

Malformaciones en embriones y neonatos de tortuga golfina (*Lepidochelys olivacea*) en Nuevo Vallarta, Nayarit, México

Malformations in embryos and neonates of Olive Ridley sea turtle (*Lepidochelys olivacea*) in Nuevo Vallarta, Nayarit, Mexico

Annelisse Bárcenas Ibarra* Adrián Maldonado Gasca*

Abstract

With the aim to know the types of malformations in Olive Ridley sea turtle (*Lepidochelys olivacea*) embryos and neonates, and determine their prevalence and intensity indexes and χ^2 in Nuevo Vallarta Nayarit, 100 nests were surveyed. From each nest, the total number of eggs and the number of embryos and neonates with any kind of abnormalities were registered. In 21 types of malformations located on seven anatomical regions, three new types were registered: anterior flippers amelia, bifurcated anterior flippers and rinodimo. The carapace presented significantly higher frequency of abnormalities (41.7%), followed by mandibles and general malformations (17.6% each one). The most frequent type of malformation was the compressed carapace (26.9%), followed by albinism (14.8%) and xiphosis (13.2%). Prevalence (50% on nests and 1.8% on the organisms) and intensity (2.78 malformed organisms per nest and 1.57 malformations per organism) were high medium, compared to previous studies. Sea turtles from Bahía de Banderas may be exposed to anthropogenic contaminants, but is necessary to do long term studies to corroborate this possible relationship.

Key words: OLIVE RIDLEY SEA TURTLE, MALFORMATIONS, EMBRYOS, NEONATES, PREVALENCE, INTENSITY, NUEVO VALLARTA, NAYARIT, MEXICO.

Resumen

Con el propósito de conocer las malformaciones en embriones y neonatos de tortuga golfina (*Lepidochelys olivacea*) en Nuevo Vallarta, Nayarit, México, se revisaron 100 nidos de dichos animales para registrar el número total de huevos, de embriones y de neonatos con algún tipo de malformación; los datos se analizaron con índices de prevalencia e intensidad y pruebas de Ji cuadrada. En 21 tipos de malformaciones localizadas en siete regiones anatómicas, se registraron tres nuevos tipos: bifurcación de aletas anteriores, biamelia anterior y rinodimo. La región corporal con mayor frecuencia de malformaciones fue el caparazón (41.7%), seguida por las mandíbulas y las malformaciones generales (17.6% cada una). El tipo de malformación más frecuente fue el caparazón comprimido (26.9%), seguido de albinismo (14.8%) y quifosis (13.2%). La prevalencia (50% de los nidos y 1.8% de los organismos) y la intensidad (2.78 malformaciones/nido y 1.57 malformaciones/organismo) resultaron medianamente altas, en comparación con estudios previos. Las tortugas marinas de Bahía de Banderas pueden estar expuestas a contaminantes antropogénicos, pero aún falta hacer estudios a largo plazo para corroborar esta posible relación.

Palabras clave: TORTUGA GOLFINA, MALFORMACIONES, EMBRIONES, NEONATOS, PREVALENCIA, INTENSIDAD, NUEVO VALLARTA, NAYARIT, MÉXICO.

Recibido el 25 de septiembre de 2008 y aceptado el 3 de septiembre de 2009.

*Instituto Tecnológico de Bahía de Banderas, Crucero a Punta de Mita s/n, 63732, La Cruz de Huanacastle, Bahía de Banderas, Nayarit, México.

Correspondencia: Adrián Maldonado Gasca, correo electrónico: adrian_mg@yahoo.com

Introduction

Sea turtle populations have suffered a marked decrease in recent years, mainly due to anthropogenic factors, including over fishing, habitat destruction and contamination.¹⁻³ At present, all sea turtle species are threatened or endangered and are included in the Convention on International Trade in Endangered Species (CITES) Appendix 1⁴ and the Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2001.⁵

Under these circumstances conservation programs have been created aiming to restore and maintain the balance among sea turtle populations.^{1,6-8} The persistence of natural populations of sea turtles, largely depends on the success of egg incubation at different nesting beaches.⁹ However, the incubation process can be affected by the type of egg handling during transport and planting in incubation pens or ponds.^{10,11}

There are intrinsic (genetic and physiological) and extrinsic factors (physical, chemical, edaphological, etc.) that seriously affect the process of hatching of the offspring. Alteration of these factors impact on embryonic development and may be responsible for the occurrence of certain types of malformations.¹²⁻¹⁸ During embryonic development, environmental factors play an important role in the formation of the young, not only in determining sex, but also in its growth and physiology.¹⁰⁻¹⁸ Similarly, industrial and agricultural pollutants that are deposited in river channels, reach the sea and are incorporated into food chains, which may affect sea turtles.¹⁹⁻²² However, deformities can be considered relatively rare and indicate negative changes in the biology of sea turtles.²³ The presence of these malformations has received limited attention in literature since 1857, when this phenomenon was first described.²⁴

Several theories that explain different abnormalities have been proposed by Dodd²⁵ and McGehee.²⁶ Even though some abnormalities have been mentioned,^{23,27,28} only few studies describe the frequency of abnormalities in embryos and hatchlings of sea turtles.^{24,29-31} It is also essential to know the causes of these malformations and evaluate the potential long-term effects in natural populations of sea turtles.

The Olive Ridley turtle (*Lepidochelys olivacea*) is considered among the more important species of sea turtles, because of its abundance and commercial exploitation.^{1,32} However, there are no detailed studies on malformations in such species in Mexico, except those described by Trejo¹⁰ and Ruiz³³ for Jalisco and Colima coasts, respectively.

