



Universidad  
de Guanajuato

DIVISIÓN DE CIENCIAS NATURALES Y EXACTAS  
DEPARTAMENTO DE BIOLOGÍA

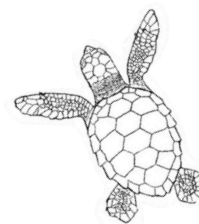
**“EFECTO DE LA INTENSIDAD DE LUZ Y  
LONGITUD DE ONDA EN LA ORIENTACIÓN  
DE CRÍAS DE TORTUGA LORA  
(*LEPIDOCHELYS KEMPII*)”.**

**TESIS**

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE  
LICENCIADA EN BIOLOGÍA EXPERIMENTAL

PRESENTA

**MARINA LIZBETH JIMÉNEZ JIMÉNEZ**



**DIRECTOR**

DR. JORGE ÉUFRATES MORALES MÁVIL

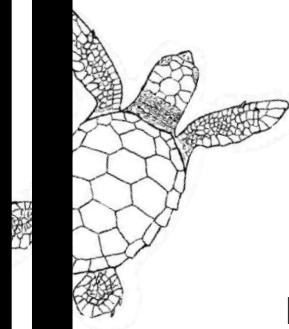
**CO-DIRECTORES**

DR. JUAN PABLO HUCHIN MIAN

M. EN C. JANETH GUADALUPE DE LA CRUZ PINO

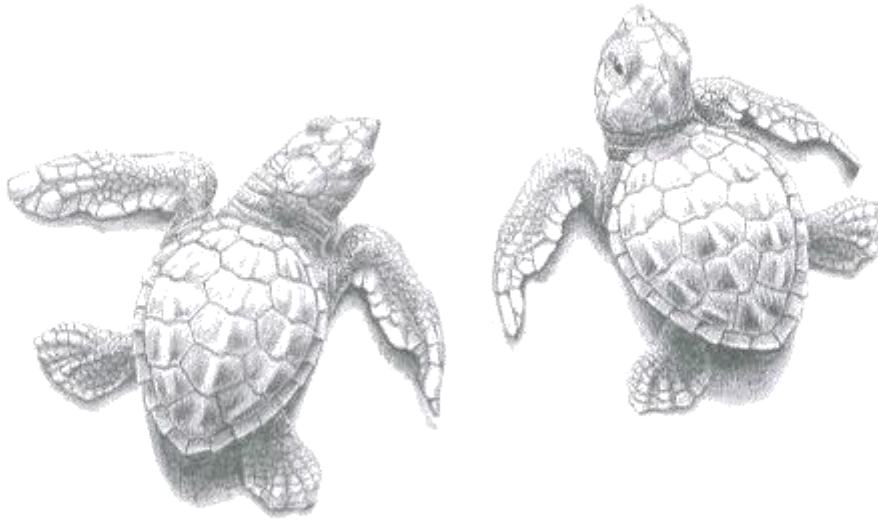
GUANAJUATO, GTO.

NOVIEMBRE, 2020.



## Dedicatoria

A esos hermosos seres,  
a los que más amo en el mundo  
y han sido mi motivo más grande  
para emprender esta aventura.  
Porque aprender de ellas  
es tan solo una lección de la naturaleza,  
y mi misión, es que más personas  
puedan seguir haciéndolo.



Y para mi pequeña y fuerte familia,  
con todo mi amor y gratitud,  
a Lau, Iván y Mamá.

Marina

## Agradecimientos

Gracias a la vida, por poner a las personas correctas en los momentos correctos y gracias a todas esas personas, que llegaron a mi vida para poder cumplir mi sueño.

A mi director de tesis, Dr. Jorge E. Morales Mávil, por darme la oportunidad de realizar este proyecto, por recibirme en el Instituto de Neuroetología de la UV, por el apoyo y las facilidades brindadas, por dirigir este proyecto y por los valiosos aportes a la revisión de mi trabajo.

A la M. en C. Janeth Guadalupe De la Cruz Pino, mi co-directora, por el gran apoyo en el desarrollo del proyecto, las enseñanzas, la confianza, la compañía, la amabilidad, la empatía y por todas las observaciones y consejos para enriquecer este trabajo.

Al personal del Instituto de Neuroetología de la Universidad Veracruzana, por el recibimiento y la amabilidad durante mi estancia, en especial, a los integrantes del Laboratorio de Biología de la Conducta, por el compañerismo y la ayuda en todo momento. Además, a dicha institución por el financiamiento del proyecto.

Al Dr. Juan Pablo Huchin Mian, por aceptar ser mi director interno desde el primer momento, por la ayuda brindada, los consejos de corrección y el seguimiento hacia mi trabajo.

A los integrantes de mi comité sinodal.

Dra. Vianey Graciela Olmedo Monfil

M. en C. Ricardo Javier Torres Cervantes

Dr. Gustavo Alexis Niño Vega

Dra. Suria Gisela Vasques Morales

Por evaluar mi trabajo, y, porque en su momento, compartieron el aula conmigo, dando lo mejor en las asignaturas que me impartieron.

A Don Lázaro González, por involucrarme en las actividades del campamento tortuguero Santander, enseñarme más sobre las tortugas, por estar al pendiente de mí y de las actividades del proyecto, pero sobretodo, por la gran pasión y dedicación que tiene por la conservación de estos seres fantásticos.

A Doña Gela y Don Conra, por recibirme en su casa, estar siempre al pendiente de mí, y porque me hicieron sentir en mi casa y en familia durante mi estancia en Santander.

A la Universidad de Guanajuato, mi alma máter, por dotarme de todas las herramientas que como profesional requeriré en el día a día.

A mis profesores, que sacaron lo mejor y peor de mí. Especialmente a la Mtra. Juanita, Mtra. Areli Durón, Mtra. Patricia Palafox y Dr. Armando Obregón, que me inspiraron y lograron que amara más esta carrera.

A Susy, por compartir experiencias y momentos importantes. Por incitarme a seguir por el trabajo de campo, y a insistir en que enviara ese correo hasta recibir el sí.

A Vero, por escucharme, por su confianza, por todo lo compartido mientras vivía en Guanajuato, Por sus cuidados, consejos y ayuda incondicional.

A Hillary, por el apoyo, por escucharme, por esa gran amistad, por acompañarme en gran parte de este camino y por todo el cariño.

A mis Biólogos unidos: Miguel, Nancy, Katia, Gladis, Andrea Fa., Tere, Anayeli, Andrea Verdín, Carpio, Memo, Marcos, Sainz, Christian, Rocío y Charly. Por todos los momentos memorables y aventuras que compartimos, por la gran amistad y compañerismo, por las enseñanzas que cada una de sus personalidades me ha dejado, por hacer que el estrés y las adversidades se vieran menores, por aprender juntos, por la solidaridad de parte de todos, por ser únicos, pero sobretodo, por ser una gran familia.

A mi familia, que desde Puebla me llena de amor, el cual trato de representar y transmitir en todo lo que hago.

A mis hermanos, por ser tan buenos conmigo, por demostrarme que puedo cumplir mis sueños. A Iván, por su apoyo, sus regaños y consejos, por motivarme a ir cada vez más mi profesión. Y a Lau, por encaminarme hacia la Ciencia, ser un ejemplo, por ayudarme a descubrir y hacer lo que me gusta y apasiona, y por el apoyo incondicional.

A mi madre, Norma, por ser una guerrera y ser el mejor ejemplo de buen ser humano, Por ser el pilar de mi familia, mi razón de ser y por todo el amor que me da. Por darme libertad y poder de ser yo misma y hacer lo que más me gusta, Por prepararme para defenderme ante el mundo yo sola y apoyarme incondicionalmente.

GRACIAS TOTALES.

## RESUMEN

Tras la eclosión en la playa, las crías de tortugas marinas siguen su camino en dirección al mar, guiadas principalmente por estímulos visuales como la luz. Fuentes externas de luz podrían generar respuestas negativas en la trayectoria de las pequeñas tortugas. Actualmente, se sabe que las tortugas marinas responden a distintas longitudes de onda e intensidades de luz, y que las diferentes especies de tortugas presentan una preferencia específica por tipos específicos de luz. Conocer el comportamiento que presentan los individuos recién nacidos hacia distintos tipos de luz artificial, contribuye a la formulación de estrategias de conservación que pueden ser aplicadas en los campamentos tortugueros. Asimismo, ayuda a sentar las bases para proponer estrategias de regulación de fuentes luminosas provenientes de hoteles, residencias y empresas cercanas a las playas de anidación. Con el objetivo de determinar el efecto de distintas longitudes de onda e intensidades de luz en la orientación de las crías de tortuga lora (*Lepidochelys kempii*) en su camino hacia el mar, se realizaron pruebas conductuales con 240 crías, durante el periodo de anidación mayo-julio 2019, en la Playa Santander, ubicada en la localidad Santander, municipio de Alto Lucero de Gutiérrez Barrios, Veracruz. Las crías fueron expuestas a estímulos de luz dentro de un laberinto en Y, registrando su respuesta ante cuatro colores de luz: azul (450 nm aprox.), verde (500 nm aprox.), amarilla (600 nm aprox.) y roja (700 nm aprox.) y tres intensidades de luz distintas dadas por focos de 5W, 8W y 13W, comparando un par de intensidades en cada prueba conductual. Las crías de tortuga lora presentaron atracción hacia todos los tipos de luz; sin embargo, seleccionaron con mayor frecuencia la luz de color verde con mayor intensidad de luz (13W,  $26 \pm 3.91$  lux;  $X^2= 11.25$ ,  $p= 0.0008$ ;  $X^2= 6.05$ ,  $p= 0.0139$ ), con respecto a las otras intensidades de luz (5 W,  $7 \pm 0.81$  lux; 8W,  $11.25 \pm 3.40$  lux). Podemos concluir que las crías de tortuga lora (*L. kempii*) presentaron fototaxia positiva hacia las diferentes intensidades y colores de luz utilizados en esta investigación; con mayor atracción hacia la luz de color verde más intensa. Fuentes de luz con intensidades altas, principalmente con longitudes de onda corta, como el color verde, pueden confundir y desorientar a las crías de tortugas marinas en las playas de anidación, lo cual debe ser considerado en estrategias de manejo en playas.

## ÍNDICE

### RESUMEN

I. INTRODUCCIÓN	1
II. ANTECEDENTES	3
2.1 La luz y el color	3
2.1.1 Propiedades de la luz en el océano	4
2.2 Sensibilidad de las crías de tortugas a la luz	6
2.3 Mecanismos de orientación hacia la luz	7
2.4 El ojo de las tortugas	9
2.5 Sensibilidad espectral y percepción del color	10
2.6 Perturbación en la llegada al mar	13
2.7 Descripción de la especie estudiada	13
2.7.1 Posición taxonómica	13
2.7.2 Características morfológicas	13
2.7.3 Alimentación	14
2.7.4 Anidación	15
2.7.5 Distribución	15
2.7.6 Estado de conservación y amenazas	16
III. HIPÓTESIS	17
IV. OBJETIVOS	17
4.1 Objetivo general	17

4.2 Objetivos particulares	17
V. MATERIALES Y MÉTODOS	18
5.1 Sujetos y sitio de estudio	18
5.2 Laberinto en Y	19
5.3 Pruebas conductuales	21
5.4 Medidas morfométricas y registro de datos	24
5.5 Análisis de datos	25
VI. RESULTADOS	26
6.1 Medidas morfométricas	26
6.2 Respuestas observadas en las pruebas conductuales	26
6.3 Preferencias de color e intensidad	27
VII. DISCUSIÓN	34
7.1 Respuestas hacia la luz	34
7.2 Recomendaciones para futuras investigaciones	37
7.3 Legislación y propuestas de conservación para campamentos tortugeros	39
VIII. CONCLUSIONES	43
IX. LITERATURA CITADA	44
X. ANEXOS	
Anexo A. Permiso de colecta	51
Anexo B. Formato de registro de datos	56



## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b> Valores de la intensidad de luz de los focos.....	20
<b>Tabla 2.</b> Valores de la intensidad de luz medida en el punto inicial (PI).....	21
<b>Tabla 3.</b> Intensidades y longitudes de onda evaluadas por prueba.....	22
<b>Tabla 4.</b> Medidas morfométricas de las 240 crías de <i>L. kempii</i> utilizadas en las pruebas conductuales.....	26
<b>Tabla 5.</b> Respuestas de las crías de tortuga lora hacia los estímulos de tres intensidades de luz azul (450 nm aprox.).....	27
<b>Tabla 6.</b> Respuestas de las crías de tortuga lora hacia los estímulos de tres intensidades de luz verde (500 nm aprox.).....	29
<b>Tabla 7.</b> Respuestas de las crías de tortuga lora hacia los estímulos de tres intensidades de luz verde (500 nm aprox.).....	30
<b>Tabla 8.</b> Respuestas de las crías de tortuga lora hacia los estímulos de tres intensidades de luz roja (700 nm aprox.).....	31

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Distribución espectral de la luz visible.....	3
<b>Figura 2.</b> Tortuga lora adulta.....	13
<b>Figura 3.</b> Tortuga lora recién nacida.....	14
<b>Figura 4.</b> Ubicación del campamento tortuguero Santander.....	18
<b>Figura 5.</b> Representación esquemática del laberinto en Y, y sus componentes.....	20
<b>Figura 6.</b> Esquema metodológico del diseño experimental.....	23
<b>Figura 7.</b> Medida del Largo Recto de Caparazón, LRC.....	24
<b>Figura 8.</b> Porcentajes de frecuencia de selección de los estímulos de luz azul (450 nm aprox.).....	28
<b>Figura 9.</b> Porcentajes de frecuencia de selección de los estímulos de luz verde (500 nm aprox.).....	29
<b>Figura 10.</b> Porcentajes de frecuencia de selección de los estímulos de luz amarilla (600 nm aprox.).....	30
<b>Figura 11.</b> Porcentajes de frecuencia de selección de los estímulos de luz roja (700 nm aprox.).....	32

## I. INTRODUCCIÓN

La luz artificial puede tener un efecto severo en la supervivencia de las tortugas marinas, tiene el potencial de interferir en el comportamiento de las hembras adultas, debido a que puede provocar que desistan en salir del agua para buscar el sitio en que harán su nido o que pasen más tiempo en la playa, siendo así más susceptibles a depredadores, a deshidratación, o a la pérdida de energía para poder retornar al mar (Silva et al., 2017). En el caso de las crías recién eclosionadas, el efecto de la luz artificial se refleja en su trayectoria hacia el océano, ya que se ha documentado la desorientación de crías de distintas especies de tortugas marinas, lo que muchas veces las conduce a la muerte (Philibosian, 1976; Tuxbury y Salmon, 2005; Lorne y Salmon, 2007; Karnad et al., 2009; Pendoley y Kamrowski, 2015; Rivas et al., 2015).

De ahí que uno de los problemas actuales en el éxito reproductivo de la especies de tortugas marinas, sea causado por el incremento de luces en las playas de anidación, provenientes de grandes empresas, hoteles y residencias (Witherington y Martin, 2003).

Las tortugas marinas son capaces de detectar diferentes longitudes de onda e intensidades de luz (Mrosovsky y Shettleworth, 1968). Diversas investigaciones han tratado de explicar la orientación de las crías de tortugas marinas, dada por la atracción hacia la luz. Se ha registrado que cada especie de tortuga marina, tiene una preferencia específica a ciertas longitudes de onda, normalmente a longitudes de onda corta, dentro del rango ultravioleta (350 nm) al amarillo (600 nm) (Witherington, 1992; Celano et al., 2018), sin embargo, pocos experimentos involucran la respuesta ante distintas intensidades de luz, parámetro que es relevante para la orientación y el desplazamiento de las crías.

