**ÍNDICE**

**1. RECONOCIMIENTO ECOLÓGICO MARINO ..... 8**
**1.1. Antecedentes y metodología ..... 8**
1.1.1. Objetivos específicos del Reconocimiento Ecológico Marino ..... 8
1.1.2. Fuentes documentales utilizadas ..... 9
1.1.3. Descripción general de las condiciones del medio marino ..... 10
1.1.4. Planteamiento y metodología de los trabajos de campo ..... 12
1.1.4.1. Condiciones del medio ..... 12
1.1.4.2. Cartografía bionómica (comunidades naturales) ..... 21
1.1.4.3. Comunidades planctónicas ..... 35
1.1.4.4. Recursos pesqueros ..... 41
1.1.5. Metodología de los trabajos de laboratorio ..... 41
1.1.5.1. Calidad química del agua ..... 41
1.1.5.2. Calidad química de los sedimentos ..... 43
1.1.5.3. Comunidades naturales. ..... 44
1.1.5.4. Comunidades planctónicas ..... 45
1.1.5.5. Material fotográfico y de vídeo ..... 45
1.1.6. Trabajos de gabinete ..... 45
1.1.6.1. Recopilación de información ..... 45
1.1.6.2. Recopilación de información sobre comunidades marinas: bentos, plancton y necton ..... 45
1.1.6.3. Tratamiento de datos ..... 47
1.1.6.4. Cartografías ..... 51
**1.2. Presentación de resultados ..... 54**
1.2.1. Condiciones del medio ..... 54
1.2.1.1. Estructura termohalina ..... 54
1.2.1.2. Penetración de la luz ..... 56
1.2.1.3. Mapeado en continuo ..... 56
1.2.1.4. Estaciones hidrográficas ..... 56
1.2.1.5. Calidad del sedimento ..... 56
1.2.2. Cartografía bionómica (comunidades naturales) ..... 57
1.2.2.1. Vídeo remolcado ..... 57
1.2.2.2. Parcelas bionómicas ..... 57
1.2.3. Comunidades planctónicas ..... 71
1.2.3.1. Fitoplancton ..... 71
1.2.3.2. Zooplancton ..... 71
1.2.4. Modelo de dispersión: Planteamiento de la modelización ..... 72
1.2.5. Recursos pesqueros ..... 75
1.2.5.1. Descripción de la Flota ..... 76
1.2.5.2. Sistema de comercialización ..... 79
1.2.5.3. Estudio de los Caladeros ..... 80
1.2.5.4. Estudio de las Infraestructuras Portuarias ..... 81
1.2.5.5. Acuicultura y cultivos marinos. Estudio de la producción acuícola ..... 87
**1.3. Valoración de los resultados ..... 91**
1.3.1. Condiciones del medio ..... 91
1.3.1.1. Calidad del agua ..... 91
1.3.1.2. Calidad del sedimento ..... 110
1.3.2. Cartografía bionómica (comunidades naturales) ..... 113
1.3.2.1. Variables consideradas ..... 113
1.3.2.2. Valoración de las comunidades ..... 113

1.3.3. Comunidades planctónicas ..... 126
1.3.3.1. Fitoplancton ..... 126
1.3.3.2. Zooplancton ..... 128
1.3.4. Modelo de dispersión ..... 134
1.3.4.1. Tazacorte ..... 135
1.3.4.2. Santa Cruz de la Palma ..... 140
1.3.4.3. Conclusiones ..... 143
1.3.5. Recursos pesqueros ..... 144
1.3.5.1. Conclusiones ..... 144
1.3.5.2. Identificación de áreas problemáticas con necesidad de regulación ..... 145
1.3.5.3. Evolución previsible del Sector ..... 145
**1.4. Notas finales y firmas ..... 146**
**1.5. Bibliografía ..... 149**
1.5.1. Bibliografía Calidad de aguas y sedimentos ..... 149
1.5.2. Bibliografía Comunidades bionómicas y planctónicas marinas ..... 149
1.5.3. Bibliografía Recursos Pesqueros ..... 152
**1.6. Otras Fuentes de Información ..... 153**

## Índice de figuras

figura 1 .- Pértiga usada para separar la sonda de la turbulencia creada por el barco ..... 16
figura 2 .- Embarcación de fibra de 6 metros de eslora usada para el mapeado en continuo (izquierda) ..... 17
figura 3 .- Botella tomamuestras tipo Ruttner ..... 19
figura 4 .- Muestras de sedimento una vez listas para su traslado y posterior análisis ..... 20
figura 5 .- Trabajos de muestreo con draga Van Veen ..... 21
figura 6 .- Trabajos con video remolcado en la embarcación DIPOL 600 CP ..... 23
figura 7 .- Equipos de video remolcado MARISCOPE, modelo MICRO utilizados ..... 24
figura 8 .- embarcación cabinada (SIDMAR III) modelo Antioche 600 ..... 25
figura 9 .- Montaje de Equipos en el interior de la embarcación SIDMAR III ..... 26
figura 10 .- Realización de transectos con vídeo remolcado en la costa Norte de La Palma con embarcación DIPOL 600 CP, de 5,96 m de eslora ..... 26
figura 11 .- Trabajos de muestreo en el intermareal ..... 27
figura 12 .- Detalle de la zona de muestreo de biocenosis del intermareal de Los Cancajos 29
figura 13 .- Detalle de la zona de muestreo de biocenosis del intermareal de Fuencaliente 29
figura 14 .- Detalle de la zona de muestreo de biocenosis del intermareal de Punta Larga . 30
figura 15 .- Detalle de la zona de muestreo de biocenosis del intermareal de Proís de Punta Gorda ..... 31
figura 16 .- Detalle de la zona de muestreo de biocenosis del intermareal de Fajana de Barlovento ..... 31
figura 17 .- Operaciones de raspado mediante la técnica Sergeev (parcelas bionómicas)... 35
figura 18 .- Disposición de transectos con los puntos de muestreo. Campaña de estaciones hidrográficas, Perfiles termohalinos y de penetración de la luz ..... 38
figura 19 .- Disposición de zonas de muestreo. Campaña de sedimentos ..... 39
figura 20 .- Estaciones de muestreo para los perfiles de estructura termohalina ..... 40
figura 21 .- Ejemplo de salida gráfica para los valores de turbidez superficial (unidades en NTU) ..... 52
figura 22 .- Ejemplo de salida gráfica de la cartogrfía de biocenosis marina desde Prois de Santo Domingo hasta Punta de Rabisca ..... 53
figura 23 .- Perfiles resultantes de la estación 3 del transecto 8 ..... 55
figura 24 .- Parcela 49. Sustrato arenoso. ..... 61

figura 25 .- Parcela 114. Comunidad de anguila jardinera. ..... 62
figura 26 .- Parcela 60. Comunidad de Fondos Detríticos Costeros. ..... 63
figura 27 .- Parcela 5. Comunidad de *Caulerpa prolifera*. ..... 64
figura 28 .- Parcela 10. Fondos ocupados por *Halophila decipiens* ..... 65
figura 29 .- Parcela 46. Sustrato rocoso vegetado, Comunidad de Algas fotófilas infralitorales. ..... 66
figura 30 .- Parcela 65. Blanquizal con *Diadema antillarum* ..... 67
figura 31 .- Parcela 18. Comunidad de coralígeno. ..... 68
figura 32 .- Parcela 32. Sustrato rocoso no vegetado. ..... 69
figura 33 .- Parcela 102. Comunidad de coralígeno. ..... 70
figura 34 .- Batimetrías utilizadas para las simulaciones de advección/dispersión. ..... 74
figura 35 .- Gráficas representativas de la flota de los puertos de Santa Cruz y Tazacorte.. 78
figura 36 .- Representación de los porcentajes según las esloras y arqueos de los barcos . 79
figura 37 .- Fotografía aérea del Puerto de Santa Cruz de la Palma..... 82
figura 38 .- Vista aérea del Puerto de Tazacorte ..... 84
figura 39 .- Vista aérea de Puerto Espíndola..... 86
figura 40 .- Plano en planta del proyecto del Modificado de Puerto Espíndola ..... 87
figura 41 .- Vista de las jaulas de la empresa Acuibag SL ..... 88
figura 42 .- Vista de las jaulas de la empresa Acuipalma ..... 89
figura 43 .- Vista de las jaulas flotantes de la escuela taller de Tazacorte ..... 90
figura 44 . Coeficientes de atenuación extraídos de *Física Oceánica* de *Pickard y Emmery* 93
figura 45 . Evolución en el tiempo de los parámetros en estudio. Ejemplo: Transecto 2 (T2/E1/02)..... 99
figura 46 . Evolución en el tiempo de los parámetros en estudio. Ejemplo: Transecto 6 (T6/E3/30)..... 102
figura 47 . Evolución en el tiempo de los parámetros en estudio.Ejemplo: Transecto 1 (T1/E3/10)..... 105
figura 48 . Evolución en el tiempo de los parámetros en estudio. Ejemplo: Transecto 7 (T7/E2/05)..... 108
figura 49 .- Índice de similitud de Bray-Curtis para muestreos de primavera 2004. ..... 115
figura 50 .- Índice de similitud de Bray-Curtis para muestreos de otoño 2004. ..... 115
figura 51 .- MDS para localidades intermareales durante el muestreo de primavera 2004. 116
figura 52 .- MDS para localidades intermareales durante el muestreo de otoño 2004..... 116
figura 53 . Índice de similitud de Bray-Curtis entre localidades para muestreos bentónicos submareales de primavera 2004. ..... 122
figura 54 Índice de similitud de Bray-Curtis entre localidades para muestreos bentónicos submareales de otoño 2004. ..... 122
figura 55 . MDS para localidades bentónicas submareales durante el muestreo de primavera 2004..... 123
figura 56 . MDS para localidades bentónicas submareales durante el muestreo de otoño 2004..... 123
figura 57 . Índice de similitud de Bray-Curtis entre las comunidades de peces en localidades submareales, primavera 2004. ..... 125
figura 58 Índice de similitud de Bray-Curtis entre las comunidades de peces en localidades submareales, otoño 2004. ..... 125
figura 59 . MDS para comunidades de peces en localidades submareales, primavera 2004. ..... 126
figura 60 . MDS para comunidades de peces en localidades submareales, otoño 2004. ... 126
figura 61 . Concentraciones Integradas en 0-50 m (107 células/m2) de los grupos más representativos de fitoplancton marino en la campaña de verano ..... 127
figura 62 .- Número de individuos por $m^2$ en las tres campañas de muestreo. ..... 129

