

Anidación e incubación artificial de huevos de tortuga golfina *Lepidochelys olivacea* (Testudines: Cheloniidae)

Artificial nesting and incubation of olive ridley sea turtle *Lepidochelys olivacea* (Testudines: Cheloniidae) eggs

Juan Francisco Arzola-González^{1*}, José Barrón-Hernández², Yecenia Gutiérrez-Rubio¹, Domenico Voltolina^{3†}, Jorge Saúl Ramírez-Pérez¹

¹Facultad de Ciencias del Mar, Universidad Autónoma de Sinaloa. Ap. Postal 610, CP. 80000. Mazatlán, Sinaloa, México.

²Programa Tortugas Marinas, Acuario Mazatlán. Ap. Postal 770, CP. 82017. Mazatlán, Sinaloa, México.

³Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, Laboratorio UAS-CIBNOR. Ap. Postal 1132, CP. 23096. Mazatlán, Sinaloa, México.

*Autor de correspondencia: farzola@uas.edu.mx

Nota científica recibida: 25 de agosto de 2018 **aceptada:** 24 de junio de 2019

RESUMEN. Se determinó la frecuencia de anidación y el porcentaje de eclosión en nidos artificiales de tortuga golfina (*Lepidochelys olivacea*) colectados en diferentes playas (Cerritos, Zona Dorada, Malecón, Pinitos, Olas Altas) de la bahía de Mazatlán, México. Se utilizaron cajas de poliuretano para la incubación artificial de nidos. Se obtuvo una eclosión promedio de crías del 75.2% (± 19.3). Para evitar la depredación de huevos es importante mantener la incubación artificial en cajas de poliuretano. Por la mayor incidencia de nidos en las playas Malecón (75.5 ± 12.4 nidos playa año) y Cerritos (51.3 ± 26.5 nidos playa año), y por 11.5 y 8.3 nidos km^{-1} , respectivamente, es necesario incrementar su vigilancia.

Palabras clave: Incubación, nidos, tortuga marina.

ABSTRACT. The nesting frequency and hatching percentage in artificial olive ridley sea turtle (*Lepidochelys olivacea*; Testudines: Cheloniidae) nests collected on different beaches (Cerritos, Zona Dorada, Malecón, Pinitos, Olas Altas) in the bay of Mazatlán, Mexico was determined. Polyurethane boxes were used for artificial nest incubation. An average hatching of 75.2% (± 19.3) was obtained. To prevent egg predation, it is important to maintain artificial incubation in polyurethane boxes. Due to the higher incidence of nests on Malecón (75.5 ± 12.4 beach nests per year) and Cerritos (51.3 ± 26.5 beach nests per year) beaches, with 11.5 and 8.3 nests km^{-1} , respectively, it is necessary to increase their surveillance.

Key words: Incubation, nests, sea turtle.

INTRODUCCIÓN

De acuerdo a la lista roja de especies amenazadas de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (IUCN 2012), todas las especies de tortugas marinas (*Caretta caretta*, *Eretmochelys imbricata*, *Chelonia mydas*, *Chelonia agassizii*, *Dermochelys coriacea*, *Lepidochelys kempii* y *Lepidochelys olivacea*) se encuentran clasificadas en alguna categoría como especies en peligro (*C. caretta* y *C. mydas*), críticamente en peligro (*E. imbricata* y *L. kempii*) y vulnerables (*D. coriacea* y *L. olivacea*). En México, a partir de mayo de 1990 la captura y comercialización de tortugas marinas se

encuentra prohibida, además, estas especies están protegidas en la categoría de especies en peligro de extinción por la Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010 (SEMARNAT 2010).

Como una medida de protección, durante la temporada de anidación de las tortugas marinas en las principales playas del Pacífico mexicano: Sinaloa, Nayarit, Jalisco, Colima, Michoacán y Oaxaca (García-Romero et al. 2007), los sitios de anidación son vigilados para evitar la depredación o destrucción de los nidos por diversos animales (crustáceos, coyotes, aves, entre otros), pero sobre todo por el hombre (saqueo de huevos y hembras desovando), debido a que la demanda ilegal de

