



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

---

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES IZTACALA

**Termorregulación y uso del  
microhábitat en serpientes de Bosque  
templado.**

**Tesis**

Que para obtener el título de

**Biólogo**

Presenta

**Rafael Hernández Flores**

Directora de tesis

**Dra. Sandra Fabiola Arias Balderas**



Los Reyes Ixtacala, Estado de México, 2022



Universidad Nacional  
Autónoma de México



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

## **DEDICATORIA**

Este trabajo está dedicado a todas las personas que han promovido el conocimiento en su respectiva disciplina, incluyendo aquellas que ajenas a la realización del estudio ofrecieron facilidades en su proceso. Particularmente, dedico mi trabajo a los autores de las obras que permitieron su redacción, a los académicos que formaron parte de mi educación, a los vínculos sociales que compartieron conmigo este proyecto, así como a los inexistentes investigadores futuros que podrían apreciar los esfuerzos realizados para este escrito.

A mis padres Rafael Francisco Hernández Beristáin y Laura Flores Zúñiga.

“En las demás tareas de la vida sólo después de terminadas les llega el fruto, pero en la búsqueda de la verdad corren a la par el deleite y la comprensión, pues no viene el gozo después del aprendizaje sino que se da el aprendizaje a la vez que el gozo”.

– Epicuro de Samos. Sentencias Vaticanas 24.

## **AGRADECIMIENTOS**

A la Universidad Nacional Autónoma de México y la Facultad de Estudios Superiores Iztacala, por formar parte sustancial de mi vida incluso antes de pertenecer a dichas instituciones.

A la Dra. Sandra Fabiola Arias Balderas por las tutorías que permitieron la realización del trabajo, así como por los esfuerzos realizados en las condiciones ambientales desfavorables y proporcionar la mayoría de los datos utilizados en este estudio.

A mis compañeros y amigos, David Huerta Estrada y Rodrigo Martínez Pacheco porque “De todos los medios de los que se arma la sabiduría para alcanzar la dicha en la vida el más importante con mucho es el tesoro de la amistad”.

A los investigadores anónimos por los cuales pude realizar mi investigación.

A los profesores que influyeron en mi formación académica, pero especialmente a los involucrados en mi formación personal.

A mis compañeros de biología por compartir conmigo tantas cosas, son más importantes para mí de lo que nunca llegue a expresar.

A todas mis amistades a lo largo de mi vida por brindarme la confianza de tener su ayuda.

## ÍNDICE

1. RESUMEN .....	6
2. INTRODUCCIÓN.....	7
3. ANTECEDENTES.....	11
4. JUSTIFICACIÓN.....	14
5. OBJETIVOS.....	16
6. ÁREA DE ESTUDIO .....	17
6.1 Bosque templado .....	17
6.2 Dantzibojay, Tagui y Vitejhé, Huichapan, Hidalgo .....	17
6.3 Huixquilucan, Estado de México.....	18
6.4 Jilotepec, Estado de México .....	19
6.5 La joya, Acajete, Veracruz de Ignacio de la Llave .....	19
7. DESCRIPCIÓN DE SUBFAMILIAS.....	20
7.1 Subfamilia Colubrinae .....	20
7.2 Subfamilia Dipsadinae.....	20
7.3 Subfamilia Natricinae.....	21
7.4 Subfamilia Crotalinae .....	22
8. METODOLOGÍA.....	23
8.1 Datos de campo .....	23
8.2 Datos bibliográficos .....	24
8.3 Análisis estadístico.....	24
9. RESULTADOS .....	25
9.1 Periodo de actividad y uso de microhábitat .....	25
9.2 Datos bibliográficos .....	27
9.3 Subfamilia Colubrinae .....	28
9.4 Subfamilia Dipsadinae.....	29
9.5 Subfamilia Natricinae.....	30
9.6 Subfamilia Crotalinae .....	31

10. DISCUSIÓN.....	32
10.1 Periodo de actividad y uso de microhábitat .....	33
10.2 Serpientes fosoriales .....	35
10.3 Subfamilia Colubrinae .....	36
10.4 Subfamilia Dipsadinae .....	37
10.5 Subfamilia Natricinae.....	38
10.6 Subfamilia Crotalinae .....	39
11. CONCLUSIONES .....	41
12. LITERATURA CITADA.....	42
13. ANEXO 1 .....	51
14. ANEXO 2 .....	55

## 1. RESUMEN

Los organismos ectotérmicos tienen diferentes estrategias de termorregulación, según el mecanismo de transferencia de calor, se pueden clasificar como tigmotérmicos (Conducción) y heliotérmicos (Convección). En el presente trabajo se estudió el comportamiento termorregulador y uso del microhábitat de las serpientes que habitan Bosque templado. Se registraron los datos de temperatura corporal ( $T_C$ ), sustrato ( $T_S$ ) y aire ( $T_A$ ) en las serpientes del área de estudio. Igualmente, se realizó una investigación sobre las especies que tenían registros térmicos en la literatura. Considerando un total de 156 organismos pertenecientes a cuatro subfamilias, Colubrinae, Dipsadinae, Natricinae y Crotalinae; realizando un estudio correlativo a partir de cada subfamilia. Las serpientes promediaron una temperatura corporal  $24.41 \pm 4.05$  °C, temperatura del aire  $21.61 \pm 5.01$  °C y temperatura del sustrato  $23.72 \pm 4.85$  °C. Se registró un horario de actividad entre las 10:00 y 19:00 horas, con una mayor actividad a las 13:00, 15:00 y 17:00 horas. En el uso de microhábitat, se observó un mayor porcentaje de observación en las categorías “Sobre hierba” y “Bajo roca”. Las subfamilias Dipsadinae, Natricinae y Crotalinae son las únicas que presentan un comportamiento de termorregulación activa entre  $T_C$  y  $T_A$ , el resto muestran un comportamiento termoconformista. Mientras que todas las subfamilias de serpientes en Bosque templado presentan una tendencia termorreguladora tigmotérmica.

**Palabras clave:** Termorregulación; Microhábitat; Serpientes; Bosque templado; Temperatura corporal; Temperatura del aire; Temperatura del sustrato.

## 2. INTRODUCCIÓN

La mayoría de las especies de reptiles se distribuyen en regiones tropicales y subtropicales, disminuyendo su presencia al acercarse a las zonas polares, al igual que disminuyen con el aumento de la altitud. Los reptiles forman un grupo parafilético, aunque se diferencian los grandes grupos de reptiles, las tortugas y serpientes suelen ocupar regiones húmedas y los lagartos regiones áridas, llegando a utilizar una gran variedad de hábitats como el terrestre, arborícola, fosorial, acuático, semiacuático e incluso pueden habitar ambientes marinos (Vitt y Caldwell, 2014).

Las serpientes son el segundo grupo más abundante de reptiles, se encuentran en todos los continentes exceptuando la Antártida, Islandia y Groenlandia, incluso se presentan en algunas de las islas continentales y oceánicas, contando con un total de 3,956 especies (Uetz *et al.*, 2021). Las serpientes ofrecen servicios ecológicos, biológicos, económicos, y culturales que benefician nuestra calidad de vida, sin embargo, en la actualidad la mayoría de la población repudia a estos organismos por su desconocimiento y el peligro que llegan a representar (Martínez y López, 2019).

Se estima que en México existen 995 especies de reptiles, siendo el segundo lugar en diversidad a nivel mundial, representando casi un diez por ciento de los reptiles del mundo, teniendo una mayor presencia en los estados de Oaxaca, Chiapas y Veracruz. Las serpientes que se distribuyen en México incluyen 443 especies, siendo la subfamilia con mayor riqueza de especies Colubrinae (15%), por otra parte las subfamilias de serpientes que tienen el mayor porcentaje de endemismos son Natricinae (66.6%) y Dipsadinae (62.5%) (Flores-Villela y García-Vázquez, 2014; Uetz *et al.*, 2021).

La clasificación de las serpientes históricamente ha estado en análisis constante sobre las relaciones que mantienen los organismos, la redefinición e inclusión de organismos, hacen



difícil para los investigadores incluir a todos los representantes apropiados de los grupos (Vitt y Caldwell, 2014). El estudio a gran escala de filogenia molecular de Zaher *et al.*, (2019) permitió reclasificar algunas familias del clado Caenophidia, particularmente para este estudio es importante destacar, la incorporación de Dipsadinae y Natricinae como subfamilias dentro de la familia Colubridae, así como la clasificación de la familia Viperidae que incluye las subfamilias Crotalinae y Viperinae.

Uno de los temas más estudiados de la ecología es el reparto en el uso de recursos entre los grupos de especies simpátricas, analizar las interacciones de las especies permite conocer el traslape del nicho y la especialización en diversos recursos en tres categorías dimensionales: el hábitat, el alimento y el tiempo. Entre las especies de reptiles el reparto de los diferentes recursos difiere intra e interespecíficamente, aunque en su mayoría el hábitat es la primera dimensión dividida, esto dependerá de la complejidad estructural de la vegetación y de las especies presentes en la zona. Particularmente, la dimensión del hábitat puede subdividirse en macrohábitat y microhábitat (Santoyo-Brito y Lemos-Espinal, 2010).

El uso de distintos tipos de microhábitats permite regular la temperatura del cuerpo, dependiente de su habilidad para buscar fuentes de calor, permitiendo mantener su temperatura corporal en un intervalo óptimo. Las condiciones térmicas varían entre los distintos microhábitats, por lo que según las condiciones de los organismos podrían aprovechar los posibles microhábitats, influenciado por la competencia, condicionando sus períodos de actividad y el uso de los distintos microhábitats variando a lo largo del día y entre las temporadas del año (Bustos *et al.*, 2013).

La riqueza de especies y la distribución espacio-temporal, dependen de las necesidades ambientales de los organismos, así como su capacidad para obtener los recursos necesarios y las condiciones presentes en el ambiente en el que se desarrollan. Los tipos de vegetación de mayor diversidad que además registran una alta riqueza de herpetofauna

endémica incluyen al bosque mesófilo de montaña y los bosques templados, principalmente en bosques de pino y los bosques mixtos de pino-encino (Mayer-Goyenechea y Gual-Díaz, 2014).

Los bosques son importantes recursos biológicos en los que la alteración en su composición desencadena múltiples modificaciones en los factores que la componen, la degradación del hábitat y la deforestación cambiarían la composición faunística (Illescas-Aparicio *et al.*, 2016). La riqueza de reptiles en bosque mesófilo de montaña y de coníferas se ha reportado alta debido al grado de perturbación del ambiente permitiendo disponibilidad de microhábitats, observando patrones similares en zonas de ambientes templados. En este sentido, las especies generalistas logran invadir refugios que se encuentran en las vegetaciones afectadas (Cruz-Elizalde y Ramírez-Bautista, 2012).

Las variables bióticas y abióticas del hábitat permiten albergar un número considerable de especies, además de la influencia de los factores biogeográficos y ecológicos, las características de los organismos permiten tener una respuesta biológica al ambiente, como la capacidad de colonización o la tolerancia a las temperaturas. Los organismos ectotérmicos se ven afectados principalmente por su dependencia térmica al ambiente; esta variación en la temperatura puede afectar diversos rasgos como la reproducción, la morfología, la conducta y la distribución, por lo que la calidad térmica del ambiente afectará en mayor o menor medida a los organismos, según la regulación de la temperatura corporal. (Lara-Reséndiz *et al.*, 2014).

La temperatura corporal depende de la variación en la temperatura ambiental, así como de la capacidad regulatoria de los organismos, incluyendo características morfofisiológicas y conductuales. La relación costo-beneficio será lo que caracterice a las diferentes estrategias de termorregulación, lo que determina su supervivencia, por lo que sus sensibilidades fisiológicas pueden volverlos vulnerables a alteraciones en la temperatura,

según sus tolerancias térmicas, la temperatura del hábitat y el desempeño fisio-ecológico (Lara-Reséndiz, 2020).

Las estrategias de termorregulación permiten mantener una temperatura corporal en un intervalo térmico óptimo, las acciones termorreguladoras suponen costes asociados, por lo que debe existir un equilibrio entre la temperatura fisiológicamente óptima y la temperatura ecológicamente óptima para la supervivencia del organismo. Los organismos se pueden clasificar, según sus estrategias de termorregulación en termorreguladores activos y termoconformistas (termorreguladores pasivos), los organismos con termorregulación activa muestran tendencias hacia un mecanismo de transferencia de calor, la tigmotermia, ganancia calorífica por contacto con el sustrato (conducción) y la heliotermia, ganancia calorífica por radiación solar (convección) (Huey y Slatkin, 1976).

### 3. ANTECEDENTES

Los estudios sobre ecología térmica han sido de gran importancia para el entendimiento de los organismos ectotérmicos, alrededor de la década de los años 1940, se describieron aspectos de la termorregulación en reptiles y su relación con la ecología, fisiología, comportamiento y evolución de los organismos. Entre los autores destacados que planteaban la temperatura como un factor clave en los reptiles, se encuentra Bogert (1939, 1949) abordando los métodos de termorregulación, las similitudes evolutivas en relación con las similitudes conductuales y algunos de los primeros estudios sobre la temperatura corporal de lagartos; por otra parte, Cowles (1939, 1940, 1941) mencionaba algunos organismos que habitaban en condiciones extremas, las tolerancias térmicas en relación con otras necesidades fisiológicas y el comportamiento que les permitía sobrevivir a condiciones de altas temperaturas, así como las variaciones de temperatura, entre especies, diferentes ambientes, periodos de actividad y estaciones del año.

