

UNIVERSIDAD DE LAS PALMAS DE GRAN CANARIA

**CARACTERÍSTICAS SEDIMENTOLÓGICAS DE LA PLAYA DE
CALHETA DE PAU (ISLA DE BOA VISTA, REPÚBLICA DE
CABO VERDE)**

**IMPLICACIONES EN LA ANIDACIÓN DE *Caretta caretta*
(LINNAEUS, 1758)**

Óscar A. López López

Dr. Ignacio Alonso Bilbao

*Programa de Doctorado de Oceanografía
Bienio 2006-2008*

Características sedimentológicas de la playa de Calheta de Pau (isla de Boa Vista, República de Cabo Verde). Implicaciones en la anidación de *Caretta caretta* (Linnaeus, 1758)

Óscar A. López López

Departamentos de Biología y Física, Universidad de Las Palmas de Gran Canaria, Campus de Tafira, 350017
Las Palmas de Gran Canaria, España
e-mail: oa_lopez_lopez@yahoo.es

Resumen. Se han analizado las características sedimentológicas de la playa Calheta de Pau (isla de Boa Vista, Cabo Verde) y su posible influencia en la selección del lugar de puesta por la tortuga boba (*Caretta caretta*). La temporada de anidación en el archipiélago de Cabo Verde transcurre entre los meses de junio y octubre. En el año 2007 se registraron en la playa Calheta de Pau un total de 2110 rastros, de los cuales el 46,6 % acabaron en nido. Así mismo, a lo largo de este periodo de tiempo se llevaron a cabo tres campañas para tomar muestras de arena y realizar el estudio de los perfiles de la playa. Entre las características físico-químicas que se ha estudiado, se encuentran el tamaño de grano de arena y la selección y asimetría de los mismos, contenido en carbonatos, porosidad y humedad (contenido en agua) de las arena. Los resultados obtenidos sugieren que la pendiente de la playa influye negativamente sobre las salidas de la tortuga boba a anidar y que una vez superada esta, otros factores como la selección del tipo de tamaño del grano de la arena (*sorting*) y la asimetría de su distribución (*skewness*) son de los factores estudiados, los que más influyen sobre la actividad reproductora de las hembras nidificantes.

1. INTRODUCCIÓN

En la actualidad, la tortuga boba o común, *Caretta caretta* (Linneo, 1758), está catalogada como especie en peligro de extinción por la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (IUCN, 2008). Las principales causas que han originado este drástico descenso en las poblaciones de tortugas marinas, en general, y en las poblaciones de *C. caretta*, en particular, se encuentran la captura incidental en las actividades pesqueras y la pérdida de hábitat de anidación debido al desarrollo costero (Bjørndal y Jackson, 2003; Bolten, 2003; McClenachan *et al.*, 2006; Brock *et al.*, 2007).

Aunque la tortuga común es la especie más estudiada (Carr, 1952; Limpus, 1973; Ackerman, 1977; Blanck y Sawyer, 1981; Frazer, 1982; Caine, 1986; Frazer y Richardson, 1986; Dodd Jr., 1988; Bolten, 2003; Larisa *et al.*, 2003), muchos aspectos de su ciclo de vida y biología aun se desconocen. Así mismo, y a pesar del gran número de investigaciones centradas en el proceso de anidación, no se comprende todavía el mecanismo por el cual ciertos factores medioambientales influyen en el proceso de selección de la playa de anidación o del lugar de puesta dentro de dicha playa (Miller *et al.*, 2003), puesto que los resultados obtenidos en los distintos estudios no son del todo concluyentes o se contradicen, presentando variaciones entre poblaciones e incluso en una misma población.

La selección del lugar de puesta es un mecanismo adaptativo que equilibra el coste de la búsqueda del lugar de puesta (en términos energéticos y riesgo de depredación) y el

beneficio reproductor de seleccionar un lugar adecuado para la incubación (Wood y Bjorndal, 2000) (Fig. 1). Las hembras retornan a anidar a la región donde nacieron y se ha observado con frecuencia que una vez que anidan tienden a poner los siguientes nidos en la misma playa o en otras muy cercanas (ver revisión de Schroeder *et al.* 2003). A esta primera discriminación regional se le denomina filopatría y a la discriminación entre playas, fidelidad al sitio de puesta (Carr, 1975; Miller 1997). La tortuga boba tiende a volver a anidar en una franja costera relativamente corta (0-5 km.) durante los sucesivos intentos que realiza en una misma estación reproductora, aunque un pequeño porcentaje pueden utilizar un área mayor (Bjorndal *et al.*, 1983; Limpus, 1985).



Fig.1.- Tortugas perdidas encontradas por la mañana. Estos individuos, se adentraron tierra adentro en busca de un lugar para nidificar y no pudieron volver por sí mismos.

La ubicación de los nidos tiene un efecto muy significativo en los sucesos reproductivos de las tortugas marinas (Hays y Speakman, 1993, Mazaris *et al.*, 2006). Las características físico-químicas de los nidos influyen en el éxito de eclosión de la puesta, en el sex-ratio de las crías, en el desarrollo embrionario y estado físico de las crías (Bustard y Greenham, 1968; Mrosovsky y Yntema, 1980, 1982; Morreale *et al.*, 1982; Spotila *et al.*, 1987; Packard y Packard, 1988; Horrocks y Scott, 1991; Hays y Speakman, 1993; Janzen, 1993, 1994; Mrosovsky, 1994; Leslie *et al.*, 1996; Resetarist, 1996, Ackerman, 1997; Binckley *et al.*, 1998; Bilinski *et al.*, 2001; Hays *et al.*, 2001; Matsuzawa *et al.*, 2002; Miller *et al.*, 2003; Zbinden *et al.* 2006; Clusella-Trullas y Paladino, 2007). Además, la posición del nido influye directamente en el riesgo de inundación de los nidos, en la orientación de las crías hacia el mar y en el riesgo de depredación de crías y huevos (Flower, 1979; Mrosovsky, 1983; Whitmore y Dutton, 1985; Eckert, 1987; Janzen y Paukstis, 1991; Godfrey y Barreto, 1995; Shine, 1999, Wood y Bjorndal, 2000; Spencer y Thompson, 2003; Kamel y Mrosovsky, 2005; Karavas *et al.*, 2005) (Fig. 2)

El proceso de anidación en las tortugas marinas es, esencialmente, común en todas las especies. Y aunque distintos autores han dividido este proceso entre 7 y 11 fases (Hendrickson 1982, Miller *et al.*, 2003, Varo *et al.*, 2006), todo el proceso lo podemos dividir en las siguientes fases, (1) salida del mar, (2) ascenso por la playa, (3) excavación de la cama, (4) excavación del nido, (5) desove, (6) tapado del nido, (7) tapado de la cama, y (8) regreso

al mar (Miller, 1997; Miller *et al.*, 2003). Normalmente, la tortuga boba necesita entre una y dos horas para completar todo el proceso (Hirth, 1980). De la misma forma, la selección del lugar de puesta en las tortugas marinas se puede dividir en tres fases: (1) selección de la playa, (2) salida de la tortuga del mar y (3) emplazamiento del nido. Las dos primeras fases dependen de la longitud de la plataforma (offshore) y las características de la playa (Wood y Bjorndal, 2000). Es decir, la geomorfología y dimensiones de la playa (Mortimer, 1982; Johannes y Rimmer, 1984) y la batimetría de la plataforma costera (Hughes, 1974; Mortimer, 1982).



Fig. 2.- Nido desenterrado por la acción erosiva del oleaje.

Si bien la selección del lugar de puesta en las tortugas marinas no es un proceso aleatorio (Tiwari *et al.*, 2005, Weishampel *et al.*, 2003) los impulsores de dicho comportamiento, sean de naturaleza genética o influenciados por factores ambientales, se desconocen (Weishampel *et al.*, 2006). Dentro de los parámetros ambientales que influyen en este proceso, nos encontramos con una amplia serie de parámetros físicos, químicos y bióticos, como pueden ser la textura, porosidad y compactación de la arena, el contenido orgánico y de agua, la salinidad, la temperatura y pH del suelo, la existencia de cobertura vegetal y pendiente de la playa, la dinámica costera, etc. (Stancyk y Ross, 1978; Spotila *et al.*, 1987; Mortimer, 1982 y 1990; Chen y Cheng, 1995; Hays *et al.*, 1995; Ackerman, 1997; Kikukawa *et al.*, 1999, Wang y Cheng, 1999; Wood y Bjorndal, 2000; Garmestani *et al.*, 2000; Wallace *et al.*, 2004; Mazaris *et al.*, 2006; Lamont y Carthy, 2007; Yalçm-Özdilek *et al.*, 2007). Como podemos comprobar, las tortugas marinas deben ser capaces de utilizar estos múltiples factores ambientales durante el proceso de selección de puesta, mediante la integración de información ambiental o por el uso de umbrales críticos que deben alcanzar alguno de los factores ambientales (Wood y Bjorndal, 2000; Mazaris *et al.*, 2006).

En el archipiélago de Cabo Verde, se encuentra una de las poblaciones más importantes de *Caretta caretta* del mundo (Brongesma, 1982; López-Jurado *et al.*, 1998, 1999; Cejudo *et al.*, 1999; Varo-Cruz *et al.*, 2007, Marco *et al.*, 2008). Se calcula que la población es de aproximadamente de unos 10.000 nidos en la isla de Boa Vista y unos 15.000 en todo Cabo Verde (Varo *et al.*, 2005). Aunque, desde el siglo XVI ya existen citas sobre la

anidación de las tortugas marinas en Cabo Verde (Fretey, 1976; López-Jurado, 2007), no es hasta finales del siglo XX, concretamente en el año 1998, cuando se comienza a hacer un estudio detallado de la población de la tortuga boba en la isla de Boa Vista.

La mayoría de las investigaciones que versan sobre la selección de la playa de anidación y del lugar puesta, una vez que la tortuga emerge sobre la playa, se han centrado únicamente en las salidas exitosas, ignorando los intentos fallidos de anidación, en los cuales las hembras nidificantes salen del mar y se adentran en las playas de anidación, pero no ponen ningún huevo (Miller *et al.*, 2003). Sólo en los últimos años se ha empezado a realizar estudios, en los cuales se analiza el proceso de forma global, es decir teniendo en cuenta todas las salidas, tanto las exitosas como los intentos fallidos. Ejemplos de esta nueva tendencia los encontramos en los trabajos de Mazaris *et al.* (2006) sobre la población de tortuga boba en Zakynthos (Grecia), y los trabajos de Chen *et al.* (2007) y de Yalçın-Özdilek *et al.* (2007) sobre las poblaciones de tortuga verde (*Chelonia mydas*) en la isla Wanan (Archipiélago de Penghu, Taiwan) y en la playa Samandağ (Turquía), respectivamente. Nuestro estudio lo podemos incluir en este nuevo contexto, por ello los objetivos que nos hemos marcado han sido: (1) caracterización de la playa Calheta de Pau, (2) estudio del comportamiento reproductivo de la tortuga boba en dicha playa, y (3) análisis de posibles relaciones entre las características sedimentológicas y físicas de la playa y la selección del lugar de puesta.

2. ÁREA DE ESTUDIO

2.1.1. Marco geológico

El archipiélago de Cabo Verde se encuentra situado en el margen oriental del Océano Atlántico, entre los paralelos 14°48' N y 17°12' N, y los meridianos 22°44' W y 25°22' W, a una distancia de la costa de Senegal de, aproximadamente, unos 500 km. El archipiélago está formado por diez islas de origen volcánico, de las cuales nueve están habitadas, y cinco islotes principales. En su conjunto el archipiélago, tiene una superficie total emergida de 4.033 km². (Fig. 3).

Aunque el archipiélago caboverdiano está localizado bastante cerca del continente africano, su posición, en relación con la plataforma continental, no sugiere la presencia de corteza continental bajo las islas (Klerkx *et al.*, 1974). Los datos de anomalías magnéticas sugieren que las islas están situadas sobre una corteza oceánica, que data del Cretácico temprano (Stillman *et al.*, 1982).

Se cree que el archipiélago es el resultado del lento desplazamiento (una velocidad relativa de aproximadamente 12 mm/a. – Courtney y White, 1986) hacia el este de la placa africana en relación con un punto caliente con dos centros activos, originando la forma de herradura abierta hacia el oeste que presenta el archipiélago (Fig. 3) (Knudsen *et al.*, 2003; Hoernle *et al.*, 2002; Dash *et al.*, 1995; White, 1989; Courtney y White, 1986). El área en el que el punto caliente está actuando, da lugar a un domo topográfico de aproximadamente

25°W

24°W

500 kilómetros de diámetro y que se eleva más de 2 kilómetros por encima del fondo oceánico, el llamado “Cabo Verde Rise” (Doucelance *et al.*, 2003; Gerlach *et al.* 1988).

Santo Antão

17°N

25°W

24°W

23°W

17°N

Santo Antão

São Vicente

Santa Luzia

São Nicolau

Sal

16°N

Boavista

16°N

15°N

Brava

Fogo

Santiago

Maio

Fig. 3.- Mapa del archipiélago de Cabo Verde.

La mayor parte de la actividad ígnea ocurrió hace aproximadamente 19-20 Ma. (McNutt, 1998; Klerkx *et al.*, 1974). Las formaciones submarinas más antiguas se crearon en el Jurásico (Klerkx *et al.*, 1974). El vulcanismo subaéreo probablemente empezó en el Mioceno para las más jóvenes, Santo Antão, Brava, Fogo y São Vicente (< 8 Ma.), mientras que en las islas más orientales, Sal, Boa Vista, Maio y São Tiago (Santiago) ocurriría a principios o a mitad del Cenozoico, hace 10-20 Ma. (Ali y Watts, 2003; Gerlach *et al.* 1988). Actualmente, el vulcanismo está restringido a las islas de Brava y Fogo, siendo la erupción más reciente la del volcán de Fogo, que ocurrió el 3 de abril de 1995 (Doucelance *et al.*, 2003). Se cree que Brava es el centro volcánico más joven del archipiélago (Hoernle *et al.*, 2002).

2.1.2. Descripción general de la isla de Boa Vista

15°N

La isla de Boa Vista, la más oriental del archipiélago, tiene una superficie de 620 km², con una longitud máxima norte-sur de unos 29 km. y una anchura de unos 31 km. (Fig. 4). Desde el punto de vista morfológico es una isla muy evolucionada, con un relieve bastante aplanado; el pico más alto es Pico Estancia, situado en el sureste, y de unos 390 m. de altura. La zona más montañosa se extiende desde la costa sureste hasta el litoral norte.

Brava

Fogo

Santiago

Las riberas (barrancos) son realmente escasas y son, por lo general, largas y sinuosas en sus perfiles longitudinales, lo cual revela un estado de equilibrio muy evolucionado. La mayor parte de las superficies planas de la isla son bastante regulares, principalmente las del litoral con respecto a los niveles cuaternarios del mar. En estas zonas se encuentran plataformas de abrasión o coberturas calcáreas. Los acantilados litorales son bastante raros y bajos. (Serralheiro *et al.*, 1974). De sus 90 km de costa, 55 lo constituyen playas de arena donde anidan la mayor parte de las tortugas comunes de esta región (López-Jurado *et al.*, 1999).

