

Efectos de los cambios interanuales en las masas de agua sobre la comunidad de larvas de peces en el estrecho de Gibraltar y la zona noroeste del mar de Alborán (frontera atlántico-mediterránea)

J. P. Rubín ¹, P. Mafalda Jr. ² y C. Sampaio de Souza ²

¹ Centro Oceanográfico de Málaga. Instituto Español de Oceanografía. Apdo. 285. Muelle Pesquero, s/n. E-29640 Fuengirola (Málaga), España. Correo electrónico: jprubin@ma.ieo.es

² Instituto de Biología. Universidade Federal da Bahia. 40210-020. Salvador de Bahía, Brasil. Correos electrónicos: pomafa@ufba.br; chsampaio@ig.com.br

Recibido en julio 2004. Aceptado en septiembre de 2006.

RESUMEN

En el transcurso de las campañas oceanográficas estivales Ictio.Alborán (1991-1997), la zona evaluada experimentó cambios drásticos en las masas de agua presentes durante los años centrales de las mismas (1993 y 1994). Analizamos para ambos años las relaciones entre esos cambios y el ictioplancton larvario ocupante. Con respecto a las estaciones, los resultados muestran notorias sustituciones interanuales, tanto en el taxón dominante (variación en el 74 % de las estaciones) como en la masa de agua (58 %). A escala global, también los dendrogramas reflejan cambios espacio-temporales en las comunidades larvianas neríticas y oceánicas, y muestran zonaciones horizontales diferentes: partición latitudinal en 1993 y longitudinal en 1994. Estos resultados confirman cómo, en la regulación de la estructura y la diversidad de las asociaciones larvianas, los cambios en la hidrodinámica local potencian el efecto de la variabilidad termohalina.

Palabras clave: Ictioplancton, distribución espacio-temporal, larvas de peces, mar de Alborán, estrecho de Gibraltar, masas de agua, verano, julio.

ABSTRACT

Effects of interannual water-mass changes in the community of fish larvae in the Straits of Gibraltar and the northwest Alboran Sea (Atlantic-Mediterranean transition zone)

During the summer Ictio.Alboran surveys (1991-1997), drastic changes in the water masses present in the zone were detected in 1993 and 1994. The present paper analyses the relationships between these changes and larval ichthyoplankton during those years. At the station level, pronounced interannual substitutions were detected in the dominant taxa (74 % variability) and water masses (58 %). On a global level, the clusters also reflect time-space changes in both larvae communities (neritic/oceanic), with a differing horizontal zonation: latitudinal partitioning in 1993 and longitudinal partitioning in 1994. These results confirm how, in regulating the structure and the diversity of larval associations, changes in the local hydrodynamics boost the effect of thermohaline variability.

Keywords: Ichthyoplankton, time-space distribution, fish larvae, Alboran Sea, Strait of Gibraltar, water masses, summer, July.

INTRODUCCIÓN

El estrecho de Gibraltar es una encrucijada de vientos y de corrientes marinas que comunica el Atlántico con el Mediterráneo propiamente dicho. Las aguas oceánicas en el noroeste del mar de Alborán se caracterizan por la presencia del chorro de agua atlántica (AA) entrante y el límite norte de un remolino anticiclónico, con un intenso frente asociado al borde septentrional, y la existencia de zonas de divergencia. Para éstas se han propuesto varios mecanismos de afloramiento (Sarhan *et al.*, 2000) y se han encontrado diferencias en la naturaleza del agua aflorada: surgencias de aguas mediterráneas en el talud (Ballester y Zavatti, 1983) y de aguas atlánticas subsuperficiales (Gil, 1985; Rubín *et al.*, 1992). La referida corriente AA tiene la consideración de motor de toda la dinámica del área, aportando nutrientes (Minas, Coste y Minas, 1984; Rubín *et al.*, 1992; Gil y Gomis, 1994; Gómez *et al.*, 2000) y transportando ictioplancton proveniente del área atlántica (Rubín, Gil y Molina, 1992; Rubín *et al.*, 1992). Las variaciones diarias de presión atmosférica influyen en la variabilidad del flujo del AA a través del Estrecho (Candela, Winant y Bryden, 1989; García Lafuente *et al.*, 1998), y los cambios notables en su velocidad afectan considerablemente a la amplitud y la localización del citado giro anticiclónico (Cheney y Doblar, 1982; García Lafuente *et al.*, 1998; Parada y Cantón, 1998).

De todas formas, la influencia directa del AA sobre la zona noroeste de Alborán generalmente solo afecta hasta el talud, pues en la plataforma y en el sector más nerítico las corrientes locales están regidas principalmente por el viento (Cano y García Lafuente, 1991). En función de la estructura de la marea, la plataforma de esta zona ha sido subdividida en dos sectores –a la altura de Fuengirola (Málaga) (4° 35' O)–, existiendo en el más cercano al Estrecho una notable marea baroclínica, cuya intensidad y propagación están determinadas por el chorro AA y el frente asociado (García Lafuente y Cano, 1994).

Las cambiantes particularidades hidrológicas descritas provocan una gran variabilidad temporal en las condiciones medioambientales y suelen ser responsables de altas concentraciones de pigmentos fotosintéticos en verano (Arias, 1975; Cortés, Gil y García, 1985; Minas *et al.*, 1983), una elevada producción biológica local (Camiñas, 1983; Rodríguez *et al.*, 1994a,b; Rubín *et al.*, 1994, 1997b;

Gómez *et al.*, 2000) y notorias diferencias en las comunidades zooplanctónicas de la zona de divergencia (Rodríguez, García y Rodríguez, 1982). Particularmente, en el referido frente oceánico se han detectado acumulaciones simultáneas de ictioplancton y fitoplancton, nutrientes (nitratos) y partículas de pequeño tamaño (20-50 μm) (Rubín *et al.*, 1992).

