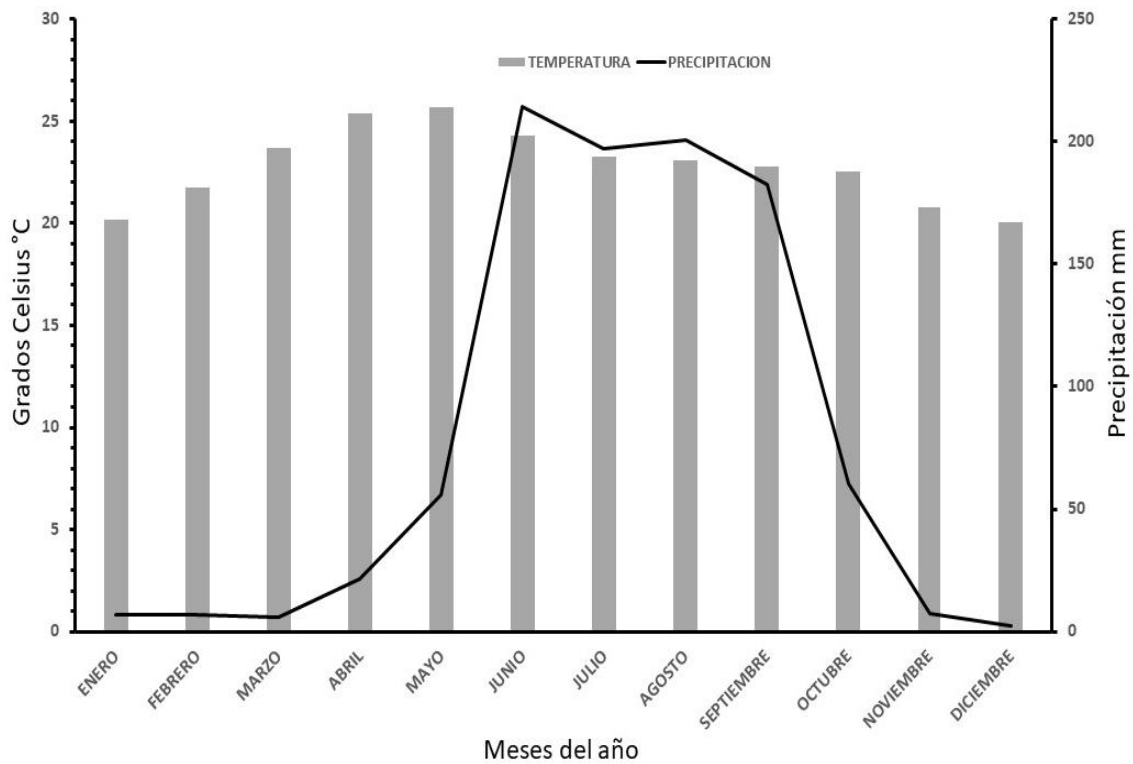
Área de estudio. Cuerpo de agua de Michapa ( $18^{\circ}42'14.2''$  N,  $99^{\circ} 28' 22.4''$ O) se localiza en el municipio de Coatlán del Río, en el Estado de Morelos La vegetación circundante al cuerpo de agua está conformada principalmente por vestigios de selva baja caducifolia y extensas áreas de cultivo de sorgo y maíz. La temperatura promedio anual es de  $22.82^{\circ}\text{C}$  ( $20.1^{\circ}\text{C}$ - $25.7^{\circ}\text{C}$ , D.E. 1.84) y la precipitación media anual es de 80.15 mm (2.3-21.4.4 mm, D.E.89.81 mm). <https://smn.conagua.gob.mx/es/informacion-climatologica-por-estado?estado=mor>



**Fig. 2.** Localización del Municipio, Coatlán del río, Morelos



**Fig.3.**Localización de la localidad Michapa, Coatlán del Río



**Fig. 4.** Climograma de la zona de estudio elaborado con datos de la estación de Apancingo, Coatlán del río. ( <https://smn.conagua.gob.mx/es/informacion-climatologica-por-estado?estado=mor>)





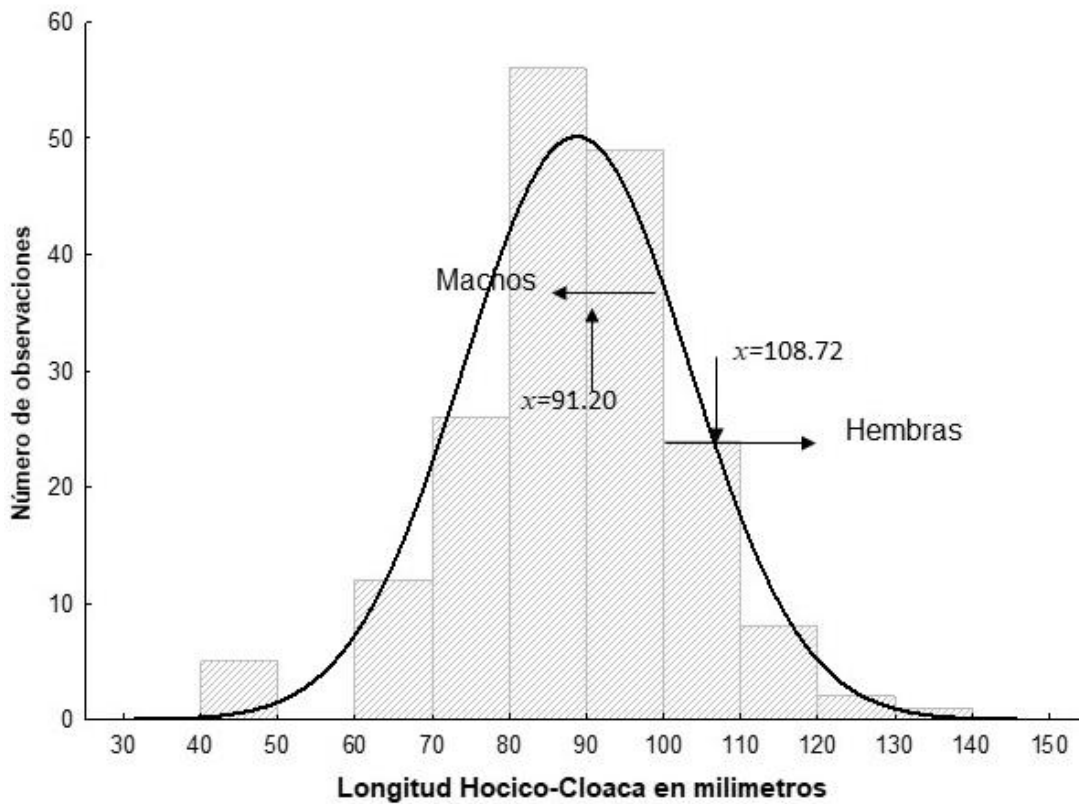
**Fig. 5.** Cuerpo de agua de Michapa en Temporada de secas. (Foto de Diana Alonso, abril 2022)



