

Factores que influyen en la puesta, la incubación y el éxito de eclosión de la tortuga laúd, *Dermochelys coriacea*, en La Playona, Chocó, Colombia

LILIANA QUIÑONES, JUAN PATIÑO-MARTÍNEZ & ADOLFO MARCO

*Departamento de Conservación de la Biodiversidad,
Estación Biológica de Doñana, CSIC, Apartado 1056, 41013, Sevilla, España
(e-mail: amarco@ebd.csic.es)*

Resumen: Se han evaluado diferentes factores ambientales, morfológicos o de manejo que influyen en las características de las puestas de la tortuga laúd (*Dermochelys coriacea*) y su éxito de eclosión en una población del Caribe colombiano. El tamaño de la hembra (LCC) no mostró correlación significativa con el tamaño de puesta, pero sí con su peso. El ancho curvo del caparazón (ACC) sí está positivamente correlacionado y es un indicador del tamaño de puesta. Las hembras que producen más huevos producen menos glóbulos de albumen (SAGs) y viceversa y esta relación es bastante estable comparando las sucesivas puestas de una hembra. No existe variación a lo largo de la temporada de desove ni en la cantidad y el tamaño de huevos y de SAGs, ni en el éxito de eclosión comparando entre nidos de distintas hembras o entre puestas de la misma hembra. Las hembras anidan con baja frecuencia en las zonas intermareal y de dunas, reduciendo riesgos para los huevos. Hembras con tamaños de puesta mayores seleccionan zonas más seguras para anidar aunque supongan un mayor esfuerzo. Los nidos naturales protegidos presentan porcentajes de eclosión mayores que los de los nidos translocados. A pesar de esto, la elevada mortalidad en nidos no protegidos y el alto coste de protegerlos en las playas naturales, recomienda la translocación de nidadas a corrales de protección. Se considera necesario investigar en la mejora de las técnicas de traslocación e incubación en corrales para aumentar su eficacia.

Palabras clave: Caribe colombiano, éxito de eclosión, plasticidad, reproducción, tortuga laúd (*Dermochelys coriacea*), translocación.

Abstract: Factors affecting clutch characteristics, incubation and hatching success of the leatherback turtle, *Dermochelys coriacea*, in La Playona, Chocó, Colombia. – We evaluated different environmental, morphological and management factors that can affect clutch features and hatching success of a population of leatherback turtles in the Colombian Caribbean. There was no significant correlation between female size (CCL) and clutch size, though larger females laid slightly heavier eggs. However, female carapace width (CCW) was positively correlated with clutch size and could be considered as a good indicator of reproductive output. There was a trade off for females between producing eggs or SAGs. The relative production of eggs or SAGs was relatively stable when comparing successive nests of the same female. There was no seasonal variation on clutch, egg or SAGs size, or hatching success when comparing either nests from different females or successive nests of the same female. Females avoided very wet or very dry and vegetated areas for nesting, thus reducing environmental risks for eggs. Females with larger clutches selected safer areas to deposit their eggs. Natural protected nests had higher hatching success than nests translocated to beach hatcheries. However, the high mortality in non-protected natural nests and the high cost of protecting nests in the beach recommend the translocation of doomed nests. We consider a very important issue to increase the research in order to improve hatching success in hatcheries.

Key words: Colombian Caribbean, hatching success, leatherback turtle (*Dermochelys coriacea*), plasticity, reproduction, traslocation.

INTRODUCCIÓN

La tortuga laúd *Dermochelys coriacea*, ha sufrido un declive severo en las últimas décadas (SPOTILA *et al.*, 1996, 2000) y aunque parece estar recuperándose en el Atlántico (TURTLE EXPERT WORKING GROUP, 2007) continúa catalogada en peligro crítico de extinción por la IUCN (2006). La principal causa de este declive es la mortalidad de adultos y huevos por actividades humanas, como la mortalidad en artes y aparejos de pesca o la expoliación de nidos. Procesos naturales como la pérdida de nidadas por inundación o erosión de las playas, depredación natural o infecciones por micro-organismos son también importantes causas de mortalidad (BELL *et al.*, 2003).

Estimaciones fiables de la abundancia, el éxito reproductor y las probabilidades de supervivencia son necesarias para conocer las dinámicas poblacionales y los procesos ecológicos que pueden ser relevantes en la conservación de las especies (DUTTON *et al.*, 2005). Estos parámetros pueden fluctuar sensiblemente incluso dentro de la misma población en función de las condiciones ambientales o de los programas de conservación que se apliquen. Las características de las playas de anidación, el uso que hacen de ellas las hembras anidantes y su efecto sobre la abundancia y el éxito de la eclosión son determinantes para la conservación de las poblaciones y los programas de manejo y protección deben ajustarse a las condiciones propias de cada zona. El presente estudio pretende analizar la variabilidad intrapoblacional de diferentes parámetros de la historia vital de la tortuga laúd y la relación con factores ecológicos y de manejo para mejorar la protección de las poblaciones amenazadas de esta especie. Para ello se han usado datos obtenidos en La Playona, golfo de Urabá (Colombia) descritos por DUQUE *et al.*

(2000). La zona de estudio mantiene la principal colonia de anidación de tortuga laúd en el Caribe colombiano con una alta densidad de población anidante (RUEDA *et al.*, 1987; DUQUE *et al.*, 2000; HIGUITA, 2000). En La Playona, durante 1998 se desarrollaron esfuerzos básicos de conservación dirigidos a proteger los nidos de la depredación tanto de animales domésticos y silvestres, como del saqueo de pobladores y de la inundación a causa de fuertes marejadas mediante el traslado de nidadas a recintos de protección, técnica usada en muchas playas de anidación (DUTTON & WHITMORE, 1983; NORDMOE *et al.*, 2004). Además, se realizó un marcaje y seguimiento continuado de hembras y nidos durante toda la estación reproductora hasta la emergencia de los neonatos. Considerando las observaciones directas de hembras más las huellas en la arena, se estimaron un total de 305 arribadas. Además, se registraron un total de 76 hembras distintas, de las cuales se marcaron 71. Cinco hembras fueron reanidantes de años anteriores y 39 fueron recapturas de esa misma temporada. Por último, se registraron un total de 162 nidos realizándose un seguimiento de una parte de ellos hasta la eclosión. En DUQUE *et al.* (2000) se puede encontrar un resumen de los datos biométricos descriptivos de esta población.