figura 63 Variabilidad de la proporción del grupo de los copépodos entre diferentes estaciones. 132
figura 64 .- Abundancia (número de individuos) de los copépodos durante las tres épocas de muestreo 133
figura 65 .- Abundancia (número de individuos) del resto de los organismos del zooplancton durante las tres épocas de muestreo. 134
figura 66 .- Resultados de la modelización de advección dispersión de turbidez en la playa de Tazacorte durante el bombeo para la regeneración de la playa. 135
figura 67 .- Resultados de la modelización de advección dispersión de turbidez frente a la playa de Tazacorte debido al sobrenadante durante el bombeo para la regeneración de la playa. 136
figura 68 .- Resultados de la modelización de advección dispersión de turbidez en la playa del dique de Tazacorte durante el bombeo para la regeneración de la playa. 137
figura 69 .- Resultados de la modelización de advección dispersión de turbidez frente a la playa del dique de Tazacorte debido al sobrenadante durante el bombeo para la regeneración de la playa. 138
figura 70 .- Resultados de la modelización de advección dispersión de hidrocarburos en la bocana del Puerto de Tazacorte. 139
figura 71 .- Resultados de la modelización de advección dispersión de coliformes totales producto del vertido del emisario submarino previsto frente a la costa de Tazacorte. 139
figura 72 .- Resultados de la modelización de advección dispersión de turbidez en la playa de Tazacorte durante el bombeo para la regeneración de la playa. 140
figura 73 .- Resultados de la modelización de advección dispersión de turbidez frente a la playa de los Cancajos debido al sobrenadante durante el bombeo para la regeneración de la playa. 141
figura 74 .- Resultados de la modelización de advección dispersión de hidrocarburos en la bocana del Puerto de Santa Cruz de la Palma. 142
figura 75 .- Resultados de la modelización de advección dispersión de coliformes totales producto del vertido de los emisarios submarinos frente a la costa de Santa Cruz de la Palma. 143

## Índice de tablas

tabla 1 Coordenadas de los puntos en los que se ha realizado perfiles termohalinos durante la campaña de mapeado en continuo 13
tabla 2 Coordenadas de localización de los perfiles termohalinos realizados durante la recogida de muestras en parcelas bionómicas submareales 14
tabla 3 Coordenadas de las estaciones del nivel Intermareal 28
tabla 4 Coordenadas geográficas de las diferentes estaciones de muestreo submareal a lo largo del perímetro costero de La Palma 33
tabla 5 Coordenadas de las estaciones de muestreo 37
tabla 6 Metodología analítica para la matriz agua 42
tabla 7 Técnicas analíticas para la matriz Agua 43
tabla 8 Metodología analítica para la matriz sedimento 43
tabla 9 Técnicas analíticas para la matriz Sedimento 44
tabla 10 Coeficientes de atenuación de la luz registrados en las diferentes campañas 56
tabla 11 Características del vertido para los distintos escenarios 74
tabla 12 Valores de calidad de las aguas litorales en aguas portuarias 75
tabla 13 Características de la Flota del Puerto de Santa Cruz de la Palma. 77

tabla 14 Características de la Flota del Puerto de Tazacorte ..... 78
tabla 15 Características del Puerto de Santa Cruz de La Palma ..... 83
tabla 16 Características del Puerto de Tazacorte..... 85
tabla 17 Objetivos de Calidad para las Aguas Litorales Andaluzas y Guías de Calidad canadienses para la vida acuática marina..... 109
tabla 18 Rangos de concentraciones para los parámetros en estudio en la matriz sedimento ..... 112
tabla 19 Comparativa Analítica de Sedimentos..... 113
tabla 20 Profundidad media de las localidades muestreadas en el piso submareal. ..... 121
tabla 21 Relación del equipo técnico encargado de la realización del Estudio ..... 147

# 1. RECONOCIMIENTO ECOLÓGICO MARINO

## 1.1. Antecedentes y metodología

### 1.1.1. Objetivos específicos del Reconocimiento Ecológico Marino

El objeto principal de este capítulo es, como su nombre indica, obtener el Reconocimiento Ecológico Marino del litoral de la isla de La Palma, lo cual exige la recopilación y estudio de una considerable cantidad de parámetros que engloba tanto a aquellos de carácter fisicoquímico para caracterizar la calidad del agua y sedimentos, como aquellos de carácter biológico (comunidades planctónicas, bentónicas, ícticas), pasando por parámetros socioeconómicos relacionados con la obtención de los recursos pesqueros.

Los objetivos específicos en este apartado son los siguientes:

- Caracterizar la calidad de las aguas litorales
- Caracterizar la calidad de los sedimentos marinos del litoral de la isla.
- Caracterizar las comunidades marinas presentes en el litoral de la isla.
- Caracterizar los recursos pesqueros presentes en la isla de La Palma.

En la presente asistencia para llegar a un aceptable cumplimiento de los objetivos de partida se han planteado una serie de estudios específicos de distintos aspectos definidores de las condiciones del medio marino, así para la caracterización de la calidad del agua se ha contemplado la recogida de muestras de agua en una red de estaciones hidrográficas al objeto de proceder a la realización de los análisis correspondientes, así como la realización de perfiles termohalinos y de penetración de la luz. También se ha desarrollado una exhaustiva campaña de mapeado en continuo de distintos parámetros de la masa de agua superficial para poder establecer el comportamiento general y distribución espacial de un conjunto de variables definidoras a lo largo del perímetro insular.

Para la caracterización de los sedimentos marinos, de igual forma se ha desarrollado una extensa campaña de muestreo en 1.500 estaciones repartidas por todo el litoral de La Palma.

Respecto a la caracterización de las biocenosis presentes en los fondos marinos se han llevado a cabo una serie de estudios de detalle tanto de las comunidades intermareales, mediante prospección directa de rasas y cantiles, como de las comunidades submareales, mediante inmersiones puntuales y transectos de video remolcado realizados perpendicularmente a la costa cada 100 m, lo cual ha generado una prolífica nformación que

ha redundado en un exhaustivo conocimiento de las comunidades submareales e intermareales existentes.

Los recursos pesqueros se han evaluado mediante un completo estudio de detalle realizado a partir, tanto de la consulta de distintas fuentes documentales como de prospección e investigación directa en los dos puertos pesqueros existentes en la isla.

### 1.1.2. Fuentes documentales utilizadas

Una asistencia técnica de esta envergadura ha precisado la consulta de una gran cantidad de fuentes documentales distintas así, dependiendo del área de estudio en este capítulo (calidad de aguas, calidad de sedimentos, comunidades marinas (plancton, bentos y necton) y recursos pesqueros), se han realizado consultas de uno u otro tipo a las fuentes documentales disponibles.