carne, aceites y huevos de tortugas marinas se ha incrementado en los últimos años (Bárceñas y Maldonado 2009). En la costa de Sinaloa existen cinco campamentos para la protección y conservación de las tortugas marinas a cargo de diversas instituciones del gobierno federal (El Verde Camacho -Comisión Nacional Áreas Naturales Protegidas CONANP-), gobierno municipal (Acuario Mazatlán), universidad (Ceuta y Caimanero -Universidad Autónoma de Sinaloa) y empresas privadas (Isla de la Piedra), realizan esfuerzos para conservar y proteger este recurso. En algunas bahías de Sinaloa se ha estudiado la influencia de la humedad, temperatura y la granulometría en la incubación de nidos *in situ* comparados con nidos artificiales en cajas de poliuretano en la playa El Verde Camacho, al norte de Mazatlán, con diferencias en la eclosión principalmente por la humedad entre nidos naturales y artificiales (Arzola-González 2007). En otras playas, se ha estudiado la incubación de huevos de tortuga *L. kempii* en cajas convencionales (poliuretano) y cajas de madera con hule espuma, resultando mejor el porcentaje de eclosión en estas últimas cajas en 95.6%, que las cajas de poliuretano (Vázquez-Sauceda *et al.* 2008). Debido a la poca información sobre los sitios de anidación de la tortuga golfina en las diversas playas de la bahía Mazatlán, el objetivo del presente estudio fue determinar los sitios de anidación más importantes a lo largo de la bahía, además del porcentaje de eclosión y de huevos interrumpidos (fase embrionaria) en nidos incubados de forma artificial en cajas de poliuretano.

MATERIALES Y MÉTODOS

Las playas de la bahía de Mazatlán comprenden una longitud de aproximadamente 21 km (23° 11' 20" y 23° 15' 17" LN y 106° 24' 59" y 106° 29' 41" LO). Las playas, en ocasiones se encuentran separadas por diversas áreas rocosas o por espacios artificiales (construcciones) como consecuencia del desarrollo urbano del Puerto de Mazatlán. La playa donde comúnmente desovan las hembras de tortuga golfina se dividió en cinco secciones de longitud variable, siendo de norte a sur: Cerritos (6.15

km), Zona Dorada (5 km), Malecón (6.55 km), Pinitos (0.15 km) y Olas Altas (2.55 km).

Los nidos de *L. olivacea* se localizaron durante las temporadas de anidación (junio a octubre). Las playas se vigilaron de 20:00 a 06:00 horas con una motocicleta todo terreno. Los huevos de cada nidada se recolectaron y depositaron en bolsas de plástico y se trasladaron a la cámara de incubación del Acuario Mazatlán donde se sembraron en cajas de poliuretano de 40 de largo x 30 de ancho y 30 cm de altura, la base y la tapa se perforaron para el intercambio gaseoso entre los embriones y el medio. Las cajas contenían una primera capa de arena de aproximadamente 10 cm, después se colocaron todos los huevos procurando no sobrepasar más de tres hileras, para luego recubrir las nidadas con una segunda capa de arena de entre 10 y 15 cm. Cada caja se cerró y se etiquetó con los datos de campo (fecha, hora, lugar y cantidad de huevos). Posteriormente, las cajas con las nidadas se colocaron en estantes de madera dentro de la cámara de incubación a temperatura de 32 °C ± 1.

El tiempo entre la colecta de las nidadas y su incubación artificial fue de 1 y 2 h, dependiendo de la distancia de la playa. Para la determinación de la humedad de la arena en las cajas de incubación se utilizaron 100 g de arena de cada sitio que se utilizó para la incubación de los nidos, la arena se colocó en charolas de aluminio previamente pesadas en una balanza digital (± 0.1 g), y se depositaron en un horno a 100 °C por 24 h, después se volvieron a pesar las charolas con la arena seca para obtener con las diferencias en peso, la cantidad de humedad pérdida, Para mantener la humedad cada 15 días se suministró agua por aspersión para mantener la humedad perdida durante la incubación.

Después del período de incubación (días), se obtuvo el porcentaje de eclosión y de embriones no desarrollados (fase I, II, III, IV y HI), y la frecuencia de ubicación del nido (n). La determinación de fases embrionarias se determinó de acuerdo con los criterios de Arzola-González (2007), las fases I, II y III, corresponde a embriones en desarrollo con diferentes tallas, mientras que la fase IV corresponde a las crías que no alcanzaron a emerger de la nidada,

y HI a huevos no fecundados.