MATERIAL Y MÉTODOS

La información utilizada en el presente estudio se registró desde finales de marzo hasta mediados de junio de 1998 en La Playona, ubicada en el golfo de Urabá, en el extremo noroccidental de Colombia, cerca de la frontera con Panamá, geográficamente enmarcada en los 8° 37' y 7° 55' de latitud norte y 77° 25' y 76° 55' de longitud oeste. Una descripción más detallada de la zona y de la biología reproductora de la especie se

encuentra en DUQUE *et al.*, (2000). El periodo de anidación es ligeramente más largo que el periodo de estudio, por lo que se han excluido datos de fechas con muy baja abundancia de anidación. El número de arribadas y nidos de cada noche de anidación, se registró cada mañana mediante conteos de huellas de arribadas de hembras a la playa. Por la noche, se evaluó la actividad de anidación a partir de muestreos nocturnos en 3 km de playa de máxima densidad de nidos, entre las 20:00 y las 6:00 h. Las tortugas anidantes fueron marcadas con placas Monel que se pusieron en las dos aletas posteriores. Mientras la tortuga ponía sus huevos, se midió la longitud curva (LCC) y el ancho curvo (ACC) del caparazón de las hembras con una cinta métrica flexible. La LCC se midió desde el extremo anterior sobre la quilla central, hasta la punta posterior, y el ACC se midió transversalmente, de lado a lado, sobre la parte más ancha del caparazón. Se calculó la superficie del caparazón de la tortuga usando la fórmula de la superficie de una elipse. Se registró la zona de la playa donde se ubicó cada nido. Se consideraron tres zonas de puesta paralelas desde la orilla del mar: la zona intermareal, por debajo de la línea de marea alta; la zona media entre la línea de marea alta y la zona de vegetación; y las dunas contiguas a la playa, caracterizadas por el crecimiento de plantas herbáceas (STEYERMARK *et al.*, 1996).

En el momento de la ovoposición y mediante conteo visual, se registraron el número de huevos y de glóbulos de albumen (SAGs) de todos los nidos para determinar el tamaño de la puesta. Se adoptó la terminología SAGs propuesta por BELL *et al.* (2003) para hacer referencia a los glóbulos de albúmina que deposita la hembra al final de la ovoposición, similares a huevos verdaderos, pero carentes de yema, más pequeños y de forma irregular. Después de la

ovoposición, aleatoriamente se tomaron de cada nido 10 huevos y ocho SAGs para medir su peso y diámetro. De igual forma, en el momento de la eclosión se tomaron 10 crías al azar de cada nido a los que se les registró la longitud recta del caparazón (LRC) (± 0.1 mm) y el peso (± 0.1 g).

Para hacer el seguimiento del proceso de incubación en condiciones naturales, se dejaron *in situ* diez nidos que se protegieron con mallas para evitar la depredación natural de la zona pero no tuvieron ningún otro tipo de manipulación durante su incubación. Un total de 88 nidos se trasladaron a corrales de incubación ubicados en zonas más altas de la playa donde también fueron protegidos individualmente con malla y monitoreados durante toda la estación. La duración de la incubación se definió para cada nido como el número de días que transcurrieron desde la puesta de los huevos hasta la aparición de las primeras crías a la superficie de la playa. El éxito de eclosión se calculó como el cociente entre el número de crías eclosionadas en cada nido y el número inicial de huevos del nido. Para el análisis de la variación temporal de parámetros reproductores se agruparon los nidos por quincenas naturales de acuerdo al día de puesta.

RESULTADOS

Relaciones biométricas entre las hembras, las puestas y los huevos

Se ha detectado una correlación altamente significativa entre la LCC y la ACC de las hembras (correlación de Pearson: $r = 0.566$, $p < 0.0001$, $N = 68$). El coeficiente de correlación no es muy elevado, indicando cierta variabilidad en el ancho del caparazón de las hembras independiente de su longitud. La longitud corporal (LCC) no se correlacionó ni con el número de huevos ($r = 0.268$, $p = 0.801$, $N = 115$), ni con el número de

SAGs ($r = -0.238$, $p = 0.800$, $N = 115$). Sin embargo, la anchura del caparazón (ACC) mostró una correlación altamente significativa con el número de huevos ($r = 0.372$, $p < 0.0001$, $N = 113$) y moderadamente significativa, pero negativa, con el número de SAGs ($r = -0.212$, $p = 0.024$, $N = 113$) (Fig. 1). El índice de correlación es bajo y la variabilidad en el ancho del caparazón sólo explica un 13.8% de la variabilidad observada en el tamaño de la puesta. Cuando se relaciona el número de huevos del nido con la

estima de la superficie de la tortuga se encuentra una correlación positiva significativa ($r = 0.341$, $p = 0.005$, $N = 67$). Sin embargo, la superficie del caparazón no mostró correlación con el número de SAGs ($r = -0.128$, $p = 0.302$).

La correlación entre el número de huevos y el número de SAGs fue altamente significativa ($r = -0.440$, $p < 0.0001$, $N = 140$). No se ha encontrado correlación entre la LCC o la ACC de la hembra y el diámetro de los huevos (LCC: $r = 0.172$, $p = 0.144$, $N = 73$; ACC: $r = 0.182$, $p = 0.121$, $N = 73$). Sin embargo, las hembras con caparazón más largo ponen huevos levemente más pesados ($r = 0.254$, $p = 0.030$, $N = 73$) (Fig. 2). Se detecta una tendencia a que la anchura de la hembra esté positivamente correlacionada con huevos más pesados ($r = 0.225$, $p = 0.055$, $N = 73$). La correlación entre el número de huevos y el número de SAGs de cada nido es altamente significativa ($r = -0.439$, $p < 0.001$, $N = 140$). También encontramos una correlación positiva y altamente significativa entre el peso medio de los SAGs y el peso medio de los huevos ($r = 0.529$, $p < 0.001$, $N = 87$) (Fig. 3).

