



**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL
ESTADO DE MÉXICO**

FACULTAD DE CIENCIAS

**ASPECTOS ECOLÓGICOS DE LA ANIDACIÓN DE TORTUGAS MARINAS
EN SAN LUIS DE LA LOMA, GUERRERO**

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

BIÓLOGO

P R E S E N T A:

MILDRED ALPIZAR QUEZADA



**ASESOR DE TESIS:
M. EN C. GIOVANY ARTURO GONZÁLEZ DESALES
DRA. MARTHA MARIELA ZARCO GONZÁLEZ**

TOLUCA, ESTADO DE MÉXICO

MES Y AÑO 2022

1. INTRODUCCIÓN

En México se distribuyen seis de las siete especies de tortugas marinas del mundo: tortuga caguama (*Caretta caretta*), tortuga verde del Caribe y tortuga prieta del Pacífico (*Chelonia mydas*), tortuga carey (*Eretmochelys imbricata*), tortuga lora (*Lepidochelys kempii*), tortuga golfina (*Lepidochelys olivacea*) y tortuga laúd (*Derموchelys coriacea*).

La tortuga golfina es la más pequeña de todas las tortugas marinas, pertenece a la familia Cheloniidae y mide entre 67 y 78 cm de largo curvo del caparazón (LCC) y el ancho es el 90% de su LCC, puede presentar asimetría en los escudos costales teniendo 5 o más de cada lado y generalmente 5 escudos dorsales (Figura 1A). El caparazón de los adultos es verde olivo claro y el plastrón amarillo, este posee cuatro escudos inframarginales por lado, cada uno con un poro de Rathke el cual posiblemente secreta una feromona que influye en el proceso de arribadas (Figura 1B; Márquez et al., 1976; Pritchard y Trebbau, 1984; Márquez, 1990; Pritchard y Mortimer 2000; Chacon et al., 2008). Se distribuye a lo largo del Pacífico, desde la península de Baja California hasta Chiapas, las playas de anidación más importantes se encuentran en Chiapas, Oaxaca, Guerrero, Michoacán y Jalisco (Márquez, 1990). Esta especie realiza arribazones o arribadas, una conducta de anidación masiva de muchas hembras en sincronía (Valverde, 2000), estos eventos se han observado en Nicaragua (Honarvar, 2007), Costa Rica (Cornelius et al., 1991; Madden et al., 2008) y México (Calderón-Pérez y González-Nakagawa, 1981; Albavera, 2007; Ocana et al., 2012). Esta especie deposita en promedio 105 huevos por puesta, pero esto varía entre localidades (Márquez, 1990). A pesar de ser considerada la tortuga marina más abundante, *Lepidochelys olivacea* se encuentra catalogada en peligro de extinción en la NOM 059 (SEMARNAT 2010) y vulnerable en la IUCN (Abreu-Grobois y Plotkin, 2008).

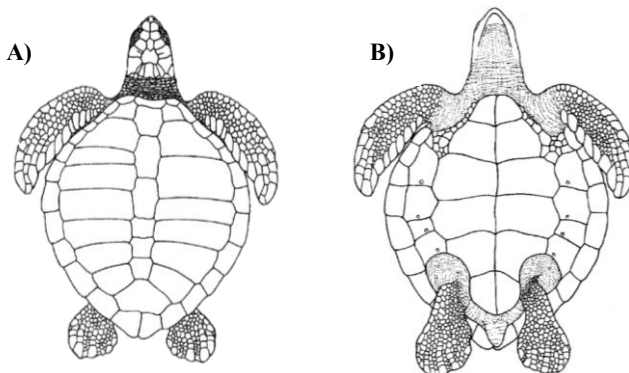


Figura 1. A) Asimetría en el caparazón de *L. olivacea*, 8 escudos costales a la izquierda y 7 a la derecha. **B)** Poros de Rathke en los escudos inframarginales (Tomada de: Pritchard y Mortimer, 2000).

Comentado [MZ1]: Debes colocar que significa cada inciso en la imagen... y falta el paréntesis de A)

Por otra parte, la tortuga laúd es la tortuga marina más grande, las hembras del Pacífico miden en promedio 143.8 cm de LCC, de ancho 102.8 cm y son más pequeñas que las poblaciones del Atlántico (Sarti et al., 2007). Su caparazón carece de escudos, está cubierto de piel suave, presenta 7 quillas y su coloración es negro moteado (Figura 2; Márquez, 1990). La profundidad del nido de *D. coriacea* es en promedio de 83.4 cm y pone en promedio 62 huevos (Sarti et al., 2007). La tortuga laúd en México se distribuye a lo largo del Pacífico, las playas más importantes para la anidación son Mexiquillo en Michoacán; Tierra Colorada en Guerrero y Cahuitán y Barra de la Cruz en Oaxaca (Márquez, 1990; CONANP, 2018). *Dermochelys coriacea* se encuentra catalogada en peligro de extinción en la NOM 059 (SEMARNAT, 2010) y la IUCN considera específicamente las poblaciones del Pacífico en peligro crítico (Tiwari et al., 2013).

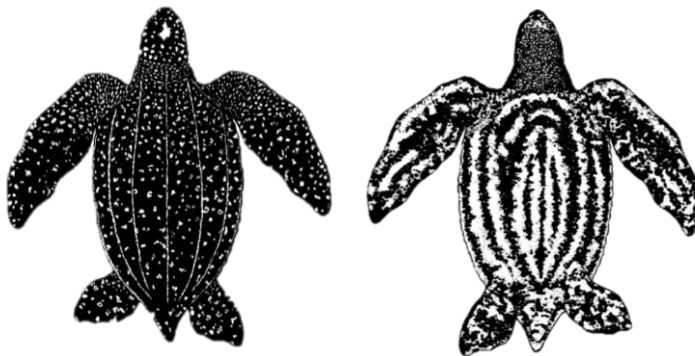


Figura 2. *Dermochelys coriacea* **A)** vista dorsal, presencia de 7 quillas a lo largo del caparazón, **B)** vista ventral, plastron con franjas blancas y negras (Tomada de: Pritchard y Mortimer, 2000).

Comentado [MZ2]: Aunque ya lo hayas puesto completo antes, cuando inicias un enunciado con el nombre científico, no debes abreviar el género. Tú hiciste las imágenes? Si no es así, incluye la referencia

Las principales amenazas hacia las tortugas marinas adultas son la captura incidental por prácticas de pesca, la contaminación de aguas marinas, recolectores furtivos de huevos y carne de tortuga. En las zonas de anidación la contaminación lumínica, erosión, acreción y depredadores naturales en agua y playas, son las principales causas de pérdida de nidos o neonatos (Márquez, 1990;

Boulon, 2000; Gibson y Smith, 2000; Witherington, 2000). En México, en 1990 se declaró la veda total y permanente para todas las especies de tortugas marinas (SEMARNAT, 2018) y como estrategia de conservación surgieron los campamentos tortugeros, que son espacios donde se reubican y cuidan los nidos silvestres en corrales de incubación, dentro de estos corrales se lleva a cabo un manejo dependiendo de la preferencia y posibilidades del campamento, así como las condiciones y requerimientos del sitio tales como riego, uso de malla-sombra, sombra con palma, entre otras, para amortiguar la temperatura; los nidos se cuidan hasta la eclosión y liberación de los neonatos (Márquez, 1990; Chacon et al., 2008).

2. ANTECEDENTES

2.1. Temperatura de incubación de *Lepidochelys olivacea* y *Dermochelys coriacea*

La determinación sexual por temperatura es una característica de todos los cocodrilianos y algunos peces, lagartos y tortugas, entre ellas las marinas (Modi & Crews, 2005). A temperaturas altas se produce un mayor porcentaje de hembras y a temperaturas bajas se produce un mayor porcentaje de machos, entre 25 y 35°C es la temperatura óptima de desarrollo de los embriones, fuera de estas temperaturas de incubación se producen malformaciones o incluso pueden ser letales (McCoy et al., 1983; Standora y Spotilia, 1985; Márquez, 1990; Mrosovsky y Pieau, 1991; Ackerman, 1997). Dentro de este intervalo se encuentra la temperatura pivote, es decir a la que se desarrolla el 50% de individuos de cada sexo (Mrosovsky y Yntema, 1980). Durante el periodo de incubación existe el periodo termosensible (PTS) que corresponde al final del primer tercio y principios del segundo tercio de los días de incubación, es el periodo donde las gónadas se diferencian y la exposición a temperaturas bajas o altas durante darán como resultado hembras o machos, respectivamente (Figura 3; Pieau y Dorizzi, 1981; Mrosovsky y Pieau, 1991).

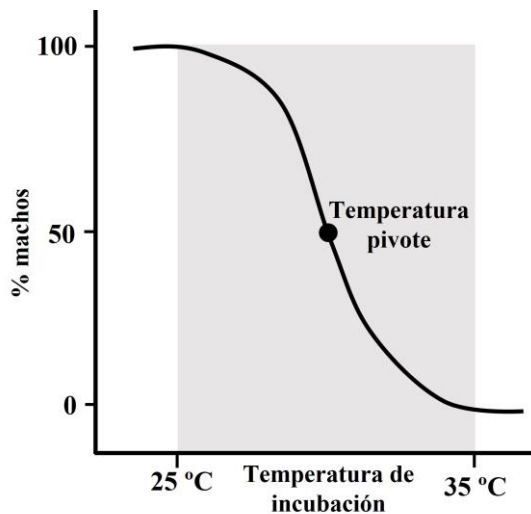


Figura 3. Curva general de proporción sexual con relación a la temperatura de incubación y tolerancia térmica en tortugas marinas.

La temperatura dentro del nido depende de diferentes factores: a) la profundidad del nido, limita las fluctuaciones diarias de la temperatura ambiental (Kaska et al., 1998; Godley et al., 2001), b) la precipitación durante la anidación, incrementa la humedad del nido y disminuye la temperatura de incubación (Wyneken y Lolavar, 2015), c) la vegetación circundante o sobre el nido (Kamel, 2013), d) distancia del nido a la zona donde llega el agua de mar en la playa (Rees y Margaritoulis, 2004), y e) el intercambio de gases y calor metabólico producido por el desarrollo del embrión dentro del nido, esto puede elevar entre 2 y 6 °C la temperatura de incubación (Broderick et al., 2000; Booth y Astill, 2001; Maulany et al., 2012; Wood et al., 2014; Wyneken y Lolavar, 2015). En la década de los 90's se comenzó a detectar temperaturas feminizantes en tortugas marinas y se sugirió que el calentamiento global contribuirá a esta situación, por lo que se requiere diseñar estrategias para que la incubación genere una proporción sexual equilibrada (Chan, 1991; Mrosovsky, 1994). En México se han reportado temperaturas con tendencia feminizante en *Eretmochelys imbricata*, la sombra provista por la vegetación disminuye la temperatura dando como resultado eclosión de machos y un mayor porcentaje de eclosión, mientras que los nidos sin sombra tuvieron temperaturas más altas produciendo nidadas sesgadas a hembras y un mayor número de crías muertas (Flores-Aguirre, 2020). En las costas del Pacífico de Centroamérica estudios con *L. olivacea* demostraron que en playas con temperaturas ambientales más elevadas los nidos están sesgados a la producción de hembras y disminuye el éxito de eclosión (Morales-Mérida et al., 2021).

Para la tortuga Golfina, la temperatura masculinizante es de 27.1°C, la feminizante de 32.9°C y la temperatura pivotal es de 29.95°C, en varias regiones de México y Centroamérica se han registrado temperaturas de incubación feminizantes (Cuadro 1). Por otro lado, los huevos de tortuga laúd incubados a una temperatura promedio de 30.42°C produjeron 100% de hembras, a temperaturas menores de 29.21°C el sexo estará sesgado a machos y la proporción sexual 1:1 aumenta en una temperatura de incubación entre 29.2 y 30.4°C (Chan y Liew, 1995). Se han observado diferencias entre nidos artificiales (cajas de unicel) y nidos silvestres en la proporción de sexos, aun con temperaturas de incubación similares, en los nidos artificiales los huevos incubados a 27.4 y 28.1°C se obtuvieron machos, mientras que en nidos silvestres incubados entre 28 y 28.8 °C produjeron 30% hembras y nidos incubados a 30.5°C produjeron 100% por lo tanto la temperatura pivote esta entre 28 y 30.5 °C (Dutton et al., 1985). En Costa Rica, para tortuga laúd, se reportaron temperaturas por debajo de 29 °C, produciendo 100% de machos y por arriba de 30 °C resultaron

Comentado [MZ3]: Dices que hay diferencias por el tipo de nido a temperaturas similares, pero... las de los nidos silvestres son más altas, y, como puede estar la temperatura pivote (30.5) por arriba del intervalo (28.8)?