**Fig. 6.** Cuerpo de agua de Michapa, Temporada de lluvias. (Foto de Diana Alonso, octubre 2021)

**Obtención de datos.** Debido a la actividad nocturna de los anfibios, los muestreos se realizaron en la periferia del cuerpo de agua Michapa, Coatlán del Rio, por medio de salidas nocturnas en un horario entre las 20:00 h y las 24:00 h. una vez al mes entre los meses de septiembre, octubre y noviembre del 2021 y abril y mayo del 2022. La búsqueda de los organismos fue a través de encuentros visuales, y la captura fue realizada directamente con la mano. En cada captura, se registró la hora, la fecha, la temperatura del cuerpo ( $^{\circ}\text{C}$ ), Temperatura del aire ( $^{\circ}\text{C}$ ) y Temperatura del sustrato ( $^{\circ}\text{C}$ ) con ayuda de un termómetro infrarrojo, modelo 20250-04. Adicionalmente, se obtuvieron datos del peso corporal en g (con un a balanza granataria 0.1 g de precisión), y la longitud hocico-cloaca (LHC) con un vernier (0.1 mm de precisión).

**Análisis estadísticos.** Con los datos obtenidos se construyó una base de datos en Excel y después se transfirió a una hoja de cálculo de Statistica. Con este Software se hicieron análisis de varianza (ANDEVA) para estimar la variación en la temperatura de cuerpo debido al sexo y a las categorías de edad. Las categorías de edad fueron asignadas en función del tamaño de los individuos como ha sido utilizado en varias publicaciones desde 1986 (Easteal, 1986). La distribución normal de todos los datos de LHC, fue verificada con una prueba de normalidad de Kolmogórov-Smirnov. Esta prueba de normalidad se utiliza cuando el número de datos a procesar es mayor a 50. La hipótesis nula de esta prueba establece que si a un determinado valor de la prueba de Kolmogórov-Smirnov ( $D$ ), el valor de la  $p$  es mayor a 0.05 los datos tienen una distribución normal. En consecuencia, de ello, la prueba de normalidad de Kolmogórov-Smirnov reveló que los datos de LHC tienen una distribución normal ( $D = 0.0828$ ;  $p = 0.2000$ , Fig. 7). Utilizando esta curva y con los datos bibliográficos disponibles se pudo hacer una clasificación de las categorías de edad en función del tamaño.



**Fig. 7.** Histograma que muestra la distribución normal de los datos de LHC de sapos *R. marina*. Las barras indican la distribución de los datos y la línea negra la curva normal teórica de acuerdo con la prueba de Kolmogórov-Smirnov ( $D=0.0828$ ,  $p<0.2000$ ).

En *Rhinella marina* las hembras son las que tienen el cuerpo más grande, y pueden alcanzar longitudes de LHC de más de 225 mm, aunque la mayoría de los adultos oscilan entre 85 y 150 mm (Easteal, 1986). Las hembras observadas y medidas en campo, durante este trabajo tuvieron un tamaño promedio de 108.72 mm (100.30 -135.00  $\pm$  7.21,  $n=35$ ), los machos 91.20 mm (85.00-99.50 $\pm$ 3.91,  $n=82$ ), los subadultos 76.58 mm (62.90-84.90 $\pm$ 6.55,  $n=61$ ), y las crías 45.30 mm (40.90-49.60 $\pm$ 3.62,  $n=5$ ).

La variación en la temperatura del cuerpo de todos los individuos fue estimada con el coeficiente de variación ( $CV = \text{Desviación estándar} / \text{media} \times 100$ ), que produce valores en % (Zar, 1999). Si los valores del CV son altos ( $CV > 10.0\%$ ), revelan mucha variación en la temperatura y podrían indicar que la temperatura de cuerpo es maleable en función de la temperatura del aire/sustrato o de la biomasa (peso), de los organismos. Esta variación permitiría implementar ajustes térmicos del cuerpo frente a las temperaturas extremas. Por el contrario, si el CV tiene valores bajos ( $CV \leq 10.0\%$ ) significa que los individuos son termosensibles a la variación en las temperaturas del aire/sustrato y serían susceptibles a los cambios térmicos del ambiente.

La variación entre la temperatura de cuerpo entre los grupos de edad fue estimada con el Análisis de varianza una vía (ANDEVA), y como prueba *post hoc* entre los grupos se utilizó la prueba de Tukey. La prueba de Tukey es una prueba de comparaciones múltiples que permite comparar las medias de varios grupos, y se usa para validar las diferencias después del análisis de varianza. El efecto de la temperatura del aire y sustrato sobre la temperatura del cuerpo de *R. marina* fue estimado por medio de análisis de correlación lineal múltiple. En todos los análisis se utilizó un valor de significancia de  $p \leq 0.05$ . Para estimar si la temperatura de cuerpo de *R. marina* es similar a la observada en otras especies anfibios, se hizo la búsqueda de información en fuentes bibliográficas y se construyó una tabla (ver anexo). Con esos datos se construyó un clúster de similitud por el método del vecino más cercano, utilizando distancias euclidianas y como variables la longitud del cuerpo, temperatura de cuerpo, temperatura del sustrato y temperatura del aire de las 11 especies. El componente de la cercanía filogenética entre los grupos no fue considerado en este análisis.

