

MEDITERRANEA. SERIE DE ESTUDIOS BIOLÓGICOS.  
2011 ÉPOCA II. NÚMERO ESPECIAL

COMITÉ EDITORIAL:

G.U. Caravello

S.G. Conard

A. Farina

L. Taïqui

J.L. Sánchez

P. Sánchez

J. Bayle



Universitat d'Alacant  
Universidad de Alicante

Con la colaboración de:



Fundación Biodiversidad

COMITÉ CIENTÍFICO:

S. G. CONARD. USDA Forest Service. Riverside. U.S.A.  
A. FARINA. Lab. Ecología del Paisaje. Museo Historia Natural. Aulla. Italia.  
A. FERCHICHI. I.R.A. Medenine. Túnez.  
G.U.CARAVELLO. Istituto di Igiene. Università di Padova. Italia.  
L. TAÏQUI. Université Abdelmalek Essaâdi. Tetuán. Marruecos.

COMITÉ EDITORIAL:

V. Peiró, J. Martín, A.Pastor-López, E. Seva.

DIRECCIÓN:

Eduardo Seva. Dep. Ecología. Fac. de Ciencias. Universidad de Alicante.

SECRETARÍA:

Victoriano Peiró (V.peiro@ua.es). Dep. Ecología. Universidad de Alicante.

EDITA:

Servicio de Publicaciones. Universidad de Alicante.  
<http://publicaciones.ua.es>

CORRESPONDENCIA:

Departamento de Ecología. Fac. de Ciencias. Universidad de Alicante.  
Ap. 99 - 03080 Alicante. España.  
Teléfono de Secretaría: +34965903400, ext 2255  
Fax: Rev. Mediterránea. Dep. Ecología. 96/5903464

I.S.S.N.: 0210-5004  
Depósito Legal: A-1059-1984

Edición electrónica:



## Notas para los autores

**Los trabajos versarán sobre aspectos de ecología, recursos naturales, paisaje, gestión ambiental, en los ecosistemas de bioma mediterráneo.**

Los manuscritos mecanografiados a doble espacio y por una sola cara se enviarán a la dirección del **Departamento de Ecología de la Universidad de Alicante, Ap. 99 (03080 Alicante, España) —Revista Mediterránea—**. Los autores deberán enviar original y dos copias, así como en disquette compatible en programas de tratamiento de texto WORD.

LENGUA: Redactados en español, inglés, francés o italiano.

NOMBRE DE AUTORES: Apellidos y nombres sin abreviaciones.

DIRECCIÓN: Dirección profesional (Organización, Centro de Investigación, Universidad,...) teléfono, telefax, dirección electrónica.

TÍTULO: conciso y completo, sin abreviaciones (max. 60 espacios).

RESÚMEN: Después del título, un resumen en inglés y otro en francés, de 1500 espacios como máximo, independientemente de la lengua utilizada en el texto del trabajo

PARÁGRAFOS: El manuscrito debe respetar el siguiente orden: (contenido) introducción sin título, párrafos con títulos cortos (max. 50 espacios), conclusiones, agradecimientos (si procede), referencias bibliográficas.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS: Obligatorias para las publicaciones citadas en el texto, que irán en mayúscula. Las referencias de información no publicada (informes, comunicación personal...) se incluyen en el texto entre paréntesis. La bibliografía se presentará según los modelos siguientes:

GOSZ, J.R. and SHARPE, J.H. 1989. Broad-scale concepts for interactions of climate, topography, and biota and biome transitions. *Landscape Ecology* 3:229-243.

PIANKA, E. 1986. *Ecology and natural history of desert lizards*. Princeton University Press. Princeton, New Jersey.

GOLDSMITH, V. 1979. Coastal dunes. In: R.A. Davis (ed.), *Coastal sedimentary environments*. New York:Springer-Verlag.

**CORRECCIÓN DE PRUEBAS:** Será realizada por la redacción de la revista, aunque los autores deben enviar un texto muy claro y definitivo. Si se hallan deficiencias notorias en el texto, el trabajo será remitido a los autores de inmediato.

**TABLAS:** Cada tabla en página por separado, numeradas siguiendo el orden de aparición en el texto y llevarán leyenda. El método de escritura admitido puede ser WORD o EXCEL.

**GRÁFICAS y DIBUJOS:** Presentados en papel blanco no reciclado, exclusivamente en blanco y negro. Las láminas en color deberán ser costeadas por los autores. Gráficas y dibujos deben ser presentados de forma que, modificando su dimensión, no se vea modificada su comprensión. Deberán acompañar las leyendas al gráfico, suficientemente grandes e incluidas en la caja del mismo. Es obligatorio acompañar archivo en disco compatible y formato TIF o JPGE.

**ILUSTRACIONES:** Las fotografías, separadas del texto, con leyenda y número de orden, posición en el texto, etc.

**NOTAS:** Excepcionalmente se incluirán notas a pie, pero éstas deben ir en hojas separadas y debidamente numeradas.

**EXTENSIÓN:** El texto comprenderá una extensión de 5 (min.) a 25 (max.) páginas mecanografiadas. El número de gráficos, dibujos y fotografías debe ser proporcional al tamaño del texto.

La dirección de la revista se reserva el derecho de revisar los trabajos presentados con el fin de adaptarlos a la publicación.

<http://publicaciones.ua.es>

## Notes for the authors

### SUBJECTS

Ecology

Natural Resources

Landscape

Environmental Management

Manuscripts typed on duplicate on one side of the sheet only, should be sent to the magazine direction: **Mediterranea. S.E.B.Dep. Ecologia. Universidad de Alicante. Ap. 99 (03080 Alicante) Spain.** All authors are kindly requested to send their papers in writing, but namely on MS DOS/ IBM compatible disks, using WORD program. Every paper should conform to the following rules:

LANGUAGE: Spanish, English, French or Italian.

NAME OF THE AUTHORS: Preceded by the full first name without abbreviations.

ADDRESS: Institutional address of author(s) (Institutions, Research Centre, University), telephone, fax, electronic adress..

TITLE: Concise but detailed enough, without abbreviations (max. 60 strokes).

ABSTRACTS: In English and French, whatever it might be the language of the paper. The lenght should not exceed 1500 strokes.

PARAGRAPHS: Should be arranged as follows: (contents) introduction without title, paragraphs with short titles (max. 50 strokes), conclusions, acknowledgments (if required), references.

REFERENCES: Should include only publications mentioned in the text. References to unpublished informations (reports, personal communications, etc.) should be included between parentheses in the text. The bibliography should be presented in conformity with the following patterns: GOSZ, J.R. and SHARPE, J.H. 1989. Broad-scale concepts for interac-

tions of climate, topography, and biota and biome transitions. *Landscape Ecology* 3:229-243.

PIANKA, E. 1986. *Ecology and natural history of desert lizards*. Princeton University Press. Princeton, New Jersey.

GOLDSMITH, V. 1979. Coastal dunes. In: R.A. Davis (ed.), *Coastal sedimentary environments*. New York:Springer-Verlag.

CORRECTIONS TO THE PROOF: Will be done by the editorial staff. Authors are kindly requested to submit a clear and final paper.

TABLES: Each table should be on a separate sheet, numbered consecutively, with a legend. The writing method admitted is WORD, EXCEL..

GRAPHICS AND DRAWINGS: Separated from the text, should be lettered on white or glossy paper, in black and white in compatible disks TIF or JPGE format. They should be clearly "constructed", with sufficiently big letters within the block of the graph.

ILLUSTRATIONS: Photographs should be numbered and lettered.

NOTES: They should be numbered and referred to in the text. They should be compiled on separate sheets.

LENGHT: Preferably between 5 (min.) and 25 (max.) typed pages. The number of illustrations, tables and graphs should be proportional to the lenght of the text.

The articles are reviewed by the editorial staff to be conformed for their publication.

<http://publicaciones.ua.es>

**JUST T. BAYLE SEMPERE**

**Restauración del medio marino en la  
reserva marina de Tabarca  
(Alicante, España): estructura y  
variaciones temporales de la ictiofauna  
asociada al arrecife artificial**

# Índice

---

<b>Portada</b>	
<b>Créditos</b>	
<b>Título abreviado</b> .....	9
<b>Resumen</b> .....	9
<b>Abstract</b> .....	10
<b>Resumè</b> .....	11
<b>Introducción</b> .....	12
<b>Material y métodos</b> .....	15
<b>Resultados</b> .....	20
Composición específica y variación temporal de los parámetros del poblamiento .....	20
Análisis a nivel de especies .....	28
Análisis multivariante de la variación temporal del poblamiento .....	34
<b>Discusión</b> .....	37
<b>Agradecimientos</b> .....	48
<b>Bibliografía</b> .....	48
<b>Notas</b> .....	63



# **Restauración del medio marino en la reserva marina de Tabarca (Alicante, España): estructura y variaciones temporales de la ictiofauna asociada al arrecife artificial**

JUST T. BAYLE SEMPERE (1)

## **Título abreviado**

Ictiofauna del Arrecife Artificial de Tabarca

## **Resumen**

El arrecife artificial de Tabarca se diseñó e instaló principalmente con el objetivo de impedir la pesca de arrastre ilegal sobre las praderas de *Posidonia oceanica*. Además se diseñó un arrecife alveolar experimental para estudiar sus efectos sobre la ictiofauna litoral y sus posibilidades como lugar de pesca alternativo a la flota artesanal de Tabarca. La ictiofauna asociada al arrecife artificial de Tabarca se estudió me-

diante censos visuales durante tres años consecutivos entre 1990 y 1992, con una frecuencia estacional. Los resultados muestran una estructura de la comunidad condicionada por el diseño y emplazamiento de los módulos. La dinámica temporal manifiesta una clara diferencia según consideremos el poblamiento total o sólo el residente: el primero refleja una pauta muy fluctuante, poco predecible; el poblamiento residente muestra una tendencia hacia la estructuración, con un aumento progresivo de especies sedentarias predadoras, y un incremento significativo de la biomasa. Estos resultados refuerzan las interpretaciones que dan un papel condicionante al tamaño del arrecife artificial y a su localización.

**Palabras clave:** área marina protegida, gestión costera, seguimiento, evaluación, recursos marinos.

### **Abstract**

An experimental artificial reef was designed and placed in the Marine Reserve of Tabarca (Alicante, SE Spain) to avoid trawl fishing activities on the *Posidonia oceanica* seagrass bed and to provide alternative fishing sites. The fish assemblage monitoring of the experimental artificial reef for 3 years is presented. The number of resident fish species recorded, abundance and biomass increased over time. Changes in the

## Restauración del medio marino en la reserva marina de Tabarca (Alicante, España): estructura y variaciones temporales de la ictiofauna asociada al arrecife artificial

---

fish assemblage structure throughout the study period due to seasonal nature cannot be clearly distinguished from later colonization episodes. The fish assemblage structure seems to be conditioned by reef characteristics such as module design, relative low volume submerged, depth or high degradation of surrounding *P. oceanica* beds.

**Keywords:** marine protected area, coastal management, monitoring, assessment, marine resources.

### Resumè

L'arrecife artificial de Tabarca il s'a dessiné et il a installé principalement avec le but d'empêcher la pêche d'il traîne illégale sur les praderas de *Posidonia oceanica*. Il S'a en plus dessiné un récif artificiel alvéolaire expérimental pour étudier ses effets sur les poissons littoraux et ses possibilités comme lieu de pêche alternative à la flotte artisanale de Tabarca. L'ichtyofaune associée au récif artificiel de Tabarca il s'a étudié moyennant des recensements visuels pendant trois ans consécutifs entre 1990 et 1992, avec une fréquence estacional. Les résultats montrent une structure de la communauté aménagée par le design et emplacement des modules. La dynamique temporelle manifeste une claire différence d'après nous envisagions le peuplement total ou seulement le

résident: le premier reflète une règle très fluctuante, peu predecible; le peuplement résident montre une tendance vers la structuration, avec une augmentation progressive d'espèces sédentaires prédateurs, et un accroissement significatif de la biomasse. Ces résultats renforcent les interprétations qu'ils donnent un papier condicionante à la taille d'el récif artificiel et à son emplacement.

**Mots clefs:** airea marine protégée, gestion côtière, suivi, évaluation, ressources marines.

## Introducción

Los arrecifes artificiales se han propuesto como herramientas de restauración del medio marino, asignándoles toda una serie de beneficios derivados de la creación de sustratos duros nuevos en ambientes marinos carentes de estos (Bombace, 1997). Sin embargo, se ha comprobado en muchos casos que la existencia de un arrecife artificial no sólo no ha cumplido con los objetivos propuestos, por primarios que fueran, sino que han acabado provocando cambios negativos en la biota y el medio físico de la zona (Seaman, 1997a). En este sentido, es importante conocer el *status* del arrecife artificial en relación al medio que lo circunda (Bortone y Kimmel, 1991), sobre todo cuando

## **Restauración del medio marino en la reserva marina de Tabarca (Alicante, España): estructura y variaciones temporales de la ictiofauna asociada al arrecife artificial**

---

se proponen hipótesis de funcionamiento. Las respuestas a estas hipótesis, por otro lado, deben satisfacer no sólo los objetivos puramente aplicados, sino también deben aportar nuevos conocimientos a la ciencia básica (Seaman, 1997b). De ahí, la necesidad de abordar el estudio de la efectividad de los arrecifes artificiales con el suficiente rigor y en base a los objetivos de gestión planteados previamente (Bohnsack y Sutherland, 1985; Seaman y Sprague, 1991).

