

ECOLOGÍA DE ANIDACIÓN DE LA TORTUGA GOLFINA (*Lepidochelys olivacea*) EN LA PLAYA DE LA CUEVITA, COSTA PACÍFICA CHOCOANA, COLOMBIA, EN 1998

NESTING ECOLOGY OF THE OLIVE RIDLEY TURTLE (*Lepidochelys olivacea*) AT LA CUEVITA, CHOCOAN PACIFIC COAST, COLOMBIA, IN 1998

Luz Mery Martínez¹ y Vivian P. Páez¹

Resumen

La playa de La Cueva, con una extensión de 8 km, localizada en el corregimiento del Valle, municipio de Bahía Solano, Chocó, es una de las principales playas de anidación de *Lepidochelys olivacea* identificadas en el Pacífico colombiano. Durante la estación reproductiva de 1998 (de agosto a diciembre) registramos 113 arribos y trasladamos a un corral de protección (tortugario) 91 nidos con un total de 8.918 huevos. Las hembras presentaron una tendencia significativa a anidar en el primer sector de esta playa (kms 0-2) y en la zona de lavado. No encontramos un pico aparente de anidación durante la temporada reproductiva. El éxito de eclosión para los primeros 59 nidos trasladados fue 81.5% y el éxito reproductivo fue 79%. Monitoreamos la temperatura de incubación de diez de estos nidos hasta la fecha de eclosión de los mismos. Tanto la temperatura promedio de incubación a lo largo de todo el periodo de incubación, como el promedio de la temperatura únicamente durante el periodo crítico de incubación, mostraron fluctuaciones diarias por encima y por debajo de la temperatura umbral reportada para la población de tortuga golfina anidante en Playa Nacite, Costa Rica. Inspeccionamos histológicamente las gónadas de una muestra aleatoria de diez juveniles de diez nidos con registro de temperatura ($n = 100$). En aquellos expuestos a temperaturas promedio menores de 29 °C únicamente obtuvimos machos. Encontramos un porcentaje de hembras entre 40 y 70 bajo temperaturas de incubación entre 30 y 31 °C. Se presentó un nido atípico, donde con una temperatura de 32.4 °C sólo se obtuvieron machos. Solamente un nido con temperatura promedio de incubación de 30.5 °C presentó una proporción sexual de 1:1. Se discute la necesidad de estimar la proporción sexual de los neonatos que eclosionan de nidos naturales en esta playa. De acuerdo con estos resultados, la forma en que se han manipulado los nidos y las actuales condiciones de incubación en el tortugario probablemente han favorecido la producción de machos durante años en una proporción de por lo menos 3:1, lo cual puede ir en detrimento del mantenimiento de esta población. Igualmente, se sugiere que en futuros estudios en esta playa se determine la temperatura umbral para esta población con el fin de que si es necesario incubar los nidos artificialmente en el tortugario, como consecuencia de la elevada tasa de depredación de los nidos naturales en esta playa, se haga bajo condiciones muy similares a las naturales, para minimizar otras posibles alteraciones biológicas.

Palabras clave: Reptilia, Testudines, *Lepidochelys olivacea*, ecología reproductiva, temperaturas de incubación, determinación sexual, proporción sexual, conservación, Chocó.

Abstract

The beach La Cueva, with an extension of 8 km, located in the corregimiento el Valle, municipality of Bahía Solano, Chocó, is one of the principal nesting beaches of *Lepidochelys olivacea* known for the Pacific coast of Colombia. During the 1998 reproductive season (from August to December), we registered 113 landings and transferred 91 nests to a protected corral (a total of 8.918 eggs). The females exhibited a significant tendency to nest in the first section of the beach (kms 0-2) and in the tidal zone. There was no apparent peak of nesting during the reproductive season. Hatching success for the first 59 nests transferred was 81.5% and the reproductive success was 79%. We monitored the incubation temperature of ten of these nests until they hatched. Both the mean incubation temperature throughout the entire incubation period and the mean temperature only during the critical period of incubation exhibited daily fluctuations around the threshold temperature reported for the population of Olive Ridleys nesting at Playa Nacite, Costa Rica. We inspected histologically the gonads of a random sample of ten hatchlings from the ten temperature-registered nests ($n = 100$). In

Recibido: julio de 1999; aprobado para publicación: agosto de 1999.

¹ Departamento de Biología, Universidad de Antioquia, Medellín, Colombia, apartado 1226. E-mail: vpaez@quimbaya.udea.edu.co.

those experiencing mean temperatures below 29 °C, only males were produced. We found between 40 and 70% females with incubation temperatures between 30 and 31 °C. There was one atypical nest, in which a temperature of 32.4 °C produced only males. Only one nest with a mean incubation temperature of 30.5 °C yielded a 1:1 sexual proportion. The need to estimate the sexual proportions of neonates which hatch from natural nests on this beach is discussed. According to the results, the manner in which nests have been manipulated and the current incubation conditions in the corral probably have favored the production of males for years in a proportion of at least 3:1, which could be detrimental to the maintenance of this population. Similarly, it is suggested that in future studies at this beach the threshold temperature for this population be determined so that, if it is necessary to incubate nests artificially in the corral due to the elevated rates of nest predation of natural nests in this beach, it is done under conditions very similar to natural ones, to minimize other possible biological effects.

Key words: Reptilia, Testudines, *Lepidochelys olivacea*, reproductive ecology, incubation temperatures, sex determination, sex ratios, conservation, Chocó.

INTRODUCCIÓN

Conocer la dinámica poblacional de una especie es importante. Sin embargo, los censos en las poblaciones de tortugas marinas son difíciles debido a que la utilización del hábitat de estas poblaciones varía enormemente de acuerdo con los cambios ontogénicos y estacionales. A partir del monitoreo a largo plazo de las arribadas de hembras en las playas de anidación es posible determinar cambios demográficos importantes en la población, lo cual es una herramienta invaluable para la conservación y el conocimiento de las tortugas marinas (Meylan, 1995). La demografía de las tortugas marinas se caracteriza tanto por la baja probabilidad de supervivencia de los embriones y los neonatos como por la relativamente alta supervivencia natural de los adultos (Iverson, 1991). Entre las principales causas de mortalidad en las tortugas marinas encontramos la actividad humana en las playas de anidación, incluyendo la depredación directa de los nidos por humanos o sus animales domésticos y la alteración biológica de las mismas (Drake, 1996). En 1976, todas las tortugas marinas (excepto *Natator depressa*) fueron listadas en el Apéndice I de la convención CITES, que prohíbe comerciar, exportar e importar cualquiera de sus productos (Limpus, 1995). Según el sistema de categorización de la UICN de 1989 todas se consideran en peligro de extinción, con la excepción de *Caretta caretta* que se considera vulnerable (Johnson *et al.*, 1993; Limpus, 1995).

