

**UNIVERSIDAD DE LAS PALMAS DE GRAN  
CANARIA**

**PROGRAMA DE DOCTORADO EN OCEANOGRAFÍA  
2005/2007**

---

**COMPOSICIÓN Y DISTRIBUCIÓN DEL  
ICTIOPLANCTON DE LA RESERVA  
MARINA DE EL HIERRO, ISLAS  
CANARIAS**

---

**Patricia Arranz Alonso**

patricia.arranz101@doctornados.ulpgc.es  
patricia\_arranz@hotmail.com

Memoria presentada para la obtención de la Suficiencia  
Investigadora.

Dirigida por el Dr. D. Santiago Hernández-León.

## RESUMEN

Se ha estudiado la comunidad zooplanctónica en tres estaciones neríticas en la Reserva Marina de El Hierro, Islas Canarias, a través de la determinación de la abundancia y la distribución espacio-temporal del mesozooplancton e ictioplancton. Se observaron valores medios de biomasa de mesozooplancton ( $8.82 \pm 4.31 \text{ mg} \cdot \text{m}^{-3}$ ), normales para el área. La abundancia de huevos ( $1282 \pm 1521.50 \text{ huevos} \cdot 10\text{m}^{-2}$ ) fue superior a la esperada, al compararla con otros trabajos realizados en el Archipiélago. Las larvas de peces mostraron abundancias totales ( $352.28 \pm 333.16 \text{ larvas} \cdot 10\text{m}^{-2}$ ) que concuerdan con las obtenidas para esta región. Su distribución espacial sugiere una acumulación de huevos y larvas de especies neríticas en la estela de agua cálida que se forma a sotavento de la isla. En cuanto a su distribución temporal, las poblaciones ictioplanctónicas mostraron un sincronismo con los procesos de producción mesozooplanctónica que se dieron a lo largo del ciclo anual.

## INTRODUCCIÓN

Las pesquerías suponen uno de los recursos económicos más importantes desde un punto de vista económico para las Islas Canarias. La pesca artesanal multiespecífica y selectiva practicada en la isla de El Hierro, ha contribuido a preservar un área rica en especies de interés pesquero. Dicho estado contrasta con la situación de sobrepesca que viven otras islas (Bas *et al.*, 1995; Falcón *et al.*, 1996; Tuya *et al.*, 2004, 2006a, 2006b).

Para una buena gestión pesquera es necesario, tener conocimientos científicos detallados acerca de las especies objetivo, incluyendo todas las etapas de las mismas. A menudo las fases larvarias son relegadas a un segundo plano en dichos estudios, a pesar de su enorme importancia. En las Islas Canarias la ausencia de este tipo de trabajos es aún más evidente, poniendo de manifiesto la necesidad de los mismos como un paso primordial para la gestión y explotación racional y sostenible de las pesquerías a nivel global y regional. Así, un análisis tanto a nivel de diversidad y abundancia de la comunidad planctónica, como de los factores que influyen en su distribución y variabilidad resultaría muy beneficioso.

La isla de El Hierro es la más pequeña y occidental del Archipiélago Canario, situado en el flanco Este del giro subtropical Atlántico. La corriente de Canarias, dominante en la zona, circula hacia el SW a una velocidad media de  $25\text{-}60 \text{ cm} \cdot \text{s}^{-1}$ . según la época del año. El régimen general de Vientos Alisios del

N-NE, de máxima intensidad durante el verano, se ve perturbado a su paso por la escarpada topografía de las Islas, generando un área de calma a sotavento de las mismas (Aristegui *et al.*, 1994). La Corriente de Canarias y los Vientos Alisios, por tanto, son los responsables de introducir una gran variabilidad en los flujos atmosféricos y oceánicos, dando lugar a fenómenos de tipo mesoescalar como remolinos y estelas de agua cálida al sur de las Islas (Aristegui, 1989; Van Camp *et al.*, 1991; Barton, 1998). Estas estelas, observables en imágenes de temperatura superficial por satélite (SST), se dan en la mayoría de islas del Archipiélago (Aristegui, 1989; Barton, 1998). Presentan aguas tranquilas, que favorecen la acumulación de organismos (Hernández-León, 1991; Rodríguez, 2001). En ese sentido, Hernández-León (1988, 1991) obtiene valores elevados de biomasa de mesozooplankton a sotavento de la isla de Gran Canaria y máximos de abundancia en la zona de cizalla del viento como consecuencia del denominado efecto masa de Isla (Hernández-León, 1988, 1991). También se han descrito para la Isla de Gran Canaria, elevadas concentraciones de ictioplancton y zooplancton registradas en la estela de agua cálida, lo cual ha conducido a considerarla como un mecanismo de retención de las larvas cerca de la costa (Rodríguez *et al.*, 2001).

Las Islas Canarias, típicamente oceánicas y de origen volcánico, presentan una abrupta batimetría y estrechas plataformas insulares, con perfiles que alcanzan los 2000 m cerca de la costa en las Islas con menor plataforma. El Hierro en particular, prácticamente carece de plataforma insular y desde un punto de vista biológico, la presencia de una plataforma insular estrecha, influirá fuertemente sobre la productividad de las aguas. Determinará en gran medida procesos biológicos, como por ejemplo la regeneración de nutrientes (Hernández-León, 1984, 1991). Por ello es posible encontrar un gradiente decreciente de productividad desde las islas más orientales, con mayor plataforma, hacia las occidentales (Hernández-León, 1991).

La batimetría es un factor a tener en cuenta ya que, determina en buena medida, la localización de los adultos reproductores y por ello influye a su vez en la del ictioplancton. La corta distancia que puede separar, en el caso de Canarias, la línea de costa con las aguas oceánicas de más de 1000 m de profundidad, permite la llegada de corrientes superficiales que transportan huevos y larvas de especies mesopelágicas a zonas costeras (Alemany *et al.*, 1997).

Existe un gradiente de temperatura decreciente en el Archipiélago en sentido este-oeste, con diferencias de hasta 3°C. Así, El Hierro será la Isla que presente mayores temperaturas en sus aguas; debido a esto y a otros factores asociados a cambios a escala global, en esta Isla, se ha descrito un incremento de la presencia de peces de afinidades tropicales (Brito *et al.*, 2005b) lo que nos lleva a considerarla como la más tropicalizada.

También existe un gradiente en la productividad en el Archipiélago debido a la cercanía del afloramiento norafricano. La llegada ocasional de filamentos procedentes del afloramiento a los flancos este de las islas (Barton *et al.*, 2000), provocará un enriquecimiento de sus aguas. Lógicamente, éste será más patente en las islas orientales, mientras que en las occidentales este efecto es inapreciable (Aristegui *et al.*, 1997), como sucede en El Hierro. Los filamentos actúan como cintas transportadoras trasladando fitoplancton (Aristegui *et al.*, 1997), zooplancton (Hernández-León, 2002) e ictioplancton (Rodríguez *et al.*, 1999, 2004) desde la costa africana al archipiélago.

El ciclo anual de producción en las Islas Canarias ha sido descrito por Barton *et al.* (1998) en el que distingue tres períodos: (i) un pico de producción a finales de invierno (Hernández-León, 1991; Aristegui *et al.*, 1997) coincidiendo con la máxima intensidad de la mezcla vertical en la columna de agua. Este proceso fertiliza las capas más superficiales con nutrientes y permite el desarrollo del bloom de organismos. (2) una estación de verano que se corresponde con la máxima intensidad de viento en la zona y la estratificación de las aguas y (3) una estación de otoño en la que en general la producción va disminuyendo, coincidiendo con la mínima intensidad de viento y la máxima estratificación de la columna de agua (Hernández-León, 1988). Cabe mencionar que han sido descritos para esta estación, máximos de productividad aislados (Braun, 1981).

La variabilidad interanual que expresan estos ciclos de productividad va a ser un elemento regulador y condicionante para las poblaciones de peces, puesto que los periodos de producción de sus larvas y el alimento disponible para ellas, podrán coincidir o no en el tiempo. Esta hipótesis se conoce como el “Match-Mismatch” (Cushing, 1990).

En El Hierro, la gestión local de las pesquerías mediante la creación de la Reserva Marina Mar de Las Calmas- Punta de La Restinga en la Isla, en 1996 (<http://www.mapya.es/rmarinas/>) ha favorecido la conservación de la riqueza

pesquera de la zona y especialmente los recursos de fondo costeros (Brito *et al.*, 2001b, 2005a). Las Áreas Marinas Protegidas son sistemas en que los fenómenos de dinámica larvaria son especialmente interesantes puesto que van a determinar en gran medida las zonas de acumulación de las larvas que se produzcan. La información acerca de la dispersión larvaria en especies marinas es escasa (Miller, 2004; Shanks *et al.*, 2003). Sin embargo, conocer la distribución de larvas en una determinada zona es de un alto valor para formular estrategias de conservación y particularmente para diseñar y ubicar las áreas de protección (Miller, 2004). El diseño óptimo de una RM, requiere incluir datos sobre estos fenómenos con el objetivo de poder incorporar las zonas de acumulación de larvas y huevos de peces en áreas protegidas (Halpern, 2003) en distancias de dispersión asequibles para los reclutas (Mace *et al.*, 2006).