A pesar de los esfuerzos realizados en la instalación de arrecifes artificiales en la Comunidad Valenciana (Belda y Jover, 1992), se conocen pocos datos sobre los efectos y funcionamiento de todos ellos, ya sea desde el punto de vista puramente científico, o desde el punto de vista aplicado. En el resto del Estado Español, la política de instalación de arrecifes artificiales no ha sido tan intensa (Revengea *et al.*, 1997), conociéndose datos de algunos de ellos, ya sea de tipo preliminar (Moreno *et al.*, 1994; Haroun *et al.*, 1994; Gómez-Buckley y Haroun, 1994; Castillo y Pérez, 1994; Goutayer *et al.*, 1994) o incluyendo datos cuantitativos (Bayle *et al.*, 1994; Sánchez Jerez, 1994; Sánchez Jerez y Ramos, 1996; Guirado *et al.*, 1997; Herrera, 1998).

El arrecife artificial de Tabarca se planteó con dos objetivos de gestión: primero, impedir la pesca de arrastre ilegal que

degradaba la pradera de *Posidonia oceanica* en el sector sur de la Reserva Marina de Tabarca y, con ello, favorecer la restauración natural de la zona. Segundo, favorecer los usos pesqueros tradicionales de bajo impacto ejercidos por la flota artesanal de Tabarca mediante la creación de nuevos sustratos duros que pudieran favorecer el incremento de la biodiversidad íctica de la zona y de las poblaciones explotables. Este último objetivo tenía un carácter totalmente experimental y, por ello se planteó la necesidad de realizar un seguimiento que permitiera un análisis cuantitativo de las variaciones temporales de la ictiofauna asociada al Arrecife Artificial de Tabarca. Este tipo de aproximación es la única que puede aportar ideas claras sobre el funcionamiento y *status* de estos sustratos nuevos (Bohnsack y Sutherland, 1985; Seaman, 1997a).

En este trabajo se describe la comunidad íctica presente en el arrecife artificial de Tabarca y sus cambios temporales entre Febrero de 1990 y Agosto de 1992, con la finalidad de tipificar la estructura de la comunidad y su dinámica a lo largo del tiempo. Los objetivos concretos del presente trabajo son: a) Descripción de la comunidad íctica asociada al arrecife artificial de Tabarca; b) Análisis de la variación temporal de la estructura de la comunidad íctica en términos de número de

## **Restauración del medio marino en la reserva marina de Tabarca (Alicante, España): estructura y variaciones temporales de la ictiofauna asociada al arrecife artificial**

---

especies, abundancia y biomasa; c) Estudio de las variaciones temporales de las especies más relevantes d). Análisis de los cambios temporales en la composición del poblamiento íctico para definir el potencial del Arrecife Artificial de Tabarca, haciendo especial hincapié en el carácter predecible o impredecible del poblamiento.

### **Material y métodos**

El estudio se realizó entre febrero de 1990 y agosto de 1992 en un arrecife alveolar instalado en agosto de 1989 dentro de los límites de la Reserva Marina de Tabarca (Ramos y Bayle, 1990), a 21 metros de profundidad al sur de la Isla de Nueva Tabarca, Alicante (figura 1). El arrecife se diseñó con la finalidad de proteger la zona frente la pesca de arrastre ilegal sobre la pradera de *Posidonia oceanica* (L.) Delile, 1813, y para favorecer la restauración del medio marino. El Arrecife Artificial de Tabarca ocupa una superficie de unas 80 ha, y está formado por 25 módulos antiarrastre de unas 9 tm, además de cuatro pirámides alveolares de 4,5 m de altura construidas con módulos rectangulares paralelepípedos (figura 2). Cada pirámide tiene un volumen de 50,6 m<sup>3</sup>.

Los datos se obtuvieron mediante censos visuales en inmersión (Harmelin-Vivien *et al.*, 1985) dada su idoneidad para es-

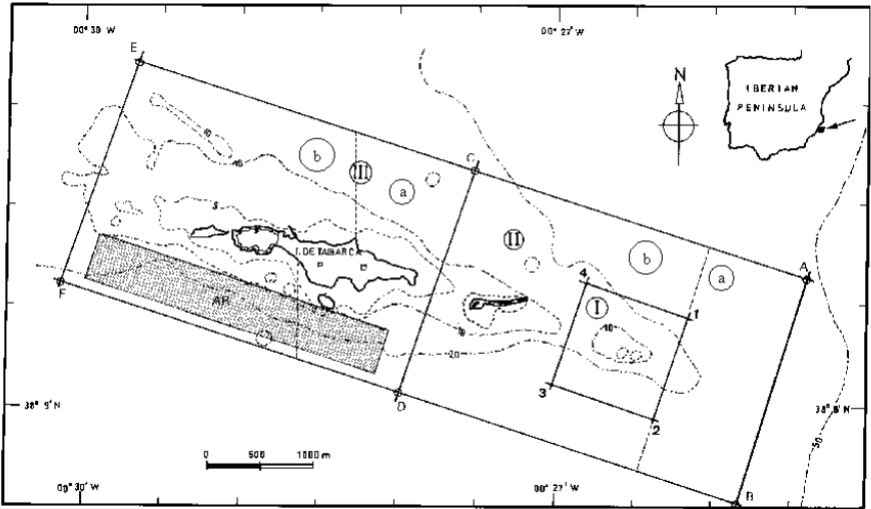


Figura 1. Localización del área de estudio. AR: Arrecife Artificial de Tabarca.

tudiar la ictiofauna de este tipo de ambientes y por provocar un nivel mínimo de perturbación en la comunidad a estudiar. Esta metodología permite un seguimiento espacio-temporal bastante preciso de la porción observable del poblamiento íctico (Harmelin-Vivien y Francour, 1992). Los censos se realizaron trimestralmente (febrero, mayo, agosto, noviembre) durante varios días consecutivos desde febrero de 1990 hasta agosto de 1992, entre las 10 y las 14 horas. Durante la inmersión se inspeccionaban las cuatro pirámides, realizando un censo en cada una de ellas y anotando todos los peces



## Restauración del medio marino en la reserva marina de Tabarca (Alicante, España): estructura y variaciones temporales de la ictiofauna asociada al arrecife artificial

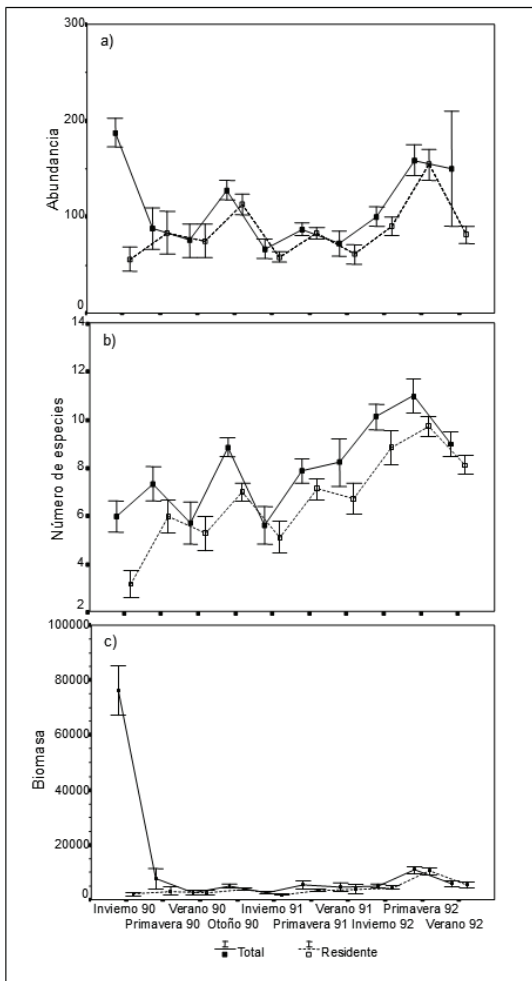


Figura 2. Abundancia (a), número de especies (b) y biomasa medios (c) del poblamiento total y residente, en las diferentes épocas de muestreo.

observados dentro del perímetro a un metro alrededor. Primero se anotaban las especies más móviles, apuntando después las especies crípticas y sedentarias a lo largo de un recorrido minucioso por el interior de la estructura alveolar. En total se realizaban ocho censos en cada época de muestreo.

En cada censo se registraba el número de individuos de cada especie y su talla, anotando la abundancia sobre clases pre-determinadas de progresión geométrica de base 2 (Great Barrier Reef Marine Park Authority, 1978). Esto permite igualar los errores cometidos al asignar cada observación a alguna de las clases de abundancia, y homogeneizar las varianzas mediante transformación logarítmica (Frontier, 1986). Las marcas de clase de estos intervalos se tomaron como valores de abundancia de la respectiva clase para realizar los cálculos. La longitud de cada individuo o grupos de individuos se estimaba mediante una regla graduada fijada en el extremo de un bastón (Bohnsack y Bannerot, 1986). Estas estimas visuales de talla resultan precisas después de cierto entrenamiento (Bell *et al.*, 1985). Los datos se agruparon posteriormente en cinco clases de talla, determinadas dividiendo entre cinco la longitud máxima de cada especie referidas en la bibliografía (Whitehead *et al.*, 1984-86).

## Restauración del medio marino en la reserva marina de Tabarca (Alicante, España): estructura y variaciones temporales de la ictiofauna asociada al arrecife artificial

---

Para cada réplica se calculó la abundancia total, número de especies, diversidad y biomasa. Las especies se clasificaron, según su frecuencia de aparición, en *residentes* ( $f > 50\%$ ), *transeúntes* ( $50\% > f > 25\%$ ) y *ocasionales* ( $f < 25\%$ ) (Kikuchi, 1966). Para cada una de estas categorías, y en cada época de muestreo, se calculó su abundancia media, número medio de especies y la biomasa media. Considerando únicamente las especies residentes, se calcularon también estos mismos parámetros de lo que en lo sucesivo se llamará el *poblamiento residente*. Todos estos parámetros de la comunidad, y la abundancia y biomasa correspondientes a cada especie, se analizaron mediante una ANOVA (Underwood, 1997) de dos factores fijos y ortogonales entre sí: *época* (invierno, primavera, verano) y *año* (1990, 1991, 1992). Se eliminaron los censos pertenecientes al muestreo realizado en otoño de 1990 por no tener completo este nivel para todos los años estudiados. Posteriormente, se aplicó un test de Tukey (Zar, 1984) para determinar niveles homogéneos dentro de cada factor.

El análisis multivariante del poblamiento se realizó mediante un análisis de escalamiento multidimensional no paramétrico (Clarke y Warwick, 1994) agregando los datos a la media de cada época de muestreo, contrastándose sus resultados mediante un análisis de la varianza multivariante basado en

medidas de distancia estadística (PERMANOVA; Anderson, 2005) incluyendo los factores *Época* y *Año*. Asimismo, se calcularon las disimilitudes entre muestras mediante SIMPER (Warwick *et al.*, 1990). De lo que se trató, en definitiva, fue detectar periodos de estabilidad (*sensu* Snoeijs y Prentice, 1989) en la composición del poblamiento.