Debido a trabajos previos que describían un nuevo campo de estudio, se mantuvo el interés de los investigadores con respecto a la termorregulación, aumentando las investigaciones relacionadas, incluyendo observaciones en campo y laboratorio, tal es el caso de Heath (1962) mencionando estrategias de lagartos cornudos, que incluyen el uso de microhábitats para regular su temperatura y un análisis en laboratorio, sobre el inicio de actividad diurna respecto a su temperatura. El avance en los conocimientos termoregulatorios permite enfocar los estudios a la dependencia térmica, como consecuencia alrededor de la década de 1960, se realizaron múltiples estudios sobre la temperatura corporal en relación con la temperatura ambiental.

Para ejemplificar, Blattstroms (1965) realizó una publicación resumiendo el conocimiento de la temperatura corporal de 161 especies de reptiles, incluyendo temperaturas corporales, del aire, suelo y agua, registradas en la literatura principalmente de la zona sur de California,

además de mencionar información sobre preferencia térmicas y comportamiento termorregulador. Posteriormente, Cunningham (1966) complementa esta información, aportando los registros de temperatura de más de 600 organismos, pertenecientes a otras 12 especies de reptiles, por último, hace mención sobre la relación que puede existir entre una actividad y un nivel térmico particular.

Posteriormente, se destacan las investigaciones sobre la interacción de las variables biofísicas y bióticas respecto a la termorregulación (Huey, 1982; Huey y Pianka, 1977; Huey y Slatkin, 1976), estudios más detallados correspondientes con los avances tecnológicos, describiendo los patrones y estrategias de termorregulación en relación con las temperaturas microambientales y las situaciones ecológicas presentes. La disponibilidad de recursos térmicos es una de las situaciones de mayor importancia a las que se enfrentan los organismos, sin embargo, existen otros factores moduladores que influyen en las temperaturas de selección y óptimas.

Se han propuesto nuevos índices para analizar las capacidades termoregulatorias de los organismos, los cuales suelen realizarse en condiciones controladas al crear gradientes térmicos para determinar la efectividad de la termorregulación, utilizando la temperatura de selección, corporal y operativa; entre los cuales se destacan Hertz *et al.* (1983 y 1993), quienes proponen un diseño metodológico para evaluar la eficiencia y precisión en la termorregulación de los organismos, así como la calidad térmica del hábitat, incluyendo la determinación de las temperaturas operativas, planteado que la fisiología térmica podría no responder rápidamente a las presiones de selección.

Los estudios actuales sobre ecofisiología térmica de reptiles, han abordado perspectivas de cambio climático, ecológicas, fisiológicas, evolutivas y conductuales, lógicamente siguiendo la influencia histórica precedente, aunque la información es bastante dispersa y presenta diferentes líneas de investigación escasamente profundizadas en este campo de

estudio. Lara-Reséndiz (2017) realizó una revisión literaria sobre la ecología térmica de reptiles en México, una evaluación cuantitativa sobre el conocimiento de la termorregulación para concluir con la relevancia de las futuras investigaciones, incluyendo la importancia que tiene la temperatura en la biología de los reptiles (tasa de crecimiento corporal, proporción de sexos, éxito de depredación, balance hídrico, etc.).

El estudio de la ecología térmica en la actualidad ha tomado mayor interés, debido a que las alteraciones en las condiciones climáticas pueden afectar el desarrollo de los organismos, lo que permite proyectar escenarios de riesgo de extinción y atribuye importancia al conocimiento sobre los niveles de tolerancia térmica, aclimatación, desempeño fisiológico, entre otros. López-Alcaide y Macip-Ríos (2011) describen las consecuencias de las variaciones ambientales, destacando la susceptibilidad a la que se someten anfibios y reptiles debido a las alteraciones térmicas. Sinervo *et al.* (2010 y 2011) predicen que el cambio climático provocará la extinción de especies, así como cambios en la distribución en las próximas décadas, proyectando la extinción de casi el 40% de las poblaciones locales de lagartos.

#### 4. JUSTIFICACIÓN

A pesar de que los trabajos de termorregulación en reptiles han incrementado, la mayoría de las investigaciones se han enfocado en el estudio de lagartos, según Lara-Reséndiz (2017) el 80% de los trabajos tienen como modelo de estudio los lagartos, en cambio el 3.3% son estudios que utilizan a las serpientes, además de describir únicamente temperaturas corporales en campo. Por otra parte, analizando el tipo de ambiente en el que se estudió la termorregulación, se concluye que los trabajos en zonas tropicales (44.5%) y áridas (34.6%), representan el mayor porcentaje de estudios, mientras que la zona templada (20.8%) es el tipo de ambiente con menor cantidad de estudios.

Las serpientes ofrecen servicios ecosistémicos, además de tener un valor cultural y económico, son un modelo de estudio que presenta condiciones morfofisiológicas particulares que lo hacen un grupo de interés para estudios ecológicos (Martínez y López, 2019). A pesar de que este grupo tiene una gran presencia en México, los estudios sobre termorregulación de reptiles suelen ser dirigidos al grupo Lacertilia, mientras que el conocimiento de serpientes es muy limitado, principalmente en ambientes templados, por lo que es importante analizar las condiciones que presentan los organismos en este tipo de ambientes, resultando ideal llevar a cabo el trabajo para aportar nuevos conocimientos a esta línea de investigación.

La temperatura influye sustancialmente en los procesos ecofisiológicos de las serpientes, por lo que resulta fundamental conocer la relación térmica que tienen con el ambiente, siendo importante delimitar los requerimientos térmicos de los organismos, al igual que conocer la vulnerabilidad a la que se ven sometidos bajo múltiples escenarios climáticos. La respuesta biológica a las condiciones climáticas cambiantes requiere comprender los factores ecofisiológicos y conductuales que influyen en su termorregulación, permitiendo hacer proyecciones sobre la distribución potencial de los organismos (Buckley *et al.*, 2010).

Los estudios sobre ecología térmica de serpientes han sido principalmente dirigidos a la subfamilia Crotalinae y Natricinae, destacando los géneros *Crotalus*, *Storeria* y *Thamnophis*, respectivamente (e.g. Arnaud *et al.*, 2018; Stewart, 1965; Ernst, 2003). Sin embargo, las investigaciones han sido pocas debido a las dificultades que presenta trabajar con este modelo de estudio, la captura de serpientes frecuentemente es poco representativa por lo que los estudios ecológicos completos son difíciles de llevar a cabo y rara vez están disponibles, en consecuencia, la mayoría de la información proviene de capturas ocasionales, principalmente en organismos fosoriales y escasamente perceptibles (Castañeda-Gonzalez *et al.*, 2011).



## **5. OBJETIVOS**

### **Objetivo general**

- Conocer el comportamiento termorregulador y uso del microhábitat de las serpientes que habitan Bosque templado en México.

### **Objetivos particulares**

- Identificar los periodos de actividad y microhábitat utilizados mayormente.
- Compilar los registros térmicos bibliográficos de las serpientes de Bosque templado.
- Registrar la temperatura corporal, aire y sustrato de las serpientes en las áreas de estudio.
- Determinar las tendencias de termorregulación en ofidios de Bosque templado.
- Analizar la termorregulación entre las familias de serpientes presentes en áreas de Bosque templado.

## **6. ÁREAS DE ESTUDIO**

### **6.1 Bosque templado**

Los bosques templados incluyen diferentes tipos de vegetación, los principales tipos son el bosque de pino, bosque de oyamel, bosque de encino, bosque de enebro y bosque mesófilo de montaña. Son comunidades vegetales constituidas en su mayoría por árboles y suelen estar dominados por una o dos especies. Las principales especies de bosque templado son pertenecientes a los géneros *Pinus*, *Oyamel*, *Quercus*, *Juniperus*, *Pseudotsuga*, *Picea* y *Cupressus* (Granados-Sánchez *et al.*, 2007).

Se distribuyen principalmente en el norte y sur de Baja California, a lo largo de las Sierras Madre Occidental y Oriental, en el Eje Neovolcánico, la Sierra Norte de Oaxaca y el sur de Chiapas. Se encuentran generalmente en altitudes entre 2,000 y 3,400 metros sobre el nivel del mar. Presentan una variedad de suelos desde limosos a arenosos, típicamente profundos, con abundante materia orgánica y ligeramente ácidos. Se desarrollan en zonas con temperatura promedio entre 12 y 23°C, con una precipitación anual entre 600 y 1,000 mm (Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, 2021). Se les encuentra sobre todo en climas templados y fríos, aunque ocasionalmente pueden desarrollarse en sitios cálidos (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, 2013).

Las diferentes áreas de estudio en las que se realizó la colecta de organismos presentan un tipo de vegetación de bosque templado, es importante destacar que estas áreas forman parte las regiones centro sur y centro oriente de México, y las zonas geográficas se limitan únicamente a la provincia fisiográfica del Eje Neovolcánico.

### **6.2 Dantzibojay, Tagui y Vitejhé, Huichapan, Hidalgo**

El municipio Huichapan se encuentra entre los paralelos 20° 16' y 20° 31' de latitud norte, los meridianos 99° 29' y 99° 52' de longitud oeste y la altitud varía entre 1,900 y 3,000 m s.

n. m; tiene colindancias con el estado de Querétaro y los municipios de Tecozautla, Tecozautla, Alfajayucan, Chapantongo y Nopala de Villagrán. Pertenece a la subprovincia Llanuras y Sierras de Querétaro e Hidalgo, presenta los climas semiseco templado y templado subhúmedo, tiene los tipos de vegetación de matorral, bosque y pastizal, y su intervalo de temperatura es entre 12 y 18°C, y precipitación anual entre 500 y 700 mm (INEGI, 2010).

Pertenecientes al municipio Huichapan se registraron organismos en las localidades: Dantzibojay ubicada geográficamente en la longitud -99° 35' 19.0", latitud 20° 26' 22.0" y altitud 2,135 m s. n. m; Tagui que se encuentra en la longitud -99° 38' 24.0", latitud 20° 26' 43.3" y altitud 1,937 m s. n. m; y Vitejhé localizada en la longitud -99° 38' 21.0", latitud 20° 20' 3.3" y altitud 2,231 m s. n. m. (INEGI, s.f.).

### **6.3 Huixquilucan, Estado de México**

Huixquilucan es un municipio del Estado de México ubicado entre los paralelos 19° 17' y 19° 27' de latitud norte, los meridianos 99° 14' y 99° 25' de longitud oeste, altitud entre 2,300 y 3,500 m.s.n.m. Colinda con el municipio de Naucalpan de Juárez, Naucalpan de Juárez, Ocoyoacac, Lerma, Naucalpan de Juárez y la Ciudad de México (INEGI, s.f.).

El municipio pertenece en su totalidad a la subprovincia de Lagos y Volcanes de Anáhuac, y presenta los climas Templado subhúmedo con lluvias en verano, de mayor humedad; semifrío subhúmedo con lluvias en verano, de mayor humedad y templado subhúmedo con lluvias en verano, de humedad media. Incluye el tipo de vegetación bosque y pastizal, tiene un intervalo de temperatura entre 8 y 16°C, y precipitación anual entre 800 y 1,300 mm (INEGI, 2009b).

#### **6.4 Jilotepec, Estado de México**

El municipio Jilotepec se encuentra ubicado geográficamente entre los paralelos 19° 51' y 20° 11' de latitud norte, los meridianos 99° 25' y 99° 44' de longitud oeste, la altitud varía entre 2,200 y 2,500 m. s. n. m. Tiene colindancias con los municipios de Polotitlán, Soyaniquilpan de Juárez, Chapa de Mota, Timilpan, Aculco y el estado de Hidalgo (INEGI, s.f.).

Pertenece principalmente a la subprovincia Llanuras y Sierras de Querétaro e Hidalgo, y menormente a Lagos y Volcanes de Anáhuac, se presentan los climas clasificados como templado subhúmedo con lluvias en verano, de mayor humedad; templado subhúmedo con lluvias en verano, de humedad media; semifrío subhúmedo con lluvias en verano, de mayor humedad y templado subhúmedo con lluvias en verano, de menor humedad. Presenta el tipo de vegetación pastizal y bosque, tiene un intervalo de temperatura entre 10 y 16 °C, y precipitación anual entre 600 y 1,000 mm (INEGI, 2009c).

#### **6.5 La joya, Acajete, Veracruz de Ignacio de la Llave**

La localidad de La Joya se encuentra en el municipio Acajete de la entidad federativa, Veracruz de Ignacio de la Llave. Se ubica geográficamente en la longitud 19° 36' 35.0", latitud -97° 01' 34." y la altitud 2,149 m. s. n. m; colinda con los municipios Las vigas de Ramírez, Tlacolulan, Rafael Lucio, Tlalnelhuayocan, Coatepec y Perote (INEGI, s.f.).

El municipio Acajete presenta dos tipos de clima, el clima templado húmedo con lluvias todo el año y el semifrío húmedo con abundantes lluvias en verano, un intervalo de temperatura entre 10 y 18 °C, y precipitación anual entre 1400 y 1600 mm. Pertenece a la subprovincia de Lagos y Volcanes de Anáhuac, tiene presencia de roca ígnea, su suelo esta predominantemente conformado en un 96 % de andosol y un 3 % de Litosol y su vegetación se conforma de bosques y pastizales (INEGI, 2009a).

## 7. DESCRIPCIÓN DE SUBFAMILIAS

### Familia Colubridae

#### 7.1 Subfamilia Colubrinae

Colubrinae es la segunda subfamilia más grande con 92 géneros y 773 especies, se distribuyen en casi en todo el mundo, exceptuando la Antártida, la mayoría del Ártico norte, Madagascar y algunas islas oceánicas. Presentan una gran variedad corporal y comportamental, su talla varía desde 160 mm (*Tantilla relictata*) hasta 3.7 metros (*Ptyas carinata*) de longitud total. Habitan desde aguas salobres hasta bosques de alta montaña y desiertos, aunque la mayoría de los organismos son terrestres o semiarbóreos, algunos colúbrinos son acuáticos arbóreos y fosoriales (*Conopsis* spp.). Los colúbrinos son principalmente ovíparas aunque existen algunos organismos con viviparidad (*Conopsis* spp.), el tamaño de puesta generalmente se asocia con el tamaño corporal, sin embargo, la mayoría de las especies producen nidadas de 10 huevos o menos (Uetz *et al.*, 2021; Vitt y Caldwell, 2014).