Por otro lado, entre la plataforma y el mar abierto se detectaron intercambios de ictioplancton en ambas direcciones, fenómeno favorecido por la estrechez de la plataforma continental en el mar de Alborán (Rubín *et al.*, 1997b). En el presente trabajo se pretende avanzar en la comprensión del citado proceso, estudiando principalmente la influencia de las masas de agua sobre la composición y la distribución de las larvas de peces (de especies costeras y oceánicas) en el área delimitada aproximadamente por las localidades de Tarifa (Cádiz) y Torre del Mar (Málaga).

MATERIAL Y MÉTODOS

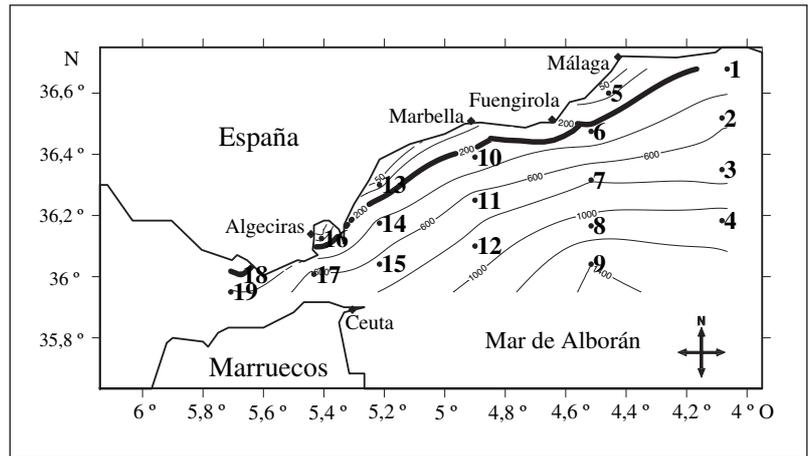
El material de estudio procede de las campañas estivales Ictio.Alborán del Instituto Español de Oceanografía (IEO), realizadas con el B. O. *Francisco de Paula Navarro* en julio de 1993 y julio de 1994. Concretamente, el muestreo de las 15 estaciones del sector Málaga-Estrecho fue más sinóptico en ambos años (5-11 de julio) que el de las cuatro emplazadas en el radial más oriental (4 de julio, 1993/17 de julio, 1994).

Todos los muestreos fueron diurnos. Se empleó una batisonda-CTD Sea-Bird® SBE25 para la caracterización hidrográfica de las estaciones de muestreo, desde la superficie hasta 500 m de profundidad.

Los arrastres planctónicos fueron del tipo doble-oblicuo desde la superficie hasta los 100 m, con una red modelo Bongo 40 dotada de dos flujómetros General Oceanics 2030R y un profundímetro Mega Sport® 140LM. Las muestras se conservaron en formol al 4 %, previamente tamponado con bórax (borato de sodio). Las capturas de la malla de 335 μm se emplearon para la identificación taxonómica del ictioplancton, y los resultados se estandarizaron con el método de Smith y Richardson (1979).

Considerando los resultados preliminares publicados por separado para ambas campañas (Rubín *et al.*, 1997a,b) hemos seleccionado 19 estaciones para el presente trabajo (figura 1), sobre las que se han

Figura 1. Emplazamiento de las 19 estaciones seleccionadas y topografía del fondo. En trazo grueso, la isóbata de 200 m.



realizado diferentes exploraciones de los datos hidrológicos e ictioplanctónicos, subdividiendo los taxones larvarios en neríticos (epipelágicos y bentónicos) y oceánicos (mesopelágicos). Para cada campaña se han realizado dos tipos de dendrogramas, analizando por separado las agrupaciones de las 19 estaciones y los mismos 13 taxones seleccionados. Esos taxones se eligieron teniendo en cuenta los diez más abundantes en ambos años (desechando los de abundancia inferior al 1%) y aquéllos otros que fueron dominantes en alguna estación concreta de cada año (tabla II). Hemos empleado el coeficiente de distancia de Manhattan como medida de la disimilaridad y el método de Ward como algoritmo de agregación (Pielou, 1984). Las matrices de la comunidad se constituyeron de la siguiente forma: en columnas las unidades de muestreo, en filas los taxones larvarios dominantes, y como entradas las abundancias relativas (indiv/10 m²).

Para la nomenclatura de las masas de agua se siguió la que proponen Cano *et al.* (1997) para el

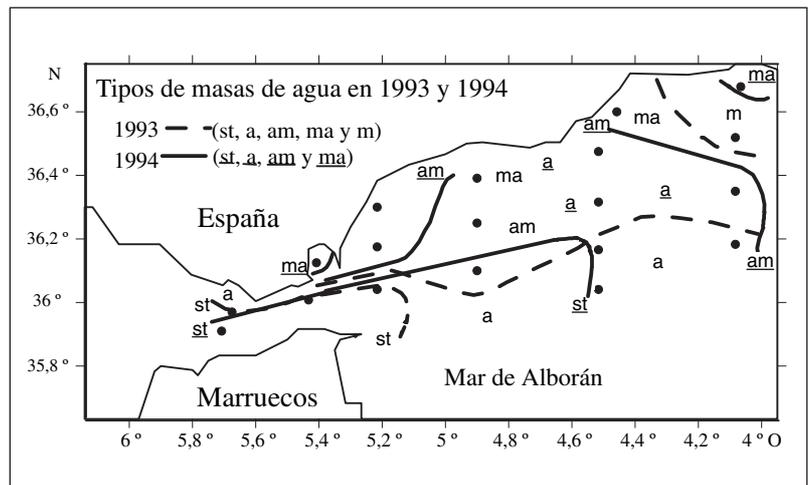
área: st (propia del Estrecho; presencia de Agua Central Noratlántica bajo la capa superficial), a (presencia de una capa de Agua Superficial Atlántica, con salinidad 36,4-36,5), m (Agua Superficial Mediterránea, con salinidad superior a 37,2), ma (con salinidades inferiores a la anterior por la influencia atlántica) y am (intermedia entre ma y a).

