UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA

FACULTAD DE CIENCIAS

Licenciatura en Biología

Aspectos ecológicos de la tortuga de poza del Pacífico, *Actinemys pallida* (Reptilia: Emydidae), en el arroyo San Rafael, Baja California, México

Tesis

que para obtener el título de

Biólogo

Presenta

Brayan Enrique León Serrano

Ensenada, Baja California, México, a 19 de Noviembre de 2025

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA
FACULTAD DE CIENCIAS,
CAMPUS ENSENADA.

"Aspectos ecológicos de la tortuga de poza del Pacífico, *Actinemys pallida* (Reptilia: Emydidae), en el arroyo San Rafael, Baja California, México"

TESIS

PARA CUBRIR LOS REQUISITOS NECESARIOS PARA OBTENER EL TÍTULO DE

Biólogo

PRESENTA

Brayan Enrique León Serrano
357690

A quien el Comité de Tesis autoriza el trabajo terminal y de acuerdo con el Art. 19 del R.G.E.P.E.P, emite los siguientes votos aprobatorios mediante rubrica:

Dr. Gorgonio Ruiz Campos
DIRECTOR

M. en C. Jorge Heriberto Valdez Villavicencio
CODIRECTOR

Dra. Claudia Alejandra Reyes Valdez
SINODAL

"Por la Realización Plena del Ser"

Resumen

Un estudio para abordar algunos aspectos ecológicos poblacionales de la tortuga de poza, *Actinemys pallida*, fue realizado en una localidad del arroyo San Rafael, en el noroeste de Baja California, México, durante el periodo del 17 de marzo al 12 de agosto de 2023. Se relacionó el largo del caparazón y el peso de los individuos para comprobar si existe dimorfismo sexual; y se comparó su crecimiento somático con otras poblaciones norteñas. Se marcaron individualmente 203 tortugas de poza para estimar el tamaño poblacional mediante la técnica de marcaje-recaptura. El tamaño poblacional estimado en el área de estudio fue de 246 individuos. La captura promedio por muestreo fue de 36 individuos. El 37% de la población fue determinada en condición reproductiva. La longitud media del caparazón de las hembras (128 mm) fue significativamente mayor que aquélla de los machos (81 mm). La población de tortugas mostró una estabilidad en la estructura de tallas y proporción sexual, además de un evidente dimorfismo sexual que se expresa en tamaños de hembras 29% más grandes que los machos. El crecimiento somático de las tortugas en el área de estudio fue menor al reportado en poblaciones más norteñas, lo cual está relacionado con el gradiente de temperatura generado por la latitud.

Palabras clave:

ACTINEMYS PALLIDA; ECOLOGÍA POBLACIONAL; DIMORFISMO SEXUAL; MARCAJE-RECAPTURA; BAJA CALIFORNIA

Agradecimientos

A todas las personas que creyeron en mi para poder terminar este trabajo y me brindaron su apoyo de todas las maneras en cómo les fue posible.

A la organización Fauna del Noroeste que me proporciono la oportunidad de realizar este trabajo brindándome los medios y los fondos para poder realizar mi trabajo de campo relacionado a este proyecto.

A la Universidad Autónoma de Baja California, Facultad de Ciencias por darme la oportunidad de presentar este trabajo y darme la formación necesaria para ello.

A mi codirector, el Dr. Gorgonio Ruiz Campos, por ayudarme en los momentos realmente difíciles de este trabajo, por dedicarme su tiempo, esfuerzo, brindarme valiosos consejos y por creer en mi en la escritura de este trabajo.

A mi codirector, el M. en C. Jorge Heriberto Valdez Villavicencio, por ser mi principal apoyo y mentor en esta etapa, además de mi compañero inseparable durante mis muestreos, por enseñarme a ser todo un profesional, enseñarme lo que no pudieron otros, tener una increíble paciencia conmigo y sobre todo siempre ser un gran amigo. Sin dudarlo nunca hubiera terminado este trabajo sin tu ayuda.

A la Dra. Claudia A. Reyes Valdez por ser un apoyo en la parte final de este trabajo sus correcciones y comentarios fueron de una gran ayuda para refinar los detalles finales de este trabajo. Además de ser tan amable en su ayuda en momentos difíciles de la culminación del mismo y creer en mí.

A mi familia por siempre apoyarme en difíciles momentos, aunque no entendieran completamente en que estaba trabajando y aquellos que se perdieron en el camino esperando a que terminara, pero nunca dejaron de apoyarme hasta el final.

A mis increíbles amigos y compañeros de oficina que fueron también el empujón que me daba fuerzas para seguir con esto cada día su apoyo incondicional fue invaluable.

A Diego por apoyarme en cada pregunta estadística que me surgía y de funcionamiento de programas estadísticos, por ser mi compañero de oficina, de escritura y mi amigo que sobre todo me motivaba a seguir con esto hasta el final.

A David por ser desde el momento en que lo conocí un gran amigo que, aunque siempre batalló para entender todo lo escrito en este trabajo fue un apoyo importante ya sea con consejos, chistes, comidas, raites e incluso prácticas siempre encontró la manera de hacerme saber que me apoyaba.

A la Dra. Anny Peralta García, por ser junto con su esposo, quienes creyeron en mí para ser capaz de hacer este trabajo, por apoyarme en incontables veces en todo lo posible, por darme sus consejos, sus críticas y opiniones respecto a mi proceso de escritura. Realmente fue uno de mis sinodales no oficiales prácticamente. Además de darme apoyo en cada momento preguntado cómo iba, si necesitaba ayuda y lo más importante en darme la lección de siempre intentar ser la persona que haga las cosas de la mejor calidad posible sin importar como lo hagan los demás.

A todos aquellos que también fueron de vital importancia, pero si los mencionara a cada uno este sería un escrito de interminables “muchas gracias por apoyarme y creer en mi para este trabajo.

Índice

1. Introducción 8
2. Objetivos 10
3. Antecedentes..... 11
4. Hipótesis..... 14
5. Materiales y métodos 15
6. Resultados 24
7. Discusión 30
8. Conclusiones..... 34
9. Recomendaciones..... 35
10. Literatura citada 36

