



GOBIERNO DE CANARIAS
CONSEJERÍA DE AGRICULTURA, GANADERÍA, PESCA Y ALIMENTACIÓN
VICECONSEJERÍA DE PESCA

SEGUIMIENTO CIENTÍFICO DE LOS SISTEMAS DE ARRECIFES ARTIFICIALES UBICADOS EN EL LITORAL DE LAS ISLAS DE LANZAROTE, FUERTEVENTURA, GRAN CANARIA Y LA PALMA (2007).

Diciembre de 2007

GRUPO DE INVESTIGACIÓN EN BIODIVERSIDAD Y CONSERVACIÓN
SECCIÓN PESCA
DEPARTAMENTO DE BIOLOGÍA
UNIVERSIDAD DE LAS PALMAS DE GRAN CANARIA
EDF. DE CIENCIAS BÁSICAS (B-203.1)
CAMPUS UNIVERSITARIO DE TAFIRA
35017 LAS PALMAS DE GRAN CANARIA





GOBIERNO DE CANARIAS
CONSEJERÍA DE AGRICULTURA, GANADERÍA, PESCA Y ALIMENTACIÓN
VICECONSEJERÍA DE PESCA

SEGUIMIENTO CIENTÍFICO DE LOS SISTEMAS DE ARRECIFES ARTIFICIALES UBICADOS EN EL LITORAL DE LAS ISLAS DE LANZAROTE, FUERTEVENTURA, GRAN CANARIA Y LA PALMA (2007).

GRUPO DE INVESTIGACIÓN EN BIODIVERSIDAD Y CONSERVACIÓN
SECCIÓN PESCA
DEPARTAMENTO DE BIOLOGÍA
UNIVERSIDAD DE LAS PALMAS DE GRAN CANARIA
EDF. DE CIENCIAS BÁSICAS (B-203.1)
CAMPUS UNIVERSITARIO DE TAFIRA
35017 LAS PALMAS DE GRAN CANARIA

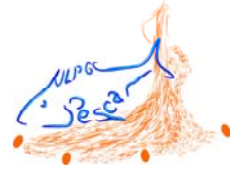


Diciembre de 2007

Responsable:

Dr. José Juan Castro Hernández

Dept. de Biología, Univ. de Las Palmas de G.C.



Colaboradores:

Dr. José Luis Hernández López

Dept. Biología, Univ. de Las Palmas de Gran Canaria

D. Yeray Pérez González

Dept. Biología, Univ. de Las Palmas de Gran Canaria

Dña. Ana Teresa Santana Ortega

Dept. Biología, Univ. de Las Palmas de Gran Canaria

D. Domingo Castro Arbelo

Pozo Scuba SLL

D. Antonio Betancor Alvarado

Pozo Scuba SLL

D. Miguel A. Hernández

Videosub

Índice.

	Página
Resumen.....	6
Preámbulo.....	8
I.- Introducción.....	9
II- Material y Método General	11
1. – Censos Visuales.....	12
2.- Método de muestreo estacionario	13
3.- Análisis Estadístico	16
III.- Isla de Lanzarote	17
1. Noreste de Lanzarote - Arrieta.....	18
1.1. Antecedentes	19
1.2. Materiales y Método.....	20
1.3. Resultados.	25
1.3.1. Características del poblamiento ictiológico	25
1.3.2. Cobertura por algas e invertebrados	29
1.3.3. Evaluación de la biomasa ictiológica.....	33
1.3.4. Evaluación de la abundancia ictiológica.....	38
1.3.5. Evaluación de la diversidad de peces	42
1.4. Discusión.....	49
2. Este de Lanzarote - Puerto del Carmen.....	51
2.1. Antecedentes	52
2.2. Materiales y Método.....	53
2.3. Resultados.	57
2.3.1. Características del poblamiento ictiológico	57
2.3.2. Cobertura por algas e invertebrados	68
2.3.3. Evaluación de la biomasa ictiológica.....	74
2.3.4. Evaluación de la abundancia ictiológica.....	78
2.3.5. Evaluación de la diversidad de peces	83
2.4. Discusión.....	88
3. Sureste de Lanzarote - Caleta Larga	91
3.1. Antecedentes	92