Especies de campo: *Conopsis lineata*, *Conopsis nasus*, *Drymarchon melanurus*, *Masticophis mentovarius*, *Pituophis deppei* y *Salvadora bairdi*.

#### 7.2 Subfamilia Dipsadinae

Dipsadinae es la subfamilia más numerosa con 102 géneros y 818 especies, se localiza principalmente en América y son más diversos en América del Sur. La mayoría de los Dipsadinos son serpientes de tamaño pequeño a moderado, desde 800 mm hasta más de 1 m de LT. Se pueden encontrar en selva tropical, bosques secos y otro tipo de hábitats abiertos, la mayoría son de hábitos terrestres o arbóreos, aunque también hay algunas especies acuáticas y fosoriales (*Geophis* spp.). La mayoría de las especies parecen ser generalistas dietéticos, aunque algunas especies son especialistas como los géneros

Dipsas y Geophis, que consumen gasterópodos y lombrices, respectivamente. Los dipsadinos son predominantemente ovíparos y el tamaño de la nidada varía desde pequeñas nidadas de 1 a 3 huevos (*Imantodes cenchoa*) hasta más de 100 huevos (*Farancia abacura*) (Pough *et al.*, 2016; Uetz *et al.*, 2021; Vitt y Caldwell, 2014).

Especies de campo: *Diadophis punctatus* y *Geophis mutitorques*.

### 7.3 Subfamilia Natricinae

Natricinae es la tercera subfamilia más numerosa con 38 géneros y 260 especies, se distribuyen desde América del norte hasta América central, África y Eurasia. La talla de los natricinos varía desde 160 mm (*Haldea striatula*) hasta 2 m (Natrix, Nerodia y Cenochrophis) de longitud total. Muchas especies son consideradas acuáticas, casi exclusivamente de agua dulce, aunque la subfamilia incluye muchas especies semifosoriales y terrestres, la mayoría viven en hábitats húmedos desde pantanos hasta bosques. Las especies del continente americano son exclusivamente vivíparas, mientras que el resto son principalmente ovíparas y el tamaño de puesta suele ser de 2 a 20 huevos (Pough *et al.*, 2016; Uetz *et al.*, 2021; Vitt y Caldwell, 2014).

Especies de campo: *Storeria dekayi*, *Storeria storerioides*, *Thamnophis cyrtopsis*, *Thamnophis eques*, *Thamnophis melanogaster*, *Thamnophis scalaris* y *Thamnophis scaliger*.

## Familia Viperidae

### 7.4 Subfamilia Crotalinae

Crotalinae es la subfamilia más numerosa de la familia Viperidae con 23 géneros y 271 especies, su distribución abarca el sur de Asia y América. Se caracterizan por sus fosetas loreales (Aperturas de órgano termorreceptor) y la punta de la cola de cascabel, compuesto de segmentos entrelazados de queratina. Los crotalinos tienen una talla entre 300 mm (*Crotalus pricei*) hasta 3.75 m (*Lachesis muta*) de LT. Utilizan numerosos hábitats desde desiertos hasta bosques fríos de montaña o ambientes tropicales húmedos y son principalmente terrestres, pero algunas especies son semiacuáticas y arbóreas. La mayoría de los crotalinos son vivíparos, aunque algunos pocos (*Calloselasma*, *Trimesurus* y *Lachesis*) son ovíparos y se sugiere cierto cuidado parental, y el tamaño de la nidada se asocia con el tamaño del cuerpo, pero en general producen alrededor de 10 huevos por evento reproductivo (Pough *et al.*, 2016; Uetz *et al.*, 2021; Vitt y Caldwell, 2014).

Especie de campo: *Crotalus molossus*.

## **8. METODOLOGÍA**

La recolección de los datos térmicos consistió en realizar salidas de campo en zonas de bosque templado, durante las cuales se realizó el registro de las serpientes presentes en el área de estudio, incluyendo colectas realizadas entre periodos comprendidos entre 2015 y 2022, por otra parte, para contar con un número representativo de organismos con el cual se pudiera realizar un estudio correlativo, se realizó una investigación en la literatura sobre los registros que se habían recabado en otros trabajos.

### **8.1 Datos de campo**

Para la toma de los datos de campo, se recolectaron los organismos por captura directa manipulando a las serpientes con ganchos herpetológicos, realizando muestreos en las diferentes zonas de estudio, registrando los datos de temperatura corporal de las serpientes ( $T_c$ ), la temperatura del sustrato ( $T_s$ ) y aire ( $T_A$ ). La temperatura de los organismos se registró inmediatamente después de la captura con un termómetro infrarrojo digital, apuntando desde aproximadamente 10-20 cm a la zona media del cuerpo, esta herramienta ha sido utilizada previamente para medir la temperatura corporal de los reptiles (e.g. Shine et al., 2002; Bouazza et al., 2016; Pañeda, 2019).

Igualmente, se registraron los horarios y el microhábitat en el cual fue colectado el organismo, al ser moduladores directos de su temperatura de registro, así como otros datos típicos de colecta. Las colectas se llevaron a cabo en áreas de estudio que tenían un tipo de vegetación de bosque templado e incluyen zonas de Dantzibojay, Huichapan, Hidalgo; Tagui, Huichapan, Hidalgo; Vitejhé, Huichapan, Hidalgo; Huixquilucan, Estado de México; Jilotepec, Estado de México y La Joya, Acajete, Veracruz.



## **8. 2 Datos bibliográficos**

En el caso de los datos bibliográficos, se realizó una investigación sobre las especies de serpientes que tenían registros térmicos, específicamente las que mostraban el registro de  $T_C$ ,  $T_S$  y  $T_A$ . Se incluyeron datos que van desde la década de los años 1940 a la actualidad, algunos de los registros se utilizaron como un promedio de las temperaturas de colecta, al no contar con la temperatura de todos los organismos. La información colectada incluye registros de organismos que se distribuyen en zonas de bosque templado y especies representativas que habitan en este tipo de vegetación.

## **8.3 Análisis estadístico**

Se realizaron regresiones lineales entre la temperatura corporal ( $T_C$ ) y las temperaturas del sustrato y del aire ( $T_S$  y  $T_A$ ). Una pendiente igual a uno, indica que los animales son completamente termoconformistas, mientras que cuando el valor de la pendiente es cercano a cero, se concluye que los organismos son termorreguladores activos (Huey y Slatkin, 1976). La tendencia termorreguladora se analizó mediante correlación lineal por el método de Pearson, determinando las tendencias que muestran los organismos, según el mayor valor del coeficiente de correlación, se consideran como heliotérmicas ( $R_{CS} < R_{CA}$ ) o tigmotérmicas ( $R_{CS} > R_{CA}$ ). Las pruebas estadísticas de regresión y correlación lineal se realizaron con las herramientas de análisis de datos de Excel Microsoft 365.

Se realizaron las pruebas paramétricas con el software Minitab 18.1, cumpliendo los supuestos de normalidad (Prueba de Kolmogorov-Smirnov) y homocedasticidad (Prueba de Levene). Para las pruebas estadísticas, se utilizó un nivel de significancia de 0.05.

## 9. RESULTADOS

Se registró un total de 49 organismos de serpientes en las áreas de estudio, dentro de las cuales, se colectaron seis especies de la subfamilia Colubrinae, dos especies de Dipsadinae, siete especies de Natricinae y una especie de Crotalinae, para un total de 16 especies (Tabla 1).

Tabla 1. Listado de especies registradas en las áreas de estudio.

Subfamilias	Especies	Autoridad
Colubrinae	<i>Conopsis lineata</i>	Kennicott, 1859
Colubrinae	<i>Conopsis nasus</i>	Günther, 1858
Colubrinae	<i>Drymarchon melanurus</i>	Duméril, Bibron y Duméril, 1854
Colubrinae	<i>Masticophis mentovarius</i>	Duméril, Bibron y Duméril, 1854
Colubrinae	<i>Pituophis deppei</i>	Duméril, 1853
Colubrinae	<i>Salvadora bairdi</i>	Jan, 1861
Dipsadinae	<i>Diadophis punctatus</i>	Linnaeus, 1766
Dipsadinae	<i>Geophis mutitorques</i>	Cope, 1885
Natricinae	<i>Storeria dekayi</i>	Holbrook, 1839
Natricinae	<i>Storeria storerioides</i>	Cope, 1870
Natricinae	<i>Thamnophis cyrtopsis</i>	Kennicott, 1860
Natricinae	<i>Thamnophis eques</i>	Reuss, 1834
Natricinae	<i>Thamnophis melanogaster</i>	Peters, 1864
Natricinae	<i>Thamnophis scalaris</i>	Cope, 1861
Natricinae	<i>Thamnophis scaliger</i>	Jan, 1863
Crotalinae	<i>Crotalus molossus</i>	Baird y Girard, 1853

### 9.1 Periodo de actividad y uso de microhábitat

Durante los muestreos, únicamente se registró que los organismos tuvieron un horario de actividad entre las 10:00 y 19:00 horas, aunque a las 18:00 horas no se encontraron registros de actividad (Figura 1). Los horarios con mayor actividad fueron las 13:00 h (24.49%), seguido por las 17:00 h (20.41%), 15:00 h (16.33%), 14:00 h (12.24%), 11:00 h (10.2%), 12:00 h (10.2%), 10:00 h (2.04%), 16:00 h (2.04%) y 19:00 h (2.04%).

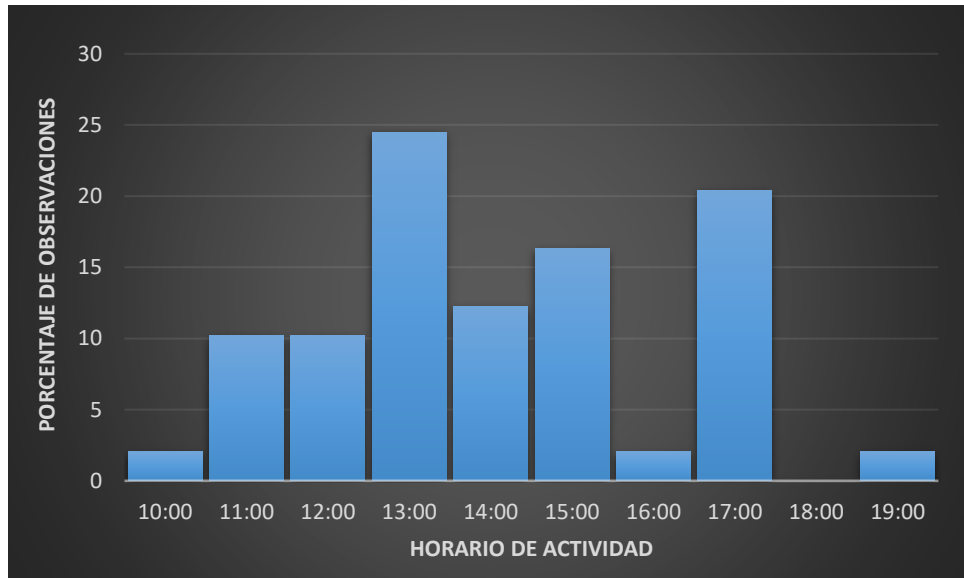


Figura 1. Observaciones según el horario de actividad.

Para el uso de microhábitat, se determinaron las categorías: “Bajo roca”, “Entre hierba”, “Entre hierba y roca”, “Entre hojarasca”, “Entre rocas”, “Sobre hierba” y “Sobre suelo”. Se observó un mayor porcentaje de observación en la categoría “Sobre hierba” (44.9%), seguido del microhábitat “Bajo roca” (22.45%), “Sobre suelo” (10.2%), “Entre hojarasca” (8.16%), “Entre hierba y roca” (6.12%), “Entre rocas” (6.12%) y “Entre hierba” (2.04%) (Figura 2).

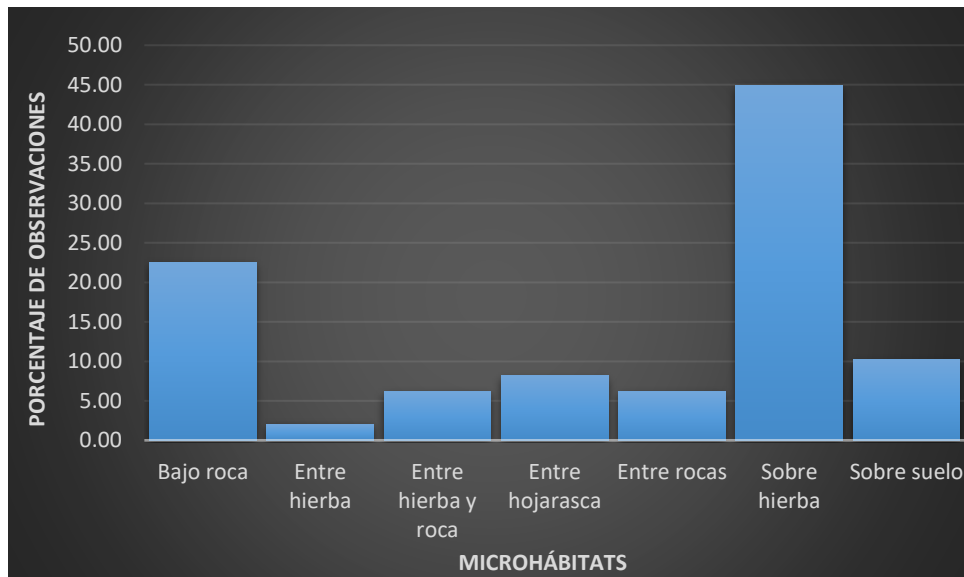


Figura 2. Observaciones según el tipo de microhábitat.