Como consecuencia de la preocupación por recuperar y proteger estas especies, en muchas de

las principales playas de postura se han implementado diferentes programas de manejo destinados principalmente a la protección de los nidos y las hembras anidantes. Muchos de éstos emplean la transferencia de nidos a variados corrales de incubación, en donde los nidos se mantienen protegidos hasta el momento de la eclosión. Un factor que cada vez recibe más atención por sus implicaciones demográficas en estos programas de manejo, es el hecho de que todas las especies de tortugas marinas examinadas hasta la fecha poseen mecanismos de determinación sexual dependientes de la temperatura durante la incubación (DST). Es decir, que durante el desarrollo embrionario se fija el sexo del individuo de acuerdo con la temperatura a la que éste sea expuesto. Específicamente, el sexo del embrión se fija durante una fase particular en su desarrollo, conocida como el periodo crítico de incubación, el cual corresponde al segundo tercio del desarrollo embrionario (para una revisión completa de los mecanismos y características de la DST, consultar Standora y Spotila, 1985; Ewert y Nelson, 1991).

Se debe conocer la temperatura umbral (temperatura constante de incubación en la que se produce una proporción de sexos de 1:1) y la TRT (temperature range transition = rango de temperatura en el cual la proporción sexual cambia desde todos machos a todas hembras) (Mrosovsky, 1994), ya que son elementos biológicos importantes en el manejo y la conservación de las tortugas marinas en peligro o amenazadas con la

extinción (Mrosovsky, 1994; Mrosovsky y Yntema, 1995). Por ejemplo, Vogt (1994) sugiere como herramienta de manejo la introducción de un exceso de hembras a las poblaciones de tortugas mediante la manipulación del sexo de los embriones, empleando temperaturas de incubación que favorezcan la producción de hembras. Sin embargo, otros autores cuestionan estas prácticas (Mrosovsky y Godfrey, 1995; Girondot *et al.*, 1998). Estudios previos realizados por McCoy *et al.* (1983) y Wibbels *et al.* (1998) con *L. olivacea* proveen un conocimiento importante de la determinación sexual y la temperatura umbral de la población de *L. olivacea* anidante en Playa Nancite, Costa Rica. Estos autores determinaron una temperatura umbral de 30.4 °C. Debido a la posible variación interpoblacional en este parámetro, es fundamental realizar una comparación estandarizada con otras poblaciones, en este caso con la de *L. olivacea* anidante en la playa de La Cueva (Chocó, Colombia), para lograr una mayor caracterización de la especie y recomendar estrategias de manejo adecuadas para esta población.

Como resultado de la captura indiscriminada de tortugas marinas adultas en la costa pacífica colombiana y de la baja supervivencia de los nidos en condiciones naturales debido al consumo local de huevos por los habitantes del corregimiento del Valle, municipio de Bahía Solano, en el departamento de Chocó, se creó en 1991 el Programa para la Conservación de las Tortugas Marinas por la Fundación Natura (Amorocho, 1993). Este programa en sus nueve años de duración ha pretendido conservar la población de tortugas anidantes en esta playa mediante el traslado de los nidos para favorecer la eclosión de éstos. En esta playa se han identificado tres zonas durante la marea baja: la zona de lavado, que es aquella hasta donde llega la acción del mar (la arena permanece muy húmeda y compacta); la zona media, o región intermedia entre la zona de lavado y la vegetación (muy pocas veces es lavada por las olas); y la zona de vegetación, que corresponde a la zona cubierta por plantas. Sin embargo, en La Cueva esta zonificación desaparece durante la pleamar (marea alta), lo que la hace

una playa particular en comparación con otros sitios de anidación en los que se han identificado preferencias de anidación de las hembras por alguna de estas zonas y, en consecuencia, el efecto de estas preferencias en las tasas de mortalidad y proporciones sexuales entre las diferentes zonas. En vista de las características de la playa y como complemento al trabajo realizado por la Fundación Natura en esta área, este estudio pretendió profundizar en algunos aspectos de la ecología reproductiva de la tortuga golfina *L. olivacea*, anidante en esta playa. El trabajo incluyó la estimación del tamaño de la población anidante en la playa durante la temporada de 1998, la determinación de la extensión del periodo de anidación, el pico de anidación, la estimación del éxito reproductivo y de eclosión, la cuantificación de las temperaturas de incubación para algunos de los nidos trasladados y la determinación del efecto de la temperatura del nido en la extensión del periodo de incubación y en el sexo de algunos individuos. Con base en esta información, se realizó una estimación de la proporción sexual en cada nido y para la estación; esto último con el fin de evaluar el efecto de las prácticas actuales de manejo de este programa en la proporción sexual de los neonatos liberados, ya que durante su existencia no se ha determinado este factor.

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio

La playa de La Cueva, con sus 8 km de longitud, es una de las más largas del litoral pacífico chocoano (figura 1). En 1988, un reconocimiento costero realizado a lo largo de los 1.300 km que tiene el Pacífico colombiano permitió identificar esta playa como un sitio importante de anidación de la tortuga golfina *L. olivacea* (Amorocho *et al.*, 1992). Su ubicación la define como área de amortiguación del Parque Nacional Natural Utría. Sus coordenadas corresponden a los 6° 4' N y 77° 20' O. La temperatura promedio en la zona es de 25 °C (mínima 21 y máxima 31) con una humedad relativa entre el 80 y el

100% y una pluviosidad promedio de 7.000 mm/año (Amorocho, 1993). Las mareas en el área son de tipo semidiurno, con un periodo aproximado de 6:20 h. El rango promedio de variación entre pleamar y bajamar es de 4 m verticales, por lo que en épocas de mareas máximas quedan expuestas superficies de la playa de casi 100 m o más. Las mareas máximas o "pujas" se presentan durante la luna llena o nueva, y las mareas de rangos más estrechos o "quebras" se dan durante la luna menguante o creciente (Vélez, 1997). Es una playa de alta energía, abierta y de fuerte oleaje. En su composición granulométrica predominan las arenas gruesas y medias. La madera de deriva se acumula sobre la línea de vegetación, debido al grado de inclinación de la pendiente y a la ausencia de dunas que frenen el impulso del oleaje. La vegetación predominante está compuesta por un estrato rasante compuesto por plantas rastreras, un estrato herbáceo con dominio de gramíneas y un estrato arbóreo compuesto de especies arbustivas (Amorocho, 1993).