3.2. Materiales y Método	93
3.3. Resultados.	96
3.3.1. Características del poblamiento ictiológico	96
3.3.2. Cobertura por algas e invertebrados	105
3.3.3. Evaluación de la biomasa ictiológica.....	110
3.3.4. Evaluación de la abundancia ictiológica.....	114
3.3.5. Evaluación de la diversidad de peces	119
3.4. Discusión.....	124
IV.- Isla de Fuerteventura	126
4. Sureste de Fuerteventura - Gran Tarajal	127
4.1. Antecedentes	128
4.2. Materiales y Método	129
4.3. Resultados.	133
4.3.1. Características del poblamiento ictiológico	132
4.3.2. Cobertura por algas e invertebrados	140
4.3.3. Evaluación de la biomasa ictiológica.....	145
4.3.4. Evaluación de la abundancia ictiológica.....	149
4.3.5. Evaluación de la diversidad de peces	155
4.4. Discusión.....	159
V.- Isla de Gran Canaria.....	161
5. Sur de Gran Canaria – Bahía de Santa Águeda-Arguineguín.....	162
5.1. Antecedentes	163
5.2. Materiales y Método	164
5.3. Resultados.	167
5.3.1. Cobertura por algas e invertebrados	167
5.3.2. Características del poblamiento ictiológico	172
5.3.3. Evaluación de la biomasa ictiológica.....	180
5.3.4. Evaluación de la abundancia ictiológica.....	184
5.3.5. Evaluación de la diversidad de peces	189
5.4. Discusión.....	193
VI.- Isla de La Palma.....	198
6. Oeste de La Palma - Tazacorte.	199
6.1. Antecedentes	200
6.2. Materiales y Método	203

6.3. Resultados	205
6.3.1. Características del poblamiento ictiológico	205
6.3.2. Cobertura por algas en invertebrados	211
6.3.3. Evaluación de la biomasa ictiológica.....	214
6.3.4. Evaluación de la abundancia ictiológica.....	218
6.3.5. Evaluación de la diversidad de peces	224
6.4. Discusión.....	228
VII.- La eriza (<i>Diadema antillarum</i>).....	232
7. La población de erizas en los arrecifes artificiales.....	233
7.1. Arrieta.....	238
7.2. Puerto del Carmen	239
7.3. Caleta Larga.....	240
7.4. Gran Tarajal	241
7.5. Arguineguín.....	243
7.6. Tzacorte	244
VIII.- Generalidades.....	245
8. Comparación entre sistemas arrecifales	246
8.1. Biomasa, abundancia y diversidad agregada.....	246
IX.- Recomendaciones.....	252
X.- Agradecimiento.....	257
XI.- Bibliografía Consultada	259

Resumen.

Durante los meses de agosto y octubre de 2007 se realizaron sendas campañas de evaluación de la biomasa, abundancia y diversidad de especies agregadas a los sistemas de arrecifes artificiales ubicados frente a las costas de Arrieta, Puerto del Carmen y Caleta Larga, todos en la isla de Lanzarote, Gran Tarajal en la isla de Fuerteventura, Santa Águeda-Arguineguín en Gran Canaria y Tzacorte en la isla de La Palma. Este proyecto se enmarca dentro del programa de seguimiento de los arrecifes artificiales de la Viceconsejería de Pesca del Gobierno de Canarias.

Por lo general, en todos los arrecifes artificiales se observó una biomasa, abundancia ictiológica, así como diversidad de especies, superior a la de los arrecifes naturales utilizados como control, aunque con una gran variabilidad espacial y temporal, y muy superior a la presente en los arenales que rodean a los cada uno de estos sistemas arrecifales.