## RESULTADOS

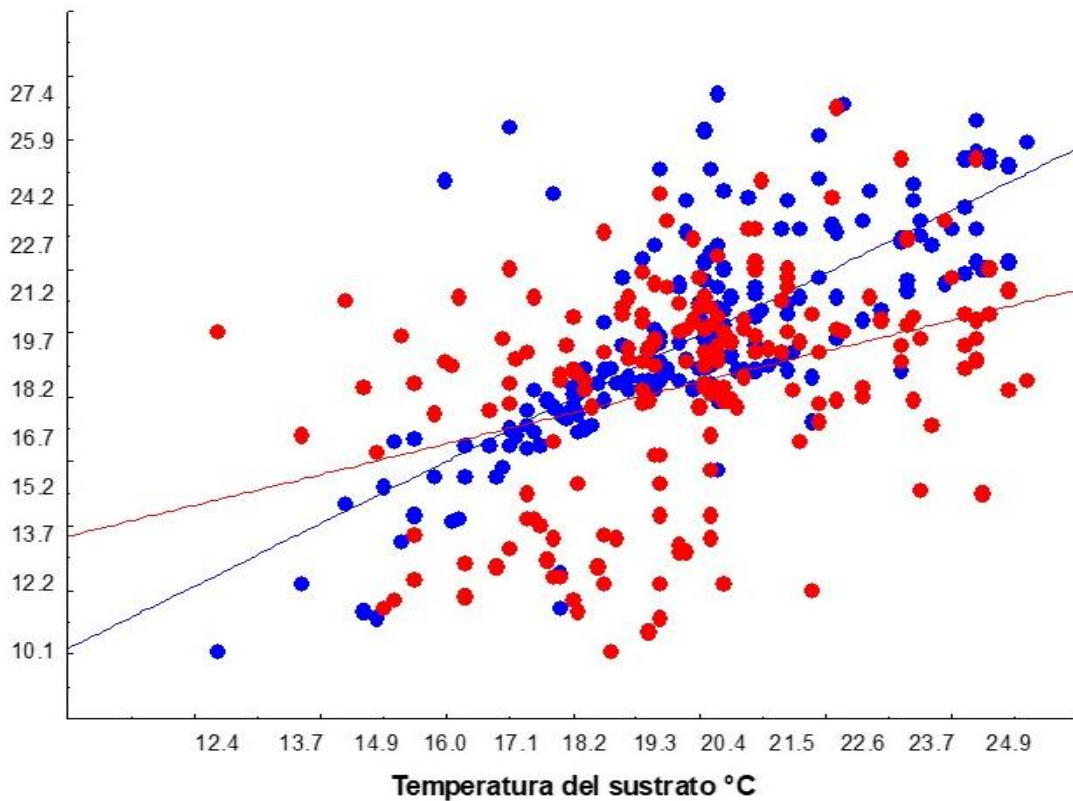
**Variación de la temperatura del cuerpo de *R. marina*.** La temperatura promedio del cuerpo de todos los individuos incluyendo sexo y edades fue 19.78°C (10.1-27.4 °C,  $\pm$  3.32,  $n=183$ ) y el CV=16.8%. El ANDEVA entre los sexos y el estadio de desarrollo también mostró variación significativa ( $F=5.487$ ,  $p=0.00125$ ,  $gl=3$ ). Hay diferencias entre las temperaturas de cuerpo de las crías y las hembras (Tukey= 0.026768) y entre machos y hembras ( $F=6.134$ ,  $p=0.014714$ ,  $gl=1$ ). Las crías tuvieron las temperaturas de cuerpo más altas (24.02°C) seguida por los subadultos (20.10°C). Esta variación se muestra en la tabla 1.

**Variación de la temperatura del cuerpo de *R. marina* entre lluvias y secas.** La temperatura promedio del cuerpo de todos los individuos incluyendo sexo y edades fue 19.78°C (10.1°C-27.4,  $\pm$  3.32,  $n=183$ ) y el CV=16.8%. Cuando se hizo el ANDEVA entre las temporadas se pueden observar variación significativa ( $F=100.03$ ,  $P=0.00$ ,  $gl=1$ ) entre lluvias y secas. El promedio en lluvias fue 21.23 C° ( $\pm$  2.65,  $n= 119$ , CV= 12% y en la temporada de secas 17.08 C° ( $\pm$  2.72,  $n= 64$ , CV= 15%).

**Tabla 1.** Temperaturas en grados Celsius de machos, hembras, subadultos y crías de *R. marina* observadas en los márgenes del cuerpo de agua de Michapa, Coatlán del Río, Morelos. Arriba el promedio, entre paréntesis el min-máx.,  $\pm$  desviación estándar, CV indica el coeficiente de variación.