Comentado [M4R3]: Creo que ahora se explica mejor, no había mencionado que por encima de 30.5 son 100% hembras (al menos en ese estudio) y de 28 para abajo son machos, entonces la temperatura pivote debe caer entre los 28 y 30.5

100% hembras, identificando la temperatura pivote en 29.4 °C (Binckley et al., 1998; Santidrián-Tomillo et al., 2014). En el Pacífico mexicano se han reportado temperaturas de incubación por encima de los 30 °C (Cuadro 2).

Cuadro 1. Temperaturas de incubación y durante el periodo termosensible (PTS) de *L. olivacea* (+ fluctuó por encima de, - fluctuó por debajo de, debido a que no se menciona una temperatura específica). El sexo corresponde a hembras (H) y machos (M) producidos considerando las temperaturas durante el PTS, en caso de no tener esa temperatura se consideró la temperatura de toda la temporada de incubación. Sd: Sin dato.

Temperatura de incubación (°C)	PTS (°C)	Meses	Sitio	Fuente	Sexo
32 ⁺	31.88	Septiembre	Baja California Sur	Sandoval, 2012	H
31-39	32-38	Julio-agosto			H
35-38	32	Septiembre	Colima	Sandoval, 2012	H
30 ⁻	28-29	Noviembre			H-M
33 ⁺	34	Julio-agosto			H
24 ⁻	32 ⁺	Septiembre	Sinaloa	Sandoval, 2012	H
28 ⁻	24	Noviembre			M
32-36	34 ⁺	Julio-agosto			H
30-35	Sd	Septiembre	Guerrero	Sandoval, 2012	H
33.6	Sd	Sd	Sinaloa	Arzola-González, 2007	H
32.8	Sd	Sd			H
Sd	35.9	Sd	Chiapas	Malanco y Cuevas, 2019	H
31.7-32.6	Sd	Sd	Centroamérica	Morales-Mérida <i>et al.</i> , 2021	H

Cuadro 2. Temperaturas de incubación de *D. coriacea* reportadas en el estado de Oaxaca y posible sexo producido considerando las temperaturas de incubación.

Comentado [MZ5]: Coloca la fuente de los datos

T° incubación (°C)	Año	Sitio	Fuente	Sexo
26.9	2014	San Juan	De La Torre et al.,	H
34.2	2014	Chacahua	2017	H
31.01	2014-2015			H
30.74	2015-2016			H
30.43	2016-2017	Palmarito	García-Grajales et al., 2019	H
30.61	2015-2016			H
30.53	2016-2017			H

3. JUSTIFICACIÓN

En México existen 176 campamentos tortugueros (PROFEPA, 2019), en algunos de la costa del Pacífico se ha reportado una mayor producción de hembras (Sandoval, 2012), por lo que es importante evaluar la proporción sexual que se produce en el campamento tortuguero Barreros de San Luis en Guerrero, a partir de las temperaturas de incubación. Por otro lado, es necesario conocer algunas características de las hembras que llegan a anidar a las playas, entre ellas, la talla porque se ha demostrado su relación con la profundidad del nido (Eckert, 2015) y el tamaño de la nidada (Bjorndal y Carr, 1989; Broderick et al., 2003) . Los manuales de manejo de campamentos tortugueros sugieren una profundidad promedio para tortuga golfina de 40-45 cm y para laúd de 65-70 cm (Márquez et al., 1990; Chacon et al., 2008), debido a que la profundidad del nido es un factor que influye en la temperatura de incubación, es necesario que los nidos en los corrales sean construidos con base en las características de los nidos silvestres,.

Comentado [MZ6]: No es adecuado que bases la justificación en consideraciones personales, sino en fundamentos científicos

Comentado [MZ7]: Y esto por que? No hay información anterior en el documento que justifique la necesidad de esto

Comentado [MZ8]: Si esta información no se conoce, es por ahí que puedes justificar la necesidad de analizar las características de los nidos silvestres

4. OBJETIVOS

General

Evaluar algunos aspectos ecológicos de la anidación de tortugas marinas (*L. olivacea* y *D. coriacea*) en la playa de San Luis de la Loma, Guerrero, México, durante las temporadas de anidación 2020-2021.

Específicos

- Analizar las características morfológicas (LCC, LRC y ancho) de las hembras anidantes de *L. olivacea* en la playa de San Luis de la Loma, Guerrero, México y su relación con algunos atributos de la nidada (número de huevos y profundidad del nido).
- Analizar las temperaturas de incubación de nidos de *L. olivacea* y *D. coriacea*, y su relación con variables climáticas.
- Determinar el sexo de los neonatos de *L. olivacea* y *D. coriacea* a partir de la temperatura de incubación durante el periodo termosensible, de las temporadas de anidación 2020 y 2021.

5. METODOLOGÍA

5.1. Área de estudio

San Luis de la Loma se encuentra en el municipio de Tecpan de Galeana en el estado de Guerrero, 17° 16'N, longitud 100° 33'O (Figura 4), presenta una temperatura ambiental promedio entre 20.8 y 30.5 °C, siendo mayo el mes más cálido, las lluvias son más abundantes en septiembre (182 mm en promedio; <https://www.weather-atlas.com/>). En su costa llegan a anidar tres especies de tortugas marinas: golfina (*Lepidochelys olivacea*), laúd (*Dermochelys coriacea*) y prieta (*Chelonia mydas*). Esta playa es monitoreada y vigilada por el grupo comunitario Barreros de San Luis A. C., que recorren aproximadamente 11.5 km para buscar y reubicar nidos de tortugas marinas. Para *L. olivacea*, la obtención de datos se realizó durante los periodos: 1- agosto a octubre de 2020, 2- octubre a noviembre de 2020, 3- agosto a octubre de 2021 y 4- octubre a diciembre de 2021 y para *D. coriacea* se evaluaron la temporadas 2020-2021 y 2021-2022.

Comentado [MZ9]: Mínima primero, máxima después



Figura 4. Ubicación geográfica del campamento Barreros de San Luis A.C., en Tecpan, Guerrero, y ruta recorrida para el rescate y reubicación de nidos de tortugas marinas (línea roja).

5.2. Características de las hembras y atributos de la nidada de *L. olivacea*.

Se realizaron recorridos nocturnos en cuatrimoto a lo largo de los 11.5km de playa, en 2020 se muestrearon 6 noches (3 en agosto y 3 en octubre) y en 2021 20 noches (7 en agosto, 9 en octubre y 4 diciembre), la limitación de muestreo en 2020 se debe a la pandemia por COVID-19.

En caso de encontrar a las hembras anidantes, se tomaron medidas estándar del caparazón: largo curvo mínimo del caparazón (LCC; distancia del escudo nuczal al punto medio entre los dos escudos supracaudales), largo recto máximo del caparazón (LRCmáx; distancia del primer escudo marginal al escudo supracaudal del mismo lado; Bolten, 2000) y para el ancho, se modificó la posición estándar de medición, debido a las variaciones morfológicas o lesiones que presentan las hembras en la región donde tradicionalmente se obtiene esta medida (parte más ancha del caparazón a simple vista), en este caso se consideró la distancia que existe entre el tercer escudo marginal de cada lado (en sentido cabeza-cloaca) a la altura de las extremidades anteriores (Figura 5).

Durante las actividades de búsqueda y reubicación de nidos por parte del campamento tortuguero, antes de extraer los huevos, se midió la profundidad de la superficie de la arena hasta la parte superior del primer huevo en la cámara de incubación (PPH), posteriormente se midió la profundidad total desde la superficie de la arena hasta el fondo de la cámara de incubación (PT; Figura 4; Miller, 2000). Si la tortuga se encontraba desovando, se esperaba hasta que la hembra terminará de cubrir por completo el nido.

Las medidas de las hembras y los atributos de las nidadas se compararon entre periodos de monitoreo y entre años, mediante una U de Mann-Whitney y una t de student. También evaluamos si existía una correlación entre las características de la hembra (LCC, LRCmáx y ancho del caparazón) y los atributos de las nidadas (profundidad al primer huevo, profundidad total y número de huevos), a través de un análisis de correlación múltiple (dependiendo de la distribución de los datos se realizó una correlación de Spearman o Pearson). Cuando se encontraron correlaciones significativas, se analizaron a través de regresiones simples, considerando los atributos de la nidada como variables dependientes.

Comentado [MZ10]: Antes de esto debes poner que se realizaron recorridos de x distancia, por la noche, durante x días por temporada, para ubicar los nidos... etc... etc....

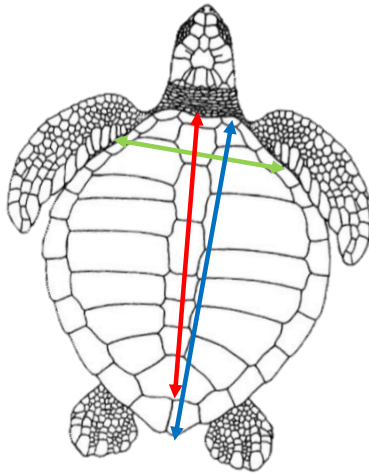


Figura 5. Largo Curvo de Caparazón (rojo), Largo Recto de Caparazón (azul), Ancho (verde).

A) *L. olivacea* **colocar imagen de que se le coloco el nido**

5.3. Temperaturas de incubación de *L. olivacea* y su relación con variables climáticas.

Los huevos transportados al corral a cargo de Barreros de San Luis A. C., se incubaron en nidos construidos con las profundidades promedio de los nidos silvestres de cada muestreo. Se colocaron registradores de datos de temperatura (HOBO Pendant© Temperature/Alarm UA-001-08) en diferentes nidos, considerando tres posiciones: sobre los huevos (posición 1), a la mitad de los huevos (posición 2) y al fondo de la cámara de incubación (posición 3; **poner foto de como acomodar los dataloggers**), estos fueron configurados para obtener una lectura cada 40 minutos.

Cabe recalcar que la profundidad (cm) a la que cada aparato se colocó es diferente debido al número de huevos de cada nidada. En el primer periodo del año 2020 para golfinia se evaluaron 9 nidos con las 3 posiciones mencionadas anteriormente y en el segundo igualmente se evaluaron 9 nidos, sin embargo, el aparato de un nido se extravió por lo que no se pudo incluir en el análisis (Cuadro 3). Adicionalmente, colocamos un registrador de datos de temperatura e intensidad luminosa (HOBO Pendant© Temperature/Light UA-002-64K) en la superficie de la arena, estos fueron configurados para obtener una lectura cada 80 minutos durante la temporada de anidación.

Comentado [MZ11]: No entiendo esto

Comentado [M12R11]: Es que más abajo hay una tabla donde mencionamos la profundidad a la que fue colocada cada nido, sin embargo no siempre fue la misma especialmente mitad y arriba de los huevos ya que cada nido tenia diferente numero de huevos entonces la mitad de los huevos iba a ser diferente para cada nido así como la profundidad al primer huevo.

Las temperaturas de incubación se compararon a través de un ANOVA multifactorial considerando como factores: a) posición (**INSERTAR FIGURA y referencia**), b) periodo y c) ritmo circadiano (8:00 am - 6:00 pm= día y 7:00 pm - 7:00 am= noche), e incluyendo la temperatura de la arena como covariable.

Cuadro 3. Nidos de *Lepidochelys olivacea* analizados, profundidad a la que se colocaron los datalogger y número total de huevos de cada nido.

Año	Periodo	Posición	Profundidad (cm)	No. Huevos
2020	1	1	26	72
			18	86
			30	89
		2	33	84
			28	49
			36	105
		3	46	69
			40	82
			45	90
	2	1	36	55
			32	88
			28	82
		2	42	81
			41	78
			42	95
3	47	70		
	49	100		
	44	136		
2021	3	1	30	91
			31	85
			28	101
		3	31	92
			38	114
			39	149
	4	1	38	117
			38	92
			31	114
		2	44	78
			39	95
			40	46
3	50	97		
	47	78		

Comentado [MZ13]: También aquí como es la leyenda del cuadro mejor poner el género completo

Comentado [MZ14]: No es claro... es año 2020, periodo 1, y los datos de los tres nidos en la posición 1? Es decir, el número de huevos corresponde a los que estaban en esa posición en cada nido???? Hay que platicarlo, para organizar el cuadro de modo que se entienda a que se refieren estos datos

Comentado [M15R14]: Si quiere lo platicamos en persona para que no nos revolbamos porque entiendo que ve confuso

Se obtuvieron las variables climáticas: a) temperatura del aire (°C), b) precipitación (mm), c) humedad (%) y d) radiación solar (W/m²), de la estación meteorológica automática más cercana al campamento tortuguero, ubicada en Zihuatanejo de Azueto, a 70 km aproximadamente del corral de incubación, la información de esta estación meteorológica está disponible en <https://smn.conagua.gob.mx/es/observando-el-tiempo/estaciones-meteorologicas-automaticas-emas>. Para evaluar la relación entre las temperaturas de incubación y las variables climáticas, se ordenaron los datos por fecha y hora, y se realizó un análisis de regresión múltiple considerando la temperatura de incubación como variable dependiente, realizamos la regresión considerando todas las variables climáticas y se eliminaron las que su contribución al modelo no era estadísticamente significativa ($p < 0.05$).