La determinación de los patrones de dispersión larvaria en sistemas marinos es extremadamente difícil (Kaplan, 2006; Leis, 1991; Sabatés, 2003; Warner, 2003), ya que en ellos intervienen una gran variedad de factores oceanográficos, como la advección horizontal (en una amplia escala espacial y temporal) y biológicos (comportamiento gregario del stock de adultos, distribución vertical de las larvas, tiempo de vida en forma larvaria, depredación y mortalidad natural) (Leis, 1991; Rodríguez, 1999; Sabatés, 2003; Shanks *et al.*, 2003). La dispersión larvaria no es por tanto necesariamente pasiva (Sabatés, 2003) y de hecho muchas larvas tienen una gran capacidad de movimiento pudiendo orientarse utilizando estímulos tales como el sonido de la costa (Montgomery *et al.*, 2006). Hay factores que varían en la escala de horas o semanas que serán co-responsables de la variabilidad observada en el reclutamiento para un año dado (Cushing, 1990; Kaplan, 2006; Largier, 2003), aun considerando el mismo stock de reproductores ( McKenzie, 2000).

Estos fenómenos dispersivos son especialmente importantes en islas oceánicas debido a que, en éstas, las poblaciones neríticas han de encontrar mecanismos para luchar contra la corriente y permanecer cerca de la costa. De este modo, varios autores han enfatizado la importancia de la acumulación de larvas en islas oceánicas (Rodríguez *et al.*, 2001) y arrecifes (Swearer *et al.* 2002, Jones *et al.*, 1999), para explicar su poblamiento, promoviendo la retención local de organismos (Cowen *et al.*, 2000) y por tanto, un auto-reclutamiento de las poblaciones de la zona (Jones *et al.*, 1999).

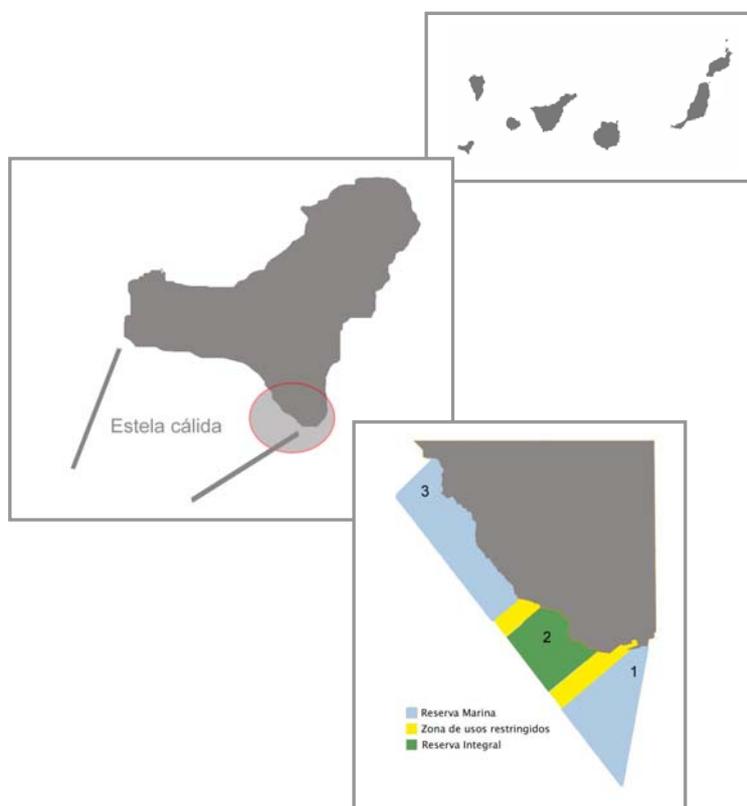
Los beneficios derivados de las Áreas Marinas Protegidas, conocidos como “Efecto Reserva”, producen, un incremento de la diversidad de especies y de la abundancia y el tamaño medio de los individuos de las especies objetivo en el entorno protegido (Harmelin *et al.* 1995; Polunin y Roberts, 1993; Sabatés, 2003). De este modo, una de las consecuencias más valiosas de una Reserva Marina es la protección de la biomasa del stock de reproductores, de los que se espera un incremento en la producción de huevos (Bonsack, 1993; Sabatés, 2003, Roberts y Polunin, 1991) que, a su vez, incrementa la exportación de huevos y larvas hacia el exterior de la Reserva Marina por el “efecto de reclutamiento” (Russ, 2002). La exportación de adultos desde la zona protegida hacia otros lugares, fenómeno conocido como “*spillover*”, es difícil de demostrar (Russ, 2002, 2003). Sin embargo trabajos realizados en la Reserva Marina de El Hierro (Brito *et al.*, 2001b, 2005a; Planes, 2006) han puesto en evidencia la presencia de *spillover* para ciertas especies de interés comercial, desde la Reserva Marina a zonas aledañas. No obstante, algunos autores señalan que los beneficios de las Reservas Marinas se producen más por la exportación neta de larvas (efecto de reclutamiento) que por el *spillover* de adultos (Abesamis, 2006; Russ, 2002). La mayor parte de especies de las consideradas susceptibles de expresar este Efecto Reserva son relativamente sedentarias y su fase de dispersión queda restringida a la fase larvaria. Las especies de interés comercial descritas como objetivo para la Reserva Marina de la Isla de El Hierro (Brito *et al.*, 1998, 2001b, 2005a) son: *Sparisoma cretense*, *Diplodus sargus*, *Myteroperca fusca*, *Epinephelus marginatus* y *Serranus atricauda*, entre otras.

El objetivo de este trabajo es caracterizar la composición ictioplanctónica de la Isla de El Hierro a través de la cuantificación de la biomasa mesozooplanctónica y del estudio de la distribución espacio-temporal de la comunidad Ictioplanctónica en un Área Marina Protegida.

## **MATERIAL Y MÉTODOS**

El área de estudio se localiza en la costa sur de la Isla de El Hierro (Fig. 1). Las tres estaciones de muestreo están situadas sobre la isobata de 100 metros, en el entorno de la Reserva Marina Mar de Las Calmas-Punta de La Restinga, y

presentan diferente exposición al régimen de viento y corrientes de la zona según se describe en la Tabla 1.



**Fig. 1.** Área muestreada al sur de la isla de El Hierro, situación de las estaciones y de la Reserva Marina Mar de Las Calmas- Punta de la Restinga.

**Tabla 1. Características descriptivas de las estaciones.**

Estación	Posición	Exposición a los Vientos		Usos
		Alisios		
1	27°38'11,0N 17°58'37,4W	Expuesta		Zona de pesca profesional.
2	27°38'33,6N 18°00'18,0W	Cizalla		Reserva Integral.
3	27°40'30,0N 18°01'55,1W	Calma		Zona de pesca profesional.

Los muestreos se realizaron durante el día y con periodicidad mensual durante los meses de primavera y otoño de 2006 e invierno 2007, coincidiendo en lo posible con la misma fase lunar (luna llena). Las variables físicas se estudiaron con un CTD (modelo RBR XR-620) que permite tomar medidas de temperatura, salinidad y oxígeno disuelto en la columna de agua. Posteriormente, todos los

datos registrados se descargaron mediante el programa RBR Software y se visualizaron a través del programa Matlab 6.5.

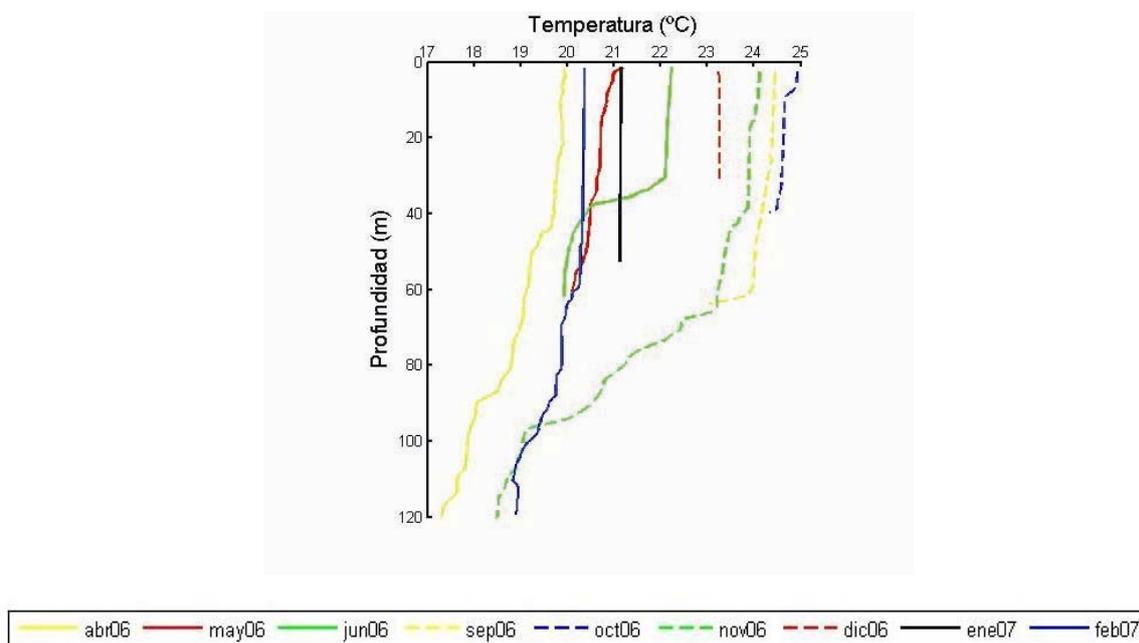
Con la finalidad de obtener las muestras de zooplancton, se realizaron lances oblicuos de red Bongo de 200  $\mu\text{m}$  de luz de malla y 40 cm de diámetro de boca. La medida de la profundidad máxima de muestreo se realizó mediante un profundímetro Subacqua analógico, y el volumen de agua filtrado, se determinó mediante un flujómetro (General Oceanics 2030R).