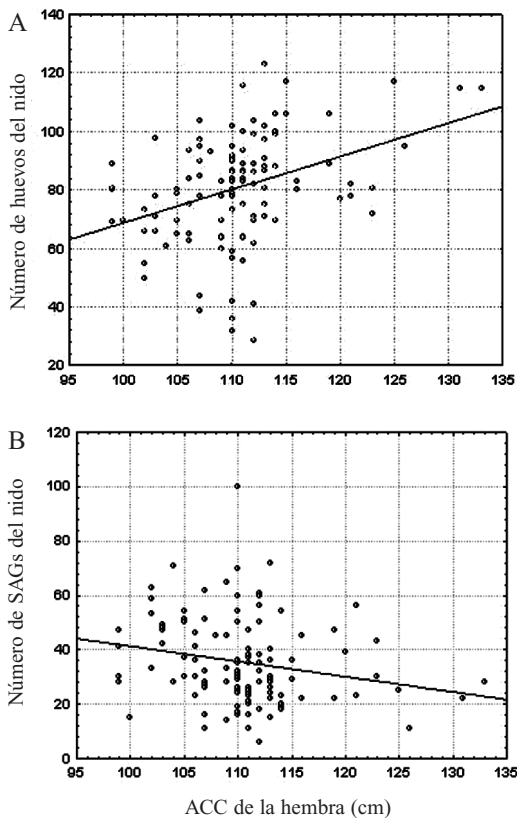


FIGURA 1. Relación entre el tamaño de puesta (A) o el número de sacos de albúmina (SAGs) (B) con la anchura del caparazón de la hembra en la tortuga laúd del Caribe colombiano.

FIGURE 1. Relationship between clutch size (A) or the number of SAGs (B) and female carapace width on leatherback turtles from the Colombian Caribbean.

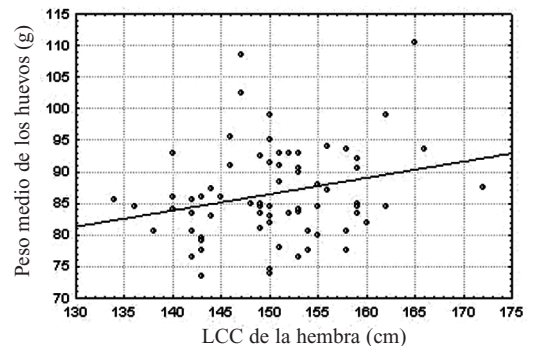


FIGURA 2. Relación entre el peso medio de los huevos de cada nido y el tamaño corporal de la hembra en una población de tortuga laúd del Caribe colombiano.

FIGURE 2. Relationship between mean egg mass and female carapace length in a population of leatherback turtles in the Colombian Caribbean.

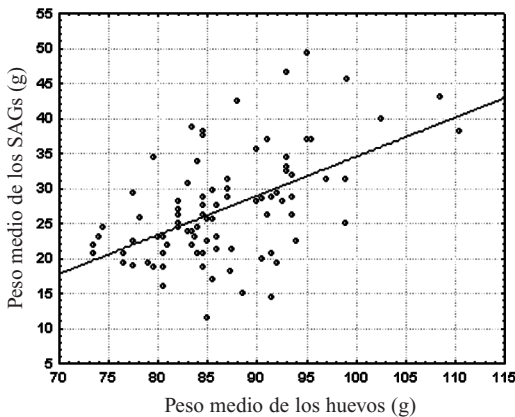


FIGURA 3. Relación entre el peso medio de los sacos de albúmina (SAGs) y el peso medio de los huevos de cada nido de tortuga laúd del Caribe colombiano.

FIGURE 3. Relationship between mean SAG mass and mean egg mass in nests of leatherback turtles from the Colombian Caribbean.

La duración de la incubación influyó significativamente en el peso de los neonatos ($r = -0.387$, $p < 0.01$, $N = 55$) (Fig. 4), no así en su tamaño, definido por la longitud recta del caparazón ($r < 0.01$, $p = 0.95$, $N = 55$). Los neonatos de mayor peso proceden de huevos con una incubación más corta. El éxito de eclosión no mostró variación

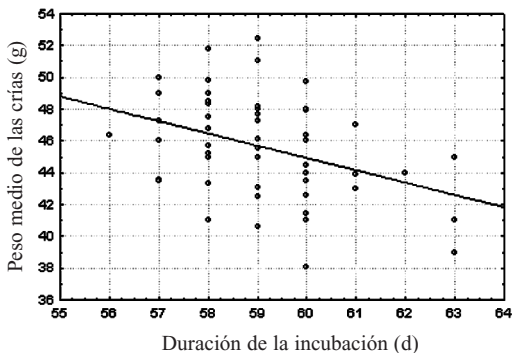


FIGURA 4. Relación entre el peso inmediatamente después de la emergencia y la duración de la incubación de tortugas laúd del Caribe colombiano.

FIGURE 4. Relationship between hatchling mass and incubation duration of leatherback turtles from the Colombian Caribbean.

significativa en función del número de huevos ($r = 0.094$, $p = 0.40$, $N = 78$) ni del tamaño de los huevos ($r = 0.036$, $p = 0.75$, $N = 77$) en cada nido.

Variación temporal de parámetros reproductivos

No hubo variación significativa en el número de huevos en función de la fecha de puesta (ANOVA: $F_{4, 75} = 0.410$, $p = 0.800$). Este resultado se confirmó con la ausencia de correlación entre el tamaño de puesta y el día de puesta ($r = 0.290$, $p = 0.798$, $N = 80$). Cuando se compararon los tamaños de puesta entre nidos realizados por la misma hembra se confirma que no hay diferencias significativas en el tamaño de puesta ni el número de SAGs ($p > 0.3$ en todos los casos), ni tampoco un patrón de variación común a todas las hembras. Algunas hembras siempre pusieron muchos huevos, otras siempre pusieron pocos y en algunos casos, el número de huevos fue muy variable pero sin un patrón estacional común entre distintas hembras (Tabla 1). Algo similar se observó analizando los SAGs. En general se puede afirmar que hay hembras que tienden a poner siempre un número elevado de SAGs y hembras que ponen pocos (Tabla 1). El tamaño medio de la puesta no varió a lo largo de la estación reproductora. El éxito de eclosión tampoco mostró variación significativa en función de la fecha de la puesta (ANOVA: $F_{4, 75} = 1.554$, $p = 0.197$) (Fig. 5).