Patrullaje y traslado de nidos

Entre el 3 de agosto y el 3 de diciembre de 1998 cuatro personas patrullaron diariamente los 8 km de extensión de la playa. Los recorridos los realizamos entre las 19:00 y las 6:00 h del día siguiente en dos turnos de dos personas cada uno. Los turnos variaron de acuerdo con el ritmo de mareas, es decir, evitando la pleamar y la bajamar, cuando es muy poco probable que se encuentre una tortuga anidando. Señalizamos el área de estudio poniendo sobre la línea de vegetación estacas marcadas con el número correspondiente al sector (cada 200 m). La numeración partió desde cero, comenzando en la quebrada La Cueva que corresponde al límite sur de la playa. Durante los patrullajes nocturnos localizamos las huellas de las hembras andantes y los nidos, y cuando se encontraba una tortuga anidando la marcábamos con placas metálicas en los pliegues de las aletas anteriores. Las tortugas fueron medidas con cinta métrica y registramos el largo curvo del caparazón y el ancho curvo del caparazón. Igualmente, determinamos la zona de playa (zona de lavado, zona media o zona de vegetación) en que fue encontrado el nido y el sector (km).

Trasladamos todos los nidos detectados en bolsas plásticas hasta el corral en la playa (el tortugario), para su incubación. Contamos y reubicamos los huevos de los nidos trasladados dentro de un plazo máximo de seis horas. Las cámaras artificiales para los nidos trasladados al tortugario fueron construidos en forma de botella, con una profundidad promedio de 60 cm, similares a los excavados por la tortuga. Para cada nido, registramos la fecha de ovoposición de los huevos y la identificación de la hembra en el caso de ser interceptada y marcada.

Eclosión

Al comenzar la etapa de eclosión revisamos periódicamente los nidos, observando si se presentaban hundimientos en su superficie. A partir del día 45 encerramos los nidos con cilindros de malla plástica de 40 cm de diámetro y 50 cm de altura. La emergencia de neonatos se realizó de dos formas: natural (cuando las emergencias fueron sin ayuda) y facilitada (cuando fue necesario excavar los nidos manualmente para propiciar la emergencia). Esta facilitación fue necesaria debido a la compactación de la arena por las fuertes lluvias, que en algunos casos causaba la muerte de los neonatos por asfixia. Al comenzar la emergencia de los neonatos revisamos el nido, retiramos los huevos que estuvieran infectados con hormigas y sacamos las cáscaras vacías para prevenir otras posibles infecciones. Registramos el número de neonatos vivos y muertos, el número de huevos infértiles y el número de huevos con desarrollo embrionario que no eclosionaron. Todos los neonatos fueron liberados al mar en la misma playa, procurando hacerlo en las primeras horas de la mañana o al anochecer, cuando la temperatura ambiente había descendido. Determinamos el *éxito de eclosión* (número de neonatos que lograron salir del huevo/número total de huevos) y el *éxito reproductivo* (número de neonatos liberados/número total de huevos).

Condiciones de temperatura de los nidos

Seleccionamos al azar diez nidos trasladados, a los cuales les cuantificamos la variación en la temperatura de incubación por medio de senso-

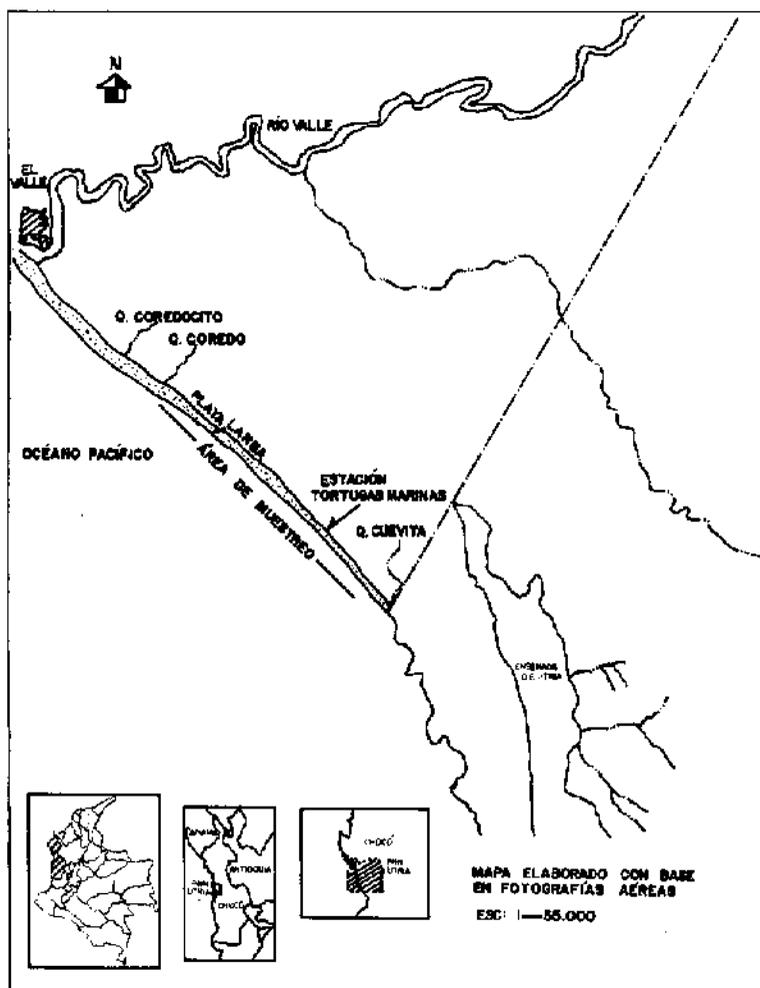


Figura 1. Área de estudio

res (termocuplas) que fueron puestos dentro de la cámara de incubación (un sensor por nido), aproximadamente a 60 cm de profundidad. Las lecturas se hicieron con un termómetro digital (marca Omega) conectado a los sensores. Registramos la temperatura del nido a las 8:00, 12:00, 16:00 y 20:00 h cada día, durante todo el periodo de incubación.