## Resultados

### ***Composición específica y variación temporal de los parámetros del poblamiento***

A lo largo del estudio se observaron un total de 32 especies, pertenecientes a 17 familias. Sparidae, con 9 especies, fue la más representada, seguida de Serranidae (5 especies) y Labridae con 4 especies. El resto de familias estuvieron representadas por una sola especie (tabla I). Del total de especies, 17 (53 %) fueron consideradas como *residentes*, 10 (31 %) *transeúntes* y 5 (16 %) se consideraron *ocasionales*. Para el poblamiento total, la abundancia media (figura 2a) fue significativamente diferente entre los años estudiados (tabla 2) con tendencia a incrementarse según aumentaba el tiempo de inmersión, aunque con una fuerte variabilidad entre época dentro de cada año. Los máximos se dieron en invierno de 1990 ( $187.5 \pm 14.61$  individuos), debido a la presencia de un cardu-

# Restauración del medio marino en la reserva marina de Tabarca (Alicante, España): estructura y variaciones temporales de la ictiofauna asociada al arrecife artificial

**Tabla 1. Status residencial (SR) y abundancias ( $\pm$ e.s.) de las especies observadas en el estudio.**

Especie	1990					1991					1992					
	Invierno	Primavera	Verano	Otoño	Invierno	Primavera	Verano	Invierno	Verano	Invierno	Primavera	Verano	Invierno	Verano	Invierno	Verano
<i>Topoeto torpado</i> (Linnaeus, 1758)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Muraena helena</i> Linnaeus, 1758	R	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Physic phycis</i> (Linnaeus, 1766)	R	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Anthias anthias</i> Linnaeus, 1758	R	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Epinephelus costae</i> (Steindachner, 1878)	R	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Epinephelus marginatus</i> (Lowe, 1834)	O	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Serranus cabrilla</i> (Linnaeus, 1758)	R	1±.32	1.76±0.6	2.5±0.57	1.69±0.19	1.31±0.44	2.63±0.47	2.44±0.69	2.44±0.69	0.19±0.19	0	0	0	0	0	0
<i>Dicentrarchus labrax</i> Linnaeus, 1758	O	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Apoogon imberbis</i> (Linnaeus, 1758)	R	0	0	1.71±0.64	1.21±0.76	1.56±1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Seriola dumerilii</i> (Risso, 1810)	T	119.2±15.02	0.27±1.91	0	1±1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Sciaenops ocellatus</i> (Linnaeus, 1758)	R	0	0	0.67±0.67	0.21±0.21	1±0.65	1.63±1.13	3.13±2.1	8.69±2.16	11.63±1.1	9.19±3.37	0	0	0	0	0
<i>Mullus surmuletus</i> Linnaeus, 1758	T	10.4±5.37	0	0	0	0	8±5.43	0.38±0.25	5.56±3.67	1.19±1.19	1.06±0.57	0	0	0	0	0
<i>Dentex (Dentex) dentex</i> Linnaeus, 1758	T	0	0	0.43±0.28	1.06±0.73	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Diploodus annularis</i> Linnaeus, 1758	T	0.25±0.25	0	0.21±0.21	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Diploodus puntazzo</i> Cetti, 1789	R	0	0	0.57±0.57	2.63±1.16	2±0.57	1.31±0.44	1.69±0.77	1.81±0.65	4.5±0.83	0.56±0.27	0	0	0	0	0
<i>Diploodus sargus</i> Linnaeus, 1758	R	2.42±0.86	1±0.5	0.21±0.21	2.75±1.14	0	2.31±1.13	2.06±1.28	1.69±0.84	5.5±1.1	2.31±0.94	0	0	0	0	0
<i>Diploodus vulgaris</i> E. Geoffroy Saint-Hilaire, 1817	R	49.75±12.75	64.9±21.3	60.1±16.6	87.6±12	37.75±4.2	57.13±4.6	19.1±10.2	33.1±3.65	75.8±15.5	27.9±6.12	0	0	0	0	0
<i>Oboloda melanura</i> (Linnaeus, 1758)	T	0	0.25±0.25	0	1.19±0.94	0	0	0	1.69±1.03	3.19±1.8	1.94±0.82	0	0	0	0	0
<i>Pagrus pagrus</i> (Linnaeus, 1758)	T	0.5±0.5	1.5±0.67	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Sarpa salpa</i> (Linnaeus, 1758)	O	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Spondyliaxosoma cantharus</i> (Linnaeus, 1758)	T	1.25±0.46	0	0	11.13±2.8	0.56±0.39	0	4.88±2.44	0	0.56±0.56	0	0	0	0	0	0
<i>Spicara maena</i> (Linnaeus, 1758)	T	0	0	0	0	0	0	4.5±3.5	0	0.69±0.51	5±3.27	0	0	0	0	0
<i>Chromis chromis</i> Linnaeus, 1758	R	0.92±0.66	5.1±1.45	2.79±1.37	9.75±1.95	11.25±1.7	6.94±1.94	22.5±5.75	28.4±5.23	27.31±2.8	22±5.76	0	0	0	0	0
<i>Coris julis</i> Linnaeus, 1758	R	1.58±1.31	4.83±1.95	4.86±2.14	3.94±1.32	2.56±1.25	5.81±1.05	4.81±2.56	6.13±2	12.44±2	7.31±1.55	0	0	0	0	0
<i>Labrus merula</i> Linnaeus, 1758	R	0.25±0.25	1.17±0.9	0.64±0.3	0.94±0.27	0.38±0.25	0.19±0.19	0.75±0.28	1.69±0.34	0.19±0.19	1.13±0.38	0	0	0	0	0
<i>Symphodus tinca</i> (Linnaeus, 1758)	R	0	0	2.17±0.95	1.07±0.43	0.19±0.19	3.75±0.63	0.94±0.49	3.31±0.76	8.06±1.46	3.19±0.72	0	0	0	0	0
<i>Thalassoma pavo</i> (Linnaeus, 1758)	O	0	0	0	0	0	0	0.38±0.25	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Parablennius rouxi</i> (Cocco, 1833)	R	0	0.25±0.25	0.21±0.21	0.19±0.19	0	0.19±0.19	0	0.19±0.19	0	0.19±0.19	0	0	0	0	0
<i>Tripterygion tripteronotus</i> (Risso, 1810)	R	0	0.25±0.25	0	0	0	0.19±0.19	0	0.19±0.19	0	0.19±0.19	0	0	0	0	0
<i>Scorpaena scrofa</i> Linnaeus, 1758	R	0	0	0.21±0.21	0.38±0.37	0.56±0.39	0.19±0.19	0.75±0.28	1.13±0.62	0.56±0.27	0.56±0.27	0	0	0	0	0
<i>Balistes capricornis</i> Gmelin, 1789	T	0	0	0	0	0	0	0	0.38±0.25	0	0	0	0	0	0	0
<i>Atherina (Atherina) hepsetus</i> Linnaeus, 1758	T	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	62.5±62.5

Tabla 2. Análisis de la varianza de dos factores (época x año) de los parámetros indicados, y comparación de los respectivos niveles mediante el test de Tukey, considerando el poblamiento total.

Parámetro	Factor	g.l.	MS	F-ratio	Test de Tukey
Abundancia	Época	2	0.1075	2.822 <sup>ns</sup>	V P I
	Año	2	0.3070	8.053 <sup>***</sup>	91 90 92
	Interacción	4	0.1967	5.162 <sup>**</sup>	
Nº especies	Época	2	12.782	3.372 <sup>*</sup>	I V P
	Año	2	82.522	21.76 <sup>***</sup>	90 91 92
	Interacción	4	7.8895	0.094 <sup>ns</sup>	
Biomasa	Época	2	1.2912	13.25 <sup>***</sup>	V P I
	Año	2	1.2620	12.95 <sup>***</sup>	91 92 90
	Interacción	4	1.8297	18.77 <sup>***</sup>	

ns: no significativo; (\*):  $p < 0.05$ ; (\*\*):  $p < 0.025$ ; (\*\*\*):  $p < 0.001$ ; I: invierno; P: primavera; V: verano.

men de *Seriola dumerilii*, en otoño de 1990 ( $127.68 \pm 10.29$  individuos), por el aumento del número de individuos de *Diplodus vulgaris*, *Spondyllosoma cantharus* y *Chromis chromis*, y en primavera de 1992 ( $158.93 \pm 16.09$  individuos), debido sobre todo al aumento de abundancia de *Diplodus vulgaris*. La abundancia total media de individuos también fue alta en verano de 1992 ( $150.19 \pm 59.41$  individuos), al registrarse un cardumen de *Atherina* sp. Teniendo en cuenta sólo el poblamiento residente (figura 2a), la abundancia media fue

## Restauración del medio marino en la reserva marina de Tabarca (Alicante, España): estructura y variaciones temporales de la ictiofauna asociada al arrecife artificial

Tabla 3. Análisis de la varianza de dos factores (época x año) de los parámetros indicados, y comparación de los respectivos niveles mediante el test de Tukey, considerando el poblamiento residente.

Parámetro	Factor	g.l.	MS	F-ratio	Test de Tukey
Abundancia	Época	2	9764.7	8.795***	<u>L</u> <u>V</u> P
	Año	2	12207	10.99***	<u>91</u> <u>90</u> 92
	Interacción	4	2303.6	2.075 <sup>ns</sup>	
Nº especies	Época	2	19.567	7.629**	<u>L</u> <u>V</u> P
	Año	2	93.485	36.44***	90 91 92
	Interacción	4	4.6416	1.810 <sup>ns</sup>	
Biomasa	Época	2	2098.5	5.707**	<u>L</u> <u>V</u> P
	Año	2	6225.1	16.92***	<u>90</u> <u>91</u> 92
	Interacción	4	600.60	1.633 <sup>ns</sup>	

ns: no significativo; (\*):  $p < 0.05$ ; (\*\*):  $p < 0.025$ ; (\*\*\*):  $p < 0.001$ ; L: invierno; P: primavera; V: verano.

significativamente mayor según aumentaba el tiempo de inmersión, con un patrón de diferencias claras entre épocas de muestreo repetido para cada uno de los años estudiados (tabla 3): aparecieron máximos de abundancia en la primavera de cada año estudiado, y en otoño de 1990. La mayor abundancia se registró en primavera de 1992 ( $154.37 \pm 15.77$  individuos) debido al incremento en la abundancia de *Diplodus vulgaris*, *Coris julis* y *Symphodus tinca*.

El número medio de especies del poblamiento total (figura 2b) tendió a aumentar significativamente a lo largo de los años estudiados (particularmente en 1992), con diferencias claras y un patrón muy marcado entre épocas (tabla 2). Destacan el otoño de 1990 ( $8.87 \pm 0.39$  especies) y la primavera de 1992, con  $11 \pm 0.7$  especies. El número medio de especies residentes (figura 2b) reflejó una pauta similar (tabla 3), con un aumento progresivo a lo largo de la duración del estudio hasta un máximo en primavera de 1992 ( $9.75 \pm 0.41$  especies).

La biomasa media del poblamiento total (figura 2c) mostró un máximo en invierno de 1990 (76139.1 gr  $\pm$  8899 gramos/pirámide), debido a la presencia del cardumen de *Seriola dumerilii*. El resto de épocas estudiadas presentan leves incrementos debidos, principalmente, al aumento del número de individuos de *Diplodus vulgaris*. Se observaron diferencias entre épocas y años estudiados, sin un patrón definido entre épocas dentro de cada año (tabla 2). La biomasa de especies residentes (figura 2c) tendió a incrementarse a lo largo del periodo de estudio, aumentando significativamente en 1992 debido al incremento de *D. vulgaris*, *C. julis*, *S. tinca* y *Sciaena umbra*. Entre épocas de muestreo también existieron diferencias significativas (tabla 3), con un patrón marcado entre épocas dentro de cada año estudiado. Los valores osci-



## Restauración del medio marino en la reserva marina de Tabarca (Alicante, España): estructura y variaciones temporales de la ictiofauna asociada al arrecife artificial

---

laron entre  $1923 \pm 161.6$  gr/pirámide en invierno de 1991 y los  $10452.5 \pm 1358.4$  gr/pirámide de primavera de 1992.

Respecto la abundancia de especies transeúntes (figura 3a), ésta fue diferente entre épocas y años estudiados (tabla 4), sin mostrar un patrón de variabilidad concreto. Presentó un máximo en invierno de 1990 ( $131.5 \pm 16.86$  individuos), por la presencia del cardumen de *Seriola dumerilii*, y en verano de 1992 al registrarse un cardumen de juveniles de *Atherina* sp ( $8.5 \pm 62.29$  individuos). En otoño de 1990 se observó una abundancia media de  $14.37 \pm 2.65$  individuos transeúntes, de los cuales  $11.13 \pm 2.84$  fueron *Spondyliosoma cantharus*. El número medio de especies transeúntes (figura 3b) no varió significativamente entre épocas ni entre años estudiados, no mostrando un patrón concreto entre épocas dentro de cada año de estudio. Los valores medios oscilaron entre  $0.4 \pm 0.29$  especies en verano de 1990 y  $2.83 \pm 0.47$  especies en invierno de 1990. La presencia del cardumen de *Seriola dumerilii* supuso que la biomasa de especies transeúntes tuviera un máximo en invierno de 1990 ( $74058.2 \pm 9254.4$  gramos/pirámide) (figura 3c), con valores por debajo de los 5000 gramos para las épocas restantes. El patrón de variabilidad de este parámetro no siguió una tendencia anual ni estacional.

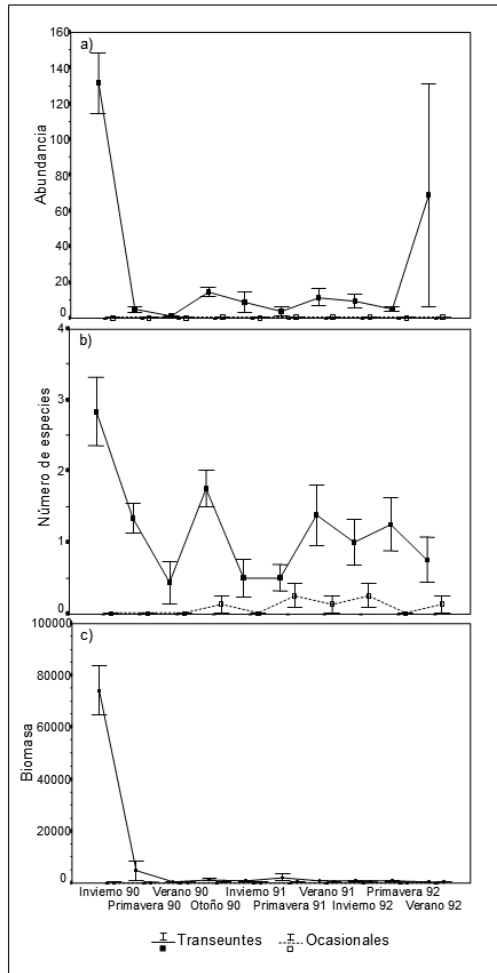


Figura 3. Abundancia (a), número de especies (b) y biomasa medios (c) de especies transeúntes y ocasionales, en las diferentes épocas de muestreo.