Para la presente asistencia se ha realizado un importante trabajo de revisión bibliográfica, además de mediante la revisión de los fondos bibliográficos propios de nuestras empresas, de las distintas bases de datos y fondos bibliográficos disponibles, en especial los de carácter universitario; los del Consejo Superior de Investigaciones Científicas (catálogos colectivos CIRBIC-Libros y CIRBIC-Revistas y bases de datos del ISOC, IME e ICYT.). Por otra parte, se ha revisado la base de datos ASFA, la más importante de las existentes en materia de ciencias acuáticas.

Asimismo se han realizado consultas directas a distintos centros de investigación, organismos públicos (Universidad de Las Palmas de Gran Canaria, Universidad de La Laguna, Servicio Canario de Salud, Consejerías de la Comunidad Autónoma Canaria, Ayuntamientos, CEDEX, I.E.O....).

Aunque la revisión bibliográfica realizada dio como resultado la recopilación de la mayor parte de los estudios e investigaciones sobre los distintos aspectos de interés en la zona, hay que señalar que ha sido muy importante el contar con personal científico de Canarias para la presente asistencia, ya que se ha podido acceder a distintos estudios y proyectos abordados por distintos centros de investigación y/o universidades que no han llegado a ser publicados o de los que no se ha realizado ningún tipo de difusión. En concreto los aspectos que han sido desarrollados por personal de la Universidad de Las Palmas de Gran Canaria, en lo que al presente capítulo se refiere, son los siguientes:

- Comunidades bentónicas del intermareal y submareal. Se ha contado con el equipo dirigido por el Dr. Ricardo J. Haroun Tabraue, del Departamento de Biología de la Facultad de Ciencias del Mar, de la Universidad de Las Palmas de Gran Canaria.

- Comunidades planctónicas. Para la caracterización del plancton, se ha creído conveniente contar con personal técnico especializado, en concreto, el estudio de Caracterización del Fitoplancton ha sido dirigido por Javier Arístegui del Departamento de Biología de la Universidad de Las Palmas de Gran Canaria, también han participado Alicia Ojeda de la misma Universidad y Carlos Gutiérrez del Instituto Canario de Ciencias Marinas. Para el Estudio del zooplancton se ha contado con Santiago Hernández León, Catedrático de la Universidad de Las Palmas de Gran Canaria perteneciente al Laboratorio de Oceanografía Biológica.

En el apartado 1.5 de Bibliografía se incluye la relación de separatas y publicaciones a que se hace referencia en el presente estudio de Reconocimiento Ecológico Marino.

### 1.1.3. Descripción general de las condiciones del medio marino

El Archipiélago Canario, situado entre los paralelos 13-19°W y los meridianos 27-30°N en el Océano Atlántico Centro-Oriental y próximo a la costa NO africana, está constituido por ocho islas de origen volcánico. Las islas se han formado en la parte oceánica de la placa africana, cerca del talud continental de la costa NO africana y están distribuidas transversalmente respecto a la corriente marina dominante, conocida como Corriente de Canarias, con canales de separación entre ellas relativamente cortos y, generalmente, de gran profundidad.

Por su naturaleza volcánica y juventud, la mayoría de las islas carecen de una plataforma insular extensa, siendo el conjunto Lanzarote – Fuerteventura y las islas de Gran Canaria y La Gomera las que presentan plataformas submareales más amplias, sin duda como consecuencia de su mayor edad. Por el contrario, las islas más jóvenes, como es el caso de La Palma y El Hierro prácticamente no poseen plataforma marina y en muchos sectores costeros es posible alcanzar los 200 m de profundidad a muy poca distancia de la costa (100-200 m). En general, las costas de las islas occidentales (La Palma, El Hierro y La Gomera), sobre todo las orientadas al N y O, son muy acantiladas y carecen casi de playas, las cuales, cuando existen, se encuentran en la desembocadura de los barrancos principales y están formadas principalmente por cantos rodados (“callaos”) de diverso calibre o por arenas negras volcánicas.

El efecto combinado de la situación geográfica del archipiélago canario y su naturaleza volcánica determinan que las aguas que lo rodean presenten unas características particulares de gran interés, tanto en lo que se refiere a sus propiedades hidrológicas

(temperatura, salinidad, nutrientes, etc.) como a una serie de fenómenos oceanográficos asociados a nivel mesoescalar: remolinos, filamentos, estelas, etc., véase Ref [21], Haroun, 2001. La importancia de estos parámetros oceanográficos desde el punto de vista biológico queda patente por la indudable influencia que ejercen sobre diversos fenómenos y procesos que condicionan la formación y estabilidad de las comunidades marinas litorales, tanto bentónicas como demersales.

Las mareas en Canarias presentan un régimen de tipo semidiurno, con un rango medio de oscilación entorno a 1 m y siendo su rango máximo cercano a los 3 metros, como suele ocurrir durante las grandes mareas vivas equinoccionales. Sin embargo, como consecuencia de la marcada orografía litoral y la escasa amplitud de mareas en Canarias, las franjas intermareales de gran extensión que quedan emergidas durante la bajamar son muy escasas en las islas, y, por lo tanto, los ambientes de charcos intermareales y rasas litorales están poco representados. Este es el caso particular de la isla de La Palma, donde dichas rasas intermareales son bien escasas.

A lo largo de diversos puntos de la cercana costa noroeste africana, se producen fenómenos de afloramientos de aguas profundas, que tienen una salinidad y temperatura menor que las aguas superficiales, siendo más ricas en nutrientes. La mayor o menor penetración de los filamentos de estas aguas afloradas hacia la cadena de islas que conforman el Archipiélago Canario, revela el alcance de este proceso oceanográfico como aportación de nutrientes a las comunidades bentónicas costeras que normalmente están bañadas por aguas oligotróficas. Aunque en determinadas épocas del año se pueden observar filamentos derivados de dichos afloramientos africanos, con aguas ricas en nutrientes y baja salinidad, que alcanzan las Islas Orientales y más esporádicamente hasta Gran Canaria, las aguas costeras que bañan la isla de La Palma son típicamente oligotróficas, lo que repercute en la productividad biológica, tanto planctónica como bentónica, de sus ecosistemas costeros. Así, los distintos estudios consultados señalan que la Isla de la Palma presenta como característica principal que la termoclina se ubica a una profundidad comprendida entre los 50 y 70 metros en verano y alrededor de los 100 m en invierno. Si se tiene esto en cuenta, se puede decir que existe una mezcla prácticamente constante en los 50 primeros metros de la columna de agua sin existir más variaciones en sus propiedades que las producidas de forma local por condiciones ambientales temporales (viento y marea).

A modo de resumen sintético, se puede decir que el efecto combinado de diferentes parámetros oceanográficos (corrientes, temperatura, concentración de nutrientes, etc.) tanto a nivel local y mesoescalar como a gran escala, queda reflejado en que en las costas

canarias se produzca un amplio abanico de posibilidades en las características oceanográficas de sus aguas, y por ende, de las comunidades bentónicas que pueden desarrollarse en diversos tramos costeros. En el caso particular de La Palma, esta diversidad de microambientes se ve reflejado en la distribución de sus comunidades bentónicas orientadas al oleaje dominante o aquellas otras situadas en tramos costeros protegidos de dicho oleaje.

### 1.1.4. Planteamiento y metodología de los trabajos de campo

En este epígrafe se describe el proceso seguido a largo de los trabajos de campo y labores de muestreo realizados para la determinación del Reconocimiento Ecológico Marino en la isla de La Palma donde se relaciona, además de la metodología, los diferentes equipos utilizados y sus especificaciones técnicas.

#### 1.1.4.1. Condiciones del medio

Bajo este epígrafe se aglutinan todos los parámetros físicos y químicos característicos que van a servir para discernir el grado de calidad tanto de las aguas como de los sedimentos costeros de la isla de La Palma.

##### 1.1.4.1.1. Estructura termohalina

Para la determinación de la estructura termohalina se realizaron, tal y como se especifica en el P.P.T. un total de **134** perfiles termohalinos distribuidos homogéneamente a lo largo de todo el litoral de la isla. Una parte del total se repartió en tres campañas conjuntamente con la toma de muestras en la red de estaciones hidrográficas. Los restantes se realizaron paralelamente con las campañas de mapeado en continuo para la calidad del agua y con las campañas de recogida de muestras bionómicas en las parcelas submareales.

La distribución de los perfiles quedó del siguiente modo:

- *Campaña de red de estaciones hidrográficas*: Total 81 perfiles. Esta red consta de 9 transectos principales (T1 a T9) perpendiculares a la línea de costa compuesto cada uno de ellos por tres estaciones de muestreo (E1, E2 y E3) a las profundidades de 2, 15 y 50 metros (véase figura 18). Estos transectos están distribuidos de manera que unos coinciden con vértices de la isla (NO, NE y S), otros con los núcleos mas importantes de población (con objeto de caracterizar las aguas colindantes a cada uno de los dos puertos principales asociados a estos: Santa Cruz de la Palma y los Llanos de Aridane) y los cuatro restantes de manera homogénea entre los anteriores.