Determinación sexual por medio del estudio histológico del tejido gonadal

De cada nido con sensor tomamos una muestra al azar de diez neonatos (100 neonatos en total), los cuales fueron sacrificados en cloroformo e inyectados y conservados en formol al 10%. Una gónada de cada neonato fue extraída y preserva-

da en formol al 10%. Posteriormente, en el Laboratorio de Patología de la Facultad de Medicina Veterinaria de la Universidad de Antioquia, fueron realizados la fijación-imbibición y el corte transversal de las gónadas (4 mm) y la coloración de los cortes en hematoxilina-eosina. Determinamos el sexo de los neonatos por medio de análisis del tejido gonadal con base en los criterios descritos por Yntema y Mrosovsky (1980).

Para los análisis estadísticos se utilizaron el programa Statgraphics Plus 3.0 y las siguientes pruebas: proporción de anidación a lo largo del tiempo, dividiendo los cuatro meses en intervalos de dos semanas (prueba de Kruskal-Wallis); preferencia de anidación por sectores y zonas de la playa (pruebas de chi-cuadrado); relación entre el ta-

maño de la hembra y el tamaño del nido (correlación de Pearson); diferencias en el número de neonatos vivos y muertos en los diferentes meses (prueba de chi-cuadrado); cambio en el promedio de la temperatura de incubación a lo largo del periodo de incubación (prueba de Kruskal-Wallis); relación entre la temperatura diaria a lo largo del periodo de incubación y los días de incubación (correlación de Pearson); diferencias en el número de machos y hembras en los nidos monitoreados (prueba de chi-cuadrado).

RESULTADOS

Anidación

Debido a la fuerte presión que existe sobre los huevos por el saqueo local, en los cuatro meses en que realizamos la labor de patrullaje sólo logramos evitar la depredación y trasladar 91 nidos al tortugario (un total de 8.918 huevos). Inspeccionamos la variación entre los periodos de anidación en cuanto al número de hembras anidantes, el número de arribos y el número de nidos. No encontramos diferencias significativas en el número de hembras anidantes de acuerdo con la fecha (Kruskal-Wallis; $P > 0.10$), el número de arribos según la fecha (Kruskal-Wallis; $P > 0.10$) o el número de nidos según la fecha (Kruskal-Wallis; $P > 0.05$) (figura 2). Tampoco encontramos diferencias significativas entre el número de huevos por nido durante las diferentes fechas del estudio (Kruskal-Wallis; $P > 0.05$).

En cuanto al porcentaje de nidos por sector (km), encontramos diferencias significativas en la postura de los nidos en los diferentes sectores de la playa ($X^2 = 58.11$; g.l. = 2; $P < 0.05$), mostraron una preferencia por el primer sector de la playa (km 0-2). También encontramos diferencias significativas en la postura de los nidos dentro de las tres zonas de la playa ($X^2 = 11.49$; g.l. = 2; $P < 0.05$), presentaron una preferencia por la zona de lavado. Igualmente, determinamos una correlación significativa entre el número de huevos por nido y el largo curvo del caparazón de la hembra ($r = 0.462$; $n = 31$; $P < 0.05$).

Mortalidad

Determinamos diferencias significativas en el porcentaje de mortalidad (número de neonatos muertos/número total de huevos) entre los diferentes meses de la temporada reproductiva ($X^2 = 37.35$; g.l. = 2; $P < 0.05$), presentaron mayor mortalidad al final de la temporada de eclosión.

Reanidación

Durante este año sólo encontramos dos hembras reanidantes. La primera hembra arribó y se marcó el 25 de agosto. Esta tortuga puso 102 huevos. Catorce días después salió nuevamente y puso 81 huevos. La segunda hembra reanidante arribó y se marcó el 27 de septiembre, puso 109 huevos. Dieciocho días después salió nuevamente y puso 79 huevos. Otra hembra arribó y se marcó el 12 de agosto, pero no ovopositó. Al día siguiente, esta hembra fue recapturada y su nido fue saqueado por habitantes locales. También realizamos cuatro recapturas de hembras anidantes que fueron marcadas en esta playa en años anteriores.

Éxito reproductivo y éxito de eclosión

En total, trasladamos 91 nidos durante el estudio, pero solamente logramos estimar el éxito reproductivo y de eclosión de 59 de ellos. No poseemos la información de los últimos 32 nidos a causa de problemas logísticos que hicieron imposible nuestra permanencia en el campo durante la fecha de eclosión de estos nidos. El éxito de eclosión para la temporada de anidación de 1998 para estos 59 nidos (5.837 huevos) fue 81.5% y el éxito reproductivo fue 79%.

Temperaturas de incubación

Tanto la temperatura promedio de incubación a lo largo de todo el periodo de incubación (figura 3), como el promedio de la temperatura durante el periodo crítico de incubación, mostraron fluctuaciones diarias por encima y por debajo de la temperatura umbral de la especie reportada para Playa Nancite por Wibbels *et al.* (1998), la cual es de 30.4 °C. A partir del día 17, la temperatura dismi-

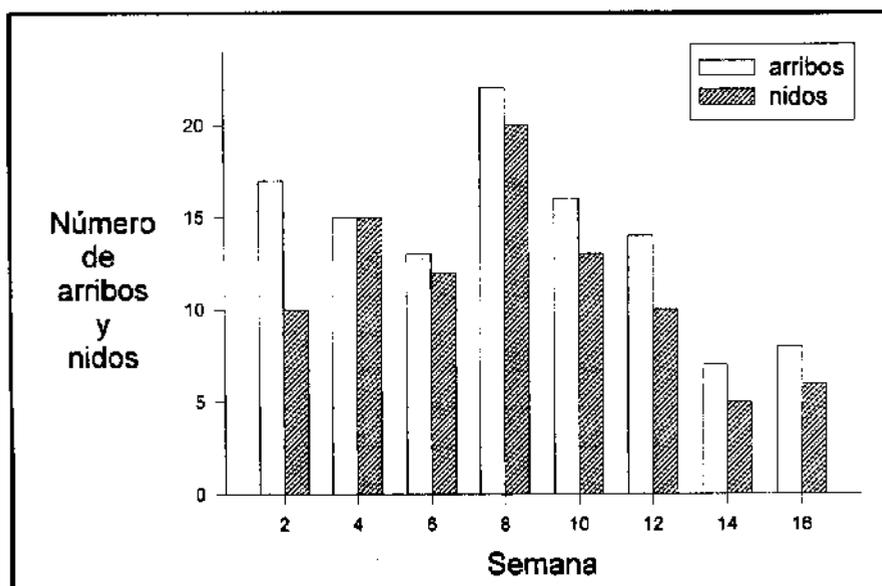


Figura 2. Actividad de anidación en la playa de La Cueva durante los cuatro meses de patrullaje en la temporada reproductiva de 1998

