

# NUEVAS APORTACIONES AL CONOCIMIENTO DE LOS MOVIMIENTOS MIGRATORIOS DE LA TORTUGA BOBA (*CARETTA CARETTA*) A TRAVÉS DEL ESTRECHO DE GIBRALTAR A PARTIR DE LA INFORMACIÓN RECOPIADA EN VARAMIENTOS

*J. J. Bellido López / J. J. Castillo Martín / J. J. Martín Jaime / J. L. Mons Checa*

Centro de Recuperación de Especies Amenazadas, Málaga

## INTRODUCCIÓN

El litoral andaluz se caracteriza por formar parte de la zona de encuentro entre el mar Mediterráneo y el océano Atlántico. La frontera geográfica entre ambas masas de agua se establece en el estrecho de Gibraltar, aunque la influencia del Atlántico sobre las características físico-químicas del Mediterráneo se percibe muchos kilómetros al este del Estrecho. La franja marítima de Andalucía no es una entidad homogénea, sino que está separada en varias fracciones con características propias y distinguibles entre sí. Así, la costa de Andalucía se puede dividir en tres zonas principales en función de las aguas que la bañan: la vertiente atlántica de Huelva y Cádiz; la zona de transición denominada costa peninsular del mar de Alborán, que comprende parte de Cádiz, Málaga, Granada y parte de Almería (hasta la capital), y el levante de Almería, que ya es una zona típicamente Mediterránea (Rodríguez, 1982).

Asimismo, el estrecho de Gibraltar también se considera una frontera biogeográfica que limita la región mediterránea de la región lusitana, ambas comprendidas en la provincia biogeográfica atlanto-mediterránea (Casanova, 1977). Cabe destacar la especial importancia del mar de Alborán, pues es aquí donde se establece el límite de distribución para las especies estrictamente atlánticas y mediterráneas, como es el caso, por ejemplo, de la *Posidonia oceánica*, que es un endemismo mediterráneo cuyas poblaciones no llegan más allá del estrecho de Gibraltar (Moreno *et al.*, 2004).

Entre los reptiles marinos, la tortuga boba (*Caretta caretta*) es la especie de quelonio más frecuente en el litoral andaluz, representando el 90% de los casos de varamientos de tortugas marinas en la costa de Andalucía (CREMA, 2004). Aún no se conoce con detalle el uso que esta especie hace de la costa de Andalucía, aunque los estudios existentes hasta la fecha apuntan a que es lugar de paso hacia zonas de forrajeo en el mediterráneo interior y de salida hacia las zonas de puesta del oeste Atlántico

(Camiñas y De la Serna, 1995). El estudio del registro de varamientos del Centro de Recuperación de Especies Marinas Amenazadas (CREMA) muestra que los varamientos de tortuga boba se producen en todo el litoral andaluz y en todas las épocas del año, aunque con importantes diferencias entre las distintas estaciones del año y zonas costeras (CREMA, 2004).

El presente estudio se centra en los datos obtenidos en el entorno del estrecho de Gibraltar, presentando los resultados de los registros obtenidos en las provincias de Málaga y Cádiz, que son las provincias de Andalucía más afectadas por la influencia del estrecho de Gibraltar.

## **METODOLOGÍA**

Para la realización del presente estudio se ha dividido el litoral de las provincias de Cádiz y Málaga en varias zonas en función de diversas características como la orientación y el tipo de litoral. Así, en Cádiz se han establecido cuatro zonas: CA1 que comprende todo el entorno de la bahía de Cádiz; entre Chiclana y Tarifa, que es una zona de similar orientación y tipo de playas, se han establecido dos zonas, CA2 y CA3, fijando la separación en Barbate, punto donde se produce un leve cambio en la orientación de la costa. Finalmente la parte mediterránea de Cádiz ha sido denominada como CA4. La provincia de Málaga se ha dividido en tres zonas, MA1, MA2 y MA3, en función de los cambios de orientación del litoral.

### ***Cádiz***

CA1: Sanlúcar de Barrameda-San Fernando.

CA2: Chiclana-Vejer de la Frontera.

CA3: Barbate-Tarifa.

CA4: Algeciras-San Roque.

### ***Málaga***

MA1: Manilva-Marbella.

MA2: Mijas-Málaga.

MA3: Rincón de la Victoria-Nerja.

La distribución final de las diferentes zonas se refleja en la figura 1.