Para estimar las diferencias estadísticas entre el número de nidos, nidos por kilómetro entre las playas, huevos (número), crías (número), incubación (días) y eclosión (%), se realizaron pruebas de normalidad (Lilliefords), homoscedasticidad (Bartlett) y se aplicaron pruebas de Kruskal-Wallis. Al resultar significativos, se realizaron pruebas de comparaciones múltiples (Dunn). En todos los casos se utilizó un nivel de significancia de $p < 0.05$ (Zar 2009).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se incubaron los huevos recolectados en 637 nidos con promedio de 88.7 (± 21.6) huevos por nido (55 798 huevos), y se obtuvieron 41 753 crías lo que indica un porcentaje de eclosión del 75.2%. En promedio el tiempo de incubación fue 46.1 (± 5.8) días, con variación mínima de 45 y máxima de 48 días. La mortalidad total (24.8%) fue de 8 195 crías muertas (57.8%) y 5 850 (41.4%) embriones que no completaron su desarrollo (Tabla 1). El porcentaje de eclosión observado fue superior al 47% señalado por Arzola-González (2007) para *L. olivacea* y similar al 78% reportado por García-Romero *et al.* (2007) en nidos de tortugas marinas (*L. olivacea*, *C. caretta* y *D. coriacea*). Al respecto, estudios con cajas de poliuretano para la incubación de huevos de tortugas marinas, reportan para *L. kempii* un porcentaje superior al 79.9% (Vázquez-Sauceda *et al.* 2008), mientras que para *L. olivacea* se reporta un 89.6%, de eclosión (López-Correa *et al.* 2010).

Es importante resaltar que los esfuerzos de conservación de nidos y de hembras en desove indican que las nidadas de *L. olivacea* se mantiene estable en algunas playas (Malecón), en otras disminuyen (Cerritos y Zona Dorada), pero también incrementa el número de nidos en el tiempo. En nidos recolectados de tortuga golfina, la zona del Malecón tuvo el mayor número de nidos ($n = 302$) y los menores en las playas Olas Altas ($n = 40$) y Pinitos ($n = 0$) (Tabla 1). Es muy probable que en Pinitos la ausencia de nidos se deba a que durante la bajamar quedan expuestos numerosos promontorios rocosos, de tal forma que el perfil de playa se modifica

constantemente, lo que ocasiona que las hembras no encuentren un área para el desove. Esto coincidió con lo observado por Rincón-Díaz y Rodríguez-Zarate (2004), quienes indicaron que en playas rocosas disminuye la probabilidad de desove. Pero debido a su ubicación entre las playas del Malecón y Olas Altas, es necesario continuar con la vigilancia de la playa dentro de la franja costera de la bahía.

Es evidente que algunos sitios de playa de la bahía Mazatlán representan una oportunidad de desove para las hembras de tortuga golfina, siendo las playas Malecón y Cerritos las que tuvieron el mayor índice de nidos, con 11.5 y 8.3 nidos km^{-1} , respectivamente; por lo que se recomienda una mayor incidencia de recorridos en dichas playas para la conservación de los nidos de esta especie. Aunque, por su densidad de nidos por kilómetro, los restantes sitios de desove y anidación (Zona Dorada = 4.5 y Olas Altas = 3.9 nidos km^{-1}) deben continuar monitoreándose las próximas temporadas de reproducción para establecer si la densidad de nidadas en cada sitio, se mantiene, incrementa o disminuye.

Para los embriones interrumpidos, la fase III fue la más crítica con 41.5%, las mínimas fueron en HI (huevos inflados) y fase I con 9.6 y 9.3%, respectivamente; aunque entre años sucesivos disminuyeron los mayores porcentajes de embriones interrumpidos (Tabla 2). El mayor porcentaje de embriones no desarrollados coincidió con Arzola-González (2007) en nidos de *L. olivacea* en cajas de poliuretano. Sin embargo, el éxito de eclosión promedio obtenido se pondera cuando algunos factores involucrados en la interrupción de embriones sean, entre otros, la distribución de los huevos ubicados en las capas inferiores del nido, los cuales posiblemente presentan una menor disponibilidad del oxígeno y por consiguiente, incrementó el riesgo de los embriones a perecer por asfixia, aunado a lo anterior, estos embriones deben soportar la presión de los huevos de las capas superiores. Además, la mortalidad de los embriones en fase IV, probablemente fue provocada por un exceso de humedad (Foley *et al.* 2006). Por lo que estos aportes probablemente ocasionen una compactación de cáscaras y huevos interrumpidos dentro de las cajas impidiendo la salida

Tabla 1. Número de nidos y número de nidos km⁻¹ de *L. olivacea* por línea de playa, promedio y desviación estándar (\pm DE) en playas de la bahía de Mazatlán. CE = Cerritos, ZD = Zona Dorada, MA = Malecón, PI = Pinitos, OA = Olas Altas.