nuyó y se observó una mayor fluctuación que se dio hasta el final de la incubación debido posiblemente a los cambios climáticos dados a partir de estas fechas, cuando se presentaron fuertes lluvias. A temperaturas promedio menores de 29 °C no se obtuvieron hembras. Encontramos un porcentaje de hembras entre el 40 y el 70 producidas en temperaturas entre 30 y 31 °C (tabla 1). Finalmente, determinamos un nido atípico, donde con una temperatura de 32.4 °C sólo se obtuvieron machos, y otro nido con temperatura promedio de 31.5 °C en donde se obtuvo un 50% de machos y un 50% de hembras. La correlación entre la temperatura promedio de incubación y el periodo de incubación (días) fue negativa y significativa ($r = -0.948$; $P < 0.001$), con mayores temperaturas de incubación produciendo menores periodos de incubación (figura 4). Además, encontramos diferencias significativas en la temperatura de incubación a lo largo del día (8:00, 12:00, 16:00 y 20:00 h) entre los diferentes nidos (Kruskal-Wallis; $P < 0.001$).

Proporciones sexuales

De los individuos sexados, registramos una mayor proporción de machos que de hembras durante este estudio (machos 68%, hembras 27%).

Encontramos diferencias significativas en el número de machos y de hembras en los diferentes nidos ($X^2 = 62.69$; g.l. = 9; $P < 0.05$); en general las hembras se producen en nidos calientes y los machos en nidos fríos (figura 5).

DISCUSIÓN

Anidación

No hubo un pico aparente de anidación durante este estudio, lo que sugiere que durante los diferentes meses de muestreo podía encontrarse un número similar de tortugas anidando tanto al principio como al final de la temporada. Este resultado es inusual, ya que en diversos trabajos en tortugas marinas y en particular en esta especie, se presenta un pico de anidación durante septiembre y octubre en otras playas de anidación (Drake, 1996; Marcovaldi y Laurent, 1996). Es posible que estos resultados se deban a la forma en que se lleva a cabo el patrullaje en esta zona. Específicamente, por el fragmento del área muestreada y la intensidad del monitoreo podemos estar subestimando la tasa de anidación. Esto sugiere que es necesario seguir realizando un monitoreo constante durante estos meses en los años siguientes, y ampliar la duración del trabajo de patrullaje en

Tabla 1. Resumen de resultados de la incubación de los huevos para la tortuga golfina *Lepidochelys olivacea* en la playa de La Cueva durante la temporada de anidación de 1998

Temperatura promedio de incubación (°C)	Temperatura promedio en el periodo crítico de incubación	Éxito de eclosión (No. de neonatos eclosionados/No. de huevos totales)	Periodo de incubación (días)	Número de neonatos sexados	Proporción sexual (M:H)
28.9	28.6	80.0	58	10	10:0
29.2	28.9	71.9	57	9	9:0
30.1	29.7	57.0	53	9	9:0
30.9	30.6	60.3	53	10	6:4
30.9	30.8	61.4	53	10	4:6
31.0	30.5	88.3	52	10	5:5
31.5	30.6	81.6	50	10	4:6
31.8	30.9	88.4	50	8	6:2
32.1	31.6	77.6	51	9	5:4
32.4	31.1	92.7	50	10	10:0

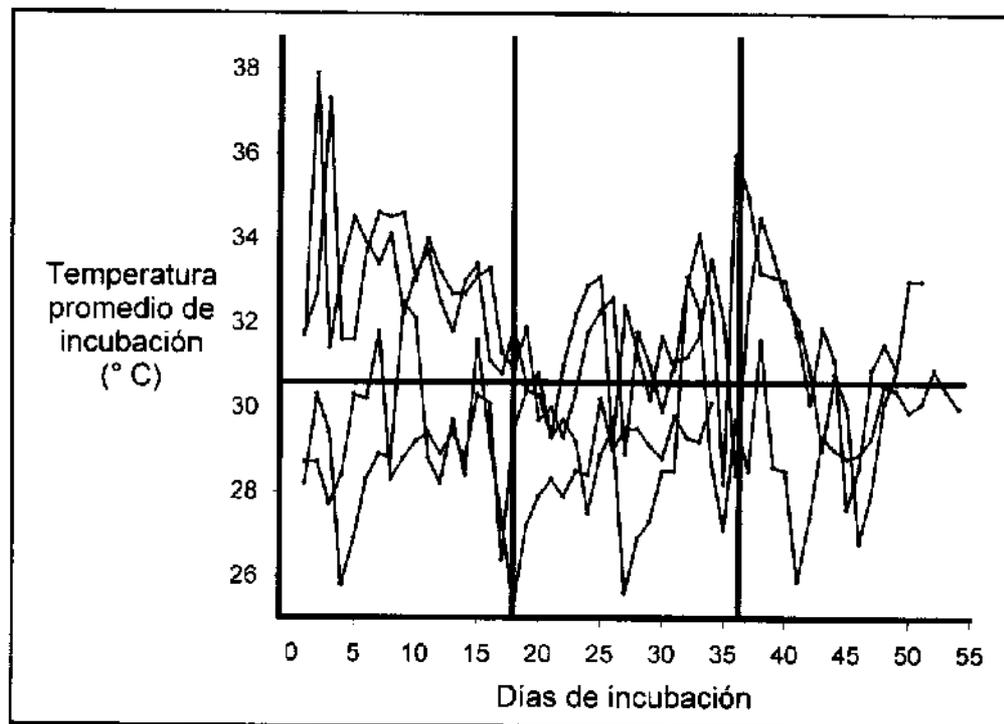


Figura 3. Fluctuaciones en las temperaturas de incubación a lo largo del periodo de incubación (días) en los cuatro nidos monitoreados donde se observaron los dos promedios de temperaturas más bajos y los dos más altos. La línea horizontal representa la temperatura umbral reportada por Wibbels *et al.* (1998) para esta especie en Costa Rica (30.4 °C). El área señalada entre las dos líneas verticales indica el periodo crítico en el que se fija el sexo del embrión