La diversidad física del litoral andaluz, que ha permitido establecer esta zonificación del mismo, y la existencia de diferencias geográficas en la distribución de los varamientos, nos ha llevado a plantear la hipótesis de que pueden existir diferencias en la tasa de varamientos de tortuga boba en cada una de las zonas establecidas.

Para el presente estudio se han seleccionado un total de 533 varamientos de tortuga boba registrados en las costas de Cádiz y Málaga entre los años 1995 y 2004. Se han elaborado tablas en la que se reflejan el número de varamientos registrados en cada una de las zonas establecidas, diferenciando entre varamientos de ejemplares muertos y varamientos de ejemplares vivos.

Una vez que se han establecido las diferentes divisiones del litoral y se ha determinado el número de varamientos de ejemplares vivos y muertos en cada una de ellas, se ha realizado un estudio comparativo mediante el uso del método estadístico de la  $\chi^2$  (chi cuadrado). Este test permite determinar si un fenómeno observado, en este caso los varamientos de tortuga boba a lo largo del litoral andaluz, difiere estadísticamente o no de lo esperado por el azar a partir de la siguiente expresión matemática:

$$\chi^2 = \sum \frac{(\text{Observado} - \text{Esperado})^2}{\text{Esperado}}$$

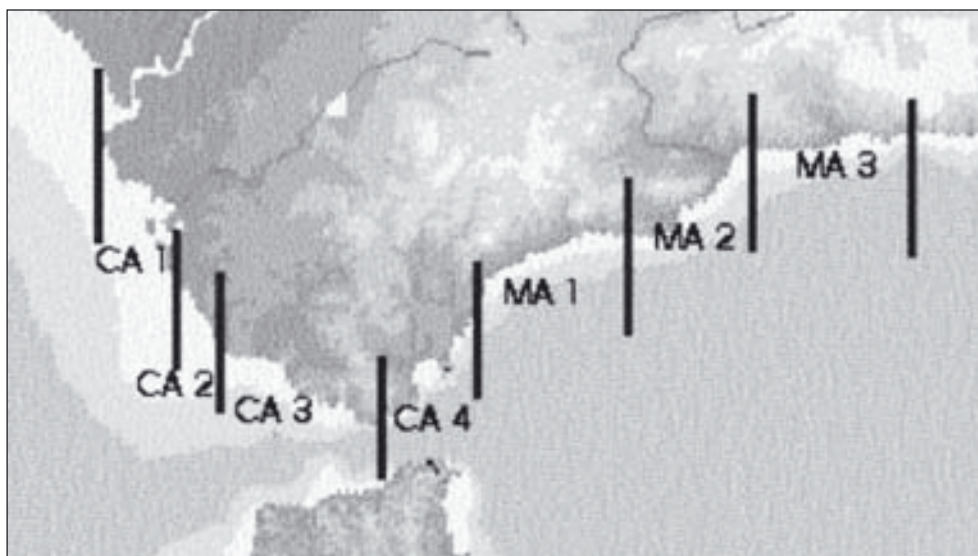


Figura 1. Representación sobre el mapa de Andalucía de las siete zonas costeras establecidas en las provincias de Cádiz y Málaga.

Utilizando este método comparativo se han cotejado las zonas establecidas en las dos provincias entre sí, con objeto de determinar la existencia de diferencias significativas en la distribución de los varamientos de ejemplares vivos y muertos.

A continuación se describe cómo se han obtenido los datos esperados para la realización de la prueba, considerando dos grandes zonas en el área de estudio, la vertiente atlántica (litoral atlántico) y la mediterránea (mar de Alborán). En primer lugar se ha obtenido la proporción de varamientos vivos y muertos para toda la zona estudiada dividiendo de forma independiente el total de varamientos vivos (TV) y muertos (TM) por el total de varamientos (TT) (ver tabla 3). Los valores esperados para vivos y muertos en cada vertiente se han generado multiplicando la proporción de vivos (P1) y muertos (P2) por el número total de tortugas varadas en cada vertiente.

Finalmente, se ha elaborado una tabla en la que se presenta el total de varamientos por zona y la época del año en el que se han producido.

## RESULTADOS

A priori, se pueden observar importantes diferencias en la distribución longitudinal de los varamientos. La vertiente atlántica acumula mayor número de varamientos totales, aunque con una baja incidencia de ejemplares vivos. Sin embargo, en la zona de Alborán se produce menor número de varamientos totales pero con mayor incidencia de ejemplares vivos.