## 9.2 Datos bibliográficos

Respecto a los datos bibliográficos, se recopilaron las temperaturas ( $T_C$ ,  $T_S$  y  $T_A$ ) de un total de 107 organismos, entre los cuales, se encuentran 26 organismos pertenecientes a nueve especies de la subfamilia Colubrinae, cinco organismos pertenecientes a cinco especies de Dipsadinae, 53 organismos pertenecientes a ocho especies de Natricinae y 22 organismos pertenecientes a diez especies de Crotalinae (Ver Anexo 1).

Los datos de las temperaturas registradas en la literatura consideran a las especies *Coluber constrictor*, *Conopsis biserialis*, *C. lineata*, *Lampropeltis getula*, *L. zonata*, *Masticophis lateralis*, *Pantherophis alleghaniensis*, *Pituophis catenifer*, *Spilotes pullatus*, *Carphophis amoenus*, *Contia tenuis*, *Diadophis punctatus*, *Geophis semidoliatus*, *Leptodeira annulata*, *Nerodia sipedon*, *Storeria dekayi*, *Storeria occipitomaculata*, *Thamnophis butleri*, *Thamnophis elegans*, *Thamnophis ordinoides*, *Thamnophis saurita*, *Thamnophis sirtalis*, *Agkistrodon contortrix*, *Bothrops insularis*, *Crotalus atrox*, *Crotalus horriuds*, *Crotalus lepidus*, *Crotalus pricei*, *Crotalus ravus*, *Crotalus ruber*, *Crotalus scutulatus*, *Crotalus triseriatus*. Los registros obtenidos provienen de publicaciones realizadas por Bovo *et al.* (2012), Brattstrom (1965), Brown *et al.* (1982), Bryson (2008), Carpenter (1956), Ernst (2003), Ernst *et al.* (2014), Fitch (1956), García-Vázquez y Güizado-Rodríguez (2008), Herbst (1949), Lemos-Espinol *et al.* (1997), Scott *et al.* (1982) y Stewart (1965).

Considerando los registros de las temperaturas  $T_C$ ,  $T_S$  y  $T_A$  registrados en campo (ver Anexo 2) y los reportados en la literatura, se consideraron 156 organismos pertenecientes a cuatro subfamilias, Colubrinae, Dipsadinae, Natricinae y Crotalinae; a partir de cada subfamilia, se realizó su respectivo análisis.

### 9.3 Subfamilia Colubrinae

La subfamilia Colubrinae (N= 49) promedió una  $T_C$  de  $25.23 \pm 4.31$  °C (15.1-34.1 °C),  $T_A$  de  $22.52 \pm 4.77$  (13.9-31.8 °C) y la  $T_S$  de  $24.95 \pm 5.73$  °C (14.4-35.1 °C). Los resultados de la regresión lineal entre la  $T_C$  y  $T_A$  presentan una relación positiva estadísticamente significativa ( $P < 0.001$ ) y el valor de la pendiente sugiere un comportamiento termoconformista (Figura 3). Igualmente, la regresión lineal entre la  $T_C$  y  $T_S$ , muestra una relación positiva, estadísticamente significativa ( $P < 0.001$ ) y un comportamiento termoconformista (Figura 4). Los coeficientes de correlación de la subfamilia Colubrinae ( $R_{CA} = 0.56$  y  $R_{CS} = 0.75$ ), indican una mayor tendencia termorreguladora tigmotérmica.

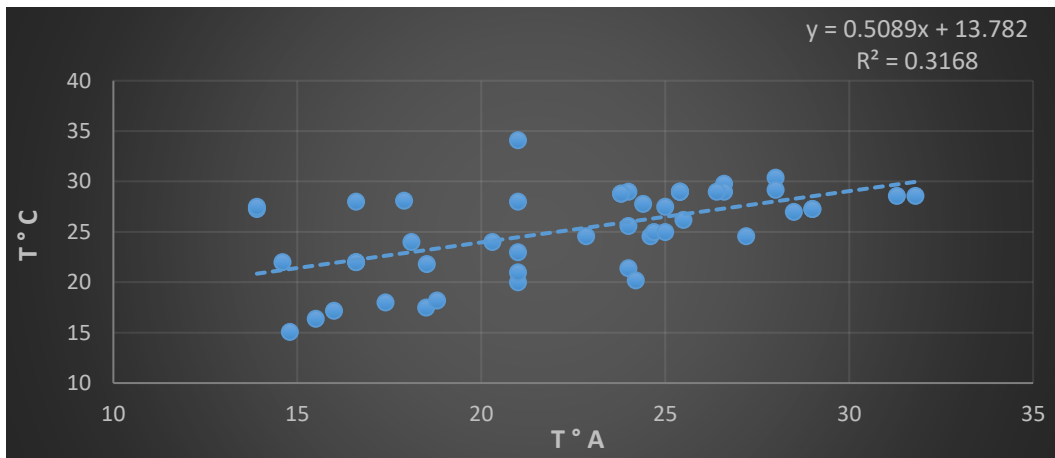


Figura 3. Regresión lineal entre  $T_C$  y  $T_A$  de la subfamilia Colubrinae.

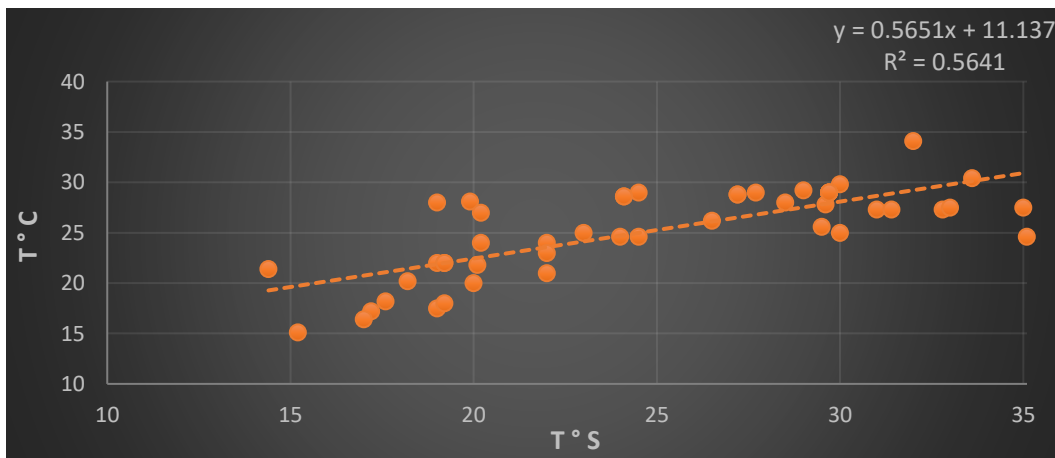


Figura 4. Regresión lineal entre  $T_C$  y  $T_S$  de la subfamilia Colubrinae.

#### 9.4 Subfamilia Dipsadinae

La subfamilia Dipsadinae (N= 18) registró una  $T_C$  promedio de  $22.13 \pm 2.96$  °C (18.6-28 °C),  $T_A$  de  $19.68 \pm 3.45$  °C (13.3-26.4 °C) y la  $T_S$  de  $21.1 \pm 2.97$  °C (17.35-29.8 °C). La regresión lineal entre la  $T_C$  y  $T_A$ , presentan una relación positiva estadísticamente no significativa ( $P= 0.23$ ) y el valor de la pendiente sugiere un comportamiento de c (Figura 5). La regresión lineal entre la  $T_C$  y  $T_S$ , muestra una relación positiva estadísticamente significativa ( $P<0.001$ ) y un comportamiento termoconformista (Figura 6). Los coeficientes de correlación entre las temperaturas ( $R_{CA} = 0.29$  y  $R_{CS} = 0.74$ ), indican una mayor tendencia termorreguladora hacia la tigmotermia.

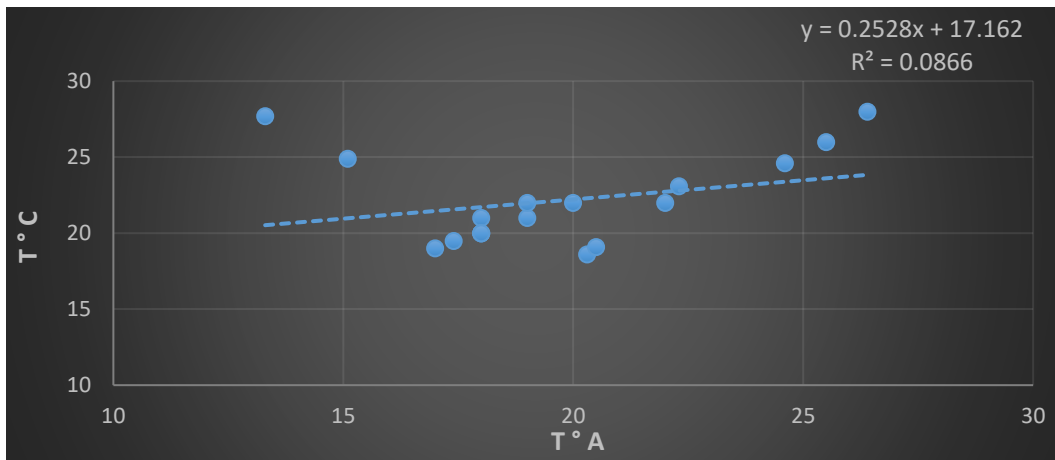


Figura 5. Regresión lineal entre  $T_C$  y  $T_A$  de la subfamilia Dipsadinae.

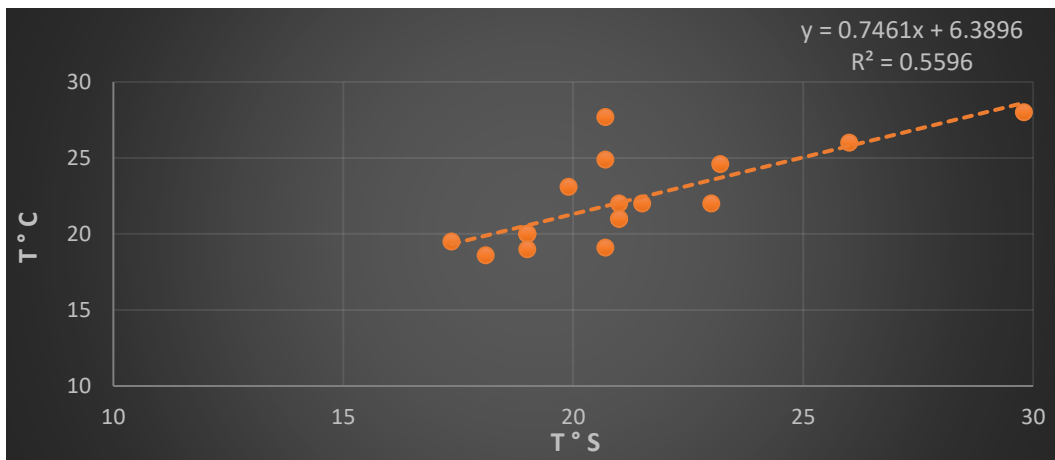


Figura 6. Regresión lineal entre  $T_C$  y  $T_S$  de la subfamilia Dipsadinae.

## 9.5 Subfamilia Natricinae

La subfamilia Natricinae (N= 68) promedió una  $T_C$  de  $24.5 \pm 4.17$  °C (16.7-34.6 °C),  $T_A$  de  $21.28 \pm 5.49$  °C (4-31.3 °C) y la  $T_S$  de  $23.84 \pm 4.54$  °C (16.7-34.9 °C). El resultado de la regresión lineal entre la  $T_C$  y  $T_A$ , presentan una relación positiva estadísticamente no significativa ( $P= 0.37$ ) y el valor de la pendiente muestra un comportamiento de termorregulación activa (Figura 7). La regresión lineal entre la  $T_C$  y  $T_S$ , revela una relación positiva estadísticamente significativa ( $P<0.001$ ) y un comportamiento termoconformista (Figura 8). Los coeficientes de correlación ( $R_{CA} = 0.10$  y  $R_{CS} = 0.91$ ), indican una mayor tendencia termorreguladora hacia la tigmotermia.

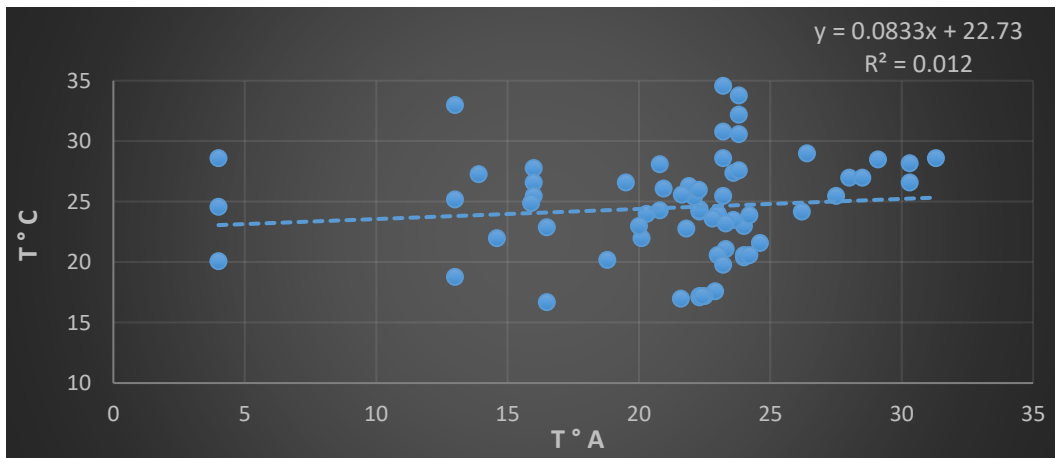


Figura 7. Regresión lineal entre  $T_C$  y  $T_A$  de la subfamilia Natricinae.