Se realizaron tres campañas espaciadas en el tiempo coincidiendo con otoño de 2003 e invierno y verano de 2004.

- *Campaña de mapeado en continuo*: Total 9 perfiles. Aprovechando la campaña de mapeado en continuo (véase el apartado 1.1.4.1.3) se realizaron 9 perfiles distribuidos homogéneamente por el litoral isleño (véase figura 20). Estos trabajos tuvieron lugar en los meses de diciembre de 2003 y primer trimestre de 2004.

| Nombre del Perfil | Coordenada X | Coordenada Y |
|---|---|---|
| MC1 | 217289 | 3195176 |
| MC2 | 228054 | 3194676 |
| MC3 | 234731 | 3182064 |
| MC4 | 231889 | 3169259 |
| MC5 | 231396 | 3166793 |
| MC6 | 228634 | 3160894 |
| MC7 | 220415 | 3150857 |
| MC8 | 218288 | 3153797 |
| MC9 | 214437 | 3165302 |

**tabla 1 Coordenadas de los puntos en los que se ha realizado perfiles termohalinos durante la campaña de mapeado en continuo**

- *Campaña de recogida de muestras bionómicas submareales*: Se realizó un total de 44 perfiles termohalinos en 22 de las 28 parcelas de muestreo de comunidades del submareal, en cada una de las cuales se realizó un perfil termohalino (véase la figura 20). Las fechas de realización de estas campañas fueron en primavera y otoño de 2004. Las coordenadas de localización de estas parcelas se pueden consultar en la tabla 2.

| Nombre de la Parcela | Coordenada X | Coordenada Y |
|---|---|---|
| T88RV | 213872 | 3194407 |
| T82R | 209085 | 3190605 |
| T72RV | 207704 | 3182518 |
| T72A | 207601 | 3182484 |
| T69AJ | 208500 | 3179660 |

| Nombre de la Parcela | Coordenada X | Coordenada Y |
|---|---|---|
| T65B | 210249 | 3175814 |
| T60FD | 212087 | 3171177 |
| T56R | 213725 | 3167387 |
| T51-RV | 216342 | 3163114 |
| T49A | 217291 | 3161436 |

| Nombre de la Parcela | Coordenada X | Coordenada Y |
|---|---|---|
| T475-AJ | 217337 | 3159805 |
| T36V | 221913 | 3150568 |
| T32R | 223880 | 3154123 |
| T27RV | 226549 | 3158388 |
| T20FD | 230132 | 3164176 |
| T11AJ | 230429 | 3172884 |

| Nombre de la Parcela | Coordenada X | Coordenada Y |
|---|---|---|
| T10H | 230000 | 3174093 |
| T5A | 231418 | 3178621 |
| T5C | 231516 | 3178536 |
| T114AJ | 232880 | 3185472 |
| T107B | 229886 | 3191824 |
| T96-A | 221824 | 3193780 |

**tabla 2 Coordenadas de localización de los perfiles termohalinos realizados durante la recogida de muestras en parcelas bionómicas submareales**

**Equipos**

Los equipos utilizados para la realización de los perfiles han consistido en sondas multiparamétricas, en concreto la sonda HYDROLAB modelo Data Sonde 4a, y la sonda multiparámetro HORIBA, modelo W23XD. La primera va equipada con los siguientes sensores: temperatura, pH, salinidad, conductividad, oxígeno disuelto, turbidez, potencial redox, profundidad y clorofila, con un intervalo de tiempo de almacenaje de datos variable, fijado para nuestro trabajo en 0,5 segundos, la sonda HORIBA mide los parámetros: temperatura, pH, conductividad, oxígeno disuelto, turbidez y profundidad. La información recibida se almacena en un ordenador portátil con un software adecuado para la captura de los parámetros establecidos. La alimentación tanto del ordenador como de la sonda es a 12 V, que es suministrada por baterías independientes. La unión de la sonda al ordenador portátil se realiza a través de un carrete de 100 metros de cable.

Para la realización de estas campañas se utilizaron indistintamente dos embarcaciones: una embarcación modelo Faeton 550 de fibra dotada con un motor fueraborda Honda de cuatro tiempos de 90 CV de potencia y 5,50 m de eslora perteneciente a Grupo Interlab, y una embarcación semirrígida de 6,50 m de eslora con dos motores fueraborda de 60 CV de potencia, propiedad de la Universidad de Las Palmas de Gran Canarias.

1.1.4.1.2. Penetración de la luz

**Trabajos de campo**

Se realizaron un total de 54 mediciones distribuidas homogéneamente a lo largo de toda la isla que fueron realizadas paralelamente con la campaña de perfiles termohalinos. Las mediciones se llevaron a cabo en cada uno de los 9 transectos principales y solo en las dos

estaciones más profundas (E2 y E3). La fecha en la que se llevó a cabo fue en otoño de 2003 e invierno y verano de 2004.

**Equipos**

Para la determinación de la penetración de la luz se empleó Disco Secchi en las tres campañas de muestreo. En la primera campaña, además se utilizó un equipo para la medición de la atenuación de la luz en profundidad, en concreto un sensor PAR (Photosynthetic Active Radiation) esférico (4Pi) que venía en un sistema PNF (Profiling Natural Fluorescence)-300 de la empresa Biospherical Instrument. Las mediciones de penetración de la luz se hicieron paralelamente a las medidas de perfiles termohalinos, por lo que los perfiles de penetración de la luz van acompañados de medidas de turbidez para las cuales se utilizó la sonda multiparámetro Marca HORIBA, modelo W23XD o la sonda multiparamétrica Hydrolab Data Sonde 4a.

Las embarcaciones utilizadas para estas mediciones fueron las mismas que para el caso de los perfiles termohalinos, ya que las campañas se llevaron a cabo conjuntamente, en concreto una embarcación modelo Featon 550 de fibra dotada con un motor fueraborda Honda de cuatro tiempos de 90 CV de potencia, perteneciente a Grupo Interlab, y una embarcación semirrígida de 6,50 m de eslora con dos motores fueraborda de 60 CV de potencia propiedad de la Universidad de Las Palmas de Gran Canarias.

1.1.4.1.3. Mapeado en continuo

**Trabajo de campo**

La campaña de mapeado en continuo ha tenido por objeto el establecer la distribución espacial en continuo de una serie de variables con el fin de poder definir el comportamiento “normal” de la masa de agua superficial y poder detectar así los principales factores de alteración existentes. El mapeado en continuo se ha realizado mediante el arrastre desde embarcación de una sonda multiparamétrica a una profundidad subsuperficial (inferior a un metro), siguiendo líneas perpendiculares a costa, separadas entre sí 100 m, hasta alcanzar (al menos) los 50 m de profundidad. Adicionalmente se realizaron líneas paralelas a costa así como la toma de datos en localizaciones próximas a tierra. Toda la información suministrada por la sonda fue recibida y almacenada en un ordenador portátil con un software adecuado para la captura de los parámetros establecidos. Entre estos parámetros también figuraban las coordenadas UTM las cuales iban siendo integradas gracias al uso de una una placa de integración de la señal de GPS que fue desarrollada por el departamento

de ingeniería de GRUPO INTERLAB. Esta campaña se realizó entre los meses de diciembre de 2003 y marzo de 2004. Los itinerarios recorridos para la realización de la campaña de mapeado en continuo pueden ser consultados en los planos 4.1-4.3 RECONOCIMIENTO ECOLÓGICO. ITINERARIOS Y PUNTOS DE MUESTREO.

**Equipos**

El equipo utilizado para las mediciones en continuo de los parámetros físico-químicos del agua de mar a 1 metro de profundidad, consistió en una sonda multiparamétrica marca HYDROLAB Modelo Data Sonde 4a, equipada con los siguientes sensores: temperatura, pH, salinidad, conductividad, oxígeno disuelto, turbidez, potencial redox, profundidad y clorofila. El intervalo de tiempo de almacenaje de datos es variable, fijado para nuestro trabajo en 0,5 segundos. La alimentación tanto del ordenador como de la sonda es de 12 V, que es suministrada por baterías independientes. No ocurre lo mismo con la placa integradora de la señal de GPS que lleva una alimentación de 220 V, suministrada por un grupo electrógeno. La unión de la sonda al ordenador portátil se realiza a través de un carrete de 100 metros de cable.

La sonda multiparamétrica tuvo que ser instalada sobre una barra de acero inoxidable en la banda de estribor del barco (véase figura 1). Debido a la turbulencia creada por la navegación de éste, se vio que las mediciones de oxígeno disuelto eran erróneas por lo que hubo que diseñar un sistema para alejar lo más posible la sonda del casco del barco. Finalmente se optó por unir la primera barra de acero a una segunda que actuaría como pértiga y que fue fijada al barco mediante dos tirantes, uno a proa y otro a la banda de babor.

