



BENEMÉRITA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE PUEBLA

FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS

ECOLOGIA POBLACIONAL Y REPRODUCTIVA DE
KINOSTERNON HIRTIPES MURRAYI EN EL LIMITE DE SU
DISTRIBUCIÓN ALTITUDINAL.

Tesis para obtener el título de
LICENCIADO (A) EN BIOLOGÍA
PRESENTA:

MIRIAM DE LA CRUZ MERLO

DIRECTOR:
DR. RODRIGO MACIP RÍOS



2021

1. INTRODUCCIÓN

Actualmente, un gran número de especies se encuentran al borde de la extinción, esto debido a la gran variedad de factores antropogénicos. La severa sobreexplotación, la pérdida de hábitat, degradación, deforestación, la alta demanda agrícola, urbanización, depredación de crías y especies invasoras son algunas de las causas que han impactado a las poblaciones de tortugas (Rhodin *et al.*, 2018). Esta problemática ha generado la búsqueda de estrategias para la conservación de ciertas especies y hábitats (Crouse *et al.*, 1987).

Los trabajos más confiables para entender el status, etapas de vida, la estructura de la población, la supervivencia y la efectividad de programas de manejo y conservación de las poblaciones son los que incluyen la obtención de datos demográficos (Begon *et al.*, 1996; Caswell, 2001; Peñaloza, 2000). Es por ello que la demografía se ha convertido en un componente muy importante, debido al impacto que puede tener en la toma de decisiones para el desarrollo de estrategias de conservación. La determinación de los aspectos demográficos en cada población permite que los esfuerzos para la conservación sean efectivos permitiendo identificar las debilidades, la sensibilidad y los estadios que más aportan a la población.

Otro aspecto importante para la demografía es la ecología reproductiva, con la cual se podrá entender la historia de vida de los organismos (Iverson, 2010). Se conoce que las hembras deben garantizar que su descendencia coincida en el tamaño y el

número de huevos con el medio en que prevalecen, sin embargo, puede existir una restricción morfológica que limite el tamaño de la descendencia, tal es el caso de la apertura pélvica. Si las hembras son pequeñas, es posible que pongan huevos pequeños o viceversa (Congdon, 1987). El tamaño corporal de la descendencia y la nidada son rasgos importantes de la ecología y evolución de las tortugas. El estudio de estos dos rasgos es esencial para generar patrones en la reproducción de estos organismos (Wilkinson, 2003).

La importancia de que en México se hagan estudios demográficos, se debe a que es uno de los países más diversos en reptiles y el segundo más diverso en tortugas, (Smith, 1979; Van Dijk, 2012) en el país están registradas 15 especies de tortugas de la familia Kinosternidae (Flores–Vilella *et al.*, 2013), de hecho, en los años recientes se han descrito especies nuevas. (Loc-Barragán *et al.*, 2020; López-Luna *et al.*, 2018)

Se ha registrado que existe una disminución en poblaciones de tortugas en México. Las tortugas de agua dulce son consideradas en un muy alto riesgo de extinción (Rhodin *et al.*, 2011). Y esto se debe considerar, ya que, de las 360 especies de tortugas reconocidas por la IUCN el 61% se consideran amenazadas (Rhodin *et al.*, 2018).

Aunque los estudios demográficos resultan complicados en organismos con una vida larga como lo son las tortugas, en la familia Kinosternidae se ha podido conocer que son organismos estacionales con baja supervivencia en estados juveniles y alta supervivencia en adultos (Wilbur y Morin, 1988; Janzen *et al.*, 2000; Lovich *et al.*, 2015). Los estudios demográficos en tortugas de agua dulce en México son muy

escasos y mucho menos en la Familia Kinosternidae, sin embargo, recientemente se han publicado estudios sobre poblaciones en distintas partes de México (Vázquez-Gómez *et al.*, 2016; Enriquez-Mercado *et al.*, 2018).

Una de las especies menos estudiadas es *Kinosternon hirtipes*, sin embargo, existen trabajos sobre su crecimiento, reproducción y dieta (Platt *et al.*, 2016; Iverson *et al.*, 1991) la subespecie *Kinosternon hirtipes murrayi* es una de las tiene una distribución más amplia respecto a las otras cinco subespecies (Platt *et al.*, 2016). Se cree que las tortugas dependen mucho del medio en el que habitan, pero, para el caso de la subespecie *Kinosternon hirtipes murrayi* llegan a subsistir en hábitats con una alta contaminación, convirtiéndola es una especie altamente adaptable (Flores-Tena, 1993).

Aunque en la Norma oficial Mexicana NOM-059 *Kinosternon hirtipes murrayi* está catalogada como una especie en protección especial (Pr), la cual podría estar amenazada, por lo tanto, son necesarios los trabajos dedicados a *Kinosternon hirtipes murrayi* pues implica las condiciones extremas de temperatura y altitud. Mientras más información se tenga sobre esta especie, será más sencillo generar los programas de conservación y manejo que favorezcan la permanencia de la biodiversidad.

1. ANTECEDENTES

2.1 ASPECTOS DEMOGRAFICOS

Los estudios que existen sobre la demografía y la ecología de poblaciones de las tortugas se ha enfocado principalmente en la estimación de la estructura poblacional, el tamaño de las poblaciones, las proporciones de sexos, así como en aspectos reproductores y en la supervivencia.

Macip–Rios *et al.* (2011) investigó la ecología poblacional de dos poblaciones de *Kinosternon integrum* en diferentes elevaciones. La población de baja altitud tuvo una supervivencia similar en sub-adultos, adultos pequeños y adultos grandes, mientras que la población de la zona alta la eclosión de los huevos fue baja, lo mismo que la supervivencia en juveniles y en sub-adultos. Los adultos presentaron una supervivencia superior a los grupos no reproductores.

Otro estudio realizado por Macip–Rios *et al.* (2009) con *Kinosternon integrum* en Tonatico en el Estado de México durante el 2003 al 2004, donde se colectaron 204 tortugas el 57.8 fueron recapturadas 89 fueron hembras, 50 machos con evidente dimorfismo entre los sexos y con una proporción entre sexos sesgada (1:1.27). La población se caracterizó principalmente por una estructura en adultos e inmaduros.

Herrera *et al.* (2015), en un estudio con *Rhinoclemmys nausta* encontraron 32 individuos, de los cuales 22 fueron juveniles, 7 hembras y 3 machos. El tamaño de la población fue de 42 tortugas y 31.25% de recapturas. La estructura poblacional estuvo compuesta básicamente por juveniles. Otro factor que tomaron en cuenta

fue el lugar donde las tortugas eran capturadas, las cuales fueron encontradas tomando el sol, comiendo, nadando o en el fondo de las pozas.

Vázquez–Gómez *et al.* (2016) obtuvo de la población de *Kinosternon oaxacae* el 15% de recapturas durante su muestreo resultado de tres zonas distintas. En cuanto a su estructura poblacional, obtuvieron igualdad para sus tres zonas. La proporción de sexos fue de 1:2.2, a pesar de la presencia de hembras no encontraron variación morfológica entre los sexos, aunque, en general los machos si resultaron más grandes que las hembras.

Cazares-Hernández *et al.* (2016) llevó a cabo un estudio en Veracruz con *Kinosternon herrarai*, donde capturó 27 machos, 46 hembras y algunos casos de individuos que no pudo determinar su sexo. De estas, 47 tortugas fueron recapturadas. De acuerdo al modelo de Schnabel, el tamaño poblacional fue de 91.8 individuos y el promedio poblacional de 62.6 individuos. El 53.8% de la población se encontró entre 120-140 mm, el 26.3% están por debajo de 119-30 mm y las hembras presentaron un tamaño mayor que los machos, pero, los machos son los que predominan en la población. Esta población presentó una dieta compuesta de crustáceos, insectos y vegetales. En general, esta población se considera estable.

En otro estudio realizado con *Kinosternon integrum*, Aparicio *et al.* (2018) obtuvo 11 eventos de muestro capturando 45 tortugas de las cuales 25 recapturas con 4 machos, 21 hembras y de acuerdo al tamaño categorizaron a 3 tortugas inmaduros, 12 juveniles y 11 crías. La proporción de sexos fue sesgada a las hembras (1:4.75) principalmente con hembras maduras. Su tamaño poblacional fue de 60 obtenido

con el modelo de Chao y sugiere el autor que la densidad es de 0.22 tortugas/m² de agua. Registraron 2 hembras con 4 huevos y 1 hembra con 5 huevos.

2.2 PROPORCIÓN Y VARIACIÓN MORFOLÓGICA ENTRE SEXOS

En un estudio con *Sternotherus odoratus* que se llevó a cabo en Alabama, Dodd (1989) capturaron 135 individuos, de los cuales recapturaron 26 individuos, siendo las hembras el sexo más abundante. No se encontraron diferencias entre el largo del caparacho de los machos y las hembras. La mayoría de los individuos presentaron una talla entre 65 a 79.9 mm, con una masa corporal promedio de 71.3 gr. No encontraron diferencias entre los sexos respecto a su masa corporal. La masa corporal puede variar dependiendo a la estación en la que se encuentren, un factor muy importante para las hembras.

Uno de los estudios relevante es el de Acuña-Mesén *et al.* (1993), quienes observaron que las hembras de *Kinosternon scorpioides* tenían un ancho del caparacho y un peso mayor al de los machos sin embargo no encontraron diferencias en la longitud del caparacho de los machos, en general la proporción de sexos se inclinó hacia las hembras favoreciéndolas para su etapa reproductiva. El dimorfismo entre sexos es una de las estrategias más eficientes que las tortugas tienen, en su mayoría las hembras son las tienen un tamaño más grande esto las ayuda en su etapa reproductiva (Berry *et al.*, 1980).

Guerrero-Angulo *et al.* (2010) estudiaron una población de *Kinosternon leucostomum postinguinale*, dónde obtuvieron 77 tortugas, 33 hembras, 26 machos

y 18 juveniles. Las hembras fueron más grandes que los machos, esta es una subespecie que está bajo presión ambiental, la cual ha afectado el tamaño poblaciones.

Otro estudio que se llevó a cabo con *Rhinoclemmys nasuta* en Colombia por Giraldo *et al.* (2012), donde capturaron 687 tortugas. En este estudio sugieren una tasa de crecimiento de 5.1 mm, 33% juveniles, 39% hembras y 28% machos. Encontraron una diferencia significativa en la proporción de sexos. La mayor presencia fue de juveniles en el riachuelo, las hembras presentaron tallas más grandes y no hubo una relación entre tamaño y peso de los individuos (Giraldo *et al.*, 2012).