Índice de tablas y figuras

Figura 1. Ubicación del área de estudio en el arroyo San Rafael, Baja California. Se muestra la ubicación de las secciones donde se realizaron los muestreos (numeradas del 1 al 3). 15
Figura 2. Secciones del arroyo San Rafael donde se llevaron a cabo los muestreos. Sección media (2), sección alta (3) y sección baja (1). 16
Figura 3. Trampa utilizada para la captura de los individuos. Se utilizaron botes de plástico vacíos como flotadores. 17
Figura 4. Ejemplar adulto de tortuga de poza del pacifico (Actinemys pallida) en el orilla de un cuerpo de agua (Foto tomada por Jorge Valdez). 18
Figura 5. Ejemplar juvenil de tortuga de poza del pacifico (Actinemys pallida) (Foto tomada por David Mora). 18
Figura 6. Ejemplar adulto de tortuga de poza del pacifico (Actinemys pallida) siendo manipulado para tomar sus datos morfometricos (Foto tomada por David Perez). 19
Figura 7. Revisión de trampas en el arroyo San Rafael 20
Figura 8. Método de numeración de los escudos marginales del caparazón para el marcaje de la tortuga de poza (Holland, 1994). 21
Ilustración 9. Proporción de sexos de la población de Actinemys pallida en el arroyo San Rafael. 24
Tabla 1 Valores obtenidos en el muestreo de captura y recaptura para la estimación de tamaño poblacional mediante el método de Schnabel. 25
Tabla 2. Frecuencia de individuos por categoría de edad y categoría de sexo de la tortuga de poza en el arroyo San Rafael, Baja California, México (X2= 0.22, p<0.001). 25
Figura 10. Distribución de edades de tortuga de poza en la población del arroyo San Rafael, Ensenada, Baja California, México. 26
Tabla 3. Tabla comparativa de los tamaños de caparazón (mm) de diferentes poblaciones del género Actinemys respecto a su edad en arroyo San Rafael, Baja California, México y California, EE.UU. (Bury et al., 2012). 27
Figura 11. Comparación de la longitud del caparazón promedio del género Actinemys relacionado a la edad en California (EE.UU.) y arroyo San Rafel, Baja California, México. 28
Figura 12. Comparación de la relación peso y largo del caparazón de los individuos de tortuga de poza del arroyo San Rafael. Las hembras se muestran en color azul, los machos en color verde, y los juveniles sin sexo definidos en rojo. 28
Tabla 4. Valores de variables fisicoquímicas del agua en cada sección de muestreo en el arroyo San Rafael, Baja California, México. 29

1. Introducción

En la clase Reptilia se encuentra el orden Testudines que se diferenciaron del resto de los reptiles a partir del periodo Triásico y está conformado por tortugas marinas, dulceacuícolas y terrestres. Las tortugas se caracterizan principalmente por tener un cuerpo cubierto por un caparazón dorsal y un plastrón ventral. En el caparazón, las vértebras torácicas y las costillas están fusionadas (Flores-Villela y García-Vázquez, 2014).

México es el segundo país más rico en especies de tortugas, donde se distribuyen 53 especies divididas en siete marinas, nueve terrestres y 37 dulceacuícolas (Gispert, 2003; Balderas-Valdivia y González-Hernández, 2023). En Baja California, la tortuga de poza del Pacífico (*Actinemys pallida*) es la única tortuga de agua dulce nativa de este estado. Esta tortuga perteneciente a la familia Emyididae y se distribuye desde California en Estados Unidos hasta la cuenca del arroyo El Rosario, Baja California, México (Bury et al., 2012). También existe una población aparentemente satélite en una localidad del Desierto Central de Baja California (Valdez-Villavicencio et al., 2016a). Se considera una tortuga pequeña con una longitud del caparazón que no sobrepasa los 170 mm. Es una especie asociada a los hábitats acuáticos y ribereños de la región mediterránea de Baja California, abarcando desde arroyos hasta pozas o estanques. También muestran variaciones de color relacionados al ambiente donde habita (Grismer, 2002). La posición taxonómica de esta especie ha sido cambiante, originalmente considerada como *Clemmys marmorata pallida*, después como

Actinemys marmorata pallida, y finalmente elevada a especie como *Actinemys pallida* (Spinks et al., 2016).

La biología y ecología de las poblaciones mexicanas de la tortuga de poza (*A. pallida*) han sido escasamente abordadas, siendo la mayoría de los estudios referidos a registros de distribución (Valdez-Villavicencio et al., 2016a).

Esta tortuga se enfrenta a muchas amenazas como la pérdida y degradación del ecosistema acuático y ribereño, la construcción de presas y sobreexplotación del agua para uso agrícola (Peralta-García et al., 2016). Es por esto por lo que es necesario estudios para conocer la situación actual de su población, su estructura poblacional por talla y sexo, sus requerimientos de hábitat y las amenazas que enfrenta en una de las cuencas más australes de su ámbito de distribución. Todo ello es de importancia toral para poder aplicar estrategias de conservación a futuro.

Con base en lo antes referido, este estudio determinó el estado actual de la población presente en un segmento del río San Rafael, en el noroeste de Baja California, incluyendo el tamaño de la población local reproductiva, proporción sexual, y su comparación poblacional con aquéllas del sur de California, EE.UU.

2. Objetivos

2.1. Objetivo general

2.1.1. Determinar algunos aspectos de la biología y ecología de la tortuga de poza del Pacífico (*Actinemys pallida*), en el arroyo San Rafael, Baja California, México.

2.2. Objetivos específicos

2.2.1. Caracterizar la proporción de sexos de la población.

2.2.2. Estimar el número de hembras reproductivas con base en la longitud del caparazón.

2.2.3. Cuantificar el tamaño de la población local por el método de marcaje y recaptura.

2.2.4. Determinar la relación peso-longitud por sexo y el tipo de crecimiento somático.

3. Antecedentes

En Estados Unidos de América (EE.UU.) se han realizado distintos estudios sobre la especie *Actinemys marmorata*, particularmente sobre aspectos bionómicos como crecimiento somático, estructura poblacional, reproducción y alimentación (Bury et al., 2012). Empero, en la especie alopátrica hermana, *Actinemys pallida*, los estudios han sido más escasos y variados en estos rubros.

En un estudio realizado en la base de la Fuerza Aérea Vandenberg de la costa central de EE.UU., se evidenció una cantidad menor de crías de tortuga de 1 a 2 años debido a un sesgo en el muestreo, ya que esta especie prefiere áreas más protegidas con vegetación densa en lugar de las aguas abiertas donde normalmente se colocaban las trampas. En este mismo estudio, se detectó que la cantidad de machos fue cuatro veces más abundante que aquélla de las hembras, además que el alto número de ejemplares jóvenes y el sesgo en la proporción sexual no influyeron en la reproducción (Germano & Rathbun, 2008).

El crecimiento somático y la maduración de las tortugas de agua dulce es influenciado por la temperatura del ambiente y del agua, es decir, las tortugas de poblaciones más sureñas con climas mediterráneos maduraban más rápido que las de poblaciones más norteñas con climas más fríos (Germano & Rathbun, 2008). Por ejemplo, en el rio Trinity, California, donde sus temperaturas eran reguladas artificialmente para favorecer el crecimiento de la trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*), las tortugas que se encontraban allí eran generalmente más pequeñas con medidas de largo de caparazón de 135 a 175 mm. Por otro lado, en la desviación del mismo río por el área

de South Fork. con temperaturas normales anuales que llegaban a los 24 °C en el verano, eran más grandes las tortugas que se encontraban en este sitio con longitudes del largo de caparazón desde los 135 a los 190 mm. (Snover et. al, 2015).

En cuanto a su reproducción, la temporada de cortejo y cópula abarca entre febrero y noviembre, con una etapa de brumación de octubre a abril (Scott et al., 2008). Se ha observado que las hembras en la parte sur de su distribución en California pueden quedar grávidas cuando alcanzan una longitud entre 121 mm y 131 mm (Pires, 2001). En otras poblaciones, las hembras con huevos presentaban una talla de 140-164 mm. Con base en radiografías tomadas a las hembras, se han determinado nidadas de entre 5 a 6 huevos (Scott et al., 2008). También se han observado dobles nidadas separadas por intervalos entre 27 y 43 días, con la primera nidada en abril y la última de junio a julio.