Cabe destacar que todos los sistemas arrecifales estudiados comparten características comunes, como es que están mayoritariamente formados por módulos de producción, salvo los arrecifes artificiales de la Bahía de Santa Águeda (Arguineguín) y Tzacorte que presentan módulos del tipo anti-arrastre.

A nivel general, en los sistemas arrecifales estudiados predominaron los espáridos, especialmente las bogas (*Boops boops*), y los pomacéntridos (*Chromis limbata* y *Abudefduf luridus*), mullidos (*Mullus surmuletus*) y serránidos (*Serranus atricauda* y *S. cabrilla*). El arrecife de Santa Águeda (Arguineguín), en Gran Canaria, y a diferencia del resto de arrecifes, la mayor biomasa es aportada por los roncadores (*Pomadasys incisus*). Se apreciaron cambios en la biomasa y abundancia entre ambos periodos de muestreo, perfectamente achacables a los ciclos vitales de cada especie o a condiciones específicas de cada localidad. El arrecife de Arguineguín mostró la mayor biomasa agregada y abundancia en agosto, mientras que en octubre fue el localizado en Puerto del Carme el que presentó los valores máximos. No obstante en lo referente a la diversidad de especies, es nuevamente el arrecife de Arguineguín el que presentó un mayor número de especies y el de Tzacorte cuya fauna ictiológica fue significativamente más pobre.

Tampoco se encontró cambios muy significativos en la cobertura algal y de invertebrados entre los diferentes arrecifes, predominando los sacabocados (posiblemente *Verruca stroemia*) y las esponjas incrustantes, destacando *Batzella inops*. En este sentido, es necesario establecer algunas excepciones.

Así mientras que en Tzacorte la cobertura algal fue importante, llegando incluso al 100%, también lo fue, aunque en mucha menor cantidad, en Puerto del Carmen, posiblemente en este último caso debido a fenómenos de enriquecimiento local no conocidos. Por otro lado, la presencia de la eriza (*Diadema antillarum*) no fue también muy variable según los diferentes arrecifes, así las mayores densidades se localizaron en Arguineguín, Puerto del Carmen y Caleta Larga, mientras que esta especie estuvo ausente del arrecife de Tzacorte. Por otro lado, el arrecife de Gran Tarajal a experimentado un importante aumento en el número de erizas respecto a años anteriores, posiblemente como un parte del proceso de colonización del sistema por para de este equinodermo. Sin embargo, no parece que la densidad de erizas condiciones en alguna medida la abundancia de peces, ya que hubo siempre más peces (biomasa y abundancia) donde hubo mayor densidad de erizas.

Preámbulo.

En junio de 2007, la Viceconsejería de Pesca del Gobierno de Canaria, La Universidad de Las Palmas de Gran Canaria y La Fundación Universitaria de Las Palmas firman un convenio, por importe de 70.408,35 euros, para desarrollar el proyecto titulado "*Seguimiento científico del sistema de arrecifes artificiales ubicados en el litoral de las islas de Lanzarote, Fuerteventura, Gran Canaria y La Palma (2007)*".

La Fundación Universitaria de Las Palmas encargó el estudio a la sección de pesca del Grupo de Investigación de Biodiversidad y Conservación de la Universidad de Las Palmas de Gran Canaria, y en particular al Dr. José Juan Castro Hernández.

Para el desarrollo de este proyecto de seguimiento se diseñaron dos campañas de evaluación de la biomasa agregada en el entorno de los campos de los seis sistemas arrecifales ubicados en las cercanías de las localidades de Arrieta (Término Municipal de Haría), Puerto del Carmen (Término Municipal de Tías) y Caleta Larga (Término Municipal de Yaiza), todos en la isla de Lanzarote, así como frente a Gran Tarajal (Término Municipal de Tuineje), en la isla de Fuerteventura, Bahía de Santa Águeda (Término Municipal de San Bartolomé de Tirajana) en la isla de Gran Canaria, y Tzacorte (Término Municipal de Tzacorte) en la isla de La Palma. Las campañas de muestreo en cada uno de los anteriormente citados sistemas arrecifales fueron realizadas en los meses de agosto y octubre de 2007.