**figura 1 .- Pértiga usada para separar la sonda de la turbulencia creada por el barco**

La embarcación utilizada para este trabajo ha consisitido en una embarcación cabinada modelo Astinor 740 de fibra de 7,4 m de eslora con dos motores diesel de 140 CV. Véase la figura 2.

**figura 2 .- Embarcación de fibra de 6 metros de eslora usada para el mapeado en continuo (izquierda)**

1.1.4.1.4. Estaciones hidrográficas

**Trabajo de campo**

Se recogieron un total de **912** muestras de agua (480 + 432) distribuidas en tres campañas. Para la recogida de estas muestras de agua se diseñaron 24 transectos perpendiculares a la línea de costa (9 principales y 15 intermedios, véase figura 18) con tres estaciones de muestreo en cada uno, a las profundidades de 2, 15 y 50 metros, tomándose muestras de aguas con botella Ruttner, modelo HYDROBIOS (véase figura 3), a diversas profundidades (en superficie, -2 m, -5 m, -10 m, -15 m, -25 m, -30 m, 40 m y -50 m), es decir 16 muestras por transecto. La distribución de las 912 muestras fue la siguiente:

- *1ª campaña*: 9 transectos principales (9 x 16); 144 muestras.
- *2ª campaña*: 9 transectos principales + 15 intermedios (24 x 16); 384 muestras.
- *3ª campaña*: 9 transectos principales + 15 intermedios (24 x 16); 384 muestras.

Las campañas se realizaron en otoño de 2003 e invierno y verano de 2004.

**Equipo**

Los trabajos realizados aquí se pueden dividir en dos. Por un lado los perfiles realizados con sonda multiparamétrica para determinar la temperatura, salinidad, turbidez y clorofila y por otro los dedicados a la toma de muestras de agua para su posterior análisis en laboratorio de los siguientes parámetros: Sólidos en Suspensión (SS), Carbono Orgánico Total (COT), Amonio ($NH_4$), Nitritos ($NO_2$), Nitratos ($NO_3$), Fosfatos ($PO_4$), Silicatos ($SiO_4$), Hidrocarburos Totales (HC), Mercurio (Hg), Cadmio (Cd), Cobre (Cu), Coliformes Totales (CT) y Enterococos (E).

Para la realización de perfiles termohalinos, los equipos utilizados consistieron en las sondas multiparamétricas HYDROLAB modelo Data Sonde 4a, descrita anteriormente y HORIBA modelo W23XD (véase apartado 1.1.4.1.1). En la determinación de la penetración de la luz se utilizaron los equipos descritos en el apartado 1.1.4.1.2. Para la recogida de las muestras de agua se usaron botellas hidrográficas tipo Ruttner (HYDROBIOS) y Niskin (GENERAL OCEAN) de 2 litros de capacidad que sirvieron para la recogida de las muestras de agua no superficiales.

**figura 3.- Botella tomamuestras tipo Ruttner**

1.1.4.1.5. Calidad del sedimento

**Trabajo de campo**

En base a los transectos de video remolcado, a la consulta de la cartografía morfológica obtenida con la campaña de sónar de barrido lateral, así como a la geofísica de los fondos de la Isla de la Palma realizados por INTECSA a raíz del Estudio Geofísico Marino realizado en febrero de 1994, para la Dirección General de Costas, se diseñó una distribución homogénea de las muestras por toda la isla, mediante una malla de muestreo de 200 x 200 metros repartida entre las áreas de arenas cartografiadas en dichos trabajos. En los nudos de esta malla se situaron las estaciones de muestreo. Los límites de la zona de muestreo están delimitados por las batimétricas de 0 y 55 metros. De esta manera se obtuvieron 1.285 nodos en la malla de muestreo inicial, para llegar a las 1.500 muestras se intensificaron los muestreos en las zonas aledañas a los puertos de la isla (Sta. Cruz de La Palma, Puerto Espíndola y Tazacorte) reduciendo los cuadrados de la malla a 100 x 100 metros, es decir

se hicieron 215 muestras adicionales al mallado inicial hasta llegar a las **1.500** indicadas en el pliego.

Una vez representadas las estaciones de muestreo, se dividió la isla en 30 zonas, quedando éstas repartidas de desigual forma a lo largo de todo el litoral, obteniendo zonas sin ninguna estación debido a la morfología del fondo (rocoso), como puede ser la zona 24. (Véase figura 19, así como los planos 4.1-4.3 correspondientes de itinerarios y localización de puntos de muestreo en reconocimiento ecológico).

Los trabajos de campo han consistido, por tanto, en la recogida de 1.500 muestras de sedimento mediante el empleo de draga Van Veen, campaña desarrollada entre los meses de diciembre de 2.003 y marzo de 2004. Una vez se obtenía la muestra en superficie se procedió a la medición del potencial redox de cada una de la muestras mediante equipo portátil Hanna Instrument HI-9025, así como a su etiquetado y envasado en bolsas herméticas.

A la llegada a tierra, éstas se separaron en submuestras, según la analítica que correspondiera a cada una para posteriormente proceder a su traslado al laboratorio.

**figura 4.- Muestras de sedimento una vez listas para su traslado y posterior análisis**

## Equipo

Para la obtención de muestras de sedimento se ha utilizado una draga tipo Van Veen de acero inoxidable (véase figura 5) modificada para evitar la pérdida de finos, con una superficie de arañado de 400 $cm^2$ y que garantiza una penetración mínima de 10 cm.

**figura 5.- Trabajos de muestreo con draga Van Veen**

Como equipo elevador se optó por la instalación en el barco de un carrete eléctrico de pesca KRISTAL FISHING modelo XL 302 Super Profesional, testado para este tipo de trabajos por organismos como el Instituto Español de Oceanografía. A éste se le instaló una caña telescópica de acero inoxidable de longitud variable (95-158 cm) modelo C/R TE. La unión de la draga al carrete se realizó mediante un cable de acero inoxidable de 2 mm de diámetro y 100 m de longitud. Como fuente de alimentación para el carrete se utilizó la batería del barco, ya que éste puede funcionar con 12/24 V.

### 1.1.4.2. Cartografía bionómica (comunidades naturales)

La caracterización bionómica realizada lleva asociada dos fases: Una primera fase de identificación cualitativa que permite identificar y cartografiar las comunidades bentónicas existentes mediante video remolcado e inmersiones puntuales, y una segunda fase que lleva asociados unos estudios cuantitativos y cualitativos, que facilitan el reconocimiento de las condiciones de cada una de estas biocenosis, su estado de salud ecológico y características más relevantes. Para la consecución de esta última fase se han realizado inmersiones para la realización de muestreos directos y censos de especies ictiológicas, así como muestreos indirectos mediante el empleo de draga Van Veen en las áreas de sedimento no consolidado.

Esencialmente el trabajo ha consistido en el levantamiento de una cartografía bionómica de la zona a partir de la previa caracterización y delimitación espacial de las comunidades presentes. Se han cartografiado las zonas objeto de estudio desde el punto de vista bionómico, identificando y delimitando las distintas comunidades o biocenosis existentes y realizando una evaluación cualitativa del valor ecológico de las mismas.

La metodología general desarrollada es la utilizada habitualmente para la cartografía de las comunidades bentónicas marinas (HARMELIN & TRUE, 1.964, Ref. [20]; AUGIER & BOUDERESQUE, 1.976, Ref. [6]; AUGIER, 1.981 Ref. [7]; MEINESZ *et al.*, 1.981, Ref. [27]; ZABALA *et al.*, 1.982, Ref. [39]; RAMOS, 1.985 y otros, Ref. [30]).

1.1.4.2.1. Vídeo remolcado

**Trabajo de campo**

Se han realizado un total de 1.169 transectos perpendiculares a costa con una longitud variable de entre aproximadamente 100 y 1.700 metros de longitud, comenzando todos en la batimétrica de -2 m (o hasta la zona donde pudiera acercarse el barco a la costa ya que por motivos de seguridad no siempre fue posible la aproximación a zonas de reducida profundidad) y terminando al alcanzar la cota de -50 metros. La distancia entre los transectos fue de 100 metros entre sí.

Adicionalmente se han realizado transectos paralelos a costa así como la toma de grabaciones puntuales muy próximas a la línea de costa. Además de las grabaciones descritas anteriormente, también se hicieron grabaciones puntuales en algunas zonas que resultaron de interés (Facies de coral negro, Céspedes de halófila, etc...).

Se han realizado dos campañas de video, la primera de ellas en octubre-noviembre de 2003 y la segunda en abril-mayo de 2005.