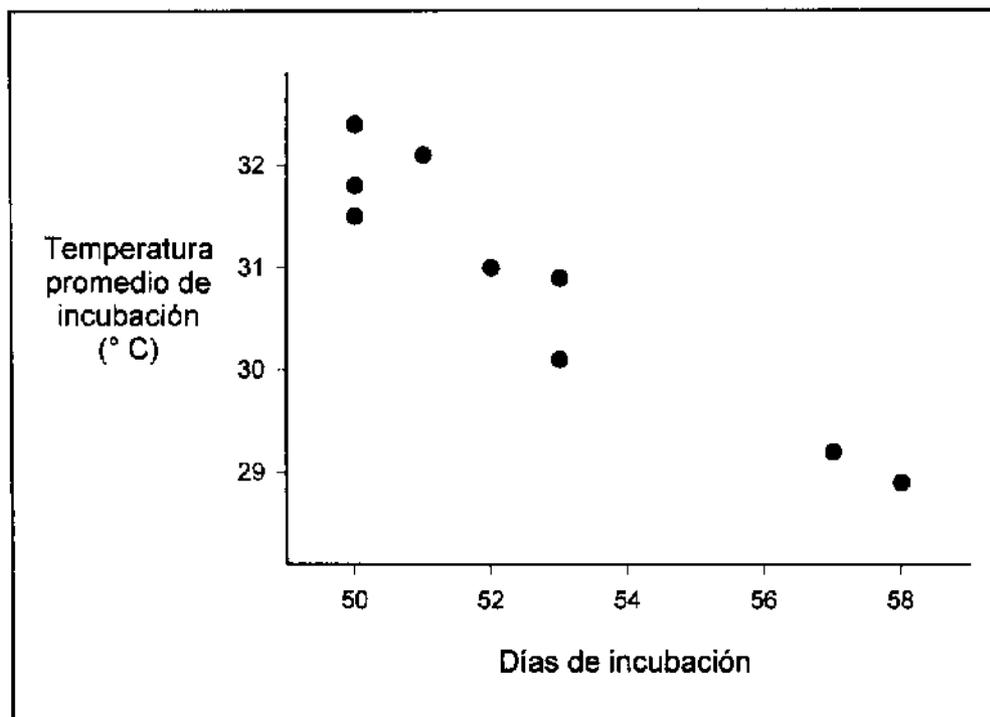


Figura 4. Correlación entre el promedio de la temperatura de incubación y la duración del periodo de incubación (días) para los diez nidos monitoreados

la temporada de anidación, para asegurar un monitoreo más representativo de la playa. Sería deseable repetir este análisis durante varios años, dado que los fenómenos como "El Niño" (en el que se presenta un calentamiento periódico de las aguas del océano y se produce escasez de nutrientes) y "La Niña" (en el que se presenta un enfriamiento del agua) afectan notoriamente el ecosistema marino y por ende pueden estar afectando el comportamiento de anidación de la tortuga golfina entre estaciones climáticas. Estudios anteriores en esta área, como el de Amorocho (1993), indican que se presenta una variación entre años en el número de hembras anidantes, pero necesitamos continuar un monitoreo a largo plazo y con una metodología estandarizada para detectar realmente disminuciones o aumentos en el tamaño de la población anidante, en relación con las variaciones climáticas anuales.

Las diferencias encontradas en cuanto a la postura de los nidos en los diferentes sectores (kilómetros) de la playa y a la preferencia por el primer

sector de ésta (kms 0-2) puede deberse a que, por lo general, en tortugas marinas los sitios de nidificación se caracterizan por presentar playas amplias y de fácil acceso desde el mar (Mortimer, 1982; Marcovaldi y Laurent, 1996). Estas características se observan en el primer sector de esta playa, ya que existe una plataforma bordeada por la quebrada de La Cueva donde la franja de arena es más amplia y las condiciones para desovar son mejores (Amorocho, 1993). En playa Nancite, Costa Rica, Cornelius (1976) encontró que *L. olivacea* presentó la tendencia a nidificar cerca de la desembocadura de ríos y estuarios, donde la salinidad es menor y la turbidez es mayor. Esto posiblemente también tenga alguna relación con lo observado en la playa de estudio, considerando que se trata de la misma especie.

Para la distribución de los nidos por zonas horizontales en la playa, las hembras mostraron una preferencia para anidar en la zona de lavado. Este comportamiento es inusual, ya que para otras poblaciones y especies lo normal es anidar en la

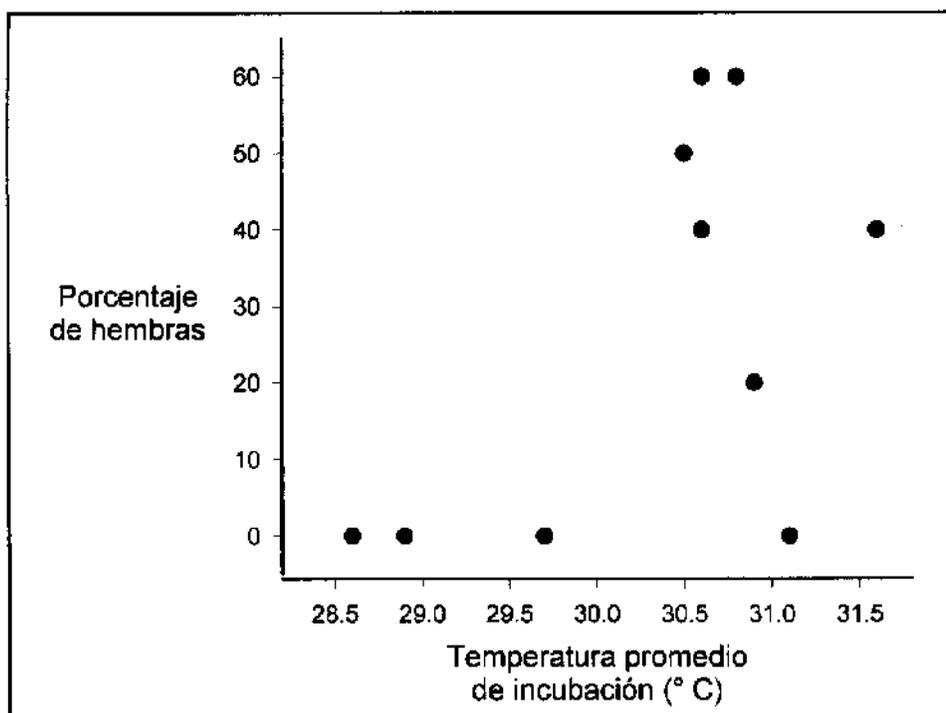


Figura 5. Relación entre el promedio de la temperatura de incubación del nido y el porcentaje de hembras registrado

zona media (Bjorndal y Bolton, 1992; Leslie *et al.*, 1996; Campbell *et al.*, 1996; Binckley *et al.*, 1998). Sin embargo, no podemos determinar cuál zona de la playa es más favorable para la incubación de los huevos en esta población, ya que durante la existencia de este programa de manejo siempre se han trasladado todos los nidos debido a la fuerte presión humana sobre los mismos.