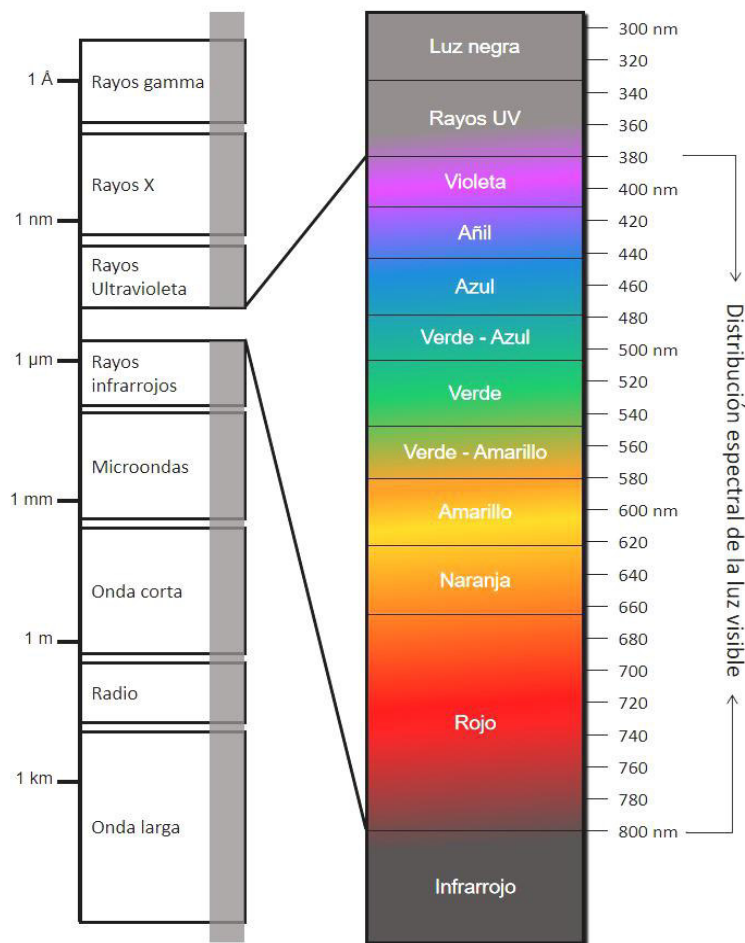
Una de las tortugas marinas menos estudiadas en aspectos de comportamiento, y de la cual se desconoce su atracción hacia las intensidades de luces de colores, es la tortuga lora (*Lepidochelys kempii*), considerada endémica del Golfo de México (Márquez, 1996). No obstante, se ha registrado que las crías de esta especie de tortuga, parecen tener mayor atracción por la luz blanca de intensidad intermedia a baja (menor o igual a 1 lux) y repulsar la de mayor intensidad (Cobos-Silva, 2009).

Considerando la importancia de la luz para el desplazamiento y orientación de las tortugas marinas al nacer, así como las diferencias que existen en la sensibilidad a las longitudes de onda e intensidad a la luz de las distintas especies de tortugas marinas, se planteó en este trabajo estudiar el efecto de la luz de diferentes longitudes de onda e intensidades, sobre la orientación de crías de tortuga lora (*Lepidochelys kempii*). Puesto que esta especie se encuentra en peligro de extinción, según la IUCN (Wibbels y Bevan, 2019), el conocimiento de la conducta que presentan los individuos recién nacidos hacia los distintos tipos de luz, contribuirá a generar información base que ayude a la formulación de estrategias que pueden ser aplicadas para la regulación de las fuentes luminosas provenientes de hoteles, residencias y empresas cercanas a los campamentos tortugueros y las playas de anidación.

## II. ANTECEDENTES

### 2.1 La luz y el color

La luz es energía en forma de radiación electromagnética de alta frecuencia, que el ojo humano detecta en el rango de longitudes de onda entre 380 nanómetros (nm) (color violeta) hasta 750 nanómetros (color rojo) aproximadamente. Dentro del espectro electromagnético, a este rango se le denomina espectro visible (Figura 1) (Tippens, 2001).



**Figura 1.** Distribución espectral de la luz visible. Tomada de Tippens, 2001.

La luz viaja a través del espacio en pequeños “haces” llamados fotones. La energía de un fotón produce un campo electromagnético alrededor de este, el cual es aparentemente invisible ya que no puede ser detectado a menos que exista un objeto material en el que se pueda ejercer algún tipo de fuerza y es así como lo percibimos.

La forma en que se organiza el espectro electromagnético es de acuerdo con la longitud de onda. Las longitudes de onda son vibraciones y se expresan con el símbolo  $\lambda$  (lambda), aquellas que corresponden a la luz visible se miden en nanómetros. Un nanómetro (nm) es la milésima parte de una micra ( $\mu$ ), por lo que corresponde a la millonésima parte de un milímetro (Tippens. 2001).

En el espectro de luz, las ondas electromagnéticas de menor longitud son los rayos cósmicos, los rayos gamma y los rayos X, seguidos por la luz ultravioleta, la luz visible y los rayos infrarrojos. En seguida, las microondas y las ondas de radio que son ondas electromagnéticas de mayor longitud (Pérez, 2001).

El color es la interpretación que hace el sistema visual de la composición espectral de la luz que detecta el ojo. Todo cuerpo iluminado absorbe todas o parte de las ondas electromagnéticas y refleja el resto (Pérez, 2001). La intensidad de luz también se cuantifica, para ello se utiliza el lux (lx), unidad métrica para medir la iluminancia, equivalente a la iluminación de una superficie uniformemente a un metro del punto fuente, un lumen por metro cuadrado (Witherington y Martin, 2003).

### **2.1.1 Propiedades de la luz en el océano**

La intensidad de la luz, así como su color, grado de polarización, y contraste, se altera significativamente a medida que viaja a través del océano, debido a que una parte de la luz se absorbe y dispersa, y otra se refleja. (Fritches y Warrant, 2013).

Dependiendo de las características que se deseen observar en el océano, se clasifican distintas zonas o capas que lo componen. Si se considera la profundidad podemos definir dos zonas, la zona pelágica, la capa superficial que llega hasta los 200m de profundidad; y la zona batipelágica, que abarca desde el límite de la zona

pelágica hasta el fondo del océano. A su vez, según la intensidad de luz que penetra el agua, el océano se puede dividir en dos zonas, fótica y afótica; la primera, considerada hasta los 200m de profundidad, y a su vez dividida en zona eufótica (0 a 80 m de profundidad) y disfótica (80 a 200 m de profundidad); y la segunda, en donde la luz ya no penetra y abarca de los 200m hasta el fondo del mar (Pabón et al., 1998).

La intensidad de la luz, en los océanos y lagos más claros, se reduce en aproximadamente 1.5 órdenes de magnitud por cada 100 m de profundidad. En el mar, casi no queda luz del día al ingresar a la zona batipelágica, y es muy poco probable que los animales marinos puedan ver la luz del día por debajo de esta profundidad (Denton, 1990).

En una zona clara del océano, la luz se vuelve progresivamente más azul con la profundidad y, parte del espectro que corresponde al rojo, es casi completamente absorbida dentro de los primeros 100 m (Gulko y Eckert, 2004). Por tanto, la luz del día es casi monocromática (475 nm) en las profundidades superiores del océano, y es visible en todas las direcciones alrededor del animal, debido a que las partículas suspendidas en el agua dispersan la luz del día en todas direcciones. Así, un animal al nadar cerca de la superficie percibe la luz que viene desde la profundidad, de los lados y de la superficie (Fritches y Warrant, 2013). Sin embargo, con el aumento de la profundidad, la intensidad de la luz que se percibe por debajo y desde los lados disminuye, y la luz que se aprecia es únicamente la que viene desde arriba.

La dispersión de luz en el océano se relaciona, además, con la percepción o visibilidad de objetos, cuanto más lejos esté un objeto, mayor será el volumen de agua entre él y el espectador. En consecuencia, habrá mayor número de partículas suspendidas que dispersan la luz en la línea de visión del espectador. Así, esta luz eventualmente dispersa, se vuelve más brillante que la luz que llega al ojo desde el objeto y, finalmente lo oculta por completo, haciéndolo poco o nulamente visible (Fritches y Warrant, 2013).

## 2.2 Sensibilidad de las crías de tortugas a la luz

Las crías de tortugas marinas, emergen de sus nidos en las horas más frescas del día, generalmente al anochecer o amanecer (Márquez, 1994). Una vez en la superficie de la arena, emprenden su camino hacia el mar guiadas por estímulos que las acerquen al mar.

Los estímulos visuales son muy importantes para las tortugas recién nacidas durante su trayectoria hacia el mar. Si obedecen los estímulos luminosos naturales, las crías garantizan su llegada al océano, de lo contrario, quedarían expuestas a depredadores o factores ambientales que las conduzcan a la muerte (Witherington y Martin, 2003). Una vez en el agua, las pequeñas tortugas suelen utilizar otros mecanismos para su navegación, nadan en alta mar orientándose con las olas y posteriormente se guían por el campo magnético terrestre (Lohmann y Lohmann, 1996).

Hooker (1911) y Parker (1922) fueron los primeros en explicar que las crías de tortugas marinas dependen casi exclusivamente de su visión para reconocer el mar. Hasta entonces, se proponía que las crías de tortugas marinas se guiaban por estímulos olfatorios y señales magnéticas de la tierra; ambos estudiaron el comportamiento de crías de tortuga boba, *Caretta caretta* hacia la luz, afirmando que preferían seguir estímulos con mayor intensidad de luz.

Posteriormente, Noble y Breslau (1938) realizaron experimentos con tres especies de tortugas de agua dulce, *Chelydra serpentina* (tortuga lagarto), *Sternotherus odoratus* (tortuga almizclada) y *Chrysemys picta* (tortuga pintada), para describir la respuesta hacia la luz y la preferencia a colores e intensidades, buscando además diferencias con los trabajos de Hooker y Parker. Como resultado de su trabajo, lograron registrar que las crías de las especies estudiadas presentaron una preferencia significativa hacia estímulos con mayor área de iluminación, mayor atracción hacia intensidades de luz más altas y preferencia hacia la luz azul, y a la luz roja cuando el parámetro de intensidad era mayor.



Anderson (1958) diseñó los primeros experimentos registrados con cámaras conductuales o laberintos para evaluar la respuesta de crías de tortugas de agua dulce, evaluando la respuesta de *Trionyx muticus* (tortuga plana lisa), *Graptemys pulchra* (tortuga mapa) y *Graptemys oculifera* (tortuga mapa anillada). Comparó su trabajo con los resultados obtenidos con anterioridad, y determinó que las sombras son un elemento que también podría interferir en la orientación de los quelonios. Este trabajo marcó la pauta para cuestionar la relación de la luz con las tortugas de ambientes acuáticos, principalmente las de hábitat marino.

Gracias a que Carr y Ogren (1960) realizaron experimentos en los que cubrieron los ojos de crías de tortugas marinas y observaron su conducta en la playa, se supo que las crías podían desorientarse y no lograr llegar al mar. Además, observaron que algunas crías salían del mar, en retorno a la playa, siendo atraídas por el alumbrado situado en la playa de anidación. Sin embargo, registraron que las crías pueden mantener su capacidad de orientación si se devuelven a la playa, incluso después de estar en largos periodos en cautiverio.

### **2.3 Mecanismos de orientación hacia la luz**

El papel que juega la luminosidad en las tortugas para la búsqueda del mar es claro, sin embargo, Witherington y Martin (2003) lanzaron dos preguntas acerca del comportamiento presentado por las crías; la primera, ¿existe algún mecanismo utilizado por los ojos y cerebro de la cría para orientarse hacia la luz? y la segunda, ¿cuáles son las características o propiedades de la luz que son importantes para las crías? De esta forma, se podría describir y predecir el comportamiento que las recién nacidas presentan ante fuentes artificiales de luz.

En la búsqueda de los mecanismos, Mrosovsky y Shettleworth (1968) experimentaron con crías de tortuga verde (*Chelonia mydas*), cubriendo parcialmente los ojos de las pequeñas tortugas, para describir los giros y volteretas que estas realizaron. Debido a la preferencia de las crías hacia lugares más brillantes o iluminados, propusieron un mecanismo en el que el desplazamiento se da hacia el

estímulo más brillante para lograr un equilibrio de entrada de luz en ambos ojos. Más tarde, este mecanismo fue llamado un sistema de fototropotaxis complejo (Mrosovsky y Kingsmill, 1985), que se refiere a girar y desplazarse hacia la luz (*photos* = luz, *tropos* = girar, *tasso* = disposición), debido a los medidores involucrados en ambos ojos (Witherington y Martin, 2003).

En contraparte, se propuso otro mecanismo que considera que las crías poseen un sistema de celdas o “rasters” de sensores de luz dentro de cada uno de sus ojos, los cuales le permiten distinguir e interpretar las señales más brillantes. Dicho mecanismo fue denominado telotaxis (*telopos* = ver de lejos, *tasso* = disposición) (Verheijen y Wildschut, 1973; Mrosovsky y Shettleworth, 1974). A pesar de las similitudes en los mecanismos propuestos, actualmente para describir la atracción o desplazamiento en dirección hacia la luz, se utiliza el término fototaxia positiva (*photos* = luz, *taxis* =orden), que describe el movimiento en dirección a la luz, como reacción de orientación y locomoción hacia ella.

Una característica importante que debieron tomar en cuenta los investigadores al realizar experimentos conductuales que involucran respuestas visuales, es la dirección de la luz y determinar qué parte del entorno es medido por el par de ojos de las tortugas, es decir, la amplitud de su campo de visión. Esta propiedad se conoce como “cono de aceptación” o “ángulos de aceptación” en dos direcciones, horizontal y vertical. La altura y el ancho del cono de aceptación tiene un efecto crítico sobre las medidas de luz y la determinación de la dirección más brillante (Witherington y Martin, 2003).

El componente horizontal y vertical del cono de aceptación en crías de tortugas verde (*C. mydas*), golfina (*L. olivacea*) y boba (*C. caretta*) ha sido deducido a partir de la manera en que las crías se orientan en experimentos de campo (Verheijen y Wildschut, 1973; Witherington, 1992). En estos estudios, los estímulos de luz fueron controlados artificialmente de modo que detectores con conos de aceptación de diferente ancho, midieran diferentes direcciones de claridad. Las crías de cada especie se orientaron generalmente hacia la dirección más brillante, medida con un cono de aceptación ancho, de aproximadamente 180° horizontalmente. Para determinar el componente vertical, se midió la orientación de las crías con respecto a fuentes de luz

que fueron colocadas en distintos ángulos verticales. Para las tortugas verdes y las golfinas, se estableció el componente vertical de 10° bajo el horizonte, y 30° sobre el horizonte para las caguamas (Verheijen y Wildschut, 1973; Salmon y Wyneken, 1990; Witherington, 1992).

## **2.4 El ojo de las tortugas**

Para entender mejor lo que ocurre dentro de los ojos de las tortugas, resulta importante considerar su fisiología. La anatomía del ojo de los quelonios es similar al resto de los vertebrados (Bartol y Musick, 2003), está conformado por varias capas importantes: la esclerótica, la parte unida a los músculos del ojo que contiene una parte pigmentada y otra incolora denominada córnea, responsable de la refracción de la luz; interna a ella se encuentra la úvea, compuesta por la coroides, que aumenta la sensibilidad del ojo en condiciones de poca luz, el cuerpo ciliar que define la forma del lente y el iris, que es la parte pigmentada del ojo; y, por último, la retina, que es la capa sensitiva del ojo, capaz de detectar colores e intensidades de luz. La cámara del ojo se encuentra llena del cuerpo vítreo, un líquido viscoso e incoloro (Wyneken, 2004).

La retina está conformada por un conjunto de capas celulares en donde se localizan los conos y bastones, los cuales contienen fotorreceptores sensibles a la luz, además de las células ganglionares (Wyneken, 2004). Los conos son responsables de la percepción de color, mientras que los bastones tienen la función de maximizar la sensibilidad ante estímulos débiles cuando hay poca luz (Bartol y Musick, 2003).