La red Bongo empleada suministra muestras pareadas. Así, una de las muestras se conservó en una solución de formaldehído al 4% tamponado, para la determinación de la abundancia e identificación larvaria (Smith and Richardson, 1979). La segunda muestra, se congeló para calcular el peso seco de la muestra planctónica (Lovegrove, 1966). Ya en el laboratorio, y con ayuda de una lupa binocular, las muestras fueron triadas para separar las larvas de peces, que fueron contadas e identificadas. La identificación larvaria se llevó a cabo con la ayuda de un microscopio estereoscópico (Leica MZ 9,5) y siguiendo el método del *look alike* (Ponles y Markle, 1984). Éste consiste en identificar los ejemplares en función de descripciones obtenidas de la bibliografía. Además, tiene en cuenta consideraciones ecológicas, como las especies citadas en sus formas adultas en el Archipiélago Canario, de las que se ha elaborado una lista faunística (Brito et al. 2005) y se recopilan datos sobre la época de puesta de las mismas (Brito et al. 1986). Si bien este método es el más usado, también es el más incierto (Alemany, 1997). Para los aspectos sistemáticos se han tomado como referencia las obras de Moser (1996) y Fahay (1983).

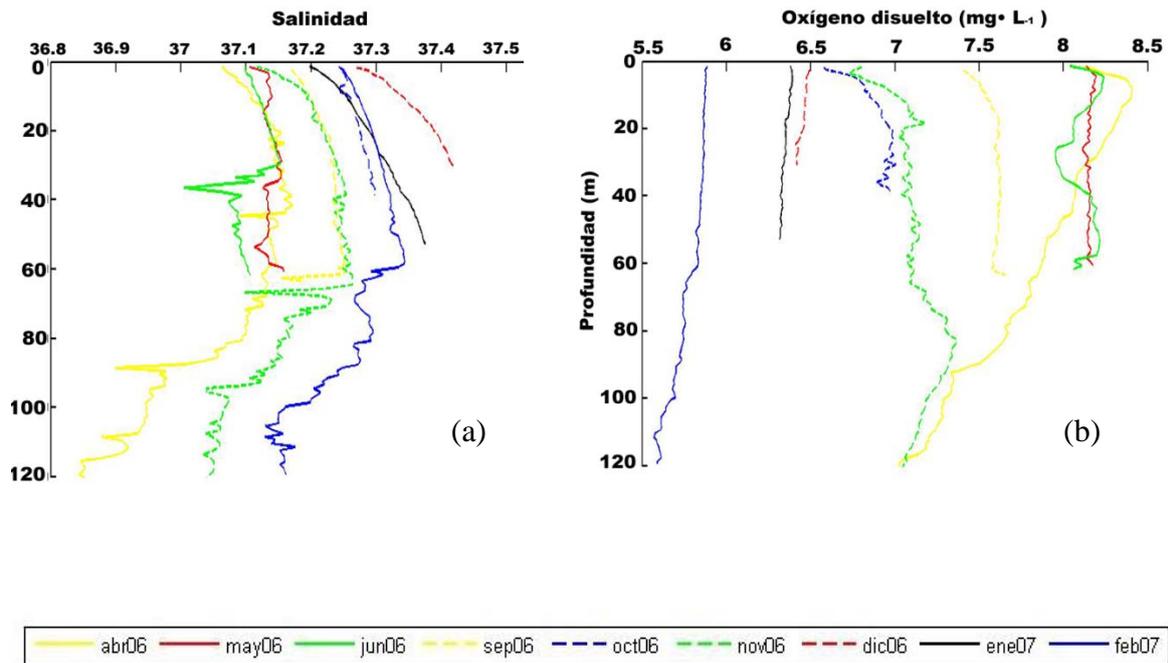
Para la elaboración de la lista taxonómica de identificación de especies se ha seguido la clasificación realizada por Nelson (1994). Se llevó a cabo una asignación de categorías a cada una de las especies, Oceánicas (Oc), Neríticas (N) y No Identificadas (No Id). Dicha asignación se realizó según una adaptación del método de Rodríguez (1999), atendiendo al hábitat de los adultos reproductores y a la región donde se reproducen. Rodríguez (1999) utiliza el término "Otras" para designar la categoría que nosotros denominamos no identificadas.

## RESULTADOS

Con respecto al estudio hidrológico, se realizaron registros de temperatura, salinidad y oxígeno disuelto únicamente para la estación 2. La variación de temperatura a lo largo del año es importante (Fig. 2), con la máxima diferencia ( $> 5^{\circ}\text{C}$ ) entre los meses de octubre y abril. La mezcla vertical es máxima de febrero a abril y la termoclina estacional empieza a formarse en mayo. Ésta aparece clara aunque poco profunda ya en junio, sobre los 30 metros, mientras que en septiembre aparece a los 70 metros, cuando la estratificación es máxima. El oxígeno disuelto es elevado durante la primavera (Fig. 3), durante el verano e invierno los valores decrecen rápidamente y el mínimo se registra en Febrero. La salinidad (Fig. 3.) es mínima en primavera, coincidiendo con la máxima mezcla vertical y va aumentando durante los meses estivales.

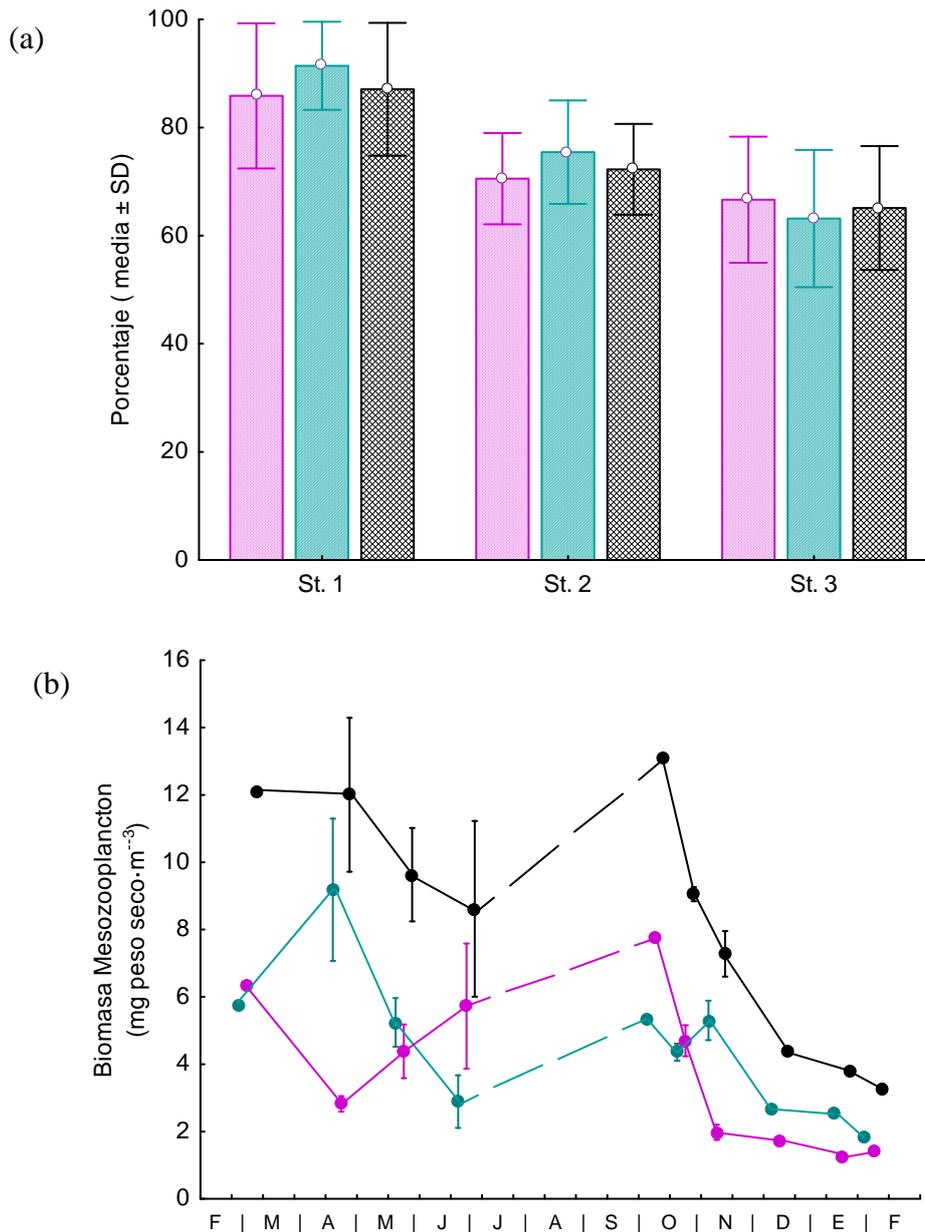


**Fig. 2.** Variación temporal de la temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ ) a lo largo del ciclo anual para la estación 2.



