

Composición y variabilidad del ictioplancton costero en la reserva marina de Tabarca, sudeste ibérico

C. Bordehore, J. T. Bayle Sempere y A. A. Ramos Esplá

Unitat de Biología Marina. Facultat de Ciències. Universitat d'Alacant. Apartado 99. E-03080 Alicante, España.
E-mail: bayle@ua.es

Recibido en marzo 2000. Aceptado en septiembre 2000.

RESUMEN

La comunidad de ictioplancton (huevos y larvas) en una zona somera de la reserva marina de Tabarca fue caracterizada a distintas escalas temporales a lo largo de un año (estación, fase lunar y día-noche). Se discute la variabilidad temporal que mostraron las capturas de huevos y larvas, y su posible relación con los factores estudiados. Se utilizaron redes de plancton fijas. Fueron capturados en total 21 855 huevos (media 140,41 individuos/100 m³, SD 260,36) y 4 542 larvas (media 42,45 individuos/100 m³, SD 82,9). Las larvas preflexión constituyeron el 99 % de las capturas. Se identificó un total de 20 familias. Las categorías taxonómicas más abundantes fueron Gobiesocidae (31,8 %), Gobiidae (31,7 %), *Sardina pilchardus* (11,1 %), Bleniidae (7,5 %), Sparidae (6,9 %), *Sardinella aurita* (2,6 %), Serranidae (2,4 %) y Atherinidae (1,8 %). La composición de la comunidad se asemejó a la encontrada en estuarios y lagunas costeras por otros autores, más que a la encontrada en zonas de plataforma cercanas. No hay evidencias de que la reserva marina actúe como zona de retención de larvas de especies comerciales, sino más bien de exportación. No hubo diferencias entre las dos localidades de muestreo. Las mayores densidades de huevos y larvas aparecieron en los meses de agosto y junio. Los huevos mostraron cierta variabilidad relacionada con la fase lunar, con mayores capturas en cuarto creciente y luna nueva, pero no tuvieron diferencias día-noche. Las larvas mostraron una mayor densidad durante la noche, con mayores diferencias respecto al día en las fases lunares oscuras.

Palabras clave: Ictioplancton, hábitat costero, variabilidad temporal, variabilidad diaria, variabilidad lunar, reserva marina de Tabarca, mar Mediterráneo.

ABSTRACT

Ichthyoplankton composition and variability of a shallow coastal area in the Tabarca Marine Reserve, southeast Iberian Peninsula

We studied the ichthyoplankton assemblage (eggs and larvae) in a shallow coastal area in the Tabarca Marine Reserve (southeast Spain, Mediterranean Sea). Samples were taken during four different months of the same year, covering different temporal scales (season, moon phase, and day-night), and were obtained from two sampling sites, 1 km apart. The temporal variability of catches is discussed, and their relationships with the factors studied.

Channel plankton nets were used in order to get the habitat associated assemblage. We captured 21 855 eggs (mean 140.41 eggs/100 m³, SD 260.36) and 4 542 larvae (mean 42.45 larvae/100 m³, SD 82.9). Ninety-nine percent of the larvae were pre-flexion. We identified 20 families. The most abundant taxonomic groups were: Gobiesocidae (31.8 %), Gobiidae (31.7 %), *Sardina pilchardus* (11.1 %), Bleniidae (7.5 %), Sparidae (6.9 %), *Sardinella aurita* (2.6 %), Serranidae (2.4 %) and Atherinidae (1.8 %). The resulting assemblage was more similar to that of estuaries and coastal lagoons than coastal shelf areas. The results showed no evidence of retention of commercial species larvae, which may be exported with currents. Analysis showed no difference between both sampling sites. Higher larvae and eggs densities were found in August and June. Eggs variability was associated with the moon phase, i.e., higher catches dur-

ing the new moon and the first quarter, although there were not differences between day and night. Nocturnal larvae catches were higher, and differences between night and day were more accentuated during dark moon phases.

Key words: Ichthyoplankton, coastal habitat, temporal variability, moon variability, daily variability, Tabarca Marine Reserve, Mediterranean Sea.

INTRODUCCIÓN

Los estudios de ictioplancton de la península Ibérica se han realizado principalmente en aguas neríticas y oceánicas (Fortuño, 1983; Sabatés, 1988; Sabatés, Gili y Pagès, 1989; Vidal, López y Mas., 2000) y, en menor proporción, en zonas someras como lagunas costeras y estuarios (Oliveira y Duarte, 1987; Arias y Drake, 1990; Drake y Arias, 1991). Estas tres zonas, espacialmente diferenciadas, muestran una composición con características propias (Rodríguez, 1990; Camiñas *et al.*, 1994). Boehlert y Mundy (1994) describieron estas tres comunidades en los siguientes términos:

(1) Una comunidad costera de aguas muy someras, como estuarios y lagunas litorales, bien representada por especies de poca profundidad y normalmente con una biología muy relacionada con el fondo, alto porcentaje de especies con huevos demersales, por ejemplo, Gobiidae, Gobiesocidae, Bleniidae, Atherinidae, y Labridae, o cuidados parentales, por ejemplo, Syngnathidae, encaminados a reducir la dispersión.

(2) Comunidad oceánica establecida lejos de la costa, con dominancia de especies oceánicas con huevos planctónicos, para maximizar la dispersión, por ejemplo, Myctophidae, Scombridae o Carangidae.

(3) Comunidad de transición en medio de ambas, donde aparecen huevos y larvas de especies presentes en las dos zonas. Este patrón se ha repetido en distintas zonas como en Sudáfrica (Whitfield, 1989), Australia (Gaughan, 1990), o el golfo de México (Limouzy-Paris *et al.*, 1994).

Las diferencias en la composición de especies han sido achacadas principalmente al hábitat (Drake y Arias, 1991; Baltz, 1994), a la profundidad (Ponton y Fortier, 1992; Olivar y Sabates, 1994), a la distancia a costa (Beckley, 1986; Grioche y Koubbi, 1994), a la anchura de plataforma (Doyle *et al.*, 1994) y a la masas de agua (Blaber *et al.*, 1994; Powell y Robbins, 1994). Su composición puede oscilar afectada por algún factor cíclico, como cambios interanuales (Allen y Barker, 1990), estacionales (Turner, 1983;

Whitfield, 1989), lunares (Kingsford y Finn, 1998), o el periodo del día (Dufour, 1991; Ali, 1994). No obstante, la falta de ciclos marcados es la pauta más común, debido al ruido ambiental que provocan otros factores, como cambios de temperatura (Bernal, Balbontin y Rojas, 1994), salinidad (Harris, 1986), o la disponibilidad de alimento para las larvas (Drolet, 1991). La advección también desempeña un papel relevante en la dispersión del ictioplancton, con una menor influencia a medida que se desarrolla la larva (Leis y Carson-Ewart, 1997). A estos factores, se ha de añadir el efecto de la duración del periodo de puesta, el cual puede ser muy amplio y abarcar varios meses, o producirse en un pulso (Belyanina, 1986).

