

RECURSOS NATURALES Y AMBIENTE

Malformaciones congénitas en embriones y neonatos de la tortuga marina Paslama (*Lepidochelys olivácea*, Eschscholtz, 1829) relocados en viveros

Congenital malformations in embryos and neonates of Paslama sea turtle (*Lepidochelys olivacea*, Eschscholtz, 1829) relocated to nurseries

Alessandro Gómez-Santana¹, Oscar González-Quiroz²

¹ Licenciado en Biología, ORCID: <https://orcid.org/0009-0004-6774-1898/alessandro.gomez18@gmail.com>

² Doctor en Ecología, Conservación y Restauración de Ecosistemas, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2775-801X/oscar.gonzalez@ct.unanleon.edu.ni>

*Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua, León (UNAN-León)



RESUMEN

El presente estudio recopiló datos acerca de las malformaciones congénitas presentes en embriones y neonatos de tortugas marinas, en nidos relocados dentro de viveros con dos formas distintas de incubación (tradicional y en saco), en las comunidades de Las Peñitas y Salinas Grandes, durante la temporada de anidación 2019-2020. Los tipos de malformaciones fueron identificadas a través de comparación de ilustraciones que muestran 48 diferentes tipos de anomalías congénitas. Se trabajó con una muestra de 49 nidos por vivero, se revisó a los neonatos recién nacidos y dos días después se exhumaron los huevos que no eclosionaron. También se calcularon los índices de prevalencia e intensidad de malformaciones. Se identificaron 29 tipos de malformaciones, distribuidas entre los viveros de la siguiente manera: 16 para la muestra de Las Peñitas y 27 para la muestra de Salinas Grandes. Las malformaciones más frecuentes fueron los problemas de pigmentación y deformaciones en estructuras óseas, donde muchos de estos casos venían acompañados de otras anomalías en estructuras importantes como nariz, aletas, ojos, etc. La prevalencia registrada en Las Peñitas es de 6.9 %, con una intensidad de 1.62 malformaciones por organismo, en cambio, para Salinas Grandes se presentó una prevalencia de 5.2 % y una intensidad de 1.99 malformaciones por organismo. Los valores de malformaciones obtenidos en esta investigación son superiores a los reportados en otras playas de la región.

Palabras clave: malformaciones congénitas, prevalencia, intensidad, tortugas marinas, neonatos.

ABSTRACT

This study collected congenital malformations data in embryos and hatchlings of sea turtle in nests within hatcheries with two forms of incubation (traditional and in sack), in Las Peñitas and Salinas Grandes communities during the nesting season 2019-2020. The sample size was 49 nests per nursery, where newborns were checked immediately and 2 days later the eggs that did not hatch were exhumed. The types of malformations were identified through the comparison of illustrations showing 48 different types of congenital anomalies. The prevalence and intensity of malformations rates were also calculated. A total of 29 types of malformations were identified, distributed among the nurseries as follows: 16 for the Las Peñitas sample and 27 for the Salinas Grandes sample. The most frequent malformations were pigmentation problems and deformations in bone structures, where many of these cases were accompanied by other anomalies in important structures (nose, fins, eyes, etc). The malformation prevalence was 6.9 %, with an intensity of 1.62 malformations per organism in Las Peñitas. meanwhile, congenital abnormalities prevalence was 5.2 % with an intensity of 1.99 malformations per organism in Salinas Grandes. In summary, the malformation prevalence was higher in this study compared to other studies conducted in the region.

Keywords: Congenital malformations, prevalence, intensity, sea turtles, neonates.

Recibido: 3 de marzo del 2023
Aceptado: 15 de junio del 2023



© Copyright 2023. Universidad Nacional Agraria (UNA).

Los artículos de la revista La Calera de la Universidad Nacional Agraria, Nicaragua, se comparten bajo términos de la licencia Creative Commons: Reconocimiento, No Comercial, Compartir Igual. Las autorizaciones adicionales a las aquí delimitadas se pueden obtener en el correo donald.juarez@ci.una.edu.ni

RECURSOS NATURALES Y AMBIENTE

A escala mundial las poblaciones de tortugas marinas se encuentran severamente afectadas por diversas circunstancias, siendo las principales de origen antropogénico (Bárceñas y Maldonado, 2009; Martín-Del-Campo y García-Gasca, 2019). Todas las especies están clasificadas en peligro de extinción y además incluidas en la lista roja de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN) y en el apéndice I de los acuerdos de la Convención Internacional para el Comercio de Fauna y Flora Silvestre Amenazada (CITES) (Dow y Eckert, 2011).

Para la conservación de las tortugas marinas, se están implementando planes y estrategias a escala local, regional y global (Arzola-González, 2007; Hamann *et al.*, 2010). En el caso de Nicaragua, se trabaja por la conservación y protección de cinco de las siete especies de tortugas marinas existentes, a través de acciones como la investigación, el desarrollo y ejecución de planes, estrategias de conservación del mar, protección de las playas de anidación, búsquedas de alternativas económicas a los pobladores que viven del medio marino y monitoreo y control del comercio de tortugas ([Fauna y Flora Internacional y Ministerio del Ambiente y los Recursos Naturales] (FFI y MARENA, 2004); Jameson *et al.* (2019).

Otra estrategia de conservación y protección es la incubación de huevos de tortugas marinas en viveros que recrean las características propias de los nidos y su ambiente natural de incubación, como lo indica el Ministerio del Ambiente y los Recursos Naturales (MARENA, 2021). Se igualan las condiciones del medio natural, las cuales son complejas y dinámicas, donde interactúan diversos factores físicos-químicos (temperatura, humedad, salinidad, granulometría del sustrato, pH, etc.) y biológicos (vegetación, predadores) que intervienen en el proceso del desarrollo embrionario (Abdo-de la Parra *et al.*, 2012; Abella, 2010; Peñalba y Rios, 2013).