La densidad y distribución de células fotorreceptoras determina la capacidad de percepción de cada animal (Walls, 1942; Brown, 1969). Aparentemente, en las tortugas los bastones son similares en dimensiones a los conos, lo cual no se presenta en la mayoría de los vertebrados (Bartol y Musick, 2003). Las tortugas presentan una especie de gotitas de aceite de colores que actúan como filtros y modifican la longitud de onda entrante (Levenson et al., 2004). Se han observado tres tipos de gotitas diferentes:

amarillas, naranjas y claras, que se combinan con tres tipos de conos distintos (Bartol y Musick, 2003).

Es posible que las denominadas celdas o medidores en los ojos de las tortugas marinas, anteriormente descritos por los mecanismos de direccionamiento a estímulos brillantes, sean las células fotorreceptoras contenidas en la retina de los ojos. Fue necesaria la experimentación en laboratorio con ejemplares de *Pseudemys scripta elegans* (jicotea elegante), para entenderlo. Según Neumeyer y Jäger (1985), las células fotorreceptoras en las tortugas de agua dulce estudiadas, actúan como filtros de corte que solamente transmiten ciertas longitudes de onda; como consecuencia, las gotas de aceite influyen en la sensibilidad espectral de los conos y, por lo tanto, determinan las propiedades de la visión del color.

## **2.5 Sensibilidad espectral y percepción del color**

La cantidad de células fotorreceptoras determina la sensibilidad ante la luz y el color, ciertos investigadores midieron el potencial de las retinas de ejemplares de *C. caretta* y *C. mydas*. Utilizaron la técnica denominada electroretinografía (ERG), para medir la actividad eléctrica producida por las células de la retina, colocando electrodos en los ojos de algunos ejemplares de varias especies de tortugas marinas (Granda y O'Shea, 1972; Levenson et al., 2004; Ojeda, 2007). La ERG mostró que las tortugas marinas son más sensibles a longitudes de onda corta (correspondiente al color azul, en el espectro de luz visible para el ser humano), a diferencia de las tortugas de agua dulce, que son más sensibles a longitudes de onda larga (correspondiente al color rojo) (Witherington y Martin, 2003). Los datos de ERG ofrecen información fisiológica importante, sin embargo, la forma más directa para determinar los efectos de la luz espectral en la orientación de las tortugas, es realizando experimentos de comportamiento (Witherington y Martin, 2003).

En experimentos conductuales donde se usaron filtros que permitieron variar las longitudes de onda que recibían las crías, se presentó un hallazgo común, las crías preferían longitudes de onda más cortas, es decir, que eran mayormente atraídas hacia

la luz azul que hacia la roja (Mrosovsky y Carr, 1967; Ehrenfeld, 1968; Mrosovsky y Shettleworth, 1968). De forma similar, en pruebas con tortugas verdes adultas, estas mostraron mayor preferencia a luz de longitud de onda corta, en comparación con la de longitud de onda larga, sugiriendo una mayor sensibilidad a longitudes de onda más cortas (cercanas al azul y verde) (Ehrenfeld y Carr, 1967; Ehrenfeld, 1968). Esto comprueba, en cierta medida, lo descrito por las electroretinografías practicadas en tortugas verdes (Granda y O'Shea, 1972).

En experimentos posteriores, Witherington y Bjorndal (1991), usaron filtros más específicos (monocromáticos) para variar la longitud de onda que llegaba a las crías de tortugas boba (*C. caretta*), verde (*C. mydas*), carey (*E. imbricata*) y golfinia (*L. olivacea*). Esto permitió medir la intensidad de la luz, de modo que se pudiese determinar también la respuesta de las crías hacia distintas cantidades específicas de fotones en diversas longitudes de onda. Además, los autores de esta investigación encontraron un sorprendente comportamiento en el que las crías de tortuga boba, evitaron la luz amarilla, lo que no ocurrió en el resto de las especies de tortugas estudiadas.

Por otra parte, un experimento de selección de estímulos evaluó a crías de tortuga boba, las cuales fueron fuertemente orientadas lejos de la luz amarilla de intensidad alta, es decir, presentaron una respuesta de "xantofobia" (*xanthous* = amarillo y *phobos* = miedo) a longitudes de onda entre 550 y 600 nm, mientras que otras longitudes de onda produjeron una respuesta positiva (Witherington y Martin, 2003). La luz amarilla tenue no produjo ningún comportamiento de repulsión (Witherington, 1992). Sin embargo, Witherington y Bjorndal (1991), obtuvieron resultados distintos, ya que no registraron el comportamiento de repulsión a la luz amarilla en una población australiana de crías de tortuga boba. Las crías de esta especie resultaron orientadas hacia la luz amarilla en todas las intensidades probadas. Este resultado, plantea la posibilidad de que el comportamiento visual puede diferir en las diferentes poblaciones de tortugas marinas de una misma especie (Fritches, 2012).

Horch y colaboradores (2008), describieron la sensibilidad espectral de *C. caretta* (tortuga boba o caguama) y *Dermochelys coriacea* (tortuga laúd). Determinaron

que ambas especies son mayormente sensibles a longitudes de onda de 500 a 540 nm, es decir, presentan cierta preferencia por la luz principalmente verde. Además, mencionan que *D. coriacea* es sensible también a longitudes de onda más largas; en otras palabras, pueden ser atraídas por luces cercanas al rojo (700 nm). Estas preferencias se explican por el hecho de que *D. coriacea* pertenece a un grupo taxonómico distinto al resto de tortugas marinas y que, además, tiene hábitos distintos, ya que suele nadar a mayores profundidades con respecto del resto de las tortugas marinas.

En el caso de la tortuga golfina (*L. olivacea*), que es la especie más cercana taxonómicamente a *L. kempii*, la información es poca. Se sabe que responde a luces verdes y amarillas de intensidades bajas y a la luz roja en intensidades elevadas (luz verde por encima de 5 lux, luz amarilla por encima de 10 lux y luz roja por encima de 39 lux), (Cruz et al., 2018).

Con respecto a *Lepidochelys kempii*, se ha registrado que las crías parecen tener mayor atracción por la luz blanca de intensidad intermedia a baja (menor o igual a 1 lux) y repulsar la de mayor intensidad (Cobos-Silva, 2009). Sin embargo, no se ha registrado la respuesta de las crías para luces de distintas longitudes de onda, lo que podría arrojar resultados más claros sobre la respuesta a la luz a intensidades específicas.

## **2.6 Perturbación en la llegada al mar**

La iluminación artificial interrumpe la orientación de las crías de tortugas marinas en la playa de dos maneras: las pequeñas tortugas pueden desplazarse hacia las luces artificiales, lo que se conoce como "misorientación", o pueden ser incapaces de desplazarse en cualquier dirección, "desorientación" (Verheijen, 1985), lo que se ha demostrado experimentalmente en los últimos años (Price et al., 2018; Wilson et al., 2018). Como consecuencia, las crías pueden deambular durante horas, sin llegar al mar, lo que puede agotarlas e incluso deshidratarlas. Una permanencia prolongada en la playa también aumenta su exposición a los depredadores (Witherington y Martin,

2003), así, decenas de miles de crías mueren cada año como consecuencia de la orientación interrumpida causada por iluminación artificial (Witherington, 1997).

## 2.7 Descripción de la especie estudiada

### 2.7.1 Posición taxonómica

Reino: Animalia

Filo: Chordata

Clase: Sauropsida

Orden: Testudines

Familia: Cheloniidae

Género: *Lepidochelys*

Especie: *Lepidochelys kempii* (Garman, 1880).

Nombre común: Tortuga lora o bastarda y Kemp's ridley sea turtle (inglés).



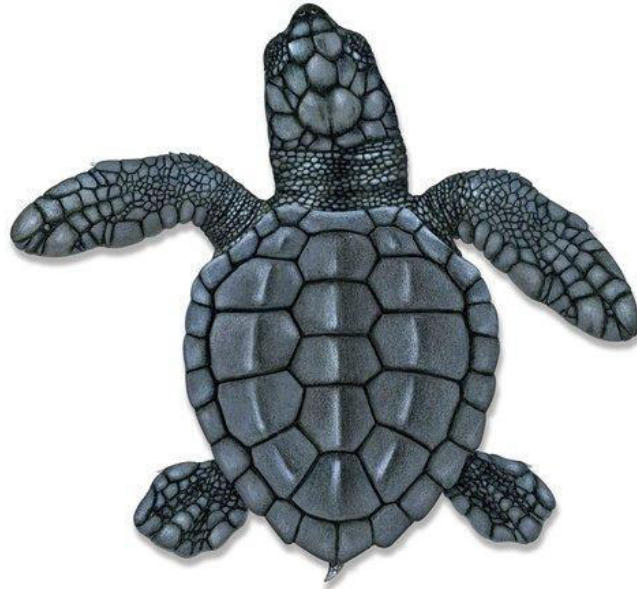
**Figura 2.** Tortuga lora adulta. Tomada de La Razón, 2015.

### 2.7.2 Características morfológicas

La tortuga lora (*Lepidochelys kempii*), es la tortuga marina más pequeña que existe. En su etapa adulta presenta un caparazón casi circular, con coloración de gris olivo a verde oscuro, su cabeza es triangular con pico córneo similar al de un perico, de allí el nombre común atribuido (Figura 2; Castro, 2016) .

En el caso de las crías de tortuga lora, la cabeza y las aletas son proporcionalmente de mayor tamaño y su coloración es completamente negra, desde su eclosión hasta alrededor de un año de edad (Figura 3), posteriormente, se va

aclarando hasta llegar a tener los colores de un individuo adulto. Generalmente las crías miden en promedio entre 4.2 - 4.8 cm (línea recta del caparazón), de 3.2 - 4.4 cm de anchura, y un peso promedio de 15 - 20 g (Márquez, 1994).



**Figura 3.** Tortuga lora recién nacida. Tomada de Witherington (2018).

### **2.7.3 Alimentación**

La dieta de la tortuga lora es omnívora, está conformada principalmente por crustáceos, moluscos, peces, medusas y algunos gasterópodos. En ocasiones, consumen también algas marinas, alimentándose en zonas de aguas someras y costeras, y durante sus migraciones en áreas de alta mar (Bjorndal, 1996).

Las crías de tortuga lora, al igual que las demás especies de tortuga marina, poseen una reserva de alimento proporcionada por el saco vitelino al momento de eclosionar, con la que logran mantenerse durante aproximadamente una semana. Sus hábitos alimenticios después de este periodo hasta que alcanzan la etapa adulta, aún se desconocen (Márquez, 1996).



#### **2.7.4 Anidación**

La temporada de anidación para la tortuga lora está registrada de marzo a agosto, pudiendo anidar de forma solitaria, o formando arribadas, principalmente en los meses de abril, mayo y junio. La actividad de anidación se inicia con la salida del mar de la hembra, arrastrándose sobre la arena acercándose al lugar que va a anidar, toca de vez en vez la arena con el hocico, y de ser apta la temperatura y humedad de la arena, iniciará la excavación del nido. Elabora el nido con una profundidad de entre 35 y 50 cm, utilizando sus extremidades anteriores; tras la excavación, procede la puesta de huevos, en la cual es capaz de depositar hasta 110 huevos y después cubre el nido esparciendo arena sobre la zona circundante con ayuda de sus extremidades posteriores (Márquez, 1996).

El proceso de incubación de los huevos tarda de 45 a 60 días, en los que la temperatura interna se registra entre los 28° a 32 °C. Después de ese periodo, las crías emergen usualmente de noche o muy temprano en la mañana, es decir, en las horas más frescas del día.

#### **2.7.5 Distribución**

Usualmente la tortuga lora se le encuentra en zonas costeras de fondos lodosos y arenosos con abundancia de crustáceos. Es una de las tortugas marinas con distribución geográfica más restringida, la gran mayoría de los adultos se encuentra en el Golfo de México, sin embargo, una parte de la población de juveniles deambulan por la costa de EE. UU. por lo que algunos individuos llegan a costas europeas siguiendo la corriente del Golfo. Tiene una mayor presencia en los estados de Tamaulipas y Veracruz, en este último se distribuye de Cabo Rojo a Tecolutla. Asimismo, se han reportado anidaciones esporádicas en Tabasco y Campeche (Márquez, 2004).

### **2.7.6 Estado de conservación y amenazas**

En el pasado, las poblaciones de tortuga lora sufrieron un gran declive, causado por la extracción de huevos y hembras de las playas de anidación y la mortalidad por pesquerías de arrastre (Burchfield et al., 2010). Actualmente, al igual que otras especies, se encuentra amenazada por la captura incidental por redes de pesca, basura y contaminación en los océanos y playas de anidación, pérdida de hábitat por el desarrollo costero, impacto en áreas de forrajeo, y los efectos del cambio climático global en la ecología reproductiva de la especie (Spotila, 2004).

En el Golfo de México, *Lepidochelys kempii* es la especie más amenazada (Márquez, 2004), a pesar de ser una de las que presenta mayores registros de anidación en los estados de Veracruz y Tamaulipas. En la lista roja de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN) se encuentra en la categoría de Peligro Crítico de Extinción (Wibbels y Bevan, 2019), además de estar en el Apéndice I de la CITES (2019). Asimismo, la especie está considerada en peligro (P) en la Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010.

Con base en los antecedentes mencionados, y tomando en cuenta la variación en las respuestas hacia la luz de las diferentes especies de tortuga marina, se plantea la siguiente pregunta de investigación, ¿Cuál es la respuesta de orientación en el desplazamiento de las crías de tortuga lora hacia estímulos de luz de diferentes colores e intensidades?

### **III. HIPÓTESIS**

Las crías de tortuga lora (*Lepidochelys kempii*), al ser expuestas a fuentes de luz de distintas intensidades y longitudes de onda, serán mayormente atraídas hacia intensidades bajas, cercanas a 1 lux, y con longitudes de onda dentro del rango azul (450 nm) a amarillo (600 nm) en el espectro visible.

### **IV. OBJETIVOS**

#### **4.1 Objetivo general.**

Determinar el efecto de la intensidad de luz y longitudes de onda en la orientación de las crías de tortuga lora (*Lepidochelys kempii*).

#### **4.2 Objetivos particulares.**

- Determinar la orientación del desplazamiento de las crías de tortuga lora (*Lepidochelys kempii*) como respuesta ante diferentes longitudes de onda con diferentes intensidades de luz.
- Determinar la intensidad luminosa y las longitudes de onda que generan atracción en las crías de tortuga lora (*Lepidochelys kempii*).
- Determinar la intensidad luminosa y las longitudes de onda que no generan atracción de las crías de tortuga lora (*Lepidochelys kempii*).

## V. MATERIALES Y MÉTODOS

### 5.1 Sujetos y sitio de estudio.

Se utilizaron 240 crías de tortuga lora (*Lepidochelys kempii*) obtenidas de cinco nidos de la playa Santander, ubicada en la localidad de Santander, municipio de Alto Lucero de Gutiérrez Barrios, Veracruz, 19° 54' 08" N, 96° 30' 19" W (INEGI, 2017). La anidación de tortugas en esta playa, se encuentra bajo la supervisión del campamento tortuguero Santander (Figura 4).

Las crías se obtuvieron de los corrales de incubación del campamento, durante el mes de junio de 2019. Una vez recolectadas, se transportaron de manera inmediata hacia las instalaciones del campamento, en contenedores de plástico con una capa de arena proveniente del sitio de anidación, donde fueron puestas en oscuridad y a temperatura ambiente mientras se realizaban las pruebas conductuales. Cada una de las crías se utilizó en una sola prueba y, tras el término de la aplicación de las pruebas, fueron liberadas en la playa Santander (permiso de colecta *L. kempii*, SGPA/DGVS/003241/18).