Variación espacial de parámetros reproductivos

El 68.9% de las arribadas registradas tuvieron lugar en la zona media de la playa, el 15.3% en la zona intermareal y el 15.8% en la zona de vegetación. El tamaño de la hembra no influyó en la selección del lugar de puesta (ANOVA: LCC: $F_{2, 76} = 0.35$, $p = 0.704$; ACC: $F_{2, 76} = 0.47$, $p = 0.628$). Los resultados del

TABLA 1. Número de huevos y SAGs por nido en hembras de tortuga laúd en las que se han detectado tres o cuatro puestas en la misma temporada reproductora. En la tabla, las puestas de cada hembra se disponen de forma cronológica de izquierda a derecha y no son necesariamente sucesivas.

TABLE 1. Number of eggs and SAGs (albumen globules) per nest from leatherback females that laid three or four clutches in the beach in the same nesting season. The clutches that correspond to the same female are in chronological order from left to right and are not necessarily consecutive.

Código del ejemplar	Puesta 1		Puesta 2		Puesta 3		Puesta 4	
	Nº huevos	Nº SAGs	Nº huevos	Nº SAGs	Nº huevos	Nº SAGs	Nº huevos	Nº SAGs
A	84	21	93	18	92	28	76	11
B	85	51	62	68	87	65	52	61
C	86	26	93	20	89	25	83	38
D	115	22	103	34	113	11		
E	56	47	116	16	94	40		
F	75	15	102	28	75	36		
G	97	12	87	36	97	22		
H	42	60	36	70	32	100		
I	87	25	100	16	91	19		
J	41	18	29	56	70	38		
K	69	41	80	28	81	30		
L	90	30	86	26	78	32		
M	80	16	50	63	66	53		

ANOVA muestran que existe variación significativa entre zonas en el número medio de huevos de cada nido ($F_{2,76} = 4.06$, $p = 0.021$) (Fig. 6). Comparaciones *a posteriori* por pares (Tukey) indicaron que la mayor diferencia significativa se dio entre la cantidad de huevos de la zona de vegetación y la zona intermarreal ($p = 0.015$). El número medio de SAGs no mostró una variabilidad significativa entre zonas de puesta (ANOVA: $F_{2,76} = 1.86$, $p = 0.162$).

Influencia de la translocación de nidos

El éxito medio de eclosión para nidos trasladados fue del 27.7% (0-90.9%, DT = 24.9, N = 77), para nidos naturales protegidos *in situ* fue de 57.1% (18.1-91.8%, DT = 23.9, N = 8), mientras que para nidos no translocados ni protegidos es casi nulo. El proceso de trasladar los huevos al corral o la metodología de incubación en el corral han tenido un impacto significativo en el éxito

de eclosión (t de Student: $t_{83} = -3.174$, $p = 0.002$). Sin embargo, no se han detectado diferencias significativas al comparar las

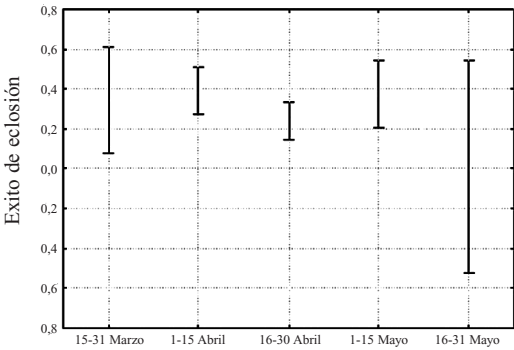


FIGURA 5. Éxito medio de emergencia del nido a lo largo de la estación reproductora en una población de la tortuga laúd del Caribe colombiano.

FIGURE 5. Mean emergence success during the nesting season in a population of leatherback turtles from the Colombian Caribbean.

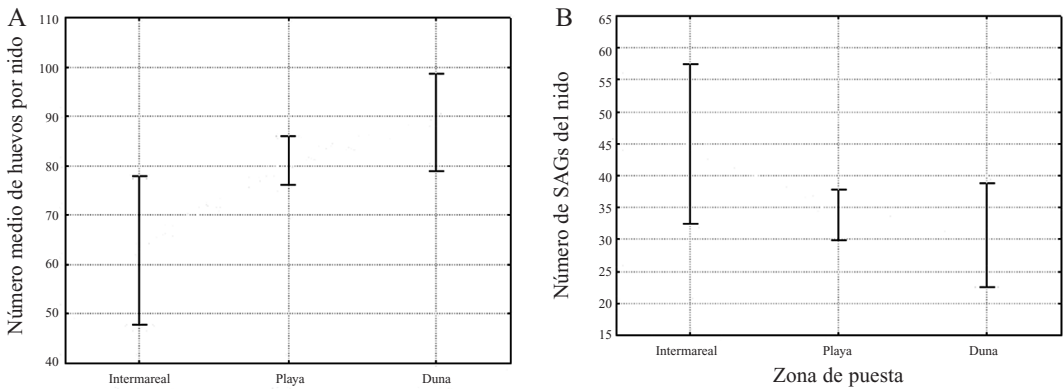


FIGURA 6. Tamaño de puesta (A) y el número de SAGs (B) en función del lugar seleccionado para realizar el nido por la hembra de tortuga laúd del Caribe colombiano.

FIGURE 6. Clutch size (A) and the number of SAGs (B) as a function of the nesting site selected by leatherback turtle females from the Colombian Caribbean.

medias de la longitud recta del caparazón de crías provenientes de nidos *in situ* y translocados (*t* de Student: $t_{60} = 0.097$, $p = 0.922$), ni con relación al peso (*t* de Student: $t_{60} = 0.370$, $p = 0.712$) (Tabla 2).