RESULTADOS

Masas de agua

En ambos años se produjeron grandes cambios hidrológicos, tanto en el ámbito costero como en el oceánico (figura 2). Sin embargo, la situación que podemos considerar más habitual para la zona de estudio es la observada en 1993: las masas de agua st limitadas al Estrecho y dominio en el mar de Alborán de las aguas de carácter más mediterrá-

Figura 2. Tipos de masas de agua en 1993 y 1994: st (Agua del Estrecho: presencia de Agua Central Atlántica), a (Agua Atlántica: presencia de Agua Superficial Atlántica), m (Agua Superficial Mediterránea: salinidad > 37,3) y aguas de mezcla am (dominio atlántico) y ma (dominio mediterráneo). (Elaboración propia a partir de los datos de Rubín *et al.*, 1997a,b.)



neo (con temperatura y salinidad mayores) en el sector costero y de las de naturaleza más atlántica (menores temperatura y salinidad) en mar abierto, donde se detectó en 1994 una ampliación espacial hacia el Este de la masa de agua st y hacia Este y Noroeste de la del tipo a. El dominio del agua de origen atlántico fue máximo incluso en la zona costera, donde invadió el sector nerítico central (Marbella-Fuengirola) –el más saliente y cercano a las aguas oceánicas–, desplazando hacia los sectores distales las aguas de mezcla (am y ma) y reduciendo la presencia de las más mediterráneas (ma) a dos localizaciones extremas muy distantes entre sí: bahía de Algeciras y Torre del Mar.

El tipo de agua presente en cada estación se especifica en la tabla I, donde se puede comprobar que el cambio interanual fue mayoritario y afectó a 11 estaciones (58 % del total).

Larvas de peces

Abundancia y distribución larvarias por estaciones

Las 19 estaciones mostraron presencia larvaria en ambos años, aunque el rango de abundancia fue más amplio en 1993 (59-6 509 larvas/10 m²; media: 1 581) que en 1994 (80-3 173 larvas/10 m²; media: 1 042).

Se ha identificado el taxón más abundante por años en cada estación (tabla I). Los dos años coincidieron en presentar por separado 10 taxones dominantes. En conjunto, los oceánicos aumentaron ligeramente en 1993 (60 % del total larvario) con respecto a 1994 (50 %). Sin embargo, el cambio interanual del taxón dominante en cada estación fue muy notable y afectó al 74 % de las estaciones. Los mayores cambios en la dominancia afectaron a los cinco taxones costeros, y únicamente dos de ellos (*Sparidae* y *Cepola rubescens* L., 1766) se mantuvieron en ambos años. Por el contrario, la permanencia interanual de los oceánicos fue mayor, manteniéndose cinco de los seis taxones dominantes (*Myctophum punctatum* Rafinesque, 1810 dominó únicamente en 1993).

Composición relativa global

En ambos años se mantuvieron el predominio cuantitativo de las larvas de especies oceánicas (≈ 62,4 % de la captura total) y la semejanza en el número total de taxones (29-30). Más de la mitad de éstos permanecieron los dos años entre los más abundantes (≥ 1 % del total): 16 taxones en 1993 y 18 en 1994.

Considerando el conjunto de taxones más abundantes (tabla II), cinco oceánicos representaron en

Tabla I. Masas de agua frente a larvas de peces dominantes en cada estación. Se especifican las estaciones más costeras (*) y se somborean los taxones neríticos.

Estación	Masas de agua 1993/1994	Larvas dominantes 1993	Larvas dominantes 1994
*1	m/ma	<i>Sparidae</i>	<i>Cepola rubescens</i>
2	m/am	<i>Benthoosema glaciale</i>	<i>Benthoosema glaciale</i>
3	am/a	<i>Ceratoscopelus maderensis</i>	<i>Mauolicus muelleri</i>
4	a/a	<i>Capros aper</i>	<i>Hygophum benoiti</i>
*5	ma/am	<i>Blenniidae</i>	<i>Bothidae</i>
6	ma/a	<i>Benthoosema glaciale</i>	<i>Mauolicus muelleri</i>
7	am/a	<i>Ceratoscopelus maderensis</i>	<i>Mauolicus muelleri</i>
8	a/a	<i>Capros aper</i>	<i>Capros aper</i>
9	a/a	<i>Hygophum benoiti</i>	<i>Hygophum benoiti</i>
*10	ma/a	<i>Cepola rubescens</i>	<i>Ceratoscopelus maderensis</i>
11	am/a	<i>Myctophum punctatum</i>	<i>Mauolicus muelleri</i>
12	am/st	<i>Ceratoscopelus maderensis</i>	<i>Engraulis encrasicolus</i>
*13	ma/am	<i>Callionymidae</i>	<i>Gobiidae</i>
14	am/am	<i>Mauolicus muelleri</i>	<i>Mauolicus muelleri</i>
15	st/st	<i>Mauolicus muelleri</i>	<i>Mauolicus muelleri</i>
*16	ma/ma	<i>Callionymidae</i>	<i>Gobiidae</i>
17	st/st	<i>Capros aper</i>	<i>Sparidae</i>
*18	st/a	<i>Capros aper</i>	<i>Engraulis encrasicolus</i>
19	st/st	<i>Capros aper</i>	<i>Engraulis encrasicolus</i>

Tabla II. Relación de los 20 taxones más abundantes en 1993 y (o) 1994 ($\geq 1\%$), con indicación de su origen nerítico (N) u oceánico (O) y de su abundancia anual (porcentaje y orden de dominancia). Los 13 taxones seleccionados para los dendrogramas se caracterizan por ser los más abundantes en ambos años (**) y por ser el dominante en alguna estación concreta de cada año (*93 y *94 respectivamente).