Los esfuerzos de conservación se ven constantemente amenazados por diversas causas, destacando la sobrepesca, la destrucción del hábitat y la contaminación (Bolongaro Crevenna *et al.*, 2010; Bugoni *et al.*, 2001; Contreras, 2016; Mazaris *et al.*, 2017; J. Perrault *et al.*, 2011). Las escorrentías de productos químicos y fertilizantes, vertidos domésticos e industriales y lavados de suelos que generan erosión y sedimentación en las zonas marinas costeras impactan negativamente a los ecosistemas marinos, afectando directa o indirectamente a las tortugas marinas y sus poblaciones (CIT Secretaría, 2006). Estos contaminantes son en muchas ocasiones el inicio de procesos de malformación (Bárceñas y Maldonado, 2009).

Otros factores que causan las malformaciones pueden ser agentes microscópicos como virus y bacterias; los virus al incorporar material genético en el genoma del embrión, generando problemas durante síntesis de proteínas; las bacterias, por su parte, se incorporan durante la organogénesis, causando lesiones muy graves (Rojas y Walker, 2012).

En Nicaragua no se cuenta con estudios científicos enfocados en malformaciones congénitas de embriones y neonatos de tortugas marinas. Resulta de vital importancia analizar los tipos de malformaciones congénitas en embriones y neonatos de *Lepidochelys olivacea* relocalizados en vivero, tomando en cuenta la intensidad y prevalencia de las malformaciones, las pérdidas que se obtienen por las muertes que estas ocasionan y el papel que jugamos durante el manejo de los huevos en viveros. Esta investigación presenta los primeros datos sobre las malformaciones congénitas registradas en viveros de tortugas marinas de siembra tradicional (directamente en arena) y siembra en saco (plástico o yute). También servirá de base para estudios a largo plazo de la salud de la población de tortugas anidantes en Nicaragua.

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio. El estudio se realizó en las playas de la Reserva Natural Isla Juan Venado y su zona de amortiguamiento ubicada en el Municipio de León (Figura 1), Departamento de León, dentro de los viveros Ulises en Las Peñitas (UTM 498985E – 1365332N) y El Charco en Salinas Grandes (UTM 518247E -1353284N), en la costa del Pacífico, a 120 km de Managua, capital de Nicaragua.

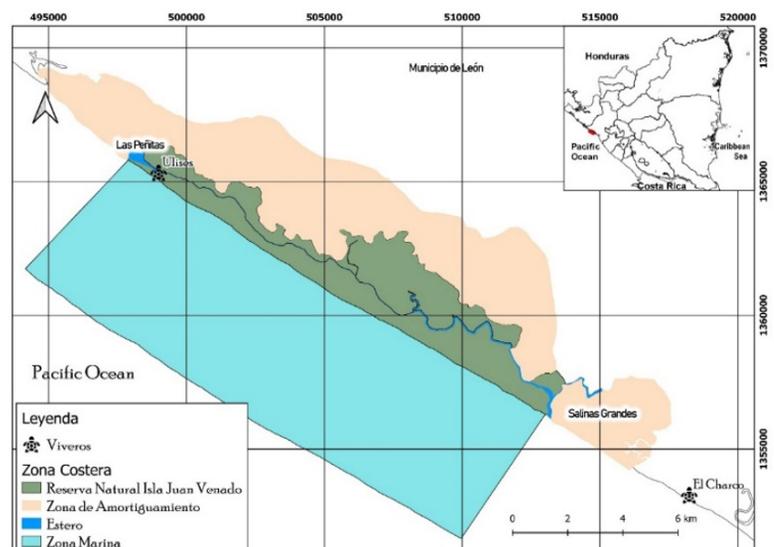


Figura 1. Zonas costeras de Las Peñitas y Salinas Grandes.

RECURSOS NATURALES Y AMBIENTE

En el período de recolecta de la información, se contabilizaron 388 nidos de *L. olivacea*, como población de estudio, la que corresponde al total de relocalizaciones entre los viveros Ulises de Las Peñitas (Reserva Natural Isla Juan Venado) y el vivero El Charco en Salinas Grandes (área de amortiguamiento). La muestra fue extraída de 98 nidos (49 nidos por vivero), donde se valoró huevos que presentaron embriones formados, así como neonatos vivos y muertos encontrados en cada nido relocalizado.

Colecta de datos. Fue realizada por medio de observación directa. Los datos se incorporaron a una matriz donde se incluyó la localización del nido, número de huevos por nido relocalizado, huevos eclosionados, huevos no eclosionados, neonatos vivos y neonatos muertos. Se anexó información sobre los neonatos de *L. olivacea* y los nidos donde estos fueron reubicados, de igual forma, se examinó entre dos y cuatro días después, aquellos huevos que después de la fecha estimada para el nacimiento no lograron comenzar o terminar el proceso de gestación. Se colectaron embriones y neonatos de *L. olivacea* con distintas malformaciones y se preservaron en formalina al 40 % como muestras en el laboratorio de zoología del departamento de Biología de la Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua (UNAN-León).

Los individuos con malformaciones congénitas identificados en los viveros se compararon con el material suplementario propuesto por Bárcenas-Ibarra *et al.* (2015) y las ilustraciones elaboradas por Cañón y Orozco (2004). La primera contiene ilustraciones de 48 tipos de malformaciones encontradas en embriones y neonatos de tortugas marinas y la segunda, las diferenciaciones que presenta cada estadio dentro del huevo.

Los datos registrados fueron almacenados en el programa Microsoft Excel, en su versión 2013. La base de dato se trabajó en un formato de tabla previamente diseñado. El análisis descriptivo fue realizado con el software Rstudio (de acceso libre). En cuanto a las malformaciones congénitas se empleó el índice de *Prevalencia*, que muestra la proporción de organismos en los que se observó al menos una malformación.

$$Prevalencia = \frac{\text{Número de Organismo con Malformaciones}}{\text{Total de Organismos Revisados}} \times 100$$

Se calculó el Índice *Intensidad* para determinar la cantidad de malformaciones que se observan por individuo.

$$Intensidad = \frac{\text{Número de Malformaciones Encontradas}}{\text{Número de Organismos con Malformaciones}}$$

Severidad de las malformaciones congénitas. En base a la severidad que representa cada uno de los tipos de malformaciones, se realizó una clasificación con las categorías de no letal, sub- letal y letal.