La densidad de parentales afecta a la cantidad de propágulos en el medio, principalmente en especies con una baja dispersión (Arkhipov, 1991). En el caso de reservas marinas, como la isla de Tabarca, existe una comunidad de peces adultos madura, con mayor biomasa que en áreas cercanas no protegidas, característica de fondos mixtos litorales de pradera de *Posidonia oceanica* (L.) Delile, 1813 y roca (Bayle, 1999). Esta mayor biomasa y diversidad de peces podría condicionar las características de su poblamiento ictioplanctónico, cambiando la composición específica e incrementando su producción, pero a la vez también aumentaría su predación.

Este estudio caracteriza la composición de la comunidad de ictioplancton en la reserva marina de Tabarca y analiza la variabilidad temporal (intra-anual, ciclo lunar y día-noche) de las capturas totales de huevos y larvas, y de los taxones de larvas más abundantes.

MATERIAL Y MÉTODOS

Área de estudio

El muestreo se ha realizado en la reserva marina de Tabarca, Alicante, en el sudeste ibérico (figura 1). Las condiciones hidrológicas son poco variables, no

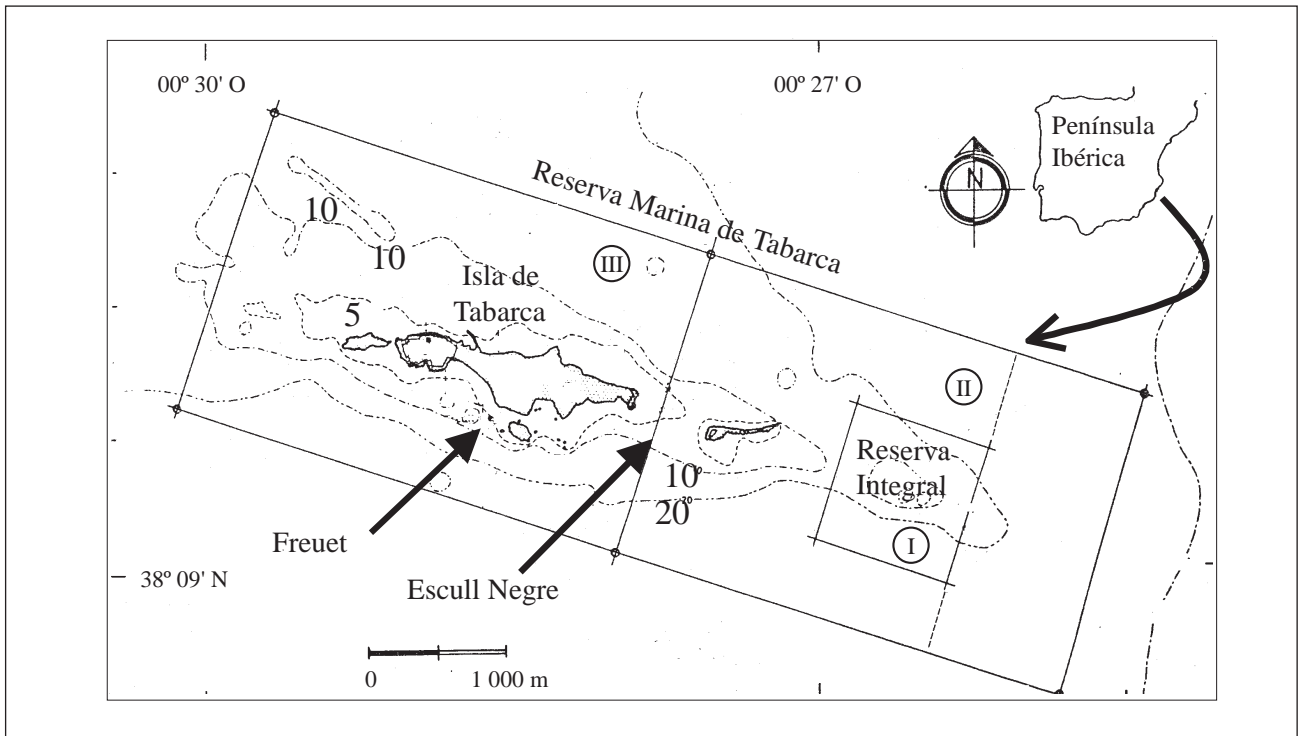


Figura 1. Localización de la reserva marina de Tabarca y las dos localidades de muestreo: Escull Negre y Freuet. Zona I: reserva integral; zonas II y III: prohibición de pesca profesional.

existen mareas gravitacionales significativas, ni corrientes de marea. Las corrientes existentes son debidas al viento, a la barometría, o son de carácter termohalino, sin un comportamiento cíclico. La temperatura oscila anualmente con máximos de 26,3 °C en agosto y 13,8 °C en febrero, al igual que la salinidad, con mínimos de 36,9 ‰ en invierno y máximos de 38,1 ‰ en verano (Zoffmann, Ramos-Esplá y Rodríguez-Varela, 1985).

La zona de reserva, de 14,63 km², está protegida de la pesca desde 1986. Las comunidades bentónicas están representadas por pradera de *Posidonia oceanica* en buen estado, y fondos rocosos con una alta diversidad (Ramos-Esplá, 1985).

Muestreo

Las muestras se realizaron mediante redes de plancton fijas. Se utilizaron dos redes de 330 µm de luz de malla, 56 cm de diámetro y una longitud de copo, con forma cónica, de 160 cm. Las redes se colocaron simultáneamente en dos localidades de muestreo, Freuet (-2 m) y Escull Negre (-8 m) (figura 1). La boca de la red se dispuso perpendicular a la dirección de la corriente, a una profun-

didad fija de 0,5 m, utilizando un peso y un flotador. Una vez instaladas, podían pivotar y reorientarse en caso de que cambiara la dirección de la corriente. La velocidad y dirección de la corriente se midió en el campo simultáneamente a la manipulación de las redes mediante objetos a la deriva.

Para el cálculo del volumen filtrado se utilizó un flujómetro (*General Oceanics* 2030) con un rotor para baja velocidad en cada una de las redes. Para las pescas de agosto de 1995 y algunas de noviembre de 1995, no se dispuso de lectura de flujómetro. En este caso, el volumen filtrado se estimó a partir de la correlación entre la velocidad de corriente estimada y el volumen filtrado (coeficiente de correlación de Pearson = 0,63).

Se muestreó a tres escalas temporales: a) en cuatro épocas del año, b) en cada una de las cuatro fases lunares y c) durante periodos de día y de noche (tabla I), y en las dos localidades simultáneamente, Freuet y Escull Negre (figura 1). Para cada una de ellas, se han realizado muestreos nocturnos y diurnos, durante 48 horas consecutivas, para cada una de las cuatro fases lunares, y en cada una de las dos localidades. La duración de los muestreos tanto de

Tabla I. Periodos de pesca. (*): no existen datos de luna llena por malas condiciones oceanográficas.