En la tabla 1 se presentan los varamientos producidos en las siete zonas establecidas en el área de estudio diferenciando entre los casos vivos y muertos.

|              |              |              |              |              |              |              |              |
|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| <b>CA1 V</b> | <b>CA1 M</b> | <b>CA2 V</b> | <b>CA2 M</b> | <b>CA3 V</b> | <b>CA3 M</b> | <b>CA4 V</b> | <b>CA4 M</b> |
| 34           | 103          | 7            | 31           | 19           | 73           | 30           | 20           |
|              | <b>MA1 V</b> | <b>MA1 M</b> | <b>MA2 V</b> | <b>MA2 M</b> | <b>MA3 V</b> | <b>MA3 M</b> |              |
|              | 31           | 26           | 60           | 56           | 25           | 18           |              |

Tabla 1. Distribución de los varamientos de tortuga boba en las siete zonas establecidas en las provincias de Cádiz y Málaga. V: vivos, M: muertos.

En la figura 2 se muestra el número total de tortugas bobas, así como los ejemplares vivos y muertos, que se han encontrado varados en cada una de las siete zonas consideradas para este estudio.

Las siete zonas establecidas en el área de estudio se pueden agrupar en dos zonas geográficas claramente definidas: el litoral atlántico y el mar de Alborán. Cada una de ellas estaría integrada por las siguientes zonas:

Litoral atlántico: CA1, CA2 y CA3.

Mar de Alborán: CA4, MA1, MA2, MA3.

La distribución de los varamientos, diferenciando entre ejemplares vivos y muertos, en cada una de estas dos zonas geográficas se muestra en la tabla 2.

| Atlántico V | Atlántico M | Alborán V | Alborán M |
|-------------|-------------|-----------|-----------|
| 60          | 207         | 146       | 120       |

**Tabla 2.** Distribución de los varamientos de tortuga boba en las dos grandes zonas geográficas del área de estudio. V: vivos, M: muertos.

Con la información contenida en la tabla 2 se han obtenido los parámetros necesarios para la realización del test de la  $\chi^2$  (chi cuadrado) (tabla 3) y así, poder comparar las diferencias en la distribución de ejemplares vivos y muertos entre la vertiente atlántica (litoral atlántico) y la mediterránea (mar de Alborán).

|                                     | Vivos Atl | Vivos Alb | Total Vivos (TV)  | Muertas Atl | Muertas Alb | Total Muertas (TM) | Total Tortugas Atlántico | Total Tortugas Mediterráneo | Total Tortugas (TT) |
|-------------------------------------|-----------|-----------|-------------------|-------------|-------------|--------------------|--------------------------|-----------------------------|---------------------|
| <b>Observado</b>                    | 60        | 146       | 206               | 207         | 120         | 327                | 267                      | 266                         | 533                 |
| <b>Proporciones</b>                 |           |           | TV/TT<br>P1: 0,39 |             |             | TM/TT<br>P2: 0,61  |                          |                             |                     |
| <b>Generación valores esperados</b> | P1*267    | P1*266    |                   |             | P2*267      | P2*266             |                          |                             |                     |
| <b>Esperado</b>                     | 103.2     | 102.8     |                   |             | 163.8       | 163.2              |                          |                             |                     |

**Tabla 3.** Método de obtención de los parámetros necesarios para la realización de la prueba  $\chi^2$ .  
TV= Total Vivos. TM= Total muertas. TT: Total tortugas. P1 y P2= proporciones.

Los resultados obtenidos en la prueba  $\chi^2$  al comparar los varamientos producidos en la vertiente atlántica y la vertiente mediterránea (tabla 4) ponen de manifiesto que existen diferencias estadísticamente significativas. Concretamente, existe una confianza superior al 99% de que las diferencias observadas no se deban al azar. Ello implica que en la vertiente atlántica varan más ejemplares muertos de lo que cabría esperar por azar. Sin embargo, en la vertiente mediterránea del área de estudio ocurre lo contrario, es decir, varan más ejemplares vivos de los esperados por azar. En la figura 2 se aprecia cómo en todas las zonas atlánticas los varamientos muertos son superiores a los vivos, mientras que en la vertiente mediterránea la tendencia, en la mayor parte de las zonas, es a registrar más varamientos vivos que muertos.

|                                    | grados de libertad | $\chi^2$ | Significación |
|------------------------------------|--------------------|----------|---------------|
| Litoral atlántico/ litoral Alborán | 3                  | 59.01    | P < 0.01      |

**Tabla 4.** Resultados de la  $\chi^2$  al comparar los varamientos de las vertientes atlántica y mediterránea.

Finalmente se ha diseñado una tabla en la que los varamientos se agrupan por la zona y la época del año en que se han producido (tabla 5).