En otras poblaciones en el norte de California se han encontrado nidadas de 4-6 huevos, y las hembras comienzan a cargar huevos a partir de tallas de 130-135 mm y los machos son sexualmente maduros a partir de los 110 a 120 mm (Bury et al., 2012). Las hembras en las áreas norteñas depositan sus huevos más tarde que en las áreas sureñas y que anidan a una distancia de 5-80 metros del agua. En cuanto a las crías, estas emergen del nido en el otoño antes del invierno y otras pasan el invierno en el nido y emergen en primavera (Bury et al., 2012).

El hábitat de anidación potencial se define como campo abierto, es decir suelos blandos o arenosos con muy poca cobertura vegetal. Por otro lado, las porciones de tierra que tienen arbustos, árboles o vegetación alta y densa no se consideran

adecuadas para la anidación, la cual se lleva a cabo entre de marzo y julio (Sloan, 2012). Comúnmente, las crías emergen en la primavera y pasan todo el invierno dentro del nido (Holte, 1981).

La especie forrajea y vive en los cuerpos de agua temporales tales como ríos o arroyos, pero se moviliza a cuerpos de agua profundos permanentes cuando la temporada árida seca el terreno (Bury et al., 2012). En las poblaciones normalmente la proporción de sexos suele ser equilibrada habiendo un numero parecido tanto de individuos machos como hembras, pero pueden llegar a tener ligeras variaciones dependiendo el ambiente (Bury et al., 2012). La especie comienza con el período de brumación cuando se encuentran en hábitats loticos como ríos o arroyos, pero se mantienen activas en hábitats lénticos como pozas o estanques. Algunas tortugas pasan las temporadas cálidas en ambientes lóticos y se mueven a ambientes lénticos en las temporadas frías.

4. Hipótesis

La estructura poblacional de la tortuga de poza (*Actinemys pallida*) en el arroyo San Rafael, Baja California, México, en su región más austral de su distribución geográfica, tendrá atributos poblacionales diferentes a los registrados en las poblaciones más norteñas o desérticas del oeste de los Estados Unidos.

La estructura poblacional de las tortugas de poza (*Actinemys pallida*) en el arroyo San Rafael, posee atributos similares a los registrados en las poblaciones más norteñas o desérticas del oeste de los Estados Unidos.

5. Materiales y métodos

5.1. Área de estudio

El área de estudio se ubica en el río San Rafael y es parte de la cuenca hidrográfica más septentrional de la Sierra San Pedro Mártir, Baja California. El estudio se realizó en una sección del arroyo de 1.5 km de longitud (31.11884° N, -115.97123° W) y una altitud de 199 msnm, dentro del Ejido Benito Juárez, en el municipio de Ensenada (Figura 1).

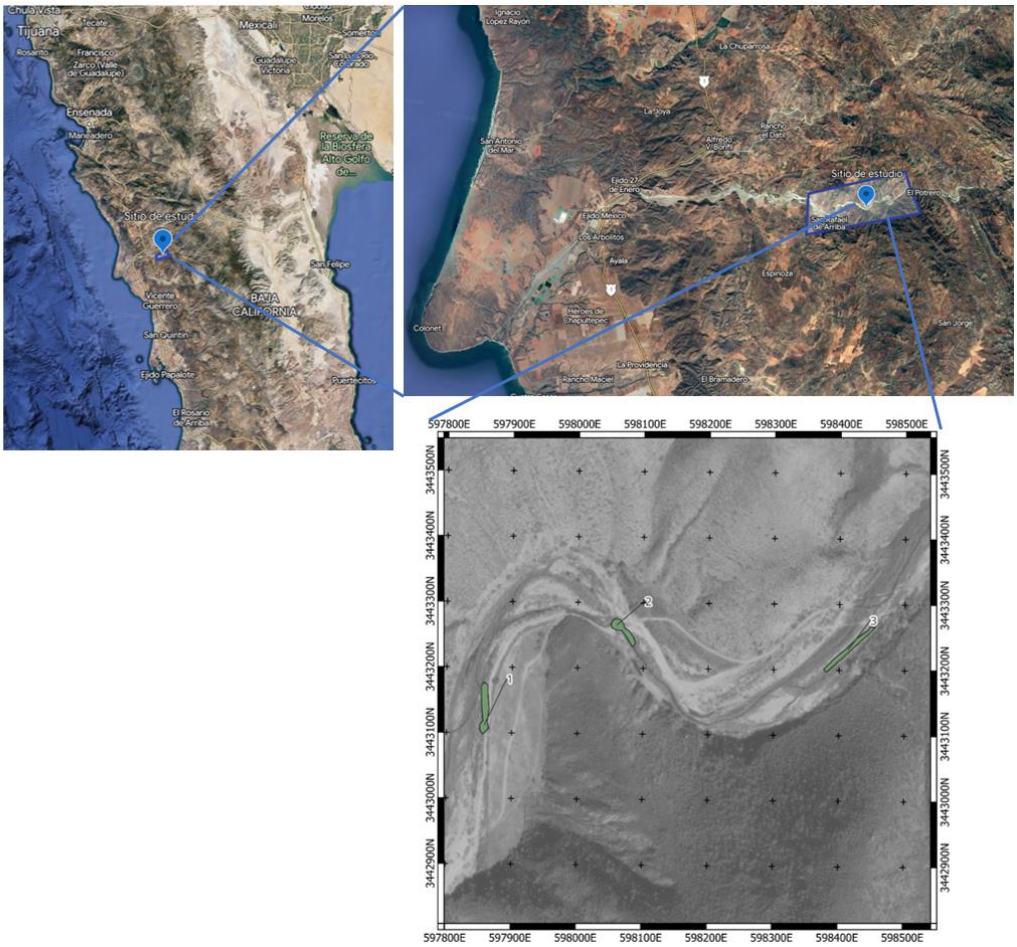

FIGURA 1. UBICACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO EN EL ARROYO SAN RAFAEL, BAJA CALIFORNIA. SE MUESTRA LA UBICACIÓN DE LAS SECCIONES DONDE SE REALIZARON LOS MUESTREOS (NUMERADAS DEL 1 AL 3).

La zona de estudio es un conjunto de tres secciones de arroyo con agua permanente y pozas que se rigen por factores hidrológicos con una extensión total de 2377.5 m^2 (Figura 2). La vegetación ribereña predominante está compuesta por sauces (*Salix lasiolepis*), el batamote (*Baccharis salicifolia*), hierba del manso (*Anemopsis californica*) y el tule (*Typha domingensis*), y es un cañón con laderas abruptas. La temperatura media anual va de los 15 a 18 °C con un tipo de clima templado (García, 2004).

FIGURA 2. SECCIONES DEL ARROYO SAN RAFAEL DONDE SE LLEVARON A CABO LOS MUESTREOS. SECCIÓN MEDIA (2), SECCIÓN ALTA (3) Y SECCIÓN BAJA (1).

5.2. Trabajo de campo

El trabajo de campo se llevó a cabo del 15 de marzo al 12 de agosto de 2023. Las tortugas fueron capturadas por medio de trampas tipo nasa de 30 cm x 50 cm. Se utilizaron 13 trampas que se distribuyeron en tres diferentes secciones del arroyo

(Figs. 1 y 2), donde se colocaron cuatro trampas en las secciones 1 y 3, y cinco en la sección 2. Estas trampas fueron cebadas con vísceras de pollo o con sardinas en aceite de soya, dependiendo de la disponibilidad. Las trampas se colocaron con una separación de aproximadamente diez metros entre cada una, dejando la mitad de la trampa sumergida y la otra mitad expuesta con la ayuda de flotadores para evitar que las tortugas capturadas murieran ahogadas (Fig. 3). Se revisaron las trampas en intervalos de 12 horas (Fig. 7).