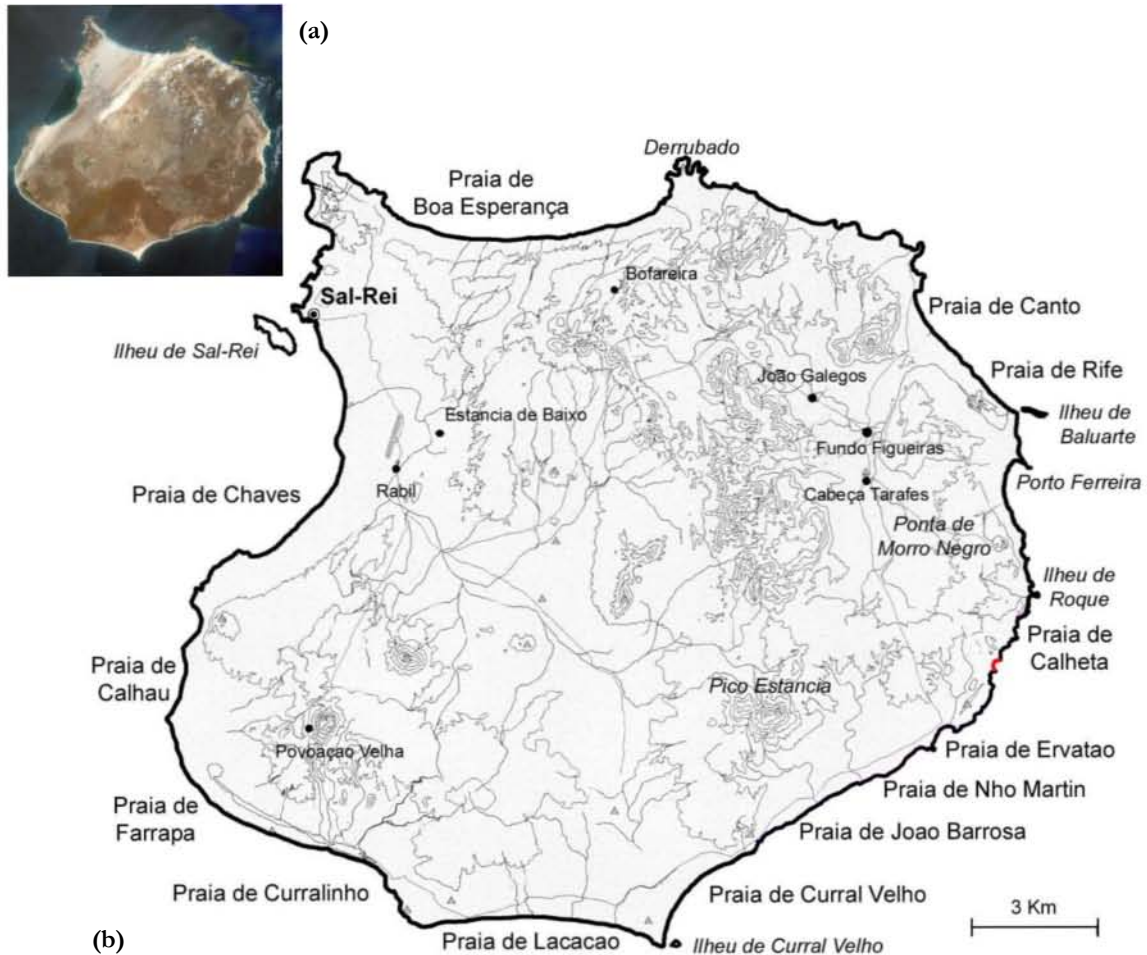


Fig. 4.- (a) Foto de satélite de la isla de Boa Vista. ©2008 Google- Imágenes ©2008 Digital Globe, GeoEye. (b) Mapa de la isla de Boa Vista, mostrando en color rojo la zona de estudio.

2.1.3. La playa de Calheta de Pau

La playa de Calheta de Pau está situada en la costa oriental de de la isla de Boa Vista. (Fig. 4.b). Tiene una longitud aproximada de 386 metros. Las arena de la playa son de granulometría media-fina, y en ella hay gran abundancia de fragmentos carbonatados, por lo que las arenas son de un color claro (Fig. 5).



Fig. 5.- Vista de la playa Calheta de Pau desde su extremo sur.

La playa es de fácil acceso desde el mar, presentado en su extremo norte cierto resguardo al oleaje predominante del NNE. No presenta zonas que se inundan ni vegetación abundante que limite el ancho de la playa, aunque el *backshore* está limitado por la formación de un pequeño campo de dunas (Fig. 5). En el *foreshore* y aproximadamente en el medio de la playa, nos encontramos con restos de una estructura rocosa de naturaleza calcarenítica, cuyo fragmento principal mide aproximadamente unos 14 m. de ancho y 11 de la largo. (Fig.6a) Esta estructura permanece oculta en la pleamar y sólo sale a relucir en su totalidad durante la bajamar de las mareas vivas. El extremo sur de la playa se encuentra delimitado por una plataforma rocosa de poca altura. (Fig. 6b).



(a)



(b)

Fig. 6.- (a) Estructura rocosa de naturaleza calcarenítica situada en el centro del *foreshore* (b) Plataforma rocosa presente en el extremo sur de la playa.

3. MATERIAL Y MÉTODOS

3.1. *Rastros y nidos*

La campaña del verano de 2007 empezó el 1 de julio y terminó el 2 de octubre. A lo largo de todo ese periodo de tiempo se muestreó la playa para registrar la actividad

anidadora de la noche anterior, es decir el número de tortugas que salieron a tierra para intentar anidar. Para ello se contabilizaron y examinaron las marcas o huellas dejadas en la arena y conocidas como rastros (Goldley *et al.*, 2001). La metodología que se siguió para buscar evidencias de la presencia o ausencia de nido es la descrita por Schroeder y Murphy (1999). Cuando la salida fue exitosa, es decir, la tortuga consiguió anidar, se le denominó “*rastró con nido*” (Fig. 7). En los casos de salida sin éxito al rastro se le denominó “*rastró sin nido*” (Fig. 8.a, 8.b) (Godley *et al.*, 2001). Para no registrar el mismo rastro dos días seguidos, estos se borraban. Para ello se traza un zigzag sobre todo el recorrido del rastro, tal como se describe en Varo-Cruz *et al.* (2006) (Fig.9).



Fig. 7.- Rastro con nido.

Se calculó el éxito de puesta como el porcentaje de rastros con nido respecto al total de los registrados (Schroeder y Murhy, 1999).

$$\text{Exito de puesta (\%)} = \frac{\text{número de nidos}}{\text{número de salidas (rastros)}} \times 100$$



Fig. 8.- (a) Rastros sin nido (b) Rastro sin nido, pero con dos intentos.



Fig. 9.- Rastro borrado trazando un zigzag a lo largo de todo el recorrido del mismo.

3.2. Datos sedimentológicos y físicos

3.2.1. La pendiente de la playa

A pesar de las pequeñas dimensiones de la playa Calheta de Pau (387m. a lo largo de la zona del supramareal), se establecieron un total de cinco perfiles de playa en la zona del intermareal (Fig. 10). Para ello se dividió la playa en cuatro zonas, lo más homogéneas posible. La distancia que se estableció fue de 102 m., excepto entre los perfiles número 4 y 5, los dos perfiles situados en el extremo sur de la playa, que distan el uno del otro 73,34 m. En la Tabla I, se recogen las distancias desde los perfiles hasta el límite septentrional de la playa, así como la separación entre perfiles consecutivos y la longitud mínima de cada uno.

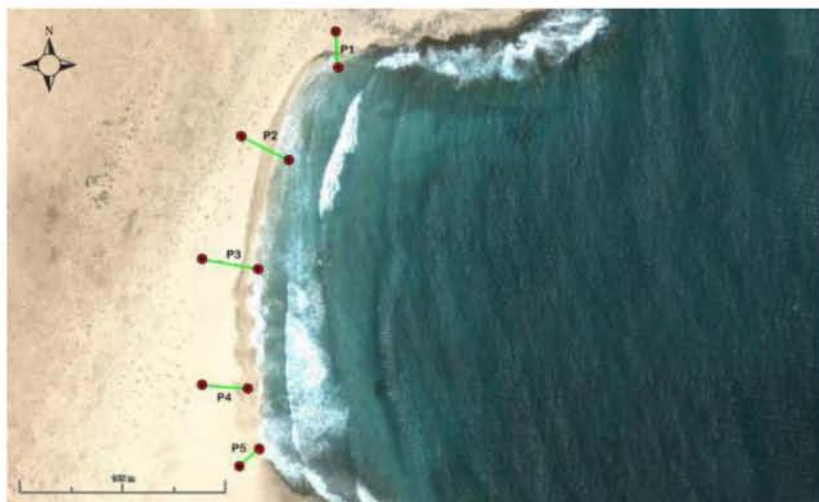


Fig. 10.- Imagen satélite de la playa Calheta de Pau, en la cual se indican los cinco perfiles que se realizaron a lo largo de toda la temporada de anidación. ©2008 Google- Imágenes ©2008 Digital Globe, GeoEye.

A lo largo de toda la temporada de anidación, se realizaron tres tomas de datos, intentando que coincidieran con el principio de la temporada, con su punto más álgido,

durante el mes de agosto y principios de septiembre, y su final (Tabla II). La fecha y hora de cada campaña se estableció en función de la máxima bajamar prevista para el mes en curso, según el anuario de mareas desarrollado por el Instituto Hidrográfico Portugués para la zona (IHP, 2007). Debido al régimen de mareas semidiurnas existentes, no hubo ningún problema para poder realizarlas durante el día.

Perfil Nº	Dist. Origen (m.)	Dist. Perfil anterior (m.)	Longitud mínima (m.)
1	0	0	37
2	109,97	109,97	51
3	212,01	102,04	57
4	313,47	101,46	46,5
5	386,81	73,34	31

Tabla I.- Datos de la localización de los perfiles y de la amplitud mínima de cada uno de ellos. El origen está referido al extremo norte de la playa.

Debido a las limitaciones logísticas del país y a las instalaciones de las que hacíamos uso, se decidió utilizar el método de Emery (1961) para realizar las mediciones de los perfiles, este método de nivelación toma como referencia el horizonte. Las principales ventajas de este método son su sencillez, rapidez y buena precisión, puesto que se realizaba una medición cada 3 metros, aunque en algunos puntos esta distancia fue menor.

Campaña	Fecha
1	27-julio-2007
2	12-septiembre-2007
3	2-octubre-2007

Tabla II.- Fechas en las que se realizaron las tres campañas de toma de muestras de arena y medidas de los perfiles de playa.

Al realizar la primera campaña se posicionaron las cabeceras de cada uno de los perfiles, mediante un GPS Etrex Garmin® y se clavo una estaca de madera en dicho punto, de esta forma tenemos un punto fijo para poder referenciar el resto de puntos en cada perfil. Estas estacas se mantuvieron clavadas durante toda la temporada. Una vez que se posicionan los puntos se realiza la toma de datos siguiendo la perpendicular que unía el punto de referencia y la línea de costa.

3.2.2. Características de la arena

3.2.2.1. Toma de muestras

Al igual que en el caso de los perfiles se realizaron tres campañas, las cuales se realizaban por la noche, debido a que las hembras nidificantes de *Caretta caretta*, solo emergen a partir del anochecer, por lo tanto las condiciones físico-químicas de la arena que

puedan influir o determinar la selección del lugar de puesta son las que se originan durante la noche. Estos muestreos se efectuaron durante la bajamar de la noche anterior o la misma noche del día en el que se tomaron los datos de los perfiles.

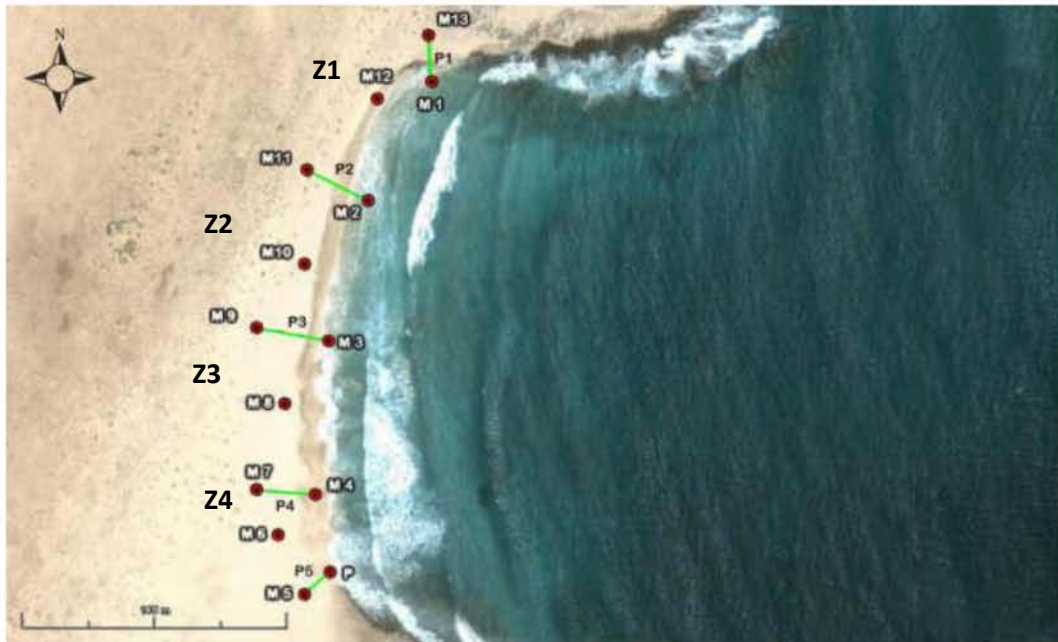


Fig. 11.- Imagen satélite de la playa Calheta de Pau, en la cual se indican los cinco perfiles que se realizaron a lo largo de toda la temporada de anidación y los 14 puntos de muestreos programados. ©2008 Google- Imágenes ©2008 Digital Globe, GeoEye.

Se programaron un total de 14 puntos de muestreos para cada campaña, estos se distribuyeron de la siguiente forma, 10 en los perfiles (5 en la parte alta y 5 en la zona del intermareal de cada perfil), y 4 en el centro del área delimitada por dos perfiles consecutivos, que denominamos zonas (Fig. 11). De esta forma, la playa quedó dividida en cuatro zonas.



Fig. 12.- (a) Vista de la playa Calheta de Pau desde su extremo sur, donde se puede apreciar, en el primer término, la zona de grandes piedras adyacente a la plataforma rocosa que delimita la playa por el sur. **(b)** Detalle de la zona de piedras, donde podemos observar el tamaño y naturaleza de las mismas.

Cada punto de muestro se denominó por la letra M seguida de su número correspondiente, a excepción del extremo más meridional del intermareal de la playa, a este punto de muestro se le asignó la letra P, debido a la existencia permanente de una zona de piedras de gran tamaño seguida de una plataforma rocosa sumergida (Fig. 12.a, 12.b). Por tanto, en ese punto no se tomó muestra en ninguna de las tres campañas. Al igual que los puntos fijos de los perfiles, todas las muestras recogidas están georreferenciadas mediante GPS (Fig. 13).



Fig. 13.- Posicionamiento de un punto de muestro, mediante un GPS Etrex Garmin[®].

Como ya se ha mencionado, los muestreos se realizaron durante la bajamar, la razón de ello, es que las tortugas tienden a salir menos en la bajamar, mientras que cuando la marea está subiendo o nos encontramos en la pleamar la actividad anidadora es mayor (Frazer, 1983, LeBuff, 1990; Madariaga *et al.*, 2003). Así mismo, realizándola en ese momento se abarca mayor amplitud de playa, lo que permite caracterizarla mejor.

Al llegar a la playa los muestreos siempre se empezaron por el extremo norte de la misma, y se llevaron a cabo en dos transectos. El primer transecto se realiza a lo largo de la línea de marea baja y el segundo abarca los puntos de la parte superior de los perfiles y los intermedios, siguiendo un zigzag. La razón de seguir este criterio es la de asegurar que todas las muestras recogidas a lo largo del primer transecto se hacen justo cuando la marea está en su punto más bajo. La técnica de muestro que se siguió para recoger las muestras se puede dividir en tres fases, (1) posicionamiento del punto, (2) toma de medida de porosidad, (3) recogida de muestra. Las muestras eran recogidas mediante una pequeña pala y se depositaban dentro de bolsas previamente etiquetadas para su posterior análisis. (Fig. 13). En los puntos de muestro situados en la parte superior de los perfiles y en el centro de las cuatro zonas, se recogieron dos muestras por punto de muestro; una en superficie y otra en profundidad, ya que uno de los objetivos planteados fue ver qué tipo de variaciones sedimentológicas hay entre la superficie y la profundidad a la que se encuentran los nidos. Estudios realizados sobre esta población han establecido que la profundidad media del nido está en aproximadamente 47 cm (Varo-Cruz *et al.*, 2007), por lo tanto siempre que se

pudo se tomaron muestra entre los 40 y 50 cm. de profundidad. (Fig.14.a, 14.b). En total, se recolectaron 64 muestras, de las cuales 11 estaban localizadas en la línea de costa (4 por campaña, excepto en la segunda; en la cual sólo se recogió 3 muestras, puesto que la muestra del punto de muestreo M4 no se tomó debido a la ausencia de arena en ese punto); 24 en la zona intermedia de la playa (8 por campaña y en cada punto de muestreo dos, una en superficie y la otra en profundidad) y por último, 30 en el límite del *backshore* y la playa (10 por campaña y en cada punto de muestreo dos, una en superficie y otra en profundidad).

Una vez recolectadas todas las muestras se llevaban a las instalaciones que disponíamos, para su pesado y secado parcial (Fig. 15). De esta forma obteníamos el peso húmedo de todas las muestras. Posteriormente y en el laboratorio de geología de la Universidad de Las Palmas de Gran Canaria, se llevo a cabo el secado completo de la muestra y su posterior análisis.



Fig. 14.- Regogida de muestra. **(a)** Medida de la profundidad y **(b)** posterior recogida de muestra.