**Fig. 3.** Variación temporal de la salinidad (a) y el oxígeno disuelto ( $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ ) (b) a lo largo del ciclo anual para la estación 2.

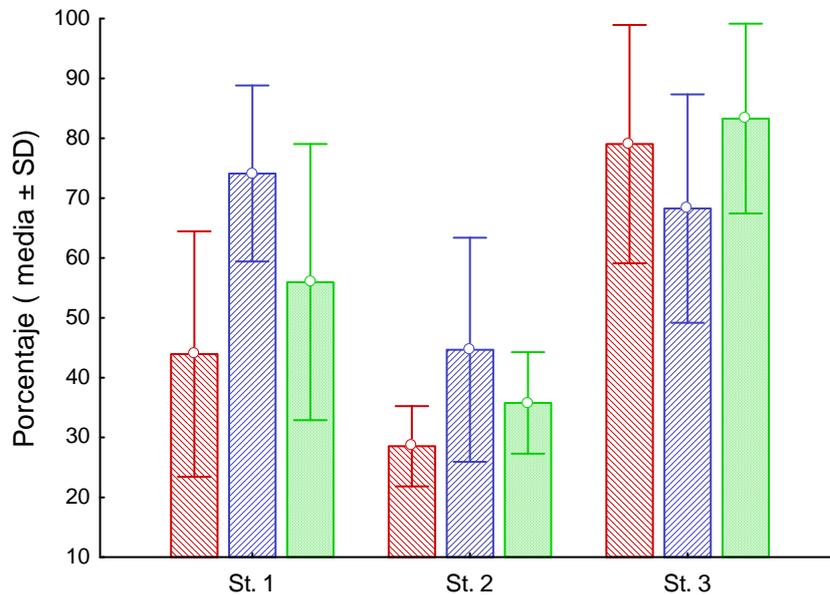
Respecto a los parámetros biológicos, los valores obtenidos para la abundancia de biomasa del mesozooplankton variaron entre 3.25 y 21.95  $\text{mg}$  de peso seco  $\cdot \text{m}^{-3}$  con un promedio de 8.82  $\text{mg}$  de peso seco  $\cdot \text{m}^{-3}$ . La distribución espacial de la biomasa (Fig. 4a) no mostró diferencias significativas (ANOVA,  $p > 0.05$ ) entre las tres estaciones una vez estandarizadas (asignando un valor de 100 a la mayor biomasa de cada muestreo). Respecto a la variación temporal de la biomasa del mesozooplankton, se registró un pico de abundancia a finales de invierno y otro a finales de verano (Fig. 4 b) .



**Fig. 4.** (a) Distribución espacial de la abundancia de biomasa del Mesozooplancton (valores estandarizados). (b) Distribución temporal de la abundancia de biomasa del Mesozooplancton (expresada en mg de peso seco · m<sup>-3</sup>) para las tres estaciones muestreadas. Mesozooplancton <1000µ ■, Mesozooplancton >1000µ ■ y Mesozooplancton total .

Un total de 2436 huevos y 497 larvas de peces fueron capturados en las tres estaciones (Fig. 5 y 6). La abundancia de huevos varió entre 92.0 y 5983.6 huevos · 10 m<sup>-2</sup> con un promedio de 1282.7 huevos · 10 m<sup>-2</sup>. La abundancia de las larvas osciló entre 16.57 y 1274.86 larvas · 10 m<sup>-2</sup>, con un promedio de 352.28 larvas · 10 m<sup>-2</sup>. Se aprecian dos máximos de abundancia, tanto para huevos

como para larvas, uno a finales de invierno y otro a finales de verano (Fig. 6), como se observó también para la biomasa del mesozooplancton.



**Fig. 5.** Distribución espacial de la abundancia de huevos ■, larvas neríticas ■ y larvas oceánicas ■ para las tres estaciones muestreadas (valores estandarizados).

Respecto a la distribución del ictioplancton en la zona, los mayores valores para los huevos se obtuvieron en la estación 3, con un promedio de 2059,98 huevos · 10 m<sup>-2</sup> y los menores en la estación 2, situada dentro de la Reserva Integral. La mayor abundancia de larvas se obtuvo en la estación 3 con un promedio de 518,3 larva · 10 m<sup>-2</sup>, mientras que en la estación 2 se registraron las menores. La distribución horizontal de las larvas tiene una tendencia similar a la de los huevos, siendo ambas más abundantes en la zona a sotavento de la isla, en la estación 3 (Fig. 5).

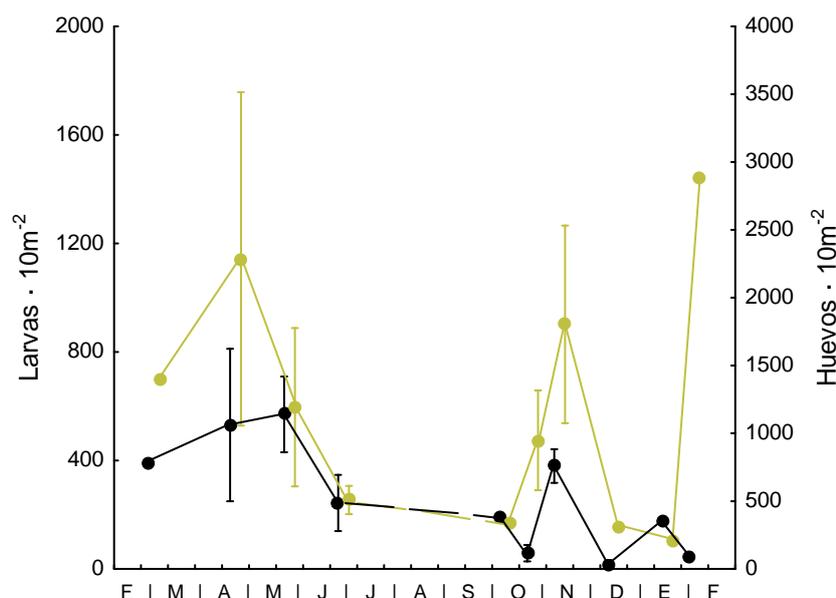


Fig. 6. Distribución temporal de los huevos (●) y las larvas de peces (●) (nº ind. 10m<sup>-2</sup>).

Del total de larvas capturadas, se lograron identificar un 82.3 %: el 53.7% pertenecen a especies oceánicas, el 28.6 % a neríticas y el 17.7% a la categoría No Identificadas (Tabla 2). Se identificaron larvas pertenecientes a 22 familias, siendo las más frecuentes Myctophidae y Gonostomatidae, sumando un 37.42% y 12.88% del total, respectivamente. Las familias Serranidae (12.27%) y Sparidae (7.04%) predominaron entre los taxones neríticos (Tabla 2). Estas dos últimas familias, grupos susceptibles de expresar el Efecto Reserva presentan valores mayores en la estación 3, disminuyendo hacia la estación 1 (Fig. 11). La distribución espacial para las larvas de tipo nerítico y oceánico no mostró diferencias estadísticamente significativas (ANOVA,  $p > 0.05$ ) entre estaciones.

Tabla 2

Listado taxonómico de las larvas de peces capturadas, indicando su distribución (N-neríticas y Oc-oceánicas) y su porcentaje a lo largo del ciclo anual.

Especies	Origen	FEB	ABR	MAY	JUN	SEPT	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	TTAL
<b>ORDEN STOMIIFORMES</b>												
<b>Suborden Stomiatoidei</b>												
<b>Familia GONOSTOMATIDAE</b>												
<i>Cyclothone braueri</i>	Oc	0.4	0.8	1.01	-	-	-	-	-	-	-	2.21
<i>Cyclothone sp.</i>	Oc	-	-	1.81	2.41	0.6	0.6	3.42	-	-	-	8.84
No identificadas	Oc	-	-	-	1.61	-	-	0.2	-	-	-	1.81
<b>Familia PHOSICHTHYIDAE</b>												
<i>Vinciguerria nimbaria</i>	Oc	-	0.2	-	-	-	-	-	-	-	-	0.2