FIGURA 3. TRAMPA UTILIZADA PARA LA CAPTURA DE LOS INDIVIDUOS. SE UTILIZARON BOTES DE PLÁSTICO VACÍOS COMO FLOTADORES.

FIGURA 4. EJEMPLAR ADULTO DE TORTUGA DE POZA DEL PACIFICO (ACTINEMYS PALLIDA) EN EL ORILLA DE UN CUERPO DE AGUA (FOTO TOMADA POR JORGE VALDEZ).

FIGURA 5. EJEMPLAR JUVENIL DE TORTUGA DE POZA DEL PACIFICO (ACTINEMYS PALLIDA) (FOTO TOMADA POR DAVID MORA).

FIGURA 6. EJEMPLAR ADULTO DE TORTUGA DE POZA DEL PACIFICO (ACTINEMYS PALLIDA) SIENDO MANIPULADO PARA TOMAR SUS DATOS MORFOMETRICOS (FOTO TOMADA POR DAVID PEREZ).

FIGURA 7. REVISIÓN DE TRAMPAS EN EL ARROYO SAN RAFAEL

Se obtuvieron medidas corporales de las tortugas capturadas como el ancho, largo y alto del caparazón, además de largo del plastrón. Todas estas medidas se obtuvieron con un vernier digital (precisión 0.01 mm). Para el peso somático se utilizó una balanza electrónica (precisión 0.1 g) para ejemplares menores de 300 g y una báscula de resorte para aquellos individuos con peso mayor a 300 g (precisión 1 g). Para determinar la edad de los individuos se efectuó el conteo de los anillos de crecimiento anual en el plastrón. El sexo de los individuos fue determinado por medio de un examen visual de los caracteres sexuales secundarios tales como el tamaño de la cola y la curvatura en el plastrón. Los

ejemplares fueron categorizarlos en tres grupos: machos, hembras, e indefinidos o juveniles (Bury et al., 2012).

Cada individuo fue marcado utilizando el método de Holland (1994) que consta en hacer una muesca en forma de “V” en los escudos marginales del caparazón utilizando una lima triangular (Bury et al., 2012; Fig. 8).

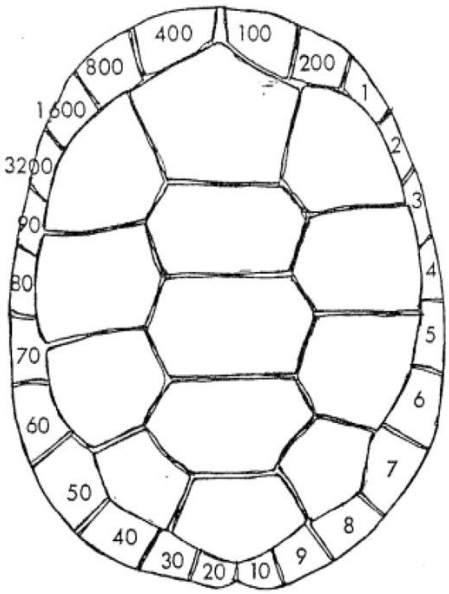

FIGURA 8. MÉTODO DE NUMERACIÓN DE LOS ESCUDOS MARGINALES DEL CAPARAZÓN PARA EL MARCAJE DE LA TORTUGA DE POZA (HOLLAND, 1994).

También se midieron los parámetros fisicoquímicos del agua del arroyo una sola vez durante el último muestreo (12/08/23) alrededor de las 9:00 am, utilizando un medidor de oxígeno disuelto en agua ExStik ll (Extech Instrumets®) y un medidor multiparámetros Oakton® PCSTestr 35 para el pH, conductividad, sólidos disueltos totales y salinidad.

5.3. Análisis de datos

Se realizó un análisis comparativo de las medidas corporales de los individuos para discriminar los individuos con datos atípicos en sus medidas que no concuerden con las esperadas con base a la literatura o tengan medidas erróneas por factor humano. Después de este procedimiento los datos fueron clasificados por diferentes atributos o caracteres, tales como: edad, sexo, talla y combinaciones de estas como talla-peso, edad-sexo, etc.

Una vez clasificados los datos y habiendo corroborado que se trata de individuos únicos, al ser eliminadas las recapturas, se procedió a la confección de histogramas para obtener la distribución poblacional por edad y sexo.

Para determinar la existencia de diferencias significativas en la proporción de sexos de la población se utilizó la prueba Ji cuadrada (Sokal & Rohlf, 1995), cuya ecuación se define como:

$$X^2_{calc} = \sum \frac{(f_O - f_e)^2}{f_e}$$

Donde f_0 corresponde a la frecuencia observada e individuos capturados de hembras o machos, y f_e corresponde a la frecuencia esperada de individuos capturados para cada uno de los sexos.

Se estimó el tamaño de la población mediante el método de marcaje y recaptura de Schnabel, utilizando la ecuación: N= ∑ (Ct*Mt)/∑Rt, donde N es el tamaño de la población estimada, Ct corresponde a las tortugas capturadas en la muestra t, Mt corresponde a las tortugas previamente marcadas en la muestra al tiempo (t), Rt

corresponde a las tortugas marcadas que fueron recapturadas al tiempo (t), Ut corresponde a las tortugas no marcadas al tiempo (t) y (t) corresponde al tiempo o muestreo correspondiente (Sokal y Rohlf, 1995; Badii et al., 2012).

Se cumplieron los supuestos del modelo de Schnabel ya que fue una población cerrada, donde no hubo cambios en el número de individuos presentes durante el período de estudio, lo cual significa que todos los individuos tuvieron la misma probabilidad de ser capturados.

El tamaño de la población de adultos reproductivos se calculó utilizando el criterio de talla, donde individuos con talla de caparazón mayor a 110 mm fueron considerados como adultos reproductivos (cf. Nerhus, 2016).

La relación longitud del caparazón y peso individual fue determinada mediante la ecuación logarítmica de regresión simple, $\log W = \log a + b \log LC$, donde W= peso calculado en gramos, a= intercepto, b= tasa de crecimiento en peso por cada unidad de cambio en la longitud del caparazón, y LC= longitud del caparazón en milímetros. La asociación de ambas variables fue calculada con el modelo de correlación lineal de Pearson (r), a un nivel de significancia de 0.05 (Sokal & Rohlf, 1995).

6. Resultados

6.1. Estructura y tamaño de la población

Durante el periodo de estudio se cuantificó un total de 203 individuos de tortuga de poza del Pacífico, de los cuales 65 fueron hembras (32%), 76 machos (37.5%) y 62 (30.5%) de sexo indefinido o juveniles (Fig. 9). La proporción de sexos en la población correspondió a 1.16 machos por cada hembra, sin embargo, la proporción observada se ajustó a una proporción hipotética similar de 1:1 (X^2= 0.85, P> 0.05).