Taxones	Origen	1993 (%)	Orden 1993	Orden 1994	1994 (%)
** <i>Hygophum benoiti</i> (Cocco, 1838)	O	14,20	1°	3°	6,26
** <i>Capros aper</i> (Linnaeus, 1758)	O	10,84	2°	6°	3,52
** <i>Benthoosema glaciale</i> (Reinhardt, 1837)	O	7,54	3°	1°	6,72
** <i>Ceratoscopelus maderensis</i> (Lowe, 1839)	O	7,19	4°	4°	4,53
** <i>Mauroliticus muelleri</i> (Gmelin, 1788)	O	3,86	5°	2°	6,57
** <i>Myctophum punctatum</i> (Rafinesque, 1810)	O	3,86	6°	13°	2,07
** Sparidae	N	3,16	7°	12°	2,42
<i>Diaphus holti</i> (Tanning, 1918)	O	2,68	8°	17°	1,03
** Bothidae	N	2,61	9°	7°	3,33
** <i>Cepola rubescens</i> (L., 1766)	N	2,60	10°	5°	3,95
<i>Hygophum hygomii</i> (Lutken, 1892)	O	2,43	11°	24°	0,11
** Callionymidae	N	2,30	12°	9°	2,99
*94 Gobiidae	N	1,54	13°	8°	3,03
<i>Cyclothone braueri</i> (Jespersen and Taning, 1926)	O	1,43	14°	23°	0,23
<i>Trachurus</i> spp.	N	1,38	15°	14°	2,02
*93 Blenniidae	N	0,97	16°	16°	1,05
<i>Lampanyctus pusilus</i> (Jonson, 1890)	O	0,65	18°	18°	1,00
*94 <i>Engraulis encrasicolus</i> (L., 1758)	N	0,53	21°	11°	2,78
Labridae	N	0,43	22°	10°	2,97
Serranidae	N	0,32	24°	15°	1,44

1993 el 43,6 % del total larvario –*Hygophum benoiti* (Cocco, 1838), *Capros aper* (L., 1758), *Benthoosema glaciale* (Reinhardt, 1837), *Ceratoscopelus maderensis* (Lowe, 1839) y *Mauroliticus muelleri* (Gmelin, 1788)–. En 1994 esos mismos taxones estuvieron entre los seis más abundantes, aunque disminuyó considerablemente su presencia (al 27,6 %) y cinco neríticos compensaron su descenso: *C. rubescens*, Bothidae, Gobiidae, Callionymidae y Labridae (individualmente 3,9-2,9 % y en suma 16,27 %). En los taxones costeros Labridae y boquerón *Engraulis encrasicolus* (L., 1758), se detectaron grandes cambios interanuales: en 1994 tuvieron una abundancia media del 2,9 % y en 1993 del 0,5 %. Concretamente, en el boquerón también varió la localización de sus valores máximos: durante 1994 en las aguas más atlánticas (al sur y al suroeste) y en 1993 en las más mediterráneas (al norte –bahía de Málaga– y al sureste).

Taxones oceánicos frente a costeros (%) en 1993 (figura 3a) y 1994 (figura 3b)

La amplia distribución espacial de los taxones costeros en 1993 (en las cinco estaciones más neríticas de Alborán y al este del sector oceánico) se redujo considerablemente en 1994, desapareciendo

el agrupamiento de mar abierto y extendiéndose las larvas oceánicas al sector nerítico de Marbella (estación 10). Por ello, la naturaleza de las cuatro especies más abundantes cambió totalmente en esa estación: pasa de ser costera en 1993 (*C. rubescens*, Callionymidae, Gobiidae y Sparidae) a oceánica en 1994 (*C. maderensis*, *B. glaciale*, *M. muelleri* y *Lampanyctus* sp.).

Distribución espacial del número de taxones en 1993 (figura 4a) y 1994 (figura 4b)

Para ambos años, los totales respectivos del número de taxones han sido muy similares (29-30), y respecto a la distribución horizontal los valores mínimos se mantienen en el sector occidental (≤ 10) y los máximos en el oriental (> 16 en la bahía de Málaga y el sector oceánico). Sin embargo, y únicamente en 1994, se creó un pasillo de valores bajos (< 12) entre ambas agregaciones orientales.

Resultados de las asociaciones de los dendrogramas (estaciones y taxones)

Los mismos 13 taxones seleccionados para los dendrogramas de ambos años representaron una

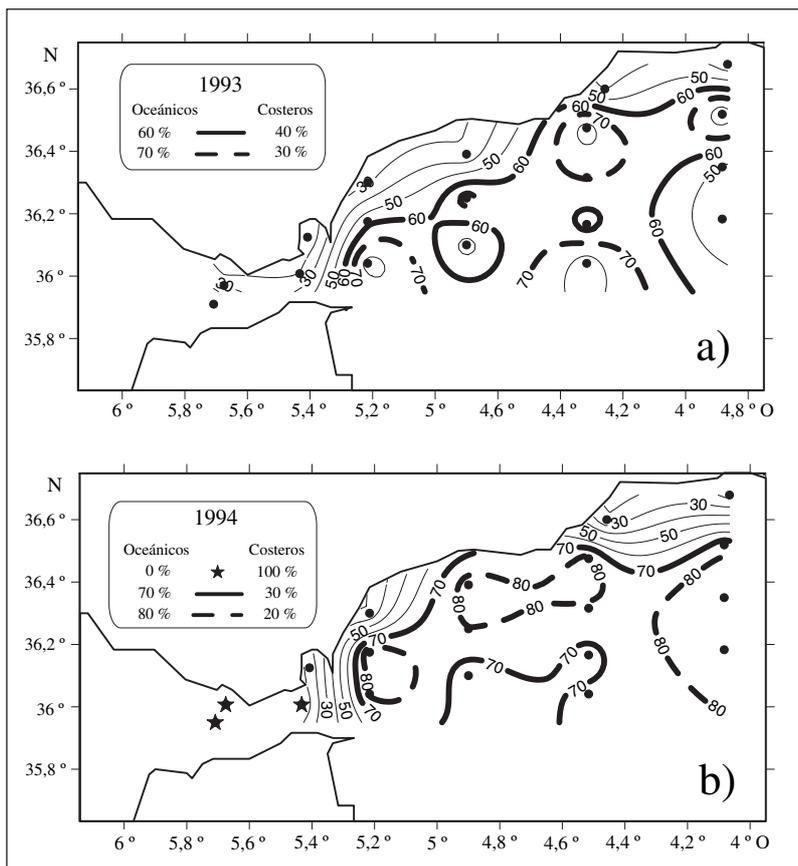


Figura 3. (a): porcentaje de taxones larvarios (oceánicos/neríticos o costeros) en 1993. (b): porcentaje de taxones larvarios (oceánicos/neríticos o costeros) en 1994.