Época	Días	Fase lunar
Agosto 1995	4-6	cuarto creciente
	11-13	luna llena
	18-20	cuarto menguante
	25-27	luna nueva
Noviembre 1995	6-8	luna llena
	14-16	cuarto menguante
	21-22	luna nueva
	28-24	cuarto creciente
Febrero 1996	1-3	luna llena*
	12-14	cuarto menguante
	18-20	luna nueva
	25-27	cuarto creciente
Junio 1996	1-3	luna llena
	10-12	cuarto menguante
	17-19	luna nueva
	25-27	cuarto creciente

día como de noche varió entre 8 y 14 h, dependiendo del ciclo solar.

Análisis de datos

El total de capturas de ictioplancton se ha dividido en dos grupos atendiendo a su capacidad de movimiento: huevos más larvas con vitelo, y larvas. Las larvas se han determinado hasta el nivel taxonómico más bajo posible. En el caso de que el individuo no se pudiera determinar por ser demasiado pequeño o estar en mal estado, sólo se ha utilizado en el análisis del número total de capturas. Los análisis de capturas se han realizado mediante el número de individuos $\times 100 \text{ m}^{-3}$.

La relación de las capturas (huevos y larvas totales, y categorías taxonómicas más abundantes) con los factores considerados (época del año, fase lunar y periodo del día) se han analizado mediante ANOVA de tres factores fijos y ortogonales. En el caso de las categorías taxonómicas que aparecieron en número suficiente en sólo una época, se ha analizado mediante un ANOVA de dos factores, obviando el factor época.

Se analizó la homogeneidad de varianzas de los datos mediante el test de Cochran, y, en caso necesario, se transformaron los datos para cumplir los requisitos de ANOVA. Cuando han sido necesarios, los tests a posteriori se han realizado mediante la prueba de Bonferroni.

RESULTADOS

Condiciones de muestreo

Durante cada época, la dirección de la corriente no tuvo cambios bruscos. En agosto las corrientes fueron de componente este y sudeste, en noviembre y febrero variaron entre noroeste y sudeste, en junio desde sur hasta noroeste. La velocidad de corriente osciló entre 0,2 y 1,8 m/s, con algunos periodos de calma. El total de muestras contabilizadas fue 114 (teórico 128), con una media de 229,5 m³ por pesca (SD 341,17). Faltaron las muestras del tratamiento de febrero de 1996 con luna llena (8 muestras) debido a las malas condiciones meteorológicas, y 6 muestras sueltas de otros tratamientos. Para balancear los tratamientos en los ANOVA se han seguido las recomendaciones de Underwood (1997), donde la falta de réplicas dentro de un tratamiento se suple mediante la adición de la media de las restantes réplicas, y se resta el mismo número de grados de libertad en el residual. En el caso de la pérdida de un tratamiento entero (caso de febrero de 1996 con luna llena), se ha balanceado el análisis mediante la adición de la media de los restantes tratamientos (las tres fases lunares restantes). Este procedimiento no contribuye a la suma de cuadrados y permite probar la hipótesis adecuadamente.

Capturas totales de huevos y larvas

Se capturaron en total 21 855 huevos (media 140,41 individuos/100 m³, SD 260,36) y 4542 larvas (media 42,45 individuos/100 m³, SD 82,9). No hubo diferencias significativas entre ambas localidades, por lo que se agruparon en todos los análisis posteriores (ANOVA, $p > 0,05$). Las capturas se distribuyeron según indica la figura 2. Para el análisis de la varianza, la distribución no normal y la falta de homogeneidad de varianzas sugirió la transformación de los datos de capturas mediante $\ln(x + 1)$. Tras la transformación, se aceptó la homogeneidad de varianzas ($p > 0,05$).

Las capturas de huevos totales mostraron diferencias significativas entre épocas (tabla II); no obstante, el test a posteriori sólo detectó diferencias entre épocas no consecutivas. La interacción fase lunar \times periodo del día resultó significativa ($p < 0,05$), apreciándose las mayores capturas durante las fases más oscuras (creciente y nueva). La

Tabla II. Resumen de los datos de la varianza para las capturas totales de huevos y larvas y las categorías taxonómicas más abundantes: Gobiidae, Gobiesocidae y Sparidae (éste sólo con épocas agosto 1995 y noviembre 1995): (g. l.): grados de libertad; (ns): no significativo; (*): $p < 0,05$; (**): $p < 0,01$.

Factor	g. l.	Huevos F-ratio	Larvas F-ratio	Gobiidae F-ratio	Gobiesocida F-ratio	Sparidae F-ratio
Época	3	14,300 **	18,722 **	0,410 ns	7,786 **	0,064 ns
Fase lunar	3	10,168 **	4,193 **	0,251 ns	0,531 ns	1,235 ns
Periodo	1	3,029 ns	37,555 **	6,848 **	5,392 *	6,539 *
Época × fase lunar	9	1,834 ns	4,154 **	1,129 ns	0,152 ns	1,498 ns
Época × periodo	3	0,915 ns	2,874 *	1,240 ns	0,152 ns	0,201 ns
Luna × periodo	3	3,257 **	6,183 **	0,395 ns	0,690 ns	0,595 ns
Época × fase lunar × periodo	9	0,593 ns	1,148 ns	0,675 ns	0,489 ns	1,493 ns
Error		96 - 25 = 71	96 - 25 = 71	96 - 25 = 71	96 - 25 = 71	48 - 10 = 38

interacción significativa muestra que la cantidad de huevos en cada uno de los periodos del día varía según la fase lunar.

Respecto al número total de larvas, la significación de las interacciones dos a dos, de los tres factores considerados, indica la alta variabilidad de capturas sin un patrón que se ajuste a los tratamientos. No obstante, se aprecia una mayor densidad durante la noche, y las diferencias entre las capturas día-noche en las fases lunares más oscuras son más acusadas (figura 2).

Composición faunística

Se identificó un total de 2 714 larvas, clasificadas en 27 categorías sistemáticas, pertenecientes a 20 familias y 9 órdenes (tabla III). Los individuos fueron preflexión en un alto porcentaje, lo que afectó al alto porcentaje de indeterminados (40 %). El 72,8 % de las larvas identificadas provinieron de huevos demersales, principalmente de Gobiidae, Gobiesocidae y Aterinidae. Las capturas más abundantes de especies con huevos pelágicos correspondieron a Clupeidae: *Sardina pilchardus* y *Sardinella aurita* y Engraulidae: *Engraulis encrasicolus*. El 99 % de las capturas correspondió a especies costeras o de plataforma, con tan sólo un 1 % de las capturas totales de especies mesopelágicas (familias Myctophidae y Gonostomatidae).

Distribución temporal de las categorías más abundantes

El número de taxones identificados (géneros o especies) en cada época de muestreo varió entre 8 en

febrero y 17 en agosto (tabla III). Gobiidae dominan la comunidad en todas las épocas, con porcentajes entre el 30 % y el 52 %. Gobiesocidae, con un total de capturas similar a Gobiidae, se encuentra entre el 29 % y 46 %, pero no se encuentran presentes en noviembre. *Sardina pilchardus* representa el 51 % de las capturas de noviembre. Bleniidae representa el 14 % en junio, y Sparidae se mantiene entre el 6-9 %, excepto en febrero donde no aparecen.