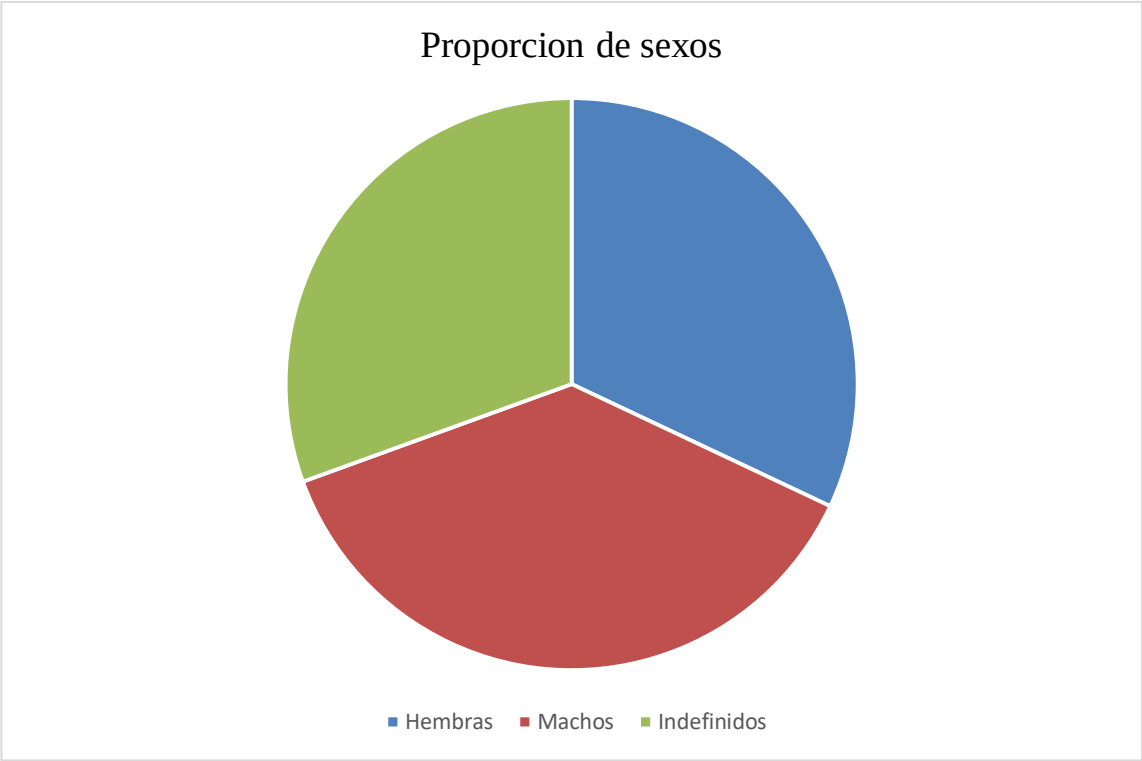

ILUSTRACIÓN 9. PROPORCIÓN DE SEXOS DE LA POBLACIÓN DE ACTINEMYS PALLIDA EN EL ARROYO SAN RAFAEL.

Con base en el modelo de captura y recaptura de Schnabel, la población estimada de tortugas en el arroyo San Rafael fue de 246.3 individuos (Tabla 1) en un área de 3.3

hectáreas, lo que equivale a una densidad de 74.6 individuos por hectárea de hábitat efectivo.

TABLA 1 VALORES OBTENIDOS EN EL MUESTREO DE CAPTURA Y RECAPTURA PARA LA ESTIMACIÓN DE TAMAÑO POBLACIONAL MEDIANTE EL MÉTODO DE SCHNABEL.

Muestreo (t)	**Ct**	**Mt**	**Rt**	**Ut**	**Ct*Mt**
1	**38**	**0**	**38**	**0**	**0**
2	**20**	**7**	**13**	**38**	**760**
3	**42**	**9**	**33**	**51**	**2142**
4	**42**	**13**	**29**	**84**	**3528**
5	**39**	**15**	**24**	**113**	**4407**
		∑=44			**∑= 10837**
					N= 246.3

6.2. Distribución de edades de la población

Los individuos jóvenes o de sexo indefinido de la población, se encontraron en un intervalo de edad de entre 1 y 4 años, teniendo una mayor representación de individuos de 2 años. Para el caso de los machos, se encontraron en un intervalo de edad entre 2 y 10 años, con una mayor representación de individuos de 4, 3 y 6 años. Las hembras de la población se encuentran en un intervalo de edad de entre los 3 y 20 años, con una mayor representación de individuos de 4 y 10 años (Tabla 2, Figura 7).

TABLA 2. FRECUENCIA DE INDIVIDUOS POR CATEGORÍA DE EDAD Y CATEGORÍA DE SEXO DE LA TORTUGA DE POZA EN EL ARROYO SAN RAFAEL, BAJA CALIFORNIA, MÉXICO ($X2= 0.22$, $p<0.001$).

Edad (años)	Hembras	Machos
1	0	0
2	0	5
3	10	21
>4	33	66

La población de machos reproductivos fue de 46 individuos, lo cual es equivalente a un 60.5% de la población total, mientras que la población reproductiva de hembras fue de 45 individuos que es el 69% de la población. De toda la población de adultos, el 64.5% corresponde a la población reproductiva y el resto (35.5%) a los individuos jóvenes que aún no alcanzan la talla reproductiva.

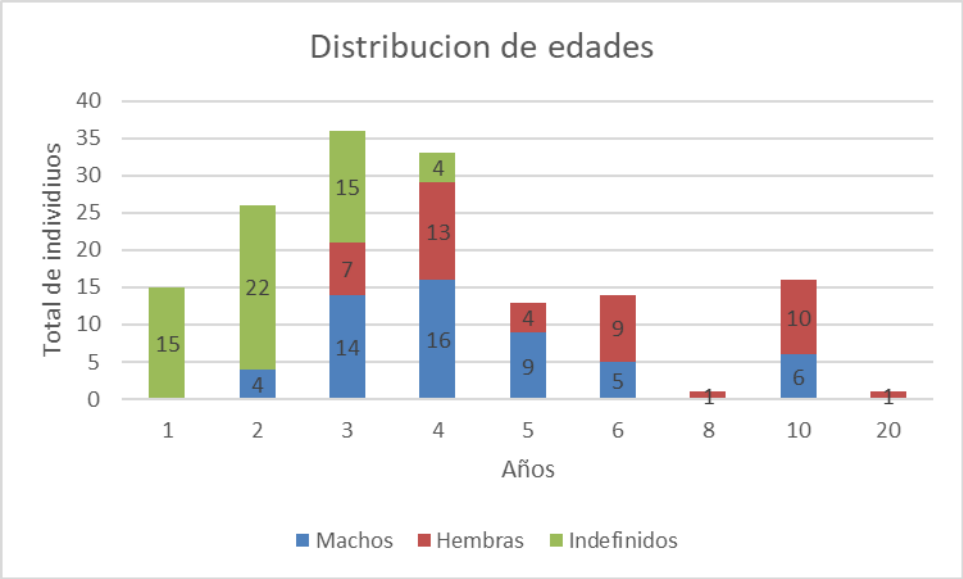

FIGURA 10. DISTRIBUCIÓN DE EDADES DE TORTUGA DE POZA EN LA POBLACIÓN DEL ARROYO SAN RAFAEL, ENSENADA, BAJA CALIFORNIA, MÉXICO.