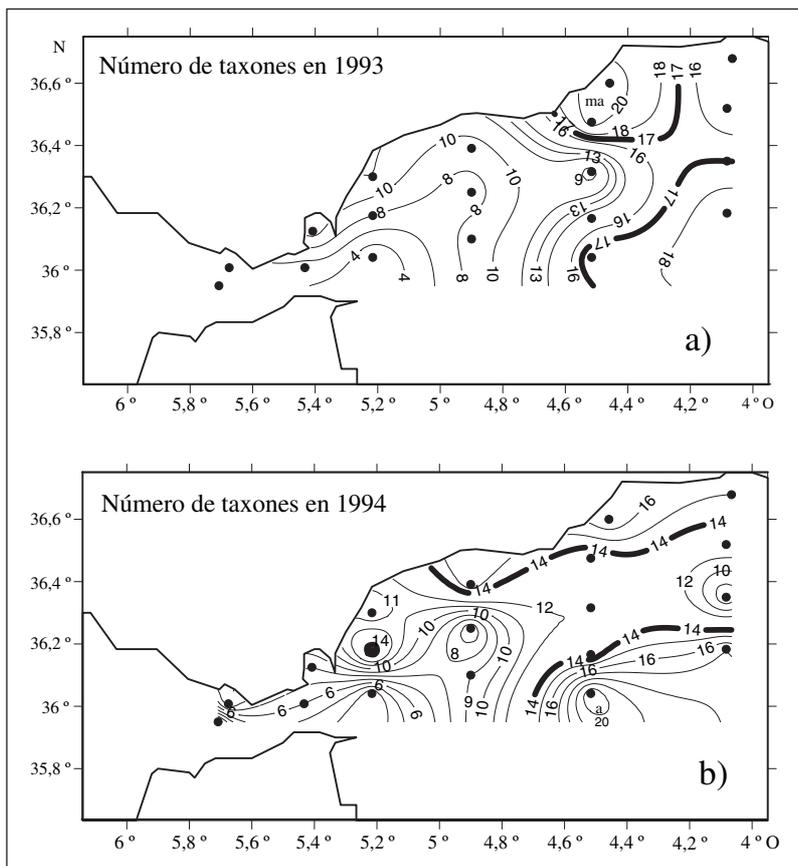


Figura 4. (a): distribución espacial del número de taxones larvarios (oceánicos y neríticos en conjunto) en 1993. (b): distribución espacial del número de taxones larvarios (oceánicos y neríticos en conjunto) en 1994.

abundancia global mas elevada en 1993 (61,2 % del total larvario) que en 1994 (49,2 %).

En 1993 (figura 5a,b) las agrupaciones han reflejado una subdivisión latitudinal del área de estudio en los sectores nerítico (norte) y oceánico (sur). Las cinco estaciones más costeras de Alborán quedaron agrupadas en el sector litoral (figura 5a), donde dominaron los taxones neríticos y éstos estuvieron asociados a las masas de agua más mediterráneas: m (Bothidae y Sparidae) y ma (*C. rubescens*, Gobiidae, Callyonimidae, Blenniidae y *E. encrasicolus*). El sector de mar abierto constituye el caso opuesto, con predominio de los taxones oceánicos, que, con la excepción de *B. glaciale* (ma), se relacionaron con las aguas más atlánticas: st (*C. aper*), a (*H. benoitii*) y am (*C. maderensis*, *M. punctatum* y *M. muelleri*).

Situación muy diferente es la encontrada en 1994 (figura 6a,b), con una mezcla generalizada entre los taxones costeros y oceánicos, reflejada

en los dendrogramas. Éstos demostraron una subdivisión longitudinal del área de estudio en los sectores este y oeste, perpendicularmente a la línea de costa, que dejaba desagrupadas a las cinco estaciones más costeras de Alborán, al agregar las dos más occidentales con la costera del Estrecho (estación 18). Las masas de agua de ese sector occidental se asociaron principalmente a taxones costeros (cinco), con un único oceánico: *M. punctatum* (am). Situación contraria es la del sector oriental, donde las masas de agua albergaron mayoritariamente taxones oceánicos (cinco), con solo dos taxones costeros: Callyonimidae y *C. rubescens* (ma).

DISCUSIÓN

La variabilidad estacional e interanual de las masas de agua en Alborán es un hecho comprobado a es-