## Restauración del medio marino en la reserva marina de Tabarca (Alicante, España): estructura y variaciones temporales de la ictiofauna asociada al arrecife artificial

Las especies ocasionales (figura 3a, b, c) no mostraron diferencias significativas en su abundancia media ni en el nú-

Tabla 4. Análisis de la varianza de dos factores (época x año) de los parámetros indicados, y comparación de los respectivos niveles mediante el test de Tukey, considerando las especies transeúntes (T) y ocasionales (O).

Parámetro	Factor	g.l.	MS	F-ratio	Test de Tukey
Abundancia (T)	Época	2	1.961	5.864**	<u>P V I</u>
	Año	2	1.058	3.163 <sup>*</sup>	<u>91 92 90</u>
	Interacción	4	2.795	8.359***	
Nº especies (T)	Época	2	0.065	1.699 <sup>ns</sup>	<u>V P I</u>
	Año	2	0.107	2.796 <sup>ns</sup>	<u>91 92 90</u>
	Interacción	4	0.202	5.246**	
Biomasa (T)	Época	2	9.267	5.651**	<u>V P I</u>
	Año	2	9.487	5.784**	<u>91 92 90</u>
	Interacción	4	14.95	9.118***	
Abundancia (O)	Época	2	0.000	0.000 <sup>ns</sup>	<u>I P V</u>
	Año	2	0.016	1.294 <sup>ns</sup>	<u>90 91 92</u>
	Interacción	4	0.019	1.526 <sup>ns</sup>	
Nº especies (O)	Época	2	0.000	0.000 <sup>ns</sup>	<u>I P V</u>
	Año	2	0.009	1.294 <sup>ns</sup>	<u>90 92 91</u>
	Interacción	4	0.011	1.526 <sup>ns</sup>	
Biomasa (O)	Época	2	0.155	0.593 <sup>ns</sup>	<u>P V I</u>
	Año	2	0.331	1.265 <sup>ns</sup>	<u>90 91 92</u>
	Interacción	4	0.490	1.869 <sup>ns</sup>	

ns: no significativo; (\*):  $p < 0.05$ ; (\*\*):  $p < 0.025$ ; (\*\*\*):  $p < 0.001$ ; I: invierno; P: primavera; V: verano.

mero medio de especies ni en su biomasa (tabla 4). Sus valores fueron muy bajos, yendo de los  $0.38 \pm 0.25$  individuos de *Thalassoma pavo* en primavera de 1991, a los  $0.19 \pm 0.19$  individuos del resto de especies ocasionales (*Torpedo torpedo*, *Epinephelus marginatus*, *Dicentrarchus labrax* y *Sarpa salpa*).

### **Análisis a nivel de especies**

De las 32 especies observadas en el Arrecife Artificial de Tabarca durante el periodo de estudio (ver tabla 1), 18 especies presentaron diferencias significativas en su abundancia y biomasa, ya sea entre años estudiados, entre épocas o simplemente en la interacción de ambos factores (tabla 5 y 6). Once especies no presentaron diferencias significativas entre épocas. De estas especies, siete (*Epinephelus costae*, *Sciaena umbra*, *Diplodus puntazzo*, *Diplodus sargus*, *Chromis chromis*, *Labrus merula* y *Scorpaena scrofa*) aparecieron de forma regular durante el estudio después de colonizar el arrecife artificial. Las otras 4 son especies que aparecen con cierta continuidad al final del estudio (*Muraena helena*), de forma esporádica (*Anthias anthias*) o en periodos muy concretos del estudio (*Oblada melanura*, *Spondyllosoma cantharus*). Los cambios que presentaron estas especies fueron significativos entre años estudiados (excepto *Anthias anthias* y *Labrus*

## Restauración del medio marino en la reserva marina de Tabarca (Alicante, España): estructura y variaciones temporales de la ictiofauna asociada al arrecife artificial

Tabla 5. Análisis de la varianza de dos factores (época x año) de la abundancia de las especies censadas en el arrecife artificial de Tabarca. Sólo se indican aquellas que han resultado significativas en algunos de sus factores.

Especie	Factor	g.l.	MS	F-ratio	test de Tukey
<i>Muraena helena</i>	Época	2	0.000	0.002 <sup>ns</sup>	<u>I P V</u>
	Año	2	0.074	4.298 <sup>**</sup>	<u>91 90</u> 92
	Interacción	4	0.020	1.156 <sup>ns</sup>	
<i>Anthias anthias</i>	Época	2	0.014	1.911 <sup>ns</sup>	<u>I P V</u>
	Año	2	0.014	1.872 <sup>ns</sup>	<u>90 92</u> 91
	Interacción	4	0.024	3.303 <sup>**</sup>	
<i>Epinephelus alexandrinus</i>	Época	2	0.022	0.680 <sup>ns</sup>	P I V
	Año	2	0.121	3.671 <sup>*</sup>	<u>90 92</u> 91
	Interacción	4	0.051	1.538 <sup>ns</sup>	
<i>Serranus cabrilla</i>	Época	2	0.292	5.996 <sup>**</sup>	I <u>V P</u>
	Año	2	0.437	8.974 <sup>***</sup>	<u>90 91</u> 92
	Interacción	4	0.049	1.012 <sup>ns</sup>	
<i>Seriola dumerilii</i>	Época	2	2.739	53.62 <sup>***</sup>	V P I
	Año	2	3.961	77.55 <sup>***</sup>	<u>92 91</u> 90
	Interacción	4	2.912	57.01 <sup>***</sup>	
<i>Sciaena umbra</i>	Época	2	0.092	0.628 <sup>ns</sup>	<u>I V P</u>
	Año	2	4.365	29.69 <sup>***</sup>	<u>90 91</u> 92
	Interacción	4	0.084	0.575 <sup>ns</sup>	
<i>Mullus surmuletus</i>	Época	2	1.281	7.606 <sup>**</sup>	<u>V P I</u>
	Año	2	0.053	0.315 <sup>ns</sup>	<u>91 92</u> 90
	Interacción	4	0.227	1.349 <sup>ns</sup>	
<i>Diplodus puntazzo</i>	Época	2	0.121	2.047 <sup>ns</sup>	<u>V I P</u>
	Año	2	0.798	13.46 <sup>***</sup>	<u>90 91</u> 92
	Interacción	4	0.263	4.446 <sup>**</sup>	
<i>Diplodus sargus</i>	Época	2	0.309	3.031 <sup>ns</sup>	<u>I V P</u>
	Año	2	0.487	4.773 <sup>**</sup>	<u>91 90</u> 92
	Interacción	4	0.308	3.019 <sup>**</sup>	
<i>Diplodus vulgaris</i>	Época	2	1.147	9.350 <sup>***</sup>	V <u>I P</u>
	Año	2	0.449	3.665 <sup>*</sup>	<u>91 92</u> 90
	Interacción	4	0.399	3.256 <sup>**</sup>	

ns: no significativo; (\*):  $p < 0.05$ ; (\*\*):  $p < 0.025$ ; (\*\*\*):  $p < 0.001$ ; I: invierno; P: primavera; V: verano.

Tabla 5. (continuación). Análisis de la varianza de dos factores (época x año) de la abundancia de las especies censadas en el arrecife artificial de Tabarca. Sólo se indican aquellas que han resultado significativas en algunos de sus factores.

Especie	Factor	g.l.	MS	F-ratio	test de Tukey
<i>Oblada melanura</i>	Época	2	0.016	0.257 <sup>ns</sup>	<u>V   P</u>
	Año	2	0.262	4.094 <sup>**</sup>	<u>90 91 92</u>
	Interacción	4	0.249	3.884 <sup>**</sup>	
<i>Pagrus pagrus</i>	Época	2	0.066	5.515 <sup>**</sup>	<u>V   P</u>
	Año	2	0.134	11.12 <sup>**</sup>	<u>91 92 90</u>
	Interacción	4	0.061	5.107 <sup>**</sup>	
<i>Spondyliosoma cantharus</i>	Época	2	0.121	2.387 <sup>ns</sup>	<u>P   V</u>
	Año	2	0.205	4.018 <sup>**</sup>	<u>92 90 91</u>
	Interacción	4	0.332	6.519 <sup>***</sup>	
<i>Chromis chromis</i>	Época	2	0.060	0.356 <sup>ns</sup>	<u>V   P</u>
	Año	2	4.348	25.64 <sup>***</sup>	<u>90 91 92</u>
	Interacción	4	0.480	2.834 <sup>*</sup>	
<i>Coris julis</i>	Época	2	0.866	5.148 <sup>**</sup>	<u>I   V   P</u>
	Año	2	1.047	6.224 <sup>**</sup>	<u>90 91 92</u>
	Interacción	4	0.030	0.184 <sup>ns</sup>	
<i>Labrus merula</i>	Época	2	0.078	1.864 <sup>ns</sup>	<u>P   V</u>
	Año	2	0.100	2.392 <sup>ns</sup>	<u>91 90 92</u>
	Interacción	4	0.111	2.653 <sup>*</sup>	
<i>Symphodus tinca</i>	Época	2	1.150	18.24 <sup>***</sup>	<u>I   V   P</u>
	Año	2	1.309	20.75 <sup>***</sup>	<u>90 91 92</u>
	Interacción	4	0.072	1.145 <sup>ns</sup>	
<i>Scorpaena scrofa</i>	Época	2	0.027	0.699 <sup>ns</sup>	<u>P   V</u>
	Año	2	0.126	3.241 <sup>*</sup>	<u>90 91 92</u>
	Interacción	4	0.017	0.441 <sup>ns</sup>	

ns: no significativo; (\*):  $p < 0.05$ ; (\*\*):  $p < 0.025$ ; (\*\*\*):  $p < 0.001$ ; I: invierno; P: primavera; V: verano.

*merula*, en los que sólo la interacción fue significativa), ya sea porque fueron progresivamente aumentando de número

## Restauración del medio marino en la reserva marina de Tabarca (Alicante, España): estructura y variaciones temporales de la ictiofauna asociada al arrecife artificial

---

y biomasa a lo largo del tiempo de estudio como *Sciaena umbra*, *Diplodus puntazzo*, *Oblada melanura*, *Chromis chromis* y *Scorpaena scrofa*; o porque aparecieron en mayor número en una época del año determinada, disminuyendo en otro periodo de tiempo (*Muraena helena*, *Epinephelus costae*, *Diplodus sargus*, *Oblada melanura* y *SpondylIOSoma cantharus*).

De estas 11 especies, cuatro resultaron con interacción no significativa. Se trata de especies que mantienen su abundancia y biomasa constantes a lo largo de las diferentes épocas del año, incrementándose año a año como *Sciaena umbra* y *Scorpaena scrofa*, o disminuyendo un año para volver a incrementarse al siguiente, caso de *Muraena helena* y *Epinephelus costae*. En el resto, la interacción es significativa, de forma que dependiendo del año, la abundancia y la biomasa de estas especies en cada época varió de forma diferente (tabla 5 y 6). *Mullus surmuletus* sólo presenta diferencias significativas entre épocas, siendo mayor su presencia en los periodos invernales. La interacción tampoco es significativa, lo que refleja una pauta de aparición invernal muy concreta para todos los años estudiados.

La abundancia y la biomasa del resto de especies -*Serranus cabrilla*, *Seriola dumerilii*, *Diplodus vulgaris*, *Pagrus pagrus*, *Coris julis* y *Symphodus tinca*- fueron significativas entre épo-

Tabla 6. Análisis de la varianza de dos factores (época x año) de la biomasa de las especies censadas en el arrecife artificial de Tabarca. Sólo se indican aquellas que han resultado significativas en algunos de sus factores.