RESULTADO Y DISCUSIÓN

Éxito de eclosión. En el período de septiembre 2019 a febrero 2020, se revisaron 98 nidos entre los viveros Ulises y El Charco (49 nidos por sitio). Se contabilizaron 8 760 huevos relocalizados entre ambos sitios. De los 49 nidos monitoreados en el vivero Ulises, se registró un total de 4 176 huevos y un promedio de 85 ± 1.4 huevos/nidos. Para el vivero El Charco se obtuvo un total de 4 584 huevos, con un promedio de 94 ± 2.3 huevos/nidos. Los valores promedios encontrados son similares a los reportados por Cortez Reyes y González Pérez (2020), quienes trabajaron con 98 nidos dentro de la Reserva Natural Isla Juan Venado, contabilizando 8 405 huevos con un promedio de 85.7 huevos/nidos, así como a los datos de Bárcenas y Maldonado (2009), que contabilizaron 100 nidos con 8 624 huevos y un promedio de 86.2 ± 2.0 huevos/nidos; ambos estudios fueron realizados con la especie *L. olivacea*.

En el vivero Ulises se obtuvo una supervivencia del 76 %. Se contabilizaron 3 159 neonatos, 451 huevos sin desarrollo embrionario (HSDE), 566 huevos con desarrollo embrionario (HCDE). De estos últimos, 34 huevos en estadio I, 49 huevos en estadio II, 180 en estadio III y 303 en estadio IV. Además se registraron 60 huevos con larvas y 339 con presencia de hongos.

Esta ultima problemática es posible cuando los niveles de humedad en la arena y por ende dentro del nido se encuentran por encima de lo requerido para el éxito de eclosion y que en conjunto con de otros factores externos (como la estructura del vivero y las condiciones ambientales de la temporada), pueden crear las condiciones propicias para la proliferación de hongos en la nidada. Dentro del periodo de muestreo, durante los meses de septiembre y octubre (INETER, 2019a, 2019b) se presentó un aumento en las precipitaciones dentro del país, específicamente la zona occidental del pacífico registro 454 mm de lluvia, muy cercano a las normas historicas registradas en años anteriores, presentando bajas a partir del mes de noviembre del mismo año, así lo indica el Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales (INETER, 2019c).

A esta problemática habría que agregar que la estructura del viveo Ulises era completamente cerrada, lo que, si bien redujo considerablemente la entrada de moscas saprófitas, esta no fue muy eficiente a la hora de evitar el exceso de humedad dentro del vivero, pues la proliferación de hongos en la cascarilla del huevo fue mucho mayor. Por esta razón se recomienda que las estructuras no sean completamente cerrada y que permitan la circulación del aire y la caída libre del agua (CIT Secretaría, 2008). Otro factor que puede provocar incremento de riesgo de contaminación por microorganismo es la presencia de huevos infértiles dentro de los nidos, ya que al ser infértiles entran rápidamente en estado de descomposición invadiendo los huevos viables y por ende afectando el éxito de emergencia (Abella, 2010).

RECURSOS NATURALES Y AMBIENTE

En el vivero El Charco se registró una supervivencia del 85 %; se contabilizaron 3 869 neonatos de tortuga marina, 295 huevos sin desarrollo embrionario y 420 huevos con desarrollo embrionario; de estos últimos, 42 huevos se encontraron en estadio I, 33 huevos en estadio II, 54 en estadio III y 291 en estadio IV de eclosión embrionaria. También se documentó la presencia de larvas y hongos en los nidos de dicho sitio y se reportó la presencia de 184 huevos con larvas de mosca y 134 huevos con presencia de hongos. A diferencia del vivero Ulises, en El Charco, al poseer una estructura un poco más abierta, permitió la circulación del aire, así como la caída libre del agua, sin embargo, esto acrecentó la presencia de larvas de mosca saprófitas.

Si bien el comportamiento de hongos y larvas en Ulises y El Charco, cambió según el viveros, no se puede atribuir del todo estas problemáticas a las estructura de estos, pues, se sabe que de forma general, los testudíneos marinos son susceptibles a enfermedades parasitarias, ignorándose en la mayoría de los casos el daño que estas pueden ocasionar a las poblaciones (Gámez *et al.*, 2006), así mismo, los insectos tratan de introducirse en los nidos, principalmente las moscas pueden ovopositar en los primeros días de eclosión, así como al final de ésta, siendo atraídas principalmente por el mucus de las hembras al inicio de la puesta o por el líquido neonatal liberado de los tortuguillos a la hora de los nacimientos (CIT Secretaría, 2008).

Por tal razón no se puede decir que una estructura supera a la otra, sin embargo, una mezcla adecuada entre ambas estructuras brinda seguridad y un buen control. Instalaciones abiertas o semi abiertas complementadas con una canasta de cedazo galvanizado en cada nido, evita alta humedad dentro de los nidos y la proliferación de hongos, así como evita que los insectos parasiten los nidos (Chacón *et al.*, 2000, 2007; Sarti *et al.*, 2006).

Malformaciones congénitas en *L. olivacea*. se identificaron 29 tipos de malformaciones *L. olivacea* (Cuadro 1 y 2). Para ambos sitios, la mayoría de las malformaciones en los organismos se observaron en el estadio IV de eclosión embrionaria.