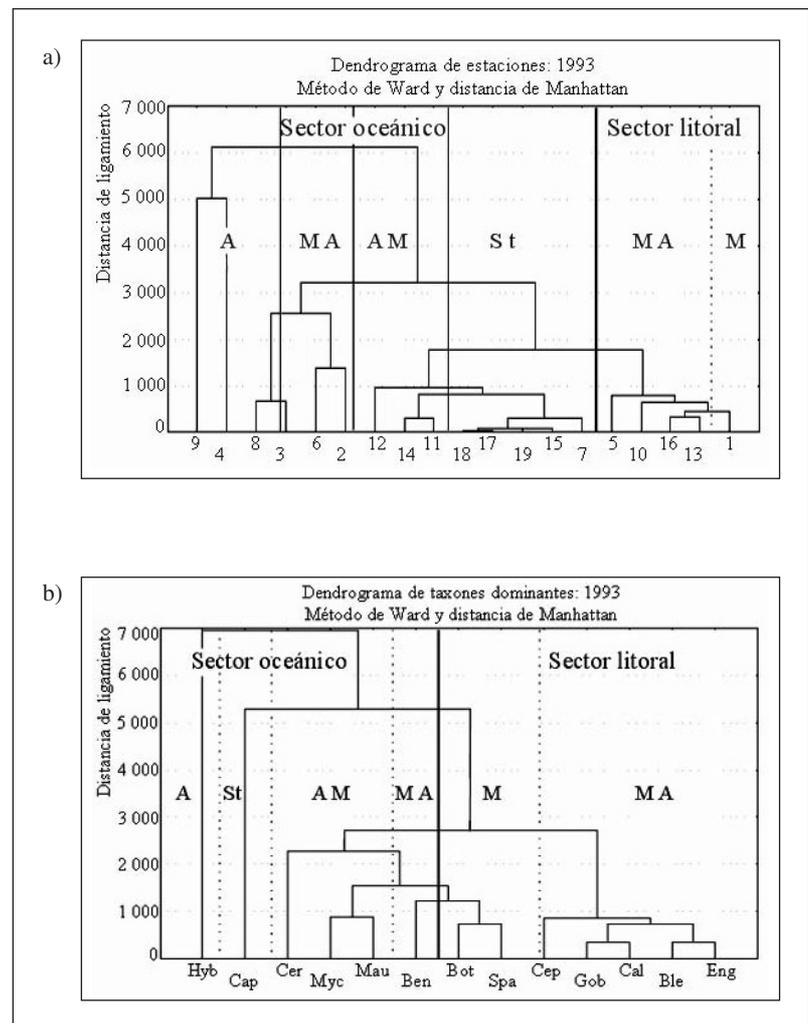


Figura 5. Agrupamientos en 1993 de estaciones (a) y de taxones (b) con indicación de las masas de agua asociadas. (Ben): *Benthosema glaciale*, (Ble): *Blenniidae*, (Bot): *Bothidae*, (Cal): *Callyonimidae*, (Cap): *Capros aper*, (Cep): *Cepola rubescens*, (Cer): *Ceratoscopelus maderensis*, (Eng): *Engraulis encrasicolus*, (Gob): *Gobiidae*, (Hyb): *Hygophum benoitii*, (Mau): *Maurolicus muelleri*, (Myc): *Myxotrophum punctatum*, (Spa): *Sparidae*.

cala de cuenca (Cano, 1978; Gil, 1990; Rubín, 1997; Rubín *et al.*, 1997a,b). En este trabajo se confirma esa gran variabilidad hidrológica interanual en el dominio de masas de agua y de taxones en la reducida zona de estudio. Sin embargo, en términos globales, se mantuvieron en esta zona la semejanza en el número de taxones (29-30) y la equivalencia en el predominio de los taxones oceánicos (62,4 % de la captura total); predominio probablemente favorecido por la estrechez de la plataforma continental, propiedad que también fomentaría el intercambio larvario entre las comunidades neríticas y oceánicas (Rubín *et al.*, 1997b). Situación opuesta a la encontrada en verano en el golfo de Cádiz, donde la amplia plataforma continental obstaculiza o impide ese intercambio (Mafalda y Rubín, 2006) y favorece la persistencia de determinadas comunidades del holoplancton (Mafalda, Rubín y Sampaio de Souza, en prensa).

A causa de los cambios hidrológicos detectados, la amplia distribución espacial a nivel nerítico de los ta-

xones costeros en 1993 se redujo considerablemente en 1994: las larvas oceánicas irrumpieron en el sector nerítico de Marbella y desplazaron totalmente a las costeras. Por ello se invirtió la naturaleza de las cuatro especies más abundantes en la estación 10, y las costeras *C. rubescens*, Callionymidae, Gobiidae y Sparidae de 1993 se vieron sustituidas en 1994 por *C. maderensis*, *B. glaciale* y *M. muelleri*. Esas tres últimas especies, habituales en la zona, son de naturaleza muy diferente: ártico-boreal (*B. glaciale*), de afloramiento (*M. muelleri*) y templado-subtropical (*C. maderensis*). El hecho de que ésta última fuera dominante en 1993 en el agua atlántica (a), al sur del paralelo 36° N (Rubín, 1997; Rubín *et al.*, 1997b), permite relacionar su presencia en 1994 en el sector nerítico con la irrupción en él de esa masa de agua.

Entre las especies costeras, las larvas de boquerón constituyeron un caso notorio: en 1993 se localizaron en las aguas costeras más mediterráneas (sector más oriental) y en 1994 se encontraban en