6.3. Relación de la talla de caparazón con la edad

La longitud del caparazón de los individuos en la población de tortuga de poza del arroyo San Rafael, varió en función del sexo y la edad. El promedio de la longitud del caparazón de los individuos examinados por clase anual fue de 74 mm al primer año (σ=3.614), 85 mm a los 2 años (σ=9.632), 93 mm a los 3 años (σ=9.257), 103 mm a los 4 años (σ=9.3), 117 mm para los 5 años (σ=5.426), y 119 mm para los individuos de 6 años (σ=6.019; Tabla 3).

TABLA 3. TABLA COMPARATIVA DE LOS TAMAÑOS DE CAPARAZÓN (MM) DE DIFERENTES POBLACIONES DEL GÉNERO ACTINEMYS RESPECTO A SU EDAD EN ARROYO SAN RAFAEL, BAJA CALIFORNIA, MÉXICO Y CALIFORNIA, EE.UU. (BURY ET AL., 2012).

	Edad (Años)					
Localidades de Norte a Sur	1	2	3	4	5	6
Hayfork, Northern California (*A. marmorata*)	46	58	69	80	90	100
Southern, San Joaquín Valley (*A. marmorata*)	88	125	146	158	165	169
Central Coast, California (*A. pallida*)	69	96	114	126	136	143
Arroyo San Rafael, Baja California (*A. pallida*)	74	85	93	103	117	119

En la figura 11 se ofrece una comparación de la longitud del caparazón promedio por clase de edad de la tortuga aquí estudiada *A. pallida* y su congénere *A. marmorata* de California (EE.UU.). La población de tortuga del arroyo San Rafael registró una menor talla en todas las edades con respecto a las poblaciones californianas, excepto por aquella de Hayfork (condado de Trinity) que es la más pequeña.

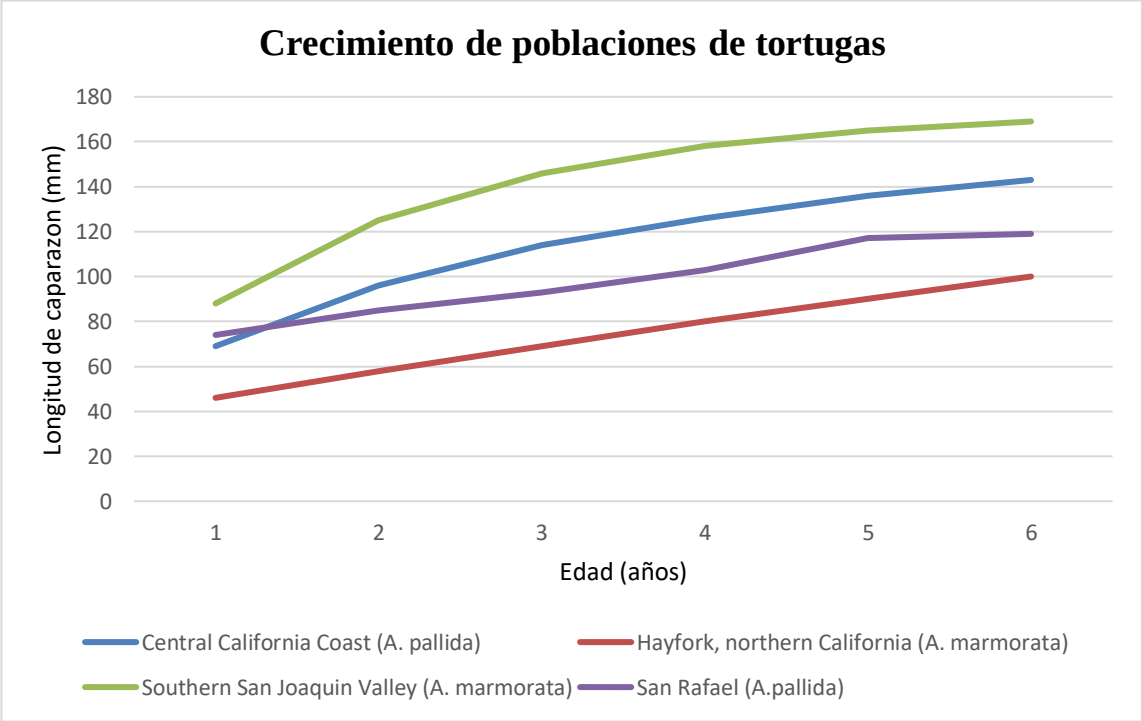

FIGURA 11. COMPARACIÓN DE LA LONGITUD DEL CAPARAZÓN PROMEDIO DEL GÉNERO ACTINEMYS RELACIONADO A LA EDAD EN CALIFORNIA (EE.UU.) Y ARROYO SAN RAFEL, BAJA CALIFORNIA, MÉXICO.

6.4. Relación talla-peso de los individuos

La relación del tamaño del caparazón y el peso corporal fue diferente para hembras y machos (Figura 12). La ecuación de la relación longitud del caparazón y peso de las hembras fue log W = -3.1416 + 2.6404 * log LC, con un valor de correlación de 0.913 y una significancia de P<0.001. En el caso de los machos, la ecuación respectiva fue log W = -3.0359 + 2.5708 * log LC, con un valor de correlación de 0.928 y una significancia de P<0.001. Las hembras mostraron un tamaño significativamente mayor en comparación con los machos (P=0.0022) (Figura 9).

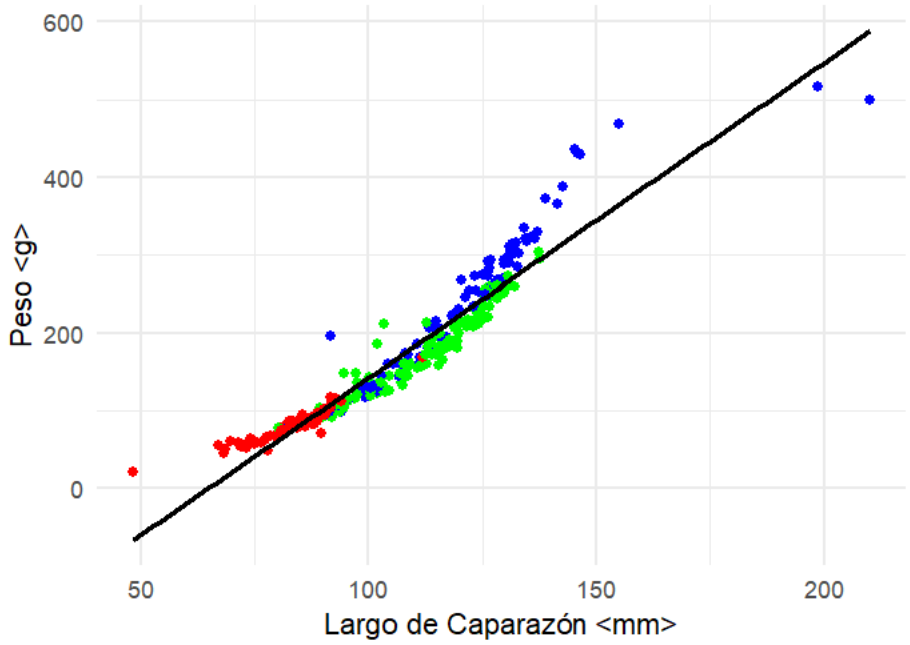

FIGURA 12. COMPARACIÓN DE LA RELACIÓN PESO Y LARGO DEL CAPARAZÓN DE LOS INDIVIDUOS DE TORTUGA DE POZA DEL ARROYO SAN RAFAEL. LAS HEMBRAS SE MUESTRAN EN COLOR AZUL, LOS MACHOS EN COLOR VERDE, Y LOS JUVENILES SIN SEXO DEFINIDOS EN ROJO.