The aim of this study was to determine the types of malformations in embryos and hatchlings of Olive Ridley turtle and assess their frequency, location by

Introducción

En los últimos años las poblaciones de tortugas marinas han sufrido un notorio decremento, debido principalmente a factores antropogénicos, entre ellos sobrepesca, destrucción de hábitat y contaminación.¹⁻³ En la actualidad, todas las especies de tortugas marinas están amenazadas o en peligro de extinción y se encuentran incluidas en el apéndice I de los Acuerdos de la Convención Internacional para el Comercio de Especies de Flora y Fauna Silvestre Amenazada (CITES, por sus siglas en inglés)⁴ y la Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2001.⁵

Ante dicha situación se han creado programas de conservación que tienen como finalidad recuperar y mantener el equilibrio entre las poblaciones de tortugas marinas.^{1,6-8} La persistencia de las poblaciones naturales de tortugas marinas depende, en gran medida, del éxito de incubación de sus huevos en las diferentes playas de anidación.⁹ Sin embargo, el proceso de incubación puede resultar afectado por el tipo de manipulación de huevos durante el traslado y la siembra en los corrales o viveros de incubación.^{10,11}

Existen factores intrínsecos (genéticos y fisiológicos) y extrínsecos (físicos, químicos, edafológicos, etc.) que afectan gravemente el proceso de eclosión de las crías. La alteración de estos factores repercute en el desarrollo embrionario y puede ser responsable de la aparición de ciertos tipos de malformaciones.¹²⁻¹⁸ Durante el desarrollo embrionario, los factores ambientales desempeñan un papel importante en la formación de las crías, no solamente en la determinación del sexo, también en el crecimiento y fisiología.¹⁰⁻¹⁸ De igual forma, contaminantes industriales y de la agricultura que son vertidos en canales de ríos, llegan al mar y son incorporados dentro de las cadenas tróficas, donde pueden afectar a las tortugas marinas.¹⁹⁻²² En cualquier caso, las malformaciones se pueden considerar relativamente raras e indicar cambios negativos en la biología de las tortugas marinas.²³ La presencia de malformaciones en éstas ha recibido atención limitada en la literatura desde 1857, cuando se describió por primera vez este fenómeno.²⁴

Diversas teorías que explican varias anomalías han sido propuestas por Dodd²⁵ y McGehee.²⁶ Aunque algunas malformaciones han sido mencionadas,^{23,27,28} son escasos los trabajos que describen la frecuencia de anomalías en embriones y neonatos de tortugas marinas.^{24,29-31} Asimismo, es indispensable conocer las causas de estas malformaciones y evaluar los posibles efectos a largo plazo en las poblaciones naturales de tortugas marinas.

La tortuga golfina (*Lepidochelys olivacea*) es considerada entre las especies de tortugas marinas más importantes, por su abundancia y su explotación

body regions, prevalence and intensity in the beaches of Nuevo Vallarta, Nayarit, Mexico.

Material and methods

The coasts of Nuevo Vallarta are located between 20° 41.5' and 20° 44.5' North latitude and 105° 17.3' and 105° 20' West longitude. They are 14 km long from the Ameca River to the town of Bucerías, Bahía de Banderas municipality, Nayarit, México.³⁴ A total of 100 nests located in the Centro de Protección y Conservación de la Tortuga Marina "Nuevo Vallarta" were evaluated at the end of the incubation period between November 2005 and February 2006.

Total number of eggs, live hatchlings, dead offspring, eggs with embryonic development (EED) and eggs without embryonic development (EWED) were recorded for each nest. The following was done in order to verify the presence of malformations: all remnants of the nest eggs were opened and only the EED were examined, for the case of live young, they were reviewed carefully, without being affected, and then released into the sea. When an embryo or hatchling showed multiple malformations, each was recorded separately;^{10,24} then pictures of each of the malformations were taken. The incidence of abnormalities was estimated by the prevalence and intensity indexes.³⁵

The first one shows the proportion of organisms and nests in which there was at least one malformation; it is assessed by dividing the number of organisms or nests in which malformations were found between the total individuals or nests reviewed. The intensity indicates the number of defects found by individuals and nests. It is obtained by dividing the number of malformations found between the number of nests or individuals with malformations.

In order to evaluate the uniformity of the frequency distribution of the types of malformations, along with the distribution of malformations in different anatomical regions, the test for goodness of fit (χ^2) was performed with a significance level of $\alpha = 0.05$.³⁶ The malformations observed were divided into three categories by their seriousness as: non-lethal, sub-lethal and lethal.³⁷

Results

In the 100 nests that were checked, 8 624 eggs were found; with a mean of 86.2 (± 2.0) eggs / nest. In this regard, 1 014 EWED, 306 EED, 6 950 live hatchlings and 355 dead ones and an estimated overall survival percentage of 79.4% (± 0.22) were recorded. It was found that half of the nests had at least one individual with malformations.

It was observed that 139 out of the total number

comercial.^{1,32} No obstante, en México no existen estudios detallados sobre malformaciones en tal especie, salvo las descritas por Trejo¹⁰ y Ruiz³³ para las costas de Jalisco y Colima, respectivamente.

El objetivo del presente estudio fue conocer los tipos de malformaciones en embriones y neonatos de tortuga golfina y determinar su frecuencia, localización en las regiones corporales, prevalencia e intensidad en las playas de Nuevo Vallarta, Nayarit, México

Material y métodos

Las playas de Nuevo Vallarta se localizan entre los 20° 41.5' y 20° 44.5' latitud Norte y 105° 17.3' y 105° 20' longitud Oeste, tienen 14 km de longitud desde el Río Ameca hasta el poblado de Bucerías, municipio de Bahía de Banderas, Nayarit, México.³⁴ Entre noviembre de 2005 y febrero de 2006 se revisaron 100 nidos ubicados en el Centro de Protección y Conservación de la Tortuga Marina "Nuevo Vallarta", al final del periodo de incubación de las tortugas.

De cada nido se registró el número total de huevos, crías vivas, crías muertas, huevos con desarrollo embrionario (HCDE) y huevos sin desarrollo embrionario (HSDE). Para verificar la presencia de malformaciones se procedió así: todos los huevos remanentes del nido fueron abiertos y sólo se examinaron los HCDE; para el caso de las crías vivas, éstas se revisaron con cuidado, sin ser afectadas, y después se liberaron al mar. Cuando un embrión o cría mostraba malformaciones múltiples, cada una de éstas se registró por separado,^{10,24} posteriormente se tomaron fotografías de cada una de las malformaciones. La incidencia de malformaciones se estimó mediante los índices de prevalencia e intensidad.³⁵

El primero muestra la proporción de organismos y de nidos en los que se registró al menos una malformación; se obtiene al dividir el número de organismos o de nidos en los que se encontraron malformaciones entre el total de organismos o de nidos revisados. La intensidad indica la cantidad de malformaciones que se encuentran por organismos y nidos, se obtiene dividiendo el número de malformaciones encontradas entre el número de organismos o nidos con malformaciones.