DISCUSIÓN

Uno de los parámetros que mejor suele explicar la variación del tamaño de puesta entre individuos es su tamaño corporal. En el presente estudio no se midió por problemas técnicos ni el peso de las madres ni la altura de su caparazón. Con la longitud y la anchura

del caparazón se calculó la superficie que mostró una relación positiva con el número de huevos del nido. Sin embargo, la longitud corporal no afectó al tamaño de puesta a pesar de la gran variabilidad intrapoblacional en el número de huevos por nido. Esta falta de correlación se ha encontrado para esta especie en otras playas de anidación, como en Las Baulas (REINA *et al.*, 2002), en Near Piguwa (HIRTH *et al.*, 1993) y en playas de la isla de Culebra (TUCKER & FRAZER, 1991). El tamaño de la puesta se correlaciona con la longitud de la hembra en otras especies de tortugas marinas (HIRTH, 1980; VAN BUSKIRK

TABLA 2. Tamaño de los neonatos de tortuga laúd de La Playona procedentes de nidos naturales o traslocados durante la estación reproductiva de 1998. IC95%. Intervalo de confianza para la media al 95%. SD = desviación típica.

TABLE 2. Leatherback hatchling size and mass of natural and traslocated nests from the nesting population of La Playona (Colombia). IC95% = Confidence interval for the mean at 95%. SD = standard deviation.

	Variable	N	Media (±SD)	IC 95%	Mínimo	Máximo
Nidos naturales	LRC (mm)	8	58.02 (1.51)	56.6 - 59.9	56	60.9
	ARC (mm)	8	40.44 (1.66)	39.05 - 41.82	36.8	41.7
	PESO (g)	9	46.05 (3.47)	43.39 - 48.72	42.0	51.0
Nidos traslocados	LRC (mm)	55	57.94 (2.51)	57.26 - 58.61	50.3	64.7
	ARC (mm)	55	40.73 (1.33)	40.37 - 41.09	38.0	44.1
	PESO (g)	55	45.64 (3.10)	44.80 - 46.47	38.1	52.4

& CROWDER, 1994). Las razones por las cuales no se da esta relación en la tortuga laúd no son muy claras (TUCKER & FRAZER, 1991). Hay pocas evidencias de correlación entre la LCC y el peso de los huevos en tortugas marinas. Nosotros obtuvimos una correlación significativa, lo que coincide con el estudio de HIRTH *et al.* (1993). Hembras más largas no tienen tamaños de puesta mayores pero sí nidos con huevos de mayor peso. Las hembras más grandes podrían tener mayores reservas energéticas que podrían dedicar a producir huevos más pesados.

En nuestro estudio se ha obtenido una relación significativa entre el ancho del caparazón y el tamaño de puesta. El ACC se muestra como una variable biométrica indicadora del esfuerzo reproductor de la tortuga laúd y debería ser considerado como una medida complementaria importante en seguimientos poblacionales y en evaluaciones de éxito reproductor de esta especie. REINA *et al.* (2002) no encontró relación significativa al hacer esta misma correlación en una población del Pacífico con menor tamaño corporal.

Específicamente, las tortugas más grandes ponen huevos grandes (VAN BUSKIRK & CROWDER, 1994). Esta relación entre el tamaño de la hembra y el tamaño del huevo se suele mantener en cada especie de tortugas marinas (LUTZ *et al.*, 2003). Sin embargo, en el presente estudio no se ha encontrado relación entre el tamaño de la hembra y el diámetro de los huevos. Las hembras de tortuga laúd pueden realizar un número elevado de puestas anuales. Se han descrito hasta 11 puestas de una hembra en una misma temporada, cifra superior a la encontrada en otras tortugas marinas (LUTZ *et al.*, 2003). Es probable que hembras de tortuga laúd más grandes inviertan su mayor potencial energético en realizar mayor número de puestas que hembras menores, en

lugar de invertirlo en poner más huevos en cada puesta o huevos de mayor tamaño que produjeran crías mayores. Poner más huevos podría resultar más ventajoso que ponerlos más grandes. Algunos autores cuestionan que sea una ventaja poner huevos más grandes mostrando que no es una norma general la relación directa entre huevos grandes y crías grandes (véase revisión en CONGDON, 1989). Además, un mayor tamaño corporal de los recién nacidos no implica necesariamente una mayor eficacia biológica (CONGDON, 1989).

La relación negativa entre el número de huevos y la cantidad de SAGs coincide con lo encontrado por CHUA & FURTADO (1988) y HIRTH *et al.* (1993) en playas de Malasia y Nueva Guinea, respectivamente. Además, se detectó cierta repetibilidad individual, de forma que hubo hembras que ponían siempre pocos SAGs y otras que ponían siempre muchos. Es probable que la disponibilidad de energía o de espacio sean limitados en los oviductos y la formación de un número elevado de huevos limite la formación de SAGs. Por el contrario, puestas con pocos huevos permitirían la formación de mayor número de SAGs en el oviducto. REYNOLDS (2000) considera que los SAGs son un subproducto resultado de una reserva inadecuada de energía o grasa en las hembras de las tortugas laúd y podría explicar la relación negativa con el número de huevos. Sin embargo, esta relación no cuestiona que los SAGs puedan aportar diferentes beneficios a la incubación de los huevos (HALL, 1990; CHACÓN, 1994).

Al contrario de lo que ocurre en muchas especies de reptiles (FORD & SEIGEL, 1989; FERGUSON *et al.*, 1990; MARCO & PÉREZ-MELLADO, 1998), la fecha de puesta no influyó en el tamaño de puesta. Similares resultados han sido encontrados en otras poblaciones de tortugas marinas (FRAZER &

RICHARDSON, 1985; CHUA & FURTADO, 1988). La energía almacenada durante el periodo de reposo entre puestas (puede ser de más de dos años) podrían repartirla equitativamente entre las diferentes puestas o alternatively, las reservas se emplean principalmente en las primeras puestas anuales pero la adquisición de alimento durante la estación reproductora permite mantener un esfuerzo reproductor estable en el tiempo. La época de lluvias en mayo parece que no tuvo ningún efecto detectable sobre las características de los nidos y la incubación de los huevos.