Mortalidad debido a inundaciones

En algunos estudios de anidación de esta especie (Drake, 1996) la inundación por la marea es una de las causas de mortalidad de los embriones. Sin embargo, desconocemos el efecto de ésta en los nidos puestos en La Cueva. Por esto, es necesario tratar de mantener nidos en condiciones naturales en esta playa, con el propósito de determinar en qué forma afecta esta situación (en particular la mortalidad de los nidos) en las diferentes zonas identificadas aquí, teniendo en cuenta que durante la pleamar solamente se diferencia la zona de vegetación, ya que la

zona de lavado y la zona media quedan cubiertas completamente por el mar.

La mortalidad de los huevos en el tortugario fue baja. Al parecer, las condiciones del tortugario favorecieron el desarrollo normal de los embriones impidiendo también el acceso a depredadores naturales. Los neonatos encontrados muertos en el nido posiblemente murieron por asfixia o por parásitos dentro del nido. El movimiento y la rotación de los huevos asociado con la relocalización de los huevos (mediante el traslado en bolsa al tortugario) no pareció haber sido una causa importante en la mortalidad de los huevos. Sin embargo, puede ser una posible explicación al porcentaje de huevos no eclosionados.

Reanidación

El nivel de la reanidación documentado en este estudio fue bajo. También encontramos pocas hembras marcadas con placas de años anteriores, en comparación con otros estudios (Amoro-

cho, 1993; Drake, 1996). Debido a la gran extensión de la playa de estudio y al escaso personal con que se contó, es difícil encontrar todas las tortugas anidantes, y probablemente los datos representan una subestimación de los niveles de reanidación reales en cada temporada y entre años.

Éxito reproductivo y éxito de eclosión

Durante este estudio registramos éxitos reproductivo y de eclosión elevados (79% y 81.5%, respectivamente), en comparación con los niveles documentados en años anteriores, los cuales fueron de aproximadamente 67% (Vélez, 1997). Sin embargo, esta estimación no representa el total de nidos trasladados al tortugario en 1998 (91 nidos en total). Cabe la posibilidad de que la mortalidad fuera mayor en los últimos 32 nidos, a causa de las fuertes lluvias durante el periodo final de la incubación (octubre y noviembre), lo cual puede prolongar los periodos de incubación e incluso afectar el desarrollo de los embriones. En playas como Piro, Pejeperro, Río Oro y Carate (Costa Rica) se presenta un bajo éxito de eclosión debido a la inundación de las playas de anidación y a la alta depredación de los huevos (Drake, 1996). En playas donde se presenta anidación masiva de hembras (Nancite y Ostional en Costa Rica), los nacimientos también parecen estar bastante por debajo del potencial de reproducción, debido a que muchos nidos son destruidos por las propias tortugas durante las arribadas y a la alta depredación de los huevos en la zona (Cornelius *et al.*, 1997).

Temperaturas de incubación

En los días críticos de la incubación cuando se fija el sexo del individuo, es decir, en el segundo tercio del desarrollo del embrión (Ewert y Nelson, 1991), los nidos se ubicaron principalmente por debajo de la temperatura umbral. Estos resultados se asemejan a los reportados por McCoy *et al.* (1983) y Wibbels *et al.* (1998), en los que la temperatura umbral para la población de Playa Nancite, Costa Rica, se registró en 30.4 °C. Los resultados sugieren que es posible que la tempe-

ratura umbral para la población de la playa de La Cuevita también sea cercana a 30.5 °C, ya que ésta fue la temperatura promedio del nido en la que se presentó una proporción de machos y hembras de 1:1. Sin embargo, debido al bajo número de muestras por nido y a la carencia de registros de nidos naturales, no nos es posible estimar la proporción sexual de los neonatos que se producirían en esta playa. Adicionalmente, el nido en el cual registramos una temperatura promedio de incubación de 32.4 °C y del cual no se encontraron hembras, sugiere que la temperatura umbral para esta población podría ser más alta. Sin embargo, es posible que para este nido en particular la muestra de neonatos sexados no haya sido representativa, habiéndose seleccionado neonatos para sexar que se encontraban en un gradiente térmico del nido en el que las temperaturas a las que estaban expuestos fueran menores a las del promedio del nido y por tanto se favoreciera la producción de machos. Sin embargo, este nido mostró un periodo de incubación relativamente corto, como se esperaría de un nido que estaba experimentando temperaturas altas (figura 4). Otra posibilidad es que, para esa hembra en particular, la temperatura umbral fuera diferente a la población en general, ya que se han registrado otros casos de variación intrapoblacional (Binkley *et al.*, 1998).

Los estudios en los que se determine la temperatura umbral poblacional y la variación del TRT entre y dentro de los nidos, son necesarios para dar una visión más clara de la variación de estos parámetros dentro de una población y entre poblaciones (Wibbels *et al.*, 1998). Para futuros trabajos en esta playa sugerimos investigar las proporciones sexuales naturales, así como las temperaturas a las que se obtienen sólo hembras. Esto con el fin de controlar las temperaturas de incubación en el tortugario y así evitar la producción de proporciones sexuales fuertemente sesgadas. De acuerdo con estos resultados, la forma en que se vienen manipulando los nidos y las actuales condiciones de incubación en el tortugario parecen estar favoreciendo la producción de machos en una proporción de por lo menos

3:1, lo cual puede ir en detrimento del futuro de esta población. Ignoramos si en las estaciones reproductivas anteriores también se ha liberado un exceso de machos, debido a que hasta el presente estudio nunca se llevó un registro de temperaturas o se intentó determinar el efecto de las características artificiales de incubación en el éxito reproductivo o en las proporciones sexuales de los neonatos liberados.