6.5. Parámetros fisicoquímicos

Parámetros fisicoquímicos fueron tomados durante el último muestreo realizado durante el 12 de agosto de 2023 en tres secciones del arroyo de estudio, cuyos resultados se presentan en la tabla 4. Los intervalos de las variables de calidad de agua fueron como sigue: potencial de iones hidrógeno (7.7-8.09), salinidad 0.441-0.463 ‰), sólidos disueltos totales (0.639-0.670 mS/cm), conductividad (0.897-0.942 mS/cm) y oxígeno disuelto (8.45-9.56 mg/l).

TABLA 4. VALORES DE VARIABLES FISICOQUÍMICAS DEL AGUA EN CADA SECCIÓN DE MUESTREO EN EL ARROYO SAN RAFAEL, BAJA CALIFORNIA, MÉXICO.

	Potencial de iones hidrógeno (pH)	**Salinidad (‰)**	**Solidos disueltos totales (g/l)**	**Conductividad (mS/cm)**	**Oxígeno disuelto (mg/l, %)**
Sección 1	8.09	0.441	0.639	0.902	8.45, 108.5
Sección 2	8.07	0.446	0.645	0.897	8.95, 111
Sección 3	7.7	0.463	0.670	0.942	9.56, 113.1

7. Discusión

La población de tortugas de poza en el arroyo San Rafael, Baja California, México se encuentra en un equilibrio entre su estructura de sexos, situación que suele ocurrir en poblaciones del mismo género en Estados Unidos, aunque en algunas poblaciones como las reportadas por Bury et al. (2012) la balanza se inclina hacia alguno de los sexos.

La proporción sexual registrada para la población aquí estudiada es significativamente similar ($P>0.05$), comparado con las poblaciones estudiadas por Germano & Rathbun (2008), quienes registraron hasta cuatro veces más machos que hembras. En este sentido, es posible que las poblaciones puedan tener ligeras diferencias en las proporciones de machos y hembras, pero si el número de individuos jóvenes se mantiene o es alto, la población será más propensa a mantenerse. Con base en lo anterior, la población del arroyo San Rafael tiene una población saludable bajo estos términos. En el arroyo San Rafael se encontró un numero ligeramente mayor de machos que de hembras, pero al ser los números de juveniles altos se puede asegurar que la reproducción no está siendo afectada.

En el sitio de estudio se estimó un total de 203 individuos en tres hectáreas de hábitat que puede ser ocupado, dando un equivalente a 63 individuos por hectárea, este es un número algo bajo si se compara con otras poblaciones de Estados Unidos, como aquellas descritas por Bury et al. (2012), donde la densidad de población para California fue de 250 individuos por hectárea, mientras que en Oregón era 228 individuos por hectárea. Por tanto, la densidad poblacional reducida del arroyo San Rafael pudo haber sido provocado por diferentes fenómenos asociados a la menor productividad del ecosistema.

El tamaño de la población reproductiva de la tortuga de poza del arroyo San Rafael fue de 46 machos y 45 hembras, los cuales habían alcanzado la talla de los 110 mm, lo cual representó el 45% de la población muestreada. Comparando la población del arroyo San Rafael con otras regiones de California, EE.UU., de un total de 236 individuos registrados, 77 de ellos fueron individuos con tallas mayores a los 120 mm que es la talla reproductiva normal en las poblaciones de EE.UU. En el condado de Orange en California, los individuos reproductivos representaban el 32.6% de la población (Nerhus, 2016); en la costa central de California de un total de 179 individuos (Germano & Rathbun, 2008), 142 de éstos fueron miembros reproductivos que representaban un 79.3% de la población de adultos; en la región de Hayfork (Bury et al., 2010), de un total de 52 individuos, 50 de ellos correspondieron a adultos reproductivos que aportaban el 96% de la población; y en la región de San Joaquín, 300 de un total de 321 individuos fueron miembros reproductivos, lo cual representó el 93.4% de la población (Bury et al., 2012).

A diferencia del arroyo San Rafael, en las otras regiones arriba referidas las poblaciones de tortuga de poza tienen un porcentaje mayor de individuos con tallas reproductivas que probablemente esté asociado con variaciones de la capacidad de carga de los hábitats y condiciones climatológicas que influyen en el crecimiento somático de la especie (Nerhus, 2016; Bury et al., 2012; Bury et al., 2010; Germano & Rathbun, 2008).

Los tamaños corporales de la población de San Rafael son menores comparados con aquéllos de otras poblaciones en EE.UU. (Bury et al., 2012). Los individuos del arroyo San Rafael poseen una tasa de crecimiento somático menor en comparación con las

poblaciones más al norte debido a que las temperaturas de su entorno son más altas y el gasto energético es mayor. Con base en lo antes expuesto, es probable que las tortugas de poza del arroyo San Rafael tengan tallas corporales más pequeñas que las poblaciones de latitudes mayores, condición que sigue a la regla biogeográfica de Bergmann, donde los individuos de latitudes más sureñas tienden a ser más pequeños que los de latitudes más norteñas.

La talla reproductiva de hembras de tortuga de poza del arroyo San Rafael (110 mm) es ligeramente menor que el promedio de 120 mm de los EE.UU. (Bury et al., 2012). Otros estudios reportan tallas reproductivas en hembras entre los 121 y 131 mm (Pires, 2001) y 110 mm (Nerhus, 2016). La edad en que alcanzan la madurez reproductiva varía geográficamente con la latitud, siendo más tardía en las poblaciones más norteñas, y más tempranas en las poblaciones más sureñas. En el norte, las poblaciones tardan hasta casi 10 años en alcanzar la edad reproductiva (Bury et al., 2012; Bury et al., 2010), dos años en el río San Joaquín, CA, cuatro años en la costa central de California, y en la parte más sureña en Baja California, México (este estudio) entre cuatro y cinco años.

Con base en los estudios de Germano & Bury et al. (2012) y Rathbun (2008), los climas más fríos retrasan el crecimiento somático y la madurez reproductiva de los individuos, mientras que los más cálidos incrementan la tasa de crecimiento, a excepción de una población del norte en las montañas, donde la abundancia de recursos mantiene su crecimiento de forma acelerada en vez de retrasarlo (Bury et al., 2010). Debido a esto, las tortugas con climas más estables como las de la costa central de California y las de San

Rafael en Baja California no aceleran o atraen su crecimiento, siendo entre 4-5 años el crecimiento normal de la especie en condiciones óptimas con base en los datos recabados.

En la población de San Rafael después de analizar los datos de comparación de talla-peso se observó una clara diferencia de tamaño entre los individuos machos y las hembras, donde las hembras son 29% más grandes que los machos. Lo anterior demuestra un dimorfismo sexual, tal como lo reporta Nerhus (2016). Estas variaciones de tamaño pueden deberse a diferentes causas tales como alimentación, preparación para la temporada de apareamiento y preparación para la temporada de estivación.