En un estudio realizado con *Kinosternon sonoriense* en Arizona, Lovich *et al.* (2012) capturaron 146 tortugas de las cuales el 53.9% son hembras adultas, las cuales produjeron huevos durante el 2007 y en 2008 solo un 35.7%. La proporción de sexos no fue diferente entre hembras y machos.

Otro estudio hecho con *Kinosternon leucostomum* es el de Rodríguez-Murcia *et al.* (2014) capturó 44 individuos, 16 hembras y 28 machos, obtuvieron una proporción de 1:1 (H:M) con un tamaño poblacional de 54.4 individuos. Al no encontrar individuos juveniles sugieren que el tamaño de la población es pequeño o hay una probabilidad alta de depredación, motivos por los cuales probablemente la población esté siendo afectada. A esta especie la consideraron como fiel a su hábitat, aunque las condiciones no fueran las más óptimas.

Ceballos *et al.* (2016) en el Río Nus, Colombia llevó a cabo un estudio con *Kinosternon leucostomum*, donde el muestreo se llevó a cabo en cuatro arroyos. Se

reportaron 80 capturas y 12 recapturas. La proporción de sexos fue de 2.5:1 (M:H), donde los machos fueron los que predominaron en la población y los cuales eran los que mostraron un tamaño superior que al de las hembras. Un 65% de las tortugas habían consumido plantas, 50% insectos. Esta es una población que se encuentra en una situación crítica.

Macip–Rios *et al.* (2018) en la Península de Yucatán llevaron a cabo un estudio con *Kinosternon creaseri*, dónde capturaron 174 tortugas y recapturaron 34 (19.76%), de las cuales 12 fueron machos y 9 hembras con una proporción de sexos de 1:1. Los machos fueron más grandes que las hembras. Reportaron una extensión de la distribución al suroeste de Campeche y Quintana Roo y al noreste de la frontera de Yucatán y Campeche.

2.3 CARACTERISTICAS REPRODUCTIVAS EN TORTUGAS

En un estudio por Gibbons (1982) realizado con hembras grávidas de *Kinosternon subrubum* y *Pseudemys floridana* en Carolina del sur, 22 *Kinosternon subrubum* con una longitud media del plastrón de 86 mm y la masa de 165.2 gr., tamaño de la nidada según la radiografía de 3.76 huevos. La temperatura de incubación de los huevos no afectó el tamaño de las crías. El ancho y largo del huevo se relacionó con la masa de la cría. También encontraron seis hembras de *P. floridana* con una media en la longitud del plastrón de 246.8 mm, el tamaño de la nidada fue de 14.5, la temperatura tampoco afectó el tamaño de las crías y la masa del huevo se relacionó con la longitud y ancho del huevo. Las medidas que obtuvieron a partir de las radiografías les ayudó para predecir la variación que existía en la masa de los huevos.

Wilkinson (2003) investigo a *Kinosternon subrubum*, *Sternotherus odoratus* y *Pseudemys floridana*, 255 de la primera con 635 nidadas, 39 *S. odoratus* con 46 nidadas y 46 *P. floridana* con 70 nidadas. Las características de las hembras y de las nidadas fueron similares entre *K. subrubum* y *S. odoratus*. para las tres especies encontraron relación entre el tamaño de la nidada y la longitud del plastrón y también encontraron similitud entre el ancho de la pelvis y la longitud de plastrón. El tamaño del huevo como la nidada variaron entre todas las especies. *Kinosternon subrubum* fue la especie que produjo múltiples nidadas durante todo el año, también observaron que el tamaño del huevo se relacionó con las nidadas más pequeñas.

Un estudio de Ferrero-Medina *et al.* (2007) con *Kinosternon scorpioides* albogulare en Colombia obtuvo 81 recapturas estimando 4343 tortugas, localizando a el 95% de la población en el sur del sitio de estudio. El 41.9% de las tortugas tenían un tamaño de entre 120-130 mm, 31.3% entre 110-120 mm, 16.8% entre 130-140 mm y el 5% de la población mostró un tamaño menor. En ese trabajo Encontraron una mayoría de hembras con una proporción sesgada (1:1.97). Esta población que estudiaron se encuentra en creciente probablemente a la emigración de las tortugas.

Macip-Rios *et al.* (2009) encontraron que *Kinosternon integrum* en Tonatico en el estado de México presenta su temporada de crías desde julio hasta octubre con una nidada media de 4 huevos, solo 20 hembras se encontraban en etapa reproductiva al comparar el tamaño de la hembra entre el tamaño del huevo no existió una relación, no hubo restricción entre la pelvis y el tamaño del huevo lo cual permite que tortugas pequeñas también pueda tener variedad en la talla de huevos ya que no existe ninguna restricción.

En un trabajo realizado en el sureste de México y Belice, pero con *Kinsoternon scorpioides*, Iverson (2010) encontró una proporción sesgada hacia las hembras, pero en comparación con los machos presentaron un tamaño menor que ellos. Los autores observaron la presencia de hembras maduras sin tener huevos sugieren que se encontraban en una madurez sexual retrasada y que su etapa reproductiva se alargaba hasta el invierno. El promedio de la longitud de los huevos fue de $31.4 \pm 1,8$ mm y un ancho de 16.9 ± 0.6 mm; un peso de 5.41 ± 0.21 g colocaron de 1 a 3 huevos, son de los kinostérnidos que más huevos producen durante el año. En ese estudio también observaron que las hembras optan por maximizar su tamaño y su almacenamiento de energía para su reproducción. Lo que permite que sus crías se desarrollen en condiciones óptimas con esta estrategia garantizan su supervivencia.

Macip-Rios *et al.* (2011) encontraron que en *Kinosternon integrum* existen diferencias en la tasa de supervivencia de las crías entre ambas poblaciones, aunque en la elevación baja sobrevivían más. En la población de baja elevación el tamaño de la nidada fue de 3.63. y en la otra de 2.78 huevos.

En el Estado de México Macip-Rios *et al.* (2012) realizaron un estudio donde capturaron 57 hembras maduras de *kinosternon integrum* encontraron una correlación positiva entre la masa de embrague con el largo del plastrón de la hembra, no hubo una correlación entre las medidas del huevo. Las hembras grandes seguían la teoría del tamaño óptimo del huevo, pero las hembras pequeñas mostraron evidencia de restricción morfológica la cual fue la cavidad del cuerpo de

la hembra respecto a la masa del embrague y la apertura de la pelvis para el tamaño de la nidada.

En el estudio sobre *Kinosternon sonoriense* en Arizona, Lovich *et al.* (2012) obtuvieron su primer registro de huevos en oviducto fue el 23 de abril y la última fecha fue el 28 de septiembre de 2007. El punto máximo de la etapa reproductiva fue en junio y julio con un tamaño de embrague de 1 a 8 huevos con media de 4.96 (± 1.97) huevos en 25 hembras y 26 nidadas, una sola hembra puede tener dos eventos en un año. De acuerdo a lo que obtuvieron concluyeron que no hay restricción en el ancho del huevo por la cintura pélvica.

Macip Ríos *et al.* (2013) encontraron que en *Kinosternon integrum* existe una variación corporal en cuatro poblaciones de esta tortuga. El sitio con tortugas más grandes fue en Nuevo Urecho. la longitud del huevo no tuvo una relación con el tamaño corporal de *Kinosternon chimalhuaca*, en *Kinosternon integrum* mostro una relación negativa con la longitud del huevo respecto al tamaño corporal en Nuevo Urecho, Michoacán, Tonicaco y Tejupilco, Estado de México. Encontraron que el medio no era restringido por el ancho del plastrón, sugieren que posiblemente en Tonicaco si existe una restricción de la pelvis y a lo mejor una restricción morfológica.

2.4 SISTEMA DE ESTUDIO: *Kinosternon hirtipes murrayi*

Entre las investigaciones para *Kinosternon hirtipes murrayi* Flores-Tena (1993) aportó que en ocasiones habita entre el necton de las presas considerando que sea una subespecie capaz de soportar altos niveles de contaminación, en la presa del Niágara en el municipio de Aguascalientes, observaron la presencia de estas

tortugas las cuales todas eran machos, debido a la ausencia de juveniles en sus muestreos infirieron que la reproducción de estas era nula. A pesar de que todos los organismos que se examinaron eran muy longevos, mencionaron que se encontraba en muy malas condiciones.

Una de las aportaciones para *Kinosternon hirtipes* es sobre el dimorfismo sexual en las tortugas, ya que, esta es una característica muy importante en la mayoría de las especies. Iverson (1985) registro que los machos son más grandes que las hembras y aunque resulta ser el patrón de la mayoría de las especies, en ocasiones se rompe este patrón debido a restricciones que puedan tener en el lugar que habitan. En este estudio obtuvieron machos pequeños en poblaciones pequeñas.

Otro de los estudios con *Kinosternon hirtipes* es el de Iverson (1991) en el estado de Chihuahua con un aproximado de 310 machos y 275 hembras. Los machos presentaron un caparacho más largo y un plastrón más corto a comparación de las hembras, aunque en masa corporal no difirieron tanto. Su tasa de crecimiento entre sexos no fue diferente, pero los machos fueron más grandes que las hembras. Las hembras se consideraron maduras a partir de 95-100 mm de largo del caparacho en un rango de 6 a 8 años de edad. Sugieren que su periodo reproductivo va de mayo a septiembre, la primera nidada la encontraron en Abril. El tamaño promedio de los huevos fue de 28.89 ± 1.84 mm en longitud y $16.34 + 0.86$ de ancho; solo el ancho del huevo estuvo correlacionado con el tamaño corporal de la hembra. El tamaño de la nidada fue de $3.00 + 0.82$ sugieren que el tamaño de la nidada es relativamete constante a la masa corporal de la hembra.

En Texas, Platt *et al.* (2016) lograron obtener 88 *Kinosternon hirtipes* de las cuales 42 machos, 14 hembras y 32 juveniles. En esta investigación también contemplaron muestras fecales obteniendo que las tortugas se alimentan de algas, plantas, semillas, frutas, insectos, artrópodos y gasterópodos.