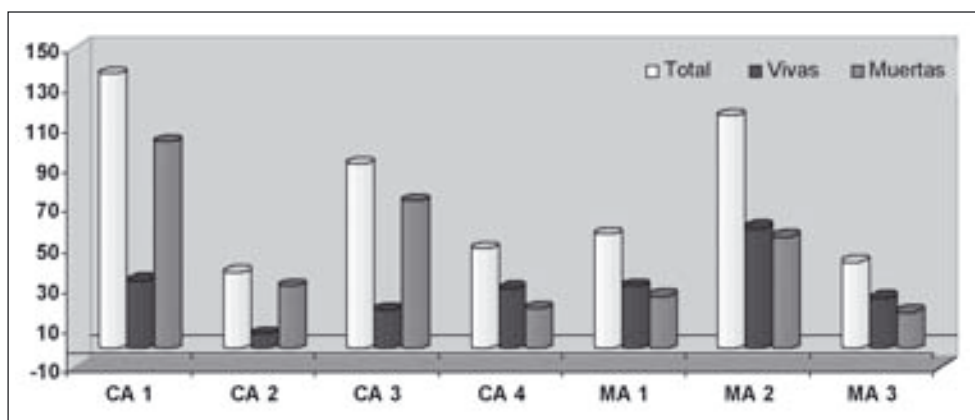


Figura 2. Representación gráfica por zona de los varamientos de ejemplares vivos y muertos, así como de los totales.

| QUINCENA             | CA 1 | CA 2 | CA 3 | CA 4 | MA 1 | MA 2 | MA 3 |
|----------------------|------|------|------|------|------|------|------|
| Q 1 (1-1 / 14-1)     | 3    | 0    | 4    | 4    | 0    | 6    | 0    |
| Q 2 (15-1 / 28-1)    | 1    | 0    | 2    | 4    | 0    | 0    | 1    |
| Q 3 (29-1 / 11-2)    | 3    | 0    | 2    | 1    | 2    | 2    | 0    |
| Q 4 (12-2 / 25-2)    | 4    | 0    | 3    | 1    | 5    | 5    | 0    |
| Q 5 (26-2 / 11-3)    | 8    | 2    | 1    | 1    | 0    | 3    | 2    |
| Q 6 (12-3 / 25-3)    | 4    | 1    | 4    | 2    | 4    | 5    | 2    |
| Q 7 (26-3 / 8-4)     | 2    | 3    | 1    | 1    | 0    | 5    | 0    |
| Q 8 (9-4 / 22-4)     | 3    | 4    | 0    | 1    | 2    | 3    | 0    |
| Q 9 (23-4 / 6-5)     | 6    | 0    | 3    | 0    | 1    | 6    | 1    |
| Q 10 (7-5 / 20-5)    | 7    | 1    | 14   | 2    | 4    | 3    | 1    |
| Q 11 (21-5 / 3-6)    | 13   | 7    | 7    | 1    | 1    | 7    | 3    |
| Q 12 (4-6 / 17-6)    | 10   | 0    | 5    | 0    | 3    | 6    | 3    |
| Q 13 (18-6 / 1-7)    | 7    | 3    | 6    | 3    | 2    | 7    | 3    |
| Q 14 (2-7 / 15-7)    | 9    | 5    | 7    | 1    | 3    | 7    | 6    |
| Q 15 (16-7 / 29-7)   | 3    | 0    | 10   | 3    | 5    | 12   | 7    |
| Q 16 (30-7 / 11-8)   | 12   | 1    | 8    | 6    | 4    | 12   | 5    |
| Q 17 (12-8 / 25-8)   | 12   | 3    | 3    | 1    | 5    | 7    | 3    |
| Q 18 (26-8 / 9-9)    | 8    | 1    | 6    | 2    | 3    | 5    | 1    |
| Q 19 (10-9 / 23-9)   | 7    | 0    | 1    | 5    | 8    | 4    | 3    |
| Q 20 (24-9 / 7-10)   | 4    | 1    | 0    | 0    | 1    | 1    | 0    |
| Q 21 (8-10 / 21-10)  | 9    | 1    | 1    | 1    | 0    | 1    | 0    |
| Q 22 (22-10 / 4-11)  | 3    | 0    | 1    | 2    | 0    | 3    | 2    |
| Q 23 (5-11 / 18-11)  | 3    | 0    | 0    | 0    | 0    | 2    | 0    |
| Q 24 (19-11 / 2-12)  | 2    | 0    | 2    | 0    | 1    | 0    | 0    |
| Q 25 (3-12 / 16-12)  | 2    | 1    | 0    | 2    | 1    | 1    | 1    |
| Q 26 (17-12 / 31-12) | 0    | 2    | 1    | 2    | 2    | 0    | 0    |