Con el propósito de evaluar la uniformidad de la distribución de la frecuencia de los tipos de malformaciones, así como de la distribución de las malformaciones en las diferentes regiones anatómicas, se realizaron pruebas de bondad de ajuste (χ^2) con un nivel de significancia de $\alpha = 0.05$.³⁶ Las malformaciones observadas se dividieron en tres categorías por su severidad: no letales, subletales y letales.³⁷

of individuals (7 611) showed some malformation, so the prevalence was 1.8%. Based on the total of nests with a deformed individual, the mean intensity was 2.78 (± 0.5) malformations / nest; values between 1 and 15 malformations / nest were found. An intensity of 1.57 (± 0.11) malformations / individual was also determined with values between 1 and 4 malformations / individual.

A total of 182 malformations were recorded, grouped into 21 types, which were present in seven anatomical regions. There were more types of deformities in the flippers (five); the head only presented one type (Table 1).

There were three new types of malformations: front flipper bifurcation, front biamelia, rhinodimo (two noses and four nostrils) (Figures 1, 2 and 3, respectively). It was noted that the 182 malformations recorded had a significantly different distribution in assorted anatomical regions ($\chi^2 = 150.77$, $P < 0.0001$).

Resultados

En 100 nidos que se revisaron se hallaron 8 624 huevos, se obtuvo un promedio de 86.2 (± 2.0) huevos/nido. En este contexto, registraron 1 014 HSDE, 306 HCDE, 6 950 crías vivas y 355 crías muertas; se estimó un porcentaje general de sobrevivencia de 79.4% (± 0.22). Se determinó que la mitad de los nidos tenía al menos un organismo con malformaciones.

Del total de organismos revisados (7 611), se encontró que 139 individuos mostraron alguna malformación por lo que la prevalencia fue de 1.8%. Con base en el total de nidos con algún organismo malformado, la intensidad promedio fue de 2.78 (± 0.5) malformaciones/nido, se hallaron valores entre 1 y 15 malformaciones/nido. Asimismo, se determinó una intensidad de 1.57 (± 0.11) malformaciones/organismo, con valores de entre 1 y 4 malformaciones/organismo.

Se registraron 182 malformaciones, agrupadas en

Cuadro 1

NÚMERO Y PROPORCIÓN DE MALFORMACIONES POR REGIÓN ANATÓMICA,
POR TIPO Y NIVEL DE SEVERIDAD

NUMBER AND RATIO OF MALFORMATIONS BY ANATOMICAL REGION, TYPE AND
LEVEL OF SERIOUSNESS

<i>Anatomical region</i>	<i>N</i>	<i>%</i>	<i>Malformation type</i>	<i>N</i>	<i>%</i>	<i>Seriousness</i>
General	32	17.6	Albinism	27	14.8	Non-lethal
			Identical twins	3	1.6	Non-lethal
			Unequal twins	1	0.6	Sublethal
			Complete aplasia	1	0.6	Lethal
Head	1	0.6	Exencephaly (brain outside the skull)	1	0.6	Lethal
Eyes	27	14.8	Cyclopia	2	1.1	Lethal
			Sinophthalmia	5	2.7	Lethal
			Monophthalmia	5	2.7	Sublethal
			Anophthalmia	15	8.2	Lethal
Nose	7	3.8	Arhinia	6	3.3	Lethal
			Rhinodimo	1	0.6	Sublethal
Jaws	32	17.6	Lower Prognatia	14	7.7	Sublethal
			Agnathia	18	9.9	Lethal
Flippers	7	3.8	Monoamelia	2	1.1	Sublethal
			Front biamelia	1	0.6	Lethal
			Tetramelia	1	0.6	Lethal
			Flipper hypoplasia	2	1.1	Non-lethal
			Flipper bifurcation	1	0.6	Sublethal
Shell	76	41.7	Pressed / Irregular	49	26.9	Non-lethal
			Kyphosis	24	13.2	Non-lethal
			Shell hypoplasia	3	1.6	Sublethal

N = number of individuals; % = percentage of individuals.

Most of the turtles showed shell malformations (76 individuals) and only some in the flippers, nose and head (7, 7 and 1 individuals, respectively) (Table 1). The pressed shell was the most abundant type of malformation (49 turtles), followed by albinism (27 turtles) and kyphosis (24 turtles).

According to the aforementioned, unequal twins (Figure 4), complete aplasia, exencephaly (Figure 5), rhinodimo, biamelia, front tetramelia and fore flipper bifurcation were the less frequent malformations (all with one individual) ($\chi^2 = 348.46$, $P < 0.0001$) (Table 1).

Regarding its seriousness, there were five non-lethal malformations, seven sub-lethal and nine lethal (Table 1). The non-lethal malformations are those that do not directly affect the survival of individuals, such as pressed shell. Sub-lethal malformations can lower survival chance, although there have been adults who survive with these abnormalities (e.g. monoamelia). Finally, lethal malformations drastically decrease the probability of survival, even in the shell, for example, brain malformations (Figure 5), anophthalmia, cyclopia (Figure 6) and sinophthalmia (Figure 7).

Discussion

The clutch size and survival rate are located within the range recorded for this species⁴ and for studies in the area.^{33,38} The prevalence of malformations per nest (50%) is the highest of all those reported; however, the malformation prevalence per turtle is within the range of values assessed by other authors for Olive Ridley,^{10,30,33,38} loggerhead^{24,29,31} and green turtle,^{29,39} (Table 2).

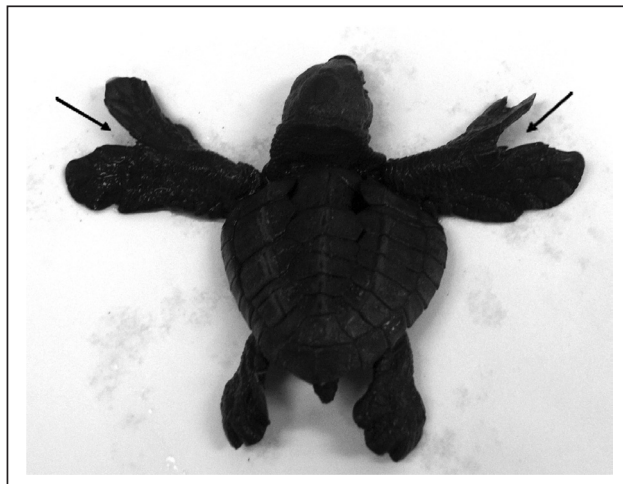


Figura 1: Neonato de tortuga golfinia (*L. olivacea*) que exhibe bifurcación de aletas anteriores (flechas).