La variabilidad de las capturas dentro de cada época tuvo comportamientos diferentes en cada una de las categorías taxonómicas analizadas. En la figura 3 se muestra la variabilidad respecto a la fase lunar y periodo del día de las categorías con más del 5 % dentro de cada época. Los análisis se muestran en la tabla IV.

Gobiidae muestra mayores capturas durante la noche ($p < 0,01$), y esta diferencia es consistente en las distintas épocas y fases lunares, como se ve en la ausencia de interacciones significativas. Gobiesocidae mostró diferencias significativas en el periodo del día, con mayores capturas durante la noche ($p < 0,05$), y en la época, aunque diferencias significativas sólo aparecieron entre épocas no consecutivas (Bonferroni $p > 0,05$), además, esta diferencia fue constante a lo largo de épocas y ciclos lunares, por la ausencia de interacciones significativas.

Sparidae, Serranidae y *Sardina pilchardus* tuvieron el mismo comportamiento, con mayores capturas durante la noche, aunque sólo Sparidae ($p < 0,05$) y *S. pilchardus* ($p < 0,01$) mostraron diferencias significativas. Estas diferencias fueron consistentes en las distintas fases lunares, de ahí que la interacción entre las fases lunares y el periodo del día no fuesen significativas. *Sardinella aurita* se analizó sólo en agosto, y no presentó ninguna diferen-

cia entre tratamientos, probablemente el ANOVA no detectó diferencias significativas debido a la alta variabilidad de los datos. Bleniidae ofrece diferencias significativas en la interacción de los factores, lo que mostró cierta dependencia entre ellos,

mientras que de día las capturas mayores son en luna llena, durante la noche éstas lo fueron en cuarto menguante.

DISCUSIÓN

Composición de la comunidad

La comunidad estuvo muy influida por la presencia de tres familias (Gobiidae, Gobiesocidae y Clupeidae) cuyas larvas también son abundantes en zonas de estuario y lagunas costeras (Johnston, 1988; Leis *et al.*, 1994), las cuales se encuentran también en la plataforma pero en menor densidad. Destaca el alto porcentaje de Gobiesocidae, cuyos adultos son de distribución muy somera y, según se refleja en otros estudios, sus larvas se encuentran en menor densidad a mayor profundidad (Vidal, López y Mas, 2000). Las capturas de Syngnatidae, aunque bajas, son más infrecuentes en arrastres realizados sobre la plataforma en aguas no tan someras (Sabatés, 1988). La poca densidad de larvas de especies oceánicas, a favor de las costeras, muestra una alta influencia de la ictiofauna local (Gonzalez, 1984; Yoo, 1988; Drake y Arias, 1991), posiblemente debido a una baja influencia de aguas profundas o lejanas a la costa. Apoyando esta hipótesis, aparece un bajo número de taxones en relación con el volumen de agua filtrado, que podría deberse a que en las zonas someras la influencia de masas de agua oceánica es menor que en aguas neríticas más profundas, lo que provocaría cierto aislamiento de las especies que frezan cerca de la costa. Las larvas de Clupeidae aparecen en un porcentaje mayor al encontrado en zonas neríticas más profundas, lo que aumenta la similitud entre el área muestreada y estuarios y lagunas costeras (Beckley, 1986; Jenkins, 1986; Álvarez, 1988; Cha, 1991; Gonzalez, 1994). Por el contrario, las especies costeras con huevos pelágicos, principalmente espáridos y serránidos, están mejor representadas en las pescas neríticas de mayor profundidad (Vidal, López y Mas, 2000), lo que podría indicar que la puesta se realiza en aguas no tan someras, e incluso que podría existir, al igual que en las otras familias, una selección activa de hábitat por parte de la larva.

La relación huevos/larvas totales en este estudio fue de 3:1; si tenemos en cuenta sólo las larvas con huevos pelágicos, es de 12:1. Esta relación muestra

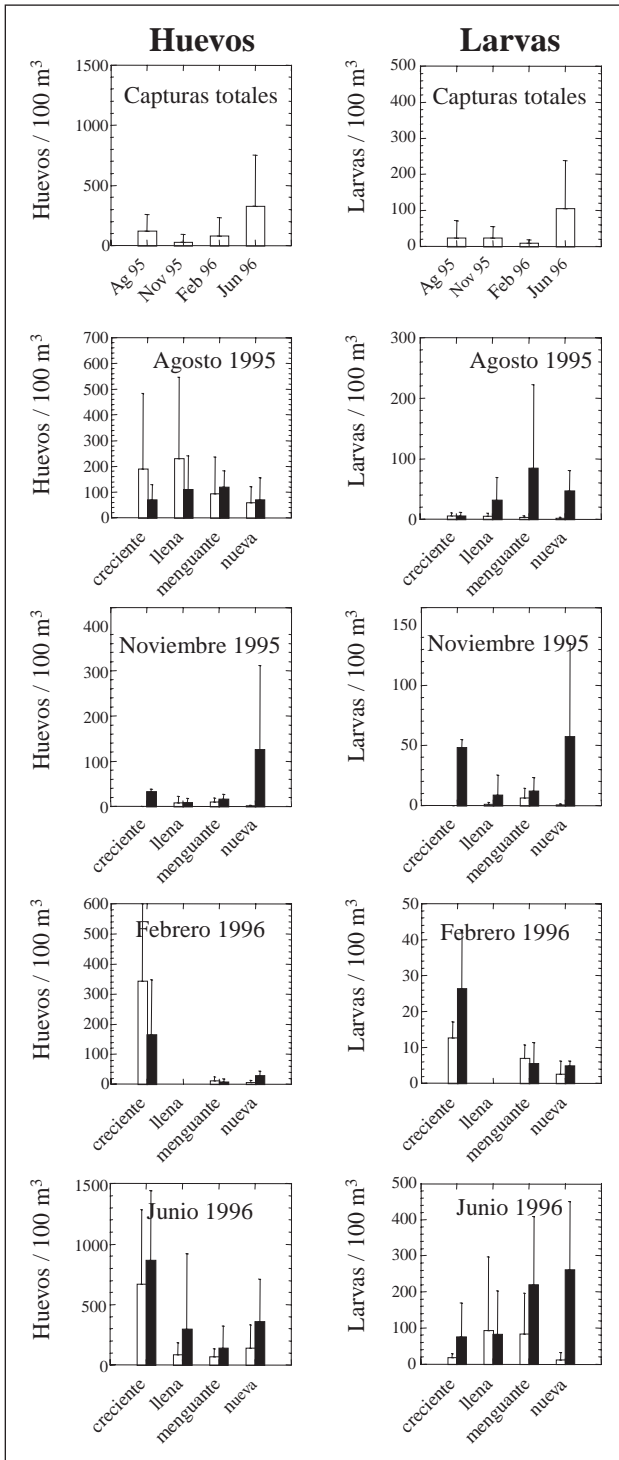


Figura 2. Capturas totales de huevos y larvas, en cada una de las épocas de muestreo, y por fase lunar y periodo del día (blanco: día; negro: noche).