3.2.2.2. Granulometría

La determinación granulometría se realizó mediante tamizaje a razón de 15 minutos por muestra. Los tamices empleados fueron los de 8, 5.6, 4, 2.8, 2, 1.4, 1, 0.71, 0.5, 0.355, 0.25, 0.18, 0.125, 0.09 y 0.0623 mm. de luz de malla. Para el análisis cuantitativo se obtuvieron los parámetros granulométricos mediante el programa estadístico GRADISTAT® (Blott y Pye, 2001), que utiliza el método del momento (McBride, 1971; Fridman y Sanders, 1978) y el método gráfico de Folk y Ward (1957). A lo largo de todo el análisis se considero el diámetro de cada fracción en unidades phi (ϕ) (Krumbein, 1934).

$$\phi = -\log_2 D$$

Siendo D = Diámetro en milímetro.

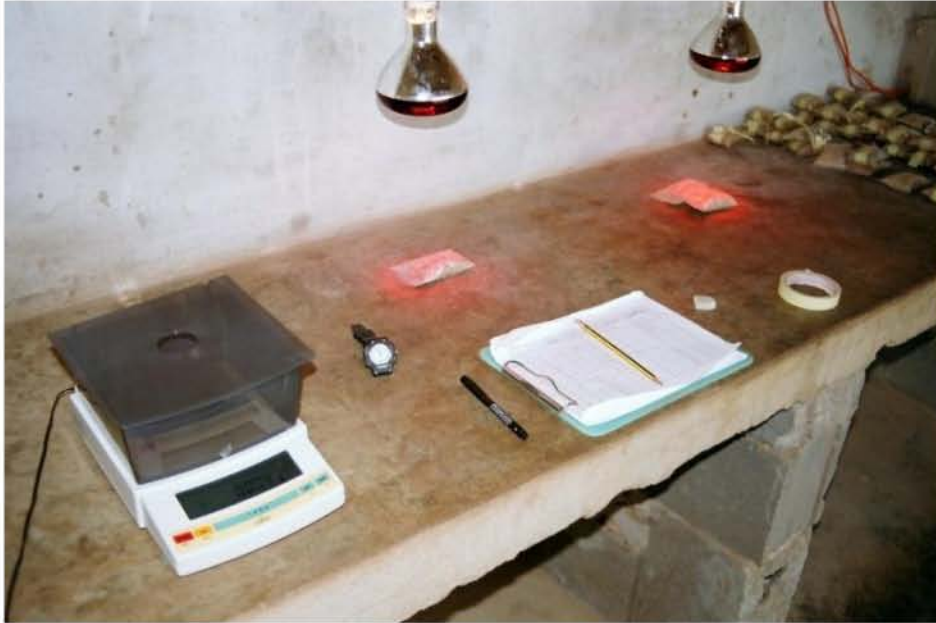


Fig. 15.- Pesado y secado de las muestras en las instalaciones ubicadas en la base logística de la playa de Ervatão, al sur de la zona de estudio.

Los principales parámetros granulométricos analizados en este trabajo son el tamaño medio de grano (M_z), el *sorting* o grado de selección, el cual hace referencia a la desviación estándar (σ_I), es decir la distribución de los distintos tamaños en la muestra respecto al valor medio y el *skewness* o asimetría, la cual relaciona los extremos de una serie de datos o población con la media y en este caso nos daría dos tipos de asimetría; negativa si tenemos un exceso de partículas gruesas, y positiva en el caso de tener exceso de partículas finas. Las expresiones utilizadas para la obtención de dichos parámetros son las de Folk y Ward (1957):

$$M_z = \frac{\phi_{16} + \phi_{50} + \phi_{84}}{3}$$

$$\sigma_I = \frac{\phi_{84} - \phi_{16}}{4} + \frac{\phi_{95} - \phi_5}{6.6}$$

$$Sk_I = \frac{\phi_{16} + \phi_{84} - \phi_{50}}{2(\phi_{84} - \phi_{16})} + \frac{\phi_5 + \phi_{95} - \phi_{50}}{2(\phi_{95} - \phi_5)}$$

En la siguiente tabla se muestra la escala de valores y su significado para los parámetros granulométricos de selección y asimetría.

Sorting (σ_7)		Skewness (Sk_7)	
Muy bien seleccionado	< 0,35	Asimetría muy positiva	+0,3 a +1,0
Bien seleccionado	0,35 – 0,50		
Moderadamente bien seleccionado	0,50 – 0,70	Asimetría positiva	+0,1 a + 0,3
Moderadamente seleccionado	0,70 – 1,00		
Pobrementemente seleccionado	1,00 – 2,00	Simétrica	+0,1 a -0,1
Muy pobremente seleccionado	2,00 – 4,00	Asimetría negativa	-0,1 a -0,3
Extremadamente mal seleccionado	> 4,00	Asimetría muy negativa	-0,3 a -1,0

Tabla III.- Escala de valores del *sorting* y de asimetría (*skewness*). Los valores positivos de asimetría hacen referencia a que en la muestra predominan los granos finos, mientras que los negativos son al contrario. Folk y Ward (1957)

3.2.2.3. Calcimetría

Para la determinación de contenidos en carbonatos se utilizó el método volumétrico del calcímetro de Beltrand, mediante comparación con un patrón de CaCO_3 puro cada 14 muestras. (Guitian y Carballas, 1976). Además, durante las calcimetrías se controló la temperatura y la reacción a fin de evitar cualquier cambio brusco.

3.2.2.4. Contenido en agua

El contenido en agua de las muestras de arena recolectadas, se obtuvo por medio del método gravimétrico, el cual consiste en ver la relación que hay entre el contenido en agua de la muestra y el peso seco de la misma. Como ya se ha apuntado, el peso húmedo de la muestra se obtuvo en la isla de Boa Vista, ya que una vez recolectada la muestra se pesaron lo más rápido posible. Una vez en Gran Canaria, se secaron las muestras y se volvieron a pesar. La diferencia entre los dos pesos es la cantidad de agua que hay en la muestra. Normalmente la humedad o contenido en agua (porewater content en inglés) de un suelo se expresa en tanto por ciento, por lo tanto la expresión para calcularla es la siguiente

$$\text{Contenido en agua (PC) (\%)} = \left(\frac{\text{peso húmedo de la muestra} - \text{peso seco}}{\text{peso seco de la muestra}} \right) \times 100$$

3.2.2.5. Porosidad

La porosidad, hace referencia al espacio inter e intrapartículas; o bien, a la relación en porcentaje del volumen de huecos y el volumen total de la muestra. La determinación de

este valor se realizó mediante un aparato diseñado específicamente para este propósito. Nuestro prototipo se diseñó a partir del trabajo publicado en 1999 por Kikukawa *et al.* (Fig. 16). El mecanismo de este prototipo es sencillo, se deja caer libremente un peso de 3 kg. (B), el cual se desliza a lo largo del tubo metálico (C), hasta pararse y golpear el tope (h) de la barra de hierro (A), que se hunde en la arena. Este método se fundamenta, en que si un suelo es muy poroso, tendrá mucho espacio entre las partículas que lo forman, por tanto la barra de hierro se hundirá más fácilmente y más profundamente.

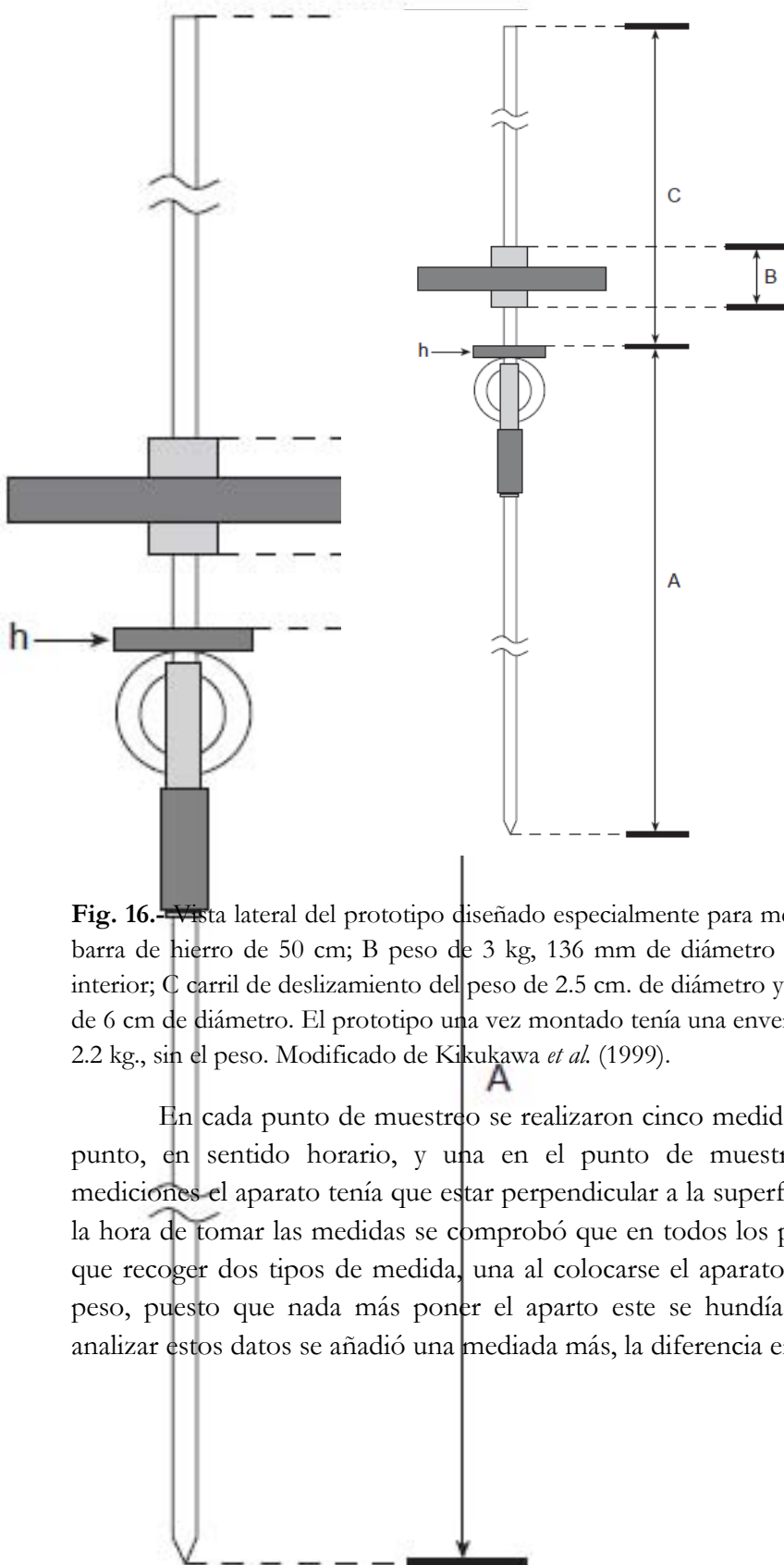


Fig. 16. Vista lateral del prototipo diseñado especialmente para medir la porosidad de la arena. A, barra de hierro de 50 cm; B peso de 3 kg, 136 mm de diámetro exterior y 2.6 mm de diámetro interior; C carril de deslizamiento del peso de 2.5 cm. de diámetro y 1 m. de largo. H tope de hierro de 6 cm de diámetro. El prototipo una vez montado tenía una envergadura de 157 cm y un peso de 2.2 kg., sin el peso. Modificado de Kikukawa *et al.* (1999).

En cada punto de muestreo se realizaron cinco medidas, cuatro alrededor de dicho punto, en sentido horario, y una en el punto de muestreo. Para poder realizar las mediciones el aparato tenía que estar perpendicular a la superficie de muestreo (Fig. 15). A la hora de tomar las medidas se comprobó que en todos los puntos de muestreo se tenían que recoger dos tipos de medida, una al colocarse el aparato y otra cuando se liberaba el peso, puesto que nada más poner el aparato este se hundía parcialmente. A la hora de analizar estos datos se añadió una mediada más, la diferencia entre ambas medidas.



Fig. 17.- (a) Prototipo para medir in situ la porosidad de la arena. (b) Detalle de la toma de la medida de cuanto se hundía la barra de hierro en la arena.

3.3. *Análisis estadístico*

Para el análisis estadístico hemos utilizado el modelo de regresión de Poisson, ya que si queremos construir un modelo para una variable discreta que cuenta el número de objetos de cierta clase, en nuestro caso nidos o rastros, el modelo de regresión lineal estándar no es el adecuado, puesto que puede producir valores negativos, cosa que no es posible cuando la variable respuesta es un número de objetos. La regresión de Poisson resuelve este problema, construyendo un modelo que predice como varía el logaritmo de la tasa de distribución de Poisson, la cual modela el número de objetos que se cuenta, en función de los valores de las variables explicativas, es decir nos da información de cómo puede aumentar o disminuir dicha tasa de objetos que se está contabilizando, en nuestro caso rastros y nidos.

En una distribución de Poisson, la variable aleatoria Y tiene una función de densidad de probabilidad, $f(y) = P(Y=y)$ dada como,

$$P(Y = y) = \frac{e^{-\lambda} \lambda^y}{y!},$$

donde λ es el valor medio de la variable aleatoria Y , $E(Y) = \lambda$. Esta variable aleatoria toma valores desde el cero hasta el infinito, en números enteros. Si aumentamos los valores de la media del parámetro λ , se producirá un aumento de los valores de la variable aleatoria.

La formulación básica del modelo es la siguiente,

$$E(Y) = \mu = \lambda = \exp\{\alpha + \beta_1 x_1 + \dots + \beta_p x_p\},$$

si calculamos el logaritmo de esta función, nos da una función lineal de como varía la tasa de distribución en función de las variables explicativas.

Así mismo y debido a que los datos sedimentológicos y los perfiles de playa se llevaron a cabo sólo en tres campañas, supusimos que los resultados obtenidos para dichas características se mantenían estables durante veinte días, los diez días anteriores y los diez posteriores a la toma de datos. Por ello, para la aplicación del modelo seleccionamos los datos de salida y nidos que obtuvimos en los tres periodos siguientes, (1) del 17 de julio hasta el 6 de agosto, (2) del 2 de septiembre al 22 del mismo mes y por último, (3) del 23 de septiembre hasta el 3 de octubre. En la tabla V, se recogen los días teóricos que abarcan dichos periodos y los reales, entendiéndose como reales aquellos días en los cuales hay datos de salidas y nidos contabilizados por zonas.

Campaña	Días teóricos	Días reales
1	21	21
2	21	15
3	11	8

Tabla V. - Número de días programados y registrados en cada periodo.

Para analizar qué tipo de relación existe entre los periodos y zonas, se aplicaron los test de chi-cuadrado y el de comparaciones múltiples de Tukey. Mientras que para analizar el tipo de correlación existente entre los datos se utilizó la correlación de Pearson.

Todos los datos fueron analizados con software estadístico R (R Development Core Team, 2007).

4. RESULTADOS

4.1. Rastros y nidos



Fig. 18.- Distribución temporal de las salidas de la tortuga boba en la playa Calheta de Pau.

Durante la campaña de 2007 en la playa Calheta de Pau se contabilizaron un total de 2110 rastros. El registro de datos se empezó el día 1 de julio y terminó el 2 de octubre, el mes con mayor número de rastros fue el de agosto, aunque a finales de la primera quincena de agosto se produce un drástico descenso en el número de salidas (Fig. 18), este comportamiento se repitió en las demás playas controladas de la isla. Estudios recientes apuntan que esto fue debido a la coincidencia en el tiempo de un temporal y mareas vivas, lo cual pudo dificultar la salida a tierra de las tortugas bobas (Aguilera-Rodà *et al.*, *in review*). Aún así, el éxito de puesta en la playa fue del 46,6%. Si analizamos este éxito de puesta por zonas, nos encontramos que la zona 1 es donde más salidas hay (40,6%), pero donde el éxito de puesta es menor (40,1%). En cambio, en la zona 3 y 4 aunque salen menos tortugas (22,3% y 6%, respectivamente), el número de salidas que acaba en nido es mayor que en la zona 1 (53,2% y 46,5%) (Tabla IV y Fig. 19).

Zonas	Salidas (%)	Éxito de puesta (%)
Z1	40,6	40,1
Z2	31,1	48,2
Z3	22,3	53,2
Z4	6,0	46,5

Tabla IV.- Número de salidas y éxito de puesta, en porcentaje, para cada una de las zonas y respecto a toda la temporada. N= 1935 rastros (puesto que hubo días en los cuales no se señaló la distribución espacial de los rastros, aunque si se contabilizaron para el total de la playa).