Figure 1: Olive Ridley hatchling (*L. olivacea*) which exhibits bifurcation of the front flippers (arrows).

21 tipos, que se presentaron en siete regiones anatómicas. En las aletas se presentaron más tipos de malformaciones (cinco), la cabeza sólo presentó un tipo (Cuadro 1).

Se registraron tres nuevos tipos de malformaciones: bifurcación de aletas anteriores, biamelia anterior y rinodimo (Figuras 1, 2 y 3, respectivamente). Se observó que las 182 malformaciones registradas tuvieron una distribución significativamente diferente en las distintas regiones anatómicas ($\chi^2 = 150.77$; $P < 0.0001$).

La mayor cantidad de tortugas presentaron malformaciones en el caparazón (76 organismos) y sólo algunas en las aletas, narinas y cabeza (7, 7 y 1 organismos, respectivamente) (Cuadro 1). El caparazón comprimido fue el tipo de malformación más abundante (49 organismos), seguida de albinismo (27 organismos) y quifosis (24 organismos).

De acuerdo con lo anterior, gemelos desiguales (Figura 4), aplasia completa, exencefalia (Figura 5), rinodimo, biamelia anterior, tetramelia y bifurcación de aletas anteriores fueron las menos abundantes (todas con un organismo) ($\chi^2 = 348.46$; $P < 0.0001$) (Cuadro 1).

Respecto de su severidad, se registraron cinco malformaciones no letales, siete subletales y nueve letales (Cuadro 1). Las no letales son aquellas que no afectan directamente la supervivencia de los organismos, como el caparazón comprimido. Asimismo, las subletales pueden disminuir la probabilidad de supervivencia, aunque se han observado adultos que sobreviven con estas malformaciones (por ejemplo, monoamelia). Finalmente, las malformaciones letales disminuyen

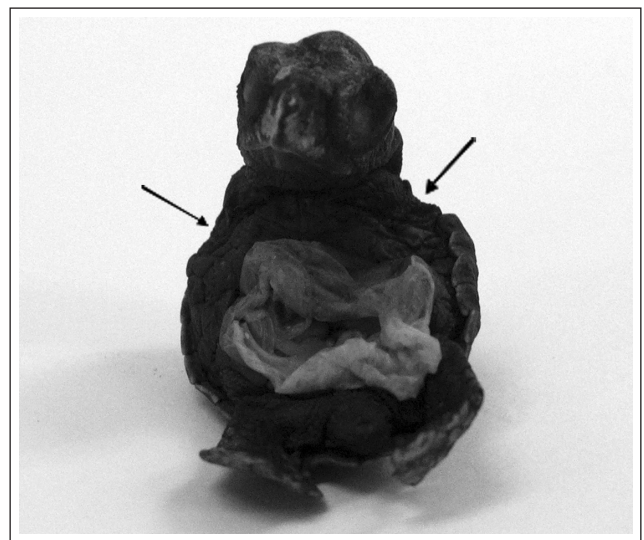


Figura 2: Embrión de tortuga golfinia (*L. olivacea*) con biamelia anterior (ausencia de las dos aletas anteriores) (flechas).

Figure 2: Olive Ridley embryo (*L. olivacea*) with front biamelia (absence of the two front flippers) (arrows).



Figura 3: Embrión de tortuga golfinia (*L. olivacea*) albino (ausencia de pigmentación en la piel) y rinodimo (con dos narices y cuatro fosas nasales) (flechas).

Figure 3: Olive Ridley embryo (*L. olivacea*) albino (no pigment in the skin) and rhinodimo (two noses and four nostrils) (arrows).

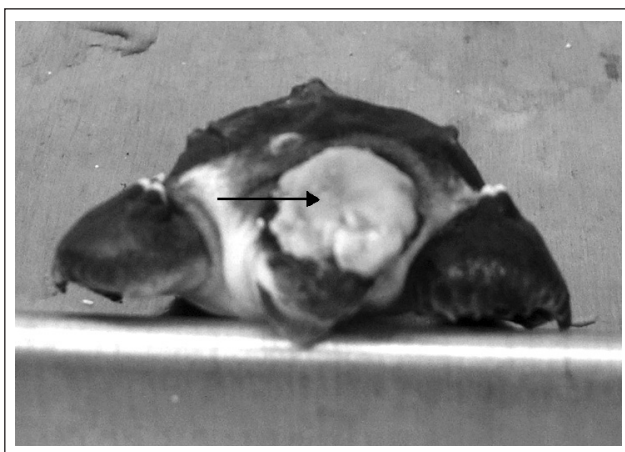


Figura 5. Embrión de tortuga golfinia (*L. olivacea*) con exencefalia (cerebro fuera del cráneo) (flecha).

Figure 5. Olive Ridley embryo (*L. olivacea*) with exencephaly (brain outside the skull) (arrow).

However, a difference was noticed with the type of samples taken by Kaska *et al.*,²⁹ who only examined embryos and the analysis was conducted in three consecutive seasons. Furthermore, the intensity of malformations per nest was twice that recorded for Olive Ridley in Litibu area, adjacent to Bahía de Banderas,³⁸ while the malformation intensity per turtle was higher than the one reported by Gularte for this species in Guatemala.³⁰ For Olive Ridley^{2,27,29,34} and loggerhead^{20,26,28} turtle there are 84 and 15 types of abnormalities recorded,^{10,23,24,29-31,33} respectively.

In addition to these malformations, this study found three new types of abnormalities for Olive Ridley turtle: front flipper bifurcation, front biamelia and rhinodimo (Figures 1, 2 and 3). Considering



Figura 4. Gemelos desiguales de embriones de tortuga golfinia (*L. olivacea*) que muestran tamaño y grado de desarrollo distintos.