Especie	Factor	g.l.	MS	F-ratio	test de Tukey
<i>Muraena helena</i>	Época	2	0.040	0.058 <sup>ns</sup>	<u>V I P</u>
	Año	2	3.582	5.144 <sup>**</sup>	<u>91 90 92</u>
	Interacción	4	0.954	1.371 <sup>ns</sup>	
<i>Anthias anthias</i>	Época	2	0.118	1.911 <sup>ns</sup>	<u>I P V</u>
	Año	2	0.115	1.872 <sup>ns</sup>	<u>90 92 91</u>
	Interacción	4	0.204	3.303 <sup>**</sup>	
<i>Epinephelus costae</i>	Época	2	1.099	0.740 <sup>ns</sup>	<u>I P V</u>
	Año	2	5.073	3.417 <sup>*</sup>	<u>90 91 92</u>
	Interacción	4	1.395	0.940 <sup>ns</sup>	
<i>Serranus cabrilla</i>	Época	2	1.905	4.546 <sup>**</sup>	<u>I V P</u>
	Año	2	4.130	9.855 <sup>***</sup>	<u>90 91 92</u>
	Interacción	4	0.382	0.912 <sup>ns</sup>	
<i>Seriola dumerilii</i>	Época	2	14.60	20.26 <sup>***</sup>	V P I
	Año	2	28.95	40.16 <sup>***</sup>	<u>92 91 90</u>
	Interacción	4	14.85	20.60 <sup>***</sup>	
<i>Sciaena umbra</i>	Época	2	1.253	0.995 <sup>ns</sup>	<u>I V P</u>
	Año	2	46.38	36.84 <sup>***</sup>	<u>90 91 92</u>
	Interacción	4	0.868	0.690 <sup>ns</sup>	
<i>Mullus surmuletus</i>	Época	2	7.500	7.263 <sup>**</sup>	<u>P V I</u>
	Año	2	0.789	0.765 <sup>ns</sup>	<u>91 92 90</u>
	Interacción	4	3.110	3.012 <sup>*</sup>	
<i>Diplodus puntazzo</i>	Época	2	1.689	1.779 <sup>ns</sup>	<u>V I P</u>
	Año	2	15.16	15.96 <sup>***</sup>	<u>90 91 92</u>
	Interacción	4	3.009	3.170 <sup>**</sup>	
<i>Diplodus sargus</i>	Época	2	3.766	3.846 <sup>*</sup>	<u>I V P</u>
	Año	2	5.424	5.538 <sup>**</sup>	<u>91 90 92</u>
	Interacción	4	2.946	3.008 <sup>*</sup>	
<i>Diplodus vulgaris</i>	Época	2	2.092	7.102 <sup>**</sup>	<u>V I P</u>
	Año	2	1.095	3.717 <sup>*</sup>	<u>91 92 90</u>
	Interacción	4	1.003	3.406 <sup>**</sup>	

ns: no significativo; (\*):  $p < 0.05$ ; (\*\*):  $p < 0.025$ ; (\*\*\*):  $p < 0.001$ ; I: invierno; P: primavera; V: verano.



## Restauración del medio marino en la reserva marina de Tabarca (Alicante, España): estructura y variaciones temporales de la ictiofauna asociada al arrecife artificial

Tabla 6. (continuación.).

Especie	Factor	g.l.	MS	F-ratio	test de Tukey
<i>Oblada melanura</i>	Época	2	0.641	0.965ns	<u>V I P</u>
	Año	2	2.786	4.190**	<u>90 91 92</u>
	Interacción	4	3.013	4.530**	
<i>Pagrus pagrus</i>	Época	2	1.288	5.297**	<u>V I P</u>
	Año	2	2.639	10.85***	<u>91 92 90</u>
	Interacción	4	1.193	4.907**	
<i>Spondyllosoma cantharus</i>	Época	2	1.585	2.782ns	<u>P V I</u>
	Año	2	2.430	4.264**	<u>92 90 91</u>
	Interacción	4	3.795	6.659***	
<i>Chromis chromis</i>	Época	2	0.301	0.714ns	<u>V I P</u>
	Año	2	7.238	17.17***	<u>90 91 92</u>
	Interacción	4	0.981	2.329ns	
<i>Coris julis</i>	Época	2	3.558	8.272***	<u>I V P</u>
	Año	2	6.098	14.17***	<u>90 91 92</u>
	Interacción	4	0.351	0.817ns	
<i>Labrus merula</i>	Época	2	4.488	3.864*	<u>P I V</u>
	Año	2	4.375	3.766*	<u>90 91 92</u>
	Interacción	4	2.592	2.232ns	
<i>Symphodus tinca</i>	Época	2	10.34	14.60***	<u>I V P</u>
	Año	2	12.51	17.67***	<u>90 91 92</u>
	Interacción	4	0.748	1.057ns	
<i>Scorpaena scrofa</i>	Época	2	0.353	0.353ns	<u>P I V</u>
	Año	2	3.267	3.266*	<u>90 91 92</u>
	Interacción	4	0.747	0.747ns	

ns: no significativo; (\*):  $p < 0.05$ ; (\*\*):  $p < 0.025$ ; (\*\*\*):  $p < 0.001$ ; I: invierno; P: primavera; V: verano.

cas y años. En unos casos, la significación se debió a la aparición esporádica de la especie, con valores altos, como es el caso de *Seriola dumerilii* y *Pagrus pagrus*. En el caso de *Serranus cabrilla*, *Diplodus vulgaris*, *Coris julis* y *Symphodus*

*tinca*, las diferencias se debieron más a repuntes de su abundancia en ciertas épocas con una pauta muy definida.

El resto de especies -hasta 14 en número- no presentaron diferencias significativas para los factores considerados. En algunos casos como *Torpedo torpedo*, *Phycis phycis*, *Epinephelus marginatus*, *Dicentrarchus labrax*, *Diplodus annularis*, *Sarpa salpa*, *Spicara maena*, *Thalassoma pavo*, *Balistes carolinensis* y *Atherina* sp se debió a su aparición esporádica. El resto de especies -*Apogon imberbis*, *Dentex dentex*, *Parablennius rouxi* y *Tripterygion tripteronotus*- aparecieron de forma más o menos constante pero con unos niveles de abundancia media muy bajos (entre 0.1 y 2 individuos/pirámide).

### ***Análisis multivariante de la variación temporal del poblamiento***

El MDS bidimensional basado en la abundancia de las especies, a un 60% de similaridad, muestra una clara separación entre la primera (invierno 1990) y la última (verano 1992) época de muestreo (figura 4). Entre las dos se distinguen dos grupos: uno formado por los muestreos de invierno 1991, invierno 1992 y verano 1991; y otro grupo con el resto muestreos. SIMPER dió unas disimilitudes entre muestreos entre el 20 y el 82%, debido principalmente a especies como *Se-*

## Restauración del medio marino en la reserva marina de Tabarca (Alicante, España): estructura y variaciones temporales de la ictiofauna asociada al arrecife artificial

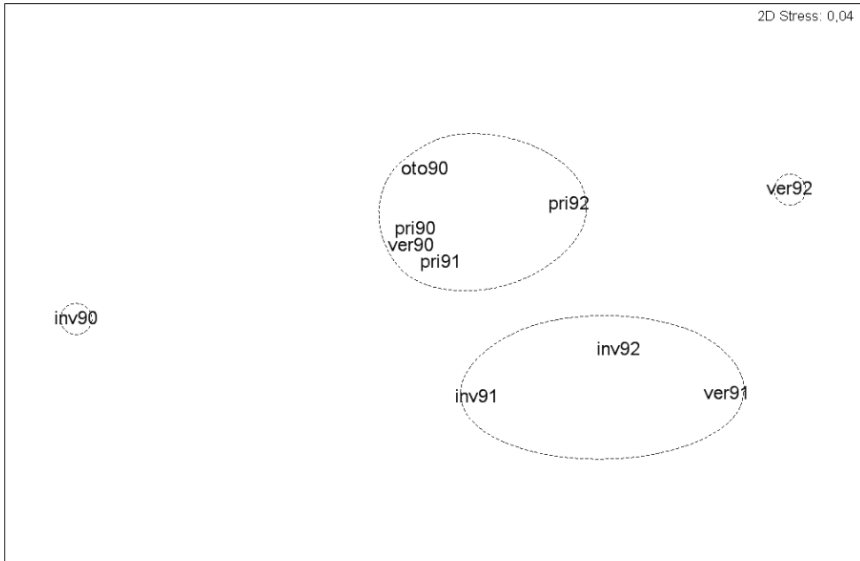


Figura 4. Ordenación de los muestreos en el MDS. Los círculos engloban elementos con más de un 60% de similitud.

*riola dumerilii*, *Chromis chromis*, *Diplodus vulgaris* o *Sciaena umbra*, ya sea porque son especies que aparecen y desaparecen de un muestreo al otro, porque cambian de densidad o porque aumentan paulatinamente de densidad según aumenta el tiempo de inmersión del Arrecife Artificial de Tabarca. La composición del poblamiento íctico en términos de abundancia varió de manera diferente entre épocas para cada uno de los años estudiados, sin un patrón definido significativo

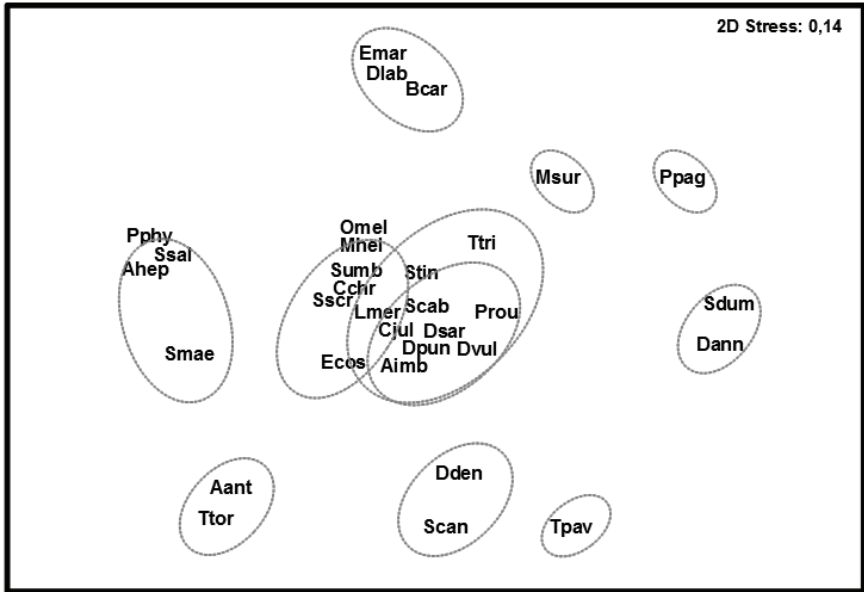


Figura 5. Ordenación de las especies en el MDS. Los círculos engloban elementos con más de un 60% de similitud.

que marque eventos temporales repetitivos (PERMANOVA:  $MS_{\text{época} \times \text{año}}: 5911,23; F: 6,001; P < 0,0002$ ). La ordenación de las especies en el MDS (figura 5) muestra tres grupos de especies muy solapados entre si, compuestos por aquellas que aparecen de manera más o menos continuada a lo largo del estudio, y luego toda una serie de grupos correspondientes a especies que aparecen de manera ocasional en diferentes muestreos.

## Restauración del medio marino en la reserva marina de Tabarca (Alicante, España): estructura y variaciones temporales de la ictiofauna asociada al arrecife artificial

---

### Discusión

La composición íctica del arrecife artificial de Tabarca es similar cualitativamente a la observada en otros arrecifes artificiales estudiados en el Mediterráneo Occidental mediante censos visuales (Ody, 1987; Charbonnel, 1990; Sánchez Jerez y Ramos, 1995; Ardizzone et al., 1997a; D'Anna *et al.*, 1994; Relini et al. 1994; Moreno *et al.*, 1994); y está claramente diferenciada de aquellas registradas en el Mediterráneo Oriental (Spanier *et al.*, 1990; Spanier, 1995), Atlántico central (Bortone *et al.*, 1994; Neves Santos et al. 1996; Herrera, 1998) y del Atlántico septentrional (Jensen *et al.*, 1994; Collins et al. 1995; Lewis et al. 1997).

A los seis meses de su instalación, el arrecife artificial de Tabarca albergaba un total de 11 especies, de las cuales 6 se consideraron residentes. Esta rapidez en ocupar hábitats nuevos se ha observado tanto en arrecifes artificiales instalados en zonas templadas como en zonas tropicales (Bohnsack y Sutherland, 1985; Bohnsack y Talbot, 1980). Al final del presente estudio, después de tres años desde su inmersión, se registraron un total de 32 especies, que contrasta por un lado con las 17 especies observadas por Ardizzone et al. (1997a) después de diez años; representa un número de especies similar a las encontradas por Fabi y Fiorentini

(1994) al cabo de cuatro años en Senigallia (Italia). Por el contrario, se diferencia de las 41 especies registradas por Relini et al. (1994) en Loano (Italia) después de tres años; o las 36 encontradas por Sánchez Jerez y Ramos (1995) en El Campello al cabo de dos años de estudio. Estas diferencias, en cuanto al número total de especies, no sólo se deben a la localización geográfica, ni están necesariamente correlacionadas con el tiempo de inmersión (Ardizzone et al. 1997b), sino que dependen también de otros factores como la profundidad (Ody y Harmelin, 1994), la complejidad del sustrato artificial (Ody, 1987), la naturaleza y estado de los fondos circundantes (Randall, 1963), y el nivel de desarrollo de las comunidades bentónicas (Relini et al. 1994).