<i>Vinciguerria</i> sp.	Oc	-	-	0.4	-	-	0.8	-	-	-	-	1.2
<b>Familia STOMIIDAE</b>												
No identificadas	Oc	-	-	-	0.2	-	-	0.2	-	-	-	0.4
<b>ORDEN AULOPIFORMES</b>												
<b>Suborden Aleposauroides</b>												
<b>Familia SYNODONTIDAE</b>												
<i>Synodus</i> sp A	N	-	0.4	-	-	-	-	-	-	-	-	0.4
No identificadas	N	-	0.6	-	-	-	-	-	-	-	-	0.6
<b>Familia PARALEPIDAE</b>												
<i>Lestidiops jayakari</i>	Oc	-	-	0.2	-	-	-	-	-	-	-	0.2
<i>Sudis hyalina</i>	Oc	-	-	-	-	-	-	0.2	-	-	-	0.2
<b>ORDEN MYCTOPHIFORMES</b>												
<b>Familia MYCTOPHIDAE</b>												
<i>Notoscopelus</i> sp.	Oc	0.2	0.2	-	-	-	-	-	-	-	-	0.4
<i>Hygophum reinhardtii</i>	Oc	0.4	0.2	-	-	-	-	-	-	-	-	0.6
<i>Hygophum benoiti</i>	Oc	0.2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.2
<i>Ceratoscopelus warmingi</i>	Oc	-	0.8	-	-	-	-	-	-	-	-	0.8
<i>Lobianchia dofleini</i>	Oc	-	0.8	-	-	-	-	-	-	-	-	0.8
No identificadas	Oc	0.2	0.6	13.28	5.23	2.01	0.6	10.06	0.4	2.21	0.4	34.9
<b>ORDEN GASTEROSTIFORMES</b>												
<b>Suborden Syngnathoidei</b>												
<b>Familia MACRORAMPHOSIDAE</b>												
<i>Macrorramphosus scolopax</i>	Oc	-	-	-	-	-	0.2	-	-	-	-	0.2
<b>ORDEN SCORPAENIFORMES</b>												
<b>Suborden Scorpaenoidei</b>												
<b>Familia SCORPAENIDAE</b>												
No identificadas	N	-	-	0.8	-	-	-	-	-	-	-	0.8
<b>Familia TRIGLIDAE</b>												
No identificadas	N	-	-	-	0.2	-	-	-	-	-	-	0.2
<b>ORDEN PERCIFORMES</b>												
<b>Suborden Percoidei</b>												
<b>Familia SERRANIDAE</b>												
<i>Anthias anthias</i>	N	-	3.22	0.2	0.6	-	-	0.2	-	-	-	4.22
<i>Serranus cabrilla</i>	N	-	0.6	-	-	-	-	-	-	-	-	0.6
<i>Serranus</i> sp.	N	-	-	-	0.6	-	-	-	-	-	-	0.6
<i>Ephinephelus</i> sp.	N	-	-	-	0.4	-	-	-	-	-	-	0.4
Serranidae sp.1	N	-	-	-	0.8	-	-	-	-	-	-	0.8
Serranidae sp.2	N	-	-	-	0.4	-	-	-	-	-	-	0.4
Serranidae sp.3	N	-	3.82	0.6	-	-	-	-	-	-	-	4.42
No identificadas	N	-	-	0.2	-	-	-	0.6	-	-	-	0.8
<b>Familia APOGONIDAE</b>												
<i>Apogon imberbis</i>	N	-	-	-	0.2	0.2	-	-	-	-	-	0.4
<b>Familia CORYPHAENIDAE</b>												
<i>Coryphaena</i> sp.	Oc	-	-	-	-	-	-	0.2	-	-	-	0.2
<b>Familia SPARIDAE</b>												
<i>Boops Boops</i>	N	-	-	0.2	-	-	-	-	-	-	-	0.2
Sparidae sp.1	N	-	3.42	2.01	0.2	-	-	-	-	-	-	5.63
Sparidae sp.2	N	-	0.6	-	-	-	-	-	-	0.2	-	0.8
Sparidae sp.3	N	-	-	0.2	-	-	-	-	-	-	-	0.2
Sparidae sp.4	N	-	-	0.2	-	-	-	-	-	-	-	0.2
<b>Familia MULLIDAE</b>												
<i>Mullus</i> sp.	N	-	-	-	0.2	-	-	-	-	-	-	0.2

<b>Suborden Labroidei</b>												
Familia LABRIDAE												
<i>Symphodus sp.</i>	N	-	0.4	-	-	-	-	-	-	-	-	0.4
<i>Coris julis</i>	N	-	-	0.2	-	-	-	1.21	-	-	-	1.41
No identificadas	N	-	-	-	0.6	-	-	-	-	-	-	0.6
Familia POMACENTRIDAE												
No identificadas	N	0.2	0.6	0.2	-	-	-	0.2	-	-	-	1.2
<b>Suborden Scombroidei</b>												
Familia GEMPYLIDAE												
No identificadas	Oc	-	-	0.2	-	-	-	-	-	-	-	0.2
Familia SCOMBRIDAE												
No identificadas	Oc	-	-	0.2	-	-	-	-	-	-	-	0.2
<b>Suborden Blennioidei</b>												
Familia BLENNIDAE												
<i>Ophioblennius atlanticus</i>	N	-	0.2	-	0.2	-	-	0.2	-	-	-	0.6
<b>Suborden Gobioidi</b>												
Familia GOBIIDAE												
No identificadas	N	-	0.6	0.2	-	-	0.2	0.6	-	-	-	1.6
<b>Suborden Stromateoidi</b>												
Familia NOMEIDAE												
<i>Nomeidae sp 1</i>	Oc	-	-	-	0.4	-	-	-	-	-	-	0.4
<b>ORDEN PLEURONECTIFORMES.</b>												
<b>Suborden Pleuronectoidei</b>												
Familia BOTHIDAE												
No identificadas	N	-	-	-	0.8	-	-	-	-	-	-	0.8
<b>NO ID</b>	-	0.2	2.41	3.22	3.82	-	1.41	4.23	-	1.61	0.8	17.7

## DISCUSIÓN

Los parámetros físicos estudiados pusieron de manifiesto las tres situaciones hidrográficas descritas por Barton *et al.* (1998); (i) Un verano o estación más cálida, con elevada temperatura y estratificación de las aguas, elevada salinidad y disminución del oxígeno disuelto en las capas más superficiales. (ii) El otoño se caracterizó por una marcada estratificación de la columna de agua. (iii) La llegada de los meses más fríos con la bajada de temperaturas en la superficie, promovió una mezcla vertical que aportó agua menos salina a las capas superiores y un incremento paulatino del oxígeno disuelto debido a la actividad biológica.

Los picos de producción planctónica observados se corresponden (i) con el principio del otoño y (ii) el final del invierno. Ambos descritos del mismo modo para aguas de la isla de Tenerife por De León (1973) y Braun (1981). Los datos obtenidos de abundancia de mesozooplankton, fueron de un orden de magnitud menor que el descrito en las islas orientales por Hernández-León (1984) (Tabla

3). Estos resultados pueden ser explicados por dos factores: (i) la estrecha plataforma insular existente en El Hierro y (ii) la influencia del afloramiento costero africano en las islas más orientales. Sin embargo los valores de El Hierro son similares a trabajos realizados en otras islas occidentales del Archipiélago (Braun, 1981).

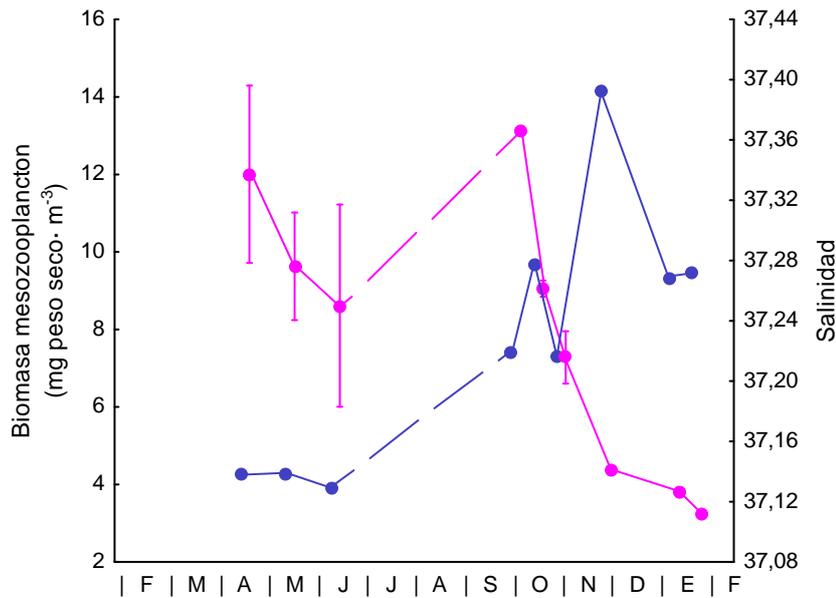
**Tabla 3**

Abundancia de la biomasa de mesozooplancton y las larvas de peces en diferentes áreas de la región Canaria.