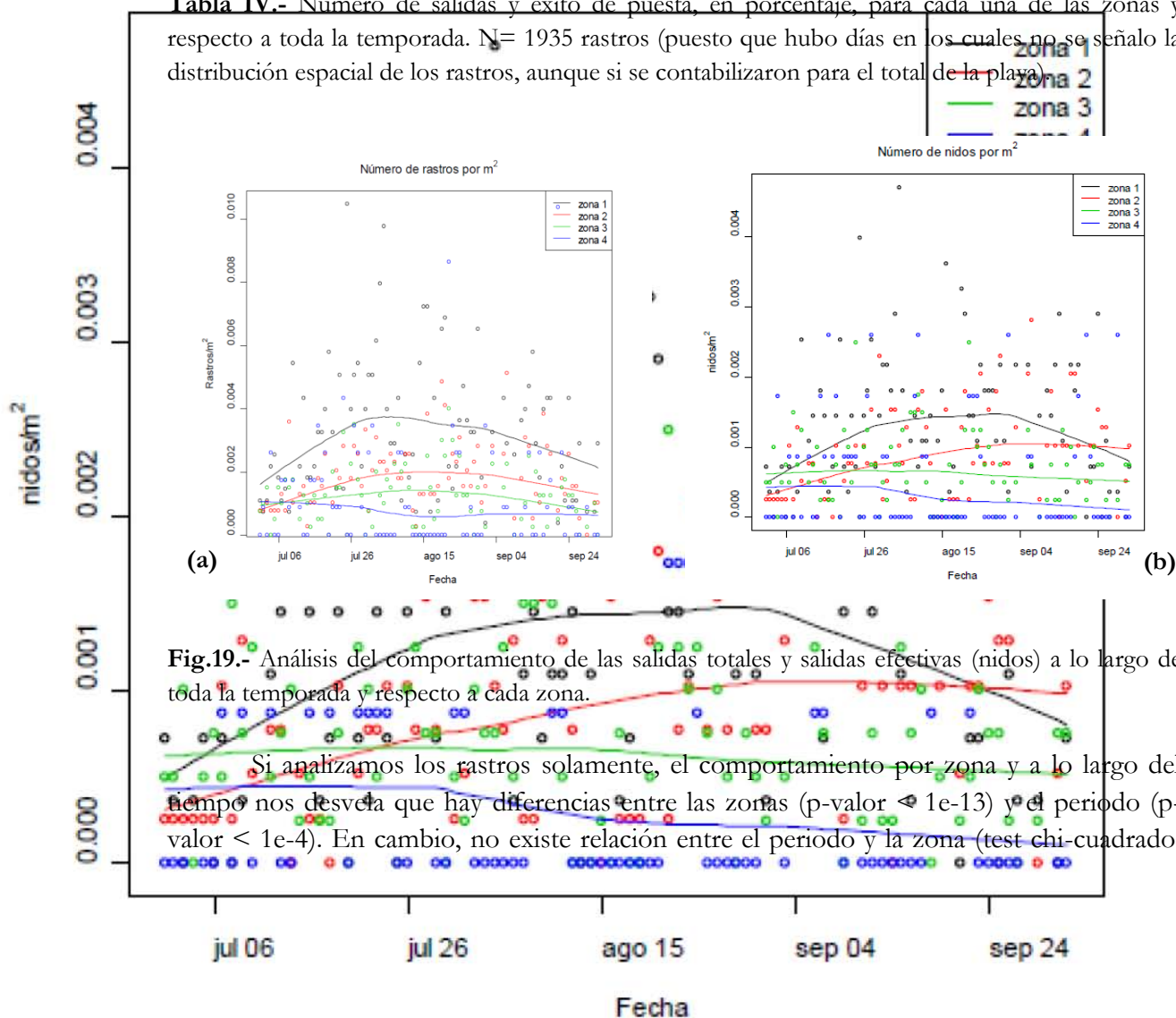


Fig.19.- Análisis del comportamiento de las salidas totales y salidas efectivas (nidos) a lo largo de toda la temporada y respecto a cada zona.

Si analizamos los rastros solamente, el comportamiento por zona y a lo largo del tiempo nos desvela que hay diferencias entre las zonas (p -valor $< 1e-13$) y el periodo (p -valor $< 1e-4$). En cambio, no existe relación entre el periodo y la zona (test chi-cuadrado,

p-valor = 0,77). Es decir, el número medio de rastros por metro cuadrado en cada zona se comporta igual en todos los periodos de observación (Tabla V. Fig. 20).

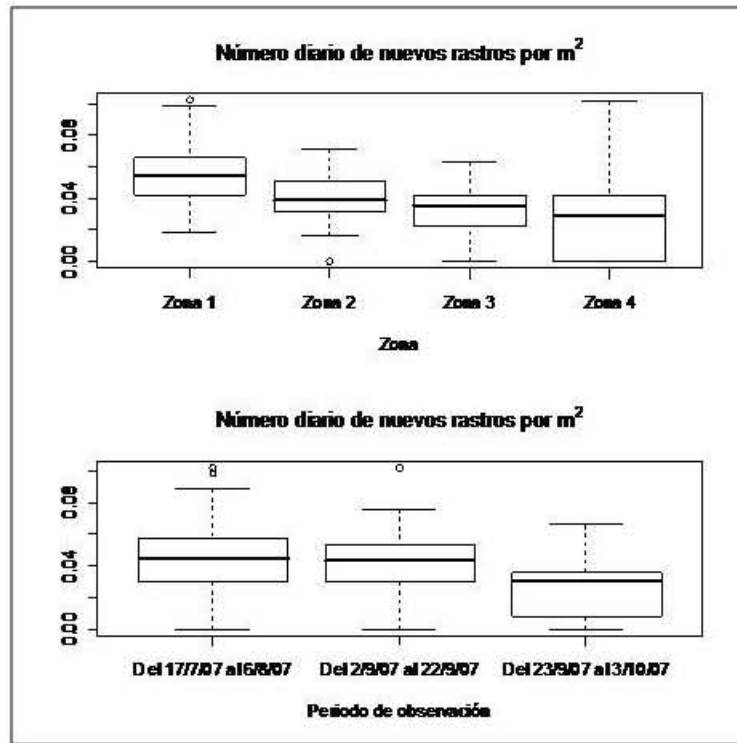


Fig. 20.- Distribución del número de rastros/m² por zona y por periodo de observación.

De esta forma, el número medio de rastros por metro cuadrado en la zona 1 es significativamente superior al resto (test de comparaciones múltiples de Tukey, p-valor<0.001 en todas las comparaciones). A su vez, el número medio de rastros/m² en la zona 2 es mayor que en la 3 (p-valor<0.001), y en la 4 (p-valor=0.0449). Las zonas 3 y 4 no muestran diferencias significativas en el número medio de rastros (p-valor=0.947). En lo que respecta a los periodos de observación, el test de Tukey nos indica que no existen diferencias significativas entre los dos primeros periodos, y que en el tercer periodo se produce una disminución significativa del número diario de rastros/m² (p-valor<1e-5), como cabría de esperar al encontrarnos al final de la temporada.

(a)	Zona 1	Zona 2	Zona 3	Zona 4
Media	0.003340	0.001819	0.001183	0.001277
Desv. Típica	0.0015495	0.0009630	0.0008665	0.0018786
(b)	Del 17/7/08 al 6/8/08	Del 2/9/08 al 22/9/08	Del 23/9/08 al 3/10/08	
Media	0.002063	0.002088	0.001034	
Desv. Típica	0.001585	0.001780	0.001001	

Tabla V.- Medias y desviaciones típicas de la distribución del número de rastros/m² por zona (a) y por periodo de observación (b).

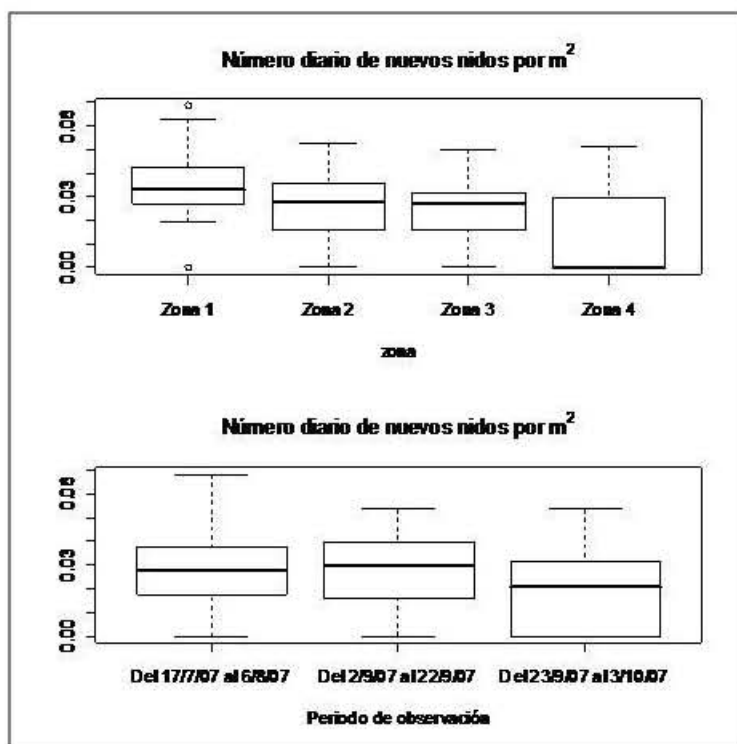


Fig. 21.- Distribución del número de nidos/m² por zona y por periodo de observación.

En el caso de los nidos, el efecto del periodo desaparece (p -valor=0,1107), pero sí hay efecto de la zona (p -valor $<1e-5$). Tampoco existe interacción entre zona y periodo (p -valor=0,475). A la hora de evaluar la significación de las diferencias entre zonas hay un comportamiento similar que en los rastros, observándose que el número medio de nidos/m² y día en la zona 1 es significativamente superior que en las zonas 3 (p -valor <0.001) y 4 (p -valor=0.003), pero no significativamente distinto de la 2 (p -valor=0.069). La zona 2, por su parte, tiene un n° medio de nidos/m² mayor que la 3 (p -valor=0.041) pero no mayor que la 4 (p -valor=0.16); las zonas 3 y 4 no muestran diferencias significativas (p -valor =0.973) (Fig. 21 y Tabla VI)

(a)	Zona 1	Zona 2	Zona 3	Zona 4
Media	0.001313	0.000939	0.000634	0.000570
Desv. Típica	0.0008348	0.0006127	0.0004819	0.0008328

(b)	Del 17/7/08 al 6/8/08	Del 2/9/08 al 22/9/08	Del 23/9/08 al 3/10/08
Media	0.0008901	0.0009361	0.0006208
Desv. Típica	0.0007300	0.0007950	0.0007307

Tabla VI.- Medias y desviaciones típicas de la distribución del número de nidos/m² por zona (a) y por periodo de observación (b).

4.2. Pendiente de la playa

Debido a las pequeñas dimensiones de la playa, a su localización y que el oleaje suele incidir perpendicularmente a la línea de costa, el transporte de sedimentos predominante es el transversal. Morfológicamente, en la zona de estudio nos encontramos con dos áreas diferenciadas. La primera está constituida por la zona 1 (perfiles 1 y 2) y la zona 2 (perfiles 2 y 3), caracterizándose por presentar las menores pendientes. Mientras que la otra área diferenciada, formada por la zona 4 (perfiles 4 y 5), tiene una pendiente mucho más abrupta (Tabla IV y Fig. 22.a. y b.).

Perfiles	1ª Campaña		2ª Campaña		3ª Campaña	
	Pendiente M (%)	Pendiente T (%)	Pendiente M (%)	Pendiente T (%)	Pendiente M (%)	Pendiente T (%)
1	5,78	-	9,53	-	10,78	-
2	4,1	-1,30	12,33	-0,21	11,42	-0,58
3	7,98	-3,57	12,49	-16,67	12,03	-2,63
4	10,91	-3,26	16,40	-4,00	14,45	-3,68
5	11,92	2,7	14,24	4,20	16,21	5,09

Tabla IV.- Valores de las pendientes halladas en los distintos perfiles a lo largo del tiempo. Pendiente M: tramo desde el mar hasta la cresta de la berma. Pendiente T: tramo que abarca desde la cresta de la berma hasta el final del *backshore*.

Todos los perfiles (excepto el primero) tienen dos partes, el tramo que va desde el mar hasta la cresta de la berma principal (es decir, la zona expuesta a la resaca del oleaje) y el segundo tramo abarca toda la berma de la playa hasta el final del *backshore*, es decir el ancho de la playa propiamente dicho y donde las tortugas pondrían los nidos. Los valores de este segundo tramo por lo general son negativos, excepto en el perfil 5 que son positivos a lo largo de toda la temporada de nidificación, esto es debido a que el punto de inflexión que señalaría una berma en este caso señala un escarpe de rocas y a partir de ese punto empieza una zona de arena cuya pendiente es positiva. En el perfil 1 no hay datos de pendiente de tierra, debido a que no se llegó a la cresta de la berma, ya que la cabecera de este perfil estaba situado delante de una pequeña duna, que marcaba el final de la playa.

La razón de que el extremo meridional de la playa presente una pendiente mayor que el septentrional, parece ser debido a que el extremo norte de la playa está más protegido del oleaje predominante del NNE; mientras que el extremo meridional se encuentra totalmente expuesto a él, y por tanto el efecto del oleaje en dicha zona se nota mucho más.

Si analizamos la evolución temporal de los perfiles, se comprueba que en la segunda campaña nos encontramos con que se ha producido un proceso erosivo a lo largo de toda la playa. En cambio, cuando se realiza la última campaña de toma de datos, nos encontramos que ha habido una cierta recuperación de material, principalmente en la zona 2 y 3 (zonas comprendidas entre los perfiles 2, 3 y 4) (Fig. 22.a, b y c). Estos dos procesos

los podemos asociar a los fenómenos de alta energía de ola que acaecieron durante la campaña (Las olas de tormenta transportan los sedimentos de las playas hacia mar abierto, originando erosión, mientras que en los periodos de calma las olas devuelven estos sedimentos a la costa, dando lugar a acreciones sedimentarias. Komar, 1976).

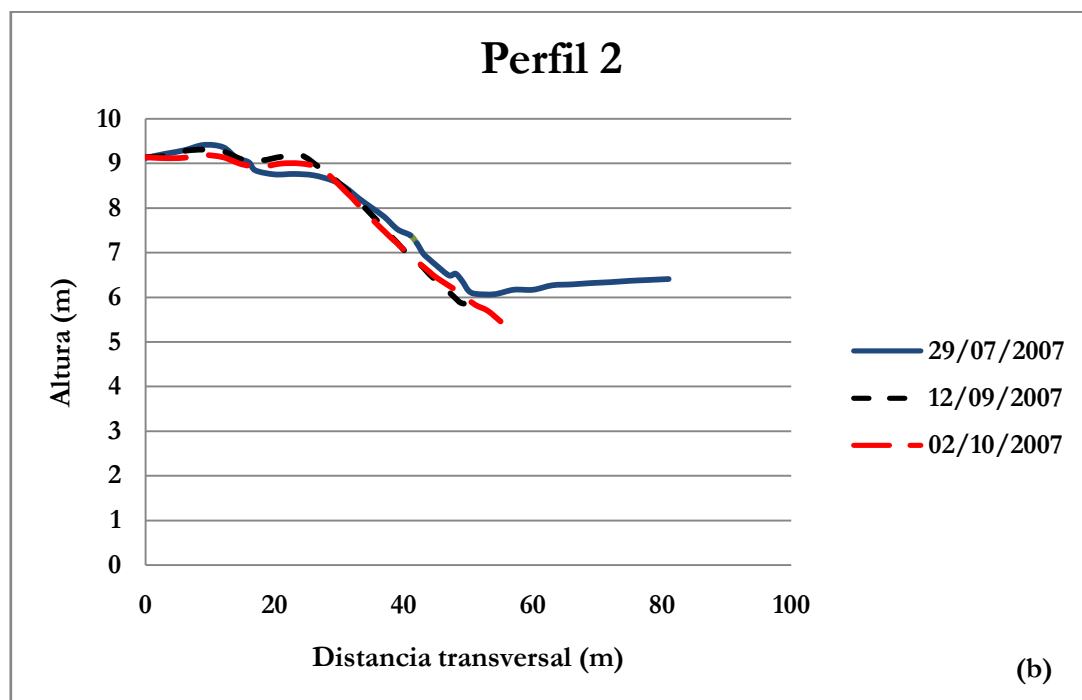
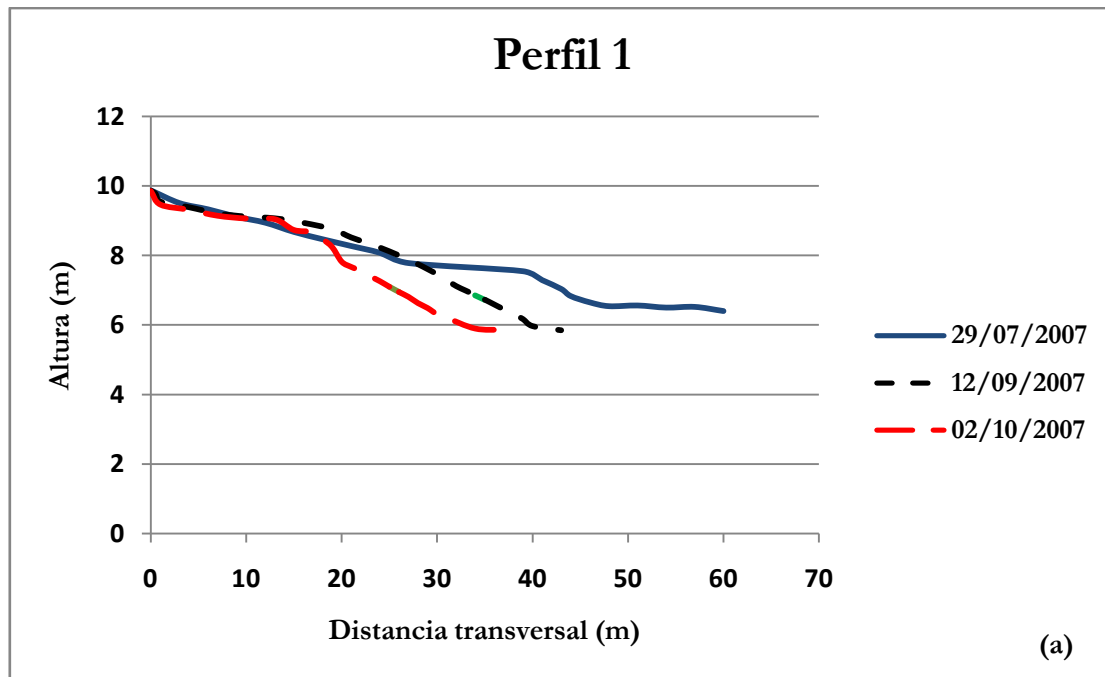