Año	Playas					Nidos km ⁻¹				
	CE	ZD	MA	PI	OA	CE	ZD	MA	PI	OA
2001	85	30	81	0	9	13.8	6.0	12.4	0	3.5
2002	59	15	57	0	3	9.6	3.0	8.7	0	1.2
2003	32	23	84	0	4	5.7	4.6	12.8	0	1.6
2004	65	22	80	0	24	4.2	4.4	12.2	0	9.4
Media	51.3 ^{bc}	22.5 ^{ab}	75.5 ^c	0	10 ^a	8.3 ^{ab}	4.5 ^a	11.5 ^b	0	3.9 ^a
DE	\pm 26.5	\pm 6.11	\pm 12.4	\pm 0	\pm 9.7	\pm 4.3	\pm 1.2	\pm 1.9	\pm 0	\pm 3.8

Diferentes letras indican diferencias significativas entre los valores medios (prueba de Kruskal-Wallis, $\alpha = 0.05$; $a \leq ab \leq b$ y $a < b$).

Tabla 2. Total, máxima, media, desviación estándar (n) y porcentaje (%) de huevos, crías, incubación (días), supervivencia, fases embrionarias I, II, III, IV y V, en nidos de tortuga marina *L. olivacea*.

Año	Huevos (n)	Crías	Incubación (días)	Eclosión (%)	Fases embrionarias (n)				
					I	II	III	IV	HI
2001	91.3 ^a	66.7 ^{ab}	47.4 ^b	71.6 ^c	270	515	1,090	395	130
2002	88.6 ^a	60.8 ^a	44.7 ^a	66 ^a	219	249	1,083	478	213
2003	86.8 ^a	75 ^b	47.3 ^b	84.2 ^b	6	37	189	330	55
2004	88.0 ^a	71 ^b	44.9 ^a	79.3 ^c	0	1	66	313	163
Total	55,798	41,753	*	*	543	802	2,428	1,516	561
Máxima	155	135	64	100	*	*	*	*	*
Media	88.7	68.4	46.1	75.2	135.8	200.5	607	379	1403
D.E.	21.6	23.7	5.8	19.9					
Porcentaje (%)					9.3	13.7	41.5	25.9	9.6

Letras diferentes indican diferencias significativas ($p < 0.05$).

de crías con facilidad de la nidada (Brenes 2011). Los huevos sin aparente desarrollo (HI) fue de 9.6%, quizás este mínimo porcentaje fue provocado por la infertilidad que ha sido determinada previamente por la ausencia de un embrión visible en huevos de tortugas marinas (Caut *et al.* 2006), *C. mydas* (Fowler *et al.* 1979), *L. olivacea* (Arzola-González 2007) y *D. coriacea* (Velázquez *et al.* 2014).

Por otro lado, la humedad y temperatura durante la incubación repercuten en la viabilidad de los embriones, ya que su único medio de protección es la arena (Sandoval *et al.* 2010). Algunos autores indican que la arena para la incubación contenga aproximadamente 0.35 kg de agua por cada 5 kg de arena (López-Correa *et al.* 2010), en el presente estudio durante la incubación en las cajas de poliuretano solo se proporcionó agua por aspersión con la finalidad de recuperar la humedad perdida principalmente por la evaporación, pero la incubación de huevos es afectada por condiciones de humedad en exceso o mínimas, constituyendo una de las principales causas de mortalidad de embriones y crías de tortuga marina

(Foley *et al.* 2006, Brenes 2011).

El porcentaje de embriones interrumpidos, puede ser considerado positivo si se justifica que las nidadas se encuentran en peligro de ser depredadas. Por lo que las playas Malecón y Cerritos por su alta incidencia de nidos y hembras adultas, requiere de mayor vigilancia. Es eficiente la utilización de las cajas de poliuretano como alternativa de incubación de huevos de tortuga golfina, además considerando que *L. olivacea* es una especie en peligro de extinción, el porcentaje de eclosión del 75.2% obtenido, es de interés para la protección y conservación de los sitios de anidación de la tortuga golfina en las diferentes playas de la bahía Mazatlán.