Comentado [MZ19]: Por qué esto tiene un tamaño de letra diferente?

5.4 Temperaturas de incubación de *D. coriacea* y su relación con variables climáticas

Se colocaron registradores de datos de temperatura (HOBO Pendant© Temperature/Alarm UA-001-08) en diferentes nidos, estos fueron configurados para obtener una lectura cada 40 minutos. Durante la temporada 2020-2021 (temporada 1) se evaluaron 8 nidos de noviembre 2020 a febrero 2021 y durante la temporada 2021-2022 (temporada 2) se evaluaron 5 nidos de diciembre 2021 a mayo 2022 (Cuadro 4), cabe mencionar que de algunos nidos se desconoce la posición y profundidad del datalogger, por lo que se aplicó una prueba de Kruskal-Wallis para comparar las temperaturas de incubación entre nidos sin considerar periodo o posición de colocación del datalogger.

Comentado [MZ16]: Por qué en este caso no se hicieron primero correlaciones?

Comentado [MZ17]: Seguro alguien preguntará por que

Cuadro 4. Nidos de *Dermochelys coriacea* evaluados, profundidad de colocación de datalogger y número de huevos por nido. Sd: Sin dato.

Periodo	Posición	Profundidad (cm)	Número de huevos
1	1	42	55
		48	48
		43	43
		62	62
		62	66
		70	70
		67	66
		66	64
		57	58
		58	80
2	3	74	67
	Sd	Sd	38
	Sd	Sd	Sd

Comentado [MZ18]: Considera las mismas observaciones que hice en esta parte del método para la otra especie

Para la temporada 2, se evaluaron las temperaturas de incubación de los nidos con datos completos a través de un ANOVA multifactorial considerando como factores a) el ritmo circadiano (8:00 am - 6:00 pm= día y 7:00 pm - 7:00 am= noche) y b) la posición (arriba, mitad y fondo), y se incluyeron variables climáticas: a) temperatura del aire (°C), b) humedad (%), c) precipitación (mm) y d) radiación solar (W/m²) como covariables, estas se obtuvieron de la estación meteorológica mencionada anteriormente.

Comentado [M20]: Deberia referenciar a la figura que pondre?

Finalmente, para evaluar la relación entre las temperaturas de incubación y las variables climáticas se ordenaron los datos por fecha y hora, posteriormente se realizó un análisis de regresión múltiple considerando la temperatura de incubación como variable dependiente. Realizamos la regresión considerando todas las variables climáticas y se eliminaron las que su contribución al modelo no

era estadísticamente significativa ($p < 0.05$). Cabe mencionar que para el primer periodo no hubo precipitación, por lo que no se incluyó en el análisis.

5.6. Sexo estimado y éxito de eclosión

Una vez finalizado el periodo de incubación de cada especie (*L. olivacea* = 45-50 días y *D. coriacea* = 60 y 80 días) se obtuvo el porcentaje de eclosión de cada nido, con base en la siguiente fórmula (Miller, 2000 buscar cita manual naranja):

$$\%_{ecl} = \frac{H_{ecl}}{H_{inc}} \times 100$$

Donde:

$\%_{ecl}$ = porcentaje de eclosión.

H_{ecl} = número de cascarones vacíos y número de cascarones rotos con cría dentro.

H_{inc} = número de huevos incubados.

Finalmente, para determinar el sexo de las crías de golfinia, se obtuvo el promedio de la temperatura de incubación durante el PTS para cada nido y se infirió el sexo predominante considerando: 29.95 °C proporción 1:1, por arriba de 29.95 a 32.9 °C fue dominancia de hembras, por encima de 32.9 °C fue 100% hembras, por debajo de 29.95 °C es dominancia de machos y por debajo de 27.1 °C es 100% machos (Sandoval, 2012). En el periodo 3 se realizó una caracterización de los embriones que presentaron malformaciones e identificar su estado de desarrollo. El estado de desarrollo se clasificó de acuerdo con el Manual sobre técnicas de manejo y conservación de las tortugas marinas en playas de anidación de Centroamérica (Chacon et al., 2008), en nuestro caso agrupamos el estado 3 y 4 en una sola categoría porque no logramos diferenciar entre el 51 y 100% que ocupaba el embrión dentro de la cavidad amniótica del huevo.

Para determinar el sexo en los nidos de laúd se utilizó la temperatura promedio durante el PTS de cada nido y se infirió considerando temperaturas por debajo de 29°C, produciendo 100% de machos y por arriba de 30°C resultaron 100% hembras y la temperatura pivote en 29.2 - 29.4°C (Chan y Liew, 1995; Binckley et al., 1998; Santidrián-Tomillo et al., 2014).

Comentado [MZ21]: Igual que las observaciones con la otra especie

Comentado [GAGD22]: ES DECIR TODO ERA CERO????

Comentado [M23R22]: si

Comentado [MZ24R22]: Coincido en que es raro...

Comentado [M25R22]: Es que es temporada de laúd este primer periodo es de noviembre 2020 a febrero 2021, les puedo enseñar los datos de la base de la estación si quieren hehehe

Comentado [MZ26]: A qué llamas dominancia? Más de 50%? aclarar

Comentado [M27R26]: Si porque 50% es proporción 1:1 y mi logica es que con el dato que puse respecto al 100% de hembras se entiende que dominancia es por encima del 50%, igual ya especifique la temperatura pivote para que tenga más lógica pero si se debe especificar lo hago

Comentado [GAGD28]: Esto es solo de golfinia no?

Comentado [M29R28]: Si pero ya agregue laúd abajo, es un estimado de acuerdo a los registros que se tienen porque no hay registros tan exactos como golfinia y menos para México

Comentado [MZ30R28]: Entonces aclara que eso es para golfinia

Comentado [MZ31]: Supongo que es por lo que comentas de que hay menos información para esta especie, pero me parece que está mejor redactado, yo cambiaría lo de la otra especie para que se lea igual

Comentado [M32R31]: Es que en golfinia mencionamos la dominancia, como lo hablamos en el comentario de arriba es por encima del 50% y es importante mencionarlo creo yo, quizá es redactar lo de golfinia de otra manera para suene más sencillo?

6. RESULTADOS

6.1. Características de las hembras y atributos de la nidada de *L. olivacea*

En el año 2020 se evaluaron las características morfométricas de 29 hembras anidantes de las cuales 12 corresponden al primer periodo y 17 al segundo. Para 2021 se evaluó un total de 95 hembras anidantes, 51 pertenecen al primer periodo y 44 al segundo. No se encontraron diferencias significativas ($W=1108.5$; $p=0.24$) en el LCC entre las hembras de 2020 (64.18 ± 3.37 cm) y 2021 (63.54 ± 3.16 cm), ni para el LRC, tampoco se encontraron diferencias significativas ($t=0.91$; $p=0.36$) entre 2020 (65.53 ± 3.56 cm) y 2021 (64.93 ± 2.93 cm). Por otro lado, las hembras anidantes de 2020 fueron menos anchas (57.13 ± 4.96 cm) que las de 2021 (60.84 ± 5.76 cm, $W=2000$; $p=0.0002$, cuadro 5).

Cuadro 5. Comparación de medidas de las hembras anidantes de *L. olivacea* entre periodos y años. Los valores en rojo indican diferencias significativas en las comparaciones.

Medida	Periodo	2020 (cm)	2021 (cm)	
LCC	1	64.7±3.58	63.32±3.57	$t=1.19$; $p=0.23$
	2	63.82±3.89	63.8±2.63	$W=321.0$; $p=0.39$
LRC	1	65.4±3.16	64.83±3.19	$t=0.61$; $p=0.54$ $t=-0.72$; $p=0.47$
	2	65.62±3.91	65.04±2.63	$W=0.55$; $p=0.58$ $W=278.5$; $p=0.12$
Ancho	1	56.76±6.99	59.61±5.9	$t=-0.16$; $p=0.87$ $t=-0.33$; $p=0.73$
	2	57.39±3.05	62.28±5.22	$W=395.5$; $p=0.11$ $W=622.5$; $p=0.00006$
		$t=-0.32$; $p=0.74$	$W=1446.5$; $p=0.01$	

Respecto a la correlación entre las características de las hembras y los atributos de las nidadas, en el año 2020 únicamente en el periodo 1 se mostró una correlación negativa estadísticamente significativa entre el par LRC-Proft y en el año 2021 el número de huevos es el atributo que mostró correlación positiva estadísticamente significativa con las características de las hembras (Cuadro 6).

Comentado [MZ33]: Veo que los datos en rojo indican diferencias significativas, debes ponerlo en la leyenda del cuadro... lo que no entiendo es porque aquí hay dos resultados significativos, en el texto solo mencionas uno y no corresponden los valores de la prueba con ninguno de estos dos, revisa

Comentado [M34R33]: Lo que pasa es que en el texto comparo por temporadas y aquí por periodos entre años y en el mismo año.

Comentado [MZ35]: Positiva? aclarar

Cuadro 6. Correlación entre medidas de las hembras y huevos de *L. olivacea*. LCC= Largo Curvo del Capparazón, LRC= Largo Recto del Caparazón, AN= Ancho y H= Huevos. rs= correlación de Spearman y r= correlación de Pearson.

Año	Periodo	Pares	Prueba
2020	1	LRC-Proft	r= -0.67; p=0.0232
2021	1	LCC-H	rs=0.35; p=0.0207
		LRC-H	rs=0.39; p=0.0095
		AN-H	rs=0.38; p=0.0114
	2	LCC-H	r=0.54; p=0.0018
		LRC-H	r=0.45; p=0.0116
		AN-H	rs=0.62; p=0.0002

En total se evaluaron las características de 324 nidos silvestres. En el año 2020 se evaluaron 119 nidos silvestres, analizando 38 en el periodo 1 y 81 en el periodo 2. En el año 2021 evaluamos 204 nidos silvestres, de los cuales 107 fueron incubados en el primer periodo y 97 en el segundo periodo. Se encontró una diferencia significativa entre periodos en las profundidades de los nidos, los nidos del periodo 1 en ambos años fueron menos profundos en comparación a los del periodo 2, pero al comparar entre años en ambos periodos no se encontraron diferencias significativas (Cuadro 7).

Cuadro 7. Comparación entre la profundidad al primer huevo y la profundidad total en nidos de *L. olivacea*. PPH= Profundidad al Primer Huevo y PT= Profundidad Total.

		2020	2021	
PPH (cm)	Periodo 1	28.32±5.10	30.04±6.44	t = -1.48; p = 0.13
	Periodo 2	33.45± 5.88	32.30±6.05	t = 1.27; p= 0.20
		t = -4.61; p = 0.0001	t = -2.56; p = 0.01	
PT (cm)	Periodo 1	42.14±3.92	43.75±5.41	t = -1.68; p= 0.09
	Periodo 2	47.06±5.85	45.71±5.33	t = 1.60; p= 0.11
		W=2372.5; p<0.01	t = -2.59; p = 0.010	

En el periodo 1 del año 2020 no obtuvimos información del número de huevos, para el segundo periodo del mismo año obtuvimos esta información de 85 nidos. Para 2021 obtuvimos información de oviposición de 108 nidos del primer periodo y 101 nidos del segundo periodo, por lo que realizamos la comparación del periodo 2 en diferentes años (2020 y 2021) y entre periodos del mismo año (2021). No identificamos diferencias significativas ($W = 4315.5; p = 0.95$) en el número de huevos que oviponen las hembras que anidan en los meses octubre-diciembre del año

Comentado [MZ36]: Por?

Comentado [MZ37]: Creo que todo esto está de más, porque se puede ver en el cuadro

Comentado [M38R37]: Pero no hay un cuadro referente a la información de los huevos

2020 (91.05±21.30 huevos/nido) y 2021 (90.0±20.83 huevos/nido), tampoco obtuvimos diferencias significativas ($W = 5346.5$; $p = 0.80$) en el número de huevos del primer periodo (90.94±21.49 huevos/nido) y el segundo (90.0±20.83 huevos/nido) del año 2021.