**Figura 4.** Ubicación del campamento tortuguero Santander.

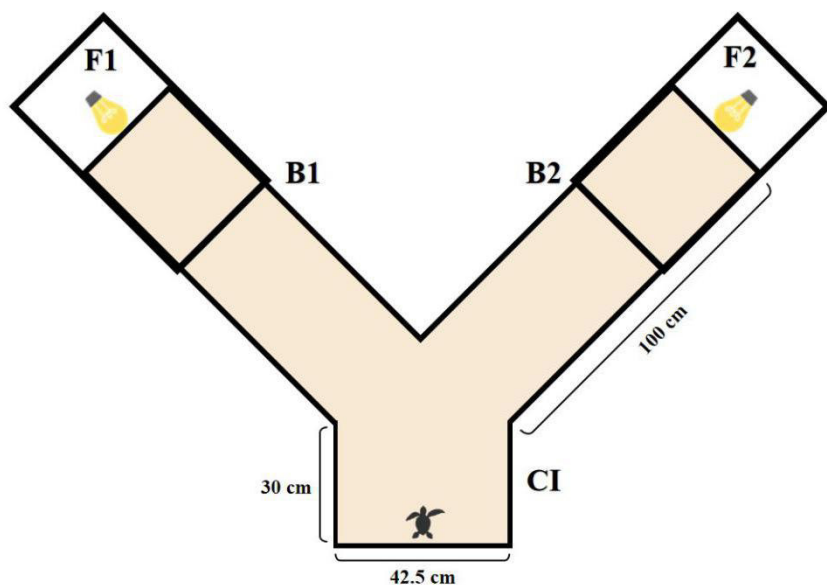
Fuente: INEGI, 2017.

## **5.2 Laberinto en Y.**

Se utilizó un laberinto en Y, que ha sido utilizado en diferentes estudios para evaluar la preferencia hacia la luz (Fehring, 1972; Fritsches, 2012; Celano et al., 2018), con el objetivo de evaluar la selección de los estímulos visuales, evitando la interferencia de otras fuentes de luz. El laberinto en Y fue constituido con una estructura de paredes de madera con dos brazos (longitud = 100 cm) y una cámara inicial (42.5 x 30 x 15 cm). Las paredes del laberinto fueron pintadas de negro mate con la finalidad de evitar el reflejo de las luces en las paredes del mismo (Figura 5). El laberinto se colocó sobre una cama de arena proveniente de la zona de anidación de un centímetro de grosor aproximadamente y, fue situado dentro de un cuarto completamente oscuro. Se ubicó al laberinto en Y en dirección opuesta al mar, para asegurar que la orientación de las crías no fuera afectada por la dirección hacia el mar, es decir, que las crías siguieran una trayectoria en respuesta hacia la luz y no hacia la orientación del mar.

En el inicio de la cámara inicial, de manera individual, se colocaron las crías, para iniciar cada prueba conductual. Los brazos del laberinto son los espacios por los cuales se desplazaron las crías; al final de cada uno de ellos se colocó uno de los focos. Se utilizó una caja oscura adaptada al laberinto para cubrir la parte superior de cada foco, así como los últimos 30 cm del brazo, para evitar el escape de luz en esta zona (Figura 5).

Para los experimentos, se utilizaron focos LED omnidireccionales de luz fría (luz blanca), marca Philips®, tipo A19, de tres intensidades distintas de luz: 5W, 8W y 13W. Los focos (de luz blanca) fueron modificados para obtener diferentes longitudes de onda, utilizando filtros de papel celofán (de polipropileno) de colores: azul, verde, amarillo y rojo.



**Figura 5.** Representación esquemática del laberinto en Y, y sus componentes. CI, Cámara inicial; B1, brazo uno; B2, brazo dos; F1, foco uno y F2, foco dos.

La intensidad de los focos en cada prueba fue registrada con un luxómetro digital (Tondaj® LX-1010B, 0-50,000 luxes) (Tabla 1), ubicado en el inicio de cada brazo del laberinto. Para demostrar que no se percibía luz en la cámara inicial, y que esto pudiese afectar el comportamiento de las crías en esta zona cuando se prendían los focos, se colocó el luxómetro digital en el mismo sitio donde se colocó a cada cría, denominado punto inicial, PI (Tabla 2).

**Tabla 1.** Valores de la intensidad de luz (en lux) de los focos utilizados (media  $\pm$  desviación estándar).

Watts	Azul	Verde	Amarillo	Rojo
5W	15.5 $\pm$ 0.57	7 $\pm$ 0.81	36.25 $\pm$ 2.21	6.5 $\pm$ 0.57
8W	29.5 $\pm$ 4.35	11.25 $\pm$ 3.40	61.75 $\pm$ 1.5	12.25 $\pm$ 0.5
13W	56.25 $\pm$ 4.57	26 $\pm$ 3.81	124.5 $\pm$ 9.88	21.75 $\pm$ 2.5

**Tabla 2.** Valores de la intensidad de luz medida en el punto inicial (PI).

<b>Variable</b>	<b>Media</b>	<b>Desviación estándar</b>	<b>Rango</b>
Intensidad de luz PI	0.95 lux	1.21	0-4 lux

### **5.3 Pruebas conductuales.**

En cada prueba conductual se colocó a una cría dentro de la cámara inicial del laberinto en Y, esperando que esta se desplazara y eligiera uno de los brazos del laberinto; ocurrido esto, se realizó el registro de la respuesta de la cría. Cuando la cría tardó en decidir, pero presentaba movimiento al inicio de la prueba, se esperaron cinco minutos; si no había respuesta, se descartó de las pruebas conductuales y fue liberada al final con el resto de las crías. Cada prueba fue grabada con una cámara digital (Sony® Handycam CX455) para tener el registro de la respuesta. Las pruebas conductuales se llevaron a cabo dentro de las horas en las que regularmente emergen las crías de la arena, entre las 20:30 y 09:30 h.

Se compararon dos intensidades por prueba, realizando un total de tres experimentos por longitud de onda (color); es decir, el procedimiento se realizó comparando las tres intensidades de luz: IB, intensidad baja (5W); IM, intensidad media (8W); IA, intensidad alta (13W). Cada una de las pruebas se efectuó con los cuatro colores diferentes de luz: azul (450 nm aprox.), verde (500 nm aprox.), amarilla (600 nm aprox.) y roja (700 nm aprox.), obteniendo en total doce pruebas conductuales (Tabla 3).

**Tabla 3.** Intensidades y longitudes de onda evaluadas por prueba.

<b>Longitud de onda evaluada (color)</b>	<b>Intensidades evaluadas por prueba</b>		
	<b>Prueba 1</b>	<b>Prueba 2</b>	<b>Prueba 3</b>
<b>Azul (450 nm)</b>	IB vs IM	IM vs IA	IB vs IA
<b>Verde (500 nm)</b>	IB vs IM	IM vs IA	IB vs IA
<b>Amarillo (600 nm)</b>	IB vs IM	IM vs IA	IB vs IA
<b>Rojo (700 nm)</b>	IB vs IM	IM vs IA	IB vs IA

**Nota:** Se realizaron tres pruebas con cada longitud de onda evaluada en la que se compararon dos de las tres intensidades: IB, intensidad baja (5W); IM, intensidad media (8W); IA, intensidad alta (13W).

Las pruebas conductuales se realizaron en repeticiones con 20 crías en cada prueba, obteniendo un total de 240 crías evaluadas. Para evitar respuestas de lateralidad, se alternaron los focos en ambos brazos cada 10 pruebas, obteniendo un registro de 24 experimentos. Tras el término de cada experimento, incluyendo el registro de medidas morfométricas, todas las crías fueron colocadas en tinas, e inmediatamente fueron liberados en la playa. En ninguno de los casos los individuos se ocuparon en más de una ocasión (Figura 6).

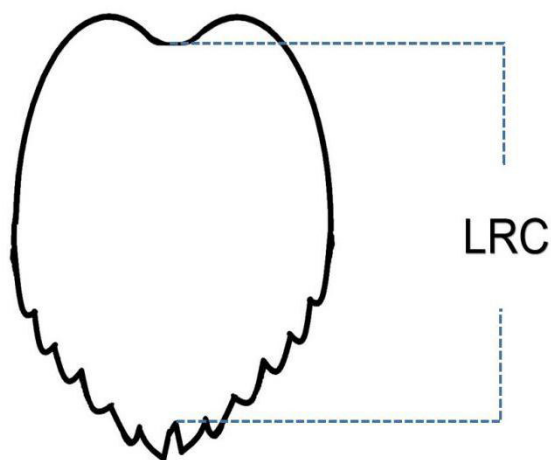




**Figura 6.** Esquema metodológico del diseño experimental.

#### 5.4 Medidas morfométricas y registro de datos

Al finalizar cada experimento, cada uno de los individuos fue pesado en una balanza digital (Rhino® BABOL-100G), intentando que tuviese la menor cantidad de arena posible adherida a su cuerpo. Además, las crías fueron medidas con un vernier para obtener la longitud recta del caparazón (LRC), tomando la medida desde el punto anterior o muesca del escudo de la nuca, hasta la muesca posterior entre los escudos supracaudales (Bolten, 2000) (Figura 7).



**Figura 7.** Medida del Largo Recto de Caparazón, LRC. Tomada de Bolten (2000).

Para el registro de todos los datos de cada prueba conductual, se diseñó un formato de registro para su posterior análisis (Anexo A). La selección de estímulos luminosos se registró con escala dicotómica, es decir, dos valores posibles, positivo (1) y negativo (0). En cada prueba se registró como positivo al estímulo de luz, al cual se dirigió la tortuga y como negativo al que no se dirigió. En cada experimento se registró también el porcentaje de humedad y la temperatura experimental con ayuda de una estación climatológica de bolsillo Kestrel© 3000 Pocket weather meter.

## **5.5 Análisis de datos**

Para facilitar la determinación de diferencias entre la frecuencia de selección de los estímulos luminosos por las crías de tortuga lora, se construyeron tablas de contingencia de 2x2 (Zar, 1999). Los resultados de las pruebas conductuales fueron analizados con estadística no paramétrica utilizando la prueba de McNemar para evaluar la respuesta direccional de las tortugas con respecto a la luz. Los valores estadísticos se obtuvieron con el software Statistica 7 para Windows, y el análisis de los valores arrojados por dicho software se realizó con pruebas binomiales de una cola, debido a los datos dicotómicos pareados, donde los valores  $p < 0.05$  determinan diferencias significativas de frecuencia.

## VI. RESULTADOS

### 6.1 Medidas morfométricas

Se utilizaron 240 crías de tortuga lora, que presentaron una masa promedio de  $15.13 \pm 1.12$  g, y la longitud recta del caparazón (LRC) promedió  $4.28 \pm 0.12$  cm (Tabla 4). Los bajos coeficientes de variación registrados (DS/Media) en la masa y la LRC, muestra la similitud en las crías experimentales, lo cual indica que ninguna de ellas tuvo ventaja o desventaja sobre otra por tamaño y peso.

**Tabla 4.** Medidas morfométricas de las 240 crías de *L. kempii* utilizadas en las pruebas conductuales (promedios  $\pm$  desviación estándar; coeficiente de variación).

Variable	Promedio	Desviación estándar	Coefficiente de variación
Peso (g)	15.13	1.12	0.07
LRC (cm)	4.28	0.12	0.02

### 6.2 Respuestas observadas en las pruebas conductuales

Se observaron dos tipos de respuesta, recordando que aquellas crías que no respondieron tras cinco minutos de espera, se descartaron de las pruebas conductuales:

Respuesta positiva (1): aquel brazo (B1 ó B2) por el que el individuo manifestó atracción, desplazándose por él para dirigirse a la fuente de luz.

Respuesta negativa (0): aquel brazo (B1 ó B2) por el que el individuo no manifestó atracción y, por tanto, no se desplazó.

Los registros conductuales se hicieron sobre 240 crías de tortuga lora, de las cuales, se utilizaron grupos de 10 individuos por experimento, comparando un par de intensidades y con una misma longitud de onda o color de luz a la vez. Se repitió el

experimento invirtiendo los focos en los brazos del laberinto para evitar respuestas por lateralidad. Se obtuvieron los resultados por color, y se calculó el porcentaje de selección de estímulos en cada caso.

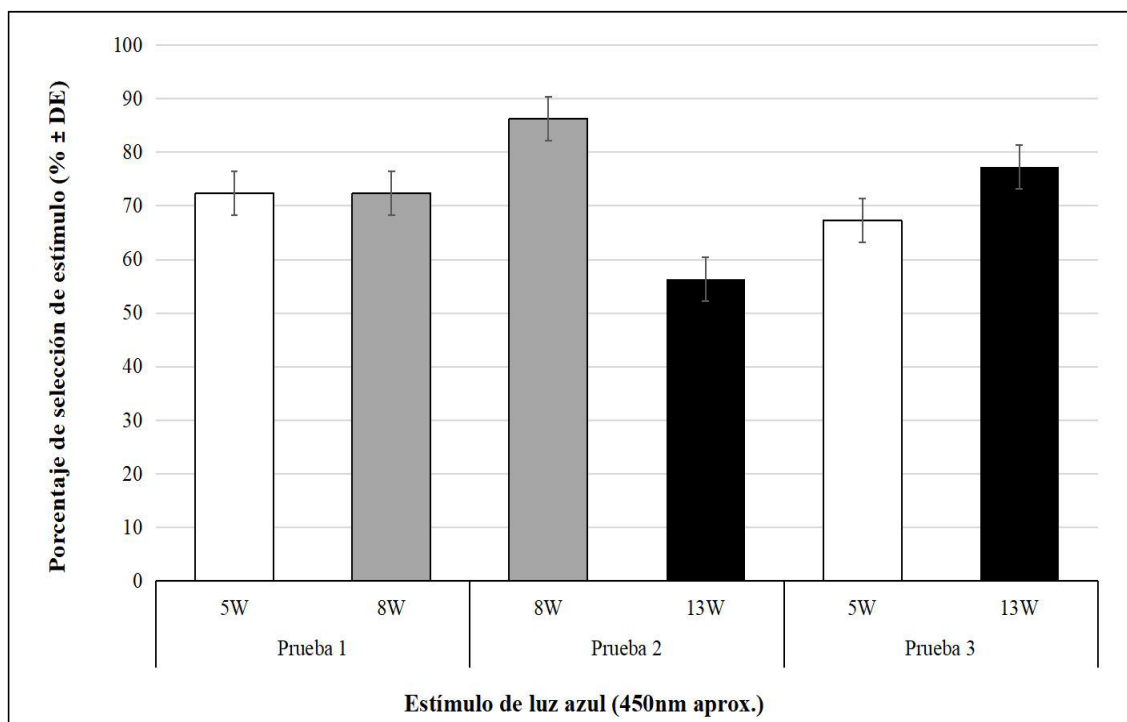
### 6.3. Preferencias de color e intensidad.

Las pruebas conductuales hacia la luz azul (450 nm aprox.), no mostraron diferencias significativas en la preferencia de las crías de tortuga lora, en ninguna de las combinaciones: intensidad baja contra intensidad media ( $X^2= 0.05$ ;  $p= 0.823$ ); intensidad media contra intensidad alta ( $X^2= 1.25$ ;  $p= 0.263$ ); intensidad baja contra intensidad alta ( $X^2= 0.05$ ;  $p= 0.823$ ) (Tabla 5). Las respuestas de las tortugas fueron similares en las pruebas, y solo en la combinación intensidad baja contra intensidad media, se muestra una tendencia preferencial de las crías hacia la intensidad media (Figura 8).

**Tabla 5.** Respuestas de las crías de tortuga lora hacia los estímulos de tres intensidades de luz azul (450 nm aprox.).