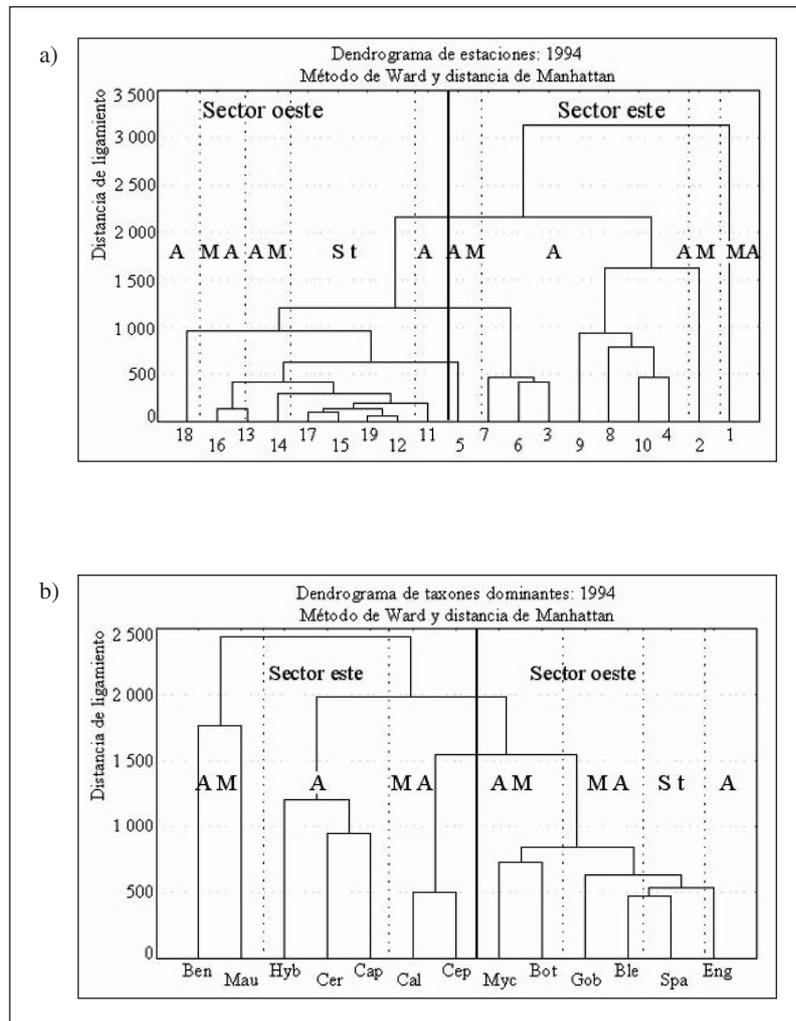


Figura 6. Agrupamientos en 1994 de estaciones (a) y de taxones (b) con indicación de las masas de agua asociadas. (Ben): *Benthosema glaciale*; (Ble): *Blenniidae*; (Bot): *Bothidae*; (Cal): *Callionymidae*; (Cap): *Capros aper*; (Cep): *Cepola rubescens*; (Cer): *Ceratoscopelus maderensis*; (Eng): *Engraulis encrasicolus*; (Gob): *Gobiidae*; (Hyb): *Hygophum benoiti*; (Mau): *Maurollicus muelleri*; (Myc): *Myctophum punctatum*; (Spa): *Sparidae*.

las aguas oceánicas más atlánticas y próximas al Estrecho. Relacionamos esta última circunstancia con el transporte de ictioplancton costero que proporciona el chorro atlántico (Rubín, Gil y Molina, 1992; Rubín *et al.*, 1992) y la acumulación de material biológico propiciada por el frente oceánico (Rubín *et al.*, 1992). A ese transporte a través del Estrecho (año 1994) atribuimos también la importante presencia de otros taxones costeros en aquel sector, responsables de las diferentes zonaciones interanuales reflejadas en los dendrogramas.

AGRADECIMENTOS

A todos los participantes de las campañas Ictio.Alborán-0793 e Ictio.Alborán-0794 y a la CAPES (Ministerio de Educación, Brasil) por la concesión de una beca de estancia posdoctoral (CCE 0007/2003), bajo la dirección de J. P. Rubín, en el Centro Oceanográfico de Málaga (en Fuengirola) del IEO.

BIBLIOGRAFÍA

- Arias, E. 1975. Pigmentos y producción primaria de la campaña Maroc-Iberia I. *Result. Exped. Cient. Buque Oceanogr. Cornide de Saavedra* 4: 101-112.
- Ballester, A. y J. Zavatti. 1983. Aspectos químicos del afloramiento de Alborán. En: *Estudio oceanográfico de la plataforma continental. Resultados del Proyecto 793020 del Comité Hispano-Norteamericano. Seminario interdisciplinar* (15-16 de marzo, 1983. Cádiz, España). J. Castellví (ed.): 334-355. CSIC. Cádiz, España.
- Camiñas, J. A. 1983. Datos preliminares sobre la biomasa zooplanctónica en el sector nordoccidental del mar de Alborán. *Boletín del Instituto Español de Oceanografía* 1 (1): 1-18.
- Candela, J., C. D. Winant y H. L. Bryden. 1989. Meteorologically forced subinertial flows through the Strait of Gibraltar. *Journal of Geophysical Research* 94: 12667-12674.
- Cano, N. 1978. Hidrología del mar de Alborán en primavera-verano. *Boletín del Instituto Español de Oceanografía* 248 (4): 51-66.
- Cano, N. y J. García Lafuente. 1991. Corrientes en el litoral malagueño. Baja frecuencia. *Boletín del Instituto Español de Oceanografía* 7 (2): 59-77.
- Cano, N., J. García Lafuente, A. Hernández-Guerra, J. M.^a Blanco y J. Escánez. 1997. Hidrología del mar de Alborán en julio de 1993. *Publicaciones Especiales. Instituto Español de Oceanografía* 24: 9-26.
- Cheney, R. E. y R. A. Doblar. 1982. Structure and variability of the Alboran Sea frontal system. *Journal of Geophysical Research* 87: 585-594.
- Cortés, M. D., J. Gil y A. García. 1985. General distribution of chlorophyll, temperature and salinity in the NW sector of the Alboran Sea (August, 1982). *Rapp. Comm. Int. Mer Méditer.* 29 (9): 135-136.
- García Lafuente, J. y N. Cano. 1994. Tidal dynamics and associated features of the northwestern shelf of the Alboran Sea. *Continental Shelf Research* 14 (1): 1-21.
- García Lafuente, J., N. Cano, M. Vargas, J. P. Rubín y A. Hernández-Guerra. 1998. Evolution of the Alborán Sea hydrographic structures during July 1993. *Deep-Sea Research I* 45: 39-65.
- Gil, J. 1985. Hidrología de la costa suroccidental entre Motril y Estepona, en marzo de 1982. *Informes Técnicos del Instituto Español de Oceanografía* 33: 1-7.
- Gil, J. 1990. Hidrografía de la plataforma continental española mediterránea y golfo de León, en mayo-junio de 1988. *Informes Técnicos del Instituto Español de Oceanografía* 81: 124 pp.
- Gil, J. y D. Gomis. 1994. Circulación geostrofica, dinámica de mesoescala y fertilización de los niveles superficiales en el sector norte del mar de Alborán. Julio de 1991. *Boletín. Instituto Español de Oceanografía* 10 (1): 95-117.
- Gómez, F., N. González, F. Echevarría y C. M. García. 2000. Distribution and fluxes of dissolved nutrients in the Strait of Gibraltar and its relationships to microphytoplankton biomass. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 51 (4): 439-449.
- Mafalda, P. y J. P. Rubín. 2006. Interannual variation of larval fish assemblages in the Gulf of Cadiz (SW Iberian Peninsula) in relation to summer oceanographic conditions. *Brazilian Archives of Biology and Technology* 49 (2): 287-296.
- Mafalda, P., J. P. Rubín y C. Sampaio de Souza. (En prensa). Meso-zooplankton composition and distribution in relation to oceanographic conditions in the Gulf of Cadiz, Spain. *Revista UDO Agrícola, Venezuela* 7 (1): 274-284.
- Minas, M., B. Coste, P. Le Corre, H. J. Minas, T. T. Packard y P. Raimbault. 1983. Role of the circulation en mer d'Alboran au voisinage du détroit de Gibraltar, sur le système production-régénération. *Rapp. Comm. Int. Mer Méditer.* 28 (7): 59-61.
- Minas, H. J., B. Coste y M. Minas. 1984. Océanographie du détroit de Gibraltar et des parages annexes. *Le Courrier du CNRS* 57: 10-17.
- Parada, M. y M. Cantón. 1998. The spatial and temporal evolution of thermal structures in the Alborán Sea Mediterranean basin. *Int. J. Remote Sens.* 19 (11): 2119-2131.
- Pielou, E. C. 1984. *The Interpretation of Ecological Data: a Primer on Classification and Ordination*. Wiley. Nueva York: 263 pp.
- Rodríguez, V., B. Bautista, J. M. Blanco, F. L. Figueroa, N. Cano y J. Ruiz. 1994a. Hydrological structure, optical characteristics and size distribution of pigments and particles at a frontal station in the Alboran Sea. En: *The Size Structure and Metabolism of the Pelagic Ecosystem*. J. Rodríguez y W. K. W. Li (eds.). *Scientia Marina* 58: 31-41.
- Rodríguez, V., J. M. Blanco, F. Echevarría, J. Rodríguez, F. Jiménez-Gómez y B. Bautista. 1994b. Nutrientes, fitoplancton, bacterias y material particulado del mar de