I- Introducción.

En el sistema marino las zonas de aguas someras que se relacionan con la franja costera representan un recurso de gran importancia ecológica y económica. Sin embargo, es un área limitada y de alta fragilidad, con una elevada biodiversidad, alta producción primaria y que es utilizada como área de cría de numerosas especies, muchas de alto interés comercial (Ramos & Mas, 1992). El uso de estas áreas costeras durante el desarrollo de la civilización humana, ha jugado un papel muy importante en la evolución cultural, comercial y de ocio, que muchas veces se ha traducido en una excesiva presión antrópica, cuyo principal factor ha sido la pesca.

Debido a la elevada fragilidad de estas áreas y la concienciación cada vez mayor por parte de las instituciones de este hecho, muchos países han adoptado estrategias encaminadas al desarrollo sostenible, con el fin de evitar situaciones irreversibles. Para ello, se han establecido diferentes programas de planificación y ordenación integral sobre los posibles usos de la zona litoral y las aguas someras próximas a la costa, y dentro de este tipo de actuaciones la instalación de arrecifes artificiales es una de las estrategias encaminadas a la regulación de la actividad pesquera.

En esta línea, a partir de 1986 (Decretos 154 y 155; BOCAC 125 de 17 de agosto), el Gobierno de Canarias aplicó una primera medida orientada a regular la explotación pesquera y reducir el impacto de la misma sobre los recursos. Sin embargo, la falta de información biológica detallada de la mayoría de las especies y la total carencia de bases de datos de esfuerzo y capturas, han impedido aplicar medidas que evitaran que los recursos continúen en regresión y el colapso de determinadas pesquerías en algunas islas. En este proceso han intervenido muchos factores, tanto de origen antrópico como ambientales, entre los que habría que destacar una sobredimensionalización del esfuerzo pesquero y la carencia de personal suficiente para la realización de un control efectivo de la actividad extractiva.

Como consecuencia de ello, el Gobierno de Canarias ha optado por aplicar estrategias complementarias tales como la instalación de arrecifes artificiales y reserva marinas de interés pesquero en cada una de las islas. En el caso de los arrecifes artificiales, el objetivo ha sido la recuperación de los recursos de interés pesquero a través de la instalación de sustratos que sirviesen de refugio y permitiesen un aumento de la supervivencia y del reclutamiento de especies de distribución somera o litoral, las más castigadas por la pesca con nasas (útil de pesca más extendido en la mayoría de las islas;

Bas *et al.*, 1995).

El uso de estas estructuras a modo de arrecifes artificiales data de muy antiguo. En ciertas partes de la India han lastrado árboles para este cometido durante 18 siglos (Sanjeeva Raj, 1996, tomado de Seaman, 2000), y desde el siglo XVII los pescadores japoneses depositaban piedras a escasa profundidad con objeto de incrementar las capturas (Grove & Sonu, 1985). Esto ha determinado que, a lo largo del planeta, el uso más habitual de los arrecifes artificiales sea el de mejorar la pesca (Seaman, 2000). En este sentido, en España se han venido desarrollando programas de instalación de arrecifes artificiales a partir de la década de 1980, con el objetivo principal de aumentar la pesca y ayudar a la recuperación de la capacidad de producción de determinados caladeros. Por otro lado, los arrecifes también han sido destinados a la protección de zonas de interés ecológico y pesquero, y ayudar así en la repoblación natural de las áreas circundantes (Orden 11/5/82 del Ministerio de Agricultura y Pesca). Esta estrategia, dentro de un marco de gestión pesquera y medioambiental, se ha visto apoyada por el Reglamento de la Comunidad Europea 4028/86 de diciembre de 1986, relativo a las acciones comunitarias para la mejora y adaptación de las estructuras del sector pesquero y de la acuicultura (Ramos *et al.*, 1992).