	<i>IB vs IM</i>		<i>IM vs IA</i>		<i>IB vs IA</i>	
	<i>Frecuencia</i>	<i>Porcentaje</i>	<i>Frecuencia</i>	<i>Porcentaje</i>	<i>Frecuencia</i>	<i>Porcentaje</i>
<b><i>B1</i></b>	10	50%	13	65%	9	45%
<b><i>B2</i></b>	10	50%	7	35%	11	55%
<b><i>Total</i></b>	20	100%	20	100%	20	100%

Simbología: *IB*= Intensidad baja; *IM*= intensidad media; *IA*= Intensidad alta

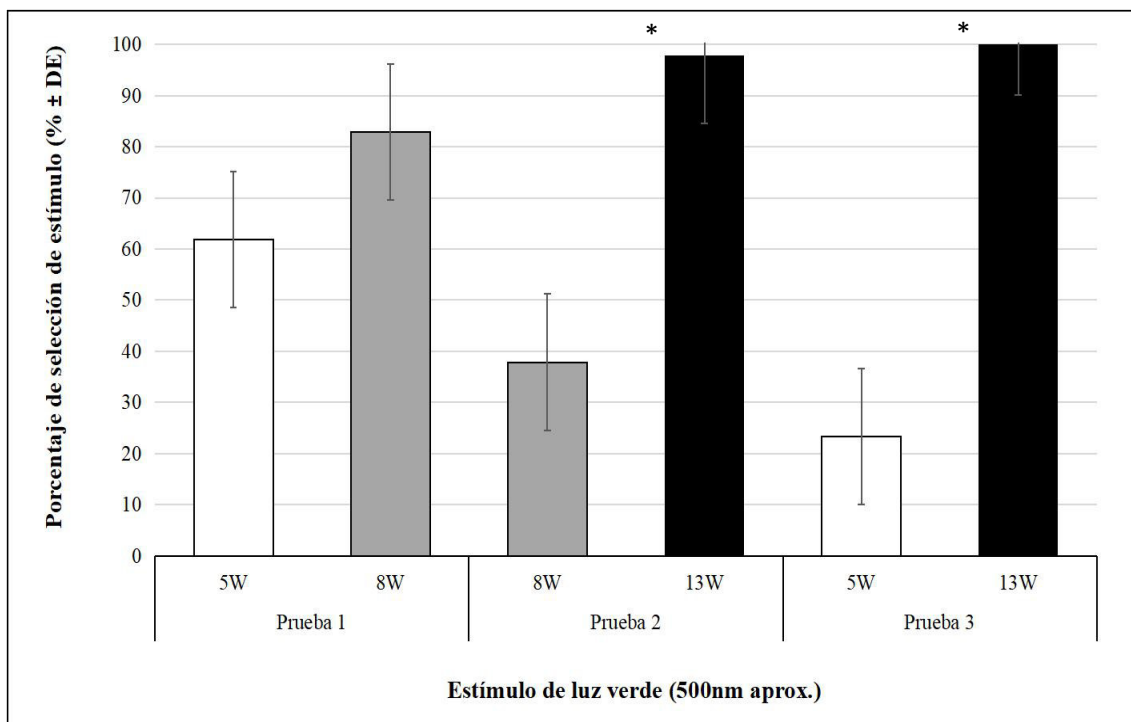


**Figura 8.** Porcentajes de frecuencia de selección de los estímulos de luz azul (450 nm aprox.).

Las respuestas de las crías de tortuga lora frente a la luz verde (500 nm aprox.) mostraron diferencias significativas en las interacciones intensidad media contra intensidad alta ( $X^2= 6.05$ ;  $p= 0.0139$ ) e intensidad baja contra intensidad alta ( $X^2= 11.25$ ;  $p= 0.0008$ ) mostraron una significativa preferencia de las crías de tortuga lora hacia la intensidad alta (13W) (Figura 9). Sin embargo, la interacción intensidad baja contra intensidad media, no mostró diferencias en la preferencia de selección ( $X^2= 0.45$ ;  $p= 0.502$ ) (Tabla 6).

**Tabla 6.** Respuestas de las crías de tortuga lora hacia los estímulos de tres intensidades de luz verde (500 nm aprox.).

	<i>IB vs IM</i>		<i>IM vs IA</i>		<i>IB vs IA</i>	
	<i>Frecuencia</i>	<i>Porcentaje</i>	<i>Frecuencia</i>	<i>Porcentaje</i>	<i>Frecuencia</i>	<i>Porcentaje</i>
<b>B1</b>	8	40%	4	20%	2	10%
<b>B2</b>	12	60%	16	80%	18	90%
<b>Total</b>	20	100%	20	100%	20	100%



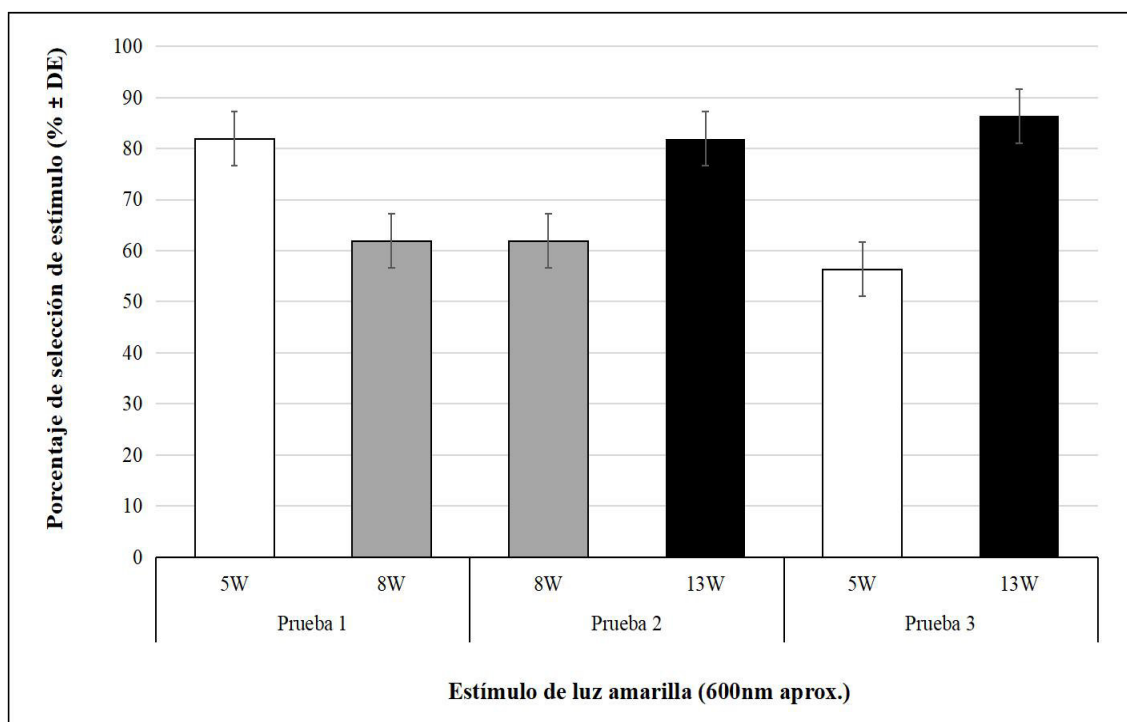
**Figura 9.** Porcentajes de frecuencia de selección de los estímulos de luz verde (500 nm aprox.), donde se muestra la preferencia de las crías hacia la luz verde de intensidad alta (13 W). El \* señala diferencias significativas ( $p < 0.05$ ).

Ante las diferentes intensidades de luz amarilla (600 nm aprox.), las crías de tortuga lora no tuvieron respuestas significativamente diferentes: la interacción intensidad baja contra intensidad media ( $X^2 = 0.45$ ;  $p = 0.502$ ); intensidad media contra

intensidad alta ( $X^2= 0.45$ ;  $p= 0.502$ ); intensidad baja contra intensidad alta ( $X^2= 1.21$ ;  $p= 0.263$ ) (Tabla 7). En la interacción de intensidad baja con la intensidad alta, nuevamente se observa una tendencia en la respuesta de las tortugas a preferir la luz de mayor intensidad (13W) (Figura 10).

**Tabla 7.** Respuestas de las crías de tortuga lora hacia los estímulos de tres intensidades de luz amarilla (600 nm aprox.).

	IB vs IM		IM vs IA		IB vs IA	
	Frecuencia	Porcentaje	Frecuencia	Porcentaje	Frecuencia	Porcentaje
<b>B1</b>	12	60%	8	40%	7	35%
<b>B2</b>	8	40%	12	60%	13	65%
<b>Total</b>	20	100%	20	100%	20	100%



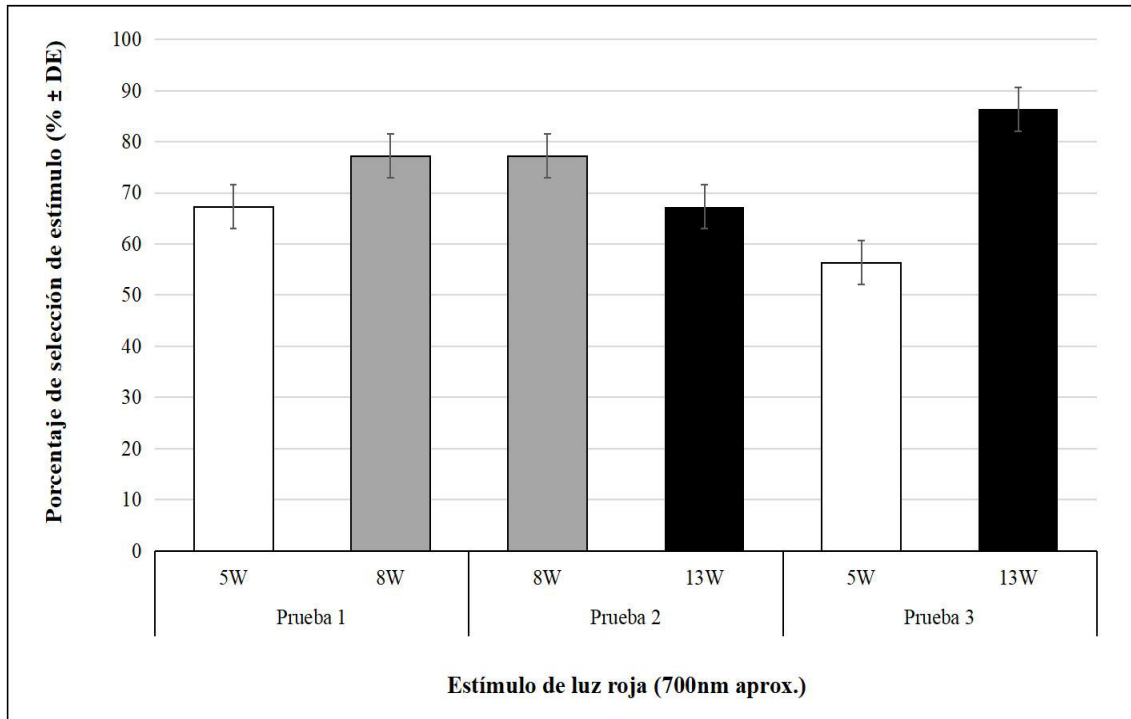
**Figura 10.** Porcentajes de frecuencia de selección de los estímulos de luz amarilla (600 nm aprox.). Se observa en la prueba 3 la tendencia a preferir la luz de mayor intensidad.



La cuarta prueba conductual, consideró las intensidades de la luz roja (700 nm aprox.). No se encontraron diferencias significativas en la preferencia de las tortugas en ninguna de las combinaciones de intensidad de luz: intensidad baja contra intensidad media ( $X^2= 0.05$ ;  $p= 0.823$ ); intensidad media contra intensidad alta ( $X^2= 0.05$ ;  $p= 0.823$ ); intensidad baja contra intensidad alta ( $X^2= 1.25$ ;  $p= 0.263$ ) (Tabla 8). No obstante, nuevamente se observa la tendencia de las tortugas a preferir la luz de alta intensidad sobre la de baja intensidad (Figura 11).

**Tabla 8.** Respuestas de las crías de tortuga lora hacia los estímulos de tres intensidades de luz roja (700 nm aprox.).

	<b>IB vs IM</b>		<b>IM vs IA</b>		<b>IB vs IA</b>	
	<b>Frecuencia</b>	<b>Porcentaje</b>	<b>Frecuencia</b>	<b>Porcentaje</b>	<b>Frecuencia</b>	<b>Porcentaje</b>
<b>B1</b>	9	45%	11	55%	7	35%
<b>B2</b>	11	55%	9	45%	13	65%
<b>Total</b>	20	100%	20	100%	20	100%



**Figura 11.** Porcentajes de frecuencia de selección de los estímulos de luz roja (700 nm aprox.).

## VII. DISCUSIÓN

### 7.1 Respuestas a la luz

Los resultados muestran que las crías de *Lepidochelys kempii* presentan fototaxia positiva hacia todos los tipos de luces utilizados. Esto sugiere que cualquier fuente de luz artificial resulta atractiva para las crías en la playa. Esta atracción podría llegar a ser negativa para la supervivencia de las tortugas cría, ya que se ha observado en *D. coriacea* y *C. mydas*, que una luz artificial intensa, puede hacerlas retornar a la playa, cuando recientemente han ingresado al mar (Carr y Ogren, 1959; 1960).

La atracción por las luces de diversos colores mostrada por las crías de *L. kempii*, ha sido reportada también para su congénica *L. olivacea*, en la cual se registró la atracción de las crías hacia luces de varios colores: verde por encima de 5 lux, luz amarilla por encima de 10 lux y luz roja por encima de 39 lux (Cruz et al., 2018). Por lo cual, nuestro estudio confirma la atracción que tienen las crías de tortuga marina por la luz, en su desplazamiento por la playa hacia el mar. Sin embargo, este tipo de atrayentes pueden traer problemas de confusión y desorientación en las crías de tortugas marinas, como se ha visto en zonas con asentamientos humanos, donde las crías pueden perder la ruta directa camino al mar (Witherington, 1997). Además, se ha visto en hembras adultas, que la constante exposición de la retina de una tortuga a los fotones, podría alterar su ritmo circadiano, afectando procesos fisiológicos como la producción de hormonas, sincronización de ondas cerebrales, regulación celular, temperatura corporal y su metabolismo (Hu et al., 2018).

En general, se observó la marcada tendencia de la preferencia de las crías de tortuga lora por las luces de mayor intensidad (13W). Ahora bien, la luz verde es la señal lumínica que captó mayormente la atención de las crías de tortuga lora. Se ha visto que las tortugas verdes (*C. mydas*) tienen mayor preferencia por longitudes de onda corta, lo que corresponde a luces azules y verdes, tanto en respuestas conductuales como en registros de electroretinografías (Granda y O'Shea, 1972; Witherington, 1992 y 1997); aunque también se ha registrado en *C. caretta* y *D. coriacea* (Horch et al., 2008), y en *L. olivacea*, la cual presentó atracción de las crías hacia luces verdes por encima de 5 lux (Cruz et al., 2018).

En nuestro estudio, las crías de *L. kempii* no mostraron preferencia por la luz azul, con diferencias significativas en alguna intensidad, aunque se muestra la tendencia de mayor porcentaje de crías atraídas hacia la intensidad mayor. No obstante, la atracción de las crías por luz verde mostró una significativa diferencia hacia la mayor intensidad; por lo que surge la pregunta ¿por qué las crías prefieren dirigirse hacia luces de color verde?

La preferencia al color verde por parte de las crías de tortuga lora, podría estar relacionada evolutivamente con la transmitancia óptica en el agua de mar (Ehrenfeld, 1968). Se sabe que la mayor parte del océano refleja principalmente, tonos azules y violetas (Nelson y Siegel, 2002). La luz proveniente del sol y la luna no se percibe en su totalidad, sino que normalmente parte del espectro absorbido y, en las partículas suspendidas en el océano, se reflejan las porciones de luz correspondientes al azul en el espectro visible. Sin embargo, cuando se refleja el color verde, se considera una característica importante que se relaciona con la productividad del sistema marino (Behrenfeld et al., 2006).