Tabla III. Datos de captura de larvas determinadas para cada época de muestreo por orden descendente de abundancia. Se indica el tipo de huevo (b: bentónico; p: pelágico; i: incubación en bolsas abdominales). Ac (%): porcentaje acumulado.

Familia	Especie	Agosto		Noviembre		Febrero		Junio		Total			Huevos
		Total	%	Total	%	Total	%	Total	%	Total	%	Ac (%)	
GOBIESOCIIDAE	spp.	203	29,46	1	0,18	77	37,75	581	46,15	862	31,8	31,8	b
GOBIIDAE	spp.	234	33,96	194	34,05	107	52,45	324	25,73	859	31,7	63,4	b
CLUPEIDAE	<i>Sardina pilchardus</i> (Walbaum, 1792)	0	0,00	291	51,78	10	4,90	0	0,00	301	11,1	74,5	p
BLeniIDAE	spp.	15	2,18	0	0,00	2	0,98	186	14,77	203	7,5	82,0	b
SPARIDAE	spp.	67	9,72	38	6,76	2	0,98	81	6,43	188	6,9	88,9	p
CLUPEIDAE	<i>Sardinella aurita</i> Valenciennes, 1847	60	8,71	0	0,00	0	0,00	10	0,79	70	2,6	91,5	p
SERRANIDAE	spp.	60	8,71	1	0,18	0	0,00	3	0,24	64	2,4	93,8	p
ATHERINIDAE	spp.	12	1,74	0	0,00	0	0,00	38	3,02	50	1,8	95,7	b
ENGRAULIDAE	<i>Engraulis encrasicolus</i> (L., 1758)	6	0,87	0	0,00	0	0,00	15	1,19	21	0,8	96,5	p
LABRIDAE	spp.	13	1,89	0	0,00	0	0,00	4	0,32	17	0,6	97,1	b + p
GONOSTOMATIDAE	<i>Cyclotone braueri</i> Jespersen & Taning, 1926	0	0,00	16	2,85	0	0,00	0	0,00	16	0,6	97,7	p
CALLIONYMIDAE	<i>Callionymus</i> sp.	2	0,29	0	0,00	4	1,96	5	0,40	11	0,4	98,1	p
SYNGNATIDAE	spp.	0	0,00	1	0,18	1	0,49	7	0,56	9	0,3	98,4	i
SCOMBRIDAE	spp.	8	1,16	0	0,00	0	0,00	0	0,00	8	0,3	98,7	p
GADIDAE	spp.	1	0,15	4	0,71	0	0,00	0	0,00	5	0,2	98,9	p
MYCTOPHIDAE	<i>Hygophum benoiti</i> (Cocco, 1838)	0	0,00	5	0,89	0	0,00	0	0,00	5	0,2	99,1	p
MYCTOPHIDAE	<i>Lampanyctus pusillus</i> (Johnson, 1890)	0	0,00	5	0,89	0	0,00	0	0,00	5	0,2	99,3	p
CARANGIDAE	spp.	3	0,44	0	0,00	0	0,00	1	0,08	4	0,1	99,4	p
PLEURONECTIDAE	spp.	0	0,00	3	0,53	1	0,49	0	0,00	4	0,1	99,6	p
TRIPTERGYGIIDAE	<i>Trypterigion</i> sp.	0	0,00	0	0,00	0	0,00	4	0,32	4	0,1	99,7	b
CEPOLIDAE	<i>Cepola rubescens</i> Linnaeus, 1766	2	0,29	0	0,00	0	0,00	0	0,00	2	0,1	99,8	p
MACRORAMPHOSIDAE	<i>Macroramphosus s</i> <i>colopax</i> (Linnaeus, 1758)	0	0,00	1	0,18	0	0,00	0	0,00	1	0,0	99,8	b
MYCTOPHIDAE	<i>Ceratoscopelus</i> <i>maderensis</i> (Lowe, 1839)	1	0,15	0	0,00	0	0,00	0	0,00	1	0,0	99,9	p
MYCTOPHIDAE	<i>Lobianchia dofleini</i> (Zugmayer, 1911)	0	0,00	1	0,18	0	0,00	0	0,00	1	0,0	99,9	p
MYCTOPHIDAE	sp.	1	0,15	0	0,00	0	0,00	0	0,00	1	0,0	99,9	p
MYCTOPHIDAE	<i>Lampanictus crocodrilus</i> (Risso, 1810)	0	0,00	1	0,18	0	0,00	0	0,00	1	0,0	99,9	p
MUGILIDAE	sp.	1	0,15	0	0,00	0	0,00	0	0,00	1	0,0	100,0	p
Suma total		689	100	562	100	204	100	1259	100	2714	100		

una gran disparidad según las zonas y época, por ejemplo, 10:1 en la costa de Taiwan (Tzeng y Wang, 1994), 1:1 en la costa del Pacífico de Estados Unidos (Kendall, 1994) e incluso < 1:1 en California (Barnett, 1985), y se utiliza como indicador de la capacidad de retención de larvas de la zona. Los datos sobre especies con huevos bentónicos, con alta densidad respecto a muestreos en la plataforma, reflejan

una selección de hábitat en el estadio larvario. Según el patrón observado en la reserva marina de Tabarca, sus aguas no tendrían efecto de concentración larvaria sobre las especies con huevos pelágicos, algunas de ellas de alto valor comercial (por ejemplo, Sparidae, Serranidae). La producción de huevos y larvas se exportaría según el régimen hidrodinámico, hasta que la larva tuviese capacidad sufi-

Tabla IV. Capturas de *Sardinella aurita* (agosto 1995), Serranidae (agosto 1995) y Bleniidae (agosto 1995), y *Sardina pilchardus* (noviembre 1995). Resumen del análisis de la varianza: (g. l.): grados de libertad; (ns): no significativo; (*): $p < 0,05$; (**): $p < 0,01$.

Factor	g. l.	<i>S. aurita</i> F-ratio	Serranidae F-ratio	Bleniidae F-ratio	<i>S. pilchardus</i> F-ratio
Fase lunar	3	0,246 ^{ns}	0,172 ^{ns}	1,2 ^{ns}	1,970 ^{ns}
Periodo	1	1,933 ^{ns}	2,980 ^{ns}	2,4 ^{ns}	11,363 ^{**}
Fase lunar × periodo	3	0,213 ^{ns}	0,488 ^{ns}	3,63 [*]	2,100 ^{ns}
Error		24 - 2 = 22	24 - 2 = 22	24 - 2 = 22	24 - 10 = 14

ciente para evitar la advección. Esta exportación actuaría de conexión entre poblaciones pertenecientes a la misma metapoblación (Man, Law y Polunin, 1995). Por otra parte, la dispersión de los estadios planctónicos trasladaría la efectividad del esfuerzo reproductor de la reserva marina hacia otras áreas (Underwood y Fairweather, 1989). En la literatura encontramos evidencias de este comportamiento exportador desde áreas productoras de propágulos hacia zonas corriente abajo tanto en peces como crustáceos (Fortier, 1982; Watson, 1991; Pepin y Helbig, 1994). No obstante el caso contrario, de autorreclutamiento, se ha detectado en pocas ocasiones (Black, Moran y Hammond, 1991) y con condiciones hidrodinámicas muy concretas.