Figure 4. Olive Ridley (*L. olivacea*) unequal twins embryos showing different size and grade of individual development.

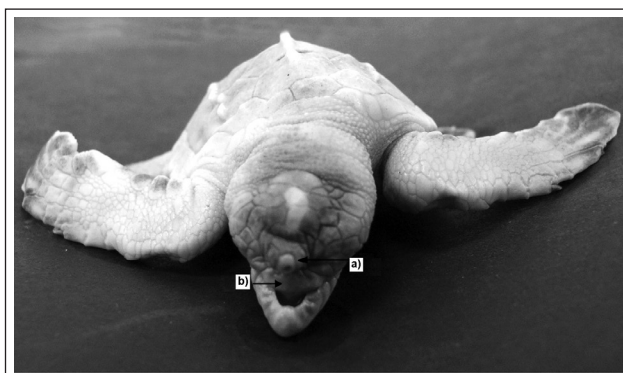


Figura 6. Embrión de tortuga golfinia (*L. olivacea*) albino, que exhibe: a) ciclopía (con un ojo) y b) arrinia (ausencia de nariz)

Figure 6. Olive Ridley embryo (*L. olivacea*), albino, which exhibits: a) cyclopia (single eye) and b) arhinia (no nose).

en forma drástica la probabilidad de supervivencia, incluso dentro del cascarón; por ejemplo, malformaciones del cerebro (Figura 5), anoftalmia, ciclopia (Figura 6) y sinoftalmia (Figura 7).

Discusión

El tamaño de la nidada y el porcentaje de sobrevivencia se ubican dentro del rango registrado para esta especie⁴ y en trabajos realizados en la región.^{33,38} La prevalencia de malformaciones por nido (50%) es la más alta de todas las que se informó; sin embargo, la prevalencia de malformaciones por organismo está dentro del rango de valores estimados por otros autores para tortuga golfinia,^{10,30,33,38} tortuga caguama^{24,29,31} y tortuga verde^{29,39} (Cuadro 2).

No obstante, se pudo evidenciar una discrepancia en el tipo de las muestras tomadas por Kaska *et al.*,²⁹ quienes sólo examinaron los embriones y el análisis se realizó en tres temporadas seguidas. Asimismo, la

the new types of deformities present in this study and previous records, 87 malformations have been determined for Olive Ridley turtle.

It is noted that the results of this study match those of most authors, regarding the frequency for anatomical region and the type of malformation, both for Olive Ridley and loggerhead turtles. The shell is the most affected anatomical region and pressed shell is the most frequent type of deformity.^{10,29-31,33}

The malformation levels in embryos and hatchlings for Olive Ridley turtle on the coasts of Nuevo Val-

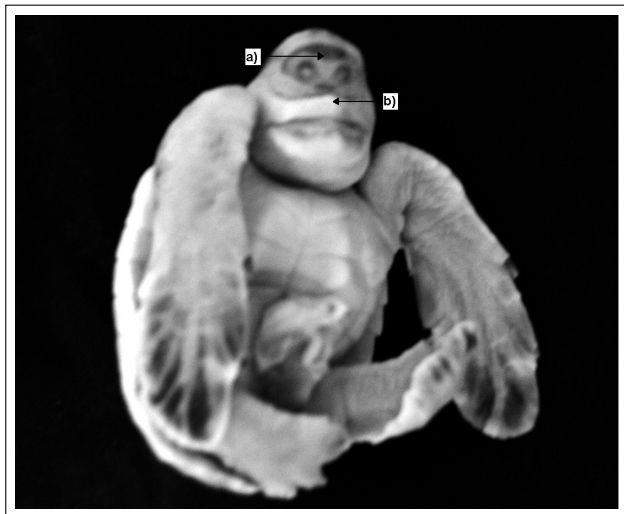


Figura 7. Embrión de tortuga golfina (*L. olivacea*) albino que presenta: a) sinofthalmia (dos globos oculares fusionados en su línea media en una cavidad orbitaria única) y b) arrhinia.

Figure 7. Olive Ridley embryo (*L. olivacea*), albino which presents: a) sinophthalmia (two eyeballs fused in the midline in a single orbital cavity) and b) arhinia.

intensidad de malformaciones por nido fue casi el doble de lo registrado para tortuga golfina en la zona de Litibú, aledaña a Bahía de Banderas,³⁸ mientras que la intensidad de malformaciones por organismo fue superior a lo informado por Gularte para esta especie en Guatemala.³⁰ Para tortuga golfina^{2,27,29,34} y tortuga caguama^{20,26,28} se tienen registrados 84 y 15 tipos de malformaciones,^{10,23,24,29,30,31,33} respectivamente.

En este estudio se encontraron, además de dichas malformaciones, tres nuevos tipos de malformaciones para tortuga golfina: aletas anteriores bifurcadas, biamelia anterior y rinodimo (Figuras 1, 2 y 3). Considerando los nuevos tipos de malformaciones presentes en este estudio y los registros de trabajos anteriores, se determinaron 87 malformaciones para tortuga golfina.

Respecto de la frecuencia para la región anatómica y para el tipo de malformación, se observa que los resultados de este trabajo coinciden con los de la mayoría de los autores, tanto para tortuga golfina como para tortuga caguama; el caparazón es la región anatómica mas afectada y el caparazón comprimido el tipo de malformación más frecuente.^{10,29-31,33}

Algunas malformaciones, como el albinismo, ausencia de un ojo o reducción de alguna aleta no son necesariamente letales. En este estudio el albinismo siempre se acompañó de otra malformación letal. Muchos embriones malformados mueren en etapas tempranas de su desarrollo. De los embriones malformados que se desarrollan, la mayoría son incapaces de salir de sus huevos como resultado de sus malformaciones,²⁹ ello explica que la mayoría de los embriones se encontraran muertos en sus huevos.