La sustancia absorbente de luz más importante en los océanos es la clorofila, que es la que el fitoplancton utiliza para realizar la fotosíntesis. La clorofila es un pigmento verde, y el fitoplancton absorbe preferentemente las partes roja y azul del espectro de luz (para la fotosíntesis) y refleja la luz verde (Groom et al., 2019). Por lo tanto, cuando existen altas concentraciones de fitoplancton, el mar se mostrará con tonos, de azul-verde a verde, dependiendo del tipo y la densidad de fitoplancton (Coble, 2007). Es por eso que en imágenes remotas del océano, cuanto más fitoplancton hay en el agua, más verde se torna y por el contrario, cuanto menos fitoplancton exista, su tono es más azul (Nelson y Siegel, 2002).

En las últimas décadas se ha estudiado el color del océano con ayuda de imágenes satelitales y software especializado que permiten medir la intensidad de luz que llega reflejada desde el agua, incluso se creó el Grupo Internacional de Coordinación del Color del Océano, IOCCG, por sus siglas en inglés. La observación satelital de la radiometría del color del océano implica la detección de variaciones espectrales en el resplandor (o reflectancia) que sale del agua, que es la luz solar que

se dispersa del océano después de la interacción con el agua y sus componentes. De allí que hoy se conoce que el color del mar puede estar dado por distintos factores involucrados como el color del fondo, la profundidad, la hora del día o las estaciones del año. En el océano abierto, la señal depende principalmente del fitoplancton que contiene pigmentos fotosintéticos, principalmente clorofila-a y un conjunto de otros pigmentos, y que coexisten con la materia orgánica disuelta (CDOM). Las aguas costeras son ópticamente más complejas debido a las influencias adicionales de partículas suspendidas, o la escorrentía de ríos que podrían contener partículas terrestres independientes del conjunto de fitoplancton (Groom et al., 2019).

El fitoplancton es la base de la productividad primaria del océano, es el atrayente principal para los organismos herbívoros, como peces pequeños, crustáceos, algunos moluscos, y, por consiguiente, estos atraen a los carnívoros, como equinodermos, crustáceos, peces, mamíferos y tortugas (Behrenfeld y Falkowski, 1997; Behrenfeld y Boss, 2003; Behrenfeld et al., 2005; Behrenfeld et al., 2006). La tortuga lora es considerada una especie omnívora, con tendencia a ser carnívora, debido a preferencia por cangrejos (*Callinectes sapidus*, *Cancer irroratus*) y moluscos, como *Argopectin irradians* y *Mytilus edulis* (Bjorndal, 1996).

Los fenómenos climáticos como El Niño, el calentamiento global, y efectos como la acidificación y la eutrofización del océano, han ocasionado cambios importantes en los ecosistemas. El fitoplancton, al ser el primer nivel trófico en el océano, es también el primer componente biótico que responde a estas variaciones. Se ha reportado que en las últimas décadas han ocurrido cambios importantes en este grupo, desde disminuciones significativas en áreas oceánicas (Behrenfeld et al., 2006), atribuidas a condiciones cálidas, hasta tendencias positivas en la zona costera, donde se ha observado un incremento significativo en los máximos anuales de la biomasa fitoplanctónica en los últimos años (Kahru et al., 2009; 2012).

El fitoplancton absorbe radiaciones electromagnéticas correspondientes al rojo y azul del espectro visible, pero refleja los verdes, lo que explica por qué las aguas en las que habitan se ven verdes. Se estima que como resultado de los cambios en las poblaciones fitoplanctónicas, los mares seguirán siendo azules y quizá verdosos, pero

tendrán variaciones en las tonalidades, tendiendo más a ser verdes. Las variaciones serán muy sutiles, el ojo humano probablemente no los vea, pero sí los sensores ópticos (Dutkiewicz et al., 2019), quizá los organismos con visión especializada, como las tortugas marinas puedan notarlo. Si las tortugas marinas detectan el cambio de color de los mares, es posible que estén adaptadas a estas variaciones. Si el color del mar en el Golfo de México es relativamente más verde y se relaciona con el hecho de que las crías de tortuga lora presenten preferencia a ese color, entonces se podría sugerir que la preferencia mostrada por las crías, podría tener un componente genético.

Por otra parte, las condiciones del océano, incluyendo su color, cambian debido a fenómenos climatológicos y las características físicas y biológicas de los sitios. Puede pensarse también, que la respuesta de las tortugas hacia la luz depende del color del mar en la región que habiten, lo cual podría explicar las diferencias que existen en la preferencia de color de las poblaciones de tortugas de la misma especie en diferentes zonas; por ejemplo, *C. caretta* presenta repulsión a la luz amarilla en playas de Florida (Witherington y Bjorndal, 1991), mientras que las poblaciones de la misma especie en playas de Australia, responden positivamente al color amarillo (Fristches, 2012). Esto sugiere, que los resultados obtenidos en nuestro trabajo con *L. kempii* en las playas de la zona centro del Golfo de México, podrían variar en otras zonas de distribución; sin embargo, particularmente con esta especie que tiene una distribución restringida, los cambios en las condiciones de su hábitat podrían ser menores. No obstante, para poder obtener conclusiones hace falta profundizar más los estudios conductuales de preferencia hacia la luz.

Las crías de tortuga lora en el presente trabajo, presentaron también preferencia a intensidades de luz alta (26 lux aproximadamente), lo que rechaza la hipótesis planteada. Según Cobos-Silva (2009), la especie presenta preferencia a intensidades bajas (menores o iguales a 1 lux, aprox.), con luz blanca, aunque sólo se evaluó la luz blanca. Además, en ese trabajo, se evaluó la respuesta de las crías cuando estuvieron expuestas a tres focos simultáneamente, lo cual pudo provocar que el exceso de luz orillara a las crías a elegir la menor intensidad de luz. Por lo tanto, el comportamiento de *L. kempii* es, sin duda, distinto cuando se expone a luces de colores que si se utiliza

sólo luz blanca. Las señales de luz utilizadas en nuestro trabajo, trataron de replicar las condiciones naturales de intensidad de luz en una playa de anidación; si las crías tienden a preferir la alta intensidad en esas luces artificiales, entonces es probable que las fuentes de luz con intensidades aún mayores, sean perjudiciales por la desorientación que puedan tener las crías y que ha sido documentada para otras especies (Witherington y Martin, 2003).

## **7.2 Recomendaciones para futuras investigaciones**

El diseño experimental utilizado en el presente proyecto resultó favorable para evaluar y determinar las ideas propuestas. Sin embargo, si se usaran filtros monocromáticos podría ayudar a obtener información más precisa; es decir, podríamos conocer la longitud de onda exacta de la luz utilizada. Este tipo de filtros solo transmiten luz en longitudes de onda precisas, no pueden ser medidas y, además, se puede corregir el resplandor, evitando que este se refleje en las paredes del laberinto (Celano et al., 2018). Esto podría ayudar a realizar un diseño experimental con intervalos de intensidad más controlados.

La información obtenida en el presente trabajo, proviene de registros conductuales, por lo cual, evaluar las repuestas fisiológicas, así como la morfología y distribución de estructuras oculares, podría ayudar a ampliar la información acerca de los estímulos lumínicos sobre el comportamiento de desplazamiento y de orientación por parte de las crías de tortuga lora. Por ejemplo, podrían realizarse electroretinografías a ejemplares recién nacidos de *L. kempii*; de este modo, se podrían evaluar la respuesta directa de la retina ante estímulos de luz específicos, ya que se desconoce esto para la especie. Asimismo, determinar la densidad y distribución de células fotorreceptoras en la retina de estas tortugas, así como conocer la presencia de fotorreceptores y su distribución en las células fotorreceptoras, ayudaría a comprender mejor la respuesta presentada por las crías de *L. kempii*.

Una vez entendido el aspecto fisiológico del estímulo de la luz, podría explicarse la potencial respuesta diferencial de las crías de tortuga marina de distintas poblaciones

que ocurren en hábitats diferentes. Asimismo, podrían ponerse a prueba más intensidades de luz tanto bajas como altas, y así conocer con mayor exactitud los umbrales de detección lumínica y las intensidades que pueden llegar a afectar la orientación de los desplazamientos de las tortugas.

Sería interesante conocer la respuesta de las crías a las luces de colores bajo el agua, de tal manera que pueda evaluar más a fondo, la idea planteada de que la preferencia del color verde por los tonos del mar. Asimismo, queda la propuesta de evaluar la relación del color del mar y la respuesta de desplazamiento hacia la luz de ese color, considerando la composición del agua, la profundidad del océano, así como relacionar la información satelital de reflexión de luz en el agua de nuestros mares.

Comprender la preferencia de tipos específicos de luz artificial es importante, pero también resulta vital conocer la presencia de fuentes de luz que resulten perturbadoras para las tortugas adultas y las crías. Para saber la cantidad de luces que están perturbando a estos y otros organismos, podemos ayudarnos de imágenes satelitales. A medida que aumenta el desarrollo costero, no solo en México, sino en todo el mundo, el uso de imágenes satelitales tiene una aplicación potencial y con los avances tecnológicos podrían mejorar, lo que las convertiría en una valiosa herramienta para monitorear las tendencias de las zonas de luz a mediano y largo plazos y de esta forma, evaluar los posibles impactos sobre las tortugas marinas y sus hábitats.

En México, se ha hecho apenas un primer intento por analizar el escenario al cual se enfrentan las especies de tortugas marinas en costas de Baja California Sur (Verutes et al., 2014). Se midió la cantidad de luz emitida en distintas zonas habitadas de la playa en Cabo Cortés, B. C. S. con ayuda de imágenes satelitales, desarrollaron mapas de iluminación describiendo el tipo de construcciones que emiten luz: zonas comerciales, residenciales o de recreación, así como, si estos son sitios de anidación de tortugas marinas, lo cual favorece la fácil identificación de zonas en las que debe ponerse mayor atención y cuidado. Además, describieron un incremento significativo de luminarias solo durante el año 2012, lo que resulta alarmante.



Esta idea también se ha comenzado a implementar en Brasil para intentar proteger las poblaciones anidantes de distintas especies de tortugas marinas, se evaluaron los niveles de la iluminación en costas brasileñas entre los años 1992–1996 y 2008–2012 y describieron un aumento importante de fuentes de luz en playas de anidación (Colman et al., 2020). Este puede ser el inicio de un gran número de investigaciones, que poco a poco generarán un mapa que permita un estudio más amplio de los eventos de contaminación lumínica en cada país.

### **7.3 Legislación y propuestas de conservación para campamentos tortugueros**

Los resultados de este trabajo contribuyen con conocimiento básico importante, para ayudar a ampliar la historia natural de la tortuga lora, así como para explorar sobre la interacción que tienen sus sitios de anidación con los asentamientos humanos. Obtener este conocimiento, será relevante en el planteamiento de estrategias de manejo y conservación de *L. kempii*.

Una estrategia para solucionar los problemas de contaminación por luz artificial es saber controlar el uso de esta, no prohibirla. Un programa creado para el uso y manejo de la luz, ayudaría a solucionar el problema de la contaminación en vez de una política de total prohibición que podría resultar amenazadora para el público. Sin embargo, para llegar a ese punto se necesita un amplio trabajo de investigación, que amplíe el panorama de contaminación lumínica en playas mexicanas. Lo ideal es comenzar creando conciencia en los habitantes de las playas, compañías y dependencias de gobierno, sobre los problemas que genera la iluminación y sus posibles soluciones. Se puede lograr compartiendo artículos científicos actualizados y las investigaciones al respecto en medios de comunicación masiva, realizar presentaciones en reuniones comunitarias e incluso en reuniones de conservación animal o específicamente de tortugas marinas. La difusión de esta información en las escuelas y ferias de ciencia o festivales científicos puede resultar de ayuda en el futuro,

puesto que, son los niños los que resulten siendo los futuros conservacionistas de la fauna mexicana.

Aunque es necesario que el público se dé cuenta de la importancia de mantener ciertas áreas de las playas en completa oscuridad, hace falta complementar esto con proyectos de leyes apropiados para la gestión de la iluminación, esto estipula un compromiso formal con la comunidad para proteger a las tortugas marinas de las luces artificiales. En México no existe una ley que regule o prohíba las luminarias en las playas de anidación de tortugas marinas. Existe la Norma Oficial Mexicana NOM-013-ENER-2013, de eficiencia energética para sistemas de alumbrado en vialidades, dicha ley regula la iluminancia promedio para alumbrado en vialidades, pero tiene su excepción en muelles y algunos otros espacios abiertos. Sin embargo, no todas las playas de anidación cuentan con vialidades y/o carreteras cercanas, también hay casas, hoteles, fábricas, estaciones petroleras, etc. No existe una ley en específico que regule la cantidad de luz en playas mexicanas, sería magnífico que tanto el público en general como las empresas, organizaciones y gobiernos tomen en cuenta las consecuencias que este tipo de contaminación lumínica, tanto en tortugas marinas, como en otras especies animales, y de esta forma se dé un uso responsable.

Un ejemplo de implementación de planes de regulación de iluminación en playas de anidación es el caso de la Organización Sea Turtle Conservancy (STC), debido a que alrededor de 100,000 crías de tortugas marinas se desorientan cada año en Florida, desde 2010, toman acciones para modernizar la iluminación problemática en propiedades frente al mar y crear conciencia en la sociedad.

Entre sus actividades, la STC recopila información de grupos locales conservacionistas de tortugas marinas, administradores de recursos costeros y estudios nocturnos previos de las playas de anidación. Además se apoyan de la Comisión de Conservación de Vida Silvestre y Pesca de Florida (FWC), que desarrolló una ordenanza de iluminación modelo como una guía para que condados y municipios costeros de Florida desarrollen sus propias ordenanzas para proteger a las tortugas marinas de los efectos adversos de la iluminación artificial. La STC evalúa las propiedades en las playas de anidación y diseña planes de iluminación especializados

para tortugas marinas, que además deben cumplir con los requisitos del código de construcción y seguridad de Florida. También realizan inspecciones de la implementación de estas medidas, lo que incluye la recopilación de mediciones de luz, la documentación fotográfica de la propiedad durante la noche y la garantía de que todas las fuentes de luz problemáticas se retiran.

En México es necesaria la implementación de iniciativas como esta, bien estructuradas, así como apoyo económico para su realización, de esta forma el futuro de especies de tortugas y otros animales marinos sería distinto. Si la iluminación no es adecuada durante el periodo de emergencia de las crías, se podrían presentar consecuencias directas en su orientación y desplazamiento, como la reducción de energía durante su periodo de frenesí en tierra, que es esencial para alcanzar las "corrientes favorables" que facilitan la llegada a zonas de crianza (Colman et al., 2020). Un estudio realizado en sitios de anidación del Mediterráneo, estima que la luz en el periodo nocturno podría provocar el reclutamiento de hasta un 6% de crías en las playas de anidación, evitando su llegada al mar (Dimitriadis et al., 2018). De igual forma, resulta vital la realización de reportes sobre conductas de desorientación por parte de las crías, que preferentemente deben ser evaluados constantemente y en cada playa específicamente. Para dicha actividad resultan altamente importantes los campamentos tortugueros, debido a que son los que mayor contacto tienen con las comunidades, los animales y las organizaciones correspondientes para realizar las inspecciones.

En México, regularmente se utilizan lámparas con filtro rojo para el monitoreo y liberación de las tortugas en las playas y campamentos tortugueros, lo cual está estipulado en la NORMA Oficial Mexicana NOM-162-SEMARNAT-2012, que establece las especificaciones para la protección, recuperación y manejo de las poblaciones de las tortugas marinas en su hábitat de anidación; sin embargo, se requiere el apoyo de las autoridades y organizaciones correspondientes para que se cubra la totalidad de campamentos, pues existen algunos muy abandonados, que carecen de recursos y de este tipo de información.

Algunas de las recomendaciones para los voluntarios y encargados de campamentos tortugueros y/o áreas protegidas serían las siguientes:

- Utilizar en menor medida luces artificiales, de ser necesarias, utilizar aquellas cuya emisión sea de menor intensidad, menor a 10 lux.
- Evitar la utilización de luces de colores verde, azul y amarilla.
- Preferentemente utilizar luces de color rojo.
- Evitar dejar focos y lámparas encendidas durante la noche dentro de las instalaciones correspondientes a los campamentos.
- Solicitar a los voluntarios y turistas el uso responsable de luces artificiales.
- Evitar el uso de cámaras fotográficas con flash.
- Mantenerse informado acerca de fenómenos inusuales en el comportamiento de hembras anidantes y crías (desorientación, baramiento, etc.).