Estos resultados son similares a los reportados por Bárcenas y Maldonado (2009), quienes señalan la presencia de malformaciones solo en los estadios IV. Todos los embriones en estadio IV estaban muertos, lo que concuerda con Cañón y Orozco (2004) y Galvan Piña (1991), pues indican que la mayor cantidad de muertes en los embriones se da en los estadios III y IV, estadios que comprenden el último período de incubación, el que es catalogado como el momento en que la supervivencia se ve afectada mayormente por variables como la humedad y la temperatura (Peñalba y Rios, 2013).

Severidad de las malformaciones congénitas. En el vivero Ulises se registraron 421 individuos con malformaciones agrupadas en 16 tipos y presentes en seis regiones anatómicas; cinco se clasifican como no letales, siete son sub-letales y cuatro se consideran como letales (Cuadro 1).

En el vivero El Charco se registraron 447 individuos con malformaciones agrupadas en 28 tipos y presentes en siete regiones anatómicas, donde siete se clasifican como no letales, 10 como sub-letales y 11 se consideran como letales (Cuadro 2). Los valores reportados en esta investigación son similares a los registrados por Bárcenas y Maldonado (2009), al contabilizar 182 malformaciones congénitas en neonatos y de tortugas marinas, agrupadas en 21 tipos, cinco de ellas consideradas como no letales, siete como sub- letales y nueve como letales (estas malformaciones se localizaron en siete regiones anatómicas).

Cuadro 1. Número y proporción de malformaciones por región anatómica, por tipo y nivel de severidad, vivero Ulises

Región anatómica	N	Porcentaje	Tipo de malformación	N	Porcentaje	Severidad
General	192	45.6	Albinismo parcial	167	39.7	No letal
			Enanismo	24	5.7	Sub-letal
			Onfalópagos	1	0.2	Letal
Cabeza	1	0.2	Encelofacele	1	0.2	Sub-letal
Ojos	16	3.8	Macroftalmia	12	2.9	Sub-letal
			Sinofthalmia	3	0.7	Letal
			Macroftalmia	1	0.2	Sub-letal
Nariz	1	0.3	Arhinia	1	0.2	Letal
			Focomelia	3	0.7	Sub-letal
Aletas	6	1.4	Hiperflexión	2	0.5	Sub-letal
			Amelia	1	0.2	Sub-letal
			Caparazón comprimido	115	27.3	No letal
Caparazón	205	48.7	Deformación de huesos	49	11.6	No letal
			Cifosis	23	5.5	No letal
			Escoliosis	17	4.0	No letal
			Metaplasia del plastrón	1	0.2	Letal

N= Número de individuos.

Existen factores biológicos como las afectaciones por virus y bacterias que pueden generar malformaciones. De acuerdo con Rojas y Walker (2012) los virus pueden incorporar su material genético en el genoma del embrión, generando problemas durante la síntesis de proteínas. Estos mismos autores también consideran que las bacterias se incorporan durante la organogénesis, causando lesiones muy graves; sin embargo, el papel que puedan tener virus y bacterias todavía es un tema de controversia entre investigadores, ya que la mayoría señalan como principal causa de malformación en el desarrollo embrionario en los reptiles, a los contaminantes, pues sugieren que existe una relación entre la tasa de malformación y la contaminación del sitio (Bell *et al.*, 2006).

Las malformaciones y otras enfermedades, tanto en tortugas como en otras especies marinas, ha sido relacionada con la contaminación ambiental destacando grandemente los Contaminantes Orgánicos Persistentes (COP) o Contaminantes

RECURSOS NATURALES Y AMBIENTE

Tóxicos Persistentes (CTP) (Camacho Rodríguez, 2013; Perrault *et al.*, 2011). Estas son sustancias xenobióticas, muy difíciles de eliminar o transformar a sus formas inocuas, poseen alta capacidad de bioacumulación y biomagnificación en las cadenas alimenticias, especialmente en los tejidos adiposos, afectando la homeostasis en los organismos, por lo que son considerados disruptores endocrinos (Bell *et al.*, 2006; Botello *et al.*, 2014). En el caso de las tortugas marinas, están expuestas a la contaminación en las distintas etapas de su vida, por lo que, terminan siendo susceptibles o vulnerables a dichas sustancias (Bologaro Crevenna *et al.*, 2010).

Cuadro 2. Número y proporción de malformaciones por región anatómica, por tipo y nivel de severidad, vivero El Charco

Región anatómica	N	Porcentaje	Tipo de malformación	N	Porcentaje	Severidad
General	206	46.1	Albinismo parcial	182	40.7	No letal
			Albinismo parcial	11	2.5	No letal
			Enanismo	10	2.2	Sub-letal
			Anasarca	2	0.4	Letal
			Onfalópagos	1	0.2	Letal
Cabeza	20	4.5	Prosoposquisis	8	1.8	Letal
			Encelofacele	5	1.1	Sub-letal
			Acefalia	3	0.7	Letal
			Anencefalia	3	0.7	Letal
			Excencefalia	1	0.2	Letal
Ojos	34	7.6	Macroftalmia	18	4.0	Sub-letal
			Anoftalmia	8	1.8	No letal
			Sinoftalmia	6	1.3	Letal
			Microftalmia	2	0.4	Sub-letal
Nariz	12	2.7	Rinocefalia	9	2.0	Letal
			Agnacia	6	1.3	Letal
Mandíbula	19	4.2	Arhinia	3	0.7	Letal
			Laterognacia	6	1.3	Sub-letal
			Prognatismo	4	0.9	Sub-letal
			Gnotiquisis	2	0.4	Sub-letal
			Braquignacia	1	0.2	Sub-letal
Aletas	4	0.9	Amelia	2	0.4	Sub-letal
			Focomelia	2	0.4	Sub-letal
Caparazón	152	34.0	Caparazón comprimido	90	20.1	No letal
			Escoliosis	41	9.2	No letal
			Cifosis	8	1.8	No letal
			Metaplasia del plastrón	8	1.8	Letal
			Deformación de huesos	5	1.1	No letal

N= Número de individuos.