Fig. 22.a.- Variación temporal del (a) Perfil 1 y (b) Perfil 2

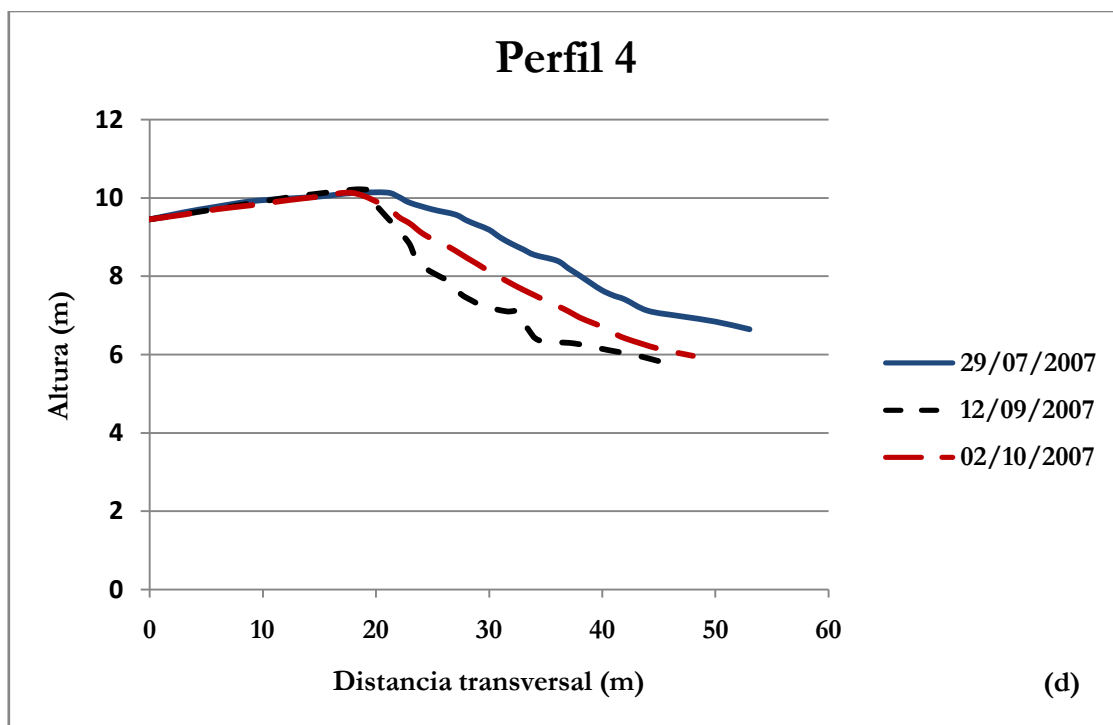
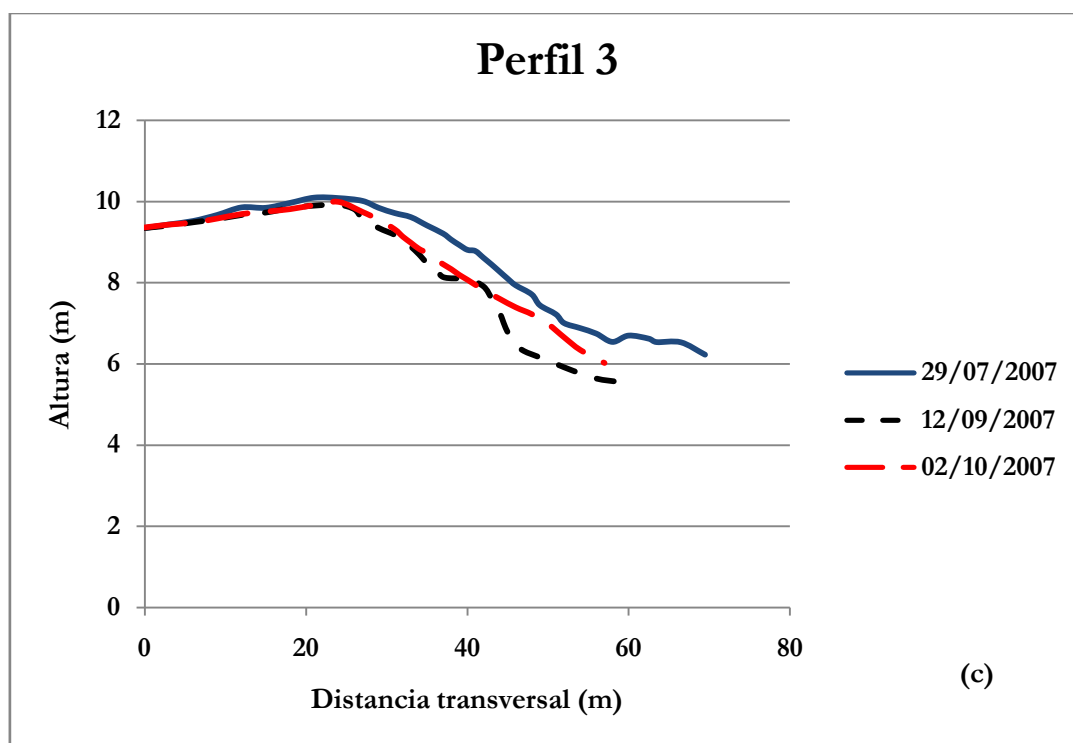


Fig. 22.b.- Variación temporal del (c) Perfil 3 y (d) Perfil 4.

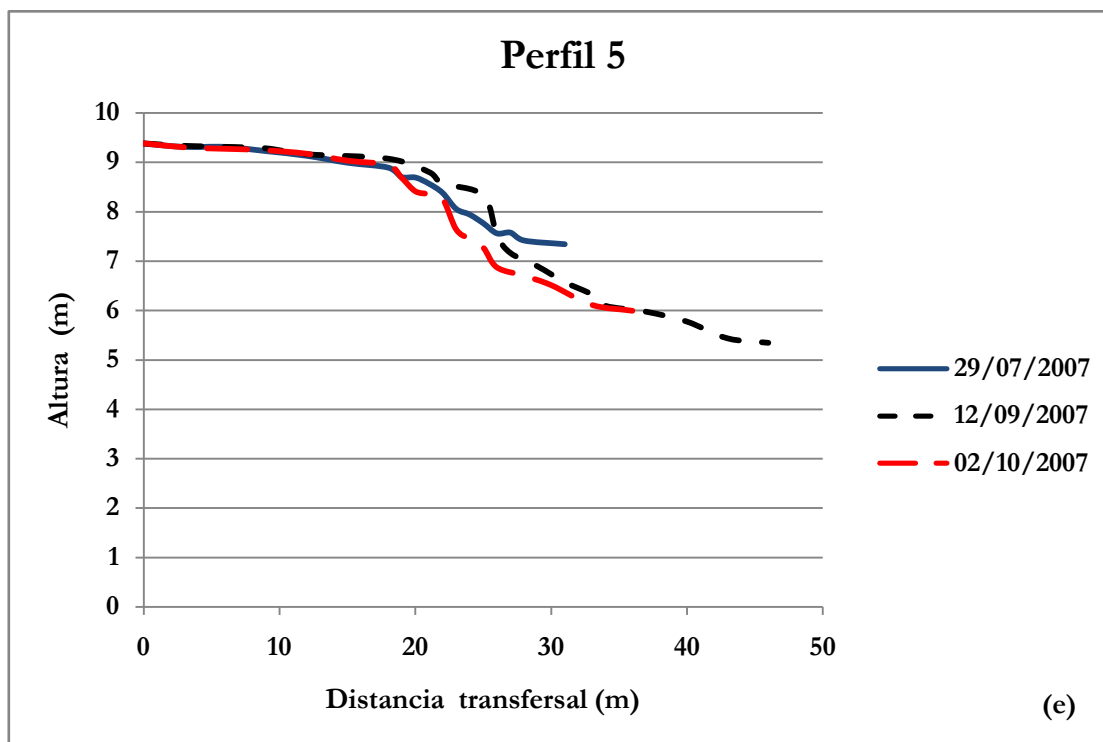


Fig. 22.c.- Variación temporal del (e) Perfil 5

La tabla V muestra las distancias que hay desde la cabecera del perfil hasta las líneas de pleamar y de bajamar, observándose que el área que queda libre para la nidificación de la tortuga boba aumenta a medida que nos desplazamos hacia el sur, siendo las zonas 2 y 3 las que presentan mayor área para nidificar (Fig. 23).

Perfiles	1ª Campaña		2ª Campaña		3ª Campaña	
	Dist. LAM (m)	Dist. LBM (m)	Dist. LAM (m)	Dist. LBM (m)	Dist. LAM (m)	Dist. LBM (m)
1	12	43	13	35	13	26
2	23	42	24	37	27	39
3	35	49	27	47	29	47
4	27	40	19	32,5	23	37
5	20	28	21	31	18	30

Tabla V.- Distancias desde la cabeza del perfil hasta las líneas de pleamar (LAM) y de bajamar (LBM) observadas *in situ*, en las tres campañas.

A la vista de estos resultados, la morfología que presenta la playa es la de una especie de media luna, cuyo extremo sur es mucho más ancho y con mayor pendiente que el norte, encontrándose en el centro de la playa (zona 2 y 3) las dos zonas con mejor equilibrio entre extensión y accesibilidad.

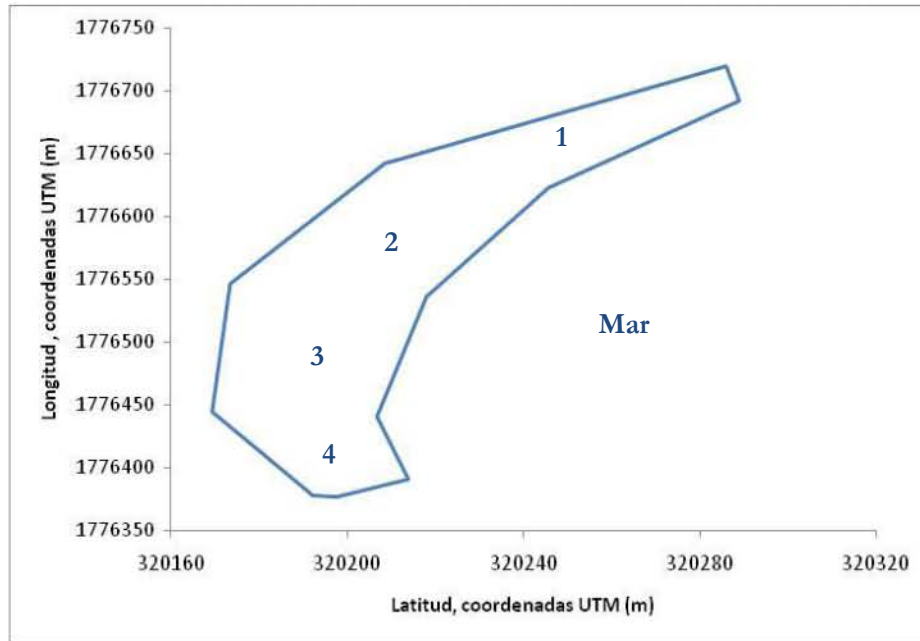


Fig. 23.- Representación en el plano de la playa Calheta de Pau, tomando como referencia los datos de posicionamiento de los perfiles y muestras, tomadas durante la campaña. Obsérvese que las zonas 2 y 3 son las de mayor profundidad hacia tierra.

4.3. Características de la arena

El tamaño de los sedimentos de una playa determina su contribución a la dinámica costera. Así mismo, el tamaño del grano de la arena es un indicador del origen del mismo y contribuye junto con el oleaje a controlar la pendiente de la playa y su dinámica (Short, 1999). Los resultados obtenidos en los distintos análisis realizados a las muestras se pueden ver en la tabla 2 del anexo. Las características granulométricas se han clasificado atendiendo el grado de selección según la escala de Folk y Ward (1957) (Tabla 1 del anexo). Atendiendo a esta escala, el material que encontramos en nuestra playa de estudio son arenas con tamaños comprendidos entre mediano y gruesos, aunque predominantemente tamaños medianos ($1-2\phi$, siendo el valor 1ϕ para los tamaños medianos más gruesos y el 2ϕ para los más finos) (Tabla 1, anexo). Respecto a la variación en función a la profundidad, nos encontramos que de forma general, los tamaños de los sedimentos más finos se encuentran en profundidad, por lo tanto nos encontramos con una secuencia de sedimentación normal (Tabla VII). El tipo de selección mayoritario hallado se encuentra entre moderadamente seleccionado y moderadamente bien seleccionado (ver rangos en la Tabla III), rangos comprendidos entre los típicos de un ambiente de playa. Su asimetría bascula principalmente entre simétrica y negativa, lo cual quiere decir que los granos aunque medianos tienden a ser gruesos, típico de ambientes algo erosivos y con cierta turbulencia (Komar, 1976).

Respecto al contenido en carbonatos, nos encontramos con una playa muy carbonatada, todas las muestras superan el 90% en contenidos en carbonatos, excepto 4 muestras, cuyos valores oscilan entre el 70% y el 90%. Estas muestras se encuentran todas en profundidad y en el extremo norte de la playa. El comportamiento del contenido en

agua de las muestras es coherente, encontrándonos la superficie y zona alta de la playa las áreas menos húmedas, mientras que las muestra cogidas en profundidad son las que presentan un mayor porcentaje en contenido en agua, siendo la media de un 5% en contenido en agua. Tampoco hay diferencias significativas en su distribución longitudinal de la playa, aunque si analizamos por periodos si vemos una ligera variación de contenido en agua (Tabla VIII).

Variable	Media Superf. (sd)	Media Prof. (sd)	Diferencia (p-valor)	Correlación (p-valor)
mean	1.30741 (0.33329)	1.50141 (0.23741)	-0.19400 (0.01748)	0.69569 (0.00005)
sorting	0.78038 (0.20906)	0.76281 (0.14479)	0.01757 (0.72119)	-0.09010 (0.65492)
skewness	-0.01431 (0.15491)	-0.07002 (0.10925)	0.05571 (0.13342)	0.27465 (0.16561)
CO ₃	98.73114 (2.59796)	96.93074 (7.44028)	1.80040 (0.24386)	0.46365 (0.01485)
PC	1.56836 (1.09056)	4.97739 (1.63404)	-3.40902 (0.00000)	0.07826 (0.69799)

Tabla VII.- Promedios y desviaciones típicas de las variables que se han medido en superficie y en profundidad, junto a la correlación existente entre ambas medidas.