6.2. Temperaturas de incubación de *L. olivacea* y su relación con variables climáticas

La temperatura de la arena y los factores considerados (posición en la cámara de incubación a la cual se obtiene la temperatura de incubación, meses o periodos de incubación de los huevos y la obtención de la temperatura de incubación en el día o la noche) tienen un efecto estadísticamente significativo sobre la temperatura de incubación (Cuadro 8). En el periodo 1 observamos que las lecturas en la posición arriba presentaron mayor variación (25.02-38.82 °C) y con una temperatura promedio de 33.60±2.09 °C, en la posición mitad la temperatura de incubación osciló de 26.39 a 37.16 °C con temperatura promedio de 33.76±1.74 °C, en la posición abajo hubo menor variación de la temperatura (27.66-36.67 °C) y la temperatura promedio de 33.47±1.58 °C (Figura 7; la gráfica de colores es de la temp uno y se observa lo mencionado). Para el periodo 2, la temperatura de incubación en la posición arriba es de 22.38 a 36.56 °C, con una temperatura promedio de 33.61±1.51 °C, en la posición mitad hubo mayor variación (22.28-36.40°C) con una temperatura promedio de 33.48±1.45 °C y en la posición fondo la temperatura se mantuvo con menor variación (31.47-35.43 °C) con una temperatura promedio de 33.60±0.99 °C (Figura 8). Durante el periodo 3, la mayor variación se registró en la posición arriba (26.68-37.38 °C) con la menor temperatura de incubación (33.90±2.16 °C) con respecto a la posición fondo (34.11±2.06 °C), aunque esta presentó menor variación (27.17-37 °C). Finalmente, en el periodo 4, la posición mitad registró menor variación (24.06-35.11 °C) y la mayor temperatura de incubación (32.29±2.3 °C), la posición arriba registró una variación mayor (23.77-38.49 °C) y una temperatura promedio de 31.70±2.39 °C, y la menor temperatura de incubación (31.53±2.44 °C) se registró en la posición fondo con una variación de 13.41 °C (23.96-37.38 °C).

Cuadro 8. Influencia de las variables climáticas, posición y ritmo circadiano sobre la temperatura de incubación en *L. olivacea*.

Nivel	Casos	Media °C
Covariable		

Comentado [MZ39]: También me parece innecesario haber probado esto, era predecible...

Comentado [MZ40]: ¿?

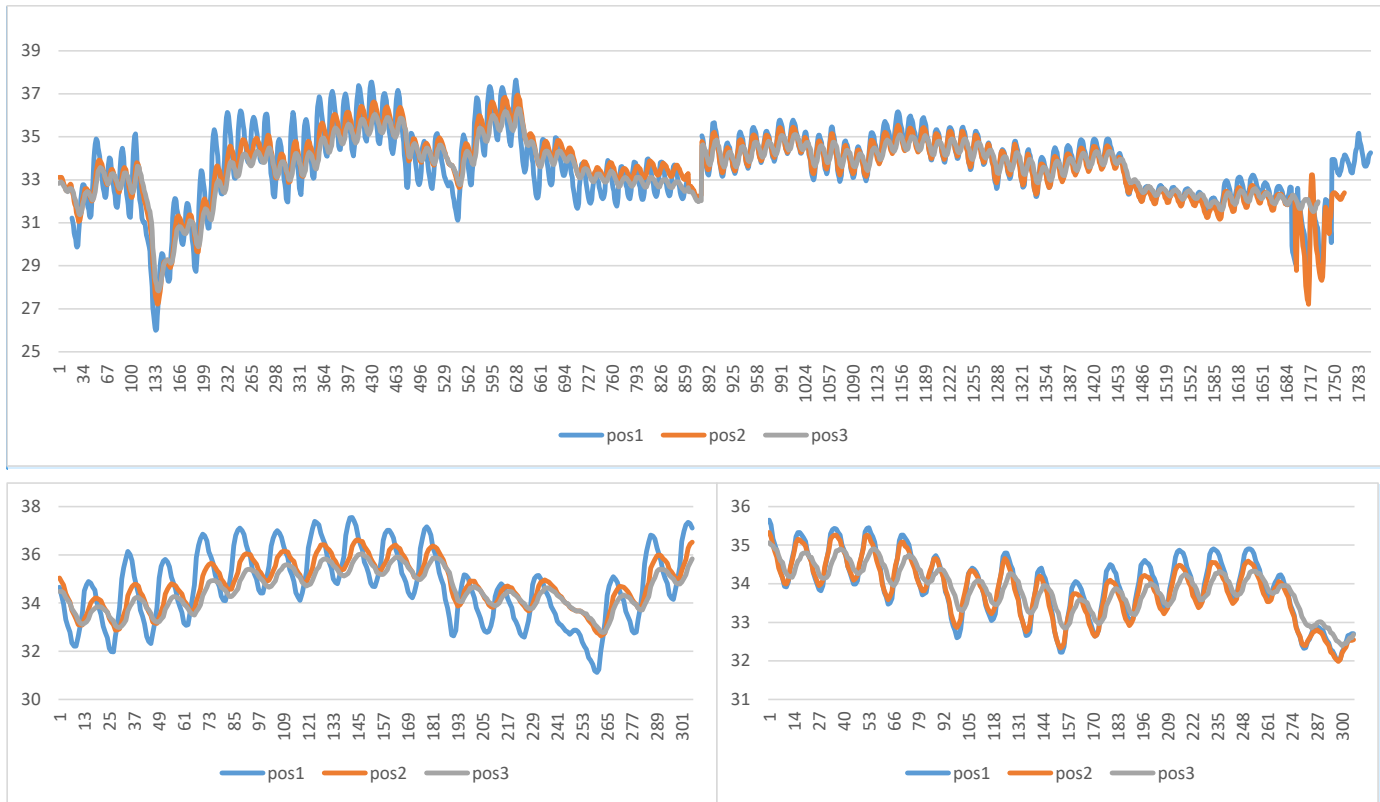
Comentado [M41R40]: Es una nota personal que hay que referenciar a las graficas oficiales que pongamos

Comentado [MZ42]: No se trata de los nidos, sino del número de mediciones cierto? Creo que sería bueno que eso quede claro

Comentado [M43R42]: Le pongo número de lecturas?

Temperatura de la arena (°C)		F=510.78; gl= 1; p<0.01
Factores		
Posición		F=15.37; gl=2; p<0.01
Arriba	9402	33.36±2.16
Mitad	5940	33.44±1.80
Fondo	8028	33.20±2.07
Periodo		F= 1200.16; gl= 3; p<0.01
1	7722	33.61±1.81
2	6822	33.56±1.38
3	4536	33.99±2.12
4	4290	31.74±2.43
Ritmo circadiano		F=954.38; gl= 1; p<0.01
Noche	11944	33.58±2.12
Día	11426	33.06±1.93

Considerando las temperaturas durante el PTS del periodo 1 (figura x [gráfica de temps por PTS](#)), la posición arriba presentó mayor variación con 8.86 °C (29.85-38.71 °C), la posición mitad tuvo una variación de 5.07 °C (32.08-37.16 °C) y en la posición fondo se registró menor variación de 4.28 °C (32.39-36.67 °C). En el periodo 2, las temperaturas durante el PTS en la posición arriba la variación fue de 4.19 °C (31.11-37.97 °C), en la posición mitad registramos mayor variación con 5.13 °C (31.26-36.40 °C) y en la posición fondo la variación fue menor con 2.73 °C (32.70-35.43 °C). Durante el periodo 3, la posición arriba tuvo mayor variación (28.75-36.62), seguida de la posición fondo (29.60-36.72 °C). En el periodo 4 se registró una variación mayor en la posición arriba (27.76-32.91 °C), seguida de la posición fondo (28.55-32.18 °C) y la de menos variación en este periodo fue la posición mitad (30.25-33.22 °C).



Comentado [M45]: Estas gráficas las hara Gio mejores

Figura 9.

Comentado [M244]: ¿????

Las variables climáticas (temperatura del aire, humedad, precipitación y radiación solar) influyen significativamente en la temperatura de incubación de *L. olivacea*, también identificamos que al obtener o registrar la temperatura de incubación a menor profundidad la relación con las variables climáticas será mayor (Cuadro 9), estas variables (o las combinaciones entre ellas) serán diferentes dependiendo de los meses en los que se evalúa la temperatura de incubación. Cabe resaltar que durante el periodo 3 se registró un par de huracanes durante agosto y septiembre, lo que provocó inundación del campamento tortuguero y la pérdida de 500 nidos.

Comentado [M46]: En discusión específico más lo sucedido

Cuadro 9. Relación de las variables climáticas en la temperatura de incubación de *L. olivacea* A) temperatura del aire, B) humedad, C) precipitación y D) radiación solar.

	Periodo 1			Periodo 2			Periodo 3		Periodo 4		
	Arriba	Mitad	Fondo	Arriba	Mitad	Fondo	Arriba	Fondo	Arriba	Mitad	Fondo
modelo	ABCD	ABCD	ABCD	ABCD	ABD	ABD	D	A	AB	ABCD	ABC
r²	34.01	22.70	20.5	28.13	26.94	25.53	4.09	2.12	1.03	12.49	12.56
r² ajustada	33.7	22.34	20.14	27.82	26.69	25.27	3.82	1.85	0.83	12.06	12.3
Análisis del modelo	F=108.40 gl= 4,841 p<0.01	F=64.39 gl= 4, 877 p<0.01	F=56.56 gl= 4,877 p<0.01	F=89.37 gl=4,913 p<0.01	F=107.97 gl= 3,878 p<0.01	F=96.26 gl= 3,842 p<0.01	F= 15.65 gl=1,367 p<0.01	F=7.95 gl=1,367 p<0.01	F=5.07 gl=2,967 p<0.01	F= 29.30 gl= 4, 821 p<0.01	F= 47.99 gl= 3,1002 p<0.01
Constante	-23.44	-7.79	-3.95	11.06	8.53	15.6	34.99	38	0.74	58.16	58.92
A	1.18	0.76	0.64	0.45	0.50	0.29	-	-0.08	0.51	-0.31	-0.39
B	0.26	0.23	0.22	0.11	0.12	0.11	-	-	0.15	-0.2	-0.2
C	-0.61	-0.64	-0.55	2.14	-	-	-	-	-	-1.15	-0.96
D	-0.003	-0.001	-0.0005	-0.001	-0.001	-0.0004	-0.001	-	-	-0.002	-

6.3. Temperaturas de incubación de *D. coriacea* y su relación con variables climáticas

De manera general, durante la temporada 1 la posición fondo presentó una mayor variación (22.23-43.48 °C) con respecto a la posición arriba (29.15-32.70 °C). En el periodo 2 la posición arriba presentó una variación de 1.91 °C (29.52-31.16 °C), la mayor variación se registró en la posición mitad con 2.51 °C (28.75-31.26 °C) y la posición fondo tuvo menor variación (29.15-30.96 °C). Durante el PTS, en el periodo 1 la posición arriba presentó menor variación con 2.42 °C (29.15-31.57 °C) y la posición fondo presentó la mayor variación con 2.62 °C (29.25-31.88 °C), durante la temporada 2 la posición mitad registró la variación más alta con 2.20 °C (28.75-30.96 °C) seguida de la posición arriba (29.25-31.16 °C) y finalmente la posición fondo registró menos variación con 1.50 °C (29.15-30.65 °C). Las temperaturas de incubación (Cuadro 10) entre nidos mostraron diferencias significativas ($H= 9455.24$; $p=0$) con temperaturas de entre 27.51 a 31.37 °C. Los nidos con menor temperatura de incubación corresponden a aquellos que se incubaron durante los meses enero a abril

Cuadro 10. Comportamiento de las temperaturas de incubación de *D. coriacea* entre nidos.

Fecha de incubación	Posición	Profundidad (cm)	No. Huevos	Temperatura de incubación
Noviembre 2020 a febrero 2021	1	42	55	31.24±0.74
		48	48	31.20±1.33
		43	43	31.04±0.81
	3	62	62	31.22±1.10
		62	66	30.71±0.87
		70	70	31.13±0.71
Diciembre 2021 a febrero 2022	1	67	66	31.37±0.70
		66	64	31.17±1.11
	2	57	58	30.07±0.62
		58	80	29.91±0.56
Enero a abril 2022	3	74	67	29.95±0.69
		SD	SD	27.51±0.39

Analizando la temperatura de los nidos correspondiente a los meses diciembre 2021 a abril 2022, las covariables (excepto radiación solar) y los factores (excepto ritmo circadiano) tienen un efecto estadísticamente significativo sobre la temperatura de incubación (Cuadro 11), pero la interacción

entre factores no fue estadísticamente significativo, es decir, para tortuga laúd existen diferencias significativas al obtener la temperatura de incubación a diferentes profundidades dentro de la cámara de incubación y esta es afectada por la temperatura del aire, humedad relativa y precipitación.

Las variables climáticas (temperatura del aire, humedad, radiación solar) influyen significativamente en la temperatura de incubación de *D. coriacea* excepto la precipitación. Durante la temporada 1 solo la radiación solar tuvo influencia sobre la temperatura de incubación registrada al fondo del nido. En la temporada 2 en las tres posiciones evaluadas solamente influyó la temperatura del aire y humedad (Cuadro 12).

Cuadro 11. Influencia de las variables climáticas, posición y ritmo circadiano sobre la temperatura de incubación en *D. coriacea*.