Las interacciones con compuestos Contaminantes Orgánicos Persistentes o Contaminantes Tóxicos Persistentes pueden estar presente desde el inicio del proceso de formación embrionaria, transfiriendo las hembras gran parte de los contaminantes al momento de la puesta, en el contenido de los huevos (Camacho Rodríguez, 2013). Bell *et al.* (2006) expresan que la participación del macho también puede influir, pues algunos machos pueden acumular mayor contenido de estas sustancias en sus testículos, por lo que desde un principio puede ocurrir la unión de espermatozoide que presenta ADN dañado con el ovulo de la hembra. Sin embargo, es difícil saber hasta dónde influye este último, pues una nidada muchas veces es fecundada por más de un macho, por esta razón

solo se puede decir que las malformaciones pueden reflejar la constitución genética del embrión, así como, el ambiente materno de incubación (Cañón y Orozco, 2004).

Es importante tener en cuenta que los reptiles pueden verse expuesto a los contaminantes por tres causas: la alimentación, el agua, el aire; siendo el alimento el de mayor relevancia (Monagas Manzano, 2007). Este último es de vital importancia en el tema de malformaciones, ya que la mayoría de estos problemas son de origen nutricional (Camacho Rodríguez, 2013), pues una vez digeridas estas sustancias, terminan distribuyéndose en todo el cuerpo a través del torrente sanguíneo (Ley Quiñónez, 2009).

Las principales malformaciones en los dos viveros estuvieron relacionadas a la pigmentación, presentándose en forma de albinismo general o parcial (siendo este último el más común), seguida de problemas relacionado a la estructura ósea entre otros. En el vivero Ulises en Las Peñitas se contabilizaron 167 casos de albinismo parcial (Figura 2a), presentes en distintas partes anatómicas, principalmente en el borde de aletas, mandíbulas, caparazón y en el área del plastrón. Para el caso del vivero El Charco en Salinas Grande, los problemas de pigmentación se observaron en 356 casos, siendo 11 de estos, albinismo general (figura 2b) y el resto de los casos se manifiesta de forma similar a la del vivero Ulises.

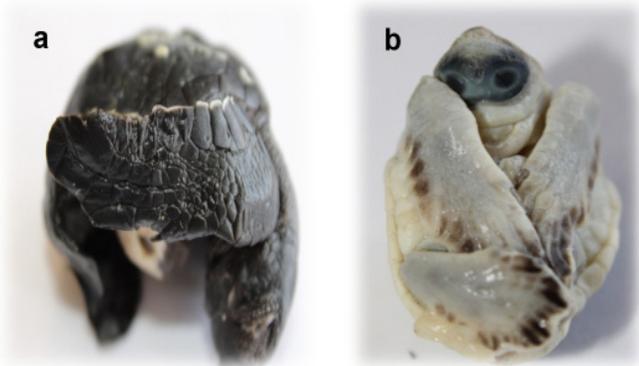


Figura 2. Tipos de albinismos en embriones de *L. olivacea*. a) Embrión con albinismo parcial; b) Embrión con albinismo total, anencefalia (falta parcial o total del cerebro y el cráneo) y Sinoftalmia (ojos fusionados o unidos en el centro).

El albinismo no es una condición letal, sin embargo, cuando la condición era en todo el cuerpo, esta venía acompañada de otras malformaciones en zonas como aletas, cabeza, nariz y otras, la cuales si eran mortales. Similar condición es reportada por Bárcenas y Maldonado (2009) en las playas de Nayarit, México. Otra característica es que los individuos registrados con este problema sobrevivían a todo el proceso embrionario, pero eran incapaces de romper el cascarón de los huevos, por ende, terminaban asfixiándose (Cañón y Orozco, 2004), es por esta razón que en la mayoría

RECURSOS NATURALES Y AMBIENTE

de los casos es más fácil encontrar a neonatos con esta condición muertos que vivos (Kaska y Downie, 1999, J. R. Perrault y Coppenrath, 2019).

En cuanto al origen de ésta, podría ser por distintas causas, como la acción de un gen homocigoto recesivo heredable (Godfrey y Mrosovsky, 1994) o la acción de centros hormonales que regulan la pigmentación y que se han visto afectados por la temperatura (Cañón y Orozco, 2004). Por su parte Kaska y Downie, (1999) y Galvan Piña, (1991) afirman que los problemas en la cabeza son el punto de origen de dicha condición; sin embargo, la presencia de contaminantes como bifenilos policlorinados (PBC) han tenido efectos similares en otros reptiles como *Chelydra serpentina* (Bárcenas y Maldonado 2009).

Después de los problemas en la pigmentación, las anomalías asociadas a la estructura ósea poseen un segundo lugar en cuanto a cifras registradas, donde destacan problemas como: caparazón comprimido y deformación de los huesos (Figura 3); esto, con valores de 115 y 49 casos en el vivero Ulises en Las Peñitas. En Salina Grande (vivero El Charco) los problemas en la estructura ósea de los organismos se manifiestan con gran regularidad, destacando: caparazón comprimido con 90 casos documentados, seguido de escoliosis (41 casos).



Figura 3. Embrión de *L. olivacea* con caparazón comprimido.

Las malformaciones relacionadas a las estructuras óseas muchas veces tienen como origen factores mecánicos, en donde el nido experimenta una gran presión externa (Galvan Piña, 1991), lo que hace que la nidada sea inadecuada en el sitio (Bolongaro Crevenna *et al.*, 2010). Esta malformación es acompañada de deformaciones en los huesos o en la columna, si bien, como lo expresa Bárcenas y Maldonado (2009), no es de carácter letal, pero, puede jugar un papel importante en la supervivencia, pues tienden a atrofiar ciertas capacidades, como la sumersión y el nado, siendo el cautiverio la única forma de sobrevivir (Cañón y Orozco, 2004). El resto de las malformaciones presentaron valores en el rango de 3 a 1 espécimen por condición.