La metodología de los trabajos ha consistido en el largado por la popa del barco del trineo con la cámara de video hasta mantenerlo a una distancia del fondo que permita distinguir tanto los diferentes tipos de fondo como las comunidades y especies que lo integran.

**figura 6.- Trabajos con video remolcado en la embarcación DIPOL 600 CP**

Estos transectos se han acompañado de inmersiones puntuales con escafandra autónoma en distintas zonas y filmación con cámara digital. El análisis de las imágenes, en campo y durante la postedición de los videos, permitió determinar las biocenosis presentes.

Hay que hacer constar el ingente trabajo que ha supuesto completar los transectos de vídeo alrededor de la isla, dado lo complejo de trabajar en algunos lugares como la zona Norte del litoral palmero, zona frecuentemente azotada por los vientos Alisios. Lo cual ha llevado a la necesidad de formar tres equipos de trabajo simultáneo al objeto de poder cumplir los requerimientos de filmación submarina reflejados en el pliego de prescripciones técnicas. Estos tres equipos han estado formados por personal de cada una de las tres empresas que componen la UTE Alatec-Esgemar-Interlab, utilizando medios similares y homogéneos con el fin de que la presentación de los resultados de video mantenga un formato común.

## Equipos

El equipo utilizado para la grabación de los transectos por parte de Grupo Interlab S.A. ha consistido en un trineo con una cámara de vídeo incorporada, de la firma MARISCOPE, modelo MICRO (véase figura 6 y figura 7) y un ordenador portátil convencional. El sistema incorpora una alimentación en continuo con la señal de GPS, permitiendo en todo momento

El equipo utilizado por Esgemar ha consistido en la misma cámara de filmación Mariscope modelo micro con 100 m de cable, GPS diferencial Trimble Ag132; Ordenador provisto de Sistema de localización, navegación y adquisición de datos mediante el software Hypack; Elementos adicionales para la captura de datos en digital (Módulo de captura de posición y textos auxiliares, ordenador Portátil, capturadora Movie-Box pinnacle firewire, HD Maxtor 200Gb, Grabadora DVD.) y monitores para la visualización online y para la navegación (figura 9).

**figura 8.- embarcación cabinada (SIDMAR III) modelo Antioche 600**

Por su parte, Alatec ha utilizado equipos similares, así el equipo de video está compuesto de una consola de control con entrada de GPS/teclado y cables de alimentación y datos; un carrete de cable de Kevlar con conectores; un trineo de acero inoxidable con tubo de sujeción y la cámara submarina de acero inoxidable MARISCOPE modelo MICRO.

**figura 9.- Montaje de Equipos en el interior de la embarcación SIDMAR III**

**figura 10.- Realización de transectos con vídeo remolcado en la costa Norte de La Palma con embarcación DIPOL 600 CP, de 5,96 m de eslora**

1.1.4.2.2. Parcelas bionómicas

Para la caracterización de las comunidades bionómicas en la isla de La Palma se han realizado muestreos intensivos durante las dos campañas (primavera y otoño 2004) que han servido para establecer la complejidad y estructura de las comunidades presentes, así como para la realización de una cartografía de detalle de las mismas. Se va a diferenciar entre las comunidades del intermareal y del submareal.

*1.1.4.2.2.1. Intermareal*

**Trabajo de campo**

*Descripción de las localidades intermareales muestreadas*

Con la finalidad de realizar un muestreo de las comunidades intermareales representativo de las características biológicas presentes en la orla costera de la isla de La Palma se seleccionaron 5 estaciones repartidas en el perímetro insular y que poseen plataformas intermareales de cierta extensión: Los Cancajos, Fuencaliente, Punta Larga, Proís de Punta Gorda y Fajana de Barlovento (Punta Cumplida), Véase la tabla 3. En la primera de las campañas se hizo adicionalmente una estación adicional en el intermareal de Punta Banco. Se debe recordar que en la isla de La Palma por la juventud de sus rocas volcánicas y su especial orografía, existen muy pocas rasas intermareales extensas susceptibles de permitir el desarrollo de comunidades bentónicas (Haroun Tabraue et al., 2003, ver Ref [22]; Gil-Rodríguez y Haroun, 2004, ver Ref. [19]).

**figura 11.- Trabajos de muestreo en el intermareal**

| Estación | Latitud | Longitud |
|---|---|---|
| Punta Cumplida | N 28º 50' 26,3" | W 17º 46' 62,7" |
| Punta Gorda | N 28º 48' 44,0" | W 17º 58' 69,2" |
| Punta Larga | N 28º 28' 54,9" | W 17º 52' 11,6" |
| Los Cancajos | N 28º 39' 82,5" | W 17º 45' 88,6" |
| Fuencaliente | N 28º 27' 22,8" | W 17º 50' 29,8" |
| Punta Banco | N 28º 29' 11,3" | W 17º 52' 22,1" |

**tabla 3 Coordenadas de las estaciones del nivel Intermareal**

Los muestreos intermareales se realizaron en los meses de junio y octubre de 2004 en las localidades arribas reseñadas: Los Cancajos, Fuencaliente, Punta Larga, El Proís de Punta Gorda y Fajana de Barlovento/Pta. Cumplida durante los periodos de bajamar máximos. Generalmente, cada localidad se estudió con muestreos destructivos, consitentes en el raspado de la superficie delimitada por 5 cuadrados de aluminio de 25 x 25 cm en tres niveles del intermareal, (intermareal superior, medio e inferior) lo que ha representado un total de 5 x 3 x 5 x 2 = 150 muestras. Como se ha comentado anteriormente en la primera campaña se hizo un muestreo adicional en Punta Banco lo cual representó un total de 15 muestras adicionales. El total de muestras bionómicas registradas en el nivel intermareal en el litoral de la isla de La Palma ha sido, por tanto de **165 muestras**.

A continuación se describe cada una de las localizaciones donde se ha estudiado muestras bentónicas de las comunidades del intermareal.

Los Cancajos

Pequeña ensenada con márgenes rocosos, ubicada en la vertiente E de la isla de La Palma. En su parte central presenta una playa de arena negra protegida por arrecifes rocosos naturales y bloques de hormigón con formas prismáticas que atenúan la intensidad del oleaje predominante, de dirección N-NE. En los márgenes de la zona de playa aparecen plataformas rocosas de poca pendiente, que durante la marea baja forman charcos y pequeños canales conectados con el mar abierto.

**figura 12.- Detalle de la zona de muestreo de biocenosis del intermareal de Los Cancajos**

Fuencaliente

Plataformas rocosas derivadas de coladas volcánicas en la punta S de la isla que en su contacto con el mar han formado un relieve abrupto, con numerosos canales y charcos, algunos de gran profundidad, que enmascaran los característicos patrones de zonación de la vegetación algal de la mayoría de los tramos costeros canarios. Por su vertiente Este está sometida al fuerte oleaje derivado de los vientos alisios mientras que en su vertiente Oeste, el oleaje es de menor intensidad permitiendo un mayor desarrollo de las macroalgas.

**figura 13.- Detalle de la zona de muestreo de biocenosis del intermareal de Fuencaliente**

Punta Larga

Localidad situada en la costa SO de la isla de La Palma. La zona elegida es un cantil basáltico bajo, de 2-3 de m de altura, que rápidamente penetra en el mar y que posee diversos charcos intermareales en su tramo superior mientras que en el tramo inferior se observan bruscos desniveles que caen hasta los 5-6 m de profundidad.

**figura 14.- Detalle de la zona de muestreo de biocenosis del intermareal de Punta Larga**

Punta Gorda

Esta localidad está situada en la costa NO de La Palma y también es conocida con el nombre de Proís de Punta Gorda. Está ubicada en una zona de grandes acantilados, con unas plataformas intermareales con una fuerte pendiente y sufre el embate del fuerte oleaje y del mar de fondo. El intermareal propiamente dicho es muy reducido, con un charco seminatural, que posee un canal artificial para la entrada de agua. Es la zona intermareal más reducida de las cinco seleccionadas, pero presenta comunidades representativas del litoral NO palmero.

**figura 15.- Detalle de la zona de muestreo de biocenosis del intermareal de Proís de Punta Gorda**

Punta Cumplida (Fajana de Barlovento)

El tramo costero de La Fajana de Barlovento/Punta Cumplida es una plataforma rocosa volcánica que está situada en la costa N-NE de la isla de La Palma. La colada que le dio origen se introduce en el mar formando lenguas de rocas y canales basálticos entremezclados con fondos de arenas negras. Presenta grandes charcos intermareales, tanto en el tramo superior como en el medio, así como bufaderos y canales en su tramo inferior.