Otro de los estudios es de Platt *et al.* (2016) en el complejo de estanques de ganado en Texas, dónde lograron coleccionar 87 *Kinosternon hirtipes*, 25 machos, nueve hembras y 53 juveniles con 19 huevos de solo seis hembras. En ese estudio encontraron una relación entre el ancho del huevo y la longitud del caparacho, al ser de los pocos estudios sobre la reproducción de *Kinosternon hirtipes* no fue posible comparar los resultados, sin embargo, a pesar de la poca cantidad de hembras que depositaron huevos pudieron concluir que entre más grandes producen huevos más grandes. Posiblemente esta especie sea una de las que esté limitada por la longitud del oviducto.

Uno de los últimos aportes de *Kinosternon hirtipes murrayi* fue de Enríquez-Mercado *et al.* (2018) en la Mintzita cerca de Morelia, donde coleccionaron 93 tortugas entre el 2016- 2017, estimaron una población de 301 individuos y una densidad de 211 tortugas/ ha. Del total de las tortugas que capturaron 69 eran machos, 22 hembras, 3 juveniles y dos crías obteniendo una proporción de sexos sesgada 3.1:1 (M:H). Morfológicamente entre sexos mostraron diferencias significativas donde las hembras eran más grandes. Dos hembras solo tuvieron huevos a pesar de ser un resultado bajo fue alentador saber que las tortugas de este sitio aun muestran evidencia de etapa reproductiva.

2. JUSTIFICACIÓN

Se ha documentado que el 45% de las especies de tortugas se encuentran en peligro o bajo algún nivel de amenaza, lo cual las convierte en uno de los grupos de vertebrados más vulnerables a nivel mundial (Stanford *et al.*, 2020). Es importante destacar que las estimaciones sobre el estado de conservación de las tortugas están basadas sólo de las especies que ya han sido estudiadas, por lo que es necesario mencionar que aún hay especies que no han sido estudiadas, o que no existen los datos suficientes como para poder entender el estado en el que se encuentran sus poblaciones.

Con el paso del tiempo, las tortugas han tenido que aprender a convivir con el ser humano, muchas de las especies presentan una disminución en sus densidades poblacionales debido al alto nivel de perturbación que provoca el ser humano como en los hábitats, lo cual, tiene como consecuencia una disminución en la disponibilidad de alimentos, enfermedades, especies invasoras y contaminación (Corredor *et al.*, 2007). Sin embargo, los pocos estudios que hay, han dicho que pueden tolerar los altos niveles de perturbación que existe en su alrededor (Flores-Tena, 1993).

Si a esto se le agrega el poco interés para poder generar información sobre las tortugas en México, se ha intentado que se vuelva una prioridad el ejecutar trabajos dedicados a los parámetros demográficos de las poblaciones de tortugas. Con estos

datos se podrán generar estrategias para la conservación y preservación de estos organismos.

Esta investigación intenta aportar información que ayude a conocer más sobre su ecología poblacional y reproductiva de *Kinosternon hirtipes murrayi*, la cual se ubica en una localidad pequeña con una alta actividad humana por lo que se espera que el tamaño de la población, la estructura y la proporción de sexos se encuentre afectada, y a su vez, se espera comprender un poco más sobre su ecología reproductiva.

4. OBJETIVOS

Objetivo general:

Analizar los parámetros demográficos de la población de *Kinosternon hirtipes murrayi* en el límite de su distribución altitudinal.

Objetivos específicos:

Determinar el tamaño de la población *Kinosternon hirtipes murrayi* en la localidad de Loma Caliente, Michoacán.

Estimar la estructura poblacional y proporción de sexos de *Kinosternon hirtipes murrayi* en la localidad de Loma Caliente, Michoacán.

Analizar las características reproductivas como el tamaño de la nidada y el tamaño del huevo en *Kinosternon hirtipes murrayi* en la localidad de Loma Caliente, Michoacán.

Comparar los datos morfológicos entre hembras y machos dentro de la población de *Kinosternon hirtipes murrayi* en la localidad de Loma Caliente, Michoacán.

5. MATERIALES Y MÉTODOS

5.1 Especie estudiada

Kinosternon hirtipes murrayi es una de las cinco subespecies que pertenecen a la especie *Kinosternon hirtipes*. Esta subespecie es dulceacuícola con algunos hábitos terrestres. Está distribuida en las cuencas de los estados de Aguascalientes, Chihuahua, Coahuila, Durango, Guanajuato, Jalisco, México, Michoacán, San Luis Potosí, Zacatecas y en una pequeña porción del sur de Texas (Flores-Tena, 1993). Es la subespecie que se encuentra en las tierras altas de Michoacán (Iverson, 1981).

Una característica de esta tortuga es que tienen la escama nasal furcada posteriormente; un patrón de cabeza moteado a reticulado extremadamente variable; un puente largo (media masculina BL / CL, 20.0%; hembra, 23.7%) (Iverson, 1985). El caparacho es arqueado, la altura de la concha es mayor que el ancho, el borde de los escudos del caparacho de color marrón y los escudos plastrales ampliamente marcados de color marrón (Casas-Andreu, 1963).

Estas tortugas son omnívoras, su dieta cambia con la edad. Los jóvenes son por lo general carnívoros, pero, al alcanzar la adultez son omnívoras o herbívoras, también se conoce que su dieta dependerá de los recursos que estén disponibles de acuerdo a la estación del año (Platt, 2016).

Kinosternon hirtipes murrayi alcanza su madurez sexual a partir de los 5 a 8 años, así como otras especies. Estas tortugas están activas a lo largo del día y

moviéndose dentro de su hábitat. La duración de estas actividades también dependerá de la estación del año en la que se encuentren. Actualmente se conoce poco sobre los datos sobre su reproducción y parámetros demográficos (Flores-Tena, 1993; Enriquez–Mercado *et al.*, 2018).

Las hembras de *Kinosternon hirtipes* con mayor talla también ponen huevos más grandes y nidadas más grandes, pero, la mayor parte de este aumento se debe a aumentos en el diámetro del huevo (Iverson, 1971). En las tortugas *Kinosternon* se tiene registro de que anidan de Mayo a Octubre (Macip–Rios *et al.*, 2009), sin embargo, aún no es un dato confirmado para *Kinosternon hirtipes murrayi*.

5.2. Área de Estudio

La localidad de Loma Caliente está ubicada en el municipio de Morelia, estado de Michoacán. La zona de estudio se localiza en las coordenadas: 19°34′05″, 19°26′36″ LW, 101°09′47″, 101°17′29″ DE LN (SAGARPA, 2004). La altitud promedio de la zona de estudio se encuentra a 2203 metros sobre el nivel del mar (Figura 1).

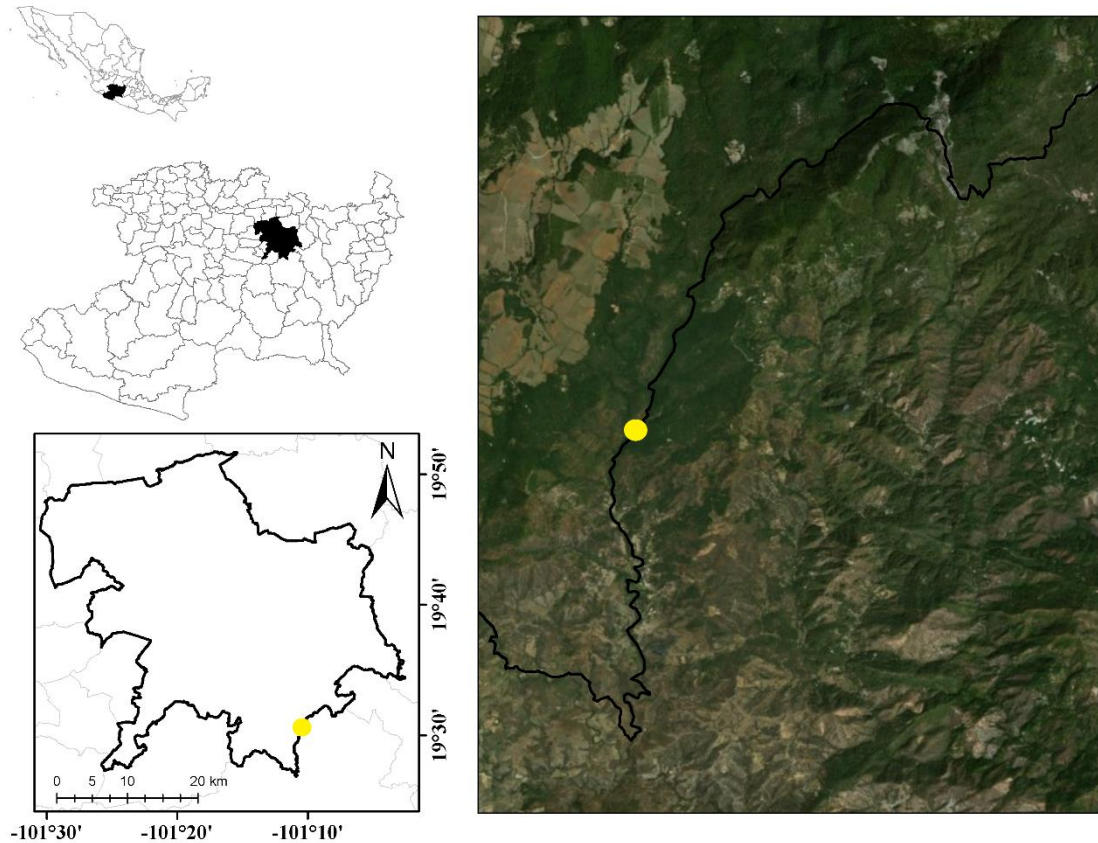


Figura 1. Sitio de muestreo. Loma caliente ubicado en Morelia, Michoacán.

La localidad de Loma Caliente cuenta con un cuerpo de agua artificial importante conocido como “Laguna de Loma Caliente”. Esta laguna se encuentra conectada a la cuenca de Umécuaro y abarca 108.62 ha y un volumen de 2, 025,121.23 ha (Rendon *et al.* 2007). Esta presa corresponde al inicio de la cuenca del Río Grande de Morelia (SAGARPA, 2004). La presa se encuentra cubierta por vegetación acuática y tiene un humedal asociado en la zona entre la Presa de Umécuaro y Loma Caliente, así como una serie de canales y arroyos de montaña asociados a la parte alta de la cuenca.