Prevalencia e intensidad. Una vez revisada la muestra y procesado los datos, se procedió a la aplicación de los índices de prevalencia e intensidad, las cuales son medidas de frecuencia significativas y puede obtenerse cuando se estudia la morbilidad y mortalidad de las enfermedades; en la epidemiología descriptiva son fundamentales e implica estudiar cómo se distribuye la enfermedad en la población (Fajardo-Gutiérrez, 2017).

El valor estimado de la prevalencia para el vivero Ulises fue de 6.9 %, lo que indica que este porcentaje de la población presentó alguno de los 16 tipos de malformaciones registrados para el vivero Ulises. Así mismo, el cálculo de la intensidad nos muestra que, dentro de los individuos evaluados, se puede encontrar la presencia de 1.62 malformaciones por individuo con rangos entre 1 y 4 malformaciones / individuo.

La prevalencia estimada para el vivero El Charco fue de 5.2 %, es decir, que este porcentaje equivale a organismos que presentaron alguno de los 27 tipos de malformaciones documentadas para este vivero. Así mismo la intensidad con la que dichas anomalías se presentan es de 1.99 malformación / individuo con rangos entre 1 y 7 malformaciones / individuo. Los valores documentados para ambos viveros varían, pese a que los puntos están relativamente cerca. Esta observación es más fácil de comprender, si tomamos en cuenta que, cada hembra tiene una ruta propia, así como distintas interacciones dentro del medio, factores que pudiesen actuar como detonante u origen del problema.

Para ambos sitios, los valores de la prevalencia e intensidad son mayores a los registrados por Bárcenas y Maldonado (2009) en México, cuyo resultado es 1.8 % de prevalencia y una intensidad 1.57 malformaciones / individuos. A su vez, es notable para ambas investigaciones, el rol que juegan las zonas de conservación, como los viveros de tortuga marina, en cuanto a la obtención de datos, ya que aparte de brindar más seguridad y mayor garantía al éxito de eclosión de sus huevos, proporcionan datos en tiempo real de problemáticas, ciertas conductas, crecimiento o decrecimiento, etc., que puede haber en una determinada especie durante la nidada. En este contexto la presencia de malformaciones de forma constante dentro de una población es causa de discapacidad y mortalidad, a su vez que puede reflejar la constitución genética del embrión, así como, el ambiente materno de incubación (Cañón y Orozco, 2004); que únicamente puede ser recopilada en dichos espacios.

CONCLUSIONES

La presencia de malformaciones en neonatos de tortugas marinas puede ser considerada como una causa directa de discapacidad y en el peor de los casos de mortalidad dentro de sus poblaciones que anidan en la Reserva Natural Isla Juan Venado y su zona de amortiguamiento.

RECURSOS NATURALES Y AMBIENTE

La letalidad que cada malformación pueda o no tener dependerá del área afectada. La mayor cantidad de malformaciones congénitas en tortugas marinas se presentaron en embriones con estadios IV, siendo más común alguna forma de albinismo (parcial o total), muchas veces asociadas a otro tipo de malformaciones.

La prevalencia y la intensidad no presentan cambios significativos entre el tipo de siembra empleada, sin embargo, los datos registrados fueron ligeramente superior a las reportadas en otros estudios similares en la región.

La presencia de malformaciones refleja la constitución genética del embrión, así como, el ambiente materno de incubación.

Los viveros son sitios muy importantes para la protección y conservación de las tortugas marinas, aportando a la investigación biológica y ecológica de las especies a

través de la toma de datos en tiempo real de problemas que se pueden encontrar en las distintas especies de tortuga marina.

El uso de estrategias de seguimiento a mediano y largo plazo constituyen herramientas importantes, en el monitoreo y seguimiento de malformaciones congénitas, para conocer el estado de salud de las poblaciones de tortugas marinas que visitan las playas de Nicaragua.