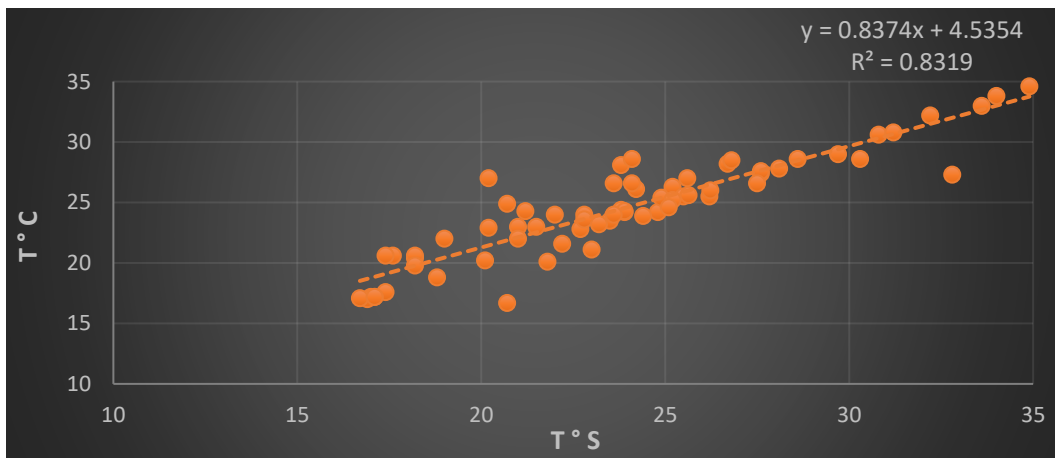


Figura 8. Regresión lineal entre  $T_C$  y  $T_S$  de la subfamilia Natricinae.

## 9.6 Subfamilia Crotalinae

La subfamilia Crotalinae (N= 24) registró una  $T_C$  promedio de  $c$  (17.9-33.6 °C),  $T_A$  de  $22.16 \pm 4.68$  °C (13.9-31.2 °C) y la  $T_S$  de  $23.04 \pm 4.16$  °C (16.46-33 °C). La regresión lineal entre la  $T_C$  y  $T_A$ , presentan una relación positiva estadísticamente significativa ( $P= 0.008$ ) y el valor de la pendiente sugiere un comportamiento de termorregulación activo (Figura 9). La regresión lineal entre la  $T_C$  y  $T_S$ , muestra una relación positiva estadísticamente significativa ( $P<0.001$ ) y un comportamiento termoconformista (Figura 10). Los coeficientes de correlación ( $R_{CA} = 0.52$  y  $R_{CS} = 0.77$ ), indican una mayor tendencia termorreguladora tigmotérmica.

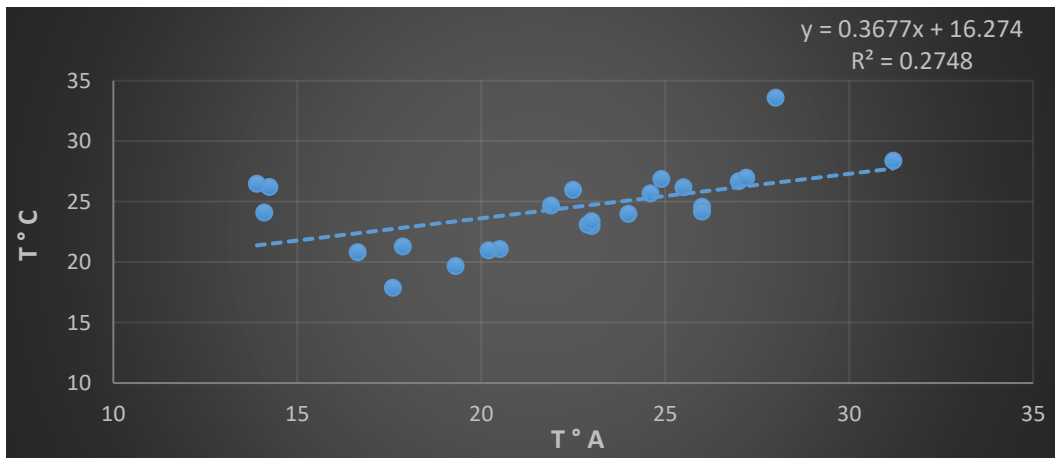


Figura 9. Regresión lineal entre  $T_C$  y  $T_A$  de la subfamilia Crotalinae.

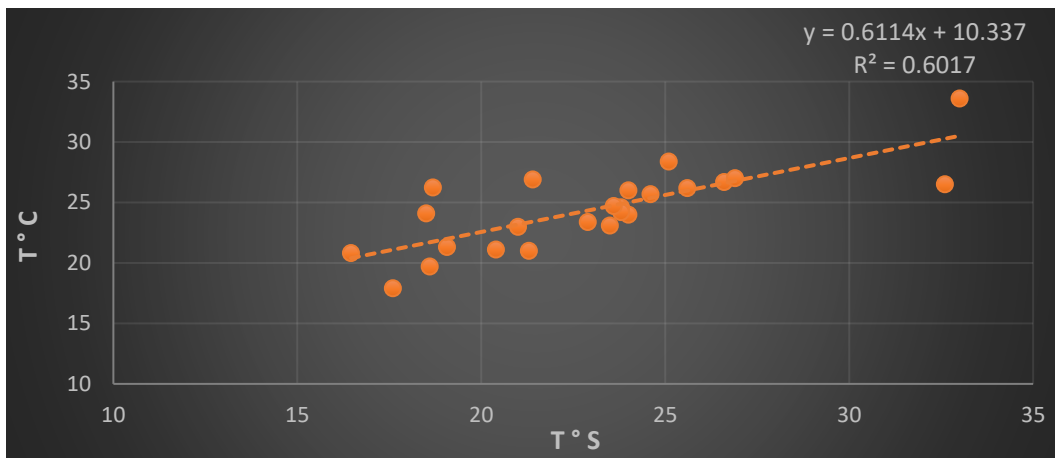


Figura 10. Regresión lineal entre  $T_C$  y  $T_S$  de la subfamilia Crotalinae.



## 10. DISCUSIÓN

De acuerdo con las bases de datos bibliográficos de literatura científica Web of Science y Scopus, los documentos relacionados con la termorregulación en serpientes representan menos del 20 % respecto al total de reptiles. Según Lara-Reséndiz (2017), el 20.8 % de los trabajos se realizan en zonas templadas, el tipo de ambiente menos representativo. Por lo que, este es uno de pocos estudios que reportan datos de ecología térmica en serpientes de bosque templado, al ser uno de los campos menos estudiados, fueron necesarios los registros de múltiples publicaciones, además de las temperaturas registradas en las áreas de estudios para poder realizar el análisis conjunto.

Las subfamilias de serpientes Colubrinae, Dipsadinae, Natricinae y Crotalinae presentan una tendencia termorreguladora tigmotérmica. Únicamente las subfamilias Dipsadinae, Natricinae y Crotalinae muestran comportamiento termorregulador activo, según el valor de la pendiente respecto a la temperatura del aire, aunque solo la regresión lineal de Crotalinae es significativa estadísticamente. Debido a las características del área de estudio, como la altitud y cobertura vegetal propician una baja calidad térmica principalmente para las especies heliotérmicas, asociada a una menor absorción de temperatura por radiación del aire. Por el contrario, el suelo tiene una mayor eficiencia térmica en las áreas expuestas a la radiación solar, permitiendo mantener temperaturas más elevadas que los organismos podrían utilizar en su termorregulación, favoreciendo la correlación entre la temperatura corporal y temperatura del sustrato en este tipo de ambientes con bajas temperaturas (Lara-Reséndiz *et al.*, 2014).

### 10.1 Periodo de actividad y uso de microhábitat

Las serpientes de bosque templado presentan un periodo de actividad mayormente exhibido entre las 10:00 y 19:00 horas, se presentó un aumento en el porcentaje de observaciones, a partir del inicio de actividad con un incremento de ésta a las 13:00 h. Posteriormente, se muestra un descenso súbito a las 16:00 h y precede al segundo horario de mayor actividad a las 17:00 h. A partir del cual comienza el descenso de ésta, hasta que finalmente no se encontraron organismos a las 18:00 h. Sin embargo, se encontró únicamente un registro a las 19:00 h.

A diferencia del área de estudio, Altamirano *et al.* (2012) reportan en una planicie costera con un clima subhúmedo, un horario de actividad de las 08:00 a las 23:00 hrs. con una distribución general bimodal, presentando un mayor número de observaciones alrededor de las 10:00 y 17:00 hrs. Por otra parte, Pañeda (2019) registra actividad de la subfamilia Crotalinae principalmente nocturna, con más del 40 % de observaciones en el periodo de 19:00 a 01:00 hrs, la hora de mayor actividad fue a las 20:00 hrs y detectó un mayor porcentaje de actividad durante el periodo de secas en el área de estudio ubicada en La Paz, Baja California Sur, con vegetación del tipo matorral y clima cálido muy seco.

El mayor porcentaje de observaciones, según el uso de microhábitat, se presentan principalmente en las categorías “Sobre hierba” y “Bajo roca”. Por otra parte, Altamirano *et al.* (2012) reportaron un mayor uso por la categoría “Suelo” en una comunidad de serpientes de Alvarado, Veracruz, además de bastantes registros relacionados con cuerpos de agua por su área de estudio. Igualmente, Martín–Regalado *et al.* (2016) obtuvo una mayor riqueza de reptiles (Incluyendo las subfamilias Colubrinae, Dipsadinae, Natricinae y Crotalinae) en bosques de pino y encino de la Sierra de Cuatro Venados, Oaxaca, registrando el 86.5% de especies en el microhábitat terrestre.

La categoría “Entre hierba y roca”, fue considerada exclusivamente por los organismos de la especie *Storeria storerioides*, aunque Carbajal-Márquez *et al.* (2020) y García-Vázquez *et al.* (2012), reportan capturas debajo de rocas en pastizal y bosque de *Abies*, respectivamente. Mientras que Rosas-Espinoza *et al.* (2014), registraron 8 organismos enterrados en madrigueras de la tuza *Pappogeomys bulleria* en el bosque templado de Sierra de Quila, Jalisco.

La mayoría de las especies fueron encontradas en una sola categoría del recurso espacial, las especies *Conopsis nasus* y *Storeria dekayi*, se colectaron en el microhábitat “Bajo roca”; mientras que *Drymarchon melanurus*, *Masticophis mentovarius*, *Pituophis deppei*, *Salvadora bairdi* y *Diadophis punctatus*, se encontraron “Sobre hierba”; y *Thamnophis cyrtopsis*, *Thamnophis melanogaster*, *Thamnophis scalaris*, *Thamnophis scaliger* y *Crotalus molossus* “Sobre suelo”. En cambio *Thamnophis eques*, se encontró en dos tipos de microhábitat, “Entre hojarasca” y “Sobre hierba”. Por otra parte, *Storeria storerioides* fue localizada en tres microhábitats “Entre hierba y roca”, “Entre hojarasca” y “Sobre suelo”. Por último, las especies que aprovechan un mayor número de microhábitats son *Conopsis lineata* en “Bajo roca”, “Sobre suelo”, “Sobre hierba” y “Entre hierba”; y *Geophis mutitorques* que utiliza “Bajo roca”, “Entre hojarasca”, “Entre rocas” y “Sobre hierba”.

## 10.2 Serpientes fosoriales

Entre las serpientes consideradas en el análisis, se encuentran especies de los géneros *Conopsis* y *Geophis*, los cuales se consideran organismos con hábitos fosoriales, lo que probablemente, provoca que su temperatura corporal tenga un mayor coeficiente de correlación con la temperatura del sustrato y por lo tanto, una mayor tendencia hacia la tigmotermia. A pesar de la relativa abundancia de los organismos, según Vázquez-Castro (2011) la dificultad de observarlos activamente sería consecuencia de un sesgo muestral, al obtener únicamente registros de las serpientes encontradas en refugios temporales.

Castañeda-Gonzalez *et al.* (2011), mencionan la dificultad de captura que enfrenta el estudio de serpientes fosoriales, por lo que debido a la baja representatividad numérica, suelen requerir una mayor inversión económica y temporal. En consecuencia, se realizan muy pocos estudios ecológicos en serpientes, por lo cual, es necesario desarrollar técnicas apropiadas para organismos tan poco perceptibles.

### 10.3 Subfamilia Colubrinae

La media de temperatura de la subfamilia Colubrinae, muestra un comportamiento termoconformista, aunque los valores de la pendiente no indican una evidente diferencia del comportamiento activo y los resultados de la correlación, presentan una tendencia termorreguladora hacia la tigmotermia. Mientras que Vázquez-Castro (2011), reporta que *Conopsis biserialis* y *Conopsis lineata*, igualmente, presentan termoconformismo y se sugiere que son especies tigmotérmicas, al no observar algún comportamiento termoregulatorio.

De manera similar Castañeda-Gonzalez *et al.* (2011), reportan 81 organismos de *Conopsis biserialis*, encontrando todas las serpientes debajo de rocas con un diámetro de  $299 \pm 81$  mm, registrando una  $T_C$  de  $24.9 \pm 4.1$  °C, la cual fue 6.2 °C superior a la temperatura ambiental. En igual forma Kapfer *et al.* (2008), registro en *Pituophis catenifer* una  $T_C$  promedio de 25.45 °C, mientras que las hembras grávidas tenían una temperatura ligeramente superior (26.7 °C), presentando una mayor correlación con la temperatura del sustrato ( $T_A=19.05$  °C y  $T_S = 24.45$  °C).