Área	Biomasa Mesozooplancton	Larvas	Autor
Nordeste Tenerife	390 mg PS· m <sup>-2</sup>		Braun (1981)
Sur de Gran Canaria	1370 mg PS· m <sup>-2</sup>		Hernández-León <i>et al.</i> (1984)
Región de la Corriente de Canarias		15.1 larva · 10 m <sup>-2</sup>	Gordina ( 1980), in John 1984)
Litoral isla de Tenerife		90.9 larva · 10 m <sup>-2</sup>	Rodríguez <i>et al.</i> (1993)
Área de Gran Canaria	3535.48 mg PS· m <sup>-2</sup>		Hernández-León <i>et al.</i> (2001)
Área de Gran Canaria		904.2 larva · 10 m <sup>-2</sup>	Rodríguez <i>et al.</i> (2001)
<b>Sur de la isla de El Hierro</b>	<b>303.62 mg PS· m<sup>-2</sup></b>	<b>352.28 larva · 10 m<sup>-2</sup></b>	<b>Este trabajo</b>

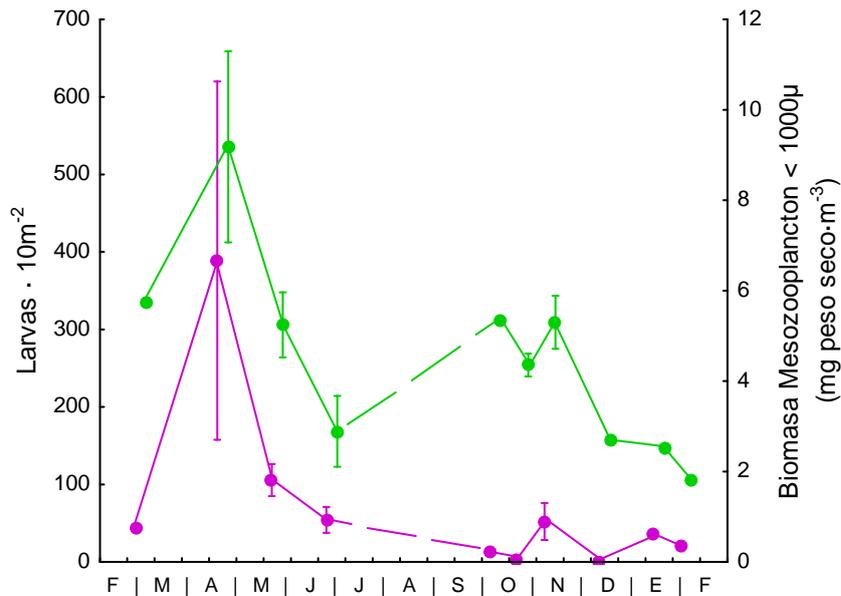
Los resultados, por tanto, confirman el modelo general propuesto para el Archipiélago Canario de aguas oligotróficas y bloom de finales de invierno (Aristegui, 2001, 1989; Barton *et al.*, 1998; Hernández-León, 1991, 1988). El máximo de biomasa de finales de invierno puede explicarse con relación a la máxima mezcla vertical de la columna de agua, por la erosión de la termoclina, que se produce durante dicho período.

El acoplamiento entre la producción de organismos y los parámetros físicos quedó patente en los resultados. Como muestra de ello, mencionar que el pico de productividad de finales de invierno no se produjo hasta que se originó la mezcla vertical de la columna de agua, ligada a un mínimo de salinidad (Fig. 7). Esta relación se justifica observando la situación durante el mes de febrero del año siguiente: la salinidad, todavía elevada, indica que la mezcla vertical aún no se había producido y que por tanto, tampoco la inyección de nutrientes en capas superficiales, motivo por el cual los valores de biomasa fueron extremadamente bajos.



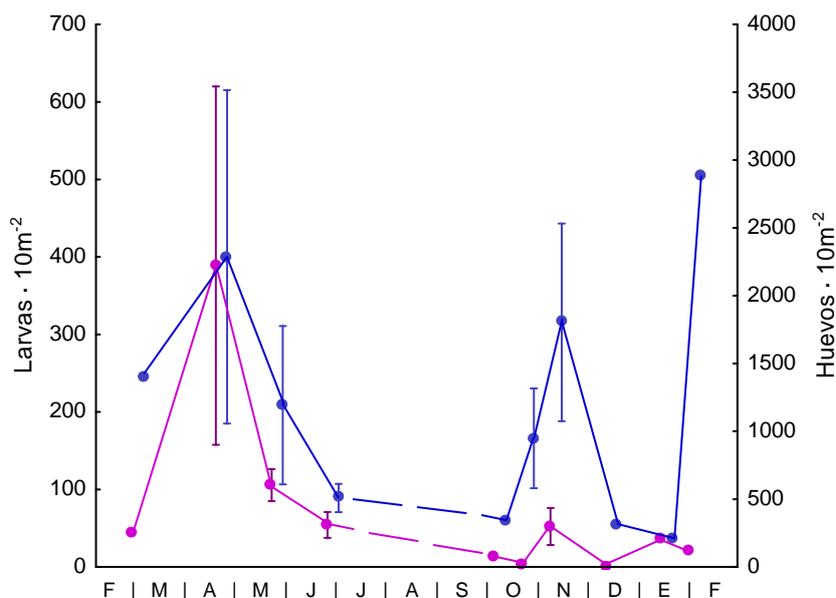
**Fig. 7.** Distribución temporal de la biomasa del mesozooplancton (magenta) y la salinidad (azul).

Cabe destacar la gran coincidencia de los máximos de abundancia de huevos, larvas neríticas y biomasa del mesozooplancton a lo largo del ciclo anual. Los huevos y larvas neríticas siguen una variación temporal ligada a la de la biomasa mesozooplanctónica  $<1000 \mu$ . Se observó una sincronía entre la reproducción de los peces y los máximos de producción de mesozooplancton, más evidenciada para especies de tipo nerítico. Este hecho se ajusta a la hipótesis del match/mismatch formulada por Cushing (1990), por la que los peces realizan sus puestas coincidiendo con los períodos de máxima producción planctónica, sincronizando el desarrollo de sus larvas con unas condiciones de alimento óptimas y así asegurarles la supervivencia (Cushing, 1990). Si observamos la Fig. 8 vemos como la situación del bloom de finales de invierno todavía no se ha producido al cerrar el ciclo. Sin embargo, ya existen especies que han empezado a desovar (Fig. 9). Por fenómenos climáticos se puede retrasar la mezcla en la columna de agua y por tanto la inyección de nutrientes en las capas superiores, indispensables para el desarrollo del plancton. Esta situación podría resultar en un reclutamiento bajo para ese año (Cushing, 1990).



**Fig. 8.** Variación temporal de la abundancia de larvas neríticas (larvas·10 m<sup>-2</sup>) y biomasa del mesozooplancton < 1000µ (mg peso seco·10m<sup>-2</sup>).

Las abundancias de huevos obtenidas fueron elevadas si comparamos con las encontradas en la región Canaria. La práctica totalidad de huevos capturados se atribuyó a puestas de especies neríticas, basándonos en su distribución temporal. Los máximos de abundancia de huevos coincidieron con máximos en abundancia de larvas neríticas, lo que sugiere una correlación entre estos dos parámetros (Fig. 9). La discreta presencia de huevos de especies mesopelágicas entre las muestras es probablemente debido a factores biológicos. Estas especies realizan sus puestas cerca del fondo, o a profundidades superiores a las muestreadas, por lo que la mayoría de ellos eclosionarán durante el ascenso llegando pocos de ellos a superficie (Rodríguez, 2001). Las grandes abundancias registradas para los huevos, junto con su atribución a especies de tipo nerítico, podría ser justificado por un Efecto Reserva.



**Fig. 9.** Variación temporal de la abundancia de larvas neríticas (●) y huevos (●) ( $n^{\circ}$  indiv·10 m<sup>-2</sup>).

En cuanto a la diversidad de especies de larvas, el número de taxones identificados se incrementa hacia la zona de cizalla del viento, debido principalmente al incremento de especies oceánicas. Sin embargo es la estación 2 la que muestra mayor diversidad para taxones de tipo nerítico. Las larvas oceánicas representadas mayormente por especies de las familias Myctophidae y Gonosotomatidae, ambas familias ubicuas y muy diversas, constituyeron una parte muy importante de nuestras muestras, como corresponde a zonas con marcada influencia oceánica (Rodríguez, 2001).

La diferencia entre la composición taxonómica de las larvas entre estaciones situadas en la zona expuesta a los Vientos Alisios y la encalmada radica en el mayor porcentaje de especies neríticas pertenecientes a las familias Serranidae y Sparidae. Estas familias sumaron, en la estación 3 un 17% y 16% de los individuos capturados, respectivamente (Fig. 10). Su abundancia, sin embargo, decreció hacia la estación 1 que presenta un poblamiento en el que predominan larvas de especies oceánicas, como es propio encontrar en los extremos o vértices de las islas (Alemany, 1997).

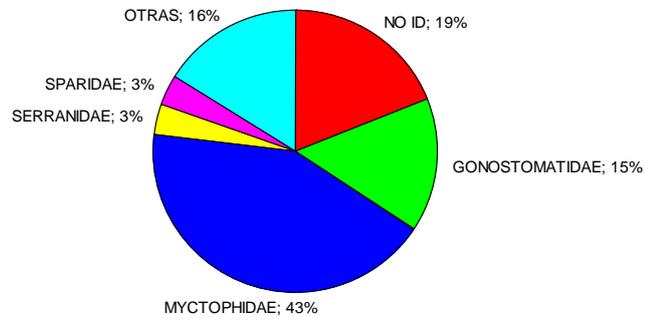
En el presente trabajo, los huevos y larvas neríticas mostraron mayores abundancias en el área de calma de la zona muestreada, la estación 3. Al comparar estos resultados con los obtenidos en otras Islas, hemos observado que por ejemplo Rodríguez *et al.*, (2001) encuentra valores superiores a 300

larvas · 10 m<sup>-2</sup> en estaciones costeras dentro de la estela de agua cálida al sur de Gran Canaria y lo que interpreta como una área de acumulación; en comparación, el promedio para El Hierro en la estación 3 es de 230.8 larvas · 10 m<sup>-2</sup>. La hipótesis que propone la estela de agua cálida de las islas como un área de retención de larvas y huevos ha sido demostrada para la isla de Gran Canaria (Hernández-León, 1991; Rodríguez, 2001). Sin embargo, para el Hierro no podrá ser corroborada con estos resultados puesto que no se dispone de datos suficientes. Sería necesario medir las abundancias de estaciones de muestreo situadas alrededor de la isla para confirmar una posible acumulación en el sotavento de ésta.