**figura 16.- Detalle de la zona de muestreo de biocenosis del intermareal de Fajana de Barlovento**

## Equipos

Para la realización de los muestreos se contó con diversas herramientas que facilitaron el proceso de recogida de datos y raspado de las superficies bentónicas, tales como rasquetas, punzones, papel especial, pizarras, cuadrados de aluminio de 25 x 25 cm., así como botes y bolsas plásticas para facilitar el transporte de las muestras recolectadas que fueron fijadas en formol al 4-6 %.

*1.1.4.2.2.2. Submareal*

**Trabajo de campo**

Para la elección de las parcelas se dividió la isla en tres zonas: Norte, Este y Oeste. En cada una de estas, se escogió una parcela en cada una de las comunidades principales (cuya presencia se había identificado mediante los transectos previos de video remolcado). De esta manera, se han muestreado un total de 28 parcelas, en tres de las cuales sólo pudieron tomarse fotografías submarinas debido a la protección que presentan las especies (caso del coral negro, las gorgonias y el cesped de Halófila), en el resto de parcelas se tomaron muestras biológicas para su determinación taxonómica en laboratorio. Las parcelas tienen unas dimensiones de 25 x 25 metros y el número de réplicas en el interior de cada una de ellas fue de 5 para que el muestreo tuviese validez estadística. Se realizaron dos campañas en cada parcela de muestreo, por tanto el número total de muestras tomadas en el nivel submareal sería de 25 x 5 x 2 = **250 muestras**. Las cuales unidas a las 165 muestras del nivel intermareal harían un total de **415** muestras con lo cual se cumpliría el número de muestras mínimo exigido en el pliego de prescripciones técnicas.

En la tabla 4 se indican las coordenadas geográficas de todas las localidades muestreadas en el piso submareal.

| Parcela | Coordenada x | Coordenada Y | Profundidad |
|---|---|---|---|
| T88RV | 213872 | 3194407 | 8 |
| T82R | 209085 | 3190605 | 23 |
| T72RV | 207704 | 3182518 | 11 |
| T72A | 207601 | 3182484 | 19 |
| T69AJ | 208500 | 3179660 | 39 |
| T65B | 210249 | 3175814 | 11 |
| PT61 | 211208 | 3171918 | 40 |
| T60FD | 212087 | 3171177 | 20 |
| T56R | 213725 | 3167387 | 21 |

| Parcela | Coordenada x | Coordenada Y | Profundidad |
|---|---|---|---|
| T51-RV | 216342 | 3163114 | 16 |
| T49A | 217291 | 3161436 | 20 |
| T475-AJ | 217652 | 3159977 | 27 |
| T46RV | 218219 | 3158548 | 16 |
| T435CN | 218180 | 3155711 | 42 |
| T36V | 221897 | 3150578 | 24 |
| T32R | 223880 | 3154123 | 8 |
| T27RV | 226549 | 3158388 | 6 |
| PT24AX | 228153 | 3161022 | 46 |
| T20FD | 230132 | 3164176 | 13 |
| T18CN | 230711 | 3166045 | 37 |
| T11AJ | 230429 | 3172884 | 34 |
| T10H | 229960 | 3174167 | 28 |
| T5A | 231418 | 3178621 | 15 |
| T5C | 231516 | 3178536 | 25 |
| T114AJ | 232880 | 3185472 | 30 |
| T107B | 229886 | 3191824 | 27 |
| T102C | 224199 | 3154487 | 36 |
| T96-A | 221824 | 3193780 | 32 |

**tabla 4 Coordenadas geográficas de las diferentes estaciones de muestreo submareal a lo largo del perímetro costero de La Palma**

El procedimiento seguido en cada una de las parcelas es el siguiente: una vez es delimitada la parcela con cinta métrica, se procedió a la toma de muestras. Los diferentes tipos de muestreos que se realizaron sobre las comunidades bentónicas y nectónicas fueron los siguientes:

- Sustrato blando: En las parcelas con comunidades asentadas sobre sustratos blandos se tomaron cinco muestras de sedimento mediante empleo de una draga Van Veen de 400 $cm^2$ de arañado, en número de dos lances por cada muestra, al objeto de asegurar el estudio de más de 600 $cm^2$ de superficie, área mínima recomendada por varios autores para el estudio de la epifauna e infauna sedimentaria. Las muestras de sedimento una vez tamizadas fueron lavadas y fijadas inmediatamente para su traslado.

También se realizaron, mediante inmersión con escafandra autónoma, censos visuales en el dominio pelágico (necton y nectobentónico), a base de transectos de 50 m de largo por 5 m de ancho, realizando 3 réplicas de los mismos y aportando estimas de tallas de los individuos.

Por último se realizó un amplio reportaje fotográfico de las especies o formaciones más características presentes en la parcela.

- Sustrato duro: Mediante inmersión con escafandra autónoma, se aplicó la técnica de recogida de la totalidad del material biológico sobre áreas mínimas (en nuestro caso se usó una calicata de 50 x 50 cm). Las muestras se tomaron mediante calicatas con malla de 0,5 mm de luz y raspado del interior (técnica de Sergeev). Una vez tomadas las muestras, fueron lavadas y fijadas inmediatamente con formol para su posterior determinación.

Como en el caso anterior, en los fondos duros, también se realizaron censos visuales en el dominio pelágico utilizando la misma técnica descrita, de igual forma se realizó un amplio reportaje fotográfico.

Durante los muestreos se obtuvieron las características ambientales de cada comunidad: Profundidad, luz incidente en el sedimento superficial y porcentaje de la luz incidente en la superficie del agua y determinación de la temperatura y el potencial redox tal y como se ha especificado en el apartado de estructura termohalina.

**Equipos**

Para la realización de las dos campañas de toma de muetras, se utilizó como embarcación de apoyo una Faeton 550 de fibra dotada con un motor fueraborda Honda de cuatro tiempos de 90 CV de potencia perteneciente a Grupo Interlab. Las muestras sobre sustrato duro fueron tomadas mediante inmersión con escafandra autónoma, utilizando una calicata de 50 x 50 cm junto con una espátula para el raspado. Para la toma de muestras sobre sustrato blando se utilizó una draga Van Veen de 400 $cm^2$ de arañado. La fijación de las muestras se realizó con formol al 4%.

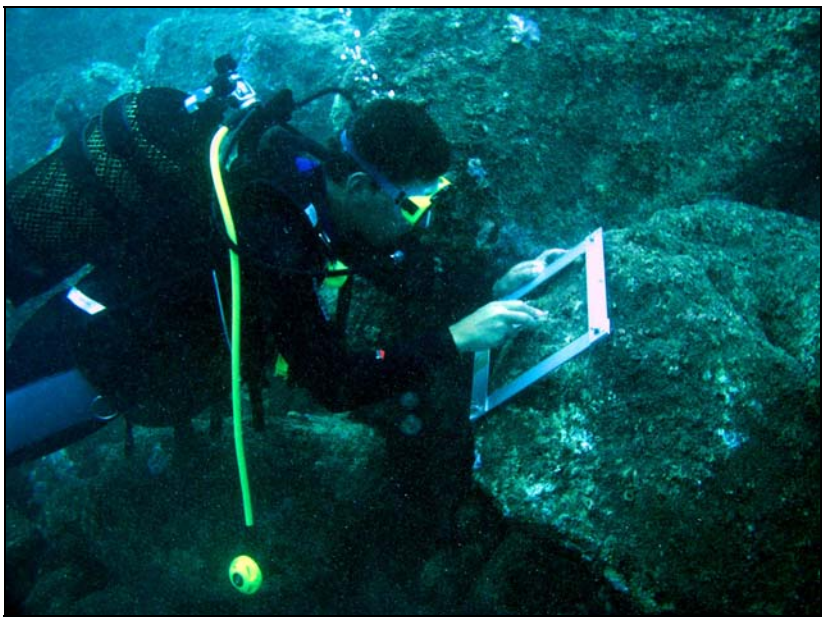


**figura 17.- Operaciones de raspado mediante la técnica Sergeev (parcelas bionómicas)**

### 1.1.4.3. Comunidades planctónicas.

*1.1.4.3.1.* Fitoplancton

**Trabajo de campo**

Las muestras de agua para el análisis taxonómico de fitoplancton se recolectaron por medio de botella oceanográfica a varias profundidades a lo largo de 9 transectos, (véase figura 18), con tres estaciones (1, 2 y 3) en cada transecto a las profundidades de 5, 15 y 50 m. En la estación 1 se tomaron dos muestras: una en superficie y otra a 2 m de profundidad; en la estación 2 se tomaron muestras a las profundidades de 0, 2, 5, 10 y 15 m; finalmente en la estación 3 se tomaron muestras a las profundidades de 0, 2, 5, 10, 15, 25, 30, 40 y 50 m. Lo cual indica que en total se tomaron 16 muestras por transecto. Se realizaron tres campañas de muestreo: la primera, denominada campaña de otoño, se realizó en septiembre/octubre de 2003, la segunda, denominada campaña de invierno, en febrero/marzo de 2004 y, por último, la tercera campaña, campaña de verano, en junio/julio de 2004. En cada campaña se tomaron 144 muestras (9 x 16), por lo que en total se han tomado 432 muestras para la determinación taxonómica de fitoplancton. Las coordenadas de las estaciones de muestreo se pueden ver en la tabla 5.