Nivel	Casos	Media °C
Covariable		
Temperatura del aire (°C)	F=374.14; gl=1; p<0.01	
Humedad	F=570; gl=1; p<0.01	
Precipitación	F=3.92; gl=1; p=0.04	
Radiación	F=0.01; gl= 1; p=0.91	
Factores		
Ritmo circadiano	F=0.80; gl= 1; p=0.37	
Noche	2160	29.99±0.65
Día	1798	29.96±0.62
Posición	F=25.56; gl=2; p<0.01	
Arriba	1439	30.07±0.62
Mitad	1439	29.95±0.01
Fondo	1080	29.91±0.56
Interacción entre factores		
Ritmo circadiano por posición	F=2.49; gl=2; p= 0.08	
Noche por arriba	780	30.10±0.64
Noche por mitad	780	29.96±0.70
Noche por fondo	600	29.89±0.56
Día por arriba	660	30.04±0.60
Día por mitad	660	29.93±0.67
Día por fondo	480	29.92±0.57

Comentado [M47]: ACOMODAR EL CUADRO PARA QUE ENCAJE CON SU DESCRIPCIÓN

Cuadro 12. Relación de las variables climáticas con la temperatura de incubación de *D. coriacea* A) temperatura del aire, B) humedad, C) precipitación y D) radiación solar.

	Temporada 1		Temporada 2		
	Arriba	Fondo	Arriba	Mitad	Fondo
modelo	ABD	D	AB	AB	AB
r²	8.11	2.31	16.84	13.56	15.67
r² ajustada	7.79	2.21	16.72	13.44	15.51
Análisis del modelo	F=26.01; gl=3,884; p<0.01	F=23.12; gl=1,976; p<0.01	F= 145.42; gl= 2,1436; p<0.01	F= 112.71; gl= 2,1436; p<0.01	F=100.06; gl=2,1077; p<0.01
Constante	26.21	30.81	22.8	22.72	23.42
A	0.85	-	0.11	0.12	0.11
B	0.03	-	0.04	0.04	0.04
C	-	-	-	-	-
D	-0.0005	0.0009	-	-	-

6.4. Sexo estimado y éxito de eclosión

6.4.1. *Lepidochelys olivacea*

Se analizaron 32 nidos durante 2020 y 2021. En el periodo 1 hubo eclosiones en el 53.12% de los nidos evaluados (Cuadro 13). El 15% de los nidos tuvieron temperaturas con dominancia a hembras y el 85% tuvieron temperaturas temperaturas por arriba de la feminizante. Durante el periodo 3 obtuvimos éxitos de eclosión de 0 a 8.05% y además se obtuvieron tortugas con malformaciones (Cuadro 14), tanto en los nidos evaluados como en el resto de los nidos inundados por los huracanes OLAF y NORA.

Cuadro 13. Éxito de eclosión y temperaturas de incubación de *L. olivacea*.

Periodo	Posición	Nido	T° incubación (°C)	T° PTS (°C)	Éxito de eclosión (%)
1	1	132	33.61±1.86	34.63±1.35	59.72
		134	33.50±2.39	34.58±2.13	44.19
		102	33.7±1.96	35.10±1.27	0
	2	130	33.85±1.66	34.67±0.86	72.62
		131	33.58±1.74	34.58±1.07	71.43
		101	33.84±1.80	35.28±1.04	0
	3	129	33.26±1.41	34.02±0.70	100.00
		100	33.49±1.64	35.05±0.83	0
		103	33.65±1.64	35.21±0.81	0
2	1	1005	33.49±1.34	34.08±0.90	54.55
		1009	33.94±0.96	34.08±0.71	61.36
		1010	33.36±2.01	34.11±0.80	0
	2	1006	33.41±1.80	34.11±0.69	0
		1007	33.55±1.48	34.17±1.17	53.85
		1001	33.49±0.97	33.95±0.49	13.68
	3	1003	33.69±1.06	34.17±0.60	97.14
		1004	33.51±0.90	33.99±0.51	0
		1008	x	X	38.24
3	1	355	34.01±2.25	33.45±1.86	0

Comentado [M48]: En discusión poner con base en que temperaturas se estimó el sexo

Comentado [MZ49]: Es decir, que fueron 100% hembras? O murieron?

Comentado [M50R49]: 100% hembras

Comentado [MZ51]: Cuánto es bajo?

Comentado [MZ52]: Y lo de la temperatura del pts y la estimación del radio sexual durante este periodo? Eso es lo que tendrías que reportar principalmente

Comentado [MZ53]: Si calculaste esto por posición creo que deberías reportar el número de huevos por posición también, para saber ese % con respecto a que

Comentado [M54R53]: Mmm, este es el número total de huevos en el nido, quizá para que no se entienda diferente deba quitar la posición de la tabla

		356	x		X		0
		357	33.67±2.11		33.93±1.98		0
		361	34.07±2.12		33.52±1.65		0
3		354	x		X		0
		358	34.23±2.08		34.32±1.76		8.05
		360	33.99±2.09		34.25±1.82		0
		361	34.07±2.12		33.52±1.65		0
4	1	1347	31.76±2.47		31.63±0.62		89.47
		1360	31.65±2.33		30.97±1.01		87.18
	2	1346	32.29±2.39		31.94±0.64		90.53
		1362	x		X		89.69
	3	1345	31.66±2.30		31.44±0.40		71.13
		1361	31.42±2.55		30.99±0.90		51.28

Cuadro 14. Tortugas con malformaciones (con respecto a los huevos con algún grado de desarrollo) y estadio desarrollo de *L. olivacea* durante el periodo 3. E1= estadio 1, E2= estadio 2, E3 – 4= estadio entre 3 y 4, *= tortugas que presentaron malformaciones.

Huevos incubados	Huevos con desarrollo	Estadio de desarrollo			Éxito de eclosión (%)	Tortugas con malformaciones (%)
		E1	E2	E3 - 4		
91	32	8*	0	24*	0	75
85	24	11	0	13*	0	50
101	16	5	0	11	0	68.75
73	0	0	0	0	0	0
149	18	0	0	18*	8.05	94.44
53	12	5	6*	1*	0	58.33
32	11	0	1	10*	0	81.81
584	113	29	7	77	2.05	70.79

6.4.2. *Dermochelys coriacea*

Durante las temporadas de anidación 2020-2021 y 2021-2022 se analizaron 12 nidos, todos tuvieron un éxito de eclosión mayor al 50% (Cuadro 15). El 58.33% de los nidos tuvo temperaturas durante el PTS correspondientes a 100% hembras, el 25% tuvieron temperaturas de incubación

cercanas a la temperatura pivote, 8.33% tuvieron una temperatura 100% masculinizante y el 8.33% tuvo una temperatura dominante a hembras.

Comentado [M55]: En discusión poner con base en que temperaturas se estimó el sexo

Cuadro 15. Éxito de eclosión y temperaturas de incubación de *D. coriacea*.

Temporada	Nido	T° incubación (°C)	T° PTS (°C)	Sexo	Éxito de eclosión (%)
1	7	31.04±0.81	30.25±0.53	Dominancia a hembras	96.36
	10	31.13±0.71	30.43±0.58	100% hembras	79.17
	23	30.71±0.87	30.37±0.59	100% hembras	76.74
	6	31.09±1.53	30.58±0.43	100% hembras	80.65
	8	31.37±0.70	30.60±0.45	100% hembras	81.82
	22	31.22±1.10	30.65±0.63	100% hembras	80.00
	24	31.20±1.33	30.50±0.80	100% hembras	75.76
	26	31.17±1.11	30.69±0.71	100% hembras	78.13
2	27	30.07±0.62	29.88±0.62	1:1	68.97
	28	29.95±0.69	29.52±0.73	1:1	50.00
	29	29.91±0.56	29.70±0.54	1:1	67.16
	72	27.51±0.39	28.01±0.25	100% machos	78.95

7. DISCUSIÓN

7.1. Características de las hembras y atributos de la nidada de *L. olivacea*.

Los manuales sobre técnicas de manejo y conservación de tortugas marinas en México y Centroamérica sugieren que la profundidad total de un nido del Género *Lepidochelys* debe ser de 40-45 cm (Márquez et al., 1990; Kutzari, 2006; Chacón et al., 2008) , por otro lado, en el Manual de Técnicas de Investigación y Manejo para la Conservación de las Tortugas Marinas (Mortiner, 2000) se sugiere construir los nidos en el corral de incubación con base en la profundidad de los nidos silvestres, nuestros resultados concuerdan con lo anterior, pero además hacemos evidente una variación entre los periodos evaluados, es decir, la profundidad al primer huevo y profundidad total son diferentes dependiendo del periodo en el que se recolectan los nidos: a) en verano la profundidad total es menor a 45 cm y la profundidad al primer huevo es menor a 30 cm y b) en otoño la profundidad total es mayor a 45 cm y la profundidad al primer huevo es mayor a 30 cm. Por lo tanto, sugerimos considerar las profundidades de nidos silvestres en cada playa y temporada, para que los nidos en los corrales de incubación sean construidos con estas características. También, se conoce que la profundidad del nido está asociado al tamaño de la hembra (Eckert et al., 2015) y considerando el LCC reportado en Colombia (64.9 ± 2.4 cm; Barrientos-Muñoz et al., 2014), Costa Rica (66.1 ± 2.96 cm; James y Melero, 2015), Nayarit, México (65.5 cm; Hart et al., 2014), Baja California Sur, México (67.85 ± 2.97 y 67.18 ± 3.21 cm; Colin, 2015) y Sinaloa, México (63.40 ± 5.95 cm; Vejar, 2016), nuestros resultados están dentro del intervalo de talla para hembras anidantes de *L. olivacea*, por lo que sugerimos que las profundidades del nido deben ser consideradas no solo en México, sino en otros países donde la especie llega a anidar.

Así mismo, el mayor esfuerzo en los campamentos tortugueros se concentra en el rescate de nidos, que incluye necesariamente el conteo de huevos para estimar el éxito del campamento después de la anidación, en nuestra zona de estudio el número de huevos por nido está relacionado con el tamaño del caparazón de la hembra, lo que coincide con lo reportado para esta misma especie en Colombia y en Baja California Sur, México (Barrientos-Muñoz et al., 2014; Colin, 2015), por el contrario, en un estudio realizado en Nayarit, México no encontraron una relación significativa (Hart et al., 2014). Nuestros resultados pueden servir de base para poder estimar algunas medidas morfométricas de las hembras anidantes a partir del número de huevos rescatados.

6.1. Temperaturas de incubación de *L. olivacea* y su relación con variables climáticas

La temperatura de incubación promedio para los nidos incubados en el corral de San Luis de la Loma, Guerrero osciló entre 22.28 y 38.82 °C, y en un campamento cercano a nuestra zona de estudio, al sur del municipio de Tecpan de Galeana, Guerrero, en las temporadas 2009 y 2010 se reportó una mínima de 28 °C y una máxima de 36 °C (Sandoval, 2012), sugerimos que estas diferencias se deben a las variaciones climáticas y a la profundidad a la que se obtuvo la temperatura de incubación, como hemos demostrado anteriormente. La temperatura ambiental influye en la temperatura de incubación de los nidos en tortugas marinas por lo que es necesario continuar con un monitoreo de las temperaturas de incubación a mediano y largo plazo pues la diferencia en la variación de las temperaturas mínimas y máximas en 10 años es preocupante, Sandoval (2012) menciona una diferencia de 8°C y nuestros resultados indican 16.54°C. Revisando la información disponible en CONAGUA (2022), la temperatura ambiental promedio en la temporada de anidación (julio-diciembre) en Guerrero durante los años 2000-2021 presenta una tendencia a incrementar en los últimos 20 años (figura x), y durante las temporadas de anidación evaluadas por Sandoval (2012) la temperatura ambiental más alta (25.33 °C) coincide con la temperatura más baja en nuestro estudio, es decir, las temperaturas ambientales en Guerrero durante los meses de anidación que evaluamos en el presente estudio son más altas (figura x). También identificamos que la precipitación en Guerrero durante la temporada de anidación (julio-diciembre) tiene una relación con el incremento o disminución de la temperatura ambiental, a mayor precipitación, menor temperatura (figura x). Se ha mencionado que el año 2020 ha sido el más caluroso registrado en el país, rebasando los 1.6 °C de aumento y se pronostica un incremento de 1.5 °C a comienzos del 2030 (López-Suárez, 2022).