Cuadro 2
COMPARACIÓN DE LA PREVALENCIA E INTENSIDAD
DE LAS MALFORMACIONES
COMPARISON OF MALFORMATION PREVALENCE AND INTENSITY

Study	Species*	Location	Prevalence (%)		Intensity	
			Nest	Individual	Nest	Individual
Fowler ³⁹	Cm	Costa Rica	25.1	Ne	0.5	Ns
Drennen ²⁴	Cc	Alabama	11.7	0.17	Ns	Ns
Kaska <i>et al.</i> ²⁹	Cc	Turkey	Ns	8.1	Ns	Ns
Gularte ³⁰	Lo	Guatemala	Ns	0.57	Ns	1.0
Trejo ¹⁰	Lo	Jalisco	Ns	2.4	Ns	Ns
Carswell and Lewis ³¹	Cc	Florida	Ns	0.16	Ns	Ns
Ruiz ³³	Lo	Colima	Ns	1.5	Ns	Ns
Vargas ³⁸	Lo	Nayarit	6.5	0.11	1.5	Ns
This study	Lo	Nayarit	50.0	1.8	2.8	1.6

*Species: Lo = *Lepidochelys olivacea*, Cc = *Caretta caretta* and Cm = *Chelonia mydas*.
Ns = Non-specified

larta are much higher than those reported in previous studies (Table 2). Although little is known about the natural frequency or any natural or anthropogenic causes of malformations in embryos and hatchlings of sea turtles, they can result from genetic factors, incubation conditions or levels of contaminants in eggs.^{11-22,29,31,37}

Bishop *et al.*^{40,41} found a significant correlation between malformations in embryos and PBC concentrations in common snapping turtle eggs (*Chelydra serpentina*) in Lake Ontario, Canada. Moreover, Alan and Brim⁴² reported levels of pollutants such as PBC and heavy metals in loggerhead turtle eggs collected in Saint Vincent Island, Florida, United States of America.

Subsequently, Carswell and Lewis³¹ recorded the presence of malformations in the aforementioned place.²⁹ The presence of malformations is associated with high levels of contamination in freshwater turtles.

At the John Heinz National Wildlife Refuge there was an increase in the annual malformation rate, from 13% to 19% in nests of freshwater turtles (*Chelydra serpentina*), associated with the presence of high levels of polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs).²² The exposure to these contaminants reduces the survival of embryos and cause developmental malformations in the offspring. Some malformations, such as albinism, the absence of an eye or a flipper reduction are not necessarily lethal.

In this study albinism was always accompanied by another lethal malformation. Many deformed embryos die early in development. From the abnormal embryos that do develop, most are unable to leave their eggs as a result of their malformations,²⁹ which explain why most of the embryos were found dead-in-shell.

Following this vein, the predominant economic activities in the municipality of Bahía de Banderas are agriculture and fishing (57%), trade and tourism services (24%) and, finally, the secondary construction sector and manufacturing industry (19%),⁴³ which could potentially generate pollutants with teratogenic effects. In this area there is nautical traffic related to strong tourism (boat rides) and fishing (fishing relocation sites) activities, which is a potential source of hydrocarbon pollution.

Likewise, the existence of 9 277 ha of land destined for agricultural activities⁴³ could be contributing pollutants such as organochlorine pesticides, due to the connection between agricultural areas and the sea by the Ameca river. However, more studies are needed to substantiate the possible causal relationship between anthropogenic activities, the generation of pollutants and their teratogenic effects on the local fauna.

Los niveles de malformaciones en embriones y neonatos para tortuga golfina en las playas de Nuevo Vallarta están muy por encima de lo informado en estudios anteriores (Cuadro 2). Aunque se conoce poco sobre la frecuencia natural o de las posibles causas naturales o antropogénicas de las malformaciones en embriones y neonatos de tortugas marinas, éstas pueden ser consecuencia de factores genéticos, condiciones de incubación o niveles de contaminantes en los huevos.^{11-22,29,31,37}

Bishop *et al.*^{40,41} encontraron una correlación significativa entre malformaciones en embriones y concentraciones de PBC en los huevos de tortuga mordedora común (*Chelydra serpentina*) del Lago Ontario, Canadá. Asimismo, Alan y Brim⁴² documentaron niveles de contaminantes, como PBC y metales pesados en huevos de tortuga caguama recolectados en Saint Vincent Island, Florida, Estados Unidos de América.

Posteriormente, Carswell y Lewis³¹ registraron la presencia de malformaciones en dicho sitio.²⁹ En tortugas dulceacuícolas, la presencia de malformaciones está asociada a altos niveles de contaminación.

En el John Heinz National Wildlife Refuge se registró un incremento en la tasa anual de malformaciones, de 13% a 19% en los nidos de la tortuga dulceacuícola (*Chelydra serpentina*), asociadas con la presencia de altos niveles de hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAP).²² La exposición a este tipo de contaminantes reduce la sobrevivencia de los embriones y causa anormalidades en el desarrollo de las crías.

En este orden de ideas, las actividades económicas preponderantes en el municipio de Bahía de Banderas son las agropecuarias y de pesca (57%), el comercio y los servicios turísticos (24%) y, por último, el sector secundario de construcción e industria manufacturera (19%),⁴³ que potencialmente pueden generar contaminantes con efectos teratogénicos. En esta zona existe tráfico náutico relacionado con la fuerte actividad turística (paseos en lancha) y pesquera (traslado a sitios de pesca), lo cual constituye una potencial fuente de contaminación por hidrocarburos.

Asimismo, la existencia de 9 277 ha de tierra destinada para actividades agrícolas⁴³ pudiera estar aportando contaminantes, como plaguicidas organoclorados, debido a la conexión entre las zonas agropecuarias y el mar por medio del río Ameca. Sin embargo, aún hacen falta estudios para corroborar la posible relación causal entre las actividades antropogénicas, la generación de contaminantes y los efectos teratogénicos de éstos sobre la fauna marina de la zona.

Por último, es deseable asumir que un seguimiento a largo plazo de las malformaciones de embriones y neonatos de tortugas marinas, puede identificar cambios que indiquen una relación con los contaminantes

Finally, it is reasonable to assume that a desirable long-term monitoring of malformations in embryos and hatchlings of sea turtles, can identify changes that indicate a relationship with the contaminants and their respective effects.³¹ Following this, the inclusion of malformation reports, as part of the evaluation process of the nest, is recommended, since it could generate data suitable for future use in the assessment of temporal and geographic trends within the programs of sea turtle conservation.