Por último, durante los muestreos se observó una proporción de individuos equilibrada a excepción del muestreo del mes de mayo, donde el número de machos fue casi el doble que aquél de hembras, con un reparto de 22 machos y 8 hembras. El siguiente muestreo en junio, se volvieron a regular las capturas de machos y hembras. Esta desaparición de las hembras es probable que hubiese sido provocado por la llegada de la ovoposición, donde las hembras suelen salir de los ambientes acuáticos hacia tierra adentro. Estas fechas son concordantes con las reportadas para esta especie por otros autores (Nerhus, 2016, Valdez-Villavicencio et al., 2016b, Bury et al., 2012, Scott et al., 2008), siendo la temporada de anidación desde finales de abril a inicios de julio, lo cual explica la temporada de desaparición de las tortugas hembra.

8. Conclusiones

- El número de ejemplares reproductivos de tortuga de poza en el arroyo San Rafael en el noroeste de Baja California, en un área de 3 hectáreas de hábitat muestreado, fue 91 individuos (45 hembras y 46 machos).
- La proporción de sexos de los ejemplares de tortuga de poza fue significativamente similar (1:1).
- El tamaño calculado de la población fue de 246 individuos en un área de 3.3 hectáreas.
- Existe un dimorfismo sexual secundario en los individuos de tortuga de poza, siendo las hembras un 29 % más grandes que los machos.
- La población de tortugas de poza del arroyo San Rafael se encuentra en un estado saludable demográficamente, y con la información proporcionada en este estudio se genera una línea base para futuros proyectos de conservación de este quelonio nativo peninsular.

9. Recomendaciones

- Para un estudio más detallado y exhaustivo de la biología de la especie se recomienda utilizar un mayor número de métodos y técnicas para el estudio, tales como la telemetría, para conocer el ámbito hogareño de la especie, saber con más exactitud sus movimientos y determinar la temporada donde las hembras salen del agua y depositan sus huevos en tierra.
- En la búsqueda de huevos ya calcificados dentro de las hembras se recomienda utilizar un aparato portátil de rayos X para realizar las examinaciones en el campo y evitar el estrés de mover a las hembras. El uso de este equipo facilitará cuantificar el número de huevos por nidada, así como el tiempo exacto donde las hembras depositan los huevos.
- Para describir cualitativa y cuantitativamente la dieta de la especie se requeriría la recolecta de diferentes ejemplares y revisar contenidos estomacales. Sobre todo, se necesitarían una mayor cantidad de tiempo para identificar todos los ámbitos conductuales de la especie.

10.Literatura citada

- Badii, M., Guillen, A., Landeros, J., Cerna, E., & Ochoa, Y. (2012). Muestreo por Métodos de Captura-Recaptura. Daena: International Journal Of Good Conscience, 7(1), 97-131.
- Balderas-Valdivia, C. J. & A. González-Hernández. (2023). Inventario de la herpetofauna de México 2023. Herpetología Mexicana, 6: 13-82.
- Bury, R.B., Ashton, D. T., Welsh Jr, H. H., Reese, D. A., & Germano, D. J. (2012). Synopsis of biology. En: Western Pond Turtle: Biology, Sampling Techniques, Inventory and Monitoring, Conservation, and Management, The Society for Northwestern Vertebrate Biology.
- Bury, R. B., Germano, D. J., & Bury, G. W. (2010). Population structure and growth of the turtle *Actinemys marmorata* from the Klamath–Siskiyou ecoregion: age, not size, matters. Copeia, 2010 (3), 443-458.
- Flores-Villela, O., & García-Vázquez, U. O. (2014). Biodiversity of reptiles in Mexico. Revista mexicana de biodiversidad, 85, S467-S475.
- García, E. (2004). Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen 5(6), Universidad Nacional Autónoma de México.
- Germano, D. J., & Rathbun, G. B. (2008). Growth, population structure, and reproduction of Western Pond Turtles (*Actinemys marmorata*) on the central coast of California. Chelonian Conservation and Biology, 7(2), 188-194.
- Gispert, C. (2003). Orden Quelonios. En Anfibios y Reptiles,1-2,128-148. Oceano
- Grismer, L.L. (2002). Amphibians and Reptiles of Baja California, Including its Pacific Islands and the Islands in the Sea of Cortés. University California Press, Berkeley and Los Angeles, California. USA.
- Holland D.C. (1994). The western pond turtle: Habitat and history. Portland, OR: US Department of Energy, Bonneville Power Administration. Final Report DOE/BP-62137-1. 302 p. https:/ /pisces.bpa.gov /release/documents/ documentviewer.aspx?doc=62137-1. Accessed 12 July 2024.
- Holte, D. L. (1981). Nest Site Characteristics of the Western Pond Turtle, Clemmys marmorata, at Fern Ridge Reservoir, in West Central Oregon.
- Nerhus Jr, B. S. (2016). The movements, habitat use, and population assessment of western pond turtles (*Actinemys marmorata*) in a Southern California seasonal wetland. California State University, Long Beach.
- Peralta-García, A., B.D. Hollingsworth, J.Q. Richmond, J.H. Valdez-Villavicencio, G. Ruiz-Campos, R.N. Fisher, P. Cruz-Hernandez & P. Galina-Tessaro (2016). Status of the California red-legged frog (*Rana draytonii*) in the state of Baja California, México. Herpetological Conservation and Biology 11:168-180.
- Pires, M. N. (2001). Allocation of reproductive output in the Western Pond Turtle (*Clemmys marmorata*) in southern California [thesis]. Pomona, CA: California State Polytechnic University. 42-60 p.

- Scott, N. J., Rathbun, G. B., Murphey, T. G., & Harker, M. B. (2008). Reproduction of pacific pond turtles (*Actinemys marmorata*) in coastal streams of central California. Herpetological Conservation and Biology, 3(2), 143-158.
- Sloan, L. M. (2012). Population structure, life history, and terrestrial movements of western pond turtles (*Actinemys marmorata*) in lentic habitats along the trinity river, California. Tesis de maestría, Universidad Estatal Humboldt, USA.
- Snover, M. L., Adams, M. J., Ashton, D. T., Bettaso, J. B., & Welsh Jr, H. H. (2015). Evidence of counter-gradient growth in western pond turtles (*Actinemys marmorata*) across thermal gradients. Freshwater Biology, 60(9), 1944-1963.
- Sokal, R., y Rohlf, F. (1995). Biometría. Principios y Métodos Estadísticos en la Investigación Biológica. Editorial Blume, Barcelona.
- Spinks, P. Q., Thomson, R. C., McCartney-Melstad, E., & Shaffer, H. B. (2016). Phylogeny and temporal diversification of the New World pond turtles (Emydidae). Molecular Phylogenetics and Evolution, 103, 85–97.
- Valdez-Villavicencio, J. H., Peralta-García, A., & Guillen-Gozález, J. A. (2016a). Nueva población de la tortuga de poza del suroeste *Emys pallida* en el Desierto Central de Baja California, México. Revista Mexicana de Biodiversidad, 87, 264-266.
- Valdez-Villavicencio, J. H., Peralta-García, A., Galina-Tessaro, P., & Hollingsworth, B. (2016b). Notes on the reproduction of the southwestern pond turtle *Emys pallida* in Baja California, México. Revista Mexicana de Herpetología, 2(1), 36-39.