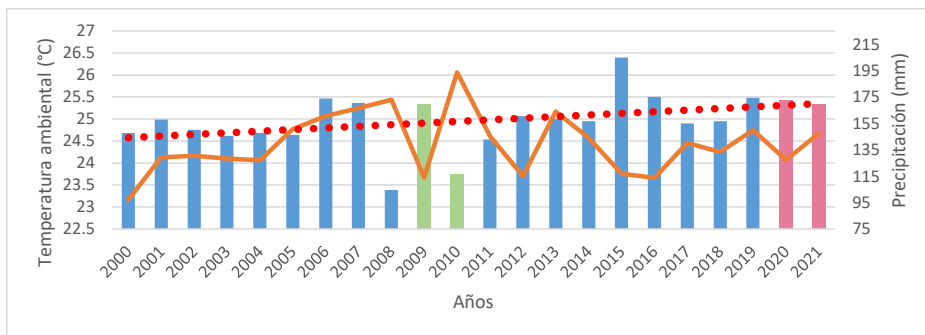


Figura x. Variación de la temperatura ambiental y precipitación en Guerrero de 2000 a 2021. Barras en verde corresponden a las temporadas evaluadas por Sandoval (2012), barras magentas

corresponden a las temporadas del presente estudio. Línea punteada corresponde a la tendencia observada en la temperatura ambiental.

Por otro lado, al evaluar las temperaturas de incubación debe considerarse la posición del termómetro dentro de la cámara de incubación, los meses en los que se incuban los huevos y si la información de temperatura se obtiene de día o noche (cuando no se tenga la posibilidad de registradores de datos automáticos), ya que son factores que influyen significativamente en la temperatura de incubación. También, identificamos que la temperatura de la arena y las variables climáticas influyen en la temperatura de incubación, dependiendo del periodo (meses de incubación) y la posición dentro del nido a la que se evalúa la temperatura. Lo anterior, coincide con lo reportado para otros grupos taxonómicos ovíparos (Charruau, 2012; González-Desales et al., 2016), además se ha demostrado en nidos de tortugas marinas que la energía del sol (radiación solar) captada por la arena (temperatura de la arena) es difundida hacia el nido y se ve reflejada en la temperatura del nido 8 horas después a una profundidad de 30 cm (Sandoval, 2008).

Lamont et al. (2020), en nidos de *Caretta caretta* al Noroeste de Florida, no encontró diferencias significativas en la temperatura de incubación registrada a la mitad de los huevos y por encima de ellos, pero ambas posiciones tuvieron diferencias significativas con la temperatura de incubación registrada al fondo del nido (temperatura más baja), en nuestros resultados para nidos de tortuga golfina y tortuga laúd si encontramos diferencias significativas en la temperatura de incubación entre las tres posiciones. La temperatura promedio de incubación a la mitad de los huevos fue mayor a la registrada sobre los huevos y debajo de estos, probablemente se debe al calor metabólico (desarrollo embrionario), este incrementa la temperatura de incubación hasta 1.64 °C en el último tercio del periodo de incubación (Zbinden et al., 2006; Wood et al. 2014).

Como hemos mencionado anteriormente, las variables climáticas tienen una influencia significativa sobre la temperatura de incubación, identificamos que, independientemente de la posición a la que se evalúa la temperatura de incubación, la humedad relativa, la radiación solar y la temperatura del aire, están más relacionadas con el incremento o disminución de la temperatura de incubación. En Australia, la temperatura del aire y de la arena estuvieron correlacionadas significativamente con la temperatura de incubación de *C. caretta*, *C. mydas*, *E. imbricata*, *Natator depressus* y *L. olivacea* (Chu et al., 2008; Fuentes et al., 2009). Durante agosto a octubre de 2021 el número de registros de las variables climáticas analizados fue menor debido a una falla en la

Comentado [MZ56]: Comenzaré a revisar desde aquí en este documento

estación meteorológica de Ixtapa Zihuatanejo, la ausencia de datos en nuestro análisis es desde el 20 de agosto al 22 de septiembre de 2021, fechas que coinciden con la presencia de los huracanes Nora (25-30 de agosto de 2021) y Olaf (7-11 de septiembre de 2021; Figura 10) que afectaron la zona de estudio, inundando el corral de incubación.

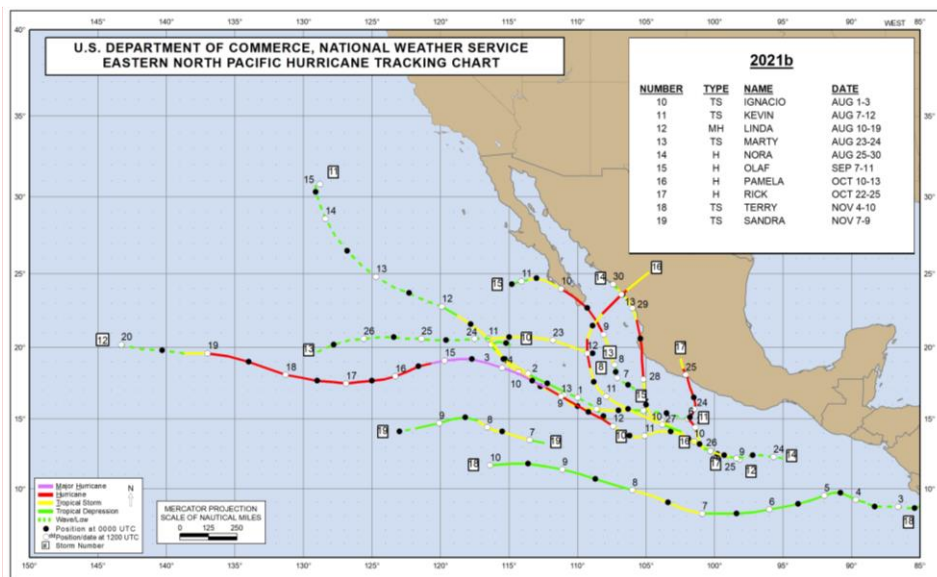


Figura 10. Trayectoria de los huracanes Nora y Olaf en el Pacífico Mexicano. Tomado de National Hurricane Center (<https://www.nhc.noaa.gov>)

Comentado [MZ57]: Esta imagen no es necesaria



Figura 11. Corral de incubación de Barreros de San Luis destruido por el paso de los huracanes Nora y Olaf en 2021.

El paso de estos huracanes causó daños en 500 de los primeros nidos de *L. olivacea* de la temporada 2021 (Figura 11), en 8 de ellos la temperatura promedio de incubación fue de 33.99 ± 2.12 °C, estando dentro del intervalo de temperaturas de sobrevivencia de los embriones (25-35 °C; McCoy et al., 1983; Standora y Spotilia, 1985; Márquez, 1990; Mrosovsky y Pieau, 1991; Ackerman, 1997), no obstante, se tuvo 2.05% de eclosión, 0% de emergencia y 70.79% de tortugas con malformaciones con respecto a las tortugas que presentaron desarrollo, sugerimos que se debe al exceso de humedad dentro del nido. En otras tortugas marinas se encontró una relación entre altas temperaturas de incubación y anomalías en el desarrollo embrionario (Zimm et al. 2017). Algunas malformaciones como la ciclopía se producen durante el estado 1 de desarrollo (Shiota y Yamada, 2010) y el leucismo en el último periodo (Barcenas-Ibara et al., 2015; Craven et al., 2019; Madeira et al., 2020).

Comentado [M58]: hacer la cuenta de cuantas tortugas formadas pero con malformaciones se tuvieron y poner el %

Comentado [MZ59]: Especies de?... Aunque no veo por que colocar esta cita aquí si en realidad no se relaciona con lo que estás argumentando sobre el exceso de humedad... o modifica la redacción para que se entienda que estás mencionando otras variables que pueden provocar malformaciones

Comentado [MZ60]: Y? los huracanes ocurrieron durante el primero, según entiendo? Encontraste ambos tipos de anomalías? O por qué mencionar esto? Debes relacionarlo con lo que tú encontraste, para que se justifique este enunciado

6.1. Temperaturas de incubación de *D. coriacea* y su relación con variables climáticas

La temperatura de incubación en nidos de laúd fue diferente entre los dos periodos de incubación, de noviembre 2020 a febrero 2021 se registraron temperaturas entre los 30 y 31 °C, sin embargo, durante octubre a noviembre de 2020 se registraron temperaturas de incubación entre 30 y 27 °C, la menor temperatura fue registrada en un nido incubado de enero a abril en 2022 (27.51 ± 0.39 °C), esto coincide con lo reportado en Oaxaca donde la temperatura de incubación entre 2014 y 2017 ha sido de 26.9 a 34.02 °C (De La Torre et al., 2017; García-Grajales et al., 2019). Es importante abarcar toda la temporada para conocer la dinámica de la temperatura de incubación a lo largo de la temporada de anidación.

Comentado [MZ61]: Esto no se entiende

En esta especie también se observó que las variables climáticas tienen influencia en la temperatura de incubación excepto la radiación solar, esto puede deberse a que la tortuga laúd cava nidos de entre 75 y 85 cm de profundidad (Kutzari, 2006). La temperatura del aire mostró un mayor efecto sobre la temperatura de incubación, esto coincide con el análisis de las variables climáticas sobre la temperatura de incubación en nidos de tortuga golfina en este mismo trabajo y lo reportado en Australia para otras especies (Chu et al., 2008; Fuentes et al., 2009). Por otro lado, el ritmo circadiano no tuvo efecto significativo en la temperatura de incubación, Santidrián-Tomillo et al. (2017) sugieren que las fluctuaciones durante el día disminuirán debido a la diferencia térmica entre el día y la noche, e impactarán positivamente en los nidos de tortuga laúd, no obstante, nosotros no encontramos una diferencia significativa entre la temperatura de incubación en el nido entre día y noche. La temperatura de incubación entre las posiciones en el nido si fue diferente significativamente, en la posición fondo se tuvo una temperatura más baja y estable (menor variación), por lo que entre más profundo sea el nido menor será la temperatura de incubación (Santidrián-Tomillo et al., 2017). La precipitación es la variable climática con mayor influencia en el éxito de emergencia, sin embargo, esto puede variar por sitios y puede beneficiar al desarrollo del huevo (Matsuzawa et al., 2002; Santidrián-Tomillo et al., 2017), así como la temperatura de incubación (Wyneken y Lolavar, 2015), a pesar de ello en nuestros resultados, la precipitación no mostró una relación significativa con la temperatura de incubación en ambos periodos, debido a que durante la temporada de laúd las lluvias son escasas.

Comentado [MZ62]: Redacción poco clara

Comentado [MZ63]: Igual que el comentario anterior

Comentado [MZ64]: Creo que entonces no tiene mucho sentido discutir sobre esto

6.1. Éxito de eclosión y sexo estimado

6.1.1. *Lepidochelys olivacea*

En el 2020 el 44.44 % de los nidos incubados tuvieron un éxito de eclosión menor al 50 %, en 2021 el 50% de los nidos incubados tuvieron 0% de éxito de eclosión y este porcentaje corresponde al periodo 3 donde como se mencionó anteriormente, el corral fue inundado por el impacto de huracanes. Los nidos que tuvieron 0% de eclosión en el 2020 estuvieron expuestos a temperaturas de incubación entre los 35 a 38 °C por 6 días consecutivos, desde finales del segundo tercio a principios del tercer tercio del periodo de incubación. Los nidos del 2021 con 0% de eclosión estuvieron expuestos a temperaturas de incubación entre los 35 a 37 °C, de 14 a 16 días consecutivos durante el último periodo de incubación. Se ha reportado que nidos con temperaturas altas además de producir hembras, tienen mayor mortalidad (Martins et al., 2020) además de que, si la temperatura de la arena incrementa por encima de la tolerancia térmica de los embriones, esto puede disminuir el éxito de eclosión (Ackerman, 1997; Laloë et al., 2017; Matsuzawa et al., 2002). Una prolongada exposición a temperaturas arriba del intervalo óptimo para el desarrollo embrionario aumenta la mortalidad embrionaria, sin embargo, la tolerancia térmica difiere entre especies y zonas de anidación (Sunday et al., 2011; Howard et al., 2014; Bladow y Milton, 2019). En Indonesia se ha reportado que nidos de *L. olivacea* expuestos a temperaturas de incubación arriba de 34 °C por 3 días consecutivos o más, disminuye el éxito de eclosión (Maulany et al., 2012). En Costa Rica el éxito de eclosión fue bajo cuando los nidos estuvieron expuestos entre 14 y 30 días a temperaturas arriba de 35 °C (Valverde et al., 2010).

Se ha sugerido que el aumento de temperatura debido al calentamiento global además de generar mayor proporción de hembras en los nidos de tortugas marinas, también provoca la disminución del éxito de eclosión (Valverde et al., 2010; Morales-Mérida et al., 2021). Los nidos evaluados en este estudio no abarcaron el último periodo de anidación (noviembre-enero) por lo que no conocemos la proporción sexual durante este periodo, futuros estudios deberían enfocarse en este periodo ya que es probable que se encuentren nidos con mayor porcentaje de sexo sesgado a machos y posiblemente un mayor éxito de eclosión, debido a que en estos meses la temperatura ambiental disminuye.