Tabla 5. Varamientos totales por zonas y quincena del año en la que se han producido. En negrita aparecen reflejados los valores máximos.

## DISCUSIÓN

La tortuga boba es una especie de marcado carácter migratorio, especialmente en su etapa juvenil, que es el momento en el que realiza los desplazamientos de mayor envergadura. Así, en esta etapa abandona su playa de nacimiento y vaga por aguas libres hasta que alcanza el estado subadulto, pudiendo recorrer miles de kilómetros. De esta forma, tortugas nacidas en las costas de Florida pueden llegar a la cuenca mediterránea. Una vez alcanzada la madurez sexual, las tortugas retornan a sus áreas de puesta y los movimientos migratorios posteriores no son tan extensos, quedando reducidos desde la zona de puesta a la de forrajeo y viceversa (Musick y Limpus, 1997).

En el curso de estos movimientos numerosos ejemplares entran y salen del mar Mediterráneo a través del estrecho de Gibraltar, pasando frente a las costas de Andalucía (Camiñas y De la Serna, 1995). En la cuenca occidental mediterránea se localiza un área de forrajeo utilizada tanto por tortugas de origen atlántico como mediterráneo (Margaritoulis *et al.*, 2003).

Una parte de estos ejemplares que transitan frente a las costas de Andalucía sufren diversos accidentes que provocan que terminen varando en el litoral, vivos o muertos y, en este último caso, en distintos estados de descomposición. Los varamientos producidos en la costa de Andalucía son registrados y almacenados por el CREMA, lo que ha dado lugar a una completa base de datos sobre los mismos (CREMA, 2004). La tasa de varamientos no es constante para toda la línea del litoral, sino que existen variaciones longitudinales, que pueden estar afectadas por distintos factores como son las fluctuaciones en el esfuerzo pesquero, la disposición de las corrientes o los temporales. Por estos motivos, aunque no sea una tarea sencilla, los análisis comparativos de la información recogida durante los varamientos nos permite diferenciar zonas que se caracterizan por un determinado ritmo y tipología de varamientos e inferir así un posible patrón de varamientos de tortuga boba en el litoral andaluz.

Los resultados obtenidos muestran que existen importantes diferencias en el comportamiento de los varamientos de tortuga boba en ambos lados del estrecho de Gibraltar. Así, mientras que en la vertiente atlántica existe un claro predominio de varamientos muertos sobre los vivos, en la vertiente mediterránea el comportamiento es el contrario, se registra mayor número de ejemplares vivos que muertos (tabla 2). Este hecho tiene una base estadística sólida según los resultados obtenidos en el test de la  $\chi^2$  (tabla 4), que pone de manifiesto la existencia de diferencias significativas en el comportamiento de la tasa de varamientos en ambas zonas.

En la figura 2 se observa como en la vertiente atlántica las diferencias entre ejemplares muertos y vivos son muy grandes en todas las zonas consideradas, mientras que en la vertiente mediterránea las diferencias son ligeramente favorables hacia los animales vivos en todas las zonas establecidas.

Esta distribución nos sugiere que el mar de Alborán, situado entre el estrecho de Gibraltar y el frente Almería-Orán (este último se puede considerar ya como la puerta al Mediterráneo abierto) funciona como un corredor para las tortugas, concentrando el número máximo de ejemplares, pues todas las tortugas están obligadas a pasar por ahí para entrar o salir del mediterráneo. Esto se reflejaría en la alta incidencia de varamientos de ejemplares vivos, pues a diferencia de otras áreas, la estrechez de la franja marítima facilitaría que las tortugas alcanzaran la costa vivas o en buen estado de conservación.