En teoría, los arrecifes actúan como zonas cuyas poblaciones estables generan nueva biomasa hasta que se alcance la capacidad de carga del sistema. Cuando esto sucede, teóricamente el excedente poblacional migrará paulatinamente hacia las áreas adyacentes al sistema arrecifal y ocupará zonas menos pobladas. De esta forma se pretende alcanzar, a partir de esta estrategia junto con otros planes de gestión y regulación pesquera, el establecimiento de un nivel de explotación de las áreas próximas a los arrecifes que permita una pesquería más sostenible. Pero para ello, es necesario que las áreas arrecifales se encuentren protegidas de esta actividad extractiva, en sus diversas variantes. Cuando esto no sucede, esta estrategia puede dar lugar a muchos problemas y dejar el medio que los sostiene igual o peor que al comienzo.

En Canarias existen seis áreas de arrecifes artificiales, los más antiguos se encuentran en la vertiente oeste de la isla de La Palma y en el sur-oeste de Gran Canaria, mientras que los más modernos se ubican en la costa noreste de Lanzarote y sureste de Fuerteventura. Los dos restantes se ubican en el sureste de Lanzarote, frente a Puerto del Carmen y Caleta Larga.

En todos los arrecifes predominan los módulos de atracción-agregación,

que al ofrecer refugio a alevines y juveniles, y aumentar la disponibilidad de alimento producen un incremento en la biomasa mediante la reducción de la mortalidad natural (Stone, 1971; Kakimoto et al., 1998; Johnson, 2001). A su vez, los módulos arrecifales también están indicados para concentrar especies de alta movilidad (p.ej.: *Seriola* spp.), asegurando de esta manera su captura (Ogawa, 1973; Kelch et al., 1999). Por tanto, la estrategia óptima de gestión es alcanzar que la mortalidad producida por la pesca sea inferior al incremento de las tasas de supervivencia que se han obtenido debido a una reducción en la mortalidad natural. Esto implica una regulación estricta del acceso de la flota de pesca a los arrecifes, y a las zonas cercanas que están influenciadas por dicho complejo. El seguimiento de estas áreas limítrofes, o próximas al arrecife, resulta importante, puesto que conocer como se ven influenciados estos fondos por los sistemas artificiales, puede aportar mucha información a los estudios realizados en esta línea (Osenberg, 2002). Sin embargo, existe una gran incógnita sobre el verdadero papel que juegan los arrecifes artificiales, con respecto a la mejora de los recursos pesqueros. Probablemente el efecto de atracción y el de producción interactúan, dirigiendo la dinámica que estos biotopos pueden desarrollar (Wilson *et al.*, 2001).

Por este motivo es muy importante tener en cuenta que la estrategia de ordenación basada en los arrecifes no finaliza únicamente con la instalación de las unidades arrecifales, sino que se ha de desarrollar un programa de seguimiento de la evolución de la fauna y la flora en el entorno de los mismos, así como evaluar la biomasa agregada y el impacto sobre el entorno ecológico y social más inmediato. Este seguimiento requiere ser desarrollado en un plazo de tiempo más o menos largo, con objeto de poder determinar todas aquellas variables que afecta al arrecife a escalas temporales diferentes (estacionales, anuales y si es posible de mayor periodo), de forma que permitan evaluar cual es la contribución real de los arrecifes a la recuperación de los recursos pesqueros de aguas someras de cada una de la islas.

II- Materiales y Método General.