Periodo	Zona	M _Z (σ)	σ _I (σ)	Sk _I (σ)	CO ₃ (%)	PC (%)
Del 17/7/07 al 6/8/07	1	1.360078	0.8160444	-0.062123688	98.80589	5.121380
	2	1.351397	0.8180131	-0.062407398	98.73994	5.106380
	3	1.291269	0.8184612	-0.061817569	98.77439	5.077207
	4	1.268484	0.8178393	-0.059947983	98.83072	5.036644
Del 2/9/07 al 22/9/07	1	1.213159	0.6788757	0.009878142	99.99266	4.715514
	2	1.211648	0.6801122	-0.019679596	99.98717	4.679761
	3	1.209993	0.6795047	0.056080880	99.99035	4.679852
	4	1.209184	0.6797347	0.129994941	99.99145	4.685595
Del 23/9/07 al 3/10/07	1	1.184771	0.6917807	-0.017979280	98.73021	6.634011
	2	1.193498	0.6998786	-0.018427673	98.68016	6.607990
	3	1.185308	0.6946386	-0.018754586	98.69195	6.592737
	4	1.190791	0.6963959	-0.018218514	98.68477	6.517247

Tabla VIII.- Interpolación de los datos medidos en el centro y vértice de cada zona, para poder caracterizar cada zona.

Los datos obtenidos para la porosidad hay que analizarlos con prudencia (Tabla 3 del anexo). En teoría se debería esperar una relación directa entre el *sorting* y la porosidad, puesto que a mayor *sorting*, los granos estarán mejor seleccionados y por tanto, habrá mayor espacio interpartículas entre ellos; puesto que entre los granos de mayor tamaño, ese espacio no estará ocupado por otros granos de menor tamaño sino que estarán vacíos, es decir tendrán una mayor porosidad. Los datos de *sorting* obtenidos, nos informan que los la

selección es moderadamente buena o simplemente moderada, por lo que la porosidad debe ser relativamente buena. A esta misma conclusión, puede llegar mediante los datos medios de porosidad, ya que las medidas obtenidas nos muestran una fácil penetración de nuestro prototipo (valor medio de la profundidad a la que llego, 15 cm) (Tabla IX). Aunque volvemos a repetir, que hemos observadas ciertas contradicciones en los datos obtenidos.

Periodo	Zona	Porosidad antes (cm)	Porosidad después (cm)	Porosidad media (cm)
Del 17/7/08 al 6/8/08	1	12.22700	30.24615	12.57015
	2	12.23506	30.12028	15.19294
	3	12.24952	30.43124	19.54505
	4	12.23592	30.27480	19.26149
Del 2/9/08 al 22/9/08	1	18.13768	31.98006	14.92652
	2	16.66652	31.47002	14.99703
	3	16.51118	31.98619	15.28405
	4	16.75201	31.73958	15.09472
Del 23/9/08 al 3/10/08	1	20.74953	34.88502	14.83253
	2	20.79410	34.97717	14.91091
	3	20.56372	34.94610	15.02124
	4	20.61889	34.91477	14.92526

Tabla IX.- Valores de porosidad interpolados a partir de los datos medidos en el centro y vértice de cada zona.

En resumen, podemos caracterizar la playa como una playa de arena de grano medio, muy carbonatados y buena compactación, puesto que tiene una buena porosidad y un adecuado contenido en agua. Las variaciones observadas tanto en el espacio como en el tiempo son normales.

5. DISCUSIÓN

El éxito de puesta obtenido (46,6%) es similar a los obtenidos para la misma playa durante la temporadas 2001 y 2002 (Varo *et al.* 2007) y se encuentra dentro de los límites de 10 a 75 % de rastros sin nido registrados para esta especie en otras áreas de puesta (Dood, 1988). Hemos podido comprobar que existe variabilidad tanto en el número de rastro/m² como de nidos/m² asociada a la zona de muestreo, y en el caso de los rastros, también hay variabilidad asociada al periodo de observación. Por lo tanto, resulta interesante determinar qué característica o características concretas de las zonas son las que se asocian con la variabilidad en los rastros y en los nidos. La figura 24 nos muestra como se relaciona el número de rastros con cada una de las variables geológicas que se han medido.

Si ajustamos un modelo de regresión de Poisson paso a paso a estas variables para explicar el número de rastros, las únicas variables que resultan seleccionadas son la pendiente hasta la berma, el *sorting* y el contenido en agua. La pendiente influye negativamente, puesto que a medida que ésta aumenta, las salidas disminuyen (t valor -4,604; Pr (> |t|) 8,10e-06); mientras que aumentan con el *sorting* (t valor 6,932; Pr (> |t|) 8,25e-11) y el contenido en agua (t valor 8,345; Pr (> |t|) 2,36e-14). En cuanto al número

de nidos, y aplicando un análisis similar, vemos que las variables que resultan más significativas son las características granulométricas. Dando que el tamaño de grano se mide en unidades phi, mayor valor de phi significa menor tamaño (Tabla 1 del anexo). Por tanto, el número de nidos aumenta a medida que disminuye el tamaño de grano (t valor 2,758; $Pr(> |t|)$ 0.0064). Lo mismo pasa con el *sorting*, cuanto más homogéneo menor valor de *sorting* (Tabla III), por tanto el número de nidos disminuye a medida que aumenta la selección del tamaño de grano (t valor 3,283; $Pr(> |t|)$ 0.0012). Por último, el número de nidos también aumenta cuando disminuye la asimetría (t valor -3,312; $Pr(> |t|)$ 0.0011).

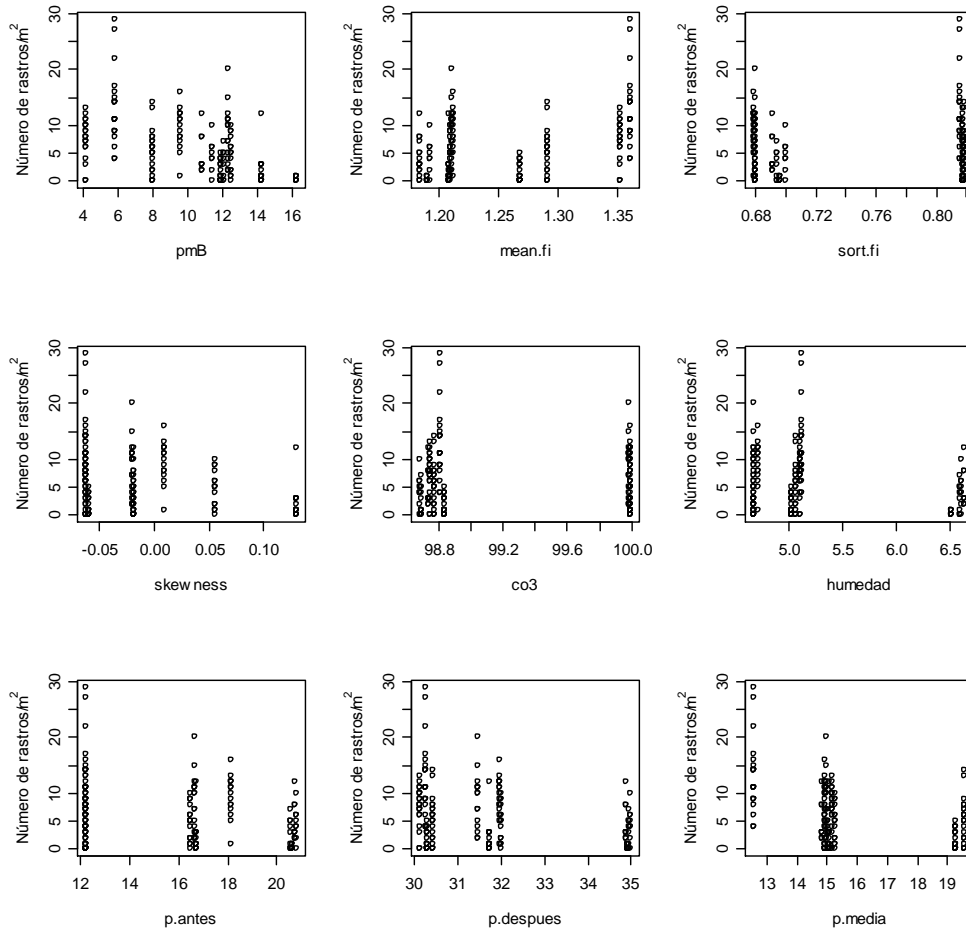


Fig. 24.- Relación entre el número de rastros con cada una de las variables geológicas que se han medido. Las agrupaciones de puntos que se aprecian en estos gráficos se deben a que se dispone únicamente de 12 observaciones de cada variable (cuatro zonas por tres estaciones, igual a 12 observaciones). Cada “columna” de puntos corresponde a una zona y un periodo; para cada zona, el número de puntos (días) en el primer periodo es 21, en el segundo periodo 15, y 8 en el tercero.

El resultado de los análisis que hemos realizado para el número de salidas y en números de nidos, revelan que la pendiente de la playa es la característica más importante que determina si la tortuga sale o no, mientras que las características granulométricas de la arena son las que determinan la selección del lugar de puesta. Así mismo, hemos podido observar que el éxito de puesta varía dentro de la playa, presentado un mayor éxito de puesta en las zonas donde la playa es más ancha (zona 2 y 3), este comportamiento es

similar al encontrado por otros autores (Mazaris *et al.*, 2006; Chen *et al.* 2007 para la tortuga boba y verde, respectivamente). Provancha y Ehrhart (1987) sugieren que las características de la plataforma costera proporcionan señales que la tortuga común utiliza para seleccionar la playa de nidificación. En este sentido, Hughes (1974) y Kikukawa *et al.* (1999) afirman que la tortuga común elige playas colindantes a arrecifes de coral o a afloramientos de rocas, puesto que estas estructuras son marcas naturales que ellas usan para orientarse y salir a la playa. Esto puede ser la causa, junto al fenómeno erosivo que sufrió la zona 4 y parte de la 3, de que el número de salidas en la zona 1 y 2 sea mayor, puesto que al finalizar la zona 2 nos encontramos con una estructura rocosa de naturaleza calcarenítica que las hembras puedan utilizar para tal fin.

Aunque nuestros resultados sobre la influencia de la pendiente en la selección del lugar de puesta parezcan contradecir los trabajos de Kikukawa *et al.* (1999) y Wood y Bjornad (2000) esto no es cierto, ya que la interpretación de nuestros resultados lo que indica es que si la pendiente en el primer tramo de la playa (hasta la cresta de la berma) es muy grande, el coste energético para la tortuga es muy grande y desiste de salir o superar la pendiente. Pero una vez superada, la pendiente no influye en la selección de puesta. Es más, podemos observar que donde la pendiente es relativamente moderada y a la vez la anchura de la playa es mayor (zona 2 y 3) el éxito de puesta es mayor, dato que concuerda con lo expuesto por los autores anteriores.

Por otro lado, hemos encontrado que la ubicación de los nidos está condicionada por las características granulométricas, siendo mayor el número de nidos donde el grano tiende a ser fino y su selección es moderada. Esto permite que esa zona tenga un mayor contenido en agua y por tanto una mejor compactación, evitándose el colapso del nido durante la construcción (Mortimer, 1990). Resultados similares han sido descritos en *Caretta caretta* por Karavas *et al.* (2005) para la playa Sekania en la isla de Zakyntos (Mar Mediterráneo) y en *Chelonia mydas* por Kikukawa *et al.* (1999) en las playas de la isla de Okinawajima e islas adyacentes y por Yalçın-Özdilek *et al.* (2007) en la playa de Samandağ en Turquía.

Como ya hemos indicado, los resultados que se han obtenido sugieren que a lo largo del proceso de anidación, en cada fase del mismo influyen distintos factores y por lo tanto las tortugas marinas deben ser capaces de integrar una gran cantidad de información para seleccionar un lugar de puesta idóneo (Wood y Bjornad, 2000; Mazaris *et al.* 2006 y Chen *et al.* 2007). Aun así, los resultados obtenidos en este trabajo deben tomarse con cautela, ya que con las pocas observaciones geológicas que hay, el modelo probablemente no esté bien estimado. En todo caso, estos datos nos deberían llevar a pensar en un mejor diseño que nos permitiera decidir qué variables geológicas son las que inciden de verdad en el anidamiento de las tortugas. Un mejor diseño de muestreo sería aquél en que se tomasen más observaciones geológicas en la playa, coincidiendo en el tiempo con el paso y anidamiento de las tortugas, así como una división en zonas de menor tamaño.

6. CONCLUSIONES

Este trabajo muestra que las características más importantes que determina si la tortuga sale o no para realizar la puesta es la pendiente de la franja intermareal de la playa. Por el contrario, las características granulométricas de la arena son las que parecen determinar la selección concreta del lugar de puesta. Los nidos tienden a concentrarse en las zonas donde el sedimento es más fino y más heterogéneo. Así mismo, se ha determinado que el éxito de puesta varía dentro de la playa, siendo mayor en las zonas 2 y 3 donde la amplitud es mayor.

7. AGRADECIMIENTOS

Este trabajo no hubiera existido sin la ayuda de mucha gente, por ello quiero agradecer a todos los voluntarios su participación en la recogida de datos del 2007. A los monitores, en general, sin ellos no hubiera tenido tiempo para dedicarlo a este estudio; y en particular a Airam Eiroa Suárez, Carlos Angulo Prekler, Mikel Arrasate López, Mireia Aguilera i Rodà, Aniano Hernández Mederos y a mis “ángeles”; María Medina Suárez, Saray Jiménez Bordón y Sonia Rodríguez Benítez, sin los cuales la toma de datos hubiera sido imposible. A Daniel Cejudo Fernández y Nuria Varo Cruz por haberme ayudado siempre y enseñado todo lo que se sobre el trabajo con tortugas. A Pedro López Suárez con el que he compartido las tareas de coordinación del campamento. A Ana Liria Loza y Catalina Monzón por su disposición cada vez que les he pedido ayuda. A Miguel Royo García por su amistad y la ayuda con el análisis de datos geográficos. A Raquel Soley por las fotografías y madrugones que le hice dar. Al Dr. Luis Felipe López Jurado por darme la oportunidad de trabajar con tortugas marinas en Cabo Verde. Al Dr. Ignacio Alonso Bilbao por su paciencia y dedicación a este trabajo, sin sus consejos nada de esto hubiera sido posible. A Laura Cabrera e Isora Sánchez por su ayuda en el laboratorio de geología de la Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. Al Dr. Ángelo Santana del Pino por su ayuda en el análisis estadístico. A los caboverdianos por el cariño que me mostraron y por su gran hospitalidad. Y a los siguientes organismos e instituciones: Ministerio de Ambiente Agricultura y Pesca de la República de Cabo Verde, Instituto Nacional para el Desarrollo Pesquero de Cabo Verde (INDP), Dirección General de Relaciones con África del Gobierno de Canarias, Universidad de Las Palmas de Gran Canaria, Instituto Canario de Ciencias Marinas (ICCM), Cámara Municipal de Boa Vista y ONG Cabo Verde NATURA 2000.

Por último, quiero mostrar nuevamente mi mayor agradecimiento a Mireia por su ánimo constante a lo largo de estos años, este trabajo en gran parte es gracias a ti y puedes considerarlo como tuyo.

8. BIBLIOGRAFÍA

ACKERMAN, R.A. 1977. The respiratory gas exchange of sea turtle nest (*Chelonia, Caretta*). *Respiration Physiology* 31: 19-38.

ACKERMAN, R.A. 1997. The nest environment and the embryonic development of sea turtles. *En* LUTZ, P.L. y MUSICK, J.A. (eds.) *The biology of sea turtles*. CRC Press. Boca Raton, FL. 83-106.

AGUILERA-RODÀ, M., EIROA, A., LÓPEZ, O. VARO-CRUZ, N. y LÓPEZ-JURADO, L.F. *In Review*. Influence of tide on *Caretta caretta* nesting success on Boa Vista Island (Cape Verde, West Africa). *En* FREÓN, P., BARANGE, M. y ARÍSTEGUI, J. (eds.) Eastern Boundary Upwelling Ecosystems: Integrative and Comparative Approaches. Progress in Oceanography.

ALI, M.Y. y WATTS, A.B. 2003. A seismic reflection profile study of lithospheric flexure in the vicinity of the Cape Verde Islands. *Journal of Geophysical Research* 108(B5): 2239-2262.

BILINSKI, J.J., REINA, R.D., SPOTILA, J.R. y PALADINO, F.V. 2001. The effects of nest environment on calcium mobilization by leatherback turtle embryos (*Derموchebys coriacea*) during development. *Comparative Biochemistry and Physiology. A* 130: 151-162.

BINCKLEY, C.A., SPOTILA, J.R., WILSON, K.S. y PALADINO, F.V. 1998. Sex determination and sex ratios of Pacific leatherback turtles, *Derموchebys coriacea*. *Copeia* 1998: 291-300.

BJORNDAL, K.A., MEYLAN, A.B. y TURNER, B.J. 1983. Sea turtles nesting at Melbourne Beach, Florida, I. Size, growth and reproductive biology. *Biological Conservation* 26: 65-77.

BJORNDAL, K. y JACKSON, J.B.C. 2003. Roles of sea turtles in marine ecosystems: reconstructing the past. *En* LUTZ, P.L., MUSICK, J.A. y WYNEKEN, J. (eds.) *The Biology of Sea Turtles*. Volume II. p. 259-273. Boca Raton, Fla.: CRC Press.