En el caso de los turistas, sería relevante que se haga conciencia de la utilización de luces en la playa, incluso del flash utilizado para tomar fotografías. Es importante seguir recomendaciones como:

- Seguir indicaciones de los guías o voluntarios al encontrarse en una zona protegida o campamento tortuguero.
- Evitar el uso de cámaras fotográficas con flash.
- Evitar el uso de luces, ya se de lámparas, teléfonos móviles, cámaras fotográficas o videograbadoras, o de cualquier otro aparato electrónico.
- Evitar la estancia en la playa y de resultar inevitable, no utilizar fogatas o asadores durante las noches.
- En el caso de utilizar fuentes de luz para poder avistar tortugas que llegan a desovar, evitar que estas se dirijan directamente a la hembra, así como hacer uso de filtros de color rojo e intentar usar las luces menos intensas.
- Invitar a otros turistas a seguir estas recomendaciones.

## VIII. CONCLUSIONES

Las crías de tortugas lora (*Lepidochelys kempii*) presentan fototaxia positiva hacia diferentes longitudes de onda (azul, verde, amarillo y roja) e intensidades de luz.

Las crías de *Lepidochelys kempii* presentan una mayor atracción hacia la luz verde (500 nm aprox.), con notable preferencia hacia las luces de mayor intensidad (13W).

## IX. LITERATURA CITADA

- Anderson, P. K. (1958). The Photic Responses and Water-Approach Behavior of Hatchling Turtles. *Copeia*, vol. 1958, no. 3, 211–215 p.
- Bartol y Musick. (2003). Sensory Biology of Sea Turtles. En: The Biology of Sea Turtles, vol. II. Lutz P. L., J. A. Musick, y Wyneken, 2003. Editorial CRC Press LLC. Boca Raton, USA. 455 p.
- Behrenfeld, M. J. y Falkowski, P. G. (1997). Photosynthetic rates derived from satellite-based chlorophyll concentration. *Limnology and Oceanography*, vol. 42, 1-20 p.
- Behrenfeld, M. J. y Boss, E. (2003). The beam attenuation to chlorophyll ratio: an optical index of phytoplankton physiology in the surface ocean? *Deep-Sea Research I*, vol. 50, 1537–1549 p.
- Behrenfeld, M. J., Boss, E., Siegel, D. A. y Shea, D. M. (2005). Carbon-based ocean productivity and phytoplankton physiology from space. *Global Biogeochemical Cycles*, vol. 19, 14 p.
- Behrenfeld, M. J., O' Malley, R. T., Siegel, D. A., McClain, C.R., Sarmiento, J. L., Feldman, G. C., Milligan, A. J., Falkowski, P.G., Letelier, R. M. y Boss, E. S. (2006). Climate-driven trends in contemporary ocean productivity. *Nature*, 444, 752-755 p.
- Bjorndal, K. A. (1996). Foraging Ecology and Nutrition of Sea Turtle. En: Lutz, P. L. y Musick, J. A., 1996. The Biology of Sea Turtle, vol. I. Editorial CRC marine science series. Boca Ratón, USA. 432 p.
- Bolten, A.B. (2000). Técnicas para la Medición de Tortugas Marinas. En: Trad. Eckert, K. L., Bjorndal, K. A., Abreu-Grobois, F. A. y Donnelly, M., 2000. Técnicas de Investigación y Manejo para la Conservación de las Tortugas Marinas. Grupo especialista en Tortugas Marinas UICN/CSE Publicación N° 4. Ed. Consolidated Graphic Communications. Blanchard, Pennsylvania, USA. 126-131 p.
- Brown, K.T. (1969). A linear area centralis extending across the turtle retina and stabilized to the horizon by non-visual cues, *Vision Research*, vol. 9, 1053 p.
- Burchfield, P., Peña, J., Márquez, R. (2010) The Kemp's Ridley's Road to Recovery. SWOT The State of the World's Sea Turtles, report. vol. 5, 35 p.
- Carr, A. y Ogren, L. H. (1959). The ecology and migrations of sea turtles. 3. *Dermochelys* in Costa Rica. *American Museum Novitates*, no. 1958, 1–29 p.
- Carr, A. y Ogren, L. H. (1960). The ecology and migrations of sea turtles IV. The green turtle in the Caribbean Sea. *Bulletin American Museum of Natural History*, vol. 121, 6–45 p.

- Castro, M. (2016). Tortuga Lora. En: Gaona, O. y Barragán, A., 2016. Las tortugas marinas en México: logros y perspectivas para su conservación. Soluciones Ambientales Itzeni A.C., 119-133 p.
- Celano, L., Sullivan, C., Field, A. y Salmon, M. (2018). Seafinding revisited: how hatchling marine turtles respond to natural lighting at a nesting beach. *Journal of Comparative Physiology A*, vol. 204, 1007 p.
- Coble, P.G. (2007). Marine optical biogeochemistry: the chemistry of ocean color. *Chemical Reviews*, vol, 107, no. 2, 402 – 418 p.
- Cobos-Silva, J. (2009). Comportamiento de los neonatos de tortuga verde (*Chelonia mydas*) y tortuga lora (*Lepidochelys kempii*) como respuesta hacia la luz blanca. Tesis de licenciatura. Universidad Veracruzana. Xalapa, Veracruz. 67 p.
- Colman, L., Lara, P., Bennie, J., Broderick, A., R. de Freitas, J., Marcondes, A., Witt, M., y Godley, B., (2020). Assessing coastal artificial light and potential exposure of wildlife at a national scale: the case of marine turtles in Brazil. *Biodiversity and Conservation*. vol. 20, 1135–1152 p.
- Cruz, L. M., Shillinger, G. L., Robinson, N. J., Santidrián, P. y Paladino, F. V. (2018). Effect of light intensity and wavelength on the in-water orientation of olive ridley turtle hatchlings. *Journal of experimental marine biology and ecology*, vol. 505, 52-56 p.
- Denton, E. J. (1990). Light and vision at depths greater than 200 metres. En: Light and Life in the Sea. Eds. Herring, P., Campbell, A., Whitfield, M. y Maddock, L., 1990. Cambridge, U.K.: Cambridge University Press. 127–148 p.
- Dimitriadis, C., Fournari-Konstantinidou, I., Sourbès, L., Koutsoubas, D., y Mazaris, A. (2018). Reduction of sea turtle population recruitment caused by nightlight: evidence from the Mediterranean region. *Ocean Coast Manage*, vol. 153, 108–115 p.
- Dutkiewicz, S., Hickman, A.E., Jahn, O., Henson, S., Beaulieu, C. y Monier, E. (2019). Ocean colour signature of climate change. *Nature Communications*, vol. 10, no. 578, 13 p.
- Ehrenfeld, D. W. y Carr, A. (1967). The role of vision in the Sea-Finding orientation of the Green Turtle (*Chelonia mydas*). *Animal Behaviour*, vol. 15, 25-36 p.
- Ehrenfeld, D. W. (1968). The role of vision in the sea-finding orientation of the green turtle (*Chelonia mydas*). 2. Orientation mechanism and range of spectral sensitivity. *Animal Behaviour*, vol. 16, no. 2–3, 281-287 p.
- Fehring, W. K. (1972). Hue discrimination in hatchling loggerhead turtles (*Caretta caretta caretta*). *Animal Behaviour*, vol. 20, 632-636 p.

- Fritsches, K. A. (2012). Australian Loggerhead sea turtle hatchlings do not avoid yellow. *Marine and Freshwater Behaviour and Physiology*, vol. 45, no. 2, 79-89 p.
- Fritsches K. A. y Warrant J. K. (2013). Vision. En: Wyneken, J., Lohmann, K. J. y Musick, J. A., 2013. *The Biology of Sea Turtles*, vol. III. Editorial CRC Press LLC, Boca Raton, USA. 457 p.
- Granda, A. M. y O'Shea, P. J. (1972). Spectral sensitivity of the green turtle (*Chelonia mydas mydas*) determined by electrical responses to heterochromatic light. *Brain Behavior and Evolution*, vol. 5, 143–154 p.
- Groom, S., Sathyendranath, S., Ban, Y., Bernard, S., Brewin, R., Brotas, V., Brockmann, C., Chauhan, P., Choi, J., Chuprin, A., Ciavatta, S., Cipollini, P., Donlon, C., Franz, B., He, X., Hirata, T., Jackson, T., Kampel, M., Krasemann, H., Lavender, S., Pardo-Martinez, S., Mélin, F., Platt, T., Santoleri, R., Skakala, J., Schaeffer, B., Smith, M., Steinmetz, F., Valente, A. y Wang, M. (2019). Satellite Ocean Colour: Current Status and Future Perspective. *Frontiers in Marine Science*, vol. 6. 485 p.
- Gulko, D, y Eckert, K. L. (2004). Senses. En: *Sea Turtles, an ecological guide*. Ed. Mutual Pub. 121 p.
- Hooker, D. (1911). Certain reactions to color in the young loggerhead turtle. *Carnegie Institute*, vol. 132, 71–76 p.
- Horch, K. W., Gocke, J., Salmon, M. y B. Forward, R. (2008). Visual spectral sensitivity of hatchling loggerhead (*Caretta caretta* L.) and leatherback (*Dermochelys coriacea* L.) sea turtles, as determined by single-flash electroretinography, *Marine and Freshwater Behaviour and Physiology*, vol. 4, no. 2, 107-119 p.
- Hu Z., Hu H., Huang Y. (2018). Association between nighttime artificial light pollution and sea turtle nest density along Florida coast: a geospatial study using VIIRS remote sensing data. *Environ Pollution*, vol. 239, 30–42 p.
- INEGI (2017). Marco geoestadístico, Diciembre 2017. Consultado 01 de abril de 2020, en: [www.inegi.org.mx](http://www.inegi.org.mx)
- Kahru, M., Kudela, R., Manzano-Sarabia, M. y Mitchell, B. G. (2009). Trends in primary production in the California Current detected with satellite data. *Journal of Geophysical Research*, vol. 114, C02004.
- Kahru, M., Kudela, R., Manzano-Sarabia, M. y Mitchell, B. G. (2012). Trends in the surface chlorophyll of the California Current: Merging data from multiple ocean color satellites. *Deep Sea Research*, vol. 2, 89-98 p.
- Karnad, D., Isvaran, K., Kar, C. S., Shanker, K. (2009). Lighting the way: towards reducing misorientation of olive ridley hatchlings due to artificial lighting at Rushikulya, India. *Biological Conservation*, no. 142, 2083–2088 p.



- La Razón (2015). Historia de vida de la tortuga lora. Recuperado de: <https://www.razon.com.mx>, consulado 23 de enero de 2020.
- Levenson, D. H., Eckert, S. A., Crognale, M. A., Deegan H., J. E. y Jacobs, G. H. (2004). Photopic spectral sensitive of Green and Loggerhead Sea Turtle. *Copeia*, vol. 4, 908-914 p.
- Lohmann, K. J. y Lohmann, C. M. F. (1996). Orientation and open-sea navigation in Sea Turtles. *The Journal of Experimental Biology*, vol. 199, 73-81 p.
- Lorne, J. K. y Salmon, M. (2007). Effects of exposure to artificial lighting on orientation of hatchling sea turtles on the beach and in the ocean. *Endangered Species Research*, vol. 3, 23–30 p.
- Márquez, M. R. (1994). Sinopsis de datos biológicos sobre la tortuga lora *Lepidochelys kempii* (Garman, 1880). FAO Sinopsis sobre la pesca No.152. Centro Regional de Investigación Pesquera. 141 p.
- Márquez, M. R. (1996). Las Tortugas Marinas y Nuestro Tiempo. Fondo de Cultura Económica, impreso en México. 194 p.
- Márquez, M. R. (2004). Las tortugas marinas en el Golfo de México, abundancia, distribución y protección. En: Caso M., Pisanty, I. y Ezcurra, E. (compiladores). Diagnóstico ambiental del Golfo de México. Vol. 1. Edit. Instituto de Ecología (INE-SEMARNAT) México. 175-179 p.
- Mrosovsky, N. y Carr, A. (1967). Preference for Light of Short Wavelengths in Hatchling Green Sea Turtles, *Chelonia mydas*, Tested on Their Natural Nesting Beaches. *Behaviour*, vol. 28, no. 3 y 4, 217-231 p.
- Mrosovsky, N. y Kingsmill, S. F. (1985). How turtles find the sea? En: Witherington B. E., y Martin, R. E., 2003. Entendiendo, evaluando y solucionando los problemas de contaminación de luz en playas de anidamiento de tortugas marinas. Florida Marine Research Institute Technical Report TR-2, traducción de la Tercera Edición inglesa, revisada. 75 p.
- Mrosovsky, N. y Shettleworth, S. J. (1968). Wavelength preferences and brightness cues in the water-finding behaviour of sea turtles. *Behaviour*, vol. 32, 211–257 p.
- Mrosovsky, N. y Shettleworth, S. J. (1974). Further studies on the sea-finding mechanism in green turtle hatchlings. *Behaviour*, vol. 51, 195 p.
- Nelson, N. B. y Siegel, D. A. (2002). Chromophoric DOM in the Open Ocean. En: Hansell, D. A., Carlson, C. A., Eds. Biogeochemistry of Marine Dissolved Organic Matter. Academic Press. Ámsterdam, 2002. 547-578 p.

- Neumeyer, C. y Jäger, J. (1985). Spectral sensitivity of the freshwater turtle *Pseudemys scripta elegans*: Evidence for the filter-effect of colored oil droplets. *Vision Research*, vol. 25, no. 6, 833-838 p.
- Noble, G. K. y Breslau, A. M. (1938). The senses involved in the migration of young fresh-water turtles after hatching. *Journal of Comparative Psychology*, vol. 25, no. 1, 175–193 p.
- Ojeda, E. (2007). Potenciales Evocados y Visuales y Electroretinograma. Guía Neurológica 7, Cap. 15. <http://www.acnweb.org/guia/g7cap15.pdf>, consultado en septiembre 2019.
- Pabón, J. D., Rojas, P. E., Montealegre, J. R., Kim, R., Ceballos, J. L., Martínez, N., Náñez, E. (1998). El océano. En: Leyva, P., editor. El medio ambiente en Colombia. Bogotá, Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales, IDEAM. 149-169 p.
- Parker, G. H. (1922). The crawling of young loggerhead turtles toward the sea. *Journal of Experimental Zoology*, vol. 36, 323-331 p.
- Pendoley, K. y Kamrowski, R. L. (2015). Influence of horizon elevation on the sea-finding behaviour of hatchling flatback turtles exposed to artificial light glow. *Marine Ecology Progress Series*, vol. 529, 279–288 p.
- Pérez, H. (2001). Física general. Publicaciones Cultural, 544-565 p.
- Philibosian, R., (1976). Disorientation of hawksbill turtle hatchlings, *Eretmochelys imbricata*, by stadium lights. *Copeia*, 824 p.
- Price, J., Drye, B., Domangue, R., y Paladino, F. (2018). Exploring The Role of Artificial Lighting in Loggerhead Turtle (*Caretta caretta*) Nest-Site Selection and Hatchling Disorientation. *Herpetological Conservation and Biology*. vol. 13, 415-422 p.
- Rivas, M. L., Tomillo, P. S., Uribeondo, J. D., Marco, A. (2015). Leatherback hatchling sea-finding in response to artificial lighting: interaction between wavelength and moonlight. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, no. 463, 143–149 p.
- Salmon, M., y Wyneken, J. (1990). Do swimming loggerhead sea turtles (*Caretta caretta*) use light cues for offshore orientation? *Marine Behavior and Physiology*, vol. 17, 233–246 p.
- Silva, E., Marco, A., Da Graça, J., Pérez, H., Abella, E., Patino-Martinez, J., Almeida, C. (2017). Light pollution affects nesting behavior of loggerhead turtles and predation risk of nests and hatchlings. *Journal of Photochemistry & Photobiology, B: Biology*, no. 173, 240–249 p.