Respuesta de huevos y larvas a los factores época, fase lunar y periodo del día

La velocidad de la corriente medida en la zona de muestreo fue similar a la utilizada en arrastres de ictioplancton (≈ 1 m/s), aunque hubo periodos con $< 0,2$ m/s que podrían haber facilitado el escape de larvas. No obstante, el porcentaje de larvas escapadas debió de ser bajo ya que la densidad de huevos y larvas ha sido similar a la encontrada por otros autores que han utilizado el arrastre.

Las densidades encontradas de huevos y larvas fueron del mismo orden de magnitud a las de otros lugares costeros (huevos: Álvarez, 1988; Kendall, 1994; larvas; Blaber *et al.*, 1994). La respuesta de los huevos a las fases lunares y al periodo del día no tuvo un patrón constante, aunque se aprecian mayores capturas en cuarto creciente. Este hecho podría reflejar una relativa importancia del ciclo lunar en las pautas de puesta, como se ha demostrado en algunas especies (Robertson *et al.*, 1999). En otros casos, se encontró mayor densidad de huevos durante el día (Clark, 1994), aunque en el presente estudio no se encontraron diferencias significativas.

Los resultados muestran que el comportamiento de las larvas difiere del de los huevos, existiendo una amplia oscilación en las capturas a las escalas temporales estudiadas. Las capturas de larvas son menores durante el día que durante la noche, tanto en las capturas totales como en la mayoría de las categorías taxonómicas analizadas. Hubo tendencia a encontrar mayores diferencias entre capturas día-noche durante las fases lunares oscuras, aunque sólo con diferencias significativas agrupando todas las larvas. Esto se debió posiblemente a la evitación de la red durante periodos con suficiente luz y una velocidad de corriente baja. No obstante, las mayores capturas durante la noche no se pueden achacar únicamente a que las larvas se escapen, ya que esta diferencia se ha visto en diversos trabajos realizados con arrastre que se encuentra el mismo patrón (Roper, 1986; Dufour, 1991; Ali, 1994), aunque no es generalizado (Yamashita, 1985). En conclusión, el poblamiento ictioplanctónico de la reserva marina de Tabarca está caracterizado principalmente por especies de hábitos demersales, con un rango espacial muy limitado (Gobiesocidae y Gobiidae). Las especies más favorecidas por el efecto de la protección en la reserva marina (Sparidae, Serranidae, Labridae) aparecen en muy baja proporción. Esto debe ser tenido en cuenta a la hora de plantear estudios de exportación larvaria para probar el posible efecto repoblador de la reserva marina, de forma que se plantee el diseño de muestreo apropiado. La alta variabilidad temporal constatada a todas las escalas consideradas en este estudio recomiendan el uso de diseños con factores jerarquizados, para evaluar sin confusiones cada una de las posibles fuentes de variación.

AGRADECIMIENTOS

Queremos mostrar nuestro agradecimiento a la doctora Ana Sabatés, del Institut de Ciències del Mar de Barcelona, y a Inma Vidal, del Centro

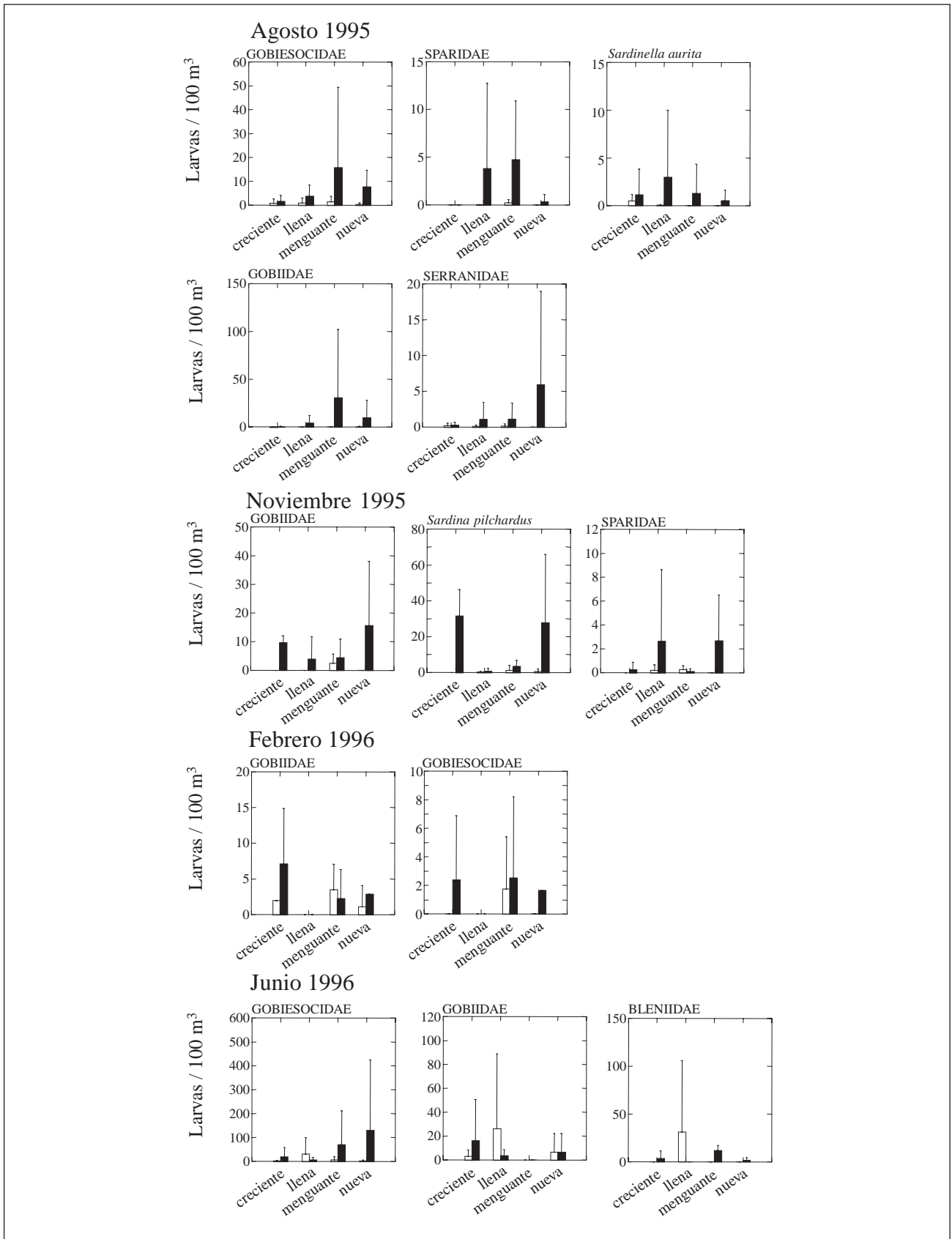


Figura 3. Capturas de las categorías más abundantes dentro de cada época y su relación con los factores fase lunar y periodo del día (blanco: día; negro: noche).