El clima predominante de la localidad es el clima templado subhúmedo con lluvias en verano. La temperatura varía desde 12° a 14° C, en ocasiones llega de 16° a 18°

C, con un aumento de temperatura a partir de Marzo y un descenso a partir de julio y agosto; la temperatura media desciende por debajo de los 18 °C (Carlón-Allende *et al.*, 2007). Con una altura sobre al nivel de mar de 2203 metros el clima tiende a ser frío. La precipitación anual de esta localidad va de los 1000 a 1200 mm. De noviembre a marzo se presentan 9 días de heladas. (SAGARPA, 2004).

Los suelos que presenta en su mayoría son de origen volcánico en diversas etapas asociadas a la formación de la Faja Volcánica Transmexicana; su uso es agrícola (aguacate, moras y maíz) y pecuario (bovino y caprino) (Guevara–Santamaria, 2012).

La vegetación está compuesta principalmente es bosque de pino, bosque pino-encino, encinares y bosques de galería. Las principales especies son: el sauce, encinos (*Quercus*), huizaches, pinos (*Pinus*) y cedros (*Juniperus*, *Cupressus*) en las zonas más altas, fresnos, granjero, entre otras especies. La fauna es poco conspicua, pero incluye conejos, liebres, ardillas, coyotes zarigüeyas, armadillos, serpientes, tortugas, lagartijas y diversas especies de aves. Para el invierno se puede observar una gran variedad de aves migratorias. En los cuerpos de agua existe la presencia de carpas, lobinas y tilapias. También está presente en el área la especie *Ambystoma ordinarium* y varias especies de ranas como *Hyla eximia* y *Lithobates* sp, así como una gran variedad de aves acuáticas como garzas y patos (Berlanga-Robles *et al*, 2002).

5.3. Diseño de muestreo y toma de datos

El trabajo de campo se realizó del 11 de agosto al 8 de noviembre del 2019 en la localidad de Loma Caliente en Morelia, Michoacán. Los muestreos se llevaron a cabo cuando menos una vez por semana, donde se colocaron un total de nueve trampas de embudo y una trampa grande con red de desvió y embudos en los extremos (*fyke net*). Todas las trampas se cebaron con pescado fresco. Las trampas se colocaron a lo largo del arroyo que sale de la Presa de Loma caliente y en el humedal que conecta con la Presa de Umécuaro. Las trampas se dejaron por lo menos 12 horas y se dejaban toda la noche, las cuales se revisaban al siguiente día.

Cada individuo colectado fue marcado de acuerdo al código de Cagle modificado (1939). Para ello se hizo una muesca en los escudos marginales con una lima triangular (Figura 2).

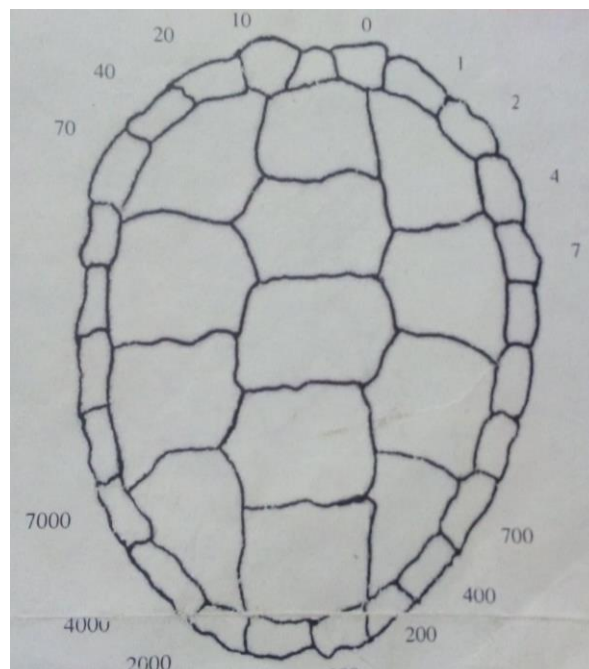


Figura 2. Código de marcaje de Cagle (1939) modificado.

De cada organismo capturado se midieron los siguientes caracteres morfológicos de las tortugas: longitud del caparacho (LC), ancho del caparacho (AC), Altura del caparacho (AHC), longitud del plastrón (LP), ancho del plastrón (AP) y el peso (gr.). Los caracteres fueron medidos con un Vernier (0.01 mm) y una báscula electrónica (0.1 gr). Para diferenciar los machos de las hembras se tomó en cuenta el largo y ancho de la cola, un plastrón cóncavo y una cabeza voluminosa. Las hembras eran identificadas por el pequeño tamaño de la cola, una talla grande y un plastrón que cubría la parte inferior de la tortuga (se cierran completamente). Se consideraron como juveniles a todos aquellos en donde los caracteres no estaban en su totalidad desarrollados o sólo parcialmente.

Los machos y los juveniles fueron regresados al cuerpo de agua donde se capturaron. En el caso de que fueran hembras adultas, estas se llevaron al Laboratorio de Ecología Evolutiva de la Escuela Nacional de Estudios Superiores, Unidad Morelia (UNAM) para tomarles una placa de rayos X (Gibbons *et al.*, 1979). De esta forma fue posible saber si se encontraban grávidas o no. Si en las radiografías se revelaba la presencia de huevos, cada uno de ellos fue medido con un vernier (0.1 mm), registrando el tamaño de la nidada, así como el largo y ancho de cada uno de los huevos. Las hembras permanecían en el laboratorio alrededor de 5 días, para después regresarlas a su hábitat. Cuando se trataba de hembras recapturadas, estas también se llevaron al laboratorio para tomarles rayos X de nuevo, esto con el fin de saber si ya habían ovipositado o bien si tenían una nueva nidada.

5.4. Análisis estadísticos

Se estimó el tamaño de la población mediante el modelo Mh de Chao (1989) utilizando 19 eventos de muestreo y una población cerrada con el paquete de Rcapture (Rivest *et al.*, 2019) en R version 3.5.1 (R core team, 2018) , no obstante, debido a que el modelo tiene un límite de eventos de muestreo se tomó la decisión de definir un evento de muestreo como la suma de las recapturas de dos visitas consecutivas a la zona de estudio.

Para determinar si la proporción de sexos difirió de una proporción esperada 1:1, se utilizó una prueba de chi-cuadrada. Las características morfológicas fueron comparadas entre sexos mediante una prueba de t-student. Se realizaron pruebas de normalidad por medio de una prueba de Shapiro-Wilkis y de homogeneidad de varianza por medio de una prueba de Leven (Zar, 1999).

Para describir la estructura de la población se llevó a cabo un análisis de frecuencias usando las siguientes categorías: crías (menos de 50 mm LC), inmaduros (50-90 mm LC), adultos (95-140 mm LC) y adultos mayores (140 mm LC). Estas categorías se basaron en las observaciones previas hechas por Enríquez-Mercado *et al.* (2018) para la misma especie.

Para determinar si el tamaño de la nidada está afectado por alguna característica o variable morfológica, se llevaron a cabo pruebas de regresión lineal entre el tamaño de la nidada y las variables morfológicas.

Para determinar si en la población existe una restricción del tamaño del huevo por la apertura pélvica se evaluó la relación entre el tamaño de la hembra, el ancho de

la pelvis de la hembra respecto al ancho de los huevos mediante una prueba de ANCOVA, para ello se usaron los datos del tamaño máximo del huevo por nidada y la medida de la pelvis de cada hembra con huevos. Todas las pruebas estadísticas se realizaron en el programa estadístico de R versión 3.5.1 (R Core Team, 2018), con una $\alpha = 0.056$.

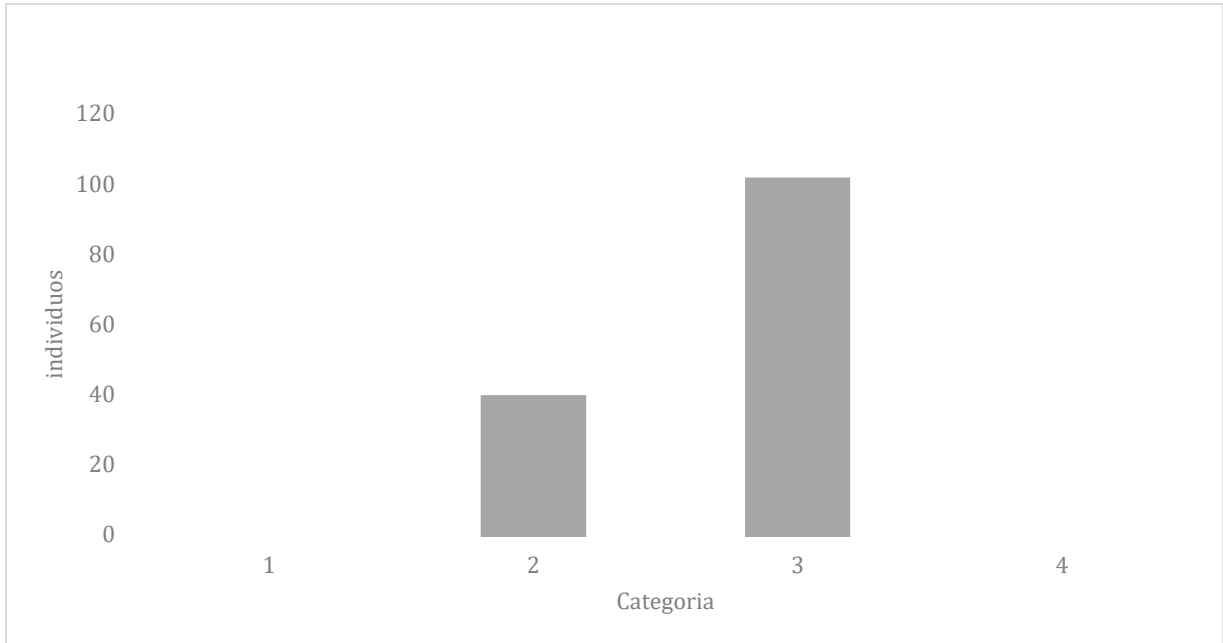
6 RESULTADOS

6.1 Organismos capturados y datos demográficos

En total se capturaron 140 tortugas *Kinosternon hirtipes murrayi* de Agosto a Noviembre del 2019 en la localidad de Loma Caliente, Michoacán. Se recapturó un total de 46 (32.85%) individuos, 22 sólo se capturaron en una ocasión, 10 en dos ocasiones, 9 en tres ocasiones, 2 en cuatro ocasiones, 1 en cinco ocasiones y 2 en siete ocasiones. El tamaño estimado de la población de acuerdo al modelo Mh (LB) (Chao, 1989) para 19 eventos de muestreo y una población cerrada fue de 330.2 (\pm SE 58.1) individuos (I.C.I = 241.2, I.C.S. = 481.4). Al unir dos eventos de muestreo, el tamaño estimado de la población fue de 208 (\pm SE 15.4) individuos (I.C.I = 181.2, I.C.S. = 242.3). La proporción de sexos fue de 1.26:1 (M:H) con 57 machos y 45 hembras, no obstante, estadísticamente la proporción de sexos no fue estadísticamente diferente del esperado 1:1 ($\chi^2 = 1.41$, P = 0.2348).