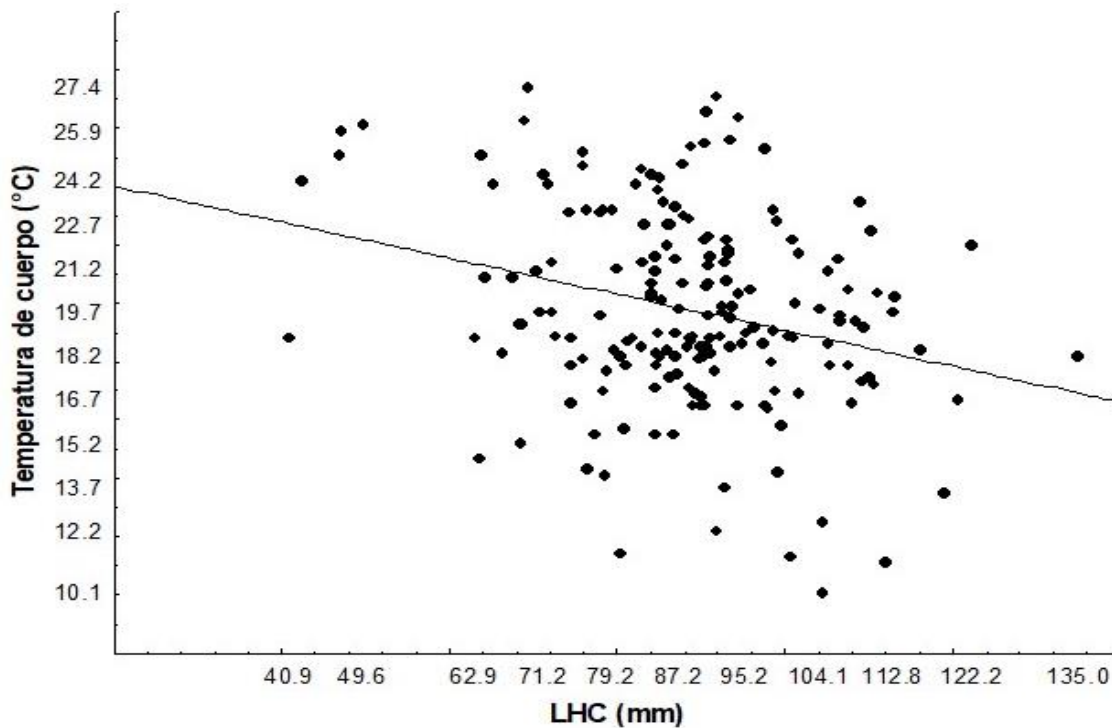
	MACHOS <i>n</i> = 82	HEMBRAS <i>n</i> = 35	SUB ADULTOS <i>n</i> = 61	CRÍAS <i>n</i> = 5
Temperatura de cuerpo °C	19.90 (12.20-27.10) $\pm 3.05$ CV=15.3%	18.34 (10.10-23.50) $\pm 3.27$ CV=17.8%	20.10 (11.40-27.40) $\pm 3.39$ CV=16.8%	24.02 (18.80-26.10) $\pm 3.01$ CV=12.5%
Temperatura del aire °C	18.36 (10.10- 25.40) $\pm 3.43$ CV=18.7%	17.36 (10.70-25.40) $\pm 3.55$ CV= 20.4%	18.92 (11.40-27.00) $\pm 3.01$ CV= 15.9%	20.26 (18.50-23.20) $\pm 1.77$ CV=8.7%
Temperatura del sustrato °C	20.03 (13.70-24.90) $\pm 2.53$ CV:12.6%	19.37 (12.40-24.50) $\pm 2.81$ CV=14.5%	19.75 (14.40-24.90) $\pm 2.30$ CV= 11.6%	21.90 (20.20-25.20) $\pm 1.95$ CV= 8.9%
LHC (mm)	91.20 (85.00-99.50) $\pm 3.91$ CV=4.2%	108.72 (100.30-135.00) $\pm 7.21$ CV=6.6%	76.58 (62.90-84.90) $\pm 6.55$ CV= 8.5%	45.30 (40.90-49.60) $\pm 3.62$ CV= 8.0%
Peso (g)	91.76 (60.00 -166.00) $\pm 18.0$ CV=19.6%	140.74 (97.00-200.00) $\pm 28.5$ CV=20.3%	53.80 (25.00-94.00) $\pm$ 16.5 CV= 30.7%	24.40 (12.00-59.00) $\pm 19.5$ CV=79.9%

**Efecto de la temperatura del aire y sustrato sobre temperatura del cuerpo.** El análisis de correlación lineal múltiple reveló que solo la temperatura del sustrato está correlacionada con la temperatura del cuerpo de los individuos ( $r=0.739$ ,  $F_{2,180}=108.82$ ,  $p=0.0000$ ). La temperatura del sustrato tiene efecto significativo ( $r^2= 0.5450$ ,  $F_{2,180}= 108.82$ ,  $p=0.000$ ,  $y=0.4346+0.9741X$ ) sobre la temperatura del cuerpo ( $r=0.738$ ) y no así la temperatura del aire ( $r^2= 0.1324$ ,  $r=0.3639$ ,  $p=0.0000$ ,  $y=8.8701+0.4804X$ ; Fig. 8).



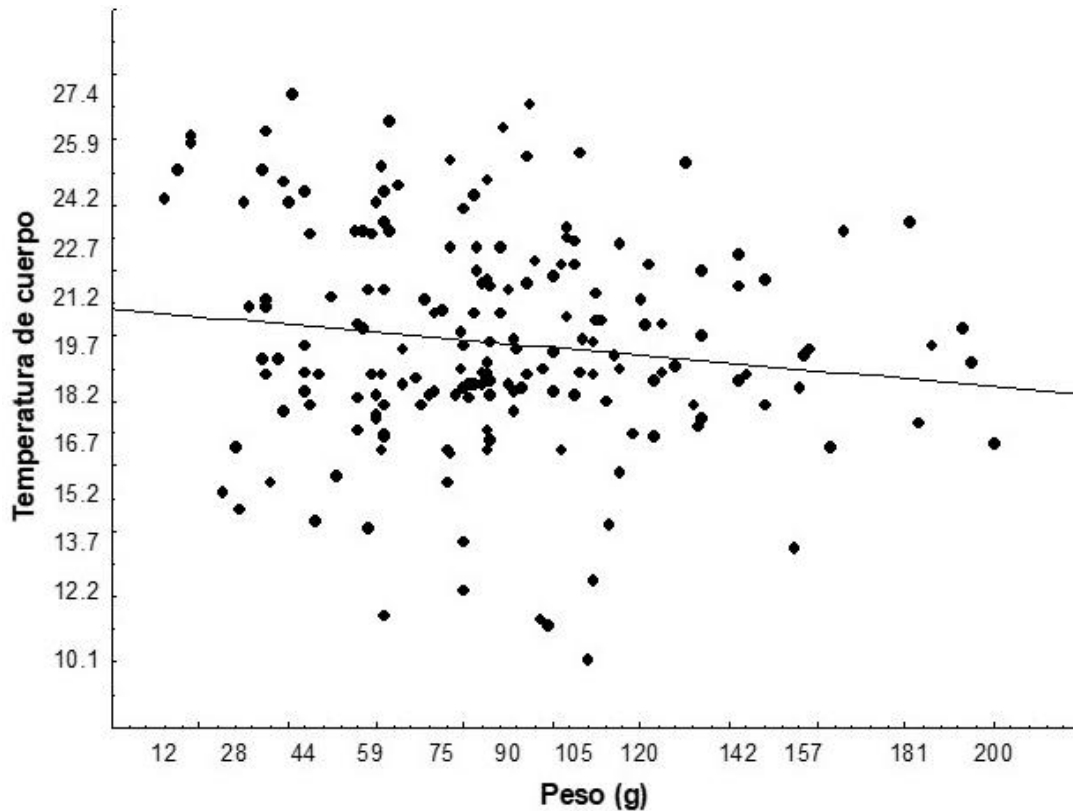
**Fig. 8.** Diagrama de dispersión que muestra la correlación de la temperatura de cuerpo, aire y sustrato. Los puntos rojos son temperatura del sustrato y puntos azules la temperatura del cuerpo

**Variación en la temperatura del cuerpo de *R. marina* en función de la Longitud Hocicloaca y el peso.** La temperatura del cuerpo de los sapos sí está correlacionada significativamente con la LHC ( $r=-0.2700$ ,  $F_{1,181}= 14.23460$ ,  $p=0.0002$ ), pero de manera negativa; es decir los individuos más grandes tienden a tener temperaturas más bajas que los individuos de menor tamaño. En lo que concierne a la temperatura del cuerpo de los sapos no estuvo correlacionada de manera significativa con el peso ( $r= 0.135$ ,  $F_{1,181}=3.379$ ,  $p=0.06764$ ; Figs. 9 y 10).