La explicación de que se hayan observado un total de 32 especies -y sólo 17 de ellas fueron residentes- se puede deber a varios factores, aunque profundidad y tipo de diseño parecen ser los más determinantes. El hecho de estar instalado a 21 metros de profundidad, por debajo de la termoclina estival y sobre un fondo de sedimento fino fácilmente movilizable en suspensión, le da un carácter circalitoral al Arrecife Artificial de Tabarca, reflejado en la comunidad fitobentónica de afinidad esciáfila existente durante la duración del estudio (Aranda y Boisset, 1993); y la presencia en ciertas épocas

## **Restauración del medio marino en la reserva marina de Tabarca (Alicante, España): estructura y variaciones temporales de la ictiofauna asociada al arrecife artificial**

---

de *Anthias anthias*, especie característica de fondos rocosos circalitorales (Whitehead *et al.*, 1984-86), o de *Serranus cabrilla* que es típico de fondos litorales profundos en el Mediterráneo (García Rubiés, 1997). El efecto de la profundidad sobre la estructura de la comunidad íctica ha sido puesta de manifiesto por varios estudios tanto en fondos de roca (Bell, 1983; García Rubiés y Zabala, 1990; Jouvenel, 1992; García Rubiés, 1997) como de pradera de *Posidonia oceanica* (García Charton *et al.*, 1993; Harmelin-Vivien, 1984) y en arrecifes artificiales (Ody, 1987; Bayle *et al.*, 1994; Ody y Harmelin, 1994), causando un empobrecimiento general en el número de especies del poblamiento (Harmelin, 1990).

El otro factor considerado importante -el diseño estructural de los módulos- habría impedido una mayor riqueza de especies debido a la falta de una mayor complejidad estructural que favoreciese un mayor número de microhábitats, y refugio más seguro para especies sedentarias y/o de pequeño tamaño, con unos requerimientos o relación con el sustrato muy definidos (Bohnsack, 1991). Los mismos resultados se han obtenido en otros arrecifes artificiales construidos en Francia con grandes aberturas internas (Charbonnel, 1990), a pesar de tener un volumen tres veces mayor que el Arrecife Artificial de Tabarca. La relación entre ictiofauna, y el tipo y estructu-

ra espacial del sustrato ha sido evidenciada por numerosos trabajos (Luckhurst y Luckhurst, 1977; Hixon y Beets, 1989; García Charton *et al.*, 2004), llegando a considerar como uno de los factores más importantes en lo que respecta al éxito o fracaso de los objetivos de un arrecife artificial (Bohnsack *et al.*, 1991; Pickering y Whitmarsh, 1997).

Respecto a la variación temporal, la abundancia media del poblamiento total no presentó un patrón definido, en el sentido que no se distinguen claramente pautas estacionales o interanuales concretas. A pesar de los resultados del ANOVA, que sólo encuentra significativa la variabilidad interanual, lo cierto es que la abundancia media del poblamiento total fluctúa acusadamente a lo largo del periodo estudiado. Gran parte de esta fluctuación se debe a las especies errantes pelágicas, que utilizan el arrecife artificial como referencia espacial (Sato, 1985) o se agregan a él como respuesta a un comportamiento concreto (Nakamura, 1985), permaneciendo durante periodos más o menos largos. Es el caso de *Seriola dumerilii*, que está presente de forma abundante durante los primeros muestreos hasta su paulatina desaparición en el verano de 1990, probablemente debido a migraciones relacionados con la ontogenia de la especie (Andaloro *et al.*, 1992). Esta misma especie volvió a aparecer esporádicamente a lo



## **Restauración del medio marino en la reserva marina de Tabarca (Alicante, España): estructura y variaciones temporales de la ictiofauna asociada al arrecife artificial**

---

largo del estudio (primavera 1991), y se tiene constancia que ha aparecido agregada alrededor del Arrecife Artificial de Tabarca después de finalizado el muestreo, siendo frecuente entre finales de primavera y mediados de verano, época en la que es capturada por la flota artesanal de Tabarca mediante curricán. Otras especies pelágicas, como *Spicara maena* u *Oblada melanura*, mostraron una pauta igualmente irregular. Estas especies, parecen estar más determinadas por las concentraciones de plancton que por cualquier otro tipo de factor biótico o abiótico (Hamner *et al.*, 1988).

En términos similares se comporta la abundancia media del poblamiento residente, aunque con cierta pauta más definida que se refleja en una mayor abundancia en primavera. Una buena parte de la variabilidad fue debida a las fluctuaciones en la abundancia de *Diplodus vulgaris*, que aparece en cardúmenes pluriespecíficos junto con *Diplodus sargus* y *Diplodus puntazzo*. Esta especie es típica de fondos rocosos infralitorales, con topografía más o menos accidentada (Sala y Ballesteros, 1997). Sus variaciones son debidas, por una parte, al comportamiento reproductor que tiene lugar entre mediados de primavera y primeros de verano (Mann y Buxton, 1998) que los hace concentrarse alrededor de fondos rocosos; y a las variaciones otoñales e invernales debidas a

movimientos erráticos provocados posiblemente por el enturbiamiento de las aguas tras fuertes temporales (obs. per.).

Muchos autores describen pautas estacionales de la abundancia en arrecifes artificiales del Mediterráneo (por ejemplo, Relini et al., 1994; Relini *et al.*, 1995), sobre todo los que utilizan artes de pesca artesanal en el estudio de la ictiofauna (Fabi y Fiorentini, 1994; D'Anna *et al.*, 1994). Otros autores asumen una mayor variabilidad en sus datos, que supera la puramente estacional (Ody, 1987; Bregliano y Ody, 1987; Charbonnel, 1989; Herrera, 1998). Estos autores interpretan esta mayor variabilidad como el resultado de la coincidencia en el tiempo de los efectos estacionales y el proceso de colonización reflejado en la llegada de nuevas especies al arrecife artificial. Dentro de la variabilidad total mostrada por la abundancia media a lo largo del estudio, una parte significativa se deberá, por un lado, a la variabilidad - tanto espacial como temporal- a pequeña escala derivada de la desigual presencia de los individuos entre los cuatro módulos que forman el arrecife artificial de Tabarca, y a lo largo de los días en que se realizaban los censos de cada época. Esta variabilidad entre censos de arrecifes artificiales de idénticas características ha sido citada por varios autores (Molles, 1978; Talbot et al., 1978; Bohnsack y Talbot, 1980; Herrera, 1998), y se

## **Restauración del medio marino en la reserva marina de Tabarca (Alicante, España): estructura y variaciones temporales de la ictiofauna asociada al arrecife artificial**

---

interpreta como evidencia de la falta de interacciones sólidas que determinen la coexistencia de especies o la composición específica de un poblamiento que ocupe un tipo de hábitat particular (Sale, 1988). Otro aspecto que merece la pena ser destacado es la falta de pautas asintóticas en la dinámica de la abundancia media a lo largo del tiempo de estudio, que podría ser un indicio de que no se ha llegado a saturar la capacidad de carga del hábitat artificial (Sale, 1980).

El número medio de especies aumenta progresivamente a lo largo de los años de muestreo -más evidente considerando sólo el poblamiento residente-, lo que puede interpretarse como un proceso de colonización paulatina aunque con una variabilidad acusada entre épocas. Estos resultados son similares a los encontrados por otros autores (Aguilar y González, 1984; Walsh, 1985; Ody, 1987; Charbonnel, 1989; Buckley y Hueckel, 1985; Neves Santos, 1997; Herrera, 1998), y están directamente ligados al tiempo de inmersión del arrecife artificial (Relini et al., 1994). La variabilidad interestacional en el número de especies se debe, por un lado, a la mayor presencia durante la primavera de algunas especies (*Coris julis*, *Symphodus tinca*, *Labrus merula*) con un marcado comportamiento reproductivo (Lejeune, 1984); y a la presencia de especies ocasionales y transitorias en momentos muy concre-

tos (por ejemplo, *Spondyllosoma cantharus*, *Dentex dentex*, *Mullus surmulletus*, *Oblada melanura*, *Balistes carolinensis*, *Atherina* sp). El incremento interanual lo provocan aquellas especies de tipo sedentario que pasan a ocupar el arrecife artificial de forma más o menos permanente. Este grupo lo forman, básicamente, *Muraena helena*, *Phycis phycis*, *Epinephelus costae*, *Sciaena umbra* y *Scorpaena scrofa*. Tenemos, por tanto, un solapamiento en el tiempo de dos procesos. Por una parte, el recambio de especies a lo largo del tiempo provocado por las diferentes formas de utilizar el arrecife artificial por parte de las distintas especies (Harmelin y Bellan-Santini, 1997) y el asentamiento progresivo de especies residentes que usan el arrecife artificial como hábitat habitual. Las especies directamente responsables del proceso de colonización propiamente dicho llegan a oleadas sucesivas a lo largo de los años estudiados, como queda reflejado en la ordenación multivariante de los muestreos. Probablemente, las especies más ligadas al proceso colonizador llegan buscando un hábitat apropiado como refugio, ya que la mayoría son de hábitos sedentarios, muy ligadas al sustrato, en un proceso similar al que propone Sale (1991), en el que las especies se reparten por el espacio habitable disponible mediante un proceso al azar. Tampoco debería descartarse el efecto de la atracción por el aumento de presas tanto de naturaleza íctica, como al

## **Restauración del medio marino en la reserva marina de Tabarca (Alicante, España): estructura y variaciones temporales de la ictiofauna asociada al arrecife artificial**

---

aumento de presas ligado al desarrollo en complejidad y biomasa de la comunidad bentónica (Hueckel y Buckley, 1987), como se ha comprobado en algunos arrecifes artificiales (Foster *et al*, 1995; Herrera, 1998). Si bien, este efecto probablemente sea menor que el inducido por la complejidad del hábitat, ya que la mayor parte de las especies parece que se alimentan de los fondos blandos cercanos (Ardizzone et al., 1997a; Bortone y Nelson, 1995). También hay que considerar los posibles efectos que puedan tener sobre la tasa de colonización del poblamiento total otros factores como la estacionalidad (Osman, 1978; Schoener, 1974), las características autoecológicas de las especies implicadas (Simberloff, 1978; Villa et al., 1992) o las perturbaciones de tipo natural (p.e., los temporales) o antrópico (Herwitz et al., 1996)

Podemos concluir que, aunque se aprecia una cierta tendencia hacia una mayor estructuración y complejidad, los parámetros del poblamiento reflejan una acusada fluctuación temporal a lo largo de todo el periodo de estudio, que se considera típico de las primeras fases de la ocupación del arrecife (Bohnsack et al., 1991). A una escala temporal anual, los resultados indican un cierto nivel de estabilidad del poblamiento íctico (*sensu* Snoeijs y Prentice, 1989) entre 1991 y 1992, ya que los muestreos de este último año fueron muy similares

a los del primero. Por otro lado, y considerando la dinámica de algunas especies por separado, se puede apreciar cierta tendencia más acorde con lo esperado en un proceso de colonización. Esto nos demuestra que, para ciertos tipos de estudio, puede ser más recomendable el seguimiento y análisis de ciertas especies concretas o grupos de especies, que el análisis de la comunidad en su conjunto (Sánchez Jerez y Ramos-Esplá, 1996).

Las fluctuaciones a una escala temporal pequeña evidencian la falta de interacciones entre las diferentes especies (Gascon y Miller, 1981), y son un indicio que el arrecife artificial de Tabarca no es capaz de condicionar progresivamente un estado de “estabilidad” permanente en los tres años que duró el estudio, probablemente debido a la inmadurez del sistema (Christensen, 1995). Por tanto, podemos considerar que la ictiofauna del arrecife artificial de Tabarca, en estos tres años de estudio, ha tenido una dinámica poco predecible. Esta conclusión apoya la idea de que este número de años (3, en nuestro caso) son insuficientes para favorecer el asentamiento de una comunidad de peces mínimamente estructurada, y que pueda ser sometida a explotación pesquera. Por otra parte, la dinámica de la comunidad íctica refleja la importancia del diseño del arrecife artificial, de su localización, y del

## Restauración del medio marino en la reserva marina de Tabarca (Alicante, España): estructura y variaciones temporales de la ictiofauna asociada al arrecife artificial

---

estado, naturaleza y configuración de los tipos de fondos circundantes.

Por otro lado, la biomasa residente del arrecife artificial de Tabarca observada durante el periodo de estudio nunca sobrepasó los 12 kg. de media, siendo los valores más usuales entre 2 y 6 kg. Este hecho, teniendo en cuenta la biología de las especies que más proporción de biomasa aportan (sedentarias, crecimiento lento, cociente P/B bajo), no permitiría una explotación pesquera continuada y rentable. Hablamos de especies directamente relacionadas con la estructura artificial sumergida, y no de los poblamientos que puedan desarrollarse a lo largo de la área de influencia del arrecife. Estas últimas podrían experimentar cambios positivos debido al cese del impacto de la pesca de arrastre, como así se ha demostrado en arrecifes artificiales antiarrastre extensivos para el caso de *Mullus surmuletus* (Martínez Hernández, 1996). Plantear la explotación sistemática de estos arrecifes artificiales podría suponer el aumento de la vulnerabilidad de las especies sedentarias atraídas desde fondos naturales cercanos (Polovina, 1989). Se podría plantear -y de hecho, así ha sucedido en la práctica durante los últimos tres años- una explotación de los cardúmenes de *Seriola dumerilii* mediante curricán de superficie o medio fondo, aprovechando la ten-

dencia de esta especie a agregarse alrededor de este tipo de estructuras, y como actividad complementaria a la realizada con otros artes de pesca. Esta actividad se ha establecido espontáneamente, y la realizan pescadores artesanales profesionales y deportivos, principalmente entre los meses de mayo y septiembre.