La estructura de la población presentó una alta presencia de adultos, siguiendo una cantidad mediana de inmaduros, pero, sin presencia de adultos grandes (Figura 3).

No se colectó ninguna cría durante los muestreos.



Grafica 1. Estructura poblacional de *Kinosternon hirtipes murrayi* con las categorías: Crías (1), Inmaduros (2), Adultos (3) y Adultos grandes (4).

6.2. Comparación morfológica

La longitud del caparacho de las hembras respecto a la de los machos no tuvo diferencia significativa ($t = 0.54$, $P = 0.58$). Tampoco se encontraron diferencias entre el ancho del caparacho ($t = 1.36$, $P = 0.17$) y el peso entre los sexos ($t = 1.46$, $P = 0.14$). La altura del caparacho ($t = 3.13$, $P = 0.002$), la longitud del plastrón ($t = 2.42$, $P = 0.017$) y el ancho del plastrón ($t = 2.04$, $P = 0.04$) si mostraron una diferencia significativa entre las hembras y los machos (Tabla 1).

Tabla 1. Caracteres morfológicos de *Kinosternon hirtipes murrayi*

	LC	AC	AHC	LP	AP	Peso (gr.)
Hembra	109.23 (±14.47 mm)	75.50 (±9.15 mm)	46.36 (±8.30 mm)	95.83 (±15.10 mm)	58.41 (±8.25 mm)	223 (±76.01 mm)
Macho	107.77 (±11.31 mm)	72.64 (±11.76 mm)	41.74 (±5.65 mm)	89.05 (±11.87 mm)	54.53 (±10.67 mm)	201.71 (±66.07 mm)

6.3. Ecología reproductiva

A treinta y cinco hembras se les tomaron radiografías. De estas, sólo 19 (42.2%) tenían huevos en el oviducto. El tamaño máximo de la nidada fue de cinco huevos y el mínimo de dos huevos, con una media de 3.22 ± 0.87 huevos. La media en la longitud del huevo fue de 29.26 ± 2.01 mm y el ancho de 17.01 ± 0.69 mm. La talla de la hembra no se relacionó significativamente el tamaño de la nidada ($r^2 = 0.12$, $F = 2.52$, $P = 0.131$) (Figura 2). No se encontró una relación entre el ancho de la pelvis y el ancho del huevo respecto al tamaño de la hembra ($r^2 = 0.15$, $F = 1.41$, $P=0.2$), mostrando dos rectas paralelas ($r^2= 0.0942$, $y= 0.0458x + 16.089$) ($r^2 = 0.0805$, $y = 0.024x + 14.293$).

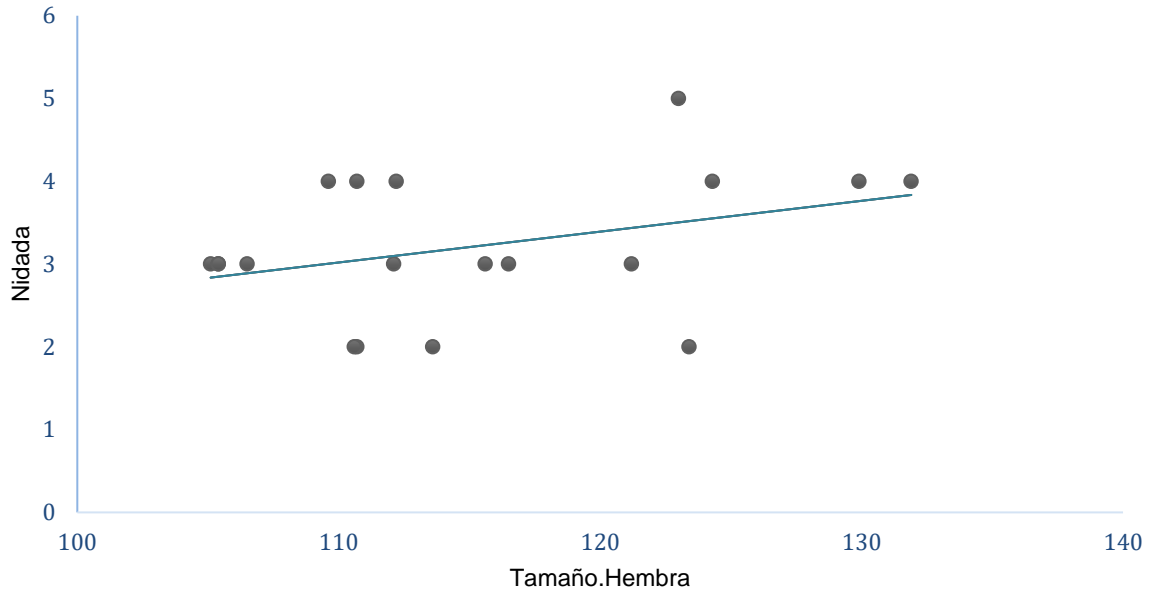


Figura 2. Relación entre el tamaño de la nidada y el tamaño corporal de la hembra ($r^2 = 0.12$, $F = 2.52$, $P = 0.131$).

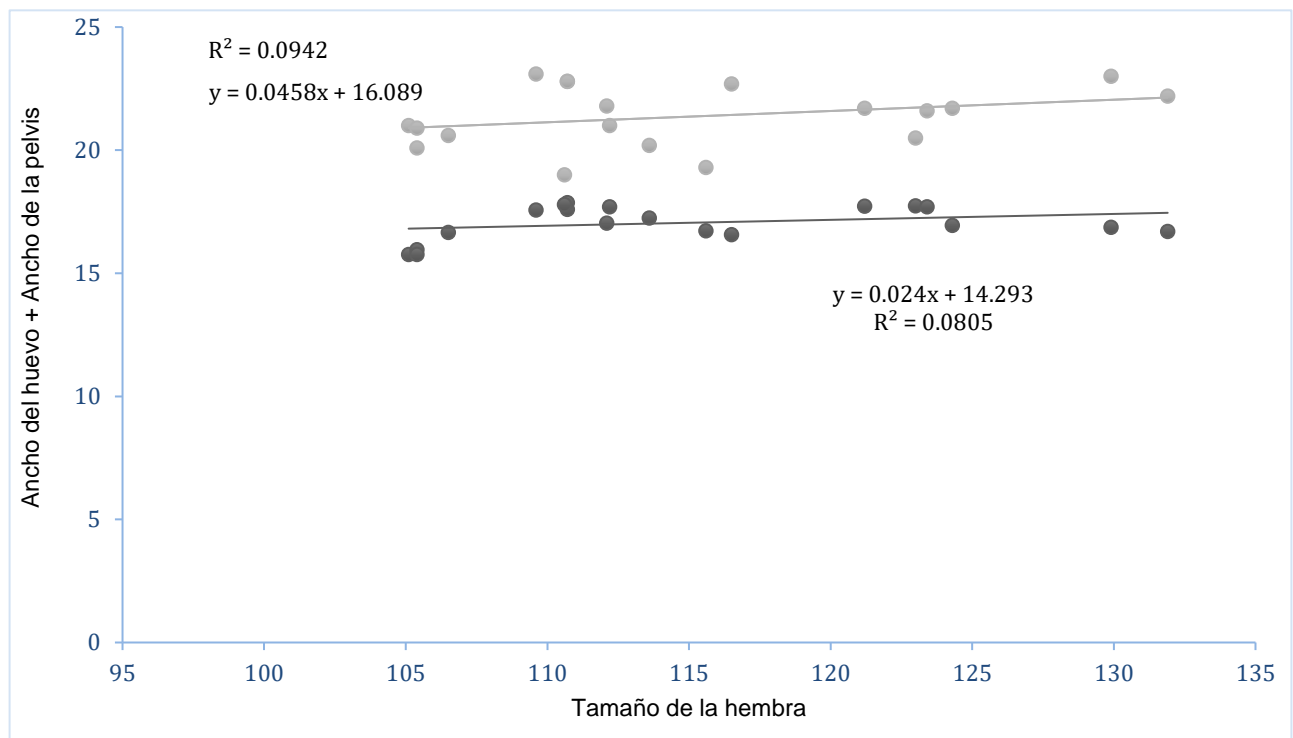


Figura 3. Relación entre Ancho del huevo y Ancho de la pelvis respecto al Tamaño de la hembra.

7. DISCUSIÓN

La estimación del tamaño de la población de *Kinosternon hirtipes murrayi* tiene una variación mínima a la que registraron Enríquez-Mercado *et al.* (2018), a pesar de que las poblaciones pertenecían a diferentes sitios, es posible apreciar la similitud en su tamaño. El tamaño calculado de la población de Loma Caliente también resulto también ser similar el tamaño de la población con otros kinosternidos como *Kinosternon integrum* (Macip-Rios *et al.*, 2009), *Kinosternon scorpioides* (Forero-Medina *et al.*, año) y *Kinsoternon oaxacae* (Vazquez-Gomez *et al.* 2016).

La población de *Kinosternon hirtipes murrayi* presento una proporción de sexos ligeramente sesgada hacia los machos, no obstante, esta no fue significativa. Es importante mencionar que en otra población de *Kinosternon hirtipes murrayi* en la misma cuenca, pero a una menor altitud, se presentó una proporción altamente sesgada hacia los machos (3.1:1) (Enríquez-Mercado *et al.*, 2018). En otras especies, la proporción de sexos también estuvo sesgada hacia las hembras de *Kinosternon oaxacae* (Vázquez-Gómez *et al.*, 2016) y *Kinosternon integrum* (Aparicio *et al.*, 2018). Como se ha mencionado, la proporción de sexos puede ser controlada por la mortalidad, edad, movilidad o el uso del microhábitat (Converse *et al.*, 2005). En las especies del género *Kinosternon* el sexo se determina por la temperatura de incubación, factor importante en la incubación de las crías (Schwanz *et al.*, 2010), posiblemente algunos de estos factores expliquen el patrón de la proporción de sexos. No obstante, es importante mencionar que una proporción de sexos sesgada hacia las hembras, les otorga a las poblaciones un potencial de

crecimiento demográfico, mientras que poblaciones sesgadas hacia los machos limitan el crecimiento de las poblaciones (Begon *et al.*, 1996).