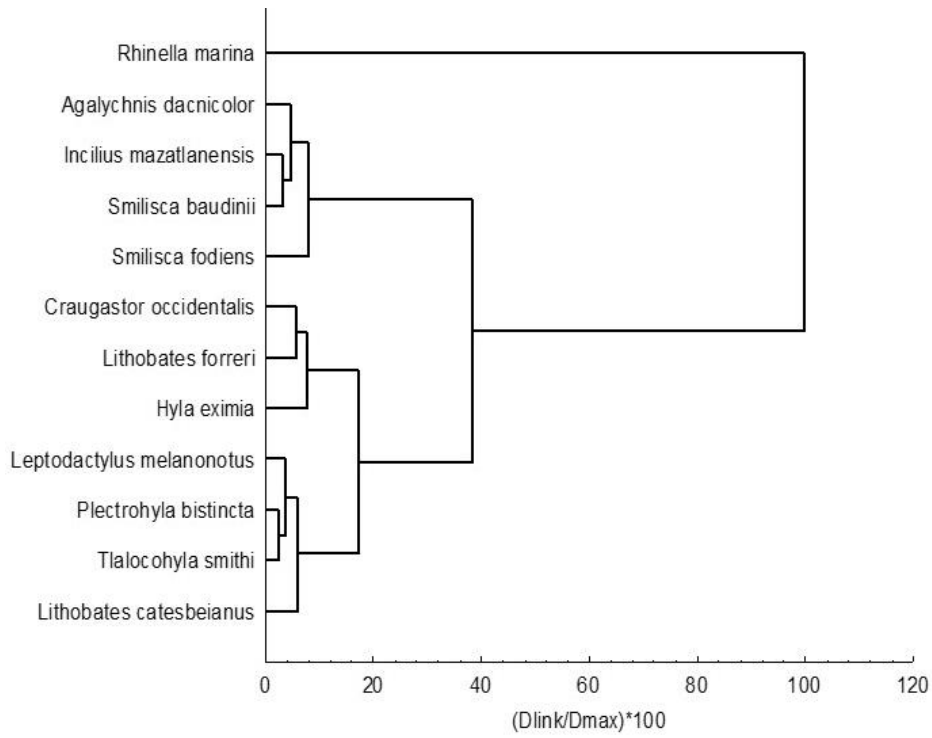
**Fig. 9.** Diagrama de dispersión de la temperatura del cuerpo de *R. marina* y LCH.





**Fig. 10.** Diagrama de dispersión de la temperatura del cuerpo de *R. marina* y peso.

**Comparación en la temperatura del cuerpo de *R. marina* con otras especies.** La temperatura de *R. marina* registrada en este estudio fue diferente a la temperatura registrada en las 11 especies consideradas en este estudio. (Lara-Reséndiz y Luja, 2018; Fig. 11)



**Fig.11.** Dendrograma de similitud térmica entre 12 especies de anfibios de México.

## DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

El tema termorregulación en anfibios es casi completamente desconocido, por la visión generalizada clásica de que los anfibios viven en lugares húmedos y fríos. Esto ha llevado a generar pocos estudios de termorregulación en la familia Bufonidae, y en particular del género *Rhinella*. La mayoría de ellos, se centran en Sudamérica, y muy pocos en México; no obstante, la amplia distribución de *R. marina* en México. Por lo que en este trabajo se hace una aportación de nuevos conocimientos sobre la termorregulación de *R. marina*.

La temperatura de cuerpo de *R. marina* observada en la población de Michapa (19.78°C, 10.1- 27.4°C,  $\pm$  3.32,  $n=183$ ) en un ambiente de ciénega tropical con marcada estacionalidad entre lluvias y secas, fue similar a la registrada en *R. arenarum* en el Desierto del Monte Argentina (18°C) (Sanabria *et al.*, 2011), y esto se explica porque ambos sitios tienen prácticamente las mismas condiciones del ambiente aun cuando están ubicados a diferente latitud. En este trabajo también se puede observar que existe variación significativa entre las temperaturas del cuerpo de crías y hembras de *R. marina*. Las crías tuvieron la temperatura promedio más altas (24.02°C) que las hembras (18.34 °C). Una variación similar entre las temperaturas de cuerpo entre crías y adultos también fue observada en *B. arenarum* (Sanabria *et al.*, 2003) donde los individuos de mayor tamaño fueron más fríos que los pequeños. Esto es congruente con el análisis de correlación lineal entre la temperatura de cuerpo y la LHC, donde se observó que los individuos más grandes tienden a tener temperaturas más bajas que los individuos pequeños. Una posible explicación es que los individuos de menor tamaño intercambian energía térmica con el ambiente de forma más rápida, lo que aumenta la deshidratación y consecuentemente provoca un ascenso de la

temperatura de cuerpo (Zug *et al.*, 2001; Sanabria *et al.*, 2003; Sinervo *et al.*, 2010; Alveal *et al.*, 2019)

Se observó variación significativa en la temperatura de cuerpo ( $F=100.03$ ,  $p=0.00$ ,  $g/1$ ) entre los periodos de lluvias ( $21.23\text{ C}^{\circ}\pm 2.65$ ,  $n= 119$ ,  $CV=0.12\%$ ) y secas ( $17.08\text{ C}^{\circ}\pm 2.72$ ,  $n= 64$ ,  $CV= 0.15\%$ ), de manera muy similar a lo observado por Sanabria *et al.*, (2011) quien observó una temperatura promedio de cuerpo de  $20.9^{\circ}\text{C}$  en lluvias y de  $15.7^{\circ}\text{C}$ , en secas. En ambos casos la mayor temperatura de cuerpo fue observada en el periodo de lluvias, lo que sugiere que *R. marina* y *R. arenarum* realizan termorregulación activa de tipo conductual como ocurre en lagartijas.