Para desarrollar el programa de seguimiento de la evolución temporal de la biomasa íctica en el entorno del arrecife artificial, se realizaron censos visuales de las especies de peces presentes en el área inmediata a los módulos (se utilizaron las técnicas de selección del área de muestreo de modo que esta sea estadísticamente representativa;). Los censos visuales fueron realizados por dos parejas de buceadores acompañados por un fotógrafo

submarino que grabó el comportamiento de los peces (estas imágenes fueron utilizadas para verificar los censos realizados). Los buceadores registraron, durante un periodo de cinco minutos, y ubicados en un punto fijo, el número de individuos de cada especie, su talla aproximada, sexo (si presentan dimorfismo sexual), comportamiento, y cualquier otra característica que se estimó relevante. Además, durante las inmersiones se tomaron datos sobre otro tipo de parámetros, tales como el nivel de cobertura vegetal sobre los módulos y su entorno, poblaciones de invertebrados y su distribución, turbidez, sedimentación, tipo de substrato, dirección y velocidad de la corriente, temperatura del agua, etc.

Los censos fueron realizados en tres zonas de muestreo: en el campo de arrecifes artificiales, donde se obtuvo la referencia geográfica a partir de los mapas de distribución de los módulos, en un arrecife natural próximo y en una zona sobre fondos arenosos. Estas dos últimas zonas actuaron como controles y fueron seleccionadas con el único criterio de que presentasen una cierta cercanía al campo de arrecifes objeto de estudio y que se distribuyeran a una profundidad similar.

Además de los censos visuales utilizados para una primera evaluación de la biomasa agregada al campo de arrecifes, se realizó una inspección ocular de todos los módulos que lo componen, con objeto de verificar la localización descrita en las cartas náuticas, así como determinar su estabilidad y orientación sobre el fondo.

El seguimiento de la comunidad biológica que se desarrolla en el entorno de los arrecifes, especialmente la comunidad de peces, se efectuó a través de censos visuales, siendo ésta técnica más sensible con aquellas especies de escasa movilidad o que no presenten un comportamiento huidizo. A parte de los censos visuales directos realizados in situ por los buceadores, se efectuaron a su vez censos a través de fotografía y videos que sirvieron para completar la información obtenida en los censos directos y comprobar el grado de exactitud de los mismos.

2.1. Censos Visuales.

Los censos visuales se efectuaron utilizando el método descrito por Bohnsack & Bannerot (1986), Bortone & Bohnsack (1991) y Dolloff *et al.*, (1996), teniendo en cuenta las consideraciones de Russell *et al.* (1978) Sale (1980), De Martini & Roberts (1982), Sale & Sharp (1983), entre otros. Los

censos visuales, apoyados con filmación submarina, han tenido un sostenido éxito en las últimas décadas y sus objetivos son comparar las poblaciones de peces entre arrecifes y otros hábitats, y realizar estimaciones cuantitativas de la composición de la ictiofauna en el tiempo (Bohnsack & Banerot, 1986). Resulta fundamental que los buceadores sean capaces de identificar rápida y correctamente las especies en su hábitat natural (Bortone & Bohnsack, 1991), por lo que previamente se corroboró su conocimiento de la ictiofauna local.

Los censos fueron siempre realizados simultáneamente por dos parejas de buceadores, a la vez que un quinto submarinista grababa el entorno inmediato a los arrecifes en vídeo, con el objeto de poder abarcar un volumen de agua más amplio y obtener una mayor cobertura de los ejemplares. Con ayuda de estas filmaciones, los censos fueron posteriormente revisados en el laboratorio.

El censo de las comunidades bentónicas de macroalgas y macroinvertebrados fue realizado considerando su cobertura media, densidad y tamaño aproximado de los individuos (Herrera *et al.*, 1995).

Los censos de peces se efectuaron usando la técnica del punto fijo (método estacionario), donde los buceadores, situados en un punto fijo cercano a los arrecifes, registraron toda la información biológica posible (número de ejemplares, estado de madurez y comportamiento de cada individuo que se encontró dentro del campo visual, aproximadamente 100 m²). El censo se realizó durante un intervalo de tiempo de 5 minutos. Cada buceador realizó un mínimo de dos réplicas de cada medida para disminuir el error de muestreo. Todas las anotaciones fueron realizadas con un lápiz de grafito sobre una tabla de PVC.