7.1.1. *Dermochelys coriacea*

Comentado [MZ65]: Sintetiza e integra esto porque suena repetitivo

Comentado [M66]: Buscar especialmente cual es la de golfina y laud

Comentado [MZ67]: Igual que el comentario anterior

Comentado [MZ68]: Corrige redacción, debe ser más concreta

Los nidos de tortuga *Laúd* que presentaron una temperatura de incubación promedio $>31\text{ }^{\circ}\text{C}$ y nidos con temperatura $< 28\text{ }^{\circ}\text{C}$ presentaron un porcentaje de eclosión superior a 75%, los nidos incubados entre 29 y 30 $^{\circ}\text{C}$ presentaron éxitos de eclosión menores a 69%. El éxito de eclosión puede variar dependiendo de la zona geográfica (Santidrián-Tomillo et al., 2015), en otras regiones del continente americano se han reportado éxitos de eclosión $<50\%$ (Caut et al., 2006; Patiño-Martinez et al., 2010) y particularmente en México, se han reportado éxitos entre 0-78% (Sarti et al., 2007) y de 35.9–86.5 % (García-Grajales et al., 2019). Durante el PTS, se registraron temperaturas feminizantes principalmente en los nidos incubados en los meses de noviembre 2020 a febrero 2021, pero en los nidos incubados de diciembre 2021 a febrero 2022 la temperatura promedio de incubación osciló en los 29 $^{\circ}\text{C}$ (temperatura pivote) dando una proporción sexual de 1:1. El nido incubado de enero a abril 2022 tuvo una temperatura promedio de 27.51 $^{\circ}\text{C}$, fue el único 100% masculinizante. De enero-abril 2022, hubo exposición a temperaturas fuera de la tolerancia térmica de los embriones (35 a 38 $^{\circ}\text{C}$), sin embargo, solo estuvieron un 3.11% del periodo de incubación a estas temperaturas. También estuvieron expuestos a temperaturas por debajo de la tolerancia térmica de los embriones con temperaturas de 24–20 $^{\circ}\text{C}$ durante el 40.33 % del periodo de incubación, pero sin ser días consecutivos. En Costa Rica, nidos incubados a una temperatura constante de 33 $^{\circ}\text{C}$ resultaron en 0% de éxito de eclosión, y con temperatura constante de 31 y 32 $^{\circ}\text{C}$ un éxito de eclosión de 45-54% (Binckley et al., 1998), por otra parte, con temperaturas altas (por arriba de 35 $^{\circ}\text{C}$) no se afectó el éxito de eclosión (Wallace et al., 2004). Se ha reportado que el éxito de eclosión disminuye cuando la temperatura de incubación es más fría, también que el menor éxito de eclosión se da en nidos incubados a $\sim 30^{\circ}\text{C}$ (Santidrián-Tomillo et al., 2017). En este estudio, los nidos incubados entre 29 y 30 $^{\circ}\text{C}$ además de teóricamente presentar una proporción 1:1 en el sexo, mostraron un éxito de eclosión entre 50 y 68%.

Comentado [MZ69]: No lleva mayúscula, no es un nombre propio

Comentado [MZ70]: Este es solo un ejemplo, pero graaaan parte de la discusión repite los resultados, eso no es correcto, ni necesario

Comentado [MZ71]: No se trata de describir y ya, sino de hacer referencio o comparar con tus resultados

Comentado [MZ72]: No puedes comparar porque ambos intervalos incluyen diciembre, enero y febrero

Comentado [MZ73]: Para esta especie encuentre malformaciones? Porque si no es así no veo la relevancia de reportar esto

Comentado [MZ74]: Esto no tiene sentido no? cómo puedes explicar que les afecte, 33 grados y no 35??? De nuevo estás solo describiendo sin que llegues a una conclusión y entonces no nos dice mucho

Comentado [MZ75]: O sea que qué??? Insisto, no se trata solo de describir tus resultados y los de otros estudios, sino de sacar conclusiones de las similitudes o diferencias... o explicarlas...

7. Referencias

1. Abreu-Grobois, A y Plotkin, P. (IUCN SSC Marine Turtle Specialist Group). 2008. *Lepidochelys olivacea*. The IUCN Red List of Threatened Species 2008: e.T11534A3292503.
<https://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2008.RLTS.T11534A3292503.en>. Accessed on 08 February 2022
2. Ackerman R. A. 1997. The nest environment and embryonic development of sea turtle. En: Lutz PL, Musick JA (eds) The biology of sea turtles. CRC Press, Boca Raton, FL, pp. 83–106.
3. Albavera, P. E. 2007. Memorias de la reunión nacional sobre conservación de tortugas marinas. Veracruz, México. (También disponible en línea: www.Conanp.gob.mx/pdf/memorias_reunión_2007.pdf).
4. Arzola-González, J.F. 2007. Humedad y temperatura en nidos naturales y artificiales de tortuga golfina *Lepidochelys olivacea* (Eschsholtz 1829). *Biología Marina y Oceanografía*. 42(3), pp. 377-383.
5. Barrientos-Muñoz, K.G., Ramírez-Gallego, C. y Páez, V. (2014). Nesting ecology of the olive ridley sea turtle (*Lepidochelys olivacea*) (Cheloniidae) at El Valle Beach, Northern Pacific, Colombia. *Acta biológica Colombiana*. 19(3):437–445.
6. Binckley, C.C., Spotilia, J.R., Wilson, K.S. y Paladino, F.V. 1998. Sex determination and sex ratios of Pacific leatherback turtles, *Dermochelys coriacea*. *Copeia* 1998, 291-300.
7. Bjorndal K.A. y Carr A. 1989. Variation in clutch size and egg size in the green turtle nesting population at tortuguero, Costa Rica. *Herpetologica*. 45, pp. 181-198.
8. Bladow, R.A. y Milton, S. L. 2019. Embryonic mortality in green (*Chelonia mydas*) and loggerhead (*Caretta caretta*) sea turtle nests increases with cumulative exposure to elevated temperatures. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*. 518, pp. 1-11.
9. Bolten, A.B. 2000. Técnicas para la medición de tortugas marinas. Técnicas de investigación y manejo para la conservación de las tortugas marinas. Blanchard, Pennsylvania: UICN/CSE. pp. 126-131.
10. Booth, D.T. y Astill, K. 2001. Temperature variation within and between nests of the green sea turtle, *Chelonia mydas*, (Chelonia: Cheloniidae) on Heron Island, Great Barrier Reef. *Australian Journal of Zoology*. 49, pp. 71–84.

11. Boulon, H. R. 2000. Reducción de las amenazas a los huevos y las crías: protección *in situ*. Técnicas de investigación y manejo para la conservación de las tortugas marinas. Blanchard, Pennsylvania: UICN/CSE. pp. 192-197.
12. Broderick, A.C., Godley, B.J., Reece, S. y Downie, J.R. 2000. Incubation periods and sex ratios of green turtles: highly female biased hatchling production in the eastern Mediterranean. *Marine Ecology Progress Series*. 202, pp.273- 281.
13. Calderón-Pérez, M. de L. & González-Nakagawa, O. 1981. Las arribazones para reproducción de la tortuga Golfina *-Lepidochelys olivacea-* (Eschscholtz, 1829) en la playa de La Escobilla, Oax, en el Pacífico. (Tesis de Licenciatura). Universidad Autónoma de México.
14. Caut, S., Guirlet, E., Jouquet, P y, Girondot, M. 2006. Influence of nest location and yolkless eggs on the hatching success of leatherback turtle clutches in French Guiana. *Can. J. Zool.* 84, pp. 908-915.
15. Chacon, D., Dick, B., Harrison, E., Sarti, L. y Solano, M. 2008. Manual sobre técnicas de manejo y conservación de las tortugas marinas en playas de anidación de Centroamérica. Secretaria Pro Tempore de la Convención Interamericana para la Protección y Conservación de las Tortugas Marinas (CIT), San José, Costa Rica.
16. Chan, E.H. 1991. Sea turtles. In: *The State of Nature Conservation in Malaysia*. R. Kiew, ed. Malayan Nature Society, Kuala Lumpur, pp. 120-134.
17. Charrau, P. 2012. Microclimate of American crocodile nests in Banco Chinchorro biosphere reserve, Mexico: Effect on incubation length, embryos survival and hatchlings sex. *Journal of thermal Biology*. 37(1), pp. 6-14.
18. Chu, C.T., Booth, D.T. y Limpus, C.J. 2008. Estimating the sex ratio of loggerhead turtle hatchlings at Mon Repos rookery (Australia) from nest temperatures. *Australian Journal of Zoology*. 56, pp. 57-64.
19. Craven, K.S., Sheppard, S., Stallard, L.B., Richardson, M. y Belcher, C.N. (2019). Investigating a Link Between Head Malformations and Lack of Pigmentation in Loggerhead Sea Turtle Embryos (*Caretta caretta*) in the Southeastern United States. *Herpetol. Notes*. 12, pp. 819–825.
20. Colin, A.G. 2015. Anidación y conservación de la tortuga golfina (*Lepidochelys olivacea*) en dos playas de la costa occidental de baja California Sur, México; 19995-2013.

Comentado [M76]: Checar si esta bien la cita o es: Chacón D., J. Sánchez, J. J. Calvo & J. Ash. 2007. Manual para el manejo y la conservación de las tortugas marinas en Costa Rica; con énfasis en la operación de proyectos en playa y viveros. Sistema Nacional de Áreas de Conservación (SINAC), Ministerio de Ambiente y Energía (MINAE). Gobierno de Costa Rica. San José. 103 p.

21. CONANP. 2008. Programa de Monitoreo de la Tortuga Golfina (*Lepidochelys olivacea*) en el Parque Nacional Lagunas de Chacahua. SEMARNAT.
22. CONANP. 2018. Programa de Acción para la Conservación de la Especie: Tortuga Laúd (*Dermochelys coriacea*). Gobierno de México. p. 17.
23. Cornelius SE, Ulloa M, Castro J, Mata del Valle M, Robinson DC. 1991. Management of olive ridley sea turtles (*Lepidochelys olivacea*) nesting at Playas Nancite and Ostional, Costa Rica. In: Robinson J, Redford K (eds) Neotropical wildlife use and conservation. University of Chicago Press, Chicago, IL.
24. De La Torre, L., Buenrostro, A. y García, J. 2017. Temperaturas de incubación y proporción sexual en nidos de tortugas marinas de la playa San Juan Chacahua. Oaxaca, México. Agroproductividad. 10(5), pp. 39-45.
25. Dutton, P.H., Whitmore, C.P. y Mrosovsky, N. 1985. Masculinization of leatherback turtle *Dermochelys coriacea* hatchlings from eggs incubated in Styrofoam boxes. Biological Conservation. 31, pp. 249-264.
26. Eckert, K.L., Wallace, B.P., Spotila, J.R. y Bell, B.A. 2015. Nesting ecology and reproductive investment of the leatherback turtle. In: Spotila, J.R., Santidrián-Tomillo, P., editors. Biology and Conservation of Leatherback Turtles. Baltimore, USA: John Hopkins University Press. pp. 63–73.
27. Flores-Aguirre, C.D., Díaz-Hernández, V., Salgado Ugarte, I.H., Sosa Caballero, L.E. y Méndez de la Cruz FR. 2020. Feminization tendency of Hawksbill Turtles (*Eretmochelys imbricata*) in the western Yucatán Peninsula, Mexico. Amphibian & Reptile Conservation. 14(1), pp. 190–202 (e233).
28. Fuentes, M., Maynard, J., Guinea, M., Bell, M., Werdell, P. y Hamann, M. 2009. Proxy indicators of sand temperature help project impacts of global warming on sea turtles in northern Australia. Endang Species Res. 9, pp. 33-40.
29. García-Grajales, J., Meraz Hernando, J. F., Arcos García, J. L. y Ramírez Fuentes, E. 2019. Incubation temperatures, sex ratio and hatching success of leatherback turtles (*Dermochelys coriacea*) in two protected hatcheries on the central Mexican coast of the Eastern Tropical Pacific Ocean. Animal Biodiversity and Conservation. 42.1: 143–152.