En lo que concierne al efecto de la temperatura del aire y sustrato sobre la temperatura de cuerpo de *R. marina* se observó que solo la temperatura del sustrato se correlaciona significativamente con la temperatura del cuerpo de los individuos. Un patrón de este tipo también fue observado en *B. spinulosus* donde la temperatura del sustrato y temperatura de cuerpo estaban estrechamente correlacionadas (Sinsch,1991). Durante la noche los sapos se mantuvieron activos en busca de presas, de la misma manera como fue observado en *R. marina*. Durante los recorridos de campo varios individuos se observaron cerca de hormigueros en busca de presas y otros permanecían en inactividad en contacto con el sustrato cerca de las orillas del cuerpo del agua. Se puede concluir que *R. marina* tiene una termorregulación de tipo tigmotermo. El calentamiento del cuerpo se realiza por conducción de calor desde superficies más caliente, lo cual se explica por el efecto significativo de la temperatura del sustrato. En este sentido, los hallazgos en este trabajo son congruentes con Huey (1982), quien estableció que la temperatura del sustrato tiene mayor participación en el

mantenimiento y la regulación de la temperatura de cuerpo en los anfibios que la temperatura del aire, como ya había sido observado por otros autores (Lara-Reséndiz y Luja, 2018).

A manera de conclusión se puede decir que la población estudiada de *R. marina* es termosensible a la variación de las temperaturas del aire/sustrato; lo cual se puede explicar por los valores relativamente altos de los coeficientes de variación. Esto indica que los individuos son susceptibles a los cambios térmicos del ambiente y tienen habilidad para termorregular la temperatura del cuerpo por medio de actividades de tipo conductual, pero hay límites hasta donde se pueden ajustar. Si se pierde la vegetación o se contamina el agua podría ser fatal para la sobrevivencia de esta especie. Se sugieren estudios encaminados a determinar el máximo térmico crítico y el mínimo térmico crítico para estimar la respuesta de esta especie frente al cambio climático.

## LITERATURA CITADA

- Alveal, N. F.** (2015) Relaciones entre la fisiología térmica y las Características bioclimáticas de *Rhinella spinulosa* (Anura: Bufonidae) en Chile a través del enlace mecanicista de nicho térmico. Tesis de Magíster en Ciencias con Mención en zoología, Universidad de Concepción. Chile, 71 pp.
- Alveal, N., Salinas, R., Diaz-Páez, H.** (2019) Relación entre la conducta térmica y el sexo de una población de *Pleurodema thaul* (Amphibia: Leiuperidae) provenientes de la comuna de Antuco, región del Biobío. *Gayana*, 83(2), 93-101.
- Ballinger, R. E., McKinney, C. O.** (1966) Developmental temperature tolerance of certain anuran species. *Experimental Zoology*, 161(1), 21-28.

- Carey, C.** (1978) Factors Affecting Body Temperatures of Toads. *Oecologia*, 35 (2), 197-219.
- Easteal, S.** (1986) *Bufo marinus*. Catalogue of American Amphibians and Reptiles. *American Society of Ichthyologists and Herpetologists*, 395.1-395.4.
- Espinoza, R. E., Tracy, C. R.** (1997) Thermal biology metabolism and hibernation In Biology, husbandry, and health care of reptiles. 1st ed. Edited by L. Ackerman. TFH Publications Inc., Neptune City, N.J.159–194.
- García, A., Ceballos, G.** (1994) *Guía de campo de los reptiles y anfibios de la costa de Jalisco, México*. Fundación Ecológica de Cuixmala, A.C. Instituto de Biología, UNAM. México, 184pp.
- González, O.** (2018) Efecto de la perturbación humana sobre la abundancia, uso de hábitat y funcionamiento fisiológico de *Rhinella marina* en Villa de Zaachila, Oaxaca. Tesis de Maestría en Ciencias. Centro Interdisciplinario para la Investigación y el Desarrollo Integral Regional Unidad Oaxaca, IPN. Mexico,79pp.
- Hernández, A. L.** (2011) Calidad del agua, supervivencia y reclutamiento de jóvenes de *Rhinella marina* (*Amphibia: Bufonidae*) en el Occidente de México. Tesis de Licenciatura, Facultad de Ciencias, UNAM. México, 76pp.
- Huey, R. B.** (1982) Temperature, physiology, and the ecology of reptiles. Gans & F. H. Pough (Eds.), *Biology of the Reptilia*, London, 12, 25–91.
- Lambrinos, J. G., Kleier, C. C.** (2003) Thermoregulation of juvenile Andean toads (*Bufo spinulosus*) at 4300 m. *Journal of Thermal Biology*, 28(1), 15-19.
- Lara-Resendiz, R. A., Luja, V. H.** (2018) Body temperatures of some amphibians from Nayarit, Mexico. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 89(2), 577-581.  
<https://doi.org/10.22201/ib.20078706e.2018.2.2122>

- Lillywhite, H. B., Licht, P., Chelgren, P.** (1973) The Role of Behavioral Thermoregulation in the Growth Energetics of the Toad, *Bufo boreas*. *Ecological Society of América*, 54(2), 375-383.
- Linnaeus, C.** (1758) *Systema naturae per regna tria naturae, secundum classes, ordines, genera, species, cum characteribus, differentiis, synonymis, locis*. Tomus I. Editio decima, Laurentii Salvii, Holmiæ. 824 pp.
- Malvin, G. M., Wood, S. C.** (1991) Behavioral Thermoregulation of the Toad, *Bufo marinus*: Effects of Air Humidity. *The journal of experimental zoology*, 258(3), 322-326.
- Manjarrez, J.** (1994) Limitación térmica de la actividad en algunos anuros y reptiles como una estrategia ecológica (una revisión). *CIENCIA ergo-sum*, 1(1), 78-81.
- Mercado, V. H.** (2017) Comunidades de helmintos de *Rhinella marina* (Anura: Bufonidae) de la presa Cerro de Oro y de Cerro Tepezcuintle, Oaxaca, México. Tesis de licenciatura, Facultad de ciencias, UNAM. México, 103pp.
- Noronha-de-Souza, C. R., Bovo, R. P., Gargaglioni, L. H., Andrade, D. V., Bicego, K. C.** (2015) Thermal biology of the toad *Rhinella schneideri* in a semi natural environment in southeastern Brazil. *Temperature*, 2(4), 554-562.
- Reques, R.** (2020) *Ecología estudio y conservación de los anfibios*. Tundra ediciones, 312 pp.
- Salcedo, C.** (2018) "Ecología térmica de *Lithobates Spectabilis* (Anura: Ranidae) en dos hábitats contrastantes (matorral xerófilo y bosque de pino) y su vulnerabilidad térmica ante el cambio climático". Tesis de maestría en biociencias, Instituto Politécnico Nacional. México, 168 pp.
- Sanabria, E. A., Quiroga, L. B., Acosta, J. C.** (2003) Relación entre la temperatura corporal de adultos de *Bufo arenarum* (Anura: Bufonidae) y variables ambientales en un humedal de San Juan, Argentina. *Multequina*, 12(2), 49-53.