Oceanográfico de Murcia del Instituto Español de Oceanografía, por su ayuda en la identificación de las larvas. Agradecemos a José Luís Patiño y a Miguel Entrena su colaboración en la separación de muestras. El estudio se realizó con financiación de la Secretaría General de Pesca Marítima (MAPA) y de la Comisión Interdisciplinar de Ciencia y Tecnología (CICYT) mediante el proyecto *Estudio del efecto reserva sobre la ictiofauna en zonas marinas protegidas del sudeste ibérico español* (AMB94-0365-C03-01). Agradecemos también a los guardapescas de la Reserva Marina de Tabarca su apoyo, y al Club Náutico de Santa Pola el uso de sus instalaciones.

BIBLIOGRAFÍA

- Ali, K. J. 1994. Day and night differences in the larval fish catch from the Gulf of Aden. *Meeresforschung* 28 (1): 10-18.
- Allen, D. M. y D. L. Barker. 1990. Interannual variations in larval fish recruitment to estuarine epibenthic habitats. *Marine Ecology Progress Series* 63: 113-125.
- Álvarez, C. J. 1988. Composition and abundance of fish larvae in Huizache-Caimanero Lagoon system part II. Tapo Botadero Mexico. *Anales del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología Universidad Nacional Autónoma de México* 15: 143-158.
- Arias, A. M y P. Drake. 1990. Entrainment of fish fry by tidal movements in saltmarsh fish-ponds of Cadiz bay south-west Spain. *Informes Técnicos de Investigación Pesquera* (156): 53 pp.
- Arkhipov, A. G. A. 1991. Using Parker's method to assess the biomass of the spawning stock of fish with batch fecundity as exemplified by the black sea anchovy *Engraulis encrasicolus ponticus*. *Voprosy Ikhtiologii* 31: 939-950.
- Baltz, D. M., C. Rakocinski y J. W. Fleeger. 1994. Microhabitat use by marsh-edge fishes in a Louisiana estuary. *Environmental Biology of Fishes* 36: 123-131.
- Barnett, A. M. J. 1985. Distribution of ichthyoplankton off San-Onofre California USA and methods for sampling very shallow coastal waters. *U S National Marine Fisheries Service Fishery Bulletin* 82: 97-112.
- Bayle, J. T. 1999. *Ictiofauna de la Reserva Marina de Tabarca: evaluación de las medidas de protección*. Tesis doctoral. Unitat de Biologia Marina. Universitat d'Alacant, Alicante, España: 349 pp.
- Beckley, L. E. 1986. The ichthyoplankton assemblage of the alga bay South Africa nearshore region in relation to coastal zone utilization by juvenile fish. *South African Journal of Zoology* 21: 244-252.
- Belyanina, T. N. 1986. Ichthyoplankton of the Gulf of Tonkin composition distribution and seasonal changes in the population. *Voprosy Ikhtiologii* 26: 930-936.
- Bernal, R., F. Balbontin y O. Rojas. 1994. Patterns of eggs and larval distribution of *Merluccius gayi gayi* of the coast of Chile, and associated environmental factors. [Spanish]. *Revista de Biología Marina y Oceanografía* 32: 31-56.
- Blaber, S. J. M., M. J. Farmer, D. A. Milton, J. Pang, O. Boon-Teck y P. Wong. 1994. The ichthyoplankton of selected estuaries in Sarawak and Sabah: Composition, distribution and habitat affinities. *Estuarine Coastal & Shelf Science* 45: 187-208.
- Black, K. P., P. J. Moran y L. S. Hammond. 1991. Numerical models show coral reefs can be self-seeding. *Marine Ecology Progress Series* 74: 1-11.
- Boehlert, G. W. y B. C. Mundy. 1994. Ichthyoplankton assemblages at seamounts and oceanic islands. *Bulletin of Marine Science* 53: 354-361.
- Camiñas, J. A., N. Cano, D. Cortés, D. R. Díaz, V. A. García y J. P. Rubín. 1994. 'Ecomalaga': An ecosystem analysis of the Mediterranean coast around Malaga, Spain. *Journal of Coastal Conservation* 4: 39-50.
- Cha, S. S. P. 1991. Spatio-temporal distribution of the ichthyoplankton in the Mankyong-Dongjin estuary. *Journal of the Oceanological Society of Korea* 26: 47-58.
- Clark, A. L. P. 1994. Diurnal variations in ichthyoplankton densities at Ohio River Mile 571, USA. *Transactions of the Kentucky Academy of Science* 41 (3-4): 116-121.
- Doyle, M. J., W. W. Morse y A. W. Kendall. 1994. A comparison of larval fish assemblages in the temperate zone of the northeast Pacific and northwest Atlantic Oceans. *Bulletin of Marine Science* 53: 630-644.
- Drake, P. y A. M. Arias. 1991. Ichthyoplankton of a shallow coastal inlet in south-west Spain: Factors contributing to colonization and retention. *Estuarine Coastal & Shelf Science* 32: 347-364.
- Drolet, R. F. 1991. Production of fish larvae and their prey in subarctic southeastern Hudson Bay. *Marine Ecology Progress Series* 77: 105-118.
- Dufour, V. 1991. Variations of fish larvae abundance in reefs effect of light on the colonization of the reefs by fish larvae. *Comptes Rendus de L'Academie des Sciences Serie III Sciences de la Vie* 313: 187-194.
- Fortier, L.L. 1982. Fickian transport and the dispersal of fish larvae in estuaries. *Canadian Journal of Fisheries & Aquatic Sciences* 39: 1150-1163.
- Fortuño, J. M. 1983. Distribución y abundancia de huevos y larvas de sardina capturados en el mar Catalán en invierno de 1981-1982. *II Jornadas de Ictiología Ibérica*. Gijón, España: 121-124. [Libro de resúmenes].
- Gaughan, D. J. N. 1990. Composition seasonality and distribution of the ichthyoplankton in the lower swan estuary Southwestern Australia. *Australian Journal of Marine & Freshwater Research* 41: 529-544.
- Gonzalez, B. E. 1994. Larval and juvenile fish of the eastern coast of Lake Maracaibo, Venezuela. *Boletín del Centro de Investigaciones Biológicas. Universidad del Zulia* 30: 69-76.
- Gonzalez, E. O. 1984. Preliminary survey of fish eggs and larvae in Tablazo Bay and the straits of lake Maracaibo, Zulia State Venezuela. *Boletín del Centro de Investigaciones Biológicas. Universidad del Zulia* 15: 97-118.
- Grioche, A. y P. Koubbi. 1994. A preliminary study of the influence of a coastal frontal structure on ichthyoplankton assemblages in the English Channel. *ICES Journal of Marine Science* 54: 95-104.
- Harris, J. H. 1986. Reproduction of the australian bass *Macquaria novemaculeata* Perciformes: Percichthyidae in