BLANCK, C.E. y SAWYER, R.H. 1981. Hatchery practices in relation to early embryology of the loggerhead sea turtle, *Caretta caretta* (Linné). *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 49: 163-177.

BLOTT, S.J. y PYE, K. 2001. Gradistat: A grain size distribution and statistics package for the analysis of unconsolidated. *Earth Surf Process, Landforms* 26: 1237-1248.

BOLTEN, A.B. 2003. The loggerhead sea turtle – A most excellent fish. *En* BOLTEN, A.B. y WITHERINGTON, B.E. (eds.) *Loggerhead Sea Turtles*. p. 1-4. Smithsonian Books.

BROCK, K.A., REECE, J.S. y EHRHART, L.M. 2007. The effects of artificial beach nourishment on marine turtles: differences between loggerhead and green turtles. *Restoration Ecology*. doi: 10.1111/j.1526-100X.2007.00337.x

BRONGERSMA, L.D. 1982. Marine Turtles of the Eastern Atlantic Ocean. *En* BJORNDAL, K.A. (ed.) *Biology and Conservation of Sea Turtles*. Revised Edition (1995) p. 407-416. Smithsonian Institution Press, Washington, D.C.

BUSTARD, HR. y GREENHAM, P. 1968. Physical and chemical factors affecting hatchlings in the green turtle, *Chelonia mydas*. *Ecology* 49: 269-279.

CAINE, E.A. 1986. Carapace epibionts of nesting loggerhead sea turtles: Atlantic coast of U.S.A. *Journal Experimental Marine Biology and Ecology* 95: 15-26.

CARR, A.F. 1975. The Ascension Island green turtle colony. *Copeia* 1975: 547-555

CARR, A.F. Jr. 1952. *Handbook of turtles. The turtles of the United States, Canada and Baja California*. Cornell University Press, Ithaca, NY.

CEJUDO, D., CABRERA, I., LÓPEZ-JURADO, L.F., ÉVORA, C., y ALFAMA, P. 1999. The Reproductive Biology of *Caretta caretta* in the Island of Boavista (Republic of Cabo Verde, Western Africa). *Proceedings of the 19th Annual Symposium on Sea Turtle Conservation and Biology*. South Padre Island, Texas (U.S.A.).

CHEN, H.-C.; CHENG, I.J. y HONG, E. 2007. The influence of beach environment on the digging success and nest site distribution of the green turtle, *Chelonia mydas*, on Wan-an Island, Penghu archipelago, Taiwan. *Journal of Coast Research* 23(5): 1277-1286.

CHEN, T.-H. y CHENG, I.-J. 1995. Breeding biology of the green turtle, *Chelonia mydas*. (Reptilia: Cheloniidae) on Wan-an Island, Peng-Hu Archipelago, Taiwan. I. Nesting ecology. *Marine Biology* 124: 9-15.

CLUSELLA-TRULLAS, S. y PALADINO, F.V. 2007. Micro-environment of olive ridley turtle nest deposited during an aggregated nesting event. *Journal of Zoology* 272 (2007): 367-376.

COURTNEY, R.C. y WHITE, R.S. 1986. Anomalous heat flow and geoid across the Cape Verde Rise: evidence for dynamic support from a thermal plume in the mantle. *Geophysical Journal of the Royal Astronomical Society* 87, 815-867 and Microfiche GJ87/1.

CRAWLEY, M.J. 2005. *Statistics, An introduction using R*. Wiley. 342 pp.

DASH, B.P., BALL, M.M.; KING, G.A., BUTLER, L.W. y RONA, P.A. 1995. Geophysical investigation of the Cape Verde Archipelago. *Journal of Geophysical Research* 100(B7): 10013-10027.

DODD JR, C.K. 1988. Synopsis of the biological data on the loggerhead sea turtle *Caretta caretta* (Linnaeus 1758). Washington, DC: Fish and Wildlife Service, U. S. Department of the Interior.

DOUCELANCE, R., ESCRIG, S., MOREIRA, M., GARIÉPY, C. y KURZ, M. (2003). Pb-Sr-He isotope and trace element geochemistry of the Cape Verde Archipelago. *Geochimica et Cosmochimica Acta* 67(19): 3717-3733.

ECKERT, K.L. 1987. Environmental unpredictability and leatherback sea turtle (*Dermochelys coriacea*) nest loss. *Herpetologica* 43: 315-323.

EMERY, K.O. 1961. A simple method of measuring beach profiles. *Limnology and oceanography* 6: 90-93.

FLOWER, L.E. 1979. Hatchling success and nest predation in the green sea turtle, *Chelonia mydas*, at Tortuguero, Costa Rica. *Ecology* 60: 946-955.

FOLK, R.L. y WARD W.C. 1957. Brazos River bar (Texas); a study in the significance of grain size parameters. *Journal of Sedimentary Research*. 27: 3-26

FRAZER, N.B. 1982. Growth and age of maturity of loggerhead sea turtles: review and prospectus. *Marine Turtle Newsletter* 22: 5-8.

FRAZER, N.B. 1983. Effect of tidal cycles on loggerhead sea turtles (*Caretta caretta*) emerging from the sea. *Copeia* 1983: 516-519.

FRAZER, N.B. y RICHARDSON, J.I. 1986. The relationship of clutch size and frequency to body size in loggerhead sea turtles, *Caretta caretta*. *Journal of Herpetology* 20: 81-84.

FRETEY, J. 1976. Les tortues marines de Guyane Française. *Le Courrier de la Nature* 41: 10-21.

FRIEDMAN, G.M. y SANDERS, J.E. 1978. *Principles of Sedimentology*. WILEY & SON, J. (eds.) New York. 792 pp.

GARMESTANI, A.S., PERCIVAL, H.F. PORTIER, M.K. y RICE, A.G. 2000. Nest-site selection by loggerhead sea turtle in Florida's Ten Thousand Island. *Journal of Herpetology* 34: 504-510.

- GERLACH, D.C., CLIFF, R.A., DAVIES, G. R., NORRY, M. y HODGSON, N. 1988. Magma sources of the Cape Verdes archipelago: Isotopic and trace element constraints. *Geochimica et Cosmochimica Acta* 52: 2979–2992.
- GODFREY, M.H. y BARRETO, R. 1995. Beach vegetation and seafinding orientation of the turtle hatchlings. *Biological Conservation* 74: 29-32.
- GODLEY, B.J., BRODERICK, A.C., y HAYS, G.C. 2001. Nesting of Green Turtles (*Chelonia mydas*) at Ascension Island, South Africa. *Chelonian Conservation* 97: 151-158.
- GUTIAN, F. y CARBALLAS, T. 1976. Carbonatos y sales salobres. Técnicas de análisis de suelos. Ed. Pico Sacro. 287 pp.
- HAYS, G.C. y SPEAKMAN, J.R. 1993. Nest palacement by loggerhead, *Caretta caretta*. *Animal Behaviour* 45: 47-53.
- HAYS, G.C., MACKAY, A., ADAMS, C.R., MORTIMER, JA., SPEAKMAN, J.R. y BOEREMA, M. 1995. Nest site selection by sea turtles. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*. 75: 667-674.
- HAYS, G.C., ASHWORTH, J.S, BARNSELY, M.J., BRODERICK, A.C., EMERY, D.R., GODLEY, B.J., HENWOOD, A. y JONES, E.L. 2001. The importance of sand albedo for the thermal conditions on sea turtle nesting beaches. *Oikos* 93: 87-94.
- HENDRICKSON, J.R. 1982. Nesting behavior of sea turtles with emphasis on physical and behavioral determinants of nesting success or failure. *En* BJORN DAL, K.A. (ed.) *Biology and conservation of sea turtles*. Revised Edition (1995) p. 53-57. Washington, D.C.: Smithsonian Institution Press.
- HIRTH, H.F. 1980. Some aspects of the nesting behavior and reproductive biology of sea turtles. *American Zoologist* 20: 507-523.
- HOERNLE, K., TILTON, G., LEBAS, M.J., DUGGEN, S. y GARBE-SCHÖNBERG, D. 2002. Geochemistry of oceanic carbonatites compared with continental carbonatites: mantle recycling of oceanic crustal carbonate. *Contributions to Mineralogy and Petrology* 142: 520-542.
- HORROCKS, J.A. y SCOTT, N.M. 1991. Nest site location and nest success in the hawksbill turtle *Eretmochelys imbricate* in Barbados, West Indies. *Marine Ecology. Progress Series* 69: 1-8.
- HUGHES, G.R. 1974. The sea turtles of southeast Africa I. Status, morphology and distribution. *Investigational Report. Oceanographic Research Institute, Durban* 35: 1-144
- INSTITUTO HIDROGRÁFICO PORTUGUES. 2007. Tabelas de Marés 2007. Vol II. Países Africanos de Língua Oficial Portuguesa ou Macau. Hidrográfico. Marinha. Portugal.
- IUCN 2008. 2008 IUCN Red List of Threatened Species. <www.iucnredlist.org>. Descargado el 15 de noviembre de 2008.
- JANZEN, F.J. y PAUKSTIS, G.L. 1991. Environmental sex determination in reptiles: ecology, evolution, and experimental design. *The Quarterly Review of Biology* 66: 149-179.
- JANZEN, F.J. 1993. An experimental analysis of natural selection on body size of hatchling turtles. *Ecology* 74: 332-341.
- JANZEN, F.J. 1994. Vegetation cover predicts sex ratios of hatchling turtles in natural nests. *Ecology* 75: 1593-1599.
- JOHANNES, R.E. y RIMMER, D.W. 1984. Some distinguishings Characteristics of nesting beaches of the green turtle *Chelonia mydas* on North West Cape Peninsula, Western Australia *Marine Biology*. 83: 149-154.

KAMEL, S.L. y MROSOVSKY, N. 2005. Repeatability of nesting preferences in the Hawksbill Sea Turtle, *Eretmochelys imbricate*, and their fitness consequences. *Animal Behaviour* 70: 819-828.

KARAVAS, N., GEORGHIOU, K., ARIANOUTSOU, M. y DIMOPOULOS, D. 2005. Vegetation and sand characteristics influencing nesting activity of *Caretta caretta* on Sekania beach. *Biological Conservation* 121 (2005): 177-188.

KIKUKAWA, A., KAMEZAKI, N. y OTA, H. 1999. Factors affecting nesting beach selection by loggerhead turtles (*Caretta caretta*): multiple regression approach. *Journal of Zoology, London* 249: 447-454.

KLERKX, J., DEUTSCH S. y DE PAEPE, P. 1974. Rubidium, strontium content and strontium isotopic composition of strongly alkalic basaltic rocks from the Cape Verde Islands. *Contributions to Mineralogy and Petrology*.45: 107–118.

KNUDSEN, M.F., ABRAHAMSEN, N. y RIISEGER, P. (2003). Paleomagnetic evidence from Cape Verde Island basalts for fully reversed excursions in the Brunhes Chron. *Earth and Planetary Science Letters* 206: 199-204.

KOMAR, P.D. 1976 *Beach processes and sedimentation*. Prentice-Hall, INC., Englewood Cliffs, New Jersey. 430 pp.

KRUMBEIN, W.C. 1934. Size frequency distribution of sediments. *Journal of sedimentary Research*. 4: 65-77.

LAMONT M.M. y CARTHY, R.R. 2007. Response of nesting sea turtles to barrier island dynamics. *Chelonian Conservation and Biology* 6(2): 206-212.

LARISA, A., BRAUN-MACNEILL, J., EPPERLY, S. y LOHMANN, K. J. 2003. Site fidelity and homing behavior in juvenile loggerhead sea turtles (*Caretta caretta*). *Marine Biology* 143: 211-220.

LEBUFF, C.R., JR. 1990. *The loggerhead turtle in the Eastern Gulf of Mexico*. Sanibel Island, Florida. 216 pp.

LESLIE, A.J., PENICKIZ, D.N., SPOTILA, J.R. y PALADINO, F.V. 1996. Leatherback turtle, *Dermochelys coriacea*, nesting and nest success at Tortuguero, Costa Rica. *Chelonian Conservation and Biology* 2: 159-168.

LIMPUS, C.J. 1973. Loggerhead turtles (*Caretta caretta*) in Australia: food sources while nesting. *Herpetologica* 29: 42-45.

LIMPUS, C.J. 1985. *A study of loggerhead sea turtle, Caretta caretta, in eastern Australia*. Ph. D. Dissertation, University of Queensland, St. Lucia, Queensland, Australia.

LÓPEZ-JURADO, L.F. y ANDREU, A.C. 1998. *Caretta caretta* (Linnaeus, 1758). *En SALVADOR, A. (ed.) Reptiles. Fauna ibérica vol. 10. p 44-56. Museo Nacional de Ciencias Naturales, CSIC, Madrid.*

LÓPEZ-JURADO, L.F., ÉVORA, C., CABRERA, I., CEJUDO, D. y ALFAMA, P. 1999. *Proposals for the Conservation of Marine Turtles on the Island of Boavista (Republic of Cabo Verde, Western Africa)*. Proceedings of the 19th Annual Symposium on Sea Turtle Conservation and Biology. South Padre Island, Texas (U.S.A.).

LÓPEZ-JURADO, L.F. 2007. Historical review of the archipelagos of Macaronesia and the marine turtles. LÓPEZ-JURADO, L.F. y LIRIA, A. (eds.). *Marine Turtles. Recovery of Extinct Populations*. p. 51-76. Monografía del Instituto Canario de Ciencias Marinas n.º 5. Instituto Canario de Ciencias Marinas. Taliarte, Telde.

MADARIAGA, B., DÍAZ-MERRY, A., DEL ORDI, D. LÓPEZ, O., BALLELL, L., ABELLA, E., GARCIA, M., BORRÀS, S., HERRAIZ, L., CEJUDO, D., VARO-CRUZ, N. y LÓPEZ-JURADO, L.F. 2003. Influence of tide variations on the emergences of *Caretta caretta* on the Island of Boavista (Cape Verde, West Africa) *En* SEMINOFF, J.A. (compiler) Proceedings of the Twenty-Second Annual Symposium on Sea Turtle Biology and Conservation. p. 17-18. NOAA Technical Memorandum NMFS-SEFSC-503.

MARCO, A., ABELLA, A., LÓPEZ, O., VARO, N., MARTINS, S., GAONA, P. SANZ, P. y LÓPEZ-JURADO, L.F. 2008. Massive capture of nesting females is severely threatening the caboverdian loggerhead population. Proceeding of the 28th Sea Turtle Symposium, Loreto, Baja California Sur, Mexico.

MATSUZAWA, Y. SATO, K. SAKAMOTO, W. y BJORN DAL, K.A. 2002. Seasonal fluctuations in sand temperature: effects on the incubation period and mortality of loggerhead sea turtle (*Caretta caretta*) pre-emergent hatchlings in Minabe, Japan. *Marine Biology* 140: 639-646.

MAZARIS, A.D., MATSINOS, YG. y MARGARITOU LIS, D. 2006. Nest site selection of loggerhead sea turtles: The case of the island of Zakynthos, W Greece. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*. 336: 157-162.

MC BRIDE, E.F. 1971. Mathematical treatment of size distribution data. *En* CARVER, R.E. (ed.) Procedures in sedimentary petrology. Willey Interscience. 653 pp.

MCCLENACHAN, L., JACKSON, J.B.C. y NEWMAN, M.J.H. 2006. Conservation implications of historic sea turtle nesting beach loss. *Frontiers in Ecology and the Environment* 4 (6): 290-296.

MCCULLAGH, P. y NELDER, J.A. 1989. Generalized Linear Models. London: Chapman & Hall/CRC. 532 pp.

MCNUTT, M. 1988 Thermal and mechanical properties of the Cape Verde Rise. *Journal of Geophysical Research* 93(B4): 2784-2794.

MILLER, J.D. 1997. Reproduction in sea turtle. *En* LUTZ, P.L. y MUSICK, J.A. (eds.) The Biology Sea Turtles. p. 51-80. Boca Raton, Florida. CRC Press.

MILLER, J.D., LIMPUS, C.J. y GODFREY M.H. 2003. Nest site selection, oviposition, eggs, development, hatching, and emergence of loggerhead turtles. *En* BOLTEN, A.B. y WITHERINGTON, B.E. (eds.) Loggerhead Sea Turtles. p. 125-143. Smithsonian Books. Washington D.C., USA.

MORREALE, S.J., RUIZ, G.J. y SPOTILA, J.R. 1982. Temperature dependent sex determination: current practices threaten conservation of sea turtles. *Science* 216: 1245-1247.