AGRADECIMIENTOS

Al personal del Cuerpo Académico Consolidado Manejo de Recursos Pesqueros (UAS-CA-2104), al Acuario Mazatlán por los recursos otorgados y a SEMARNAT (SGPA/DGVS/009235/18) por permitir la extracción de nidos para su incubación ar-

tificial de tortugas marinas de la bahía Mazatlán.

LITERATURA CITADA

- Arzola-González JF (2007) Humedad y temperatura en nidos naturales y artificiales de tortuga golfina *Lepidochelys olivacea*. *Revista de Biología Marina y Oceanografía* 42: 377-383.
- Bárceñas IA, Maldonado GA (2009) Malformaciones en embriones y neonatos de tortuga golfina *Lepidochelys olivacea* en Nuevo Vallarta, Nayarit, México. *Veterinaria México* 40: 371-380.
- Brenes O (2011) Efecto de la precipitación en el proceso de la incubación de las nidadas de tortuga lora. *Revista de Ciencias Ambientales* 41: 27-36.
- Caut S, Guirlet E, Jouquet P, Girondot M (2006) Influence of nest location and yolkless eggs on the hatching success of leatherback turtles clutches in French Guiana. *Canadian Journal of Zoology* 84: 908-915.
- Foley AM, Peck SA, Harman GR (2006) Effects of sand characteristic and inundation on the hatching success of loggerhead sea turtle (*Caretta caretta*) clutches on low-relief mangrove islands in southwest Florida. *Chelonian Conservation and Biology* 5: 32-41.
- Fowler L (1979) Hatching success and nest predation in the green sea turtle, *Chelonia mydas* at tortuguero, Costa Rica. *Ecology* 60: 946-955.
- García-Romero M, Hernández-Dueñas DL, García-Castañeda B, Santos-Soto A, Meyer-Willerer A (2007) Protección y conservación de tortugas marinas de la zona costera de Michoacán, México. *Avances en Investigación Agropecuaria* 11: 15-22.
- IUCN (2012) IUCN Red List Categories and Criteria: Version 3.1. Second Edition. Species Survival Commission. IUCN, Gland, Switzerland and Cambridge, UK 32P. <http://www.iucnredlist.org/technical-documents/categories-and-criteria/2001-categories-criteria>. Fecha de consulta: 9 de abril de 2018.
- López-Correa J, Porta-Gámbara M, Gutiérrez J, Gómez-Muñoz V (2010) A novel incubator to simulate natural thermal environment of sea turtle eggs. *Journal of Thermal Biology* 35: 138-142.
- Rincón-Díaz MP, Rodríguez-Zarate CJ (2004) Caracterización de playas de anidación de tortugas marinas en el archipiélago de San Bernardo, Caribe Colombiano. *Boletín de Investigaciones Marinas y Costeras* 33: 137-158.
- Sandoval S, Gómez-Muñoz V, Gutiérrez J, Porta-Gámbara GM (2011) Metabolic heat estimation of the sea turtle *Lepidochelys olivacea* embryos. *Journal of Thermal Biology* 36: 138-141.
- SEMARNAT (2010) 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. México, D.F. http://www.profepa.gob.mx/innovaportal/file/435/1/NOM_059_SEMARNAT_2010.pdf. Fecha de consulta: 12 de junio de 2018.
- Vázquez-Sauceda M, Aguirre-Guzmán G, Pérez-Castañeda R, Sánchez-Martínez J, Martín-Del Campo R, Loredó-Osti J, Rábago-Castro J (2008) Evaluación de la influencia de dos cajas de transporte de huevos sobre la incubación, eclosión y nacimiento de crías de tortuga lora *Lepidochelys kempii*. *Ciencias Marinas* 34: 101-105.
- Velázquez F, Prieto A, Prieto E (2014) Mortalidad embrionaria en cuatro nidos de tortuga cardón *Dermodochelys coriacea* en playa San Luis, sector Los Chivos, Cumaná Estado Sucre. *Revista Multidisciplinaria del Consejo de Investigación de la Universidad del Oriente* 26: 243-248.
- Zar JH (2009) *Biostatistical analysis*. 5th Edition. Prentice-Hall. New Jersey, USA. 960p.