#### 10.4 Subfamilia Dipsadinae

La subfamilia Dipsadinae sugiere un comportamiento de termorregulación activa, la relación entre la  $T_c$  y  $T_s$ , muestra un comportamiento termoconformista y los coeficientes de correlación, indican una mayor tendencia termorreguladora hacia la tigmotermia. De manera semejante Ernst *et al.* (2014), registran las temperaturas corporales y ambientales de las serpientes, *Carphophis amoenus* y *Diadophis punctatus* donde se presenta una mayor correlación de la temperatura corporal con la temperatura del sustrato, indicando una tendencia tigmotérmica relacionada con los microhábitats utilizados, pasando las horas de luz solar cubiertos por rocas, troncos y corteza de los árboles.

Cox *et al.* (2018), realizaron un estudio de ecología térmica en *Diadophis punctatus*, registrando una mayoría de organismos debajo de las rocas más grandes y cálidas, mientras que las temperaturas corporales de las serpientes en el campo no coincidían con las preferencias térmicas del laboratorio. Igualmente, reportan que las serpientes agregadas tienen una temperatura corporal 3 °C por encima de las serpientes solitarias, presentando variaciones intraespecíficas en las selecciones térmicas.

#### 10.4 Subfamilia Natricinae

Esta subfamilia indicó un comportamiento de termorregulación activa, mientras que la relación entre la  $T_C$  y  $T_S$  muestra un comportamiento termoconformista y los coeficientes de correlación sugieren una tendencia tigmotérmica. Por otra parte, Fleharty (1967) realizó una investigación en especies del género *Thamnophis*, registrando una mayor correlación entre la temperatura corporal y la temperatura del aire, mostrando diferencias interespecíficas en la preferencia alimentaria y el uso del microhábitat. Por el contrario, Rosen (1991) utilizó registros de temperatura corporal del género *Thamnophis*, concluyendo que no se encontró evidencia de variaciones interespecíficas en la temperatura de preferencia (alrededor de los 30 °C).

Passek y Gillingham (1997) investigaron la influencia de la temperatura corporal en los comportamientos defensivos de *Thamnophis scalaris*, observando que las serpientes con temperaturas corporales más altas huyeron con más frecuencia que las serpientes con temperaturas bajas, concluyendo que las limitaciones energéticas influyen en los comportamientos defensivos. De manera similar, los autores reportan una temperatura corporal de 21.5 °C y un comportamiento termorregulador termoconformista.

Por último, Ernst (2003) realizó un estudio de 815 capturas de *Storeria dekayi*, alrededor del nueve por ciento de las capturas fueron de serpientes activas presentando temperaturas corporales de 10.0 a 29.5 °C, mostrando una mayor correlación con la temperatura del sustrato. Las temperaturas corporales y ambientales se registraron, según las actividades de los organismos, presentando un aumento de temperatura cuando realizaban una actividad particular (asolearse, moverse, alimentarse y aparearse) y alcanzaron una temperatura corporal de 3.0 a 7.0 °C durante su hibernación.

#### 10.4 Subfamilia Crotalinae

La subfamilia Crotalinae promedio una  $T_C$  de  $24.42 \pm 3.28$ ,  $T_A$  de  $22.16 \pm 4.68$  y  $T_S$  de  $23.04 \pm 4.16$  °C, de manera similar, Pañeda (2019) reporta una  $T_C$  promedio de  $24.9 \pm 5.6$  °C para organismos del género *Crotalus*, aunque se hayan registrado en condiciones clima cálido seco y una vegetación predominante de matorral sarcocaula, además presentan termoconformismo o bien, tienen una mayor tendencia hacia la tigmotermia. Mientras que Herrera-Enríquez et al. (2016), reportan en *Crotalus estebanensis* temperaturas más elevadas, la  $T_C$  media fue de  $32.2 \pm 1.5$  °C, además las temperaturas ambientales ( $T_S$  y  $T_A$ ) promedian el mismo valor  $31.3 \pm 1.4$  °C, mostrando un patrón de actividad crepuscular-nocturno y los autores mencionan que puede considerarse una especie termoconformista en otoño.

De manera similar Arnaud et al. (2018), registran la temperatura corporal de *Crotalus catalinensis*, especie endémica de la Isla Santa Catalina, Baja California Sur, presentando un amplio intervalo de temperatura corporal ( $13.6 - 38.2$  °C), los organismos exhibían hábitos nocturnos, comportamiento termoconformista y una mayor correlación con la temperatura del sustrato; el hábitat del suelo sin vegetación fue el más frecuentado, aunque se cuestiona la influencia de la humedad relativa, la cual se puede considerar elevada para el área de estudio (53.15 - 77.32 %).

Bovo et al. (2012), reportan para la especie *Bothrops insularis* una temperatura corporal de  $22.05 \pm 0.25$  °C, igualmente muestra un comportamiento termoconformista, aunque en contraposición a los anteriores estudios, presenta una mayor correlación con la temperatura del aire. Por otra parte, se muestra una tendencia de la  $T_C$  a disminuir con el aumento de la masa corporal y se resalta la efectividad de la termorregulación, respecto a la disminución de calidad térmica del hábitat durante las noches y estaciones más frías.



El conocimiento de la termorregulación y uso del microhábitat en serpientes pertenece a un campo de estudio que ha sido poco explorado, según la representatividad que muestran en los documentos relacionados. El enfoque particular al tipo de ambiente no se había realizado con anterioridad, mientras que la información bibliográfica compilada es mayormente resultado de registros ocasionales, o bien parte de un análisis en un área de estudio determinada. La información recopilada de las temperaturas sigue un modelo de estudio correlativo, aunque existe una creciente tendencia por los modelos mecanicistas, los cuales permiten proyectar condiciones térmicas de los organismos independientemente de las condiciones ambientales. Sin embargo, suelen requerir una mayor inversión económica y temporal.

## 11. CONCLUSIONES

- Las serpientes de Bosque templado consideradas en este trabajo, promediaron una temperatura corporal  $24.41 \pm 4.05$  °C, temperatura del aire  $21.61 \pm 5.01$  °C y temperatura del sustrato  $23.72 \pm 4.85$  °C.
- Las subfamilias de serpientes en Bosque templado (Colubrinae, Dipsadinae, Natricinae y Crotalinae) presentan una tendencia termorreguladora tigmotérmica.
- Las subfamilias Dipsadinae, Natricinae y Crotalinae son las únicas que presentan un comportamiento de termorregulación activa, según el valor de la pendiente en la regresión lineal entre  $T_C$  y  $T_A$ ; el resto de las regresiones lineales muestran un comportamiento termoconformista.
- Se registró un horario de actividad entre las 10:00 y 19:00 horas, con una mayor actividad a las 13:00, 15:00 y 17:00 horas.
- En el uso de microhábitat, se observó un mayor porcentaje de observación en las categorías “Sobre hierba”, “Bajo roca”, “Sobre suelo” y “Entre hojarasca”.
- Crotalinae es la subfamilia de serpientes con mayor cantidad de investigaciones, posteriormente, se encuentran las subfamilias Natricinae, Colubrinae y Dipsadinae.

## 12. LITERATURA CITADA

Altamirano-Álvarez, T., Soriano-Sarabia, M., García-Bernal, A. y Miranda-González, N. (2012). Uso de los recursos espacio-temporales y alimentarios por una comunidad de serpientes, en Alvarado, Veracruz, México. *Revista de Zoología*, (23), 21-36. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=498/49830273003>

Arnaud, G., Sandoval, S., Escobar-Flores, J., Gómez-Muñoz, V., y Burguete, J. (2018). Thermal ecology of the Rattlesnake *Crotalus catalinensis* from Santa Catalina Island, Gulf of California. *Acta universitaria*, 28(6), 39-46. <https://doi.org/10.15174/au.2018.1667>

Brattstrom, B. H. (1965). Body Temperatures of Reptiles. *The American Midland Naturalist*, 73(2), 376–422. <https://doi.org/10.2307/2423461>

Bogert, C. (1939). Reptiles under the Sun Charles. *The American Biology Teacher*, 2(1), 28. <https://doi-org.pbidi.unam.mx:2443/10.2307/4436952>

Bogert, C. (1949). Thermoregulation in Reptiles, A Factor in Evolution. *Evolution*, 3(3), 195–211. <https://doi-org.pbidi.unam.mx:2443/10.2307/2405558>

Brown, W. S., Pyle, D. W., Greene, K. R., y Friedlaender, J. B. (1982). Movements and Temperature Relationships of Timber Rattlesnakes (*Crotalus horridus*) in Northeastern New York. *Journal of Herpetology*, 16(2), 151–161. <https://doi.org/10.2307/1563808>

Bryson, R., Mueller, J. y Lazcano, D. (2008) Observations on the Thermal Ecology of Montane Mexican Rattlesnakes. En Hayes, W., Beaman, K., Cardwell, M. y Bush, S. (eds.), *The Biology of Rattlesnakes*, 287-290. Loma Linda University Press.

Bouazza, A., Slimani, T., El Mouden, H., Blouin, D. G. y Lourdais, O. (2016). Thermal constraints and the influence of reproduction on thermoregulation in a high-altitude gecko

(*Quedenfeldtia trachyblepharus*). Journal of Zoology, 300(1), 36–44.  
<https://doi.org/10.1111/jzo.12353>

Bovo, R. P., Marques, O. y Andrade, D. (2012). When Basking Is Not an Option: Thermoregulation of a Viperid Snake Endemic to a Small Island in the South Atlantic of Brazil. Copeia, 2012, (3), 408–418. <https://doi.org/10.1643/CP-11-029>

Buckley, L., Urban, M., Angilletta, M., Crozier, L., Rissler, L. y Sears, M. (2010), Can mechanism inform species' distribution models? Ecology Letters, 13, 1041-1054. <https://doi.org.pbidi.unam.mx:2443/10.1111/j.1461-0248.2010.01479.x>

Bustos, M., Manjarrez, J. y Castro-Franco, R. (2013). Uso de microhábitat y termorregulación en *Sceloporus horridus horridus* (Wiegmann 1939) (Sauria: Phrynosomatidae). Acta zoológica mexicana, 29(1), 153-163.  
[http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0065-17372013000100006&lng=es&tlng=es](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0065-17372013000100006&lng=es&tlng=es)

Carbajal-Márquez, A. R., Domínguez-De La Riva, M. A., Jiménez-Godoy, O. B., Quintero-Díaz, E. G., y Bañuelos-Alamillo, A. J. (2020). *Storeria storerioides* (Mexican Brownsnake). Herpetological Review, 51(4), 784.

Castañeda-Gonzalez, O., Manjarrez, J., Goyenechea, I. y Fajardo, V. (2011). Ecology of a population of the earthsnake *Conopsis biserialis* in the mexican transvolcanic axis. Herpetological Conservation and Biology, 6(3), 364–371.

Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. (2021). Bosques templados. Ecosistemas de México. Biodiversidad mexicana.  
<https://www.biodiversidad.gob.mx/ecosistemas/bosqueTemplado>

- Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. (2021) EncicloVida. CONABIO. México, Recuperado el 04 de enero del 2021 de <https://www.enciclovida.mx>
- Cunningham, J. D. (1966). Additional Observations on the Body Temperatures of Reptiles. *Herpetológica*, 22(3), 184–189. <http://www.jstor.org/stable/3890681>
- Cruz-Elizalde, R. y Ramírez-Bautista, A. (2012). Diversidad de reptiles en tres tipos de vegetación del estado de Hidalgo, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 83(2), 458-467. ISSN: 1870-3453. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=425/42523421017>
- Cowles, R. (1939). Possible Implications of Reptilian Thermal Tolerance. *Science*, 90(2342), 465–466. <http://www.jstor.org/stable/1666338>
- Cowles, R. (1940). Additional Implications of Reptilian Sensitivity to High Temperatures. *The American Naturalist*, 74(755), 542–561. <http://www.jstor.org/stable/2457334>
- Cowles, R. (1941). Observations on the Winter Activities of Desert Reptiles. *Ecology*, 22(2), 125–140. <https://doi.org/10.2307/1932207>
- Cox, C.L., Logan, M.L., Bryan, O., Kaur, D., Leung, E., McCormack, J., McGinn, J., Miller, L., Robinson, C., Salem, J., Scheid, J., Warzinski, T., y Chung, A.K. (2018). Do ring-necked snakes choose retreat sites based upon thermal preferences? *Journal of thermal biology*, 71, 232-236.
- Ernst, C. H. (2003). Ecological parameters of the northern brown snake, *Storeria dekayi*. *Herpetological Bulletin*, (86), 10-19.
- Ernst, C. H., Creque, T., Orr, H., Hartsell, T. y Laemmerzahl, A. (2014). Operating Body Temperatures in a Snake Community of Northern Virginia. *Northeastern Naturalist*, 21(2), 247-258. <https://doi.org/10.1656/045.021.0205>

Fitch, H. S. (1956) Temperature responses in free-living amphibians and reptiles of northeastern Kansas. University of Kansas. Museum of Natural History, 8 (7) 417-476.

Fleharty, E. D. (1967). Comparative Ecology of *Thamnophis elegans*, *T. cyrtopsis*, and *T. rufipunctatus* in New Mexico. The Southwestern Naturalist, 12(3), 207–229.  
<https://doi.org/10.2307/3669111>

Flores-Villela, O., y García-Vázquez, U. (2014). Biodiversidad de reptiles en México. Revista mexicana de biodiversidad, 85(Supl. ene), S467-S475. <https://doi.org/10.7550/rmb.43236>

García-Vázquez, U. O. y Güizado-Rodríguez, M. A. (2008). *Crotalus triseriatus* (Dusky rattlesnake): Body Temperature. Herpetological Bulletin, (105), 42-43.