MORTIMER, J.A. 1982. Factors influencing beach selection by nesting sea turtles. *En* BJORN DAL, K.A. (ed.), Biology and Conservation of Sea Turtles. Revised Edition (1995) p. 43-52. Smithsonian. Institution Press, Washington, D.C., USA

MORTIMER, J.A. 1990. The influence of beach sand characteristics on nesting behaviour and clutch survival of green turtles (*Chelonia mydas*). *Copeia* 1990: 802-817.

MROSOVSKY, N. 1983. Ecology and nest-site selection of leatherback turtles *Dermochelys coriacea*. *Biological Conservation* 26: 45-56.

MROSOVSKY, N. 1994. Sex ratio of sea turtles. *Journal Experimental Zoology* 270: 16-27.

PACKARD, G. y PACKARD, M. 1988. Physiological ecology of reptilian eggs and embryos. *En* GANS, C. y HUY, R.B. (eds.) *Biology of the Reptilia*. Vol. 16, Ecology B. p. 523-605. Alan R. Liss, Press. New York.

PROVANCHA, J.A. y EHRHART, L.M. 1987. Sea turtle nesting trends at Kennedy Space Center and Cape Canaveral Air Force Station, Florida, and relationships with factors influencing nest site selection. *En* WITZELL, W.N. (ed.) *Ecology of East Florida Sea Turtles: Proceedings of the Cape Canaveral, Florida Sea Turtle Workshop*. Miami, Florida, 26–27 February 1985, pp. 33–44. NOAA Technical Report NMFS 53.

R DEVELOPMENT CORE TEAM. 2007. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Australia. ISBN 3-900051-07-0, URL <http://www.R-project.org>.

RESETARITS, W.J. JR. 1996. Ovoposition site choice and life history evolution. *American Zoologist* 36: 205-215.

SCHROEDER, B. y MURPHY, S. 1999. Population surveys (ground and aerial) on nesting beaches. *En* ECKERT, K.L., BJORNDALE, K.A., ABREU-GROBOIS, F.A. y DONNELLY, M. (eds.) *Research and Management Techniques for the Conservation of Sea Turtles*. p. 45-55. IUCN/SSC Marine Turtle Specialist Group Publication.

SCHROEDER, B.A., FOLEY, A.M. y BAGLEY, D.A. 2003. Nesting patterns, reproductive migrations, and adult foraging areas of loggerhead turtles. *En* BOLTEN, A.B. y WITHERINGTON, B.E. (eds.) *Loggerhead Sea Turtles*. p. 114-124. Smithsonian Books. Washington D.C., USA.

SERRALHEIRO, A., MATOS-ALVES, C.A., ROCHA-MACEDO, J. y CELESTINO-SILVA, L. 1974. Note préliminaire sur la géologie de l'île de Boa Vista (Cap-Vert). *Garcia de Orta, Ser. Geol.*, Lisboa, 1(3): 53-60.

SHINE, R. 1999. Why is sex determination by nest temperature in many reptiles? *Trends in Ecology and Evolution* 14: 186-189.

SHORT, A.D. 1999. Global variation in beach systems. *En* SHORT, A.D. (ed.) *Handbook of Beach and Shoreface Morphodynamics*. p. 21-35. John Wiley & sons, LTD.

SPENCER, R.J. y THOMPSON, M.B. 2003. The significance of predation in nest site selection of turtles: an experimental consideration of macro- and microhabitat preferences. *Oikos* 102: 592-600.

SPOTILA, J.R., STANDORA, E.A., MORREALE, S.J. y RUIZ, G.J. 1987. Temperature dependent sex determination in the green turtle (*Chelonia mydas*): Effect on the sex ratio on a natural nesting beach. *Herpetologica* 43:74-81.

STANCYK, S.E. y ROSS, J.P. 1978. An analysis of sand from green turtle nesting beaches on Ascension Island. *Copeia* 1978: 93-99.

STILLMAN, C.J.; FURNES, H.; LEBAS, M.J.; ROBERTSON, A.H.F.; ZIELONKA, J. 1982. The geological history of Maio, Cape Verde Islands. *Journal of the Geological Society, London* 139: 347-361.

TIWARI, M., BJORNDALE, A.B., BOLTEN, A.B. y BOLKER, B.M. 2005. Intraspecific application of the mid-domain effect model: Spatial and temporal nest distributions of Green Turtles, *Chelonia mydas*, at Tortuguero, Costa Rica. *Ecology Letters* 8: 918-924.

VARO, N., LÓPEZ, P., LÓPEZ, O., BALLELL, L., VÁZQUEZ, C., CEJUDO, D. y LÓPEZ-JURADO, L. F. 2005. Monitoring and Conservation of the Largest Loggerhead Turtle (*Caretta caretta*) nesting population in Africa: Successes and Challenges. *Proceedings of the*

25th Annual Symposium on Sea Turtle Biology and Conservation. Savannah, Georgia (USA).

VARO-CRUZ, N., LIRIA A., LÓPEZ-LÓPEZ, O. y LÓPEZ-JURADO, L.F. 2006. Manual para trabajos prácticos con tortugas marinas nidificantes en Cabo Verde. ISBN: 84 – 611 - 2207-0. 96 pp.

VARO-CRUZ, N., CEJUDO, D. y LÓPEZ-JURADO, L.F. 2007. Reproductive biology of the loggerhead turtle (*Caretta caretta* L. 1758) on the island of Boavista (Cape Verde, West Africa) *En* LÓPEZ-JURADO, L.F. y LIRIA, A. (eds.). Marine Turtles. Recovery of Extinct Populations. p. 125-144. Monografía del Instituto Canario de Ciencias Marinas no. 5. Instituto Canario de Ciencias Marinas. Taliarte, Telde.

WALLACE, B.P., SOTHERLAND, P.S., SPOTILA, J.R., REINA, R.D., FRANKS, B.F. y PALADINO, F.V. 2004. Biotic and abiotic factor affect the nest environment of embryonic leatherback turtles, *Dermochelys coriacea*. *Physiological and Biochemical Zoology* 77(3): 423-432.

WANG, H.-C. y CHEN, T.-H. 1999. Breeding biology of the green turtle, *Chelonia mydas*. (Reptilia: Cheloniidae) on Wan-an Island, Peng-Hu Archipelago, Taiwan. II. Nesting site selection. *Marine Biology* 133: 603-609.

WEISHAMPEL, J.F., BAGLEY, D.A., EHRHART, L.M. y RODENBECK, B.L. 2003. Spatiotemporal patterns of annual sea turtle nesting behaviours along an east-central Florida beach. *Biological Conservation* 110: 295-303.

WEISHAMPEL, J.F., BAGLEY, D.A. y EHRHART, L.M. 2006. Intra-annual loggerhead and green turtle spatial nesting patterns. *Southeastern Naturalist* 5(3): 453-462.

WHITE, R.S. 1989. Asthenospheric control on magmatism in the ocean basins. *En* SAUNDERS A.D. y NORRY M.J. (eds.) *Magmatism in the ocean basins*, vol 42. p. 17–27. Geological Society.

WHITMORE, C.P. y DUTTON, P.H. 1985. Infertility, embryonic mortality and nest-site selection in leatherback and green sea turtles in Suriname. *Biological Conservation* 34, 251-272.

WOOD, D.W. y BJORNDALE, K.A. 2000. Relation of temperature, moisture, salinity, and slope to nest site selection in loggerhead sea turtles. *Copeia* 2000 (1): 119-128.

YALÇM-ÖZDİLEK, Ş., ÖZDİLEK, H.G. y OZANER, F.S. 2007. Possible influence of beach sand characteristics on green turtle nesting activity on Samandağ beach, Turkey. *Journal of Coast Research* 23(6): 1379-1390.

YNTEMA, C.L. y MROSOVSKY, N. 1980. Sexual differentiation in hatchling loggerheads (*Caretta caretta*) incubated at different controlled temperatures. *Herpetologica* 36: 33-36.

YNTEMA, C.L. y MROSOVSKY, N. 1982. Critical periods and pivotal temperatures for sexual differentiation in loggerheads sea turtles. *Canadian Journal of Zoology* 60: 1012-1016.

ZBINDEN, J.A., MARGARITOU, D. y ARLETTAZ, R. 2006. Metabolic heating in Mediterranean Loggerhead sea turtle clutches. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 334: 151- 157.

ANEXO
LISTADO DE DATOS SEDIMENTOLÓGICOS

Grain size			Descriptive terminology		
Phi	mm/ μ m		Udden (1914) and Wentworth (1922)	Friedman and Sanders (1978)	GRADISTAT program
-11	2048	mm		Very large boulders	
-10	1024			Large boulders	Very large
-9	512		Cobbles	Medium boulders	Large
-8	256			Small boulders	Medium
-7	128			Large cobbles	Small
-6	64			Small cobbles	Very small
				Very coarse pebbles	Very coarse
-5	32		Pebbles	Coarse pebbles	Coarse
-4	16			Medium pebbles	Médium
-3	8			Fine pebbles	Fine
-2	4			Granules	Very fine pebbles
-1	2		Very coarse sand	Very coarse sand	Very coarse
0	1		Coarse sand	Coarse sand	Coarse
1	500	μ m	Medium sand	Medium sand	Médium
2	250		Fine sand	Fine sand	Fine
3	125		Very fine sand	Very fine sand	Very fine
4	63			Very coarse silt	Very coarse
5	31			Coarse silt	Coarse
6	16		Silt	Medium silt	Médium
7	8			Fine silt	Fine
8	4			Very fine silt	Very fine
9	2			Clay	Clay

Tabla 1.- Escala del tamaño de grano adoptada por el programa GRADISTAT, comparada con otras escalas anteriores Udden (1914), Wentworth (1922) y Friedman y Sanders (1978). Tomado de Blott y Pye (2001).

Campaña	ID	M _Z (ø)	σ_I (ø)	Sk _I (ø)	CO ₃ (%)	PC (%)	Z (cm)
1ª Campaña (29/07/2008)	M1	1,702	0,935	-0,364	98,793	18,761	0
	M2	1,159	0,678	0,117	100,570	10,757	0
	M3	0,863	0,661	0,138	100,941	17,672	0
	M4	1,337	0,495	-0,048	100,267	11,158	0
	M5-S	1,249	0,792	0,033	98,028	1,339	0
	M6-S	1,210	0,905	0,083	100,237	1,081	0
	M7-S	0,971	0,811	0,229	98,995	0,711	0
	M8-S	1,255	1,278	-0,298	98,211	0,902	0
	M9-S	1,506	1,080	-0,332	96,216	1,070	0
	M10-S	1,424	1,194	-0,346	95,719	1,021	0
	M11-S	1,867	0,763	-0,165	97,668	0,422	0
	M12-S	0,840	0,576	0,107	101,32	1,088	0
	M13-S	2,118	0,456	0,045	97,152	0,300	0
	M5-P	1,262	0,692	0,019	101,719	5,207	43
	M6-P	1,441	0,797	-0,197	100,101	2,773	45
	M7-P	1,293	0,706	-0,007	100,9	3,838	47
	M8-P	1,561	0,613	-0,062	100,357	5,023	50
	M9-P	1,819	0,448	-0,012	99,781	4,114	47
	M10-P	1,723	0,827	-0,200	97,19	3,677	46
	M11-P	1,727	0,933	-0,119	90,147	3,367	34
M12-P	1,181	0,663	0,141	102,551	6,642	45	
M13-P	1,741	0,808	-0,056	78,952	6,586	24	
2ª Campaña (12/9/2008)	M1	0,898	0,474	0,145	99,08	18,220	0
	M2	1,253	0,546	-0,114	100,219	17,556	0
	M3	-	-	-	-	-	-
	M4	-	-	-	-	-	-
	M5-S	1,049	0,768	0,150	99,722	1,266	0
	M6-S	0,928	0,729	0,144	102,825	1,422	0
	M7-S	1,177	0,820	0,167	100,811	0,765	0
	M8-S	1,284	0,614	0,019	99,729	4,108	0
	M9-S	1,242	0,991	-0,020	98,66	1,169	0
	M10-S	1,077	0,606	0,072	100,071	1,683	0
	M11-S	1,519	0,801	-0,100	98,43	0,628	0
	M12-S	1,009	0,432	0,109	101,643	4,144	0
	M13-S	1,875	0,694	-0,062	98,712	0,594	0
	M5-P	1,249	0,689	0,012	100,285	4,935	42
	M6-P	1,322	0,736	0,003	102,819	3,318	49
	M7-P	1,401	0,737	-0,008	103,304	3,297	48
	M8-P	1,548	0,755	-0,103	100,582	6,604	46
	M9-P	1,618	0,785	-0,218	99,216	4,598	46
	M10-P	1,666	0,913	-0,263	97,054	6,135	45
	M11-P	1,942	1,145	0,146	74,079	10,721	45
M12-P	1,108	0,556	0,032	100,634	5,238	54	
M13-P	1,536	0,908	-0,121	88,736	6,523	28	

Tabla 2.a.- Datos obtenidos para los parámetros granulométricos, contenido en carbonato, y contenido en agua. Indicando a que profundidad se tomaron.

Campaña	ID	M _Z (ø)	σ_I (ø)	Sk _I (ø)	CO ₃ (%)	PC (%)	Z (cm)
3ª Campaña (2/10/2008)	M1	1,084	0,594	0,009	104,286	18,038	0
	M2	0,807	0,719	0,129	101,804	12,328	0
	M3	1,266	0,634	0,017	99,797	19,798	0
	M4	0,625	0,356	-0,177	95,472	16,796	0
	M5-S	1,059	0,769	0,074	98,559	2,855	0
	M6-S	1,266	0,715	0,000	98,218	2,218	0
	M7-S	0,983	0,594	0,094	103,441	1,112	0
	M8-S	1,275	0,689	0,028	99,579	1,547	0
	M9-S	1,225	1,056	-0,048	99,684	1,395	0
	M10-S	1,373	0,852	-0,032	95,227	1,665	0
	M11-S	1,695	0,882	-0,251	92,761	1,703	0
	M12-S	0,951	0,490	0,063	101,282	4,304	0
	M13-S	1,872	0,714	-0,147	92,841	1,834	0
	M5-P	1,197	0,695	0,034	97,288	6,008	42
	M6-P	1,387	0,714	-0,121	102,416	3,391	46
	M7-P	1,329	0,768	-0,012	102,342	3,116	46
	M8-P	1,477	0,976	-0,222	99,205	5,022	46
	M9-P	1,831	0,634	-0,194	102,226	4,954	45
	M10-P	1,651	0,883	-0,134	99,085	4,999	46
	M11-P	1,662	0,842	-0,190	91,288	4,257	45
	M12-P	1,121	0,568	-0,007	99,22	5,240	45
	M13-P	1,747	0,804	-0,032	85,653	4,807	22

Tabla 2.b.- Datos obtenidos para los parámetros granulométricos, contenido en carbonato, y contenido en agua. Indicando a que profundidad se tomaron.

Campaña	ID	P. ANTES (cm)	P. DESPUES (cm)	P. MEDIA (cm)
1ª Campaña (29/07/2008)	M1	7,4	14,8	7,4
	M2	10,6	23,2	12,6
	M3	12,2	26,8	14,6
	M4	12	27,8	15,8
	M5-S	10,6	36,4	25,8
	M6-S	13,2	30,4	17,2
	M7-S	12,6	32,8	20,2
	M8-S	17,4	46,8	29,4
	M9-S	9,4	26	16,6
	M10-S	14,2	29	14,8
	M11-S	10	22,2	12,2
	M12-S	15,8	50	>34,2
	M13-S	13,6	26,4	12,8
2ª Campaña (12/9/2008)	M1	12,4	23,2	10,8
	M2	15,4	27,6	12,2
	M3	-	-	-
	M4	-	-	-
	M5-S	16,6	36	19,4
	M6-S	12,4	28,8	16,4
	M7-S	20,8	36	15,2
	M8-S	14,8	41,8	27
	M9-S	17,8	33,4	15,6
	M10-S	13,4	23,2	9,8
	M11-S	13,2	23,2	10
	M12-S	36,6	50	>13,4
	M13-S	10,6	24,8	14,2
3ª Campaña (2/10/2008)	M1	12,4	22,8	10,4
	M2	11,6	20,4	8,8
	M3	19	34	15
	M4	22,4	32,8	10,4
	M5-S	13,8	38,6	24,8
	M6-S	21,8	36,4	14,6
	M7-S	22,2	37,4	15,2
	M8-S	20,4	43,6	23,2
	M9-S	16,4	35,6	19,2
	M10-S	40,8	50	>9,2
	M11-S	13,2	25,4	12,2
	M12-S	38	50	>12
	M13-S	15,4	25,8	10,4

Tabla 3.- Datos de porosidad medidos en cm. que se hunde la barra de medir al liberar el peso. Los valores sombreados pueden que no sean ciertos, puesto que la barra se enterró hasta el tope y por lo tanto no podemos saber si podía hundirse más.