**Equipos**

Para el muestreo de fitoplancton se ha utilizado una botella oceanográfica Niskin (marca GENERAL OCEANICS, modelo: 51). Las muestras se fijaron con una solución de lugol acidificada y se conservaron en botellas ámbar de cristal.

*1.1.4.3.2.* Zooplancton

**Trabajo de campo**

Las muestras de zooplancton analizadas se obtuvieron durante los meses de octubre de 2003, y marzo y julio de 2004 en las estaciones que se presentan en la figura 18. En total, con el objeto de definir las comunidades de zooplancton en la zona costera de fondos someros de la isla, se han tomado 54 muestras de zooplancton, dos en cada transecto en cada una de las tres campañas, (2 x 9 x 3). Los distintos transectos se diseñaron de forma que se cubriese las distintas zonas de la Isla de La Palma desde el punto de vista de la meteorología y la oceanografía de dicha isla. Así, se obtuvieron muestras tanto en la zona batida por los vientos Alisios, como en la zona de calma de la isla.

**Equipos**

Las muestras se tomaron con una red WP-2 (Unesco, 1968), Ref. [26], equipada con una malla de 200 µm en arrastres verticales desde dos metros por encima del fondo hasta la superficie. Una vez abordo, el contenido del colector de la red se recogió en una malla de 100 µm y se introdujo en un frasco de plástico, fijando la muestra con formol al 4% hasta su posterior análisis en el laboratorio.

| | Transecto 1 | |
|---|---|---|
| | Latitud | Longitud |
| estación1 | 28º 50' 13" | 17º 51' 58" |
| estación2 | 28º 30' 71" | 17º 52' 2" |

| | Transecto 2 | |
|---|---|---|
| | Latitud | Longitud |
| estación1 | 28º 46' 33" | 18º 0' 26,8" |
| estación2 | 28º 46' 31,7" | 18º 0' 33,5" |

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| estación3 | 28º 50' 48,6" | 17º 52' 0,08" | estación3 | 28º 46' 37,6" | 18º 1' 13" |

| | Transecto 3 | | | Transecto 4 | |
|---|---|---|---|---|---|
| | Latitud | Longitud | | Latitud | Longitud |
| estación1 | 28º 41' 57" | 17º 58' 15,4" | estación1 | 28º 38' 34" | 17º 56' 30" |
| estación2 | 28º 41' 53" | 17º 58' 23,3" | estación2 | 28º 38' 17" | 17º 56' 41" |
| estación3 | 28º 41' 48,7" | 17º 59' 1,3" | estación3 | 28º 37' 58" | 17º 56' 59" |

| | Transecto 5 | | | Transecto 6 | |
|---|---|---|---|---|---|
| | Latitud | Longitud | | Latitud | Longitud |
| estación1 | 28º 33' 3,3" | 17º 53' 19,7" | estación1 | 28º 27' 8,8" | 17º 50' 32,5" |
| estación2 | 28º 33' 1,4" | 17º 53' 23,9" | estación2 | 28º 27' 5" | 17º 50' 29,8" |
| estación3 | 28º 32' 56,9" | 17º 53' 37,8" | estación3 | 28º 27' 1,8" | 17º 50' 30,5" |

| | Transecto 7 | | | Transecto 8 | |
|---|---|---|---|---|---|
| | Latitud | Longitud | | Latitud | Longitud |
| estación1 | 28º 34' 10,4" | 17º 45' 37,8" | estación1 | 28º 40' 44" | 17º 45' 55" |
| estación2 | 28º 34' 9" | 17º 45' 34,7" | estación2 | 28º 40' 43,6" | 17º 45' 53,4" |
| estación3 | 28º 34' 7,3" | 17º 45' 31,5" | estación3 | 28º 40' 45,5" | 17º 45' 45,3" |

| | Transecto 9 | |
|---|---|---|
| | Latitud | Longitud |
| estación1 | 28º 41' 58,7" | 17º 45' 25" |
| estación2 | 28º 41' 56" | 17º 45' 18,7" |
| estación3 | 28º 41' 46,4" | 17º 45' 4,5" |

**tabla 5 Coordenadas de las estaciones de muestreo**

**figura 18.- Disposición de transectos con los puntos de muestreo. Campaña de estaciones hidrográficas, Perfiles termohalinos y de penetración de la luz**

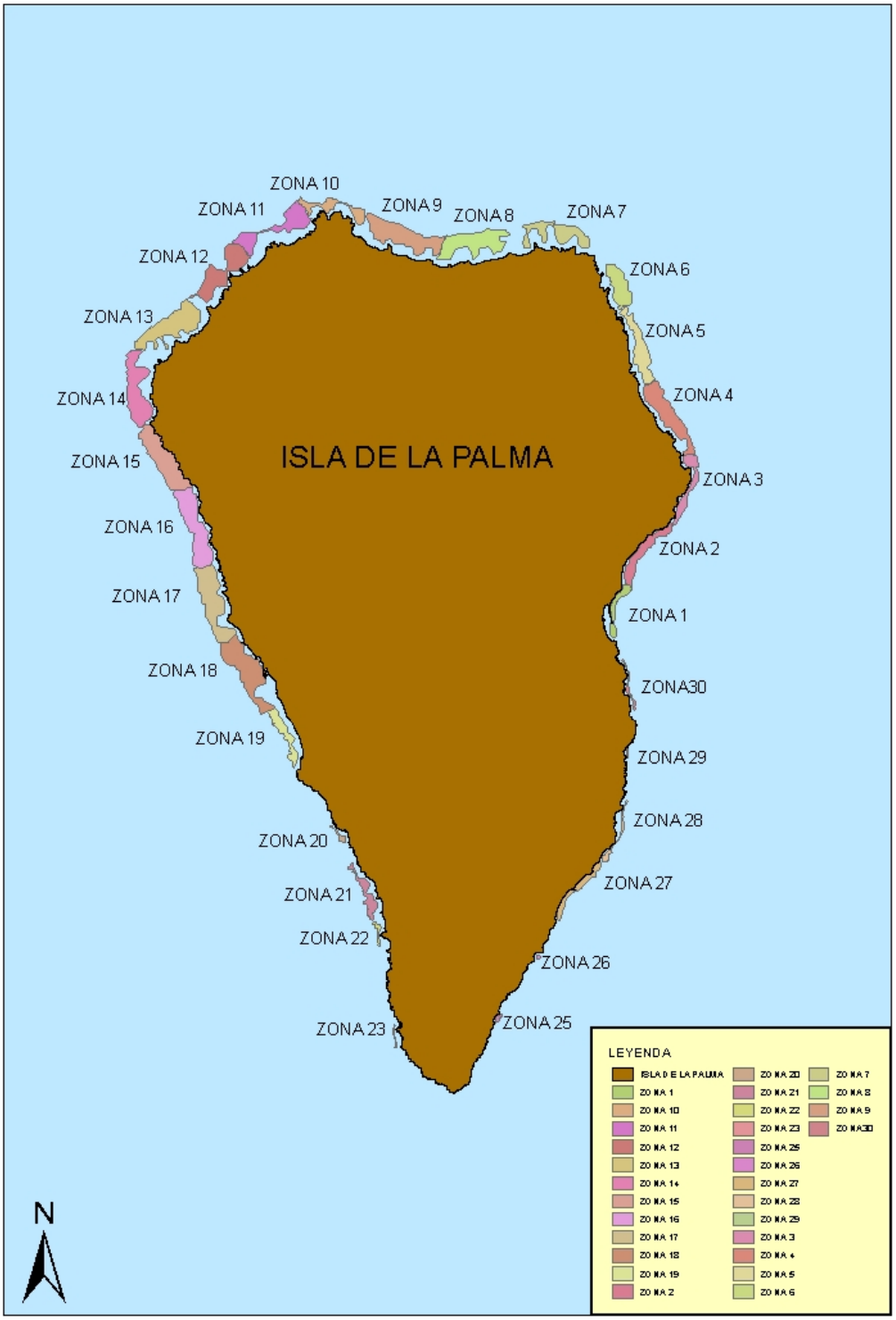



**figura 19.- Disposición de zonas de muestreo. Campaña de sedimentos.**