La estructura de la población está compuesta por adultos capaces de reproducirse, pocos juveniles y adultos, sin presencia de crías. Resultados como este también se han observado en otros kinostérnidos como: *Kinosternon scorpioides* (Forero-Medina, 2007) y *Kinosternon herrari* (Cazares-Hernández *et al.*, 2016). Pese a que la población este principalmente en adultos, la ausencia de crías indica de que está ocurriendo algo en la reproducción de estos organismos o bien que la supervivencia de las crías es baja. Flores-Tena (1993) registro algo similar a lo observado en este estudio, no obstante, su población estaba estructurada por adultos, poca presencia de juveniles y ausencia de crías, por lo que infirió que la reproducción en esta población era nula. En el presente estudio no se sugiere que la reproducción sea nula, pues se localizaron varias hembras con huevos. Por otro lado, la tasa de crecimiento de los jóvenes es lento, por lo tanto, alcanzan la madurez sexual a cierta talla (105.1 mm). Esto conduce también a tener una variación considerable en el tamaño del cuerpo de los adultos, lo cual debilita la relación entre la edad y el tamaño corporal en los individuos mayores (Carr y Goodman, 1970).

Si la mayoría de la población de *Kinosternon hirtipes murrayi* se centra en los adultos, debe ser de preocupación ya que de acuerdo a Wilbur y Morin (1988) las tortugas se reproducen a edades avanzadas y con una fecundidad alta cuando presentan tallas grandes, por lo que es necesario saber que está ocurriendo con las demás categorías faltantes en esta investigación, infiriendo que la reproducción de esta especie se encuentre en peligro, reducida, o bien, sea un efecto de los métodos

de muestreo, no obstante, en otros trabajos con el mismo género y con los mismos métodos de captura si han detectado crías (Vázquez-Gómez *et al.*, 2016; Enríquez Mercado *et al.* 2018; Macip-Ríos *et al.*, 2018).

En otras investigaciones han encontrado que la familia Kinosternidae tienen una baja presencia de juveniles y alta de adultos, por lo que reconocen que existe una estrategia de historia de vida *bet hedging* o “apostar a lo seguro” (Lovich *et al.*, 2012; Macip-Ríos *et al.*, 2017). En la mayoría de los estudios poblacionales se ha observado que no hay entornos estables, por lo cual, tampoco hay estructuras poblacionales estables o perfectas (Wilkinson, 2003), es por ello que para la generación de información es necesario años de estudios, donde por lo general se detecta variación inter anual en la estructura de las poblaciones (Begon *et al.*, 1996). Otro factor que deberá evaluarse en futuras investigaciones es el efecto de la altitud, ya que, se han observado que los organismos inmaduros se desarrollan más rápido en bajas elevaciones posiblemente por tener acceso a temperaturas más elevadas temperatura de estas zonas (Macip-Rios *et al.*, 2011). Los resultados del presente estudio contrastan con otros como el de Enríquez-Mercado *et al.*, (2018), donde se obtuvieron tallas corporales ligeramente más grandes, así como con otras poblaciones de zonas más bajas y más calurosas como los estudios de Platt *et al.* (2016) en Texas.

La variación morfológica entre sexos sólo mostro diferencias entre la altura del carapacho, largo y ancho del plastrón. En lo ya registrado de poblaciones de *K. hirtipes murrayi* solo coincidió que no hay una variación en el largo del plastrón (Enríquez- Mercado *et al.*, 2016). Según Iverson (1985) en *Kinosternon hirtipes* los

machos suelen ser más grandes que las hembras, un patrón que la mayoría de las especies de *Kinosternon* repite, sin embargo, los resultados obtenidos en esta tesis no coinciden, pues los machos fueron el sexo con la menor talla y masa corporal, ya que, en todos los caracteres morfológicos favorecen a las hembras. En otras especies como *Kinosternon leucostomun*, los machos tienen un mayor tamaño que las hembras (Ceballos *et al.*, 2016). Para Berry y Shine (1980), las hembras de *Sternotherus odoratus*, *Kinosternon bauri* y *Kinosternon seonoriense* son más grandes que los machos, *Kinosternon herrerae* una de las especies que también cumple con el patrón anterior mencionado (Cazares-Hernández *et al.*, 2016). La disponibilidad de los recursos, condición corporal de las hembras, la reserva de energía son determinados por factores ambientales (Gibbons, 1990), no obstante va variación en el tamaño corporal entre hembras y machos, por lo general está determinado por los sistemas de apareamiento, siendo las hembras más grandes en sistemas poliandricos y machos más grandes en sistemas poligínicos, sin embargo, en tortugas se ha sugerido que mientras más acuáticas son las tortugas, las hembras tienden a ser más grandes que los machos (Wilbur y Morin, 1988), el cual, es el caso de *K. h. murrayi*.

Del total de las hembras capturadas, sólo 19 presentaban huevos (42.2%). Estas representaron menos de la mitad del total de hembras que se colectaron. En otras especies como *K. integrum* (Macip-Ríos *et al.*, 2009) también se detectó sólo al 50% de las hembras reproductoras. Iverson (1991) reportó resultados similares para un estudio a largo plazo en *K. flavescens*. Es importante mencionar que ninguna de las hembras recapturadas se registró más de una nidada, la media del tamaño de

la nidada fue de 3.22 huevos coincidiendo con lo registrado por Iverson (1971) para la misma especie. En otras especies de la familia Kinosternidae se ha reportado una media similar. Tal es el caso de *Kinosternon integrum* (4 huevos y 20 hembras en etapa reproductiva) (Macip-Rios *et al.*, 2009), *Kinosternon scorpioides* (1 a 3 huevos) (Iverson, 2010), *Kinosternon sonoriense* con una media de 4.96 huevos (Lovich *et al.*, 2012) difiriendo un poco a las otras especies. Las medidas morfológicas de los huevos (LH= 29.26 mm, AH=17.01mm) son relativamente similares a los de otros kinostérnidos (Iverson, 1971; Iverson, 2010). Al utilizar las radiografías para la obtención del tamaño de la nidada fue fácil y evidentemente es muy factible. Los rayos X son una técnica útil y no destructiva para la observación de la reproducción de las tortugas, con la que fácilmente se puede obtener el tamaño de la nidada (Gibbons, 1979).

No se encontró una relación entre el tamaño corporal de la hembra y el tamaño de la nidada, tampoco se encontró una relación entre el ancho del huevo y el ancho de la pelvis respecto al tamaño de la hembra, lo cual sugiere una evidencia de la optimización del tamaño del huevo debido a la falta de restricción pélvica y a la de la correlación entre el tamaño del huevo y el tamaño corporal de la hembra, coincidiendo con otras especies como en *Kinosternon integrum* (Macip-Rios *et al.*, 2013). Sin embargo, Iverson (1991) planteo que en *Kinosternon hirtipes* el tamaño de la nidada está relacionado con la masa corporal de la hembra, algo que también concluyo Platt (2016), dando la posibilidad de que esta especie si este limitado por el ancho de la pelvis de la hembra. Pese a que las pendientes de las dos regresiones entre el tamaño del cuerpo y la apertura de la pelvis y el tamaño del huevo fueron

paralelas, es posible que exista una potencial restricción, pero se necesitan más datos para poder determinarlo. Posiblemente se pueda obtener otro resultado si el muestreo se iniciara a partir del inicio de su reproducción, mayo es el mes en que se tiene evidencia de que los kinostérnidos empiezan su etapa reproductiva o también en abril que es cuando se tiene registro de que inician las copulaciones los kinostérnidos (Mota-Rodríguez *et al.*, 2013) A pesar de ser una especie de kinostérnidos con una talla pequeña, el resultado difiere de Congdon y Gibbons (1987), quienes sugieren que la restricción pélvica se da en especies de tortugas con tallas pequeñas.

El tamaño de la hembra puede limitar el tamaño de la nidada debido al espacio en la cavidad corporal para alojar los huevos, pero, las hembras más grandes podrían producir nidadas pequeñas debido a la limitación de recursos (Gibbons *et al.*, 1982). Al estar la población de Loma Caliente en el límite altitudinal de la especie, es posible que sea una zona con recursos limitados, cuando menos en la disponibilidad térmica. Los cuerpos de agua de montaña, principalmente aquellos lóticos son poco productivos y es posible que la disponibilidad de alimento sea limitada.

Es evidente que para la población estudiada no existe un tamaño óptimo que de acuerdo a Lovich y Alabama (2012), la variación en el tamaño del huevo estará impulsada dependiendo de la estabilidad del ambiente, lo cual indica que más trabajo es necesario para aclarar un poco más todos estos aspectos de la reproducción de las tortugas. La relación entre el tamaño del huevo y el tamaño de la nidada también puede verse afectado por las condiciones ambientales (Wilkinson,

2003). En futuras investigaciones se tendrán que considerar las condiciones ambientales a las que las tortugas están expuestas durante su reproducción.

8. CONCLUSIONES

- El tamaño estimado de la población fue de 330.2 individuos, mostrando una representación muy importante a pesar de no mostrar una variedad en las distintas categorías de la población.
- La estructura de la población sólo cuenta con las categorías de Adultos y jóvenes, es necesario investigar lo que está ocurriendo con las demás etapas.
- La proporción entre hembras y machos es un factor importante, a pesar de haber recolectado más machos, aparentemente la población no favorece drásticamente a un solo sexo y que por otra parte ayudado a mantener la preservación de su población.
- El alto número de adultos está aportando que la población logre su reproducción, no obstante, es importante la localización de juveniles.
- El tamaño del huevo no registró una restricción morfológica.
- El estado de conservación de la población es estable, no obstante, es importante seguir investigando debido a que mostro la falta de juveniles, los cuales en un futuro serán indispensables para mantener estable esta población, lo cual nos esta dando un aviso preventivo sobre futuros problemas que pueda presentarse.
- Las futuras investigaciones sobre la demografía de esta población irán dando pauta en la planeación de estrategias para su conservación, se deberán considerar otros factores de ecología poblacional y reproductiva para el estudio de esta población.