### **Agradecimientos**

Este trabajo se realizó con el apoyo de la Secretaría General de Pesca Marítima (Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación) y el Club Náutico de Santa Pola. Quiero agradecer también la asistencia durante los muestreos en el mar de Juan Fuster y José Ruso "Pichu". Asimismo, agradezco la ayuda del Dr. Aitor S. Forcada Almarcha por su ayuda en la edición del manuscrito. Este trabajo se financió con una beca predoctoral de FPI de la Conselleria de Educación y Ciencia (Generalitat Valenciana).

### **Bibliografía**

- AGUILAR, C. y GONZÁLEZ, G. 1984. Primeras etapas en la colonización de refugios artificiales. II. Tasas de colonización. *Revista de Investigaciones Marinas* 5 (3): 91-98.
- ANDALORO, F., POTOSCHI, A. y PORRELLO, S. 1992. Contribution to the knowledge of growth of greater amberjack, *Seriola dumerilii*



## **Restauración del medio marino en la reserva marina de Tabarca (Alicante, España): estructura y variaciones temporales de la ictiofauna asociada al arrecife artificial**

---

(Cuv., 1817) in the Sicilian Channel (Mediterranean Sea). *Rapport Commission international Mer Méditerranée* 33: 282.

ANDERSON, M.J. 2005. PERMANOVA: a FORTRAN computer program for permutational multivariate analysis of variance. Dept. Of Statistics, University of Auckland, New Zealand.

ARANDA, A. y BOISSET, F. 1993. Aportaciones a la colonización, por algas bentónicas, del arrecife artificial de la Isla de Tabarca (Alicante, España). *Publicaciones Especiales Instituto Español de Oceanografía* 11: 91-97.

ARDIZZONE, G.D., BELLUSCIO, A. y SOMASCHINI, A. 1997a. Fish colonization and feeding habits on a Mediterranean artificial habitat. In L.E. Hawkins, S. Hutchinson, A.C. Jensen, M. Sheader y J.A. Williams (ed), 1997. *The response of marine organisms to their environments*. University of Southampton, pp 265-290.

ARDIZZONE, G.D., SOMASCHINI, A. y BELLUSCIO, A. 1997b. Biodiversity of european artificial reefs. In Jensen, A.C. (ed). *European artificial reef research*. Southampton Oceanography Centre, pp 39-59.

BAYLE, J.T., RAMOS, A.A. y GARCÍA CHARTON, J.A. 1994. Intra-annual variability of an artificial reef fish assemblage in the Marine Reserve of Tabarca (Alicante, Spain, SW Mediterranean). *Bulletin of Marine Science* 55 (2-3): 824-835.

BELDA, L. y JOVER, M. 1992. *Los arrecifes artificiales de la Comunidad Valenciana*. Serie Divulgació Tècnica, 19. Conselleria d'Agricultura i Pesca. Generalitat Valenciana. 119 pp.

- BELL, J.D. 1983. Effects of depth and marine reserve fishing restrictions on the structure of a rocky reef fish assemblage in the north-western Mediterranean sea. *Journal of Applied Ecology* 20: 357-369.
- BELL, J.D., CRAIK, G.J.S., POLLARD, D.A. y RUSSELL, B.C. 1985. Estimating length frequency distributions of large reef fish underwater. *Coral Reefs* 4: 41-44.
- BOHNSACK, J.A. 1991. Habitat structure and the design of artificial reefs. In: S.S. Bell, E.D. McCoy y H.R. Mushinsky, (ed), *Habitat structure: the physical arrangement of objects in space*. Chapman and Hall, pp. 412-426.
- BOHNSACK, J.A. y BANNEROT, S.P. 1986. A stationary visual census technique for quantitatively assessing community structure of coral reef fishes. *Dep. Commer., NOAA Technical Report NMFS* 41, 15 pp.
- BOHNSACK, J.A. y SUTHERLAND, D.L. 1985. Artificial reef research: a review with recommendations for future priorities. *Bulletin of Marine Science* 37(1): 11-39.
- BOHNSACK, J.A. y TALBOT, F.H. 1980. Species-packing by reef fishes on australian and caribbean reefs: an experimental approach. *Bulletin of Marine Science* 30(3): 710-723.
- BOHNSACK, J.A., JOHNSON, D.L. y AMBROSE, R.F. 1991. Ecology of artificial reef habitats and fishes, In: W. Seaman Jr. y L.M. Sprague (ed), *Artificial habitats for marine and freshwater fisheries*. Academic Press, Inc., pp. 61-107.

## **Restauración del medio marino en la reserva marina de Tabarca (Alicante, España): estructura y variaciones temporales de la ictiofauna asociada al arrecife artificial**

---

- BOMBACE, G. 1997. Protection of biological habitats by artificial reefs. In A.C. Jensen, (ed.). 1997. *European artificial reef research*. Southampton Oceanography Centre, pp 1-15.
- BORTONE, S.A. y KIMMEL, J.J. 1991. Environmental assessment and monitoring of artificial habitats. In W. Seaman Jr. y L.M. Sprague (ed.), *Artificial habitats for marine and freshwater fisheries*. Academic Press, Inc., pp. 177- 236.
- BORTONE, S. A. y NELSON, B.D. 1995. Food habitats and forage limits of artificial reef fishes in the Northern Gulf of Mexico. In *ECO-SET'95, Int. conf. on ecol. sys. enhanc. tech. for aq. envir.*, pp 215-220.
- BORTONE, S.A., VAN TASSELL, J., BRITO, A., FALCÓN, J., MENA, J. y BUNDRICK, M. 1994. Enhancement of the nearshore fish assemblage in the Canary Islands with artificial habitats. *Bulletin of Marine Science* 55(2-3): 602-608.
- BREGLIANO, Ph. y ODY, D. 1987. Structure du peuplement ichthyologique de substrat dur à travers le suivi des récifs artificiels et d'une zone naturelle témoin. *Colloque franco-japonaise Océanographique*, Marseille 16-21 Sept. 85, 6: 101-112.
- BUCKLEY, R.M. y HUECKEL, G.J. 1985. Biological processes and ecological development on an artificial reef in Puget Sound, Washington. *Bulletin of Marine Science* 37(1): 50-69.
- CASTILLO, R. y PÉREZ, F. 1994. Potential economic value of the ichthyological fauna on an artificial reef in Gran Canaria. *Bulletin of Marine Science* 44(2-3): 1332.

- CHARBONNEL, E. 1989. Evaluation des peuplements ichthyologiques des récifs artificiels dans les établissements de pêche des Alpes Maritimes. Rapport final. *Conseil Gen. des Alpes Maritimes (Service Environnement et Gestion du Milieu Naturel)*, Cons. reg. Provence-Alpes-Cote d'Azur. CEE-FEOGA, Parc National de Port-Cros. 96 pp.
- CHARBONNEL, E. 1990. Les peuplements ichthyologiques des récifs artificiels dans le Département des Alpes-Maritimes (France). *Bulletin Société Zoologique de France* 115: 123-136.
- CHRISTENSEN, V. 1995. Ecosystem maturity: towards quantification. *Ecological modelling* 77:3-32.
- CLARKE, K.R. y WARWICK, R.M. 1994. Change in Marine Communities. Plymouth Marine Laboratory, 144 pp.
- COLLINS, K., JENSEN, A.C. y MALLISON, J. 1995. Biological development of a stabilized coal ash artificial reef, Poole Bay. In *ECOSET'95: Proc. Int. Conf. Ecol. Syst. Enhancement Tech. Aquat. Environ.* Pp 119-124.
- D'ANNA, G., BADALAMENTI, F., GRISTINA, M. y PIPITONE, C. 1994. Influence of artificial reefs on coastal nekton assemblages of the Gulf of Castellammare (northwest Sicily). *Bulletin of Marine Science* 55(2-3): 418-433.
- FABI, G. y FIORENTINI, L. 1994. Comparison between an artificial reef and a control site in the Adriatic sea: analysis of four years of monitoring. *Bulletin of Marine Science* 55(2-3): 538-558.

## **Restauración del medio marino en la reserva marina de Tabarca (Alicante, España): estructura y variaciones temporales de la ictiofauna asociada al arrecife artificial**

---

- FOSTER, K.L., KROPP, R.K., STEIMLE, F.W., MUIR, W.C. y CONLIN, B.E. 1995. Fish community and feeding habitats at a pre-fabricated concrete artificial reef in Delaware bay, USA. In *ECOSET'95, Int. conf. on ecol. sys. enhanc. tech. for aq. envir.* Pp 266-271.
- FRONTIER, S. 1986. La méthode des cotations d'abondance appliquée aux pêcheries artisanales. In S. Frontier, (ed.), *Evaluation et optimisation des plans d'échantillonnage en écologie littorale.* CNRS: 263-285.
- GARCÍA CHARTON, J.A., BAYLE-SEMPERE, J.T., SÁNCHEZ LIZASO, J.L., CHIESA, P. LLAURADÓ, F., PÉREZ, C. y DJIAN, H. 1993. Respuesta de la pradera de *Posidonia oceanica* y su ictiofauna asociada al anclaje de embarcaciones en el Parque Natural de Port-Cros (Francia). *Publicaciones Especiales Instituto Español de Oceanografía* 11: 423-430.
- GARCÍA-CHARTON, J.A., PÉREZ-RUZAFÁ, A., SÁNCHEZ-JEREZ, P., BAYLE-SEMPERE, J.T. REÑONES, O. y MORENO, D. 2004. Multi-scale spatial heterogeneity, habitat structure, and the effect of marine reserves on Western Mediterranean rocky reef fish assemblages. *Marine Biology* 144: 161-182.
- GARCÍA-RUBIÉS, A. 1997. *Estudi ecològic de les poblacions de peixos litorals sobre substrat rocós a la Mediterrània occidental: efectes de la fondària, el substrat, l'estacionalitat i la protecció.* Tesis doctoral. Universitat de Barcelona. 261 pp.

- GARCÍA RUBIÉS, A. y ZABALA, M. 1990. Effects of total fishing prohibition on the rocky fish assemblage of Medes Islands marine reserve. *Scientia Marina* 54(4): 317-328.
- GASCON, D. y MILLER, R.A. 1981. Colonization by nearshore fish on small artificial reefs in Barkley Sound, British Columbia. *Canadian Journal of Zoology* 59: 1635-1646.
- GÓMEZ-BUCKLEY, M.C. y HAROUN, R.J. 1994. Artificial reefs in the Spanish coastal zone. *Bulletin of Marine Science* 55(2-3): 1021-1028.
- GOUTAYER, J.J., TENA, F., ROJO, E. y RAMÓN, C. 1994. Perspectives and objectives of the artificial reefs in the Spanish Mediterranean Sea and its relation with the protection and improvement of the artisanal fisheries. *Bulletin of Marine Science* 55(2-3): 1336.
- GREAT BARRIER REEF MARINE PARK AUTHORITY. 1978. Workshop on reef fish assessment and monitoring. *G.B.R.M.P.A. Workshop Ser. Townsville, Australia*, 66 pp.
- GUIRADO ROMERO, J., MORENO LAMPREAVE, D. y CASTRO NOGUEIRA, H. 1997. Gestión de los recursos marinos en el Mediterráneo occidental: arrecife artificial de Cabo de Gata. En García, L. y Navarro, A. (ed.), *Recursos naturales y medio ambiente en el Sureste Peninsular*. Inst. Estud. Almerienses, pp 147-159.
- HAMNER, W.M., JONES, M.S., CARLETON, J.H., HAURI, I.R. y WILLIAMS, D.McB. 1988. Zooplankton, planktivorous fish and water currents on a windward reef face: Great Barrier Reef, Australia. *Bulletin of Marine Science* 42(3): 459-479.