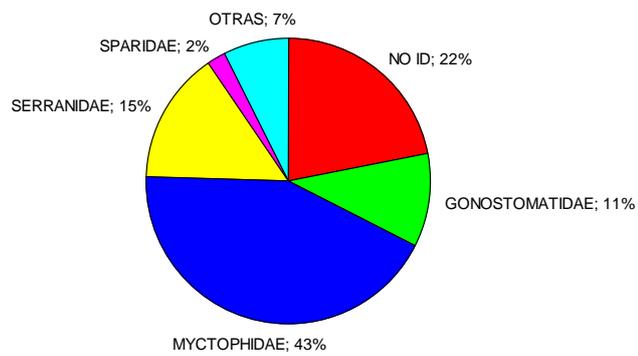
A priori, se esperaba que el Efecto Reserva, de producirse, se manifestara con una mayor cantidad de huevos y larvas de peces en la estación 2 o en las zonas muestreadas a favor de la corriente. Sin embargo, hay autores que afirman que la abundancia de huevos y larvas de peces en la RI no tiene por qué ser representativa de la abundancia de adultos (Sabatés, 2003), por lo que no necesariamente tendría que registrarse mayor abundancia de larvas neríticas en la estación 2, como de hecho se observa en nuestros resultados, aun existiendo un efecto positivo de la Reserva Integral sobre el stock de reproductores. Otro punto muy importante es que desconocemos los patrones de dispersión larvaria de las especies que se reproducen dentro de la Reserva Integral y también es desconocido el régimen de corrientes de la zona, por lo que no podemos determinar el sotavento de la corriente respecto a la Reserva Integral ni por tanto investigar un posible Efecto Reserva debido a ésta. Por último, también considerar la posibilidad que estemos subestimando la abundancia de larvas, debido al tipo de red empleada, la profundidad de muestreo u otros factores metodológicos que podrían enmascarar los resultados.

A pesar del desconocimiento existente sobre las corrientes locales, la corriente general en Canarias circula hacia el suroeste, y es destacable que la mayor abundancia de huevos y larvas de especies indicadoras se da en la estación 3, al suroeste de la reserva integral y dentro de la zona de estela cálida. Estos datos sugieren que los huevos y larvas potencialmente producidos dentro de la Reserva Integral podrían no estar siendo retenidos en su totalidad en ella, sino estar siendo exportados y acumulados en otras zonas; como prueba de ello mostrar el incremento en la abundancia de taxones indicadores en las estaciones

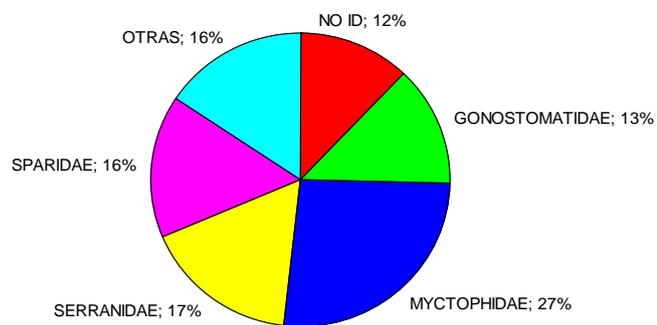
2 y en mayor medida en la estación 3, en relación a la 1, incremento que corresponde a la mayor presencia en las muestras de ejemplares pertenecientes a las familias Serranidae y Sparidae ( Fig. 10).



St1



St2



St3

**Fig. 10.** Composición taxonómica por familias para cada una de las estaciones muestreadas (expresado en %).

Estos resultados concuerdan con los obtenidos por Tuya *et al.* (2006), que halla un efecto positivo de las medidas de protección sobre las poblaciones de dos especies de Espáridos pertenecientes al género *Diplodus*, las cuales mostraron mayor abundancia y biomasa de individuos de talla grande dentro de la Reserva Marina comparándolo con poblaciones de áreas no protegidas.

## **CONCLUSIONES**

- (1) Las poblaciones ictioplanctónicas muestran un sincronismo con los procesos de producción mesozooplanktonica que se dan a lo largo del ciclo anual.
- (2) Aparecen un gran número de larvas de especies mesopelágicas en las muestras, aun habiendo realizado muestreos costeros, debido a la marcada influencia oceánica de las aguas de la isla.
- (3) Al menos una de las estaciones muestreadas al sur de El Hierro, la situada dentro de la calma, alberga elevadas concentraciones de larvas y huevos de especies neríticas.
- (4) La carencia de estudios a cerca de los procesos oceanográficos que actúan en la isla, limita la capacidad de evaluar cuantitativamente los procesos biológicos, lo que pone de manifiesto la necesidad de realizar trabajos de oceanografía física, química y biológica en El Hierro

## **AGRADECIMIENTOS**

Al proyecto "CONAFRICA" (CMT 2004-02319) por hacer posible el presente trabajo. A La Reserva Marina Punta de la Restinga - Mar de Las Calmas, Al Excmo. Cabildo Insular de El Hierro, La Universidad de La Laguna y a la Institución Woods Hole por su inestimable colaboración.

Al Programa INNOVA06 de la Fundación Universitaria de Las Palmas de Gran Canaria y a la Empresa Emalsa S.A. por su contribución económica.

Agradecer particularmente a Natacha Aguilar y Marta Moyano García de la Banda los comentarios y correcciones hechas al presente trabajo.