En muchas especies sin cuidados parentales, el comportamiento de anidación de la madre y sus preferencias en la selección del lugar de puesta pueden afectar al desarrollo y supervivencia de sus crías (KAMEL & MROSOVSKY, 2004) y son muy importantes para maximizar su éxito de eclosión. En la Guayana Francesa, KAMEL & MROSOVSKY (2004), vieron que una misma hembra hace sus distintos nidos de una misma temporada a distancias diferentes de la línea de marea. Quizás las tortugas marinas pueden evaluar determinadas características del microhábitat, como la temperatura o humedad de la arena o la presencia de vegetación, y con esa información pueden seleccionar el lugar de anidación (WOOD & BJORN DAL, 2000). En nuestro estudio se han encontrado nidos en zonas muy diferentes de la playa. Sin embargo, no se han encontrado variaciones significativas en el tamaño medio de las hembras (LCC y ACC) comparando las distintas zonas que seleccionaban para hacer sus nidos. Pueden existir otras variables ambientales o factores diferentes al tamaño corporal, que influyan en la selección del lugar de anidación.

Hembras con puestas de más huevos mostraron preferencia por las zonas media y de vegetación, mientras que en la zona intermareal los tamaños de puesta de las

nidadas fueron menores. El análisis de varianza entre el número de SAGs y las zonas de puesta no indicó diferencias significativas, pero si una tendencia a concentrar una mayor cantidad de SAGs en la zona intermareal y muchos menos en la zona media o de vegetación. Los nidos puestos cerca al agua tienen un mayor riesgo de ser inundados por las olas ó arrastrados por la erosión de la playa (ECKERT, 1987). La penetración de raíces a la cámara del nido y destrucción de los huevos es otro riesgo al que se enfrentan los nidos si se ubican en la zona de vegetación (WOOD & BJORN DAL, 2000) al igual que la desorientación de las crías en su camino hacia el mar. (KAMEL & MROSOVSKY, 2004). Por otra parte, la anidación en la zona intermareal supone un menor esfuerzo para la hembra y un menor riesgo de quedar varada o bloqueada por obstáculos de la playa. Así, las hembras con más huevos realizarían un esfuerzo mayor asumiendo mayores riesgos pero anidarían en zonas más seguras para los huevos. Los SAGs serían más numerosos y al mismo tiempo más útiles en zonas muy húmedas donde la disponibilidad de oxígeno es menor (HALL, 1990).

Las crías que tuvieron incubaciones más largas emergieron del nido con pesos menores. Típicamente la duración de la incubación decrece al aumentar la temperatura de incubación (LUTZ *et al.*, 2003). Por lo tanto, es probable que los neonatos que tuvieron menor peso procedieran de nidos ubicados en zonas de menor temperatura, induciendo una incubación más lenta, un menor ritmo metabólico y por ello mas dificultades para alcanzar el peso promedio. La incubación más lenta pudo aumentar la pérdida de agua afectando a los embriones (LUTZ *et al.*, 2003) o provocó el agotamiento de las reservas energéticas (MILLER, 1985; MERWE *et al.*, 2005). Además, las crías provenientes de

nidos más profundos consumen un mayor porcentaje de su yema residual cuando ascienden desde la cámara de los huevos (MERWE *et al.*, 2005).

En nuestro estudio el éxito de eclosión varió extraordinariamente entre diferentes nidos y no varió con relación a la fecha de puesta. En tortugas marinas, el desarrollo embrionario puede estar influido por varios factores ecológicos que interaccionan entre sí, como la temperatura (YNTEMA & MROSOVSKY, 1980) y humedad del sustrato (MCGEHEE, 1990), entre otros. Los nidos de tortuga laúd tienen en general un éxito de eclosión más bajo que los de otras tortugas marinas, pero la causa de su alta mortalidad embrionaria es desconocida (WALLACE *et al.*, 2004). BELL *et al.* (2003), hallaron que la tasa de fecundación de los huevos fue alta y no explica la alta mortalidad embrionaria de la especie. El éxito de eclosión obtenido en el presente estudio en nidos protegidos *in situ*, fue similar al citado en Rantau Abang, Malaysia (≤ 0.564) (CHAN & LIEW, 1996) y en Tortuguero, Costa Rica (0.532) (LESLIE *et al.*, 1996). El éxito de eclosión de los nidos trasladados a corrales en el presente estudio fue mucho menor que el de los nidos protegidos *in situ*. Posiblemente la influencia humana, tanto en el inadecuado manejo del sustrato de incubación y manipulación de los huevos, así como en la selección de sitios para instalar los corrales, pueden estar incrementando el fracaso de estas nidadas. Características del sustrato del corral, como la salinidad o el contenido orgánico (ACKERMAN, 1991), así como las infecciones por hongos en los huevos pueden afectar también el éxito de eclosión (PHILLOT & PARMENTER, 2001) en huevos de *Chelonia mydas* y *Caretta caretta*. Factores maternos como la salud reproductiva de la madre, los contaminantes químicos o infecciones bacterianas transmitidas a los huevos podrían

estar jugando algún papel en la muerte de los embriones (BELL *et al.*, 2003).

Una de las estrategias de conservación de tortugas marinas es la protección de playas de anidación y de los nidos, siendo una práctica común en muchos países recolocar los nidos en corrales de protección o áreas estables (DUTTON & WHITMORE, 1983). Así, la reubicación o traslado de nidos es una importante herramienta de conservación en playas donde la eclosión natural es baja o nula debido a la caza furtiva, depredación o erosión (GARCÍA *et al.*, 2003). Sin embargo, existen problemas potenciales inherentes al traslado de huevos y a su incubación en condiciones artificiales, incluyendo el incremento de la mortalidad de los huevos, reducción de la eficacia biológica de las crías o la alteración de su razón de sexos (LUTZ *et al.*, 2003). A pesar de esto, también existen muchas playas donde la técnica del traslado es usada y donde incluso obtienen éxitos de eclosión mayores en nidos trasladados a corrales que en nidos naturales, como en Playa Gandoca, Costa Rica (CHACÓN & HANCOCK, 2004; CHACÓN & MACHADO, 2005) y en Cuixmala, Méjico (GARCÍA *et al.*, 2003). En La Playona, a pesar del bajo éxito de eclosión, el traslado de nidos a corrales de protección se presenta como una herramienta eficaz para disminuir el impacto de la expoliación y saqueo de nidadas, que puede llegar a ser total en algunas playas, y para facilitar el reclutamiento de nuevos individuos a la población.