AGRADECIMIENTOS

Esta investigación fue financiada por Fabien Cousteau Ocean Learning Center (FCOLC), dentro del marco del proyecto de Protección y Conservación de Tortugas Marinas en la Reserva Natural Isla Juan Venado, bajo la coordinación de la Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua, León (UNAN-León). Especial agradecimiento a los equipos de trabajo de los viveros Ulises y El Charco por acompañar la investigación.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abdo-de la Parra, M. I., Martínez-Rodríguez, I. E., González-Rodríguez, B., Rodríguez-Ibarra, L. E., Duncan, N., y Hernández, C. (2012). Efecto de la temperatura y salinidad del agua en la incubación de huevos de botete diana *Sphoeroides annulatus*. *Revista de Biología Marina y Oceanografía*, 47(1), 147–153. <https://doi.org/10.4067/s0718-19572012000100014>
- Abella, E. (2010). *Factores ambientales y de manejo que afectan al desarrollo embrionario de la tortuga marina Caretta caretta. Implicaciones en programas de incubación controlada* [Tesis Doctoral, Universidad de Las Palmas de Gran Canaria]. AccedaCRIS. <http://hdl.handle.net/10553/63163>
- Arzola-González, J. F. (2007). Humedad y temperatura en nidos naturales y artificiales de tortuga golfina *Lepidochelys olivacea* (Eschsholtz 1829). *Revista de Biología Marina y Oceanografía*, 42(3), 377–383. <https://doi.org/10.4067/s0718-19572007000300017>
- Bárceñas-Ibarra, A., de la Cueva, H., Rojas-Lleonart, I., Abreu-Grobois, F. A., Lozano-Guzmán, R. I., Cuevas, E. & García-Gasca, A. (2015). First approximation to congenital malformation rates in embryos and hatchlings of sea turtles. *Birth Defects Research Part A - Clinical and Molecular Teratology*, 103(3), 203–224. <https://doi.org/10.1002/bdra.23342>
- Bárceñas Ibarra, A., y Maldonado Gasca, A. (2009). Malformaciones en embriones y neonatos de tortuga golfina (*Lepidochelys olivacea*) en Nuevo Vallarta, Nayarit, México. *Veterinaria Mexico*, 40(4), 371–380. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0301-50922009000400003&lng=es&synrm=iso
- Bell, B., Spotila, J. R. & Congdon, J. (2006). High incidence of deformity in aquatic turtles in the John Heinz National Wildlife Refuge. *Environmental Pollution*, 142(3), 457–465. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2005.10.020>
- Bolongaro Crevenna, A., Márquez García, A. Z., Torres Rodríguez, V. y García Vicario, A. (2010). Vulnerabilidad de sitios de anidación de tortugas marinas por efectos de erosión costera en el estado de Campeche. En A.V. Botello, S. Villanueva-Fragoso, J. Gutiérrez y J.L. Rojas Galaviz (Eds.), *Vulnerabilidad de las zonas costeras mexicanas ante el cambio climático* (pp. 73–96). https://www.anide.edu.mx/archivos/CAP4_Vulnerabilidad_de_sitios_de_anidaci_n_de_totugas_marinas.pdf
- Botello, A. V., Páez-Osuna, F., Méndez-Rodríguez, L., Betancourt-Lozano, M., Álvarez-Borrego, S. y Lara-Lara, R. (2014). *Pacífico mexicano, contaminación e impacto ambiental. Diagnóstico y tendencias*. UAC, UNAM-ICMYL, CIAD-MAZATLÁN, CIBNOR, CICESE. <http://cibnor.repositorioinstitucional.mx/jspui/handle/1001/589>
- Bugoni, L., Krause, L. & Virgíania, M. (2001). Marine Debris and Human Impacts on Sea Turtles in Southern Brazil. *Marine Pollution Bulletin*, 42(12), 1330–1334. [https://doi.org/10.1016/S0025-326X\(01\)00147-3](https://doi.org/10.1016/S0025-326X(01)00147-3)
- Camacho Rodríguez, M. (2013). *La sangre como marcador de utilidad clínica y toxicológica: estudio de los efectos de los contaminantes persistentes en tortugas marinas* [Tesis Doctoral, Universidad de Las Palmas de Gran Canaria]. AccedaCRIS. <http://hdl.handle.net/10553/11285>
- Cañón, S. y Orozco, C. (2004). *Anormalidades encontradas en nidadas trasladadas de tortugas marinas Gogó* [Tesis de Licenciatura, Universidad Jorge Tadeo Lozano]. Expedido Repositorio Institucional. <https://expeditiorepositorio.utadeo.edu.co/handle/20.500.12010/1358>
- Chacón, D., Sánchez, J., Joaquín Calvo, J. y Ash, J. (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*. Ministerio del Ambiente y Energía. <http://www.hsi.org/assets/pdfs/manual-turtle-conserv-in-cr.pdf>