- the Sydney Basin, Australia. *Australian Journal of Marine & Freshwater Research* 37: 209-236.
- Jenkins, G. P. 1986. Composition seasonality and distribution of ichthyoplankton in Port-Phillip Bay Victoria Australia. *Australian Journal of Marine & Freshwater Research* 37: 507-520.
- Johnston, C. E. M. 1988. Summer ichthyoplankton communities of two estuarine systems of Prince Edward Island, Canada. *Canadian Journal of Zoology* 66: 737-745.
- Kendall, A. W. J. 1994. Diel-depth distribution of summer ichthyoplankton in the middle Atlantic bight. *U.S. National Marine Fisheries Service Fishery Bulletin* 79 (4): 705-726.
- Kingsford, M. J. y M. Finn. 1998. The influence of phase of the moon and physical processes on the input of pre-settlement fishes to coral reefs. *Journal of Fish Biology* 51 (Supl. A): 176-205.
- Leis, J. M. y B. M. Carson-Ewart. 1997. In situ swimming speeds of the late pelagic larvae of some Indo-Pacific coral-reef fishes. *Marine Ecology Progress Series* 159: 165-174.
- Leis, J. M., T. Trnski, P. J. Doherty y V. Dufour. 1994. Replenishment of fish populations in the enclosed lagoon of Taiaro Atoll: (Tuamotu Archipelago, French Polynesia) evidence from eggs and larvae. *Coral Reefs* 17: 45-64.
- Limouzy-Paris, C., M. F. McGowan, W. J. Richards, J. P. Umaran y S. S. Cha. 1994. Diversity of fish larvae in the Florida Keys: Results from SEFCAR. *Bulletin of Marine Science* 54: 854-870.
- Man, A., R. Law y N. V. C. Polunin. 1995. Role of Marine Reserves in recruitment to reef fisheries: A metapopulation model. *Biological Conservation* 71: 197-204.
- Olivar, M. P. y A. Sabatés. 1994. Vertical distribution of fish larvae in the north-west Mediterranean Sea in spring. *Marine Biology (Berlin)* 129: 289-300.
- Oliveira, P. y A. Duarte. 1987. The ichthyoplankton of the Albufeira Lagoon Spain 1984-1985. *Investigación Pesquera* 51: 411-426.
- Pepin, P. y J. A. Helbig. 1994. Distribution and drift Atlantic cod (*Gadus-morhua*) eggs and larvae on the northeast Newfoundland shelf. *Canadian Journal of Fisheries & Aquatic Sciences* 54: 676-685.
- Ponton, D. y L. Fortier. 1992. Vertical distribution and foraging of marine fish larvae under the ice cover of southeastern Hudson Bay. *Marine Ecology Progress Series* 81: 215-227.
- Powell, A. B. y R. E. Robbins. 1994. Ichthyoplankton adjacent to live-bottom habitats in Onslow Bay, North Carolina. *NOAA (National Oceanic & Atmospheric Administration) Technical Report National Marine Fisheries Service* 0: 32-65.
- Ramos-Esplá, A. 1985. Contribución al conocimiento de las biocenosis bentónicas litorales de la isla Plana o Nueva Tabarca (Alicante). En: *La reserva marina de la Isla Plana o Nueva Tabarca*. A. Ramos-Esplá (ed.): 111-148. Universitat d'Alacant, Servei de Publicacions. Alicante, España.
- Robertson, D. R., S. E. Swearer, K. Kaufmann y E. B. Brothers. 1999. Settlement vs. environmental dynamics in a pelagic-spawning reef fish at Caribbean Panama. *Ecological Monographs* 69: 195-218.
- Rodríguez, J. M. 1990. Contribution to ichthyoplankton study in the Alboran Sea, Spain. *Boletín del Instituto Español de Oceanografía* 6: 1-20.
- Roper, D. S. 1986. Occurrence and recruitment of fish larvae in a northern New Zealand Estuary. *Estuarine Coastal and Shelf Science* 22: 705-717.
- Sabatés, A. 1988. *Sistemática y Distribución Espacio-Temporal del Ictioplancton en la Costa Catalana*. Tesis doctoral. Universidad de Barcelona. Departamento de Ecología. Barcelona: 558 pp.
- Sabatés, A., J. M. Gili y F. Pagès. 1989. Relationship between zooplankton distribution, geographic characteristics and hydrography patterns off the Catalan coast (Western Mediterranean. *Marine Biology (Berlin)* 103: 153-159.
- Turner, J. T. B. 1983. Seasonality of plankton assemblages in a temperate estuary. *Marine Ecology* 4: 81-99.
- Tzeng, W. N. y Y. T. Wang. 1994. Hydrography and distribution dynamics of larval and juvenile fishes in the coastal waters of the Tanshui River estuary, Taiwan, with reference to estuarine larval transport. *Marine Biology (Berlin)* 116: 210-217.
- Underwood, A. J. 1997. *Experiments in ecology: their logical design and interpretation using analysis of variance*. Cambridge University Press. Cambridge: 450 pp.
- Underwood, A. J. y P. W. Fairweather. 1989. Supply-side ecology and benthic marine assemblages. *Trend. Ecol. Evolut.* 4: 16-19.
- Vidal, I., F. López y J. Mas. 2000. Efecto de la topografía submarina en la distribución horizontal del ictioplancton en el sureste ibérico. En: *Resúmenes del XXI Congreso Ibérico del Bentos Marino* (22-25 de febrero, 2000. Málaga, España) J. E. García Raso y M. E. Manjón Cabeza (eds.): 178-180. Departamento de Biología Animal, Facultad de Ciencias, Universidad de Málaga. Málaga, España. [Libro de resúmenes].
- Watson, F. L. M. 1991. Distribution of lobster larvae on the Scotian shelf 1978-1991. *Canadian Technical Report of Fisheries & Aquatic Sciences*. Vancouver, B.C., Canadá: 167 pp.
- Whitfield, A. K. 1989. Fish larval composition abundance and seasonality in a southern african estuarine lake. *South African Journal of Zoology* 24: 217-224.
- Yamashita, Y. K. 1985. Diel vertical migration and feeding rhythm of the larvae of the japanese sand-eel *Ammodytes personatus*. *Bulletin of the Japanese Society of Scientific Fisheries* 51: 1-6.
- Yoo, J. M. 1988. Distribution of the fish larvae in the southeastern Yellow Sea during the summer. *Ocean Research (Seoul)* 10: 9-16.
- Zoffmann, C., A. Ramos-Esplá y F. Rodríguez-Varela. 1985. Datos preliminares oceanográficos y de contaminación marina en la isla Pana o Nueva Tabarca. En: *La reserva marina de la Isla Plana o Nueva Tabarca (Alicante)*. A. Ramos-Esplá (ed.): 95-110. Universitat d'Alacant, Servei de Publicacions. Alicante, España.