Es evidente que hace falta un mejor entendimiento de los factores que determinan el éxito o fracaso del proceso de incubación. Además, es necesario ajustar las técnicas y los protocolos de traslado y mantenimiento de corrales de acuerdo a las características físicas y ambientales de cada área de anidación, pues los patrones de variabilidad de los diferentes factores que influyen tanto en la incubación

como en el éxito de eclosión, tales como la humedad, la temperatura, la erosión, la compactación de la arena o la presencia de microorganismos, entre otros, podrían variar geográficamente. También es necesario hacer un análisis que abarque los resultados de un mayor número de temporadas de anidación que permita evaluar el status de la población, conocer mejor su dinámica reproductiva y hacer prospecciones que contribuyan a la adopción de decisiones y políticas de conservación y manejo de esta población.

Agradecimientos

Agradecemos a Manuela, Basilia, A. Gutiérrez, J. Olivo, hermanos Chaverra, David y otros colaboradores voluntarios por su ayuda durante el trabajo de campo. La Junta de Andalucía ha financiado parcialmente el presente estudio y la Fundación Darien ha apoyado el estudio de esta zona durante 13 años.

REFERENCIAS

- ACKERMAN, R.A. (1991): Physical factors affecting the water exchange of buried reptile eggs. Pp. 193-212, in: Deeming, D.C. & Ferguson M.W.K. (eds.), *Egg Incubation: Its Effects on Embryonic Development in Birds and Reptiles*. Cambridge University Press, Cambridge.
- BELL, B.A., SPOTILA, J., PALADINO, F. & REINA, R. (2003): Low reproductive success of leatherback turtles, *Dermochelys coriacea*, is due to high embryonic mortality. *Biological Conservation*, 115: 131-138.
- CHACÓN, D. (1994): Anidación de la tortuga *Dermochelys coriacea* (Testudines: Dermochelyidae) en Playa Gandoca, Costa Rica (1990 a 1997). *Revista de Biología Tropical*, 47: 225-236.
- CHACÓN, D. & HANCOCK, J. (2004): *Anidación de la Tortuga Baula Dermochelys coriacea en Playa Gandoca, Talamanca, Costa Rica*. Informe técnico, Programa de Conservación de Tortugas Marinas del Caribe Sur, Costa Rica.
- CHACÓN, D. & MACHADO J. (2005): *Anidación de la Tortuga Baula Dermochelys coriacea en Playa Gandoca, Caribe Sur, Costa Rica*. Informe técnico, Programa de Conservación de Tortugas Marinas del Caribe Sur, Costa Rica.
- CHAN, E. & LIEW, H. (1996): Decline of the leatherback population in Terengganu, Malaysia, 1956-1995. *Chelonian Conservation Biology*, 2: 196-203.
- CHUA, T.H. & FURTADO, J.I. (1988): Nesting frequency and clutch size in *Dermochelys coriacea* in Malaysia. *Journal of Herpetology*, 22: 208-218.
- CONGDON, J.D. (1989): Proximate and evolutionary constraints on energy relations of reptiles. *Physiological Zoology*, 65: 1234-1251.
- DUQUE, V., PÁEZ V. & PATIÑO J. (2000): Ecología de anidación y conservación de la tortuga Caná, *Dermochelys coriacea*, en la Playona, golfo de Urabá chocoano (Colombia), en 1998. *Actualidades Biológicas*, 22: 37-53.
- DUTTON, D.L., DUTTON, P.H., CHALOUPKA, M. & BOULON, R.H. (2005): Increase of a Caribbean leatherback turtle *Dermochelys coriacea* nesting population linked to long-term nest protection. *Biological Conservation*, 126: 186-194.
- DUTTON, P.H. & WHITMORE, C.P. (1983): Saving doomed eggs in Suriname. *Marine Turtle Newsletter*, 24: 8-10.
- ECKERT, K.L. (1987): Environmental unpredictability and leatherback sea turtle (*Dermochelys coriacea*) nest loss. *Herpetologica*, 43: 315-323.
- FERGUSON, G.W., SNELL, H.L. & LANDWER,