RECURSOS NATURALES Y AMBIENTE

- Chacón, D., Valerín, N. y Cajiao, M. (2000). *Manual para mejores prácticas de conservación de las tortugas marinas en Centroamérica*. http://www.latinamericaseaturtles.com/archivos/documentos/ManualPracticas_Conseervacion.pdf
- CIT Secretaría. (2006). *Amenazas a las tortugas marinas y posibles soluciones*. <http://www.iacseaturtle.org/docs/publicaciones/9-Amenazas-Publicacion-con-fondo-Espanol.pdf>
- CIT Secretaría. (2008). *Manual sobre técnicas de manejo y conservación de las tortugas marinas en playas de anidación de Centroamérica*. <http://www.iacseaturtle.org/docs/publicaciones/15-MANUALCIPT.pdf>
- Contreras, L. (2016). *Metales pesados en huevos de tortuga Lora (Lepidochelys kempii) y Verde (Chelonia mydas) y su relación con el éxito de eclosión* [Tesis de Maestría, Universidad Veracruzana]. <https://www.uv.mx/pozarica/mmecm/files/2016/10/Tesis-BIOL.-MAR.-LAURA-ACELA-CONTRERAS-VEGA.pdf>
- Cortez Reyes, E. y González Pérez, Y. M. (2020). *Análisis del éxito de incubación de Lepidochelys olicacea y Chelonia mydas agassizii en nidos relocalizados en vivero de la Reserva Natural Isla Juan Venado* [Tesis de Licenciatura, Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua, León]. Repositorio Institucional. <http://riul.unanleon.edu.ni:8080/jspui/bitstream/123456789/8753/1/245962.pdf>
- Dow, W. E. & Eckert, K. L. (2011). Sea turtle nesting habitat in the wider caribbean region. *Endangered Species Research*, 15(2), 129–141. <https://doi.org/10.3354/esr00375>
- Fajardo-Gutiérrez, A. (2017). Medición en epidemiología: prevalencia, incidencia, riesgo, medidas de impacto. (Measurement in epidemiology: prevalence, incidence, risk, impact measures). *Revista Alergia México*, 64(1), 109–120. <https://doi.org/10.29262/ram.v64i1.252>
- Fauna y Flora Internacional, y Ministerio del Ambiente y los Recursos Naturales. (2004). *Estrategia Para La Conservación de las Tortugas Marinas en el Pacífico de Nicaragua*. <https://dokumen.tips/documents/estrategia-para-la-conservacion-de-las-tortugas-marinas-en-el-pacifico-de.html>
- Galvan Piña, V. H. (1991). *Estudio de la mortalidad embrionaria de Lepidochelys olivacea en nidos incubados seminaturalmente en el playon de Mismaloya, Jalisco, Mexico* [Tesis de Licenciatura, Universidad de Guadalajara]. Repositorio DSPACE. <http://repositorio.cucba.udg.mx:8080/xmlui/handle/123456789/2514>
- Gómez Vivaldo, S., Osorio Sarabia, D., Peñaflores Salazar, C., García Hernández, Á. y Ramírez Lezama, J. (2006). Identificación de parásitos y epibiontes de la tortuga Golfina (Lepidochelys olivacea) que arribó a playas de Michoacán y Oaxaca, México. *Vet. Mex.*, 37(4), 431–440. <https://www.medigraphic.com/cgi-bin/new/resumen.cgi?IDARTICULO=12428>
- Godfrey, M. H. & Mrosovsky, N. (1994). Comment on albino sea turtle hatchlings in Brazil. *Marine Turtle Newsletter*, 69, 10–11. <http://www.seaturtle.org/mtn/archives/mtn69/mtn69p10b.shtml>
- Hamann, M., Godfrey, M. H., Seminoff, J. A., Arthur, K., Barata, P. C. R., Bjørndal, K. A., Bolten, A. B., Broderick, A. C., Campbell, L. M., Carreras, C., Casale, P., Chaloupka, M., Chan, S. K. F., Coyne, M. S., Crowder, L. B., Diez, C. E., Dutton, P. H., Epperly, S. P., Fitz Simmons, N. N., Formia, A., Girondot, M., Hays, G. C., ... Godley, B. J. (2010). Global research priorities for sea turtles: Informing management and conservation in the 21st century. *Endangered Species Research*, 11(3), 245–269. <https://doi.org/10.3354/esr00279>
- Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales. (2019a). *Boletín climático de noviembre del 2019*. [https://ineter.gob.ni/boletines/Boletín climático/decenal/2019/Noviembre/BoletinClimaticoDecenaNov2019.pdf](https://ineter.gob.ni/boletines/Boletin%20climatico/decenal/2019/Noviembre/BoletinClimaticoDecenaNov2019.pdf)
- Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales. (2019b). *Boletín climático de octubre del 2019*. [https://www.ineter.gob.ni/boletines/Boletín climático/mensual/2019/BoletinClimatico102019.pdf](https://www.ineter.gob.ni/boletines/Boletin%20climatico/mensual/2019/BoletinClimatico102019.pdf)
- Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales. (2019c). *Boletín climático de septiembre del 2019*. [https://www.ineter.gob.ni/boletines/Boletín climático/mensual/2019/BoletinClimatico092019.pdf](https://www.ineter.gob.ni/boletines/Boletin%20climatico/mensual/2019/BoletinClimatico092019.pdf)
- Jameson, S. C., Stevens, K., Bennett, R. C. & Cardoza, N. J. T. (2019). Nicaragua: Pacific Coast. In S. Sheppard (Ed.), *World Seas: an Environmental Evaluation* (pp. 743–757). Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-805068-2.00047-4>
- Kaska, Y. & Downie, R. (1999). Embryological development of sea turtles (Chelonia mydas, Caretta caretta) in the Mediterranean. *Zoology in the Middle East*, 19(1), 55–69. <https://doi.org/10.1080/09397140.1999.10637796>
- Ley Quiñónez, C. P. (2009). *Determinación de metales pesados en tortugas marinas del noroeste de México* [Tesis de Maestría, Instituto Politécnico Nacional]. Repositorio DSPACE. <https://tesis.ipn.mx/bitstream/handle/123456789/8954/DETMET.pdf>
- Ministerio del Ambiente y los Recursos Naturales. (2021). *Manual para el establecimiento y manejo de viveros de tortugas marinas en Nicaragua*. <http://www.marena.gob.ni/wp-content/uploads/2021/04/Manual-de-Viveros-de-Tortugas-Marinas.pdf>
- Martín-Del-Campo, R. & García-Gasca, A. (2019). Sea turtles: ancient creatures, mysteries, adaptations, and threats. *Research in Marine Sciences*, 4(3), 556–562. <https://resmarsci.com/wp-content/uploads/2019/09/Research-in-Marine-Sciences-12-3.pdf>
- Mazaris, A. D., Schofield, G., Gkazinou, C., Alpanidou, V. & Hays, G. C. (2017). Global sea turtle conservation successes. *Science Advances*, 3(9). <https://doi.org/10.1126/sciadv.1600730>

RECURSOS NATURALES Y AMBIENTE

- Monagas Manzano, P. (2007). *Detección de compuestos organoclorados en tortugas marinas varadas en las Islas Canarias y causas de mortalidad* [Tesis Doctoral, Universidad de Las Palmas de Gran Canaria]. accedaCRIS. <http://hdl.handle.net/10553/1858>
- Peñalba, M., y Ríos, R. (2013). *Estudio reproductivo de Chelonia mydas, en la playa de anidación Brasilón en el Pacífico sur de Nicaragua* [Tesis de Licenciatura, Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua, León]. Repositorio Institucional. <http://riul.unanleon.edu.ni:8080/jspui/handle/123456789/3267>
- Perrault, J. R. & Coppenrath, C. M. (2019). Albinism in Florida Green Turtle (*Chelonia mydas*) hatchlings: ratio-based evidence of basic Mendelian recessiveness. *Marine Turtle Newsletter*, 156, 38–40. <http://www.seaturtle.org/mtn/archives/mtn156/mtn156-11.shtml>
- Perrault, J., Wynneken, J., Thompson, L. J., Johnson, C. & Miller, D. L. (2011). Why are hatching and emergence success low? Mercury and selenium concentrations in nesting leatherback sea turtles (*Dermochelys coriacea*) and their young in Florida. *Marine Pollution Bulletin*, 62(8), 1671–1682. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2011.06.009>
- Rojas, M. y Walker, L. (2012). Malformaciones congénitas: Aspectos generales y genéticos. *International Journal of Morphology*, 30(4), 1256–1265. <https://doi.org/10.4067/S0717-95022012000400003>
- Sarti, L., Huerta, P., Vasconcelos, D., Ocampo, E., Tavera, A. y Ángeles, M. A. (2006). *Manual de Técnicas de Protección de Tortugas Marinas*. https://www.kutzari.org/_files/ugd/f59349_bf414668059245919d8e839fc702ac35.pdf