9. LITERATURA CITADA

- Acuña-Mesen, R. A. y Cruz-Márquez, B. (1993). El dimorfismo sexual de *Kinosternon scorpioides* (Testudines: Kinosternidae) en Palo Verde, Costa Rica. *Biología Tropical*, 41, 261-265.
- Aparicio, A., Enriquez-Mercado, I., Gaona-Murillo, E., Butterfield, T. y Macip-Rios, R. (2018). Ecological Observations of the Mexican Mud turtle (*Kinosternon integrum*) in the Patzcuaro Basin, Michoacan, Mexico. *Chelonian Conservation and Biology*, 17(2), 284-290.
- Baxter, R. (1997). Environmental effects of dams and impoundments. *Ann. Revista Ecology syst.*, 8:255 – 283.
- Begon, M., Mortimer, M. y Thompson, D.J. (1996). *Population Ecology. A Unified Study of Animals and Plants*. 3rd Edition. Blackwell Science, Osney Mead, Oxford, UK.
- Berlanga-Robles, C.A., Madrid-Vera, J. y Ruiz-Luna, A. (2002). Fish abundance and trophic structure from the commercial catch in lake Patzcuaro, Mexico. *Hydrobiologia*, 467: 117-122.
- Berry, J.F. y Shine, R. (1980). Sexual Size Dimorphism and Sexual Selection in Turtles (Order: Testudines). *Oecologia*, 44, 185-191.
- Butler, C. J., Stanilla, B., Iverson, J.B., Stone, P.A. y Bryson M. (2016). Morphology, Diet and Projected changes in climatic suitability for *Kinosternon* turtles by 2050 and 2070. *Ecology and Evolution*, 0(21):1-16.

- Cagle, F.R. (1939). A system for marking turtles for future identification. *Copeia* 1939:170–173.
- Carr, A. y Goodman, D. (1970). Ecological implications of size and growth in *Chelonia*. *Copeia*, 1970: 783-786.
- Casas - Andreu G. C. (1963). Estudio preliminar sobre las tortugas de agua dulce en México. *Anuales del Instituto Nacional de Investigaciones Biológico-Pesqueras*, 1-39.
- Carlón-Allende, T. y Mendoza, M. (2007). Análisis hidrometeorológico de las estaciones de la cuenca del lago de Cuitzeo. *Investigaciones Geográficas, Boletín del instituto de Geografía, UNAM*. 63: 56-76.
- Caswell, H. (2001). *Matrix Population Models. Construction, Analysis, and Interpretation*. 2nd Edition. Sinauer, Sunderland, Massachusetts, USA.
- Cazares-Hernández, E., Aguirre-León, G. y Jiménez-Huerta, J. (2016). Aspectos ecológicos de la tortuga *kinosternon herrerae*, stejneger, 1925 (Reptilia: Testudines: Kinosternidae) en el arroyo “la bomba”, municipio de Xalapa, Veracruz, México. *Universidad Veracruzana*, 61 p.
- Ceballos, C.P., Zapata, D., Alvarado, C. y Rincón, E. (2016). Morphology, Diet, and Population Structure of the Southern White-lipped Mud Turtle *Kinosternon leucostomum postinguinale* (Testudines: Kinosternidae) in the Nus River Drainage, Colombia. *Journal of Herpetology*, 50, 374-380.
- Chao, A. (1989): Estimating population size for sparse data in capture-recapture experiments. *Biometrics* 45:427-438.

- Congdon, J. y Gibbons, W. (1987). Morphological constraint on egg size: a challenge to optimal egg size theory? *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 84: 41–45.
- Converse, S.J., Iverson, J.B. y Savidge, J.A. (2005). Demographics of an ornate box turtle population experiencing minimal human-induced disturbances, *Ecological Applications*, 15: 2171–2179.
- Corredor, G., Kattan, G., Galvis-Rizo, C.A. y Amorocho, D. (2007). Tortugas del Valle del Cauca. Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca-CVC, Dirección técnica ambiental, 1-74.
- Crouse, D.T., Crowder, L.B. y Caswell, H. (1987). A stage-based population model for Loggerhead Sea Turtles and implications for conservation. *Ecology*, 68: 1412–1423.
- Dodd, C. K. (1989). Population structure and biomass of *Sternotherus odoratus* (Testudines:Kinosternidae) in a Northern Alabama Lake. *Brimleyana*, 15: 47-56.
- Enríquez-Mercado, I., Montiel-Ugalde, A., Aparicio, A., Gaona-Murillo, E., Butterfield, T. y Macip-Rios, R. (2018). Population ecology and home range of the Mexican Rough-footed Mud turtle (*Kinosternon hirtipes murrayi*) in Central Mexico. *Acta Herpetologica*, 13(2), 109-115.
- Ernst, C.H. (1995). Freshwater and Terrestrial Turtles of the United States: Status and Prognosis. *Chicago Herpetological society*, 30(11): 225-230.
- Ernst, C.H. y Lovich, J.E. (2009). *Turtles of the United States and Canada*. Second Edition. Johns Hopkins University Press, Baltimore.

- Flores-Tena, F.J. (1993). Sobrevivencia de la tortuga de fango *Kinosternon hirtipes murrayi* en condiciones de extrema contaminación. Programa de Investigaciones Biológicas, 32 - 34.
- Flores-Villela, O. y García-Vázquez, U.O. (2013). Diversidad de reptiles en Mexico. Revista Mexicana de Biodiversidad, 85, 467-475.
- Forero-Medina, G., Castaño-Mora, O.V. y Montenegro, O. (2007). Abundance, Population Structure, and Conservation of *Kinosternon scorpioides* albogulare on the Caribbean Island of San Andres, Colombia. Chelonian Conservation and Biology, 6(2): 163-169.
- Glass, B. y Hartweg, N. (1951). *Kinosternon murrayi*, a New Muskturtle of the hirtipes group from Texas, Society of ichthyologists and herpetologist, 1:50-52.
- Gibbons, J.W. y Greene, J.L. (1979). X- ray photography a technique to determine reproductive patterns of freshwater turtles. Herpetologica, 35(1): 86-89.
- Gibbons, J. W. (1982). Reproductive patterns in freshwater turtles. Herpetologica 38: 222-227.
- Gibbons, J. W. (1987). Why do turtles live so long?. BioScience 37(4): 262–269.
- Gibbons, J.W. (1990). Turtle studies at SREL: A research perspective. In: Gibbons, J. W. (ed.) The life history and ecology of the slider turtle. Smithsonian Institution Press, Washington, D.C., 14-44.
- Gibbons, J. W., Scoft, D.E., Ryan, T.J., Byhlmann, K.A., Tuberville. T.D., Metts, B.S., Greene, J.L., Mills, T., Leiden, S. y Winne, C.T. (2000). The global decline if reptiles, deja vu amphinians, Bioscience, 50(8): 653-666.

- Giraldo, A., Garces-Restrepo, M.F., Carr, J.L. y Loaiza, J. (2012). Tamaño y estructura poblacional de la tortuga sabaletera (*Rhinoclemmys nasuta*, testudines: geoemydidae) en un ambiente insular del pacífico Colombiano. *Ecología*, 34(1): 109-125.
- Guerrero-Angulo, C.A., Garcés-Restrepo, M.F. y Giraldo-López, A. (2010). Variación morfométrica y sexual de *Chrysochelys leucostoma postinguinale* (Testudinata: Kinosternidae) en una localidad insular y dos continentales del pacífico valle caucano. Universidad del Valle, 1-8.
- Guevara-Santamaria M. (2012). Análisis morfométricos y delimitación de unidades ambientales homogéneas de la subcuenca hidrográfica Umécuaro -Loma Caliente. Contribuciones para el desarrollo sostenibles de la cuenca del lago de Cuitzeo, Michoacán, 63-72.
- Hernández-Gallegos, O., Pérez-Pérez, A. y Ruiz-Gómez, M.L. (2016). Movimientos y uso de hábitat de la tortuga *Kinosternon integrum*, especie en riesgo de acuerdo a la Norma Oficial Mexicana NOM-059. *Herpetología*, 1-9.
- Herrera, W. A. (2015). Densidad, estructura poblacional y dieta de *Rhinoclemmys nasuta* (Testudines: Cryptodira) en la reserva Río Canandé, Noroccidente Ecuatoriano. Facultad de Ciencias exactas y Naturales, 1-82.
- Iverson, J.B. (1981): Biosystematics of the *Kinosternon hirtipes* species group (Testudines: Kinosternidae). *Tulane Studies Zool. Bot.* 23: 1-74.

- Iverson, J. B. (1985). Geographic Variation in Sexual Dimorphism in the Mud Turtle *Kinosternon hirtipes*. American Society of Ichthyologists and Herpetologists, 2:388-393.
- Iverson, J. B. (1988). Distribution and status of Creaser's mud turtle, *Kinosternon creaseri*. Herpetological Journal 1:285–291.
- Iverson, J.B., Barthelmess, E.L., Smith, G.R. y DeRivera, C.E. (1991). Life history and demography of the yellow mud turtle, *Kinosternon flavescens*. Herpetologica 47:373-395.
- Iverson, J.B., Barthelmess, E.L., Smith, G.R. and DeRivera, C. (1991). Growth and reproduction in the mud turtle *Kinosternon hirtipes* in Chihuahua, Mexico. Journal of Herpetology, 25:64–72.
- Iverson, J. B. (2010). Reproduction in the Red-Cheeked Mud Turtle (*Kinosternon scorpioides cruentatum*) in Southeastern Mexico and Belize, with Comparisons Across the Species Range, Chelonian Research Foundation and Turtle Conservancy, 9(2): 250-261.
- Iverson, J.B., Le, M. y Ingram, C. (2013). Molecular phylogenetics of the mud and musk turtle family Kinosternidae. Molecular Phylogenetics of Evolution, 69(3): 929–939.
- Janzen, F.J., Tucker, J.K. y Paukstis, G.L. (2000). Experimental analysis of an early life-history stage: Selection on size of hatchling turtles, Ecology, 81: 2290–2304.
- Loc-Barragan, J.A., Reyes-Velasco, J., Woolrich-Piña, G.A., Grunwald, C., Venegas de Anaya, M., Rangel-Mendoza, J. y Lopez-Luna, M.A. (2020)

A new species of mud turtle of genus *Kinosternon* (Testudines: Kinosternidae) from the pacific coastal plain of Northwertern Mexico. *Zootaxa*, 4885(4): 509-529.