30. Gibson, J. y Smith, G. 2000. Reducción de las amenazas a los hábitats de alimentación. Técnicas de investigación y manejo para la conservación de las tortugas marinas. Blanchard, Pennsylvania: UICN/CSE. pp. 211-215.
31. Godley, B.J. et al. 2001. Thermal conditions in nests of loggerhead turtles: further evidence suggesting female skewed sex ratios of hatchling production in the Mediterranean. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 263, pp. 45–63.
32. González-Desales G.A., Monroy-Vilchis, O., Charrau, P. y Zarco-González, M.M. 2016. Aspectos ecológicos de la anidación de *Caiman rocodilus chiapasius* (Bocourt, 1876) en la reserva de la biosfera La Encrucijada, México.
33. Hart, E.C., Ley-Quiñonez, C., Maldonado-Gasca, A., Zavala-Norzagaray, A. y Abreu-Gobrois, A. 2014. Nesting ecology of olive Ridley (*Lepidochelys olivacea*) on El Naranjo beach, Natayit, Mexico. *Herpetological Conservation and Biology.* 9(2), pp. 524-534.
34. Honarvar, S. 2007. Nesting ecology of olive ridley (*Lepidochelys olivacea*) turtles on arribada nesting beaches. PhD dissertation, Drexel University, Philadelphia, PA.
35. James, R. y Melero, R. 2015. Anidación y conservación de la tortuga lora (*Lepidochelys olivacea*) en playa Drake, península de Osa, Costa Rica (2006 a 2012). *Rev. Biol. Trop.* 63, pp. 117-129.
36. Kamel SJ. 2013. Vegetation cover predicts temperature in nests of the Hawksbill Sea Turtle: implications for beach management and offspring sex ratios. *Endangered Species Research.* 20(1), pp. 41–48.
37. Kaska, Y., Tippet, R. y Furness, R.W. 1998. Natural temperature regimes for loggerhead and green turtle nests in the eastern Mediterranean. *Can. J. Zool.* 76, pp. 723–729.
38. Sarti, L. 2006. Manual de Técnicas de protección de Tortugas Marinas. Kutzari, Asociación para el Estudio y Conservación de las Tortugas Marinas, A.C.
39. Laloë, J.O., Cozens, J., Renom, B., Taxonera, A., Hays, G.C. 2017. Climate change and temperature-linked hatchling mortality at a globally important sea turtle nesting site. *Glob. Chang. Biol.* 23, pp. 4922-4931.
40. Lamont, M. M., Johnson, D. y Carthy, R. R. 2020. The incubation environment of nests deposited by a genetically distinct group of loggerhead sea turtles in Northwest Florida. *Global Ecology and conservation.* 23, pp. 1-11.

41. López-Suárez, P. 2022. México ya rebasó los 1.6 grados de aumento en la temperatura. Gaceta UNAM. 5267, p. 3.
42. Madden D, Ballester J, Calvo C, Carlson R, Christians E, Madden E. 2008. Sea turtle nesting as a process influencing a sandy beach ecosystem. *Biotropica*. 40, pp. 758–765.
43. Madeira, F.M., Patricio, A.R., Indjai, B., Barbosa, C., Regalla, A., Catry, P. y Rebelo, R. (2020). High number of healthy albino green turtles from Africa's largest population. *Mar. Turt. Newsl.* 160, p. 19.
44. Malanco, Y.X y Cuevas, E. 2019. Estado actual de la tortuga golfina (*Lepidochelys olivacea*) en el santuario playa de Puerto Arista, Chiapas. Ciudad del Carmen: El uso del conocimiento de las tortugas marinas como herramienta para la restauración de sus poblaciones y hábitats asociados.
45. Márquez-M. R., Villanueva A. y Peñaflores C. 1976. Sinopsis de datos biológicos sobre la tortuga Golfina *Lepidochelys olivacea* (Eschscholtz, 1829). FAO-INP Sinopsis sobre la pesca. (2):1-67
46. Márquez-M. R. 1990. FAO Species Catalogue. Vol.II. Sea Turtles of the World. An Annotated and illustrated catalogue of sea turtle species known to date. FAO Fisheries Synopsis. 125 (11), pp. 57-81.
47. Márquez-M., R. Vasconcelos, J., Sánchez, J.M., Sánchez, S., Díaz, J., Peñaflores, C., Ríos, D. y Villanueva, A. 1990. Manual de operación de campamentos tortugueros. Instituto Nacional de la Pesca.
48. Martins, S., Silva, E., Abella, E., De Santos Loureiro, N. y Marco, A. 2020. Warmer incubation temperature influences sea turtle survival and nullifies the benefit of a female-biased sex ratio. *Climatic Change*. 163, pp. 689-704.
49. Matsuzawa, Y., Sato, K., Sakamoto, W., Bjorndal, K. 2002. Seasonal fluctuations in sand temperature; effects on the incubation period and mortality of loggerhead sea turtle (*Caretta caretta*) pre-emergent hatchlings in Minabe, Japan. *Mar.Biol.* 140, pp 639-646.
50. Maulany, R.I., Booth, D.T. y Baxter, G.S. 2012. Emergence Success and Sex Ratio of Natural and Relocated Nests of Olive Ridley Turtles from Alas Purwo National Park, East Java, Indonesia. *Copeia*. 4, pp. 738-747.
51. McCoy, C.J., Vogt, R.C., y Censky, E.J. 1983. Temperature-Controlled Sex Determination in the Sea Turtle *Lepidochelys olivacea*. *Journal of Herpetology*, 17, pp. 404-406.

52. Miller, D.J. 2000. Determinación del tamaño de la nidada y el éxito de eclosión. Técnicas de investigación y manejo para la conservación de las tortugas marinas. Blanchard, Pennsylvania: UICN/CSE. pp. 143-149.
53. Modi, S.W. y Crews, D. 2005. Sex chromosomes and sex determination in reptiles: Commentary, Current Opinion in Genetics & Development. Science Direct. 17, 6, pp. 660-665.
54. Morales-Mérida, A. Helier, A., Córtes-Gómez, A. A. y Girondot, M. 2021. Hatching Success Rather Than Temperature-Dependent Sex Determination as the Main Driver of Olive Ridley (*Lepidochelys olivacea*) Nesting Activity in the Pacific Coast of Central America. Animals. 11, 3168, pp. 1-11.
55. Mrosovsky, N. y Yntema, C. L. 1980. Temperature dependence of sexual differentiation in sea turtles: implications for conservation practices, Biol. Conservancy. 18, pp. 271-280.
56. Mrosovsky N. y Pieau C. 1991. Transitional range of temperature, pivotal temperatures and thermosensitive stages for sex determination in reptiles. Amphibia-Reptilia. 12, pp. 169-179.
57. Mrosovsky, N. 1994. Sex Ratios of Sea turtles. The Journal of Experimental Zoology. 2070. pp. 17-27.
58. Ocana, M., Harfush-Melendez, M. & Heppell, S. S. 2012. Mass nesting of olive ridley sea turtles *Lepidochelys olivacea* at La Escobilla, Mexico: linking nest density and rates of destruction. Endangered Species Research. 16, pp. 45-54.
59. Patiño-Martínez, J., Marco, A., Quiñones, L. y Calaguig, C. P. 2010. Los huevos falsos (SAGs) facilitan el comportamiento social de emergencia en las crías de la tortuga laúd *Dermochelys coriacea* (Testudines: Dermochelyidae). Rev. Biol. Trop. 58 (3), pp. 943-954.
60. Pieau, C. y Dorizzi, M. 1981. Determination of temperature sensitive stages for sexual differentiation of the gonads in embryos of the turtle, *Emys orbicularis*. J. Morphol. 170, pp. 737-382.
61. Pritchard P. C. H. y P. Trebbau. 1984. The turtles of Venezuela. SSAR Contrib. Herpetol. No 2.
62. Pritchard, P. C. H. y Mortimer, J. A. 2000. Taxonomía, morfología externa e identificación de las especies. Técnicas de investigación y manejo para la conservación de las tortugas marinas. Blanchard, Pennsylvania: UICN/CSE. pp. 23-40.

63. PROFEPA. 2019. Protección de las tortugas marinas en México. Febrero 10, 2022, de Gobierno de México Sitio Web: <https://www.gob.mx/profepa/articulos/proteccion-de-las-tortugas-marinas-en-mexico?idiom=es>
64. Rees, A.F. y Margaritoulis, D. 2004. Beach temperatures, incubation durations, and estimated hatchling sex ratio for Loggerhead Sea Turtle nests in southern Kyparissia Bay, Greece. *Testudo*. 6, pp. 23–36.
65. Sandoval, S. 2008. Pronóstico de la temperatura de los nidos de golfina (*Lepidochelys olivacea*) en función de la temperatura ambiente, la profundidad y el calor metabólico. (Tesis de maestría). Instituto Politécnico Nacional.
66. Sandoval, S. 2012. Proporción sexual en crías de tortuga *Lepidochelys olivacea* en corrales de incubación del Pacífico Mexicano. (Tesis de doctorado). Instituto Politécnico Nacional.
67. Santidrián-Tomillo, P., Oro, D., Paladino, F.V., Piedra, R., Sieg, A.E. y Spotilia, J.R. 2014. High beach temperatures increased female-biased primary sex ratios but reduced output of female hatchlings in the leatherback turtle. *Biological Conservation*. 176, pp. 71-79.
68. Santidrián-Tomillo, P., Saba, V.S., Lombard, C.D., Valiulis, J.M., Robinson, N.J., Paladino, F.V., Spotila, J.R., Fernández, C., Rivas, N.J., Tucek, J., Nel, R. y Oro, D. 2015. Global análisis of the effect of local climate on the hatchling output of leatherback turtles. *Sci Rep* 5, 16789.
69. Santidrián-Tomillo, P., Fonseca, L., Paladino, F.V., Spotila, J.R. y Oro, D. 2017. Are thermal barriers “higher” in deep sea turtle nests?. *PLoS ONE* 12(5): 10.1371/journal.pone.0177256
70. Sarti, L., Barragán, A.R., García, D., García, N., Huerta, P. y Vargas, F. 2007. Conservation and biology of the leatherback turtle in the Mexican Pacific. *Chelonian Conservation and Biology*. 6(1), pp. 70-78.
71. SEMARNAT (SECRETARÍA DE MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES). 2010. Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010. Diario Oficial de la Federación, Ciudad de México, México.
72. SEMARNAT. 2018. Programa de Acción para la Conservación de la Especie Tortuga Golfina (*Lepidochelys olivacea*), SEMARNAT/ CONANP, México (Año de edición 2018).
73. SEMARNAT. 2021. Seis especies de tortuga marina que se distribuyen en aguas mexicanas. Enero 10, 2022, de Gobierno de México Sitio web:

<https://www.gob.mx/semarnat/es/articulos/seis-especies-de-tortuga-marina-que-se-distribuyen-en-aguas-mexicanas?idiom=es>

74. Shiota, K. y Yamanda, S. 2010. Early pathogenesis of holoprosencephaly. *Am. J. Med. Genet. Part C Semin. Med. Genet.* 154, pp. 22–28.
75. Standora, E. A., y Spotila, J. R. 1985. Temperature Dependent Sex Determination in Sea Turtles. *Copeia*, 3, p. 711.
76. Sunday, J.M., Bates, A.E. y Dulvy, N.K. 2011. Global analysis of thermal tolerance in ectotherms. *Proceedings of the Royal Society B.* 278(1713), pp. 1823–1830.
77. Tiwari, M., Wallace, B.P. y Girondot, M. 2013. *Dermochelys coriacea* (West Pacific Ocean subpopulation). The IUCN Red List of Threatened Species 2013: e.T46967817A46967821. <https://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2013-2.RLTS.T46967817A46967821.en>. Accessed on 09 February 2022.
78. Valverde, R. A. y Gates, C. E. 2000. Estudios de poblaciones en playas de arribada. Técnicas de investigación y manejo para la conservación de las tortugas marinas. Blanchard, Pennsylvania: UICN/CSE. pp. 64-69.
79. Valverde, R.A., Wingard, S., Gómez, F., Tordoir, M.T. y Orrego, C.M. 2010. Field lethal incubation temperature of olive ridley sea turtle *Lepidochelys olivacea* embryos at a mass nesting rookery. *Endang Species Res.* 12, pp. 77-86.
80. Vejar, M.R. 2016. Ecología trófica de *Lepidochelys olivacea* y *Chelonia mydas agassizii*, mediante el análisis de isótopos estables en el norte de Sinaloa, México. (Tesis de Maestría). Instituto Politécnico Nacional.
81. Wood, A., Booth, D. T., y Limpus, C. J. 2014. Sun exposure, nest temperature and loggerhead turtle hatchlings: Implications for beach shading management strategies at sea turtle rookeries. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology.* 451, pp. 105-114.
82. Witherington, B. E. 2000. Reducción de las amenazas al hábitat de anidación. Técnicas de investigación y manejo para la conservación de las tortugas marinas. Blanchard, Pennsylvania: UICN/CSE. pp. 204-209.
83. Wyneken, J. y Lolavar, A. 2015. Loggerhead Sea Turtle environmental sex determination: implications of moisture and temperature for climate change-based predictions for species survival. *Journal of Experimental Zoology.* 324B (3), pp. 295–314.

84. Zbinden, J.A., Margaritoulis, D. y Raphaël, A. 2006. Metabolic heating in Mediterranean loggerhead sea turtle clutches. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*. 334, pp. 151-157.
85. Zimm, R., Bentley, B.P., Wyneken, J. y Moustakas-Verho, J.E. 2017. Environmental Causation of Turtle Scute Anomalies *in ovo* and *in silico*. *Integrative and Comparative Biology*. 57(6), pp. 1303-1311.