Acknowledgements

The Instituto de Ecología and the Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas support during the completion of this work is thanked, especially MVZ Miguel Flores Peregrina, as well as students from the Instituto Tecnológico de Bahía de Banderas for their involvement in the laboratory and field work, primarily Carlomagno Zarate Montes and Abraham Ceja Gomez.

Referencias

- MÁRQUEZ MR. Las tortugas marinas y nuestro tiempo. 2ª ed. México DF: Fondo de Cultura Económica, 2000.
- WITHERINGTON B, FRAZER NB. Social and Economical Aspects of Sea Turtle Conservation. In: LUTZ PL, MUSICK JA, WYNEKEN J, editors. The Biology of Sea Turtles Vol II. Boca Raton, Florida: CRC Press, 2002: 355-384.
- MARQUEZ R, DIAZ J, GUZMAN V, BRAVO R, JIMENEZ MC. Marine Turtles of the Gulf of Mexico. Abundance, Distribution and Protection. In: CASO M, PISANTY I, EZCURRA E, editors. Special Publication Series No. 1. Environmental Analysis of the Gulf of Mexico. Texas A&M University-Corpus Christi: SEMARNAT-INE. INECOL. Harte Research Institute for Gulf of Mexico Studies, 2004: 89-107.
- MARQUEZ MR. FAO species catalogue. Vol. 11. Sea turtles of the world. An annotated and illustrated catalogue of sea turtle species known to date. Roma, FAO: FAO Fisheries Synopsis, 1990;110 (125):81.
- DIARIO OFICIAL DE LA FEDERACIÓN, 2002. NOM-059-SEMARNAT-2001. 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. 2ª sección. 6 marzo 2002,
- ECKERT KL, BJORN DAL KA, ABREU-GROBOIS FA, DONNELLY M, editores. Técnicas de Investigación y Manejo para la Conservación de las Tortugas Marinas. Pennsylvania: Grupo Especialista en Tortugas Marinas UICN/CSE Publicación No. 4, 2000: 235.
- BRISÑO-DUEÑAS R, ABREU-GROBOIS FA. Las Tortugas Marinas y sus Playas de Anidación. Mazatlán (Sinaloa) México: Informe Final del Proyecto UNAM-CONABIO PO66, Octubre de 1994: 57.

y sus respectivos impactos.³¹ Como consecuencia de lo anterior, se recomienda la inclusión del informe de malformaciones como parte del proceso de evaluación del nido, con aquél se podrían generar datos adecuados para ser usados en lo futuro para la valoración de las tendencias temporales y geográficas dentro de los programas de conservación de tortugas marinas.

Agradecimientos

Se agradece al Instituto Nacional de Ecología y a la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas el apoyo brindado durante la realización de este trabajo, en especial al MVZ Miguel Flores Peregrina, así como a los estudiantes del Instituto Tecnológico de Bahía de Banderas por su participación en el trabajo de campo y laboratorio, principalmente a Carlomagno Zárate Montes y Abraham Ceja Gómez.

- ROMERO JJ. Informe de temporada 2004 del Centro de Protección y Conservación de la tortuga marina "Nuevo Vallarta", Bahía de Banderas, Nayarit. Reporte técnico. Nayarit, México: INE- SEMARNAT, 2005.
- BELL BA, SPOTILA JR, PALADINO FV, REINA RD. Low reproductive success of leatherback turtles, *Dermochelys coriacea*, is due to high embryonic mortality. Biol Conservation 2003; 115: 131-138.
- TREJO RJA. Mortalidad embrionaria en nidos protegidos de tortuga golfinia *Lepidochelys olivacea* en La Reserva "Playón de Mismaloya" Jalisco, México (tesis de maestría). Colima (Colima) México: Universidad de Colima, 2000.
- LIMPUS CJ, BAKER V, MILLER JD. Movement induced mortality of loggerhead eggs. Herpetológica 1979; 35:335-338.
- KRAEMERJE, BELL R. Rain induced mortality of eggs and hatchlings of loggerhead sea turtle (*Caretta caretta*) on the Georgia coast. Herpetológica 1980; 36:72-77.
- ACKERMAN R. Physiological and ecological aspects of gas exchange by sea turtles eggs. Am Zool 1980; 25:575-583.
- ACKERMAN R. Oxygen consumption by sea turtle *Chelonia mydas*, *Caretta caretta* eggs during development. Physiol Zool 1981; 54:316-324.
- ACUÑA MR. El éxito del desarrollo de los huevos de la tortuga marina *Lepidochelys olivacea* (Eschscholtz, 1829) en la playa Ostional, Costa Rica. Brenesia 1983; 21:371-385.
- CABRAL MT, CUEVAS LB, DOMÍNGUEZ RG, GARCÍA RA, SÁNCHEZ LV, SANTOS BG. Efecto de las diferentes temperaturas (15, 25, 30 y 35°C) sobre el desarrollo embrionario de la tortuga laúd *Dermochelys coriacea*. Memorias del V Encuentro Interuniversitario Sobre Tortugas Marinas en México; 1988 junio 8-11; Morelia (Michoacán) México. Morelia (Michoacán) México: Universidad Michoacana de San Nicolás, 1988: 290.
- HORROKS JA, SCOTT NMAC. Nest site location and