## **Restauración del medio marino en la reserva marina de Tabarca (Alicante, España): estructura y variaciones temporales de la ictiofauna asociada al arrecife artificial**

---

- HARMELIN-VIVIEN, M.L. 1984. Ichtyofaune des herbiers de Posidonies du Parc Naturel regional de Corse. *Int. Workshop P.Ocean. beds* 1:291-301.
- HARMELIN-VIVIEN, M.L. y FRANCOUR, P.. 1992. trawling or visual censuses? Methodological bias in the assessment of fish populations in seagrass beds. *Marine Ecology PSZNI* 13(1): 41-51.
- HARMELIN-VIVIEN, M.L., HARMELIN, J.G., CHAUVET, C., DUVAL, C., GALZIN, R., LEJEUNE, P., BARNABÉ, G., BLANC, F., CHEVALIER, R., DUCLERC, J. y LASSERRE, G. 1985. Evaluation des peuplements et populations de poissons. Méthodes et problèmes. *Revue Ecologie (Terre Vie)* 40: 467-539.
- HARMELIN, J.G. 1990. Ichtyofaune des fonds rocheux de Méditerranée: structure du peuplement du coralligène de l'île de Port Cros (Parc national, France). *Mésogée* 50:23-30.
- HARMELIN, J.G. y BELLAN-SANTINI, D. 1997. Assessment of biomass and production of artificial reef research. In A.C. Jensen, *European artificial reef research*. Proc. 1st EARRN conference, Ancona, Italy. Publ. Southampton Oceanogr. Centre, pp 305-322.
- HAROUN, R., GÓMEZ, M., HERNÁNDEZ, J.J., HERRERA, R., MONTERO, D., MORENO, T., PORTILLO, A., TORRES, M.E. y SOLER, E. 1994. Environmental description of an artificial reef site in Gran Canaria (Canary Islands, Spain) prior to reef placement. *Bulletin of Marine Science* 55(2-3): 932-938.
- HERRERA, R. 1998. *Dinámica de las comunidades bentónicas de los arrecifes artificiales de Arguineguin (Gran Canaria) y Lanzarote.*

Tesis doctoral, Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. 270 pp.

HERWITZ, S.R., WUNDERLIN, R.P. y HANSEN, B.P. 1996. Species turnover on a protected subtropical barrier island: a long-term study. *Journal of Biogeography* 23: 705-715.

HIXON, M.A. y BEETS, J.P. 1989. Shelter characteristics and Caribbean fish assemblages: Experiments with artificial reefs. *Bull. Mar. Sci.*, 44(2): 666-680.

HUECKEL, G.J. y BUCKLEY, R.M. 1987. The influence of prey communities on fish species assemblages on artificial reefs in Puget Sound, Washington. *Environmental Biology of Fishes* 19(3): 195-214.

JENSEN, A.C., COLLINS, K.J., LOCKWOOD, A.P.M., MALLINSON, J.J. y TURNPENNY, W.H. 1994. Colonization and fishery potential of a coal-ash artificial reef, Poole Bay, United Kingdom. *Bulletin of Marine Science* 55(2-3): 1263-1276.

JOUVENEL, J.Y. 1992. *Etude de la faune ichthyologique d'une zone rocheuse dans la region de Banyuls sur mer en Méditerranée*. D.E.A. "Chimie de l'Environnement et Santé". Université d'Aix-Marseille, 31 pp.

KIKUCHI, T. 1966. An ecological study on animal communities of the *Zostera marina* belt in Tomioka Bay, Amakusa, Kyushu. *Publications Amakusa Marine Biology Lab, Kyushu* 1: 1-82.



## **Restauración del medio marino en la reserva marina de Tabarca (Alicante, España): estructura y variaciones temporales de la ictiofauna asociada al arrecife artificial**

---

- LEJEUNE, P. 1984. *Etude écoéthologique des comportements reproducteurs et sociaux des Labridae méditerranéens des genres Symphodus RAFINESQUE, 1810 et Coris LACEPEDE, 1802*. Thèse de Doctorat des Sciences. Université de Liège, Belgique. 231 pp.
- LEWIS, R., DE VRIES, I. y BUSSCHBACH, H. 1997. Lessons from a controversial experiment. In L.E. Hawkins,, S. Hutchinson,, A.C. Jensen,, M. Shearer, y J.A. Williams, (ed). *The response of marine organisms to their environments*. University of Southampton, pp 327-336.
- LUCKHURST, B. y LUCKHURST, K. 1977. Analysis of the influence of the substrate variables on coral reef fish communities. *Marine Biology* 49: 317-323.
- MANN, B. Q. y BUXTON, C.D. 1998. The reproductive biology of *Diplodus sargus capensis* and *Diplodus cevinus hottentotus* (Sparidae) off the southeast Cape Coast, South Africa. *Cybium* 22(1): 31-47.
- MARTÍNEZ HERNÁNDEZ, J.M. 1996. *La pesca artesanal de El Campello (Alicante, SE Ibérico): caracterización y elementos para una ordenación*. Tesis doctoral, Universidad de Alicante. 250 pp.
- MOLLES, M.C. 1978. Fish species diversity on model and natural reef patches: experimental insular biogeography. *Ecological Monographs* 48: 289-305.

- MORENO, I., ROCA, I., REÑONES, O., COLL, J. y SALAMANCA, M. 1994. Artificial reef program in Balearic waters (Western Mediterranean). *Bulletin of Marine Science* 55(2-3): 667-671.
- NAKAMURA, M. 1985. Evolution of artificial fishing reef concepts in Japan. *Bulletin of Marine Science* 37(1): 271-278.
- NEVES SANTOS, M. 1997. *Ichthyofauna of the artificial reefs of the Algarve coast. Exploitation strategies and management of local fisheries*. Tesis doctoral, Universidad do Algarve. 268 pp.
- NEVES SANTOS, M., MONTEIRO, C. y LASSERRE, G. 1996. Comparison of the fish assemblages of two artificial reefs off Ria Formosa lagoon (Portugal): Preliminary results. *Oceanologica Acta* 19:89-97.
- ODY, D. 1987. *Les peuplements ichthyologiques des récifs artificiels de Provence (France, Méditerranée Nord Occidentale)*. These Université d'Aix-Marseille II - Station Marine d'Endoume. 205 pp.
- ODY, D. y HARMELIN, J.G. 1994. Influence de l'architecture et de la localisation de récifs artificiels sur leurs peuplements de poissons en Méditerranée. *Cybium* 18(1): 57-70.
- OSMAN, R.W. 1978. The influence of seasonality and stability on the species equilibrium. *Ecology* 59(2): 383-399.
- PICKERING, H. y WHITMARSH, D. 1997. Artificial reefs and fisheries exploitation: a review of the "attraction versus production" debate, the influence of design and its significance for policy. *Fisheries Research* 31: 39-59.

## **Restauración del medio marino en la reserva marina de Tabarca (Alicante, España): estructura y variaciones temporales de la ictiofauna asociada al arrecife artificial**

---

- POLOVINA, J.J. 1989. Artificial reefs: nothing more than benthic fish aggregators. *CalCOFI Report* vol. XXX: 37-39.
- RAMOS-ESPLÁ, A.A. y BAYLE-SEMPERE, J.T. 1990. Management of living resources in the Marine Reserve of Tabarca island (Alicante, Spain). *Bulletin de la Société Zoologique du France* 114(4): 41-48.
- RANDALL, J.E. 1963. An analysis of the fish populations of artificial and natural reefs in the Virgin Islands. *Caribbean Journal of Science* 3(1): 31-47.
- RELINI, M., TORCHIA, G. y RELINI, G. 1994. Seasonal variation of fish assemblages in the Loano artificial reef (Ligurian sea, Northwestern Mediterranean). *Bulletin of Marine Science* 55(2-3): 401-417.
- RELINI, G., RELINI, M., TORCHIA, G., TIXI, F. y NIGRI, C. 1995. Coal ash tests in Loano artificial reef. In *ECOSSET'95: Proc. Int. Conf. Ecol. Syst. Enhancement Tech. Aquat. Environ.* Pp 107-113.
- REVENGA, S., FERNÁNDEZ, F., GONZÁLEZ, J.L. y SANTAELLA, E. 1997. Artificial reefs in Spain: the regulatory framework. In A.C. Jensen, (ed.) *European Artificial Reef Research*. Proc. 1st. EARRN conference, Ancona, Italy, March 1996. Publ. Southampton Ocean. Ctr.: 161-174.
- SALA, E. y BALLESTEROS, E. 1997. Partitioning of space and food resources by three fish of the genus *Diplodus* (Sparidae) in a Mediterranean rocky infralittoral ecosystem. *Marine Ecology Progress Series* 152: 273-283.

- SALE, P.F. 1980. The ecology of fishes on coral reefs. *Oceanography and Marine Biology Annual Review* 18: 367-421.
- SALE, P.F. 1988. Perception, pattern, chance and the structure of reef fish communities. *Environmental Biology of Fishes* 21:3-15.
- SALE, P.F. 1991. Introduction. In Sale, P.F. (edit.). The ecology of fishes on coral reefs. *Academic Press, Inc.* pp 3-11.
- SÁNCHEZ JEREZ, P. 1994. *Degradación de las praderas de Posidonia oceanica (L) Delille por la pesca de arrastre en El Campello (SE Ibérico): influencia sobre la estructura de la comunidad animal asociada*. Tesis de licenciatura, Universidad de Alicante. 120 pp.
- SÁNCHEZ JEREZ, P. y RAMOS-ESPLÁ, A.A. 1995. Influence of spatial arrangement of artificial reefs on *Posidonia oceanica* fish assemblages in the West Mediterranean Sea: importance of distance among blocks. In *ECOSSET'95: Proc. Int. Conf. Ecol. Syst. Enhancement Tech. Aquat. Environ.* Pp 646-651.
- SÁNCHEZ JEREZ, P. y RAMOS-ESPLÁ, A.A. 1996. Detection of environmental impacts by bottom trawling on *Posidonia oceanica* (L.) Delille meadows: sensitivity of fish and macroinvertebrates communities. *Journal of Aquatic and Ecosystem Health* 5: 239-253.
- SATO, O. 1985. Scientific rationales for fishing reef design. *Bulletin of Marine Science* 37(1): 329-335.
- SCHOENER, A. 1974. Experimental zoogeography: colonization of marine mini-islands. *The American Naturalist* 108: 715-738.

## **Restauración del medio marino en la reserva marina de Tabarca (Alicante, España): estructura y variaciones temporales de la ictiofauna asociada al arrecife artificial**

---

- SEAMAN, W. Jr. 1997a. What if everyone thought about reefs?. *Fisheries* 22(4): 4-5.
- SEAMAN, W. Jr. 1997b. Frontiers that increase unity: defining an agenda for European Artificial Reef Research. In A.C. Jensen (ed.), *European artificial reef research*. Southampton Oceanography Centre, pp 241-260.
- SEAMAN, W. Jr. y SPRAGUE, L.M. 1991. Artificial habitat practices in aquatic systems. In W. Jr. Seaman, y L.M. Sprague (ed), *Artificial habitats for marine and freshwater fisheries*. Academic Press, Inc. Pp 1-29.
- SIMBERLOFF, D. 1978. Using biogeographic distributions to determine if colonization is stochastic. *The American Naturalist* 112:713-726.
- SNOEIJIS, P.J.M. y PRENTICE, I.C. 1989. Effects of cooling water discharge on the structure and dynamics of epilithic algal communities in the northern Baltic. *Hydrobiologia* 184: 99-123.
- SPANIER, E. 1995. Artificial reefs in a biogeographically changing environment. In *ECOSSET'95: Proc. Int. Conf. Ecol. Syst. Enhancement Tech. Aquat. Environ.* Pp 543-547.
- SPANIER, E., TOM, M., PISANTY, S. y ALMOG-SHTAYER, G. 1990. Artificial reefs in the low productive marine environments of the Southeastern Mediterranean. *Marine Ecology PSZNI* 11(1): 61-75.

- TALBOT, F.H., RUSSELL, B.C. y ANDERSON, G.R.V. 1978. Coral reef fish communities: unstable, high-diversity systems?. *Ecological Monographs* 48: 425-440.
- UNDERWOOD, A.J. 1997. *Experiments in ecology: their logical design and interpretation using analysis of variance*. Cambridge University Press, 504 pp.
- VILLA, F., ROSSI, O. y SARTORE, F. 1992. Understanding the role of chronic environmental disturbance in the context of Island Biogeographic Theory. *Environmental Management* 16(5): 653-666.
- WALSH, W.J. 1985. Reef fish community dynamics on small artificial reefs: the influence of isolation, habitat structure and biogeography. *Bulletin of Marine Science* 36(2):357-376.
- WARWICK, R.M., PLATT, H.M., CLARKE, K.R., AGARD, J. y GOBIN, J. (1990). Analysis of macrobenthic and meiobenthic community structure in relation to pollution and disturbance in Hamilton Harbour, Bermuda. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 138: 119-142.
- WHITEHEAD, P.J.P., BAUCHOT, M.L., HUREAU, J.C., NIELSEN, J. y TORTONESE, E. 1984-86. *Fishes of the North-eastern Atlantic and the Mediterranean*. Vol. I, II, III. Unesco.
- ZAR, J.H. 1984. *Biostatistical analysis*. 718 pp. Prentice-Hall, Inc. New Jersey, USA.

# **Restauración del medio marino en la reserva marina de Tabarca (Alicante, España): estructura y variaciones temporales de la ictiofauna asociada al arrecife artificial**

---

## **Notas**

1. Depto. de Ciencias del Mar y Biología Aplicada.

Universidad de Alicante. Apto. Corr. 99. E-03080-Alicante, España.

Telfno. +34965903400 ext. 2977. Fax: +3496599840.

bayle@ua.es.