La información registrada por los buceadores fue la siguiente: (i) especie (nombre local y/o científico), (ii) número de individuos dentro del campo visual, (iii), longitud total aproximada, y (iv) comportamiento. Además, se registró *in situ* la posición geográfica, temperatura del agua, salinidad, estado del mar, turbidez, distancia del campo visual, dirección de la corriente y del viento.

2.2. Método de muestreo estacionario.

El método de muestreo estacionario fue desarrollado con objeto de proporcionar datos cuantitativos sobre la estructura de la comunidad de peces

de un arrecife según los siguientes criterios:

1. Todas las especies observables deben ser incluidas en cada censo.
2. El método debe requerir el menor equipamiento y manipulación posible.
3. El tiempo de inmersión debe ser utilizado lo más eficientemente posible en la recolección de datos.
4. Los datos deben generar estimaciones de la composición en especies, abundancia, frecuencia de ocurrencia y biomasa.
5. El método debe minimizar los errores experimentales, de observación y comportamiento.
6. El muestreo debe incluir especies con importancia económica y ecológica que frecuentemente evitan a los buceadores.

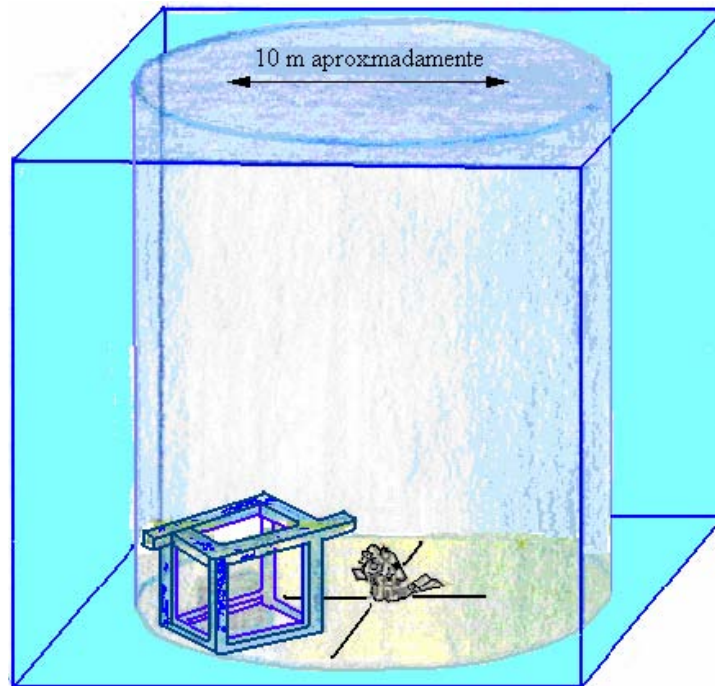


Figura 1. Esquema de la realización de un censo visual.

La técnica de muestreo se basó en censos realizados en puntos seleccionados aleatoriamente, usando equipos de buceo autónomos. Inicialmente, en cada punto de muestreo se registraron todas las especies observadas durante un período de cinco minutos, dentro de un cilindro imaginario que se extendió desde la superficie hasta el fondo con un diámetro aproximado de 10 m centrado en el observador (Figura 1).

Cada muestreo da comienzo cuando el buceador llega al fondo e inicia el recuento de todas las especies que queda dentro de su campo visual. Transcurridos los cinco minutos de observación preestablecidos, se realiza la inspección detallada de la fauna que habita en cuevas u oquedades, para completar el censo anterior con las especies que presentan hábitos crípticos. Una vez finalizada esta operación el buceador se dirige a otra situación donde comienza un nuevo censo. Cada lugar es censado por dos buceadores simultáneamente, con lo que cada censo está replicado.