- nest success in the hawksbill turtle *Eretmochelys imbricate* in Barbados, West Indies. Mar Ecol Prog Ser 1991; 69:1-8.
18. GALVÁN PVH. Estudio de la mortalidad embrionaria de *Lepidochelys olivacea* en nidos incubados seminaturalmente en el Playón de Mismaloya, Jalisco, México (tesis de licenciatura). Zapopan (Jalisco) México: Universidad de Guadalajara, 1991.
 19. DAY RD. Mercury in loggerhead sea turtles, *Caretta caretta*: developing monitoring strategies, investigating factors affecting contamination, and assessing health impacts (dissertation). Columbia (SC): College of Charleston, 2003.
 20. DAY RD, SEGARS AL, ARENDT MD, LEE AM, PEDEN-ADAMS MM. Relationship of Blood Mercury Levels to Health Parameters in the Loggerhead Sea Turtle (*Caretta caretta*). Environ Health Perspect, 2007; 115: 10, 1421-1428.
 21. PODREKA S, GEORGES A, MAHER B, LIMPUS CJ. The Environmental Contaminant DDE Fails to Influence the Outcome of Sexual Differentiation in the Marine Turtle *Chelonia mydas*. Environ Health Perspect 1998; 106: 4, 185-188.
 22. VAN METER RJ, SPOTILA JR, AVERY HW. Polycyclic aromatic hydrocarbons affect survival and development of common snapping turtle (*Chelydra serpentina*) embryos and hatchlings. Environ Pollut 2006; 142:466-475.
 23. MILLER JD. Embryology of Marine Turtles. In: GANS C, NORTH CUTT RG, ULINSKY P, editors. Biology of the Reptilia. London and New York: Academic Press, 1985; 14:269-328.
 24. DRENEN JD. Occurrence of Physical Abnormalities in *Caretta caretta* at Hobe Sound National Wildlife Refuge, 1987 and 1988. Marine Turtle Newsletter [serie online] 1990 Jun [cited: 2007 abr 27]. Available from: <http://www.seaturtle.org/mtn/archives/mtn48/mtn48p19.shtml>.
 25. DODD CK Jr. Synopsis of the biological of the loggerhead sea turtle, *Caretta caretta* (Linnaeus 1758). US Fish & Wildl Serv, Biological Report 1988; 88(14):1-110.
 26. MCGEE MA. Factors affecting the hatching success of loggerhead sea turtle eggs (*Caretta caretta*) (dissertation). Orlando (FL): University Central Florida, 1979.
 27. EWERT MA. The embryo and its egg: development and natural history. In: HARLESS M, MORLOCK H, editors. Turtles: Perspectives and Research. Wiley, New York: Krieger Publishing Company Press, 1979:333-413.
 28. BLANCK CE, SAWYER RH. Hatchery practices in relation to early embryology of the loggerhead sea turtle, *Caretta caretta* (L.). J Exp Mar Biol Ecol 1981; 49:163-177.
 29. KASKA Y, FURNESS R, DOWNIE R. Abnormal development in sea turtle embryos. In: ABREU-GROBOIS FA, BRISENO-DUENAS RR, MARQUEZ MR, SARTI L, compilers. NOAA Technical Memorandum NMFS-SEFCS-436. Proceedings of the Eighteenth Annual Sea Turtle Biology and Conservation; 1998 Mar 3-7; Mazatlan (Sinaloa) Mexico. Mazatlan (Sinaloa) Mexico: UNAM, 1998: 271-272.
 30. GULARTE WE. Deformities in Hatchling Olive Ridleys. In: MOSIER A, FOLEY A, BROST B, compilers. NOAA Technical Memorandum NMFS-SEFCS-477. Proceedings of the Twentieth Annual Sea Turtle Biology and Conservation; 2000 Feb 29- Mar 4; Orlando (Florida) USA. Orlando (Florida) USA: NOAA-NMFS, 2000: 156.
 31. CARSWELL LP, LEWIS TE. Embryo and hatchling abnormalities in loggerhead sea turtles on St. Vincent Island, Florida. In: SEMINOFF JA, compiler. NOAA Technical Memorandum NMFS-SEFCS-503. Proceedings of the Twenty-Second Annual Symposium on Sea Turtle Biology and Conservation; 2003 Abr 4-7; Miami (Florida) USA. Miami (Florida) USA: NOAA-NMFS, 2002: 185-186.
 32. PLOTKIN PT, editor. Biology and conservation of ridley sea turtles. Maryland U.S.A. The Johns Hopkins University Press, 2007.
 33. RUIZ VM. Evaluación del avivamiento y proporción de sexos en embriones y neonatos de tortuga golfina (*Lepidochelys olivacea*), en condiciones supervisadas en el campamento tortuguero de Manzanillo, Colima (tesis de licenciatura). Colima (Colima) México: Universidad de Colima, 2002.
 34. HERNÁNDEZ AX. Epibiontes en Hembras Anidadoras de Tortuga Golfina (*Lepidochelys olivacea*) en Nuevo Vallarta, Nayarit (tesis de licenciatura). La Cruz de Huanacaxtle (Nayarit) México: Instituto Tecnológico de Bahía de Banderas, 2007.
 35. MARGOLIS L, ESCH GW, HOLMES JC, ILONS AM, SCHAD GA. The use of ecological terms in parasitology. J Parasitol 1982; 18: 131-141.
 36. SOKAL R, ROHLF J. Introducción a la Bioestadística. México (DF): Reverté Ediciones, S A de C V, 1999.
 37. BELL AB. The effects of crude oil contamination on the reproduction of freshwater turtles (dissertation). Philadelphia (PA): Drexel University, 2005.
 38. VARGAS SM. Campamento de protección y conservación de tortugas marinas en las playas de la ensenada de Litubú, Nayarit (memoria de residencia profesional). La Cruz de Huanacaxtle (Nayarit) México: Instituto Tecnológico del Mar No 6, 2004.
 39. FOWLER LE. Hatching Success and Nest Predation in the Green Sea Turtle, *Chelonia mydas*, at Tortuguero, Costa Rica. Ecology 1979; 60:946-955.
 40. BISHOP CA, BROOKS RJ, CAREY JH, MING P, NORSTROM RJ, LEAN DRS. The case for a cause-effect linkage between chemical contamination and development in eggs of the common snapping turtle (*Chelydra serpentina*) from Ontario, Canada. J Toxicol Environ Health 1991; 33:521-547.
 41. BISHOP CA, BROWN GP, BROOKS RJ, LEAN DRS, CAREY JH. Organochlorine contaminant concentrations in eggs and their relationship to body size and clutch characteristics of the female common snapping turtle (*Chelydra serpentina*) in Lake Ontario, Canada. Arch Environ Contam Toxicol 1994; 27:82-87.
 42. ALAM SK, BRIM MS. Organochlorine, PCB, PAH, and metal concentrations in eggs of loggerhead sea turtles (*Caretta caretta*) from Northwest Florida, USA. J Environ Sci Health B 2000; 35:705-724.
 43. ANÓNIMO. Plan Municipal de Desarrollo Bahía de Banderas 2008-2011. Tepic, Nay: H. VII Ayuntamiento Bahía de Banderas, 2008.