AGRADECIMIENTOS

Este estudio fue financiado por la Fundación Natura y el Centro de Investigaciones (CODI) de

la Universidad de Antioquia. Queremos extender nuestros agradecimientos a Ana María Vélez, al doctor Brian Bock, al doctor Jhon Jairo Ramírez y a la doctora Ana Esperanza Franco, por su apoyo y colaboración con el estudio y la preparación del manuscrito. Al doctor Néstor Gutiérrez y a Lida Álvarez por su colaboración en la elaboración de las placas histológicas. A los auxiliares de campo Miguel Rivas, Jorge López, Elvis Lemus, Jesús Bejarano, Basilio Murillo y Delmira Moreno, sin los cuales hubiera sido imposible recolectar estos datos. Finalmente, agradecemos a todas aquellas personas que de una u otra forma colaboraron en la ejecución de este estudio.

REFERENCIAS

- Amorochio DF.** 1993. *Biología reproductiva de la tortuga Golfina en Playa Larga, El Valle, Chocó*. Informe Técnico 91-92. Fundación Natura, Bogotá.
- Amorochio DF, Rubio H, Díaz W.** 1992. Observaciones sobre el estado actual de las tortugas marinas en el Pacífico colombiano. En: Rodríguez M JV, Sánchez P H (eds.). *Contribución al conocimiento de las tortugas marinas en Colombia*, Serie de publicaciones especiales del Inderena, pp. 155-179.
- Binckley CA, Spotila JR, Wilson KS, Paladino FV.** 1998. Sex determination and sex ratios of Pacific leatherback turtles, *Dermochelys coriacea*. *Copeia* 1998 (2):291-300.
- Bjorndal KA, Bolton AB.** 1992. Spatial distribution of green turtle (*Chelonia mydas*) nests at Tortuguero, Costa Rica. *Copeia* 1992:45-52.
- Campbell C, Lagueux C, Mortimer J.** 1996. Leatherback turtle, *Dermochelys coriacea*, nesting at Tortuguero, Costa Rica in 1995. *Chelon Conserv Biol* 2:169-172.
- Cornelius SE.** 1976. Marine turtle nesting activity at Playa Naranjo, Costa Rica. *Brenesia* 8:1-27.
- Cornelius SE, Alvarado M, Castro JC, Mata M, Robinson D.** 1997. Administración de las tortugas marinas Olive Ridley (*Lepidochelys olivacea*) en las playas Nancite y Ostional, Costa Rica. En: Robinson JG, Redford KH (eds.). *Uso y conservación de la vida silvestre neotropical*. Fondo de Cultura Económica, México, pp. 143-169.
- Drake DL.** 1996. Marine turtle nesting, nest predation, hatch frequency, and nesting seasonality on the Osa Peninsula, Costa Rica. *Chelon Conserv Biol* 2:89-92.
- Ewert MA, Nelson CE.** 1991. Sex determination in turtles: diverse patterns and some plausible adaptive values. *Copeia* 1991:50-69.
- Girondot M, Foullet H, Piteau C.** 1998. Feminizing turtle embryos as a conservation tool. *Conserv Biol* 12:353-362.
- Iverson JB.** 1991. Patterns of survivorship in turtles (order Testudines). *Canad J Zool* 69:385-391.
- Johnson K, Díaz J, Sierra JL, Erosa AI.** 1993. *Las tortugas marinas*. Edamex, México.
- Leslie A, Penick D, Spotila J, Paladino F.** 1996. Leatherback turtle, *Dermochelys coriacea*, nesting and nest success at Tortuguero, Costa Rica, in 1990-1991. *Chelon Conserv Biol* 2:159-168.
- Limpus CJ.** 1995. Global overview of the status of marine turtles: a 1995 viewpoint. En: Bjorndal KA (ed.). *Biology and conservation of sea turtles*. Revised edition. Smithsonian Institution Press, Washington, DC, pp. 605-610.
- Marcovaldi MA, Laurent A.** 1996. A six season study of marine turtle nesting at Praia do Forte, Bahia, Brazil, with implications for conservation and management. *Chelon Conserv Biol* 2:55-59.
- McCoy CJ, Vogt RC, Censky EJ.** 1983. Temperature-controlled sex determination in the sea turtle *Lepidochelys olivacea*. *J Herpetol* 17:404-406.
- Meylan A.** 1995. Estimation of population size in sea turtles. En: Bjorndal KA (ed.). *Biology and conservation of sea turtles*. Revised edition. Smithsonian Institution Press, Washington, DC, pp. 135-138.
- Mortimer J.** 1982. Factors influencing beach selection by nesting turtles. In: Bjorndal KA (ed.). *Biology and conservation of sea turtles*. Revised edition. Smithsonian Institution Press, Washington, DC, pp. 45-51.
- Mrosovsky N.** 1994. Sex ratios of sea turtles. *J Exp Zool* 270:16-27.
- Mrosovsky N, Yntema CL.** 1995. Temperature dependence of sexual differentiation in sea turtles: implications for conservation practices. En: Bjorndal KA (ed.). *Biology and conservation of sea turtles*. Revised edition. Smithsonian Institution Press, Washington, DC, pp. 59-65.
- Mrosovsky N, Godfrey MH.** 1995. Manipulating sex ratios: turtle speed ahead. *Chelon Conserv Biol* 1:238-240.
- Standora EA, Spotila JR.** 1985. Temperature dependent sex determination in sea turtles. *Copeia* 1985:711-722.
- Vélez AM.** 1997. *Informe técnico sobre la temporada de anidación de 1997*. Fundación Natura, Bogotá.
- Vogt RC.** 1994. Temperature controlled sex determination as tool for turtle conservation. *Chelon Conserv Biol* 1:159-162.

Wibbels T, Rostal D, Byles R. 1998. High pivotal temperature in the sex determination of the Olive Ridley sea turtle, *Lepidochelys olivacea*, from Playa Nancite, Costa Rica. *Copeia* 1998:1086-1088.

Yntema CL, Mrosovsky N. 1980. Sexual differentiation in hatchling loggerheads (*Caretta caretta*) incubated at different controlled temperatures. *Herpetologica* 36:33-36.