- Spotila, J. (2004). Sea turtles: A complete guide to their biology, behavior, and conservation. The Johns Hopkins University Press and Oakwood Arts. Maryland, USA. En: Lara Uc, M. M. y Mota-Rodríguez, C. (2014). Conociendo a la Tortuga Lora (*Lepidochelys kempii*) (Garman, 1880). BIOMA, La naturaleza en tus manos. vol. 30. 39-46 p.
- Tippens, P. (2001). Física, conceptos y aplicaciones. Sexta edición. Mc Graw Hill interamericana, México, 727-750 p.
- Tuxbury, S. M. y Salmon, M. (2005). Competitive interactions between artificial lighting and natural cues during seafinding by hatchling marine turtles. *Biological Conservation*, no. 121, 311–316 p.
- Verheijen, F. J. y Wildschut, J. T. (1973). The photic orientation of sea turtles during water finding behaviour. *Netherlands Journal of Sea Research*, vol. 7, 53–67 p.
- Verheijen, F. J. (1985). Photopollution: artificial light optic spatial control systems fail to cope with. Incidents, causations, remedies. *Experimental Biology*, vol. 44, 1–18 p.
- Verutes, G. M., Huang, C., Rodríguez Estrella, R. y Loyd, K. (2014). Exploring scenarios of light pollution from coastal development reaching sea turtle nesting beaches near Cabo Pulmo, Mexico. *Global Ecology and Conservation*, no. 2, 170–180 p.
- Walls, G.L. (1942). The Vertebrate Eye and Its Adaptive Radiation, The Cranbook Institute of Science, Bloomfield Hills, MI. 785 p.
- Wibbels, T. y Bevan, E. (2019). *Lepidochelys kempii*. *The IUCN Red List of Threatened Species* 2019: e.T11533A155057916. <https://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2019-2.RLTS.T11533A155057916.en>. Revisado marzo, 2020.
- Wilson, P., Thums, M., Pattiaratchi, C., Meekan, M., Pendoley, K., Fisher, R. y Whiting, S. (2018). Artificial light disrupts the nearshore dispersal of neonate flatback turtles *Natator depressus*. *Marine ecology progress series*, vol. 600, 179–192 p.
- Witherington, B. E. (1992). Sea-finding behavior and the use of photic orientation cues by hatchling sea turtles. Tesis doctoral. University of Florida, Gainesville. 242 p.
- Witherington, B. E. (1997). The problem of photopollution for sea turtles and other nocturnal animals. En: Clemmons, J. R. y Buchholz, R. Eds. Behavioral Approaches to Conservation in the Wild. Cambridge University Press, Cambridge, England. 303–328 p.
- Witherington, B. E. y Bjorndal, K. A. (1991). Influences of Wavelength and Intensity on Hatchling Sea Turtle Phototaxis: Implications for Sea-Finding Behavior. *Copeia*, vol. 1991, No. 4 (Dec. 13, 1991), 1060-1069 p.

Witherington, B. E. y Martin, R. E. (2003). Entendiendo, Evaluando y Solucionando los problemas de contaminación de luz en las Playas de Anidación de Tortugas Marinas. Florida Marine Research Institute Technical Report TR-2, traducción de la tercera Edición inglesa revisada. 75 p.

Witherington, D. (2018). Kemp's Ridley. <https://www.seaturtlestatus.org/> Recuperado: 23 de enero de 2020.

Wyneken, J. (2004). La Anatomía de las Tortugas Marinas. U. S. Department of Commerce NOAA. Versión en español De: Wyneken, J. (2001). The Anatomy of Sea Turtles. U. S. Department of Commerce NOAA. NMFS-SEFSC-470. 172 p.

Zar, J. H. (1999). Contingency tables. *Biostatistical Analysis*. Edit. Prentice-Hall Inc., Quinta Edición. 490-517 p.

**ANEXO A.**  
**Permiso de colecta.**

SEMARNAT

SECRETARÍA DE  
MEDIO AMBIENTE  
Y RECURSOS NATURALES



SECRETARÍA DE GESTIÓN PARA LA PROTECCIÓN  
AMBIENTAL

DIRECCIÓN GENERAL DE VIDA SILVESTRE

Oficio N° SGPA/DGVS/ 003241 /18

Ciudad de México, a 20 de abril de 2018

**M. EN C. JANETH GUADALUPE DE LA CRUZ PINO**  
**INSTITUTO DE NEUROETOLOGÍA**  
**UNIVERSIDAD VERACRUZANA**  
**CALLE IGNACIO ALLENDE NO. 86**  
**COLONIA CENTRO**  
**XALAPA, VERACRUZ**  
**C.P. 91000 - MÉXICO**  
**Tel: (228) 841 90 36, E-MAIL: pino\_1890@hotmail.com**



En atención a la solicitud de licencia de colecta científica o con propósitos de enseñanza "por proyecto" en materia de vida silvestre, recibida en esta Dirección General el 21 de marzo de 2018, a la cual se le asignó la bitácora 09/K5-0680/04/18 y considerando que ha dado cumplimiento a los requisitos establecidos para efectuar investigación y colecta científica de flora y fauna silvestres en territorio mexicano y con fundamento en el Artículo 32 Bis fracciones I, III, XXII, XXXIX de la Ley Orgánica de la Administración Pública Federal; Artículo 19 fracción XXV y 32 fracción VI, XVIII, XXI, XXIV del Reglamento Interior de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, publicado en el Diario Oficial de la Federación el 26 de noviembre de 2012; 79, 80 fracción I, 82, 83 y 87 párrafo cuarto de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente; Artículos 9º. Fracción XII, 97 y 98 de la Ley General de Vida Silvestre; 12, 123 Fracción IV y 126 del Reglamento de la Ley General de Vida Silvestre; Artículo 85, Artículo 88, fracciones I y II, Artículo 105, fracciones II y III del Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente; las disposiciones relativas de la Norma Oficial Mexicana NOM-126-SEMARNAT-2000, por la que se establecen las especificaciones para la realización de actividades de colecta científica de material biológico de especies de flora y fauna silvestres y otros recursos biológicos en el territorio nacional; la Norma Oficial Mexicana NOM-059-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 emitido por la Dirección General de Vida Silvestre **autoriza** la licencia de colecta científica o con propósitos de enseñanza en materia de vida silvestre por proyecto, sobre especies o poblaciones en riesgo o sobre hábitat crítico, para desarrollar las siguientes actividades inherentes al proyecto de investigación denominado: "**Densidad de células de la retina de crías en *Lepidochelys spp.*, y el efecto de longitudes de onda sobre su desplazamiento**" con el objetivo de determinar la densidad de las células fotorreceptoras y ganglionares en crías de dos especies de tortugas marinas taxonómicamente cercanas, pero con un patrón de actividad diferente.

- Colecta de hasta veinte (20) crías de "tortuga lora" ***Lepidochelys kempii*** encontradas muertas en nidos eclosionados.
- Contención de hasta ciento veinte (120) crías de "tortuga lora" ***Lepidochelys kempii*** recién eclosionadas para realizar pruebas conductuales y su liberación inmediata en el sitio de colecta.

Página 1 de 4

Estado Nacional Núm. 203, Orizaba, Veracruz, México, C.P. 91000, Ciudad de México  
Tel: (55) 436 0100 - (228) 841 90 36 www.gob.mx/semarnat



Para la realización de las pruebas conductuales, en caso de que se requiera alguna fuente de iluminación, se recomienda el uso de un filtro rojo o una fuente de coloración roja, además de "no tomar" fotografías con flash en ningún momento durante el experimento, debido a que altera el comportamiento de las tortugas.

Las actividades se llevarán a cabo en **Playa Santander, Municipio de Alto Lucero de Gutiérrez Barrios, Estado de Veracruz**. Esta autorización tendrá una **vigencia** a partir de la emisión de la presente hasta el **31 de agosto de 2018**.

La presente se expide con el aval de la Universidad Veracruzana, con la colaboración de CC., Jorge E. Morales Mávil, Pablo Pacheco Cabrera, Martha Harfush, Karina Méndez Sánchez y Ozzy Sebastián Vázquez Bultrón; así como la colaboración institucional del Instituto de Neuroetología de la Universidad Veracruzana, Centro Mexicano de la Tortuga, Mazunte, México; Instituto de Investigaciones Sobre los Recursos Naturales, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo y la Coordinación General de Medio Ambiente - Gobierno del Estado de Veracruz, debiendo sujetarse obligatoriamente la titular y colaboradores a las siguientes condiciones:

1.- Cumplir con las disposiciones Administrativas, Fiscales y de Sanidad exigibles por las autoridades competentes en la materia, sean Federales, Estatales o Municipales, así como con las disposiciones establecidas en la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente y su Reglamento en Materia de Áreas Naturales Protegidas y demás disposiciones legales aplicables.

2.- Obligatoriamente y previo al inicio de las actividades de campo en Campamentos Tortugeros y en Áreas Naturales protegidas deberá realizar ante la CONANP el tramite CNANP-00-007, "Aviso para realizar actividades de investigación con colecta o manipulación de ejemplares de flora y fauna silvestre en ANP", deberá contactar a Ing. Manuel Rodríguez Gómez, Director del Centro Mexicano de la Tortuga Km. 10 Carretera. Puerto Ángel-San Antonio, Mazunte Santa María Tonameca, Oaxaca, A.P. No. 16, C.P. 70902, Pto. Ángel, Oaxaca, Tel. (958) 584 3376, e-mail: mrodriguez@conanp.gob.mx y establecer comunicación con la Dirección Regional Frontera Sur, Istmo y Pacífico Sur (2da. Oriente Norte No. 227, col. Centro, Palacio Federal, 3er piso, Tuxtla Gutiérrez, Chiapas), así como con el personal del responsable que administra los Campamentos Tortugeros, para coordinarse y apoyar a la realización de las actividades de campo, presentar su programa de actividades, lista de participantes y fechas en que pretende ingresar; asimismo se le asignará el personal del ANP que lo acompañará durante los trabajos de campo y deberá acatar las indicaciones y recomendaciones que le haga dicho personal, al término de su visita y no más de 30 días naturales, deberá enviar informes periódicos e informe final detallado de manera física y electrónica de las actividades realizadas y los resultados obtenidos a la Dirección del ANP y a la Dirección Regional Frontera Sur, Istmo y Pacífico Sur y deberá acatar lo establecido en el programa de manejo y Reglas Administrativas del ANP y a las indicaciones y recomendaciones que realice el personal de la CONANP.

3.- En todo momento el investigador será responsable de los impactos significativos que haya sobre las poblaciones de la flora o fauna silvestres y sus hábitats, por lo que deberá considerar el riesgo de perturbación del ecosistema, antes de su ejecución y no llevarlo a cabo si el riesgo es alto.



4.- La totalidad del material colectado deberá destinarse exclusivamente a los fines específicos del proyecto, objeto de la presente autorización. Con base al Capítulo IV, Artículo 98 de la Ley General de Vida Silvestre, las crías muertas serán preservadas en el Instituto de Neuroetología de la Universidad Veracruzana, y la titular de la autorización asume la responsabilidad de remitir a esta Dirección General, copia de la(s) constancia(s) del(los) depósitos(s) debidamente firmado(s), especificando la cantidad del material depositado.

5.- Previo al inicio de las actividades de campo, deberá enviar obligatoriamente por escrito y utilizando cualquier medio su programa de trabajo a la Delegación Federal de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales en el Estado de **Veracruz** 01 (228) 841 6521, enviando copia del mismo a la Dirección General de Vida Silvestre. De igual manera, al término de dichas actividades lo notificará a esa Delegación Federal, enviando un reporte detallado por escrito.

6.- Con base al Capítulo IV, Artículo 98 de la Ley General de Vida Silvestre y 126 del Reglamento de la Ley General de Vida Silvestre, el responsable del proyecto deberá someter a la consideración de la Dirección General de Vida Silvestre, en un plazo no mayor de 30 (TREINTA) días de concluida la vigencia de la presente, un informe que describa detalladamente las actividades realizadas, los resultados obtenidos, la problemática del área trabajada, las potenciales alternativas de solución y -en su oportunidad-, la(s) publicación(es) y sobre tiros producto de la investigación.

7.- Queda estrictamente **prohibido** efectuar cualquier aprovechamiento de las especies de flora y fauna silvestres, cualquiera que sea su estatus, excepto lo aquí autorizado, así como realizar actividades en áreas naturales protegidas de México, sean Estatales o Federales, sin previa autorización.

8.- De acuerdo al Artículo 87 de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente y al Capítulo IV, Artículo 97 de la Ley General de Vida Silvestre, esta autorización no ampara el aprovechamiento del material biológico colectado para fines comerciales, ni de utilización en biotecnología.

Se recomienda que, durante sus actividades de campo, en el caso de observar ejemplares de especies listadas en la Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010, se notifique de ello (la especie, ubicación geográfica y la fecha) a esta Dirección General, en el informe de actividades antes mencionado.

La presente autorización es personal e intransferible y habrá de mostrarse a las Autoridades Federales, Estatales y Municipales cuantas veces lo soliciten. Así mismo y tomando en consideración lo establecido en el Artículo 87 de la Ley General de Vida Silvestre el titular de la presente deberá contar con el consentimiento previo, expreso e informado de los legítimos propietarios de la(s) tierra(s) donde pretende desarrollar el proyecto.

El incumplimiento de las condiciones aquí establecidas, dará origen a la instauración de un procedimiento administrativo ante la autoridad competente, para proceder a la cancelación de la autorización y a la aplicación de la legislación correspondiente, según sea el caso.





Notifíquese la presente resolución a la **MC. JANETH GUADALUPE DE LA CRUZ PINO** del INSTITUTO DE NEUROETOLOGÍA de la UNIVERSIDAD VERACRUZANA, por alguno de los medios legales previstos por el Artículo 35 y demás relativos y aplicables de la Ley Federal de Procedimiento Administrativo.

**ATENTAMENTE**  
**EL DIRECTOR GENERAL DE VIDA SILVESTRE**

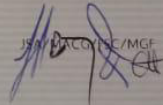


**LIC. JOSÉ LUIS PEDRO FUNES IZAGUIRRE**

"Por un uso eficiente del papel, las copias de conocimiento de este asunto son remitidas vía electrónica".

- C.c.p.- C. Joel González Moreno - Director General de Inspección de Vida Silvestre, Recursos Marinos y Ecosistemas Costeros, PROFEPA e-mail: vida\_silvestre@profepa.gob.mx, jmeja@profepa.gob.mx  
C. José Antonio González Azuara.- Delegado Federal de la SEMARNAT en el Estado de Veracruz.- e-mail: jose.gonzalez@veracruz.semarnat.gob.mx  
C. Diego Cobo Terrazas - Delegado de la PROFEPA en el Estado de Veracruz.- e-mail: dcobo@profepa.gob.mx  
C. Noe Rios Somoza.- Coordinación de Asesores de la Subsecretaría de Gestión para la Protección Ambiental.- e-mail: noe.rios@semarnat.gob.mx  
Subdirección de Comercio Nacional, Internacional y Otros Aprovechamientos

Archivo (09/K5-0680/04/18)  
c:median/coleccioncientifica/JanethGuadalupeDeLaCruzPino(TortugaIora-CT-Santander)(19-04-18)



# ANEXO B.

Formato de registro de datos.

No. De experimento	Fecha	Hora	Longitud de onda (nm)	
	Temperatura (°C)	Humedad (%)	Intensidades comparadas	
			B1=	B2=
Intensidad en sitio inicial (lux)		Intensidades medidas (lux)		
No de individuo	B1	B2	Peso (g)	LRC (cm)
<b>Total</b>				