- Sanabria, E. A., Quiroga, L. B., Acosta, J. C.** (2005) Termorregulación de adultos *Bufo arenarum* (Hensel,1867) (Anura: Bufonidae) en diferentes microhábitats de los humedales de Zonda, San Juan, Argentina. *Revista española de herpetología*, 19, 127-132.
- Sanabria, E. A., Quiroga, L. B., Martino, A. L.** (2011) Seasonal changes in the thermoregulatory strategies of *Rhinella arenarum* in the Monte desert, Argentina. *Journal of Thermal Biology*, 36(1), 23-28.
- Seebacher, F., Alford, R.A.** (2002) Shelter Microhabitats Determine Body Temperature and Dehydration Rates of a Terrestrial Amphibian (*Bufo marinus*). *Journal of Herpetology*, 36(1), 69-75.
- Seymour, R. S.** (1972) Behavioral Thermoregulation by Juvenile Green Toads, *Bufo debilis*. *American Society of Ichthyologists and Herpetologists (ASIH)*, 1972(3), 572- 575.
- Sievert, L. M.** (1991) Thermoregulatory behavior in the toads *bufo marinus* and *bufo cognatus*. *Journal of Thermal Biology*, 16(5), 309-312.
- Sinervo, B., Méndez-de la Cruz, F., Miles, D. B., Heulin, B., Bastiaans, E., Villagrán Santa Cruz, M., Lara-Reséndiz, R., Martínez-Méndez, N., Calderón-Espinosa, M. L., Meza-Lázaro, R. N., Gadsden, H., Avila, L. J., Morando, M., De la Riva, I. J., Victoriano-Sepulveda, P., Duarte-Rocha, C. F., Ibargüengoytía, N., Aguilar Puntriano, C., Massot, M., Lepetz, V., Oksanen, T. A., Chapple, D. G., Bauer, A. M., Branch, W. R. Clobert, J., Sites-Jr, J. W.** (2010) Erosion of Lizard Diversity by Climate Change and Altered Thermal Niches. *Science*, 328, 894-899.
- Sinsch, U.** (1989) Behavioural thermoregulation of the Andean toad (*Bufo spinulosus*) at high altitudes. *Oecologia*, 80, 338.



- Sinsch, U.** (1991) Análisis radio-telemétrico de la regulación térmica del sapo andino, *Bufo spinulosus*. *Boletín de Lima* 73, 65-73.
- Smith-Gill, S. J., Berven, K. A.** (1979) Predicting Amphibian Metamorphosis. *The American Naturalist* ,113(4), 563-585.
- Solís, F., Ibañez, R. Hammerson, G. Hedges, B. Diesmos, A. Matsui, M. Hero, J. M. Richards, S. Coloma, L. Ron, S. La marca, E. Hardy, J. Powell, R. Bolaños, F. Chaves, G. y Ponce, P.** (2009) *Rhinella marina*. The IUCN Red List of Threatened Species 2009, base de datos electrónicos. Accessed on 13 January 2022.  
<https://www.iucnredlist.org/>
- Vitt, L. J., Caldwell, J.P.** (2014) *Herpetology An Introductory Biology of Amphibians and Reptiles*. Fourth edition, Elsevier, USA. 757 pp.
- Zar, J. H.** 1999. *Bioestadística Análisis*. 4a. edit. Prentice Hall., 663 pp.
- Zug, G. R., Vitt, L. J., Caldwell, J.** (2001) *Herpetology. An Introductory Biology of Amphibians and Reptiles*. Academic Press. San Francisco, USA, 630pp.
- Zug, G. R., Zug, P. B.** (1979) The Marine Toad, *Bufo marinus*. A Natural History Resume of Native Populations. *Smithsonian Contributions to Zoology*, 284,1-58. DOI:  
<https://doi.org/10.5479/si.00810282.284>

### **Páginas web**

<https://smn.conagua.gob.mx/es/informacion-climatologica-por-estado?estado=mor>

[https://animaldiversity.org/accounts/Rhinella\\_marina/](https://animaldiversity.org/accounts/Rhinella_marina/)

. ( <https://smn.conagua.gob.mx/es/informacion-climatologica-por-estado?estado=mor>

<https://www.iucnredlist.org/>

## ANEXO 1.

Datos generales de las otras especies analizadas en condiciones de campo.

<b>Especies</b>	<b>Longitud de cuerpo (mm)</b>	<b>Temp Cuerpo (°C)</b>	<b>Temp sustrato (°C)</b>	<b>Temp aire(C°)</b>	<b>Fuente</b>
<i>Rhinella marina</i>	88.42	19.7	19.8	18.4	(Alonso,2022)
<i>Agalychnis dacnicolor</i>	49	21.7	21.1	25.8	(Lara-Reséndiz y Luja, 2018)
<i>Craugastor occidentalis</i>	29	20.5	20.6	20.7	Lara-Reséndiz y Luja, 2018)
<i>Hyla eximia</i>	21	22.8	22.9	22.5	Lara-Reséndiz y Luja, 2018)
<i>Incilius mazatlanensis</i>	51	24.4	25	25.7	Lara-Reséndiz y Luja, 2018)
<i>Leptodactylus melanonotus</i>	11	24.6	23.6	25.5	Lara-Reséndiz y Luja, 2018)
<i>Lithobates catesbeianus</i>	15	24.8	25	23.8	Lara-Reséndiz y Luja, 2018)
<i>Lithobates forreri</i>	28	23.9	24.1	24.6	Lara-Reséndiz y Luja, 2018)
<i>Plectrohyla bistincta</i>	10	22.5	22.5	22.8	Lara-Reséndiz y Luja, 2018)
<i>Smilisca baudinii</i>	53	23.4	22	26.1	Lara-Reséndiz y Luja, 2018)
<i>Smilisca fodiens</i>	44	22.7	22.8	26.8	Lara-Reséndiz y Luja, 2018)
<i>Tlalocohyla smithi</i>	11	21.3	21.2	25.1	Lara-Reséndiz y Luja, 2018)

Cuernavaca, Morelos a 16 de noviembre de 2022

**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: **DIANA ISAMAR ALONSO CABRERA**, con el título del trabajo: **Análisis de la termorregulación en el sapo de caña *Rhinella marina* (Amphibia:Bufonidae) en el poniente de Morelos.**

En calidad de miembros de la comisión revisora, consideramos que el trabajo reúne los requisitos para optar por la Modalidad de Titulación Profesional por Tesis como lo marca el artículo 6° del Reglamento de Titulación Profesional vigente de la Universidad Autónoma del Estado de Morelos.