- Alborán, en julio de 1992. En: *El ictioplancton y el medio marino en los sectores norte y sur del mar de Alborán, en julio de 1992*. J. P. Rubín (ed.). *Informes Técnicos. Instituto Español de Oceanografía* 146: 53-77.
- Rodríguez, J., A. García y V. Rodríguez. 1982. Zooplanktonic communities of the divergence zone in the Northwestern Alboran Sea. *Marine Ecology* 3 (2): 133-142.
- Rubín, J. P. 1997. *El ictioplancton del mar de Alborán. Relación de su distribución espacio-temporal y composición, con diferentes variables ambientales y con la distribución de los peces adultos en el área*. Tesis doctoral. Universidad de Málaga. *Microfichas. Instituto Español de Oceanografía* 11: 237 pp.
- Rubín, J. P., N. Cano, P. Arrate, J. García, J. Escánez, M. Vargas y F. Hernández. 1997a. El ictioplancton, el mesozooplancton y el medio marino en el golfo de Cádiz, estrecho de Gibraltar y sector noroeste del mar de Alborán, en julio de 1994. *Informes Técnicos. Instituto Español de Oceanografía* 167: 48 pp.
- Rubín, J. P., N. Cano, V. Rodríguez, J. M.^a Blanco, F. Jiménez-Gómez, J. Rodríguez, J. García Lafuente, F. Echevarría, F. J. Guerrero, J. Escánez, A. Hernández y M. Chbani. 1997b. Relaciones del ictioplancton con la hidrología, biomasa fitoplanctónica, oxígeno disuelto y nutrientes, en el mar de Alborán y estrecho de Gibraltar (julio 1993). *Publicaciones Especiales. Instituto Español de Oceanografía* 24: 75-84.
- Rubín, J. P., J. Gil y M. J. Molina 1992. Relation between ichthyoplankton and geostrophic currents in the vicinity of the Strait of Gibraltar (SW Spain), in July 1991. *Rapp. Comm. Int. Mer Méditer.* 33: p. 309.
- Rubín, J. P., J. Gil, V. Rodríguez, J. M. Blanco, F. Echevarría, J. Rodríguez, F. Jiménez-Gómez y B. Bautista. 1994. Relaciones entre distribución ictioplanctónica, hidrología, biomasa y pigmentos fitoplanctónicos, oxígeno disuelto y nutrientes, en el mar de Alborán (julio 1992). *Informes Técnicos. Instituto Español de Oceanografía* 146: 79-87.
- Rubín, J. P., J. Gil, J. Ruiz, M. D. Cortés, F. Jiménez-Gómez, M. Parada y J. Rodríguez. 1992. La distribución ictioplanctónica y su relación con parámetros físico-químicos y biológicos en el sector norte del mar de Alborán, en julio 1991 (resultados de la campaña Ictio.Alborán 0791). *Informes Técnicos. Instituto Español de Oceanografía* 139: 49 pp.
- Sarhan, T., J. García Lafuente, M. Vargas, J. M. Vargas y F. Plaza. 2000. Upwelling mechanisms in the northwestern Alboran Sea. *Journal of Marine Systems* 23: 317-331.
- Smith, P. E. y S. L. Richardson. 1979. Técnicas modelo para prospecciones de huevos y larvas de peces pelágicos. *FAO. Documentos Técnicos de Pesca* 175: 107 pp.