## REFERENCIAS

- Abesamis, R. A., Russ, G.R., Alcalá, A.C. (2006). Gradients of abundance of fish across no-take marine reserve boundaries: evidence from Philippine coral reefs. *Aquatic Conserv. Mar. Freshw. Ecosyst.* **16**: 349-371.
- Aleman, F. X. (1997). Ictioplankton del Mar Balear. Resultados de las campañas Baleares, Miver, Canal de Ibiza, Proyecto Bahía y Proyecto Radiales. Tesis Doctoral.
- Aristegui, J., Hernández-León, S., Gómez, M., Medina, L., Ojeda, A., Torres, S. (1989). Influence of the North trade winds on the biomass and production of neritic plankton around Gran Canaria island. *Scientia Marina* **53**(2-3).
- Aristegui, J., Sangrá, P., Hernández-León, S., Cantón, M., Hernández-Guerra, A., Kerling, J.L., (1994). Island-induced eddies in the Canary Islands. *Deep-Sea Research* **41**(10).
- Aristegui, J., Hernández-León, S., Montero, M.F., Gómez, M. (2001). The seasonal planktonic cycle in coastal waters of the Canary Islands. *Scientia Marina* **65**(1): 51-58.
- Bakun, A. (1985). Comparative studies and the recruitment problem: searching for generalizations. CalCOFI Rep. **XXVI**: 30.
- Bakun, A. (2006). Fronts and eddies as key structures in the habitat of marine fish larvae: opportunity, adaptive response and competitive advantage. *Scientia Marina*.
- Barton, E. D. et al., (1998). The transition zone of the Canary Current upwelling region. *Prog. Oceanogr.* **41**: 455-504.
- Bas, C., Castro, J.J., Hernández-García, V., Lorenzo, J.M., Moreno, T., Pajuelo, J.G., González-Ramos, A.J. (1995). La Pesca en Canarias y Áreas de Influencia. Las Palmas de G.C., Ediciones del Cabildo Insular de Gran Canaria.
- Bonsack, J. A. (1993). Marine reserves. They enhance fisheries, reduce conflicts and protect resources. *Oceanus* **36**: 63-71.
- Braun, J.G.(1981). Estudios de producción en aguas de las islas Canarias. II. Producción del zooplancton. Bol.Inst.Esp.Oceanogr., **290**:89-96
- Brito, A., Franquet, F. (1995). Especies de interés pesquero de Canarias, *Gobierno de Canarias. Viceconsejería de Pesca*.
- Brito, A., Barquín, J., Braun, J.G., Reyes, J., Falcón, J.M., González, G., Pascual, P., Báez, A., Cabrera, M., Sancho, A., Martín-Sosa, P., Dorta, C., Tosco, J.O. (1998). Informe final del proyecto de investigación: Estudio de los parámetros biológicos, ecológicos y pesqueros en relación con el funcionamiento de las reservas marinas canarias. Tomos I y II. P. y. A. *Consejería de Agricultura, Gobierno de Canarias. La Laguna, Departamentos de Biología Animal (Ciencias Marinas y Zoología) y Biología Vegetal (Botánica), Universidad de La Laguna*.
- Brito, A., Falcón, J.M., González, G., Pascual, P., Sancho, A., Dorta, C., Hernández, J.C., García, N. (2001b). Valoración de indicadores naturales del efecto reserva en la Reserva Marina de La Restinga-Mar de las Calmas, *Departamento de Biología Animal (Ciencias Marinas), Universidad de La Laguna*.
- Brito, A., Pascual, P., Falcon, J. (2005). Peces de las Islas Canarias. Catalogo ilustrado y comentado, *Lemus Editor*.
- Brito, A., Falcón, J.M., Herrera, R. (2005b). Sobre la tropicalización reciente de la ictiofauna litoral de las islas Canarias y su relación con cambios ambientales y actividades antrópicas. *Vieraea* **33**: 515-525.
- Brito, A., Barquín, J., Falcón, J.M., González, G., Clemente, S., Hernández, J.C., Toledo, K., and C. Sangil, Rodríguez, A., Martín, L. (2005a). Seguimiento de la reserva de El Hierro y estudio de recursos marisqueros, *Viceconsejería de Pesca del Gobierno de Canarias. Universidad de La Laguna*.
- Cowen, R. K., Lwiza, K.M.M. (2000). Connectivity of marine populations: open or closed? *Science* **287**: 857-859.
- Cushing, D. H. (1990). Plankton production and year-class strength in fish populations: an update of the Match/Mismatch hypothesis. *Advances in Marine Biology*. **26**: 249-291.
- De León, A.R., Braun, J.G. (1973). Ciclo anual de la producción y su relación con los nutrientes en aguas de Canarias. Bol.Inst.Esp.Oceanogr., **167**:1-24
- Fahay, M. P. (1983). Early Stages of Fishes in the Western North Atlantic Ocean. *Journal of Northwest Atlantic Fishery Science* **4**. (Northwest Atlantic Fisheries Organization.).
- Falcón, J., Bortone, S.A., Brito, A., Bundrick, C.M. (1996). Structure and relationships within and between the littoral rock-substrate fish communities off four islands in the Canarian Archipelago. *Marine Biology* **125**: 215-231.
- Halpern, B. S., Warner, R. R. (2003). Matching Marine Reserve Design to Reserve Objectives. *Proceedings: Biological Sciences* **270**(1527): 1871-1878.
- Harmelin, J. G., Bachet, F., García, F. (1995). Mediterranean Marine reserves: fish indices as tests of protection efficiency. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* **16**: 1-18.
- Hernández-León, S., Llinás, O., Braun, J.G. (1984). Nota sobre la variación de la biomasa del Zooplancton en aguas de Canarias. *Investigación Pesquera* **48**(3).
- Hernández-León, S. (1988). Gradients of mesozooplankton biomass and ETS activity in the wind-shear area as evidence of an island mass effect in the Canary Island waters. *Journal of Plankton Research* **10**: 1141-1154.
- Hernández-León, S. (1991). Accumulation of mesozooplankton in a wake area as a causative mechanism of the island mass effect. *Marine Biology* **109**: 141-147.
- Hernández-León, S., Almeida, C., Portillo-Hahnefeld, A., Gómez, M., Rodríguez J.M. and Aristegui, J. (2002). Zooplankton biomass and indices of feeding and metabolism in relation to an upwelling filament off northwest Africa. *J. Mar. Res.* **60**: 327-346.
- Jones, G. P., Milicich, M.J., Emslie, M.J., Lunow, C. (1999). Self-recruitment in coral reef fish populations. *Nature* **402**: 802-804.
- Kaplan, D. M. (2006). Alongshore advection and marine reserves: consequences for modeling and management. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* **309**: 11-24.
- Largier, J. (2003). Considerations in estimating larval dispersal distances from oceanographic data. *Ecol. Appl.* **13**: 71-89.
- Leis, J. M. (1991). The pelagic stage of reef fishes: the larval biology of coral reef fishes. *The Ecology of Fishes on Coral Reefs*: 183-230.
- MacKenzie B.R. (2000). Turbulence, larval fish ecology and fisheries recruitment: a review of field studies. *Oceanologica acta* **23** nº 4
- Mace, A. J., Morgan, S.G. (2006). Larval accumulation in the lee of a small headland: implication for the design of marine reserves. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* **318**: 19-29.
- Miller, J. A., Shanks, A.L. (2004). Evidence for limited larval dispersal in black rockfish (*Sebastes melanops*): implications for population structure and marine-reserve design. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* **61**: 1723-1735.
- Moser, H. G. et al. (1996). The early stages of fishes in the California Current Region. California *Cooperative Oceanic Fisheries Investigations Atlas* nº **33**.

- Nelson, J. S. (1994 ). *Fishes of the World*, John Wiley & Sons, Inc.
- Palumbi, S. R. (2002). *Marine reserves: a tool for ecosystem management and conservation*. Pew Oceans Commission, Arlington, VA.
- Planes, S., García-Charton, J.A., Pérez-Ruzafa, A. (Coord.) (2006). *Ecological effects of Atlanto-Mediterranean Marine Protected Areas in the European Union*, EMPAFISH Project. Booklet nº 1.158pp.
- Polunin, N. V. C., Roberts, C. M. (1993). Greater biomass and value of target coral-reef fishes in two small Caribbean marine reserves. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* **100**: 167-176.
- Roberts, C. M. P., N. V. C. (1991). Are marine reserves effective in management of reef fisheries? *Rev. Fish. Biol. Fisher.* **1**: 65-91.
- Rodríguez, J. M., Braun, J., García, G., A. (1991). Spatial variability of the mesozooplankton biomass and ichthyoplankton in the Canary region, in autumn. *Journal of Plankton Research* **22**: 1377-1391.
- Rodríguez, J. M., Lozano-Soldevilla, F. (1993). CANARIAS 9206 Preliminar results on composition, abundance and horizontal distribution of ichthyoplankton. ICES CML **29**: 9 pp.
- Rodríguez, J. M., Hernández-León, S. and Barton, E.D. (1999). Mesoscale distribution of fish larvae in relation to an upwelling filament off Northwest Africa. *Deep-Sea Research*. I(46): 1969-1984.
- Rodríguez, J. M., Barton, E.D., Eve, L., Hernández -León S. (2001). Mesozooplankton and ichthyoplankton distribution around Gran Canaria, an oceanic island in the NE Atlantic. *Deep-Sea Research* I(48).
- Rodríguez, J. M., Barton, E.D., Hernández -León S., Aristegui, J. (2004). The influence of mesoscale physical processes on the larval fish community in the Canaries CTZ, in summer. *Progress in Oceanography* **62** 171–188
- Russ, G. R. (2002). Yet another review of marine reserves as reef fishery management tools in Coral Reef Fishes. *Dynamics and Diversity in a Complex Ecosystem*. Academic Press New York: 421-443.
- Russ, G. R., Alcala, A.C., Maypa, A.P. (2003). Spillover from marine reserves: the case of *Naso vlamingii* at Apo Island, the Philippines. *Mar Ecol Prog Ser* **264**: 15-20.
- Sabatés, A., Zabala, M., García-Rubiés, A. (2003). Larval fish communities in the Medes Islands Marine Reserve (North-west Mediterranean). *Journal of Plankton Research* **25**(9): 1035.
- Shanks, A. L., Grantham, B.A., and Carr, M.H. (2003). Propagule dispersal distance and the size and spacing of marine reserves. *Ecol. Appl.* **13**: 159-169.
- Smith, P. E., Clutter, R.I. (1965). Hydrodynamics of flow and collection in plankton nets. *American Society of Limnology and Oceanography* I: 515.
- StatSoftInc. (2002). STATISTICA®. Version 6.0 [computer program].
- Swearer, S. E., Shima, J., Hellberg, M., Thorrold, S., Jones, G., Robertson, and e. a. D. (2002). Evidence of self-recruitment in demersal marine populations. *Bull. Mar. Sci.* **70**: 251-271.
- Tuya, F., Sánchez-Jerez, P., Haroun, R.J. (2006a). Populations of inshore Serranids across the Canary Archipelago. Relationships with human pressure and implications for conservation. *Biol. Conserv.* **128**: 13-24.
- Tuya, F., Ortega-Borges, L., Sánchez-Jerez, P., Haroun, R.J. (2006b). Effect of fishing pressure on the spatio-temporal variability of the parrotfish, *Sparisoma cretense* (Pisces: Scaridae), across the Canary Archipelago (eastern Atlantic). *Fish. Res.* **77**: 24-33.
- Tuya, F., Sánchez-Jerez, P., Barberá, C., Haroun, R.J. (2004). Relationships between rocky-reef fish assemblages, the sea urchin *Diadema antillarum* and macroalgae throughout the Canary Archipelago. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* **278**: 157-169.
- Van Camp, L., Nykjær, L., Mittelstaedt, M. and Schlittenhardt, P. (1991). Upwelling and boundary circulation off Northwest Africa as depicted by infrared and visible satellite observations. *Prog. Oceanogr.* **26**: 357-402.
- Warner, R. R., Swearer, S.E., and Caselle, J.E. (2000). Larval accumulation and retention: implications for the design of marine reserves and essential habitat. *Bull. Mar. Sci.* **66**(3): 821-830.