Durante las observaciones se determina el número de ejemplares de cada especie que se encuentran dentro del volumen de observación del buceador. En el caso de las especies que formaban cardúmenes, y debido a la dificultad de contar a todos los individuos, las estimaciones del tamaño de los cardúmenes se realizaron en unidades de 10, 20, 50, 100 ó más de 100. Al tiempo que se contabilizó el número de individuos, se estimó la longitud total de los peces comparándolos con una regla unida a las tablas de anotación. Para ello, los buceadores colocaban dicha herramienta, estirando el brazo, lo más lejos posible del ojo (1 m aproximadamente), con objeto de tener una mejor perspectiva en la medida. Además, se anotaron datos referentes al comportamiento de los peces (reacciones de huida, aproximación y territorialidad), útiles a la hora de corregir los censos y ajustarlos a los valores de biomasa real.

Después de censar la ictiofauna, se registraron datos referidos a la profundidad y otras características del área de muestreo (tipología, sedimentos, rugosidad, cobertura algal, turbidez y grado de exposición a la corriente). La estimación del error cometido con este método de muestro y los factores que afectan a las evaluaciones pueden encontrarse ampliamente descritos en el trabajo de Bohnsack & Bannerot (1986), titulado "La técnica del censo visual estacionario para la evaluación cuantitativa de la estructura de la comunidad de peces de arrecifes de coral".

Es de relevante importancia que tanto el número de peces, como la estimación de su biomasa y el número de especies, deben ir acompañada de un volumen de referencia que ha sido el cilindro citado anteriormente. En nuestro caso, y de forma casi general, la visibilidad horizontal y vertical de la masa de agua permitía realizar los censos con un volumen casi-constante. En los casos en los que este volumen fue menor, debido a la turbidez del agua (como ha sido el caso de esta primera campaña), se pasó a la posterior corrección del mismo. De esta forma hemos tomado el censo como medida

estándar de muestras.

Los datos representados (para los censos) son:

1. Número de individuos por censo (abundancia).
2. Gramos por censo (biomasa).
3. Número de especies por censo (diversidad).

Para la obtención de la biomasa censada se usaron las relaciones talla-peso de las diferentes especies obtenidas según se describe en Bohnsack & Harper (1988). Para este propósito se empleó el programa Ecocen 1.1, el cual permite el cálculo rápido de los parámetros de la ecuación para cada especie. Los parámetros “a” y “b”, de cada expresión talla-peso fueron obtenidos, para algunas especies, a partir de nuestros propios datos de muestreos biológicos de peces (el coeficiente de correlación fue siempre superior a $R^2 > 0.90$), o bien, en el caso de especies poco frecuentes, estos fueron tomados de la bibliografía correspondiente (Compagno, 1984; Bohnsack & Harper, 1988; González & Lorenzo, 1994; Gonçalves et al, 1997; Morato et al, 2001; Santos et al, 2002; Moutopoulos & Stergiou, 2002; Koutrakis & Tsikliras, 2003; Morey et al, 2003; entre otro muchos).

2.3. Análisis Estadístico.

Para el análisis detallado de la información obtenida se utilizó el programa estadístico Statistica 6.0 (Statsoft, inc.).

Al no presentar las diferentes series de datos una distribución normal, se tomó la decisión de no aplicar ningún tipo de transformación matemática de los mismos para su normalización, sino que para el análisis se recurrió al uso de pruebas estadísticas no paramétricas (Siegel, 1990; Martín y Luna del Castillo, 1999). En este sentido se aplicó la prueba de la U de Mann-Whitney para la comparación de las medias, cuando la variable grupo poseía sólo dos alternativas posibles (e.g. arenal vs. Arrecife artificial, arenal frente a arrecife natural y arrecife natural frente a arrecife artificial). Se aceptó la hipótesis alternativa (de desigualdad entre la variable grupo) siempre que el error tipo alfa fuese menor a 0.01 ($p < 0.01$). Para el caso en que la variable grupo puede alcanzar más de dos alternativas posibles (e.g.: arrecife artificial frente a arrecife natural y arenal) se utilizó la prueba de Kruskal-Wallis, aceptando la hipótesis alternativa siempre bajo las mismas condiciones de significación.