**A T E N T A M E N T E**  
***Por una humanidad culta***

**JURADO REVISOR**

**FIRMA**

PRESIDENTE: DRA. MARÍA GUADALUPE BUSTOS ZAGAL

\_\_\_\_\_

SECRETARIO: BIÓL. YIRDAEL MUÑÍZ CORONA

\_\_\_\_\_

VOCAL: DR. RUBÉN CASTRO FRANCO

\_\_\_\_\_

SUPLENTE: DRA. PATRICIA TRUJILLO JIMÉNEZ

SUPLENTE: BIÓL. CARLOS ALBERTO MONTALBÁN

\_\_\_\_\_

HUIDOBRO

\_\_\_\_\_



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 MUÑIZ CORONA | Fecha:2022-11-29 10:08:09 | Firmante**

yPMLH+UYp77QB82NX3JtZpwpIW70WpPmrM+CDhzeg9YXS8F32C1jKobw0zulsNcfP/X/gpYJn3QMBAXyWNbs3jWOk5FBRVjpZ3qHAYWi8qCGfOCiuHQp0hePLx/HdreuLEkHv  
aWdlBM+eswXfBsG0zBZHcfOmKv1HryahgFdp+4FAeMa5l7wm4AO4qm0JOOQZAUlsoFt1QbNddtiWpCrkS1+rP7/ZS2rJL8dFy7iaHUB4cWAOgn5M2mriSRPpaJoUS9x2JeDfS  
T1ppAV+rMO9vLA8LOkksOU8XoVHVYZcRVANvdRcvs8/yyqWkBSiBQG/qI2RDDtK0ASTggTS6SfHw==

**PATRICIA TRUJILLO JIMENEZ | Fecha:2022-12-14 12:38:12 | Firmante**

pTT8KcNy1paqaNN9c2s30pSqNb17mig6o886cKnVisvSBQBY33yDfEawOBnbQ58E5kze6xii1VN+bgJV6wl5eivsCS4FOiNGAv7Uyxq+F6Rwd4N3jkXE5Wo+QI08/W+7eKvXFj/ZG  
XETXZloUPVPi5VbkHOB664cEiaCmCdsqSSlhv6oiXKbS6bvj130Y+h51ApybftHgrZ7z5jTvV8ld8FZTQGoMR9sCorLncNz0W+7YWqeYF2Jdyuawai0Wxpa30pEcBIRjliMaPlgnpm  
oV1GYyVxx/U8OtBBG1O+rGiBNXP4McmCC+LVAytyC150EK4kFHBdkj9JBLkTrhJtA==

**RUBEN CASTRO FRANCO | Fecha:2022-12-16 14:22:46 | Firmante**

YqhMmyJ+1k1yQLCJgfiTCbiRETFdomhIO841fi0OafUuCeif6XEVph9B401om/tgk0CjSjt1BT/0YEmej4vBcbG0eUpJv28Y20q+L9CtYysH1nxMCCLA3N0wS8LJ43VnKc9X0CgLRl8  
SV6sJVxvkjzenSQHQVjo4Hj8SLhCbKgvPVqO5koyA6zoLgllavSAqXg12iolMOW1VTz+IzLaolSLNstVmgW1X7SkZrWia/KQNN0QbClenHf9bxo7ST6hbjDPKrm/Ru5z4loZXNElh  
EjQRpBtEbnSivRahvnFJ8OcwW1J7AXr9jfY97o60kuK/lwdZJ8l3l2ZFowuewacng==

**MARIA GUADALUPE BUSTOS ZAGAL | Fecha:2023-01-27 02:41:46 | Firmante**

x+Ete/pSL9+URvdOZt1PSgov7ghyXj87bnXudKFEltidVawvcfiAd43oZE2uiQTr+kKoTxTpvda2egjtc1Qov1Tnsbf103tJvqcgwSrhYd4nzpQEJhI8WPIbf/qZ7sPBo5rw2tN8zu+pq120Z  
SNBeOhXn7IWIYiDNALcRmbaZ3eJHEKjqlVQaMgwbDuvRfUE509NEryd9yC4jmgxJqbdCRRGLnQcM+15G224BEqvs0i4yCYM4wjTUOfHeOKLY+L/ojS1/Y4ZlCi2oK94H5xmiAkC  
dl3Tqvzs9uBNfDU9Km22hmvBtdsISkpsOE6gU3E4caA0a8pd/DBBtejhVpW2A==

**CARLOS ALBERTO MONTALBAN HUIDOBRO | Fecha:2023-02-07 13:47:17 | Firmante**

jnjWWkkXBPhFrHDuxDjz8OJzXJFGynaBBSKs9DsC2Uk+ViITu50GuFuGftmk7YXvfx1DO6uLcwwCjnKLoXmMwXo3APXr6NsJMjnmHyLBFGZIS6DnRY/rw6GnrS2mVQTSSft  
b10iistYuLLGtwLXRuqpv25e82MEYyzR56hFPosnZwM8oTii/MlzyUDCKEKUpH+gXGLJetk7vPtq4GAScQCPiOEspVknorVdk207Gtwhy7k8zBTiL47RtdifgtgFMm5uGVzprcAb  
PDiHXrgLaHOIFGEIOpCngp/uGLMR36QyKgo+bjWktuLF0ESzMBVlu29/W15lhkg6bW12CQ==

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



ZfdR8oq0p

<https://efirma.uaem.mx/noRepudio/k0BpxW9CGK6DLvyfSn3b3EvipuijBMep>