Lopez-Luna, M.A., Cupul-Magaña, F.G., Escobedo-Galvan, A., Gonzalez-Hernandez, A.J., Centeno-Alcala, E., Rangel-Mendoza, J.A., Ramirez-Ramirez, M.M. y Cazares-Hernandez, E. (2018). A distinctive new species of mud turtle from western Mexico. *Chelonian conservation and biology*, 17(1): 2-13.

Lovich, J.E., Madrak, S.V., Drost, C.A., Monatesti, A.J., Casper, D. y Znari M. (2012). Optimal egg size in a suboptimal environment: reproductive ecology of female sonora mud turtles (*Kinosternon sonoriense*) in central Arizona, USA. *Amphibia-Reptilia*, 33, 161-170.

Lovich, J.E., Ennen, J.R., Yackulic, C.B., Meyer-Wilkins, K., Agha, M., Loughran, C., Bjurlin, C., Austin, M. y Madrak, S. (2015). Not putting all their eggs in one basket: bet-hedging despite extraordinary annual reproductive output of Desert Tortoises, *Biological Journal of the Linnean Society*, 115: 399–410.

Lovich, J.E., Madrak, S.V., Drost, C.A., Monatesti, A.J., Casper, D. and Znari, M. (2012). Optimal egg size in a suboptimal environment: reproductive ecology of female Sonora mud turtles (*Kinosternon sonoriense*) in central Arizona, USA. *Amphibia-Reptilia*, 33: 161–170.

Macip-Rios, R., Arias-Cisneros, M.L., Aguilar-Miguel, X.S. y Casad-Andreu, G. (2009). Population ecology and reproduction of the mexican mud turtle

- (*kinosternon integrum*) un Tonatico estado de México. Western North American Naturalist, 69(4): 501-510.
- Macip-Rios, R., Brauer-Robleda, P., Zuniga-Vega, J.J., Casas-Andreu, G. (2011): Demography of two populations of the Mexican Mud Turtle (*Kinosternon integrum*) in central Mexico. Herpetological Journal. 21: 235-245.
- Macip-Ríos, R., Sustaita-Rodriguez, V.H. y Casas-Andreu, G.(2013). Evidence of Pelvic and Nonpelvic Constraint on Egg Size in Two Species of Kinosternon from Mexico. Chelonian Conservation and Biology, 12(2): 218-226.
- Macip-Rios, R., Brauer-Robleda, P., Casas-Andreu, G., Arias-Cisneros, M.L. y Sustaita-Rodriguez, V.H. (2012). Evidence for the Morphological Constraint Hypothesis and optimal offspring size theory in the Mexican mud turtle (*Kinosterno integrum*). Zoological science,29(1): 60-65.
- Macip-Ríos, R., Ontiveros, R.N., Sánchez-León, A.T. y Casas-Andreu, G. (2017). Evolution of reproductive effort in mud turtles (Kinosternidae): the role of environmental predictability. Evolutionary Ecology Research, 18, 539-554.
- Macip-Rios, R., Jones, M.T., Willey, L.L., Akre, T.S., Gonzalez-Akre, E. y Diaz-Gamboa, L.F. (2018). Population Structure and Natural History of Creaser's Mud Turtle (*Kinosternon creaseri*) in Central Yucatán. Herpetological Conservation and Biology, 13(2):366-372.

- Mota-Rodríguez, J.F., Borges-Nojosa, D.M. (2013). Does *Kinosternon scorpioides* (Linnaeus, 1766) (Testudines: Kinosternidae) prefer to reproduce in clean water?, *Herpetology Notes*, 6: 519-521.
- Peñaloza, C. (2000). Demografía y viabilidad de la población de tortuga verde, *Chelonia mydas*, en Isla de Aves. Universidad Simón Bolívar, 2-80.
- Platt, S.G., Berezin, A.R., Miller, D.J. y Rainwater, T.R. (2016). A dietary study of the rough-footed mud turtle (*Kinosternon hirtipes*) in Texas, USA. *Herpetological Conservation and Biology*, 11(1), 142-149.
- Platt, S.G., Miller, D.J., Rainwater, T.R. y Smith J.L. (2016). Notes on the reproductive ecology of the rough-footed mud turtle (*Kinosternon hirtipes*) in Texas in USA. *Acta Herpetologica*, 11(2):221-225.
- R core team (2018) The R foundation for statistical computing, Mexico, <https://www.r-project.org/>
- Rendón-López, M.B., Vázquez-Aguirre, A.A., Chacón-Torres, A. y Ayala. (2007). “Efectos del manejo hidráulico en un sistema de pulsos “Presa de Umécuaro, municipio de Morelia, Michoacán”. Memorias del VI congreso internacional y XII nacional de ciencias ambientales.
- Rivest, L.P y Baillargeon, S. (2019). Rcapture: Loglinear models for capture-Rcapture experiments. *Journal of statistical software*, 19(5).
- Rhodin, A.G.J, Walde, A.D, Horne, B.D., Van Dijk, P.P., Blank, T., Hudson, R. (2011). *Turtles in trouble: The world's most endangered tortoises and freshwater turtles*. Lunenburg, MA: Turtle Conservation Coalition, IUCN Tortoise and Freshwater Turtle Specialist Group, Turtle Conservation Fund, Turtle Survival Alliance, Turtle Conservancy, Chelonian Research

Foundation, Conservation International, Wildlife Conservation Society, and San Diego Zoo Global.

Rhodin, A.G.J., Stanford, C., Van Dijk, P.P., Eisemberg, C., Luiselli, L., Mittermeier, R.A., Hudson, R., Horne, B., Goode, E.V., Kuchling, G., Walde, A., Baard, E., Berry, K., Bertolero, A., T. Blanck, T., Bour, R., Buhlmann, K.A., Cayot, L., Collett, S., Currylow, A., Das, I., Diagne, T., Ennen, J., Forero-Medina, G., Frankel, M., Frit, U., Garci, G., Gibbons, J.W., Gibbons, P., Shiping, G., Guntoro, J., Hofmeyr, M.D., Iverson, J.B., Kiester, A.R., Lau, M., Lawson, D., Lovich, J., Moll, E., Pa ´Ez, V., Palomo-Ramos, R., Platt, K., Platt, S., Pritchard, P., Quinn, H., Rahman, S., Randrianjafizanaka, S., Schaffer, J., Selman, W., Shaffer, B., Sharma, Shi Haitao, D., Singh, S., Spencer, R., Stannard, K., Sutcliffe, S., Thomson, S., y Vogt, R. (2018). Global conservation status of turtles and Tortoises (Order Testudines) . *Chelonian conservation and Biology* , 17(2): 135-161.

Rodríguez–Murcia, J.D., Giraldo-Lopez, A. y Sanchez-Barrera, F.A. (2014). Estructura poblacional y dimorfismo sexual de *Kinosternon leucostomum* (testudines:kinosternidae) en un sistema de charcas asociadas al río purnió (caldas, Colombia). Universidad Militar Nueva Granada, 1-35.

SAGARPA (2004). “Plan rector de producción y conservación de la microcuenca Umécuaro, Municipio de Morelia, Michoacán” Fideicomiso de Riesgo Compartido. Morelia, Mich. Diciembre 2004.

- SEMARNAT (2010). Protección ambiental especies nativas de México de flora y fauna silvestres – categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio, lista de especies en riesgo.
- SEMARNAT (2006). Norma Oficial Mexicana, Diario Oficial, 32 – 40.
- Schwanz, L.E., Spencer R.J., Bowden R.M. y Janzen F.J. (2010). Climate and predation dominate juvenile and adult recruitment in a turtle with temperature-dependent sex determination. *Ecology* 91: 3016–3026.
- Smith, H.M. y Smith, R.B. (1979). Synopsis of the herpetofauna of México. Vol. 6. Guide to Mexican turtles.
- Stanford, C.B., Iverson, J.B., Rhodin, A.G., Van Dijk, P.P., Mittermeier, R., Kuchling, G., Berry, K., Bertolero, A., Bjorndal, K., Blanck, T.E., Buhlmann, K., Burke, R., Congdon, J., Diagne, T., Edwards, T., Eisemberg, C.C., Ennen, J., Forero-Medina, G., Frankel, M., Fritz, U., Gallego-García, N., Georges, A., Gibbons, J.W., Gong, S., Goode, E., Shi, H., Hoang, H., Hofmeyr, M., Horne, B., Hudson, R., Juvik, J., Kiester, R., Koval, P., Le, M., Lindeman, P., Lovich, J., Luiselli, L., McCormack, T., Meyer, G., Paez, V., Platt, K., Platt, S., Pritchard, P., Quinn, H., Roosenburg, W., Seminoff, J., Shaffer, H., Spencer, R., Van Dyke, J., Vogt, R., y Walde, A. (2020). Turtles and tortoises are in trouble. *Current Biology*, 30: 721-735.
- Van Dijk, P. P., Iverson, J.B., Rhodin, A.G., Bradley-Shafeer, H. y Bour, R. (2012). Turtles of the world, 2012 update: annotated checklist of taxonomy, synonymy, distribution, and conservation status. *Chelonian Research Monographs* 5: doi: 10.3854/crm.5.000.checklisdt.v5.2012.

- Vázquez-Gómez, A.G., Harfush, M. y Macip-Rios, R. (2016). Observations on population ecology and abundance of the micro-endemic Oaxaca mud turtle (*Kinosternon oaxacae*). *Herpetological Conservation and Biology*, 11(2):265-271.
- Wilbur, H.M., y Morin, P.J. (1988). Life history evolution in turtles. Pp 387–439 In *Biology of the Reptilia, Ecology B, Volumen 16*.
- Wilkinson, L.R. (2003). Patterns of reproductive allocation: clutch and egg size variation in three freshwater turtles. *University of Georgia*, 2-62.
- Zar, J. (1999). *Biostatistical Analysis*. 4th Edition. Prentice Hall, Upper Saddle River, New Jersey, USA. Zar, J. 1999. *Biostatistical Analysis*. 4th Edition. Prentice Hall, Upper Saddle River, New Jersey, USA.