Las áreas adyacentes al mar de Alborán participan también de este flujo de tortugas, pero en menor medida, pues al ser zonas más abiertas se reduce la concentración de animales, lo que se refleja en la cantidad total de varamientos vivos.

También hay que señalar el papel que juega el litoral atlántico de Cádiz como costa de depósito, al constituir la zona donde acaban muchos de los ejemplares muertos durante su travesía por el océano Atlántico. Este hecho explicaría la alta incidencia de ejemplares varados muertos. Un aspecto a tener en cuenta es el hecho de que este efecto depósito sobre CA3

(y sobre CA1 y CA2) apenas afecta a los varamientos vivos, pues existe una importante diferencia entre ambos tipos de varamientos a favor de los ejemplares muertos (figura 2). Parece que las tortugas vivas, mientras que conservan una mínima capacidad de movimiento dirigido, no tienden a varar en esta zona. Sin embargo una vez dentro de Alborán la incidencia de ejemplares vivos se eleva de manera patente. Es muy posible que las tortugas vivas busquen la corriente de agua atlántica que penetra en el mar Mediterráneo, y sigan el curso de esta hacia el interior. Por el contrario los ejemplares que derivan muertos no podrían mantenerse en esta corriente y terminarían por varar en las costas de Cádiz o bien, perdidos en el interior del mar Mediterráneo.

En la tabla 5 se constata cómo la presencia de varamientos en las costas del estrecho de Gibraltar y zonas adyacentes es constante a lo largo del año, lo que muestra una presencia continua de ejemplares de tortugas. Sin embargo se observa que hay importantes variaciones a lo largo del año, con máximos entre los meses de mayo y septiembre, siendo estos, a priori, los meses de máxima actividad de tortugas marinas frente al litoral andaluz.

Una vez más, se hace patente la enorme importancia que tiene el estrecho de Gibraltar como corredor natural para el tránsito de especies entre las cuencas mediterránea y atlántica.

#### BIBLIOGRAFÍA

- BOLTEN A.B. Y B.E. WitheringtonI. (editores). *Loggerhead Sea Turtles*. Smithsonian Institution Press. Washington D.C. 2003.
- CAMIÑAS J.A. Y J.M. De la Serna. The loggerhead distribution in the western Mediterranean Sea as deduced from captures by the Spanish long line fishery. *Scientia Herpetologica* 1995: pp. 316-323
- CASANOVA, J.P. *La faune pélagique profonde (zooplancton et micronecton) de la province atlanto-méditerranéenne*. Thèse Doct. Sciences Naturelles, Universidad de Provence. 1977.
- CENTRO DE RECUPERACIÓN DE ESPECIES MARINAS AMENAZADAS, (CREMA). *Memoria anual 2004 de la consultoría y asistencia para la realización y evaluación de un estudio sobre la migración y el estado sanitario de las tortugas marinas en el litoral andaluz*. Consejería de Medio Ambiente, Junta de Andalucía. 2004.
- LUTZ P. L. y J.A. Musick. (editores) *The Biology of Sea Turtle. Vol I*. CRC Press. 1997.
- LUTZ P. L., J.A. Musick y J. Wyneken. (editores) *The Biology of Sea Turtle. Vol II*. CRC Press. 1997.
- MARGARITOUS D., R. Argano, I. Baram, F. Bentivegna, M.N. Bradai, J.A. Camiñas, P. Casale, G. De Metrio, D.G. Gerosa, B.J. Godley, D.A. Haddoud, J. Houghton, L. Laurent Y B. Lazar. Loggerhead turtles in the Mediterranean sea. En: *Loggerhead sea turtles*, ed. BOLTEN A.B. y WITHERINGTON B.E. Florida, USA. 2003.
- MORENO, D., A. Luque, y J. Templado. Las praderas de *Posidonia oceánica*. Distribución en Andalucía. En: *Praderas y Bosques Marinos de Andalucía*. LUQUE A. Y TEMPLADO J. Consejería de Medio Ambiente, Junta de Andalucía. 2004.
- RODRÍGUEZ, J. *Oceanografía del Mar Mediterráneo*. Ed. Pirámide. 1982.
- SOKAL, R.R. y F.J. Rohlf. *Introducción a la Bioestadística*. Ed. Reverté. 1984.