García-Vázquez, U. O., Mendoza-Hernández, A. A., y Solano-Zavaleta, I. (2012). Aporte al conocimiento del tamaño de camada de *Storeria storerioides* (Cope, 1865) Y *Thamnophis pulchrilatus* (Cope, 1884) en el Distrito Federal, México. Acta Zoológica Mexicana, 28(1), 211–214.

Herbst, L. C. (1949). A preliminary study of the reactions of snakes and lizards at low temperatures (Tesis de Maestría). University of California, Los Angeles.

Lemos-Espinal, J. A., Smith, G. R. y Ballinger, R. E. (1997). Observations on the body and natural history of some Mexican reptiles. Bulletin of the Maryland Herpetological Society, 33(4), 159–164.

Mayer-Goyenechea, I. y Gual-Díaz, M. (2014). Reptiles en el bosque mesófilo de Montaña En Gual-Díaz, M. y Rendón-Correa, A. (Coms.). Bosques Mesófilos de montaña de México: Diversidad, ecología y manejo. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, 263-278.

Granados-Sánchez, D., López-Ríos, G. F., y Hernández-García, M. A. (2007). Ecología y silvicultura en bosques templados. *Revista Chapingo. Serie Ciencias Forestales y del Ambiente*, 13(1), 67-83.

Heath, J. E. (1962). Temperature-independent morning emergence in lizards of the genus *Phrynosoma*. *Science*, 138(3543), 891-892. <https://doi.org/10.1126/science.138.3543.891>

Hertz, P., Huey, R., y Nevo, E. (1983). Homage to Santa Anita: Thermal Sensitivity of Sprint Speed in Agamid Lizards. *Evolution*, 37(5), 1075–1084. <https://doi.org/10.2307/2408420>

Hertz, P., Huey, R., & Stevenson, R. (1993). Evaluating Temperature Regulation by Field-Active Ectotherms: The Fallacy of the Inappropriate Question. *The American Naturalist*, 142(5), 796–818. <http://www.jstor.org/stable/2462717>

Huey, R. (1982) Temperature, physiology and the ecology of reptiles. En Gans, C. y Pough F.H. (Eds.), *Biology of reptilia* (pp. 25-91). Academic Press, London.

Huey, R. y Pianka, E. (1977). Seasonal Variation in Thermoregulatory Behavior and Body Temperature of Diurnal Kalahari Lizards. *Ecology*, 58(5), 1066–1075. <https://doi.org/10.2307/1936926>

Huey, R. y Slatkin, M. (1976). Cost and Benefits of Lizard Thermoregulation. *The Quarterly Review of Biology*, 51(3), 363–384.

Illescas-Aparicio, Miriam, Clark-Tapia, Ricardo, González-Hernández, Adriana, Vásquez-Díaz, Pedro R. y Aguirre-Hidalgo, Víctor. (2016). Diversidad y riqueza herpetofaunística asociada al bosque de manejo forestal y áreas de cultivo, en Ixtlán de Juárez, Oaxaca. *Acta zoológica mexicana*, 32(3), 359-369. [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0065-17372016000300359&lng=es&tlng=es](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0065-17372016000300359&lng=es&tlng=es).

Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. (s.f.). Espacio y datos de México.  
<https://www.inegi.org.mx/app/mapa/espacioydatos/default.aspx?aq=300010008>

Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. (2009a). Prontuario de información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos. Acajete, Veracruz de Ignacio de la Llave. Clave geoestadística 30001.

Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. (2009b). Prontuario de información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos. Huixquilucan, México. Clave geoestadística 15037.

Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. (2009c). Prontuario de información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos. Jilotepec, México. Clave geoestadística 15045.

Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. (2010) Compendio de información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos Huichapan, Hidalgo. Clave geoestadística 13029.

Kapfer, J.M., M.J. Pauers, D.M. Reineke, J.R. Coggins, y R. Hay. (2008). Environmental, behavioral, and habitat variables influencing body temperature in radio-tagged bullsnakes, *Pituophis catenifer sayi*. Journal of Thermal Biology, 33(3), 174–79.  
<https://doi.org/10.1016/j.jtherbio.2007.11.005>

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

Lara-Resendiz, R. (2020). ¿Qué implicaciones ecofisiológicas tiene la actividad nocturna en reptiles "diurnos"? Una revisión. Acta Biológica Colombiana, 25(2), 314-326.  
<https://doi.org/10.15446/abc.v25n2.78511>



Lara-Reséndiz, R., Larraín-Barrios, B., Diaz de la Vega-Pérez, A. y Méndez-De la Cruz, F. (2014). Calidad térmica a través de un gradiente altitudinal para una comunidad de lagartijas en la sierra del Ajusco y el Pedregal de San Ángel, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 85(3), 885-897. <https://doi.org/10.7550/rmb.42249>

López-Alcaide, S. y Macip-Ríos, R. (2011). Effects of Climate Change in Amphibians and Reptiles. En Grillo, O. y Venora, G. (Eds.), *Biodiversity Loss in a Changing Planet*. IntechOpen. <https://doi.org/10.5772/24663>

Martín-Regalado, N., Lavariega, M. C., Gómez-Ugalde, R. M. y Rodríguez-Pérez, C. (2016). Anfibios y reptiles de la sierra de Cuatro Venados, Oaxaca, México. *Arxius de Miscel·lània Zoològica*, 14, 217–232. <https://doi.org/10.32800/amz.2016.14.0217>

Martínez-Vaca, O. I. y López-Medellín, X. (2019). Serpientes, un legado ancestral en riesgo. *Ciencia ergo-sum*, 26(2), 1–10. <https://doi.org/10.30878/ces.v26n2a10>

Pañeda, E (2019). Ecología térmica de la serpiente de cascabel *Crotalus ruber lucasensis* (Tesis de maestría). Centro de investigaciones biológicas del noroeste, Baja California Sur, México.

Passek, K. M., y Gillingham, J. C. (1997). Thermal influence on defensive behaviours of the Eastern garter snake, *Thamnophis sirtalis*. *Animal behaviour*, 54(3), 629–633. <https://doi.org/10.1006/anbe.1996.0458>

Pough, F. H., Andrews, R. M., Crump, M. L., Savitzky, A. H., Wells, K. D., y Brandley, M. C. (2016). *Herpetology*. Sinauer Associates, Inc.

Rosas-Espinoza, V., García-Mata, E., Santiago-Pérez, A. y Villarreal-Méndez, J. (2014). Herpetofauna asociada a madrigueras de la tuza *Pappogeomys bulleri* en el bosque

templado de sierra de Quila, Jalisco. *Revista mexicana de biodiversidad*, 85(1), 328-331.

<https://doi.org/10.7550/rmb.36748>

Rosen, P. C. (1991). Comparative Field Study of Thermal Preferenda in Garter Snakes (Thamnophis). *Journal of Herpetology*, 25(3), 301–312. <https://doi.org/10.2307/1564588>

Santoyo-Brito, E. y Lemos-Espinal, J. (2010). Reparto de recursos de los gremios de lagartijas en el Cañón de Chínipas, Chihuahua, México. *Acta zoológica mexicana*, 26(2), 435-450.

[http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0065-17372010000200008&lng=es&tlng=es](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0065-17372010000200008&lng=es&tlng=es)

Scott, J. R., Tracy, C. R., y Pettus, D. (1982). A Biophysical Analysis of Daily and Seasonal Utilization of Climate Space by a Montane Snake. *Ecology*, 63(2), 482–493.

<https://doi.org/10.2307/1938965>

Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. (2013). Ecosistemas terrestres. Informe de la Situación del Medio Ambiente en México. Compendio de Estadísticas Ambientales. Indicadores Clave y de Desempeño Ambiental. Edición 2012.

Shine, R., Sun, L., Kearney, M. y Fitzgerald, M. (2002). Thermal correlates of foraging-site selection by Chinese pit-vipers (*Gloydius shedaoensis*, Viperidae). *Journal of Thermal Biology*, 27(5), 405–412. [https://doi.org/10.1016/S0306-4565\(02\)00009-8](https://doi.org/10.1016/S0306-4565(02)00009-8)

Sinervo, B., Méndez-de-la-Cruz, F., Miles, D., Heulin, B., Bastiaans, E., Villagrán-Santa Cruz, M., Lara-Reséndiz, R., Martínez-Méndez, N., Calderón-Espinosa, M., Meza-Lázaro, R., Gadsden, H., Avila, L., Morando, M., De la Riva, I., Sepúlveda, P., Rocha, C., Ibargüengoytía, N., Puntriano, C., Massot, M., Lepetz, V., Oksanen, T., Chapple, D., Bauer, A., Branch, W., Clobert, J. y Sites, J. (2010). Erosion of lizard diversity by climate change

and altered thermal niches. *Science*, 328(5980), 894–899.

<https://doi.org/10.1126/science.1184695>

Sinervo, B., Miles, D., Martínez-Méndez, N., Lara-Reséndiz, R., y Méndez-de-la-Cruz, F. (2011). Response to Comment on “Erosion of Lizard Diversity by Climate Change and Altered Thermal Niches.” *Science*, 332(6029), 537. <https://doi.org/10.1126/science.1195348>

Stewart, G. (1965). Thermal Ecology of the Garter Snakes *Thamnophis sirtalis concinnus* (Hallowell) and *Thamnophis ordinoides* (Baird and Girard). *Herpetológica*, 21(2), 81–102. <http://www.jstor.org/stable/3890597>

Uetz, P., Freed, P., Aguilar, R. y Hošek, J. (eds.) (2021) *The Reptile Database*, <http://www.reptile-database.org>

Vázquez-Castro, A. M. (2011). *Ecología térmica y dimorfismo sexual en las especies de culebras, Conopsis biserialis y Conopsis lineata* (Tesis de Licenciatura). Universidad Nacional Autónoma de México, México.

Vitt, L., y Caldwell, J. (2014). *Herpetology: an introductory biology of amphibians and reptiles*. Academic Press.

Zaher H., Murphy. R., Arredondo, J., Graboski, R., Machado-Filho, P., Mahlow, K., *et al.* (2019). Large-scale molecular phylogeny, morphology, divergence-time estimation, and the fossil record of advanced caenophidian snakes (Squamata: Serpentes). *PLOS ONE*, 14(5), e0216148. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0216148>

### 13. ANEXO 1. Datos de las temperaturas registradas en la literatura.

Tabla 2. Temperaturas de las serpientes registradas en la literatura.

Subfamilia	Especie	T ° C	T ° A	T ° S	c
Colubrinae	<i>Coluber constrictor</i>	28.1	17.9	19.9	Ernst <i>et al.</i> , 2014
Colubrinae	<i>Conopsis biserialis</i>	21.81	18.52	20.1	Lemos-Espinol <i>et al.</i> , 1997
Colubrinae	<i>Conopsis lineata</i>	24.6	22.85	35.1	Brattstrom, 1965
Colubrinae	<i>Lampropeltis getula</i>	15.1	14.8	15.2	Brattstrom, 1965
Colubrinae	<i>Lampropeltis zonata</i>	27.5	25	35	Brattstrom, 1965
Colubrinae	<i>Masticophis lateralis</i>	28	21	28.5	Brattstrom, 1965
Colubrinae	<i>Pantherophis alleghaniensis</i>	18.2	18.8	17.6	Ernst <i>et al.</i> , 2014
Colubrinae	<i>Pituophis catenifer</i>	17.2	16	17.2	Herbst, 1949
Colubrinae	<i>Pituophis catenifer</i>	17.5	18.5	19	Herbst, 1949
Colubrinae	<i>Pituophis catenifer</i>	16.4	15.5	17	Fitch, 1956
Colubrinae	<i>Pituophis catenifer</i>	29	24	24.5	Fitch, 1956
Colubrinae	<i>Pituophis catenifer</i>	18	17.4	19.2	Fitch, 1956
Colubrinae	<i>Pituophis catenifer</i>	24.6	24.6	24.5	Fitch, 1956
Colubrinae	<i>Pituophis catenifer</i>	25	24.7	30	Fitch, 1956
Colubrinae	<i>Pituophis catenifer</i>	26.2	25.5	26.5	Fitch, 1956
Colubrinae	<i>Pituophis catenifer</i>	24	18.1	20.2	Fitch, 1956
Colubrinae	<i>Pituophis catenifer</i>	28	16.6	19	Fitch, 1956
Colubrinae	<i>Pituophis catenifer</i>	20	21	20	Fitch, 1956
Colubrinae	<i>Pituophis catenifer</i>	25	25	23	Fitch, 1956
Colubrinae	<i>Pituophis catenifer</i>	21.4	24	14.4	Fitch, 1956
Colubrinae	<i>Pituophis catenifer</i>	34.1	21	32	Fitch, 1956
Colubrinae	<i>Pituophis catenifer</i>	27.3	29	31	Fitch, 1956
Colubrinae	<i>Pituophis catenifer</i>	25.6	24	29.5	Fitch, 1956
Colubrinae	<i>Pituophis catenifer</i>	30.4	28	33.6	Fitch, 1956
Colubrinae	<i>Pituophis catenifer</i>	29.2	28	29	Fitch, 1956
Colubrinae	<i>Pituophis catenifer</i>	27.3	29	31.4	Fitch, 1956
Colubrinae	<i>Spilotes pullatus</i>	24.6	27.2	24	Brattstrom, 1965
Dipsadinae	<i>Carphophis amoenus</i>	23.1	22.3	19.9	Ernst <i>et al.</i> , 2014