- A.J. (1990): Proximate control of variation of clutch, egg, and body size in a west-Texas population of *Uta stansburiana* (Sauria: Iguanidae). *Herpetologica*, 46: 227-238.
- FORD, N.B. & SEIGEL, R.A. (1989): Phenotypic plasticity in reproductive traits: evidence from a viviparous snake. *Ecology*, 70: 1768-1774.
- FRAZER, N.B. & RICHARDSON, J.I. (1985): Seasonal-variation in clutch size for loggerhead sea-turtles, *Caretta caretta*, nesting on Little Cumberland Island, Georgia, USA. *Copeia*, 1985: 1083-1085.
- GARCÍA A., CEBALLOS G. & ADAYA R. (2003): Intensive beach management as an improved sea turtle conservation strategy in México. *Biological Conservation*, 111: 253-261.
- HALL, K. (1990): Hatchling success of the leatherback turtle (*Dermochelys coriacea*) clutches in relation to biotic and abiotic factors. *Proceedings of the Tenth Annual Workshop on Sea Turtle Biology and Conservation*. NOAA, 278-286.
- HIGUITA, A. (2000): *Proporciones Sexuales y Neonatales y Demografía de la Población de Tortuga Caná (Dermochelys coriacea) Anidante en La Playona, Chocó, Durante la Temporada de 1999*. Tesis de Licenciatura, Universidad de Antioquia, Medellín, Colombia.
- HIRTH, H.F. (1980): Some aspects of the nesting behaviour and reproductive biology of sea turtles. *American Zoologist*, 20: 507-523.
- HIRTH, H.F., KASU, J. & MALA, T. (1993): Observations on a leatherback turtle *Dermochelys coriacea* nesting population Near Piguwa, Papua New Guinea. *Biological Conservation*, 65: 77-82.
- IUCN (2006): 2006 IUCN Red List of Threatened Species. <www.iucnredlist.org> [Consulta: junio 2007].
- KAMEL, S.J. & MROSOVSKY, N. (2004): Nest site selection in leatherbacks, *Dermochelys coriacea*: individual patterns and their consequences. *Animal Behaviour*, 68: 357-366.
- LESLIE, A., PENICK, D., SPOTILA, J. & PALADINO, F. (1996): Leatherback turtle, *Dermochelys coriacea*, nesting and success at Tortuguero, Costa Rica, in 1990-1991. *Chelonian Conservation and Biology*, 2: 159-168.
- LUTZ, P.L., MUSICK, J.A. & WYNEKEN, J. (2003): *The Biology of Sea Turtles*. CRC Press, London.
- MARCO, A. & PÉREZ-MELLADO, V. (1998): Influence of clutch date on egg and hatchling sizes in the annual clutch of *Lacerta schreiberi* (Sauria, Lacertidae). *Copeia*, 1998: 145-150.
- MCGEEHEE, M.A. (1990): Effects of moisture on eggs and hatchlings of loggerhead sea turtles (*Caretta caretta*). *Herpetologica*, 46: 251-258.
- MERWE, J.V., IBRAHIM, K. & WHITTIER, J. (2005): Effects of hatchery and nest depth on the development and quality of *Chelonia mydas* hatchlings: implications for hatchery management in Peninsular Malaysia. *Australian Journal of Zoology*, 53: 205-211.
- MILLER, J.D. (1985): Embryology of marine turtles. Pp. 217-279, in: Gans, C., Northcutt R.G. & Ulinsky P. (eds.), *Biology of the Reptilia*, Vol. 14. Wiley Interscience, London.
- NORDMOE, E.D., SIEG, A.E., SOTHERLAND, P.R., SPOTILA, J.R., PALADINO, F.V. & REINA, R.D. (2004): Nest site fidelity of leatherback turtles at Playa Grande, Costa Rica. *Animal Behaviour*, 68: 387-394.
- PHILLIOT, A.D. & PARMENTER, C. (2001): The distribution of failed eggs and the appearance of fungi in artificial nests of green (*Chelonia mydas*) and loggerhead

- (*Caretta caretta*) sea turtles. *Australian Journal of Zoology*, 49: 713 -718.
- REINA, R., MAYOR, P.H., SPOTILA, J., PIEDRA, R. & PALADINO, F.V. (2002): Nesting ecology of the leatherback turtle, *Dermochelys coriacea*, at Parque Nacional Marino Las Baulas, Costa Rica: 1988-1989 to 1999-2000. *Copeia*, 2002: 653-664.
- REYNOLDS, D. P. (2000): *Emergence Success and Nest Environment of Natural and Hatchery Nest of the Leatherback Turtle (Dermochelys coriacea) at Playa Grande, Costa Rica, 1998-1999*. Tesis de Licenciatura, Drexel University, Philadelphia.
- RUEDA, J.V., ULLOA, G.A. & MEDRANO, S.A. (1987): *Estudio sobre la Ecología Reproductiva, la Ecología y el Manejo de la Tortuga Caná (Dermochelys coriacea) en el Golfo de Urabá*. Informe técnico, Acandí, Colombia.
- SPOTILA, J.R., DUNHAM, A.E., LESLIE, A.J., STEYERMARK, A.C., PLOTKIN, P.T. & PALADINO, F.V. (1996): Worldwide population decline of *Dermochelys coriacea*: are leatherback turtles going extinct? *Chelonian Conservation and Biology*, 2: 209-222.
- SPOTILA, J.R., REINA, R.D., STEYERMARK, A.C., PLOTKIN, P.T. & PALADINO, F.V. (2000): Pacific leatherback turtles face extinction: fisheries can help avert the alarming decline in population of these ancient reptiles. *Nature*, 405: 529-530.
- STEYERMARK, A.C., WILLIAMS, K. SPOTILA, J.R. PALADINO, F.V. ROSTAL, D.C. MORREALE, S.J. KOBERG, M.T. & ARAUZ, R. (1996): Nesting leatherback turtles at Las Baulas National Park, Costa Rica. *Chelonian Conservation and Biology*, 2: 173-183.
- TUCKER, A.D. & FRAZER, N.B. (1991): Reproductive variation in leatherback turtles, *Dermochelys coriacea*, at Culebra National Wildlife Refuge, Puerto Rico. *Herpetológica*, 47: 115-124.
- TURTLE EXPERT WORKING GROUP. (2007): *An Assessment of the Leatherback Turtle Population in the Atlantic Ocean*. NOAA Technical Memorandum NMFS-SEFSC-555.
- VAN BUSKIRK, J. & CROWDER, L.B. (1994): Life-history variation in marine turtles. *Copeia*, 1994: 66-81.
- WALLACE, B.P., SOTHERLAND, P.R., SPOTILA, J.R., REINA, R.D., FRANKS, B.F. & PALADINO, F.V. (2004): Biotic and abiotic factors affect the nest environment of embryonic leatherback turtles, *Dermochelys coriacea*. *Physiological and Biochemical Zoology*, 77: 423-432.
- WOOD, D.W. & BJORNDAAL, K.A. (2000): Relation of temperature, moisture, salinity and slope to nest site selection in loggerhead sea turtles. *Copeia*, 2000: 119-128.
- YNTEMA, C.L. & MROSOSVKY, N. (1980): Sexual differentiation in hatchling loggerheads (*Caretta Caretta*) incubated at different controlled temperatures. *Herpetologica*, 36: 33-36.

ms # 223
 Recibido: 30/03/06
 Aceptado: 21/06/07