Dipsadinae	<i>Contia tenuis</i>	19.5	17.4	17.35	Brattstrom, 1965
Dipsadinae	<i>Diadophis punctatus</i>	18.6	20.3	18.1	Ernst et al., 2014
Dipsadinae	<i>Geophis semidoliatus</i>	24.6	24.6	23.2	Brattstrom, 1965
Dipsadinae	<i>Leptodeira annulata</i>	26	25.5	26	Brattstrom, 1965
Natricinae	<i>Nerodia sipedon</i>	23.9	24.2	24.4	Ernst et al., 2014
Natricinae	<i>Storeria dekayi</i>	27	28	25.6	Brattstrom, 1965
Natricinae	<i>Storeria dekayi</i>	23	24	21	Ernst, 2003
Natricinae	<i>Storeria dekayi</i>	28.5	29.1	26.8	Ernst, 2003
Natricinae	<i>Storeria dekayi</i>	25.5	27.5	25.09	Ernst, 2003
Natricinae	<i>Storeria dekayi</i>	24.2	26.2	24.8	Ernst, 2003
Natricinae	<i>Storeria dekayi</i>	21.6	24.6	22.2	Ernst, 2003
Natricinae	<i>Storeria dekayi</i>	20.2	18.8	20.1	Lemos-Espinol et al., 1997
Natricinae	<i>Storeria occipitomaculata</i>	24.3	20.8	21.2	Brattstrom, 1965
Natricinae	<i>Storeria occipitomaculata</i>	28.2	30.3	26.7	Brattstrom, 1965
Natricinae	<i>Thamnophis butleri</i>	26.1	20.94	24.21	Carpenter, 1956
Natricinae	<i>Thamnophis elegans</i>	17.6	22.9	17.4	Scott et al., 1982
Natricinae	<i>Thamnophis elegans</i>	17.2	22.3	17	Scott et al., 1982
Natricinae	<i>Thamnophis elegans</i>	17.2	22.5	17.1	Scott et al., 1982
Natricinae	<i>Thamnophis elegans</i>	24.2	22.3	23.9	Scott et al., 1982
Natricinae	<i>Thamnophis elegans</i>	24.4	22.3	23.8	Scott et al., 1982
Natricinae	<i>Thamnophis elegans</i>	24.3	22.3	23.9	Scott et al., 1982
Natricinae	<i>Thamnophis elegans</i>	25.4	22.1	24.9	Scott et al., 1982
Natricinae	<i>Thamnophis elegans</i>	26.3	21.9	25.2	Scott et al., 1982
Natricinae	<i>Thamnophis elegans</i>	22.8	21.8	22.7	Scott et al., 1982
Natricinae	<i>Thamnophis elegans</i>	24	23	23.6	Scott et al., 1982
Natricinae	<i>Thamnophis elegans</i>	25.5	23.2	25.5	Scott et al., 1982
Natricinae	<i>Thamnophis elegans</i>	27.4	23.6	27.6	Scott et al., 1982
Natricinae	<i>Thamnophis elegans</i>	32.2	23.8	32.2	Scott et al., 1982
Natricinae	<i>Thamnophis elegans</i>	17	21.6	16.9	Scott et al., 1982
Natricinae	<i>Thamnophis elegans</i>	17.1	22.3	16.7	Scott et al., 1982

Natricinae	<i>Thamnophis elegans</i>	17.2	22.4	17.1	Scott <i>et al.</i> , 1982
Natricinae	<i>Thamnophis elegans</i>	24	23	22.8	Scott <i>et al.</i> , 1982
Natricinae	<i>Thamnophis elegans</i>	23.6	22.8	22.8	Scott <i>et al.</i> , 1982
Natricinae	<i>Thamnophis elegans</i>	23.2	23.3	23.2	Scott <i>et al.</i> , 1982
Natricinae	<i>Thamnophis elegans</i>	27.6	23.8	27.6	Scott <i>et al.</i> , 1982
Natricinae	<i>Thamnophis elegans</i>	30.6	23.8	30.8	Scott <i>et al.</i> , 1982
Natricinae	<i>Thamnophis elegans</i>	33.8	23.8	34	Scott <i>et al.</i> , 1982
Natricinae	<i>Thamnophis elegans</i>	28.6	23.2	28.6	Scott <i>et al.</i> , 1982
Natricinae	<i>Thamnophis elegans</i>	30.8	23.2	31.2	Scott <i>et al.</i> , 1982
Natricinae	<i>Thamnophis elegans</i>	34.6	23.2	34.9	Scott <i>et al.</i> , 1982
Natricinae	<i>Thamnophis elegans</i>	27.8	16	28.1	Scott <i>et al.</i> , 1982
Natricinae	<i>Thamnophis elegans</i>	26.6	16	27.5	Scott <i>et al.</i> , 1982
Natricinae	<i>Thamnophis elegans</i>	25.5	16	26.2	Scott <i>et al.</i> , 1982
Natricinae	<i>Thamnophis elegans</i>	33	13	33.6	Scott <i>et al.</i> , 1982
Natricinae	<i>Thamnophis elegans</i>	25.2	13	25.2	Scott <i>et al.</i> , 1982
Natricinae	<i>Thamnophis elegans</i>	18.8	13	18.8	Scott <i>et al.</i> , 1982
Natricinae	<i>Thamnophis elegans</i>	20.1	4	21.8	Scott <i>et al.</i> , 1982
Natricinae	<i>Thamnophis elegans</i>	24.6	4	25.1	Scott <i>et al.</i> , 1982
Natricinae	<i>Thamnophis elegans</i>	28.6	4	30.3	Scott <i>et al.</i> , 1982
Natricinae	<i>Thamnophis ordinoides</i>	26.6	19.5	23.6	Stewart, 1965
Natricinae	<i>Thamnophis ordinoides</i>	22.9	16.5	20.2	Stewart, 1965
Natricinae	<i>Thamnophis saurita</i>	21.1	23.3	23	Ernst <i>et al.</i> , 2014
Natricinae	<i>Thamnophis saurita</i>	26	22.28	26.23	Carpenter, 1956
Natricinae	<i>Thamnophis sirtalis</i>	23.5	23.6	23.5	Ernst <i>et al.</i> , 2014
Natricinae	<i>Thamnophis sirtalis</i>	25.6	21.64	25.64	Carpenter, 1956
Natricinae	<i>Thamnophis sirtalis</i>	28.1	20.8	23.8	Stewart, 1965
Natricinae	<i>Thamnophis sirtalis</i>	24.9	15.9	20.7	Stewart, 1965
Crotalinae	<i>Agkistrodon contortrix</i>	26.2	25.5	25.6	Brattstrom, 1965
Crotalinae	<i>Agkistrodon contortrix</i>	26.7	27	26.6	Brattstrom, 1965
Crotalinae	<i>Agkistrodon contortrix</i>	23.1	22.9	23.5	Ernst <i>et al.</i> , 2014
Crotalinae	<i>Bothrops insularis</i>	21.1	20.5	20.4	Bovo <i>et al.</i> , 2012
Crotalinae	<i>Bothrops insularis</i>	17.9	17.6	17.6	Bovo <i>et al.</i> , 2012
Crotalinae	<i>Bothrops insularis</i>	23.4	23	22.9	Bovo <i>et al.</i> , 2012

Crotalinae	<i>Bothrops insularis</i>	25.7	24.6	24.6	Bovo <i>et al.</i> , 2012
Crotalinae	<i>Crotalus atrox</i>	24.6	26	23.8	Brattstrom, 1965
Crotalinae	<i>Crotalus atrox</i>	24.2	26	23.8	Brattstrom, 1965
Crotalinae	<i>Crotalus atrox</i>	27	27.2	26.9	Brattstrom, 1965
Crotalinae	<i>Crotalus horriuds</i>	26.9	24.9	21.4	Brown <i>et al.</i> , 1982
Crotalinae	<i>Crotalus lepidus</i>	24.7	21.9	23.6	Bryson <i>et al.</i> , 2008
Crotalinae	<i>Crotalus lepidus</i>	26	22.5	24	Bryson <i>et al.</i> , 2008
Crotalinae	<i>Crotalus pricei</i>	21	20.2	21.3	Bryson <i>et al.</i> , 2008
Crotalinae	<i>Crotalus pricei</i>	19.7	19.3	18.6	Bryson <i>et al.</i> , 2008
Crotalinae	<i>Crotalus ravus</i>	21.32	17.87	19.07	Lemos-Espinol <i>et al.</i> , 1997
Crotalinae	<i>Crotalus ruber</i>	24	24	24	Brattstrom, 1965
Crotalinae	<i>Crotalus scutulatus</i>	23	23	21	Brattstrom, 1965
Crotalinae	<i>Crotalus scutulatus</i>	33.6	28	33	Brattstrom, 1965
Crotalinae	<i>Crotalus triseriatus</i>	26.24	14.24	18.69	Lemos-Espinol <i>et al.</i> , 1997
Crotalinae	<i>Crotalus triseriatus</i>	24.1	14.1	18.5	Bryson <i>et al.</i> , 2008
Crotalinae	<i>Crotalus triseriatus</i>	20.83	16.64	16.46	García-Vázquez y Güizado-Rodríguez, 2008

**14. ANEXO 2.** Datos de las temperaturas registradas en las áreas de estudio.

Tabla 3. Temperaturas registradas en los organismos capturados en campo

<b>Subfamilia</b>	<b>Especie</b>	<b>T ° C</b>	<b>T ° A</b>	<b>T ° S</b>	<b>Localidad</b>
Colubrinae	<i>Conopsis lineata</i>	27.3	13.9	32.8	Vitejhé
Colubrinae	<i>Conopsis lineata</i>	28.6	31.3	24.1	Vitejhé
Colubrinae	<i>Conopsis lineata</i>	22	14.6	19	Vitejhé
Colubrinae	<i>Conopsis lineata</i>	29	26.4	29.7	Vitejhé
Colubrinae	<i>Conopsis lineata</i>	27.5	13.9	33	Vitejhé
Colubrinae	<i>Conopsis lineata</i>	28.6	31.8	24.1	Vitejhé
Colubrinae	<i>Conopsis lineata</i>	22	16.6	19.2	Vitejhé
Colubrinae	<i>Conopsis lineata</i>	24	20.3	22	La Joya
Colubrinae	<i>Conopsis lineata</i>	23	21	22	La Joya
Colubrinae	<i>Conopsis lineata</i>	21	21	22	La Joya
Colubrinae	<i>Conopsis nasus</i>	27	28.5	20.2	Vitejhé
Colubrinae	<i>Drymarchon melanurus</i>	29.8	26.6	30	Tagui
Colubrinae	<i>Masticophis mentovarius</i>	28.8	23.8	27.2	Jilotepec
Colubrinae	<i>Pituophis deppei</i>	27.8	24.4	29.6	Dantzibojay
Colubrinae	<i>Pituophis deppei</i>	29	25.4	29.7	Jilotepec
Colubrinae	<i>Pituophis deppei</i>	29	26.6	27.7	Jilotepec
Colubrinae	<i>Pituophis deppei</i>	29	25.4	29.7	Tagui
Colubrinae	<i>Salvadora bairdi</i>	29	25.4	29.7	Jilotepec
Colubrinae	<i>Salvadora bairdi</i>	20.2	24.2	18.2	Jilotepec
Dipsadinae	<i>Diadophis punctatus</i>	28	26.4	29.8	Tagui
Dipsadinae	<i>Geophis mutitorques</i>	22	20	21.5	La Joya
Dipsadinae	<i>Geophis mutitorques</i>	21	19	21	La Joya
Dipsadinae	<i>Geophis mutitorques</i>	22	19	21	La Joya
Dipsadinae	<i>Geophis mutitorques</i>	21	18	21	La Joya
Dipsadinae	<i>Geophis mutitorques</i>	20	18	19	La Joya
Dipsadinae	<i>Geophis mutitorques</i>	20	18	19	La Joya
Dipsadinae	<i>Geophis mutitorques</i>	20	18	19	La Joya
Dipsadinae	<i>Geophis mutitorques</i>	19	17	19	La Joya
Dipsadinae	<i>Geophis mutitorques</i>	22	22	23	La Joya
Dipsadinae	<i>Geophis mutitorques</i>	19.1	20.5	20.7	La Joya



Dipsadinae	<i>Geophis mutitorques</i>	24.9	15.1	20.7	La Joya
Dipsadinae	<i>Geophis mutitorques</i>	27.7	13.3	20.7	La Joya
Natricinae	<i>Storeria dekayi</i>	16.7	16.5	20.7	La Joya
Natricinae	<i>Storeria storerioides</i>	22	14.6	19	Huixquilucan
Natricinae	<i>Storeria storerioides</i>	27.3	13.9	32.8	Huixquilucan
Natricinae	<i>Storeria storerioides</i>	28.6	31.3	24.1	Huixquilucan
Natricinae	<i>Storeria storerioides</i>	27	28.5	20.2	Huixquilucan
Natricinae	<i>Storeria storerioides</i>	29	26.4	29.7	Huixquilucan
Natricinae	<i>Thamnophis cyrtopsis</i>	19.8	23.2	18.2	Jilotepec
Natricinae	<i>Thamnophis eques</i>	20.4	24	18.2	Dantzibojay
Natricinae	<i>Thamnophis eques</i>	20.6	24.2	17.4	Huixquilucan
Natricinae	<i>Thamnophis eques</i>	26.6	30.3	24.1	Tagui
Natricinae	<i>Thamnophis melanogaster</i>	20.6	23	18.2	Jilotepec
Natricinae	<i>Thamnophis scalaris</i>	24	20.3	22	La Joya
Natricinae	<i>Thamnophis scalaris</i>	22	20.1	21	La Joya
Natricinae	<i>Thamnophis scalaris</i>	23	20	21.5	La Joya
Natricinae	<i>Thamnophis scaliger</i>	20.6	24	17.6	Jilotepec
Crotalinae	<i>Crotalus molossus</i>	28.4	31.2	25.1	Dantzibojay
Crotalinae	<i>Crotalus molossus</i>	26.5	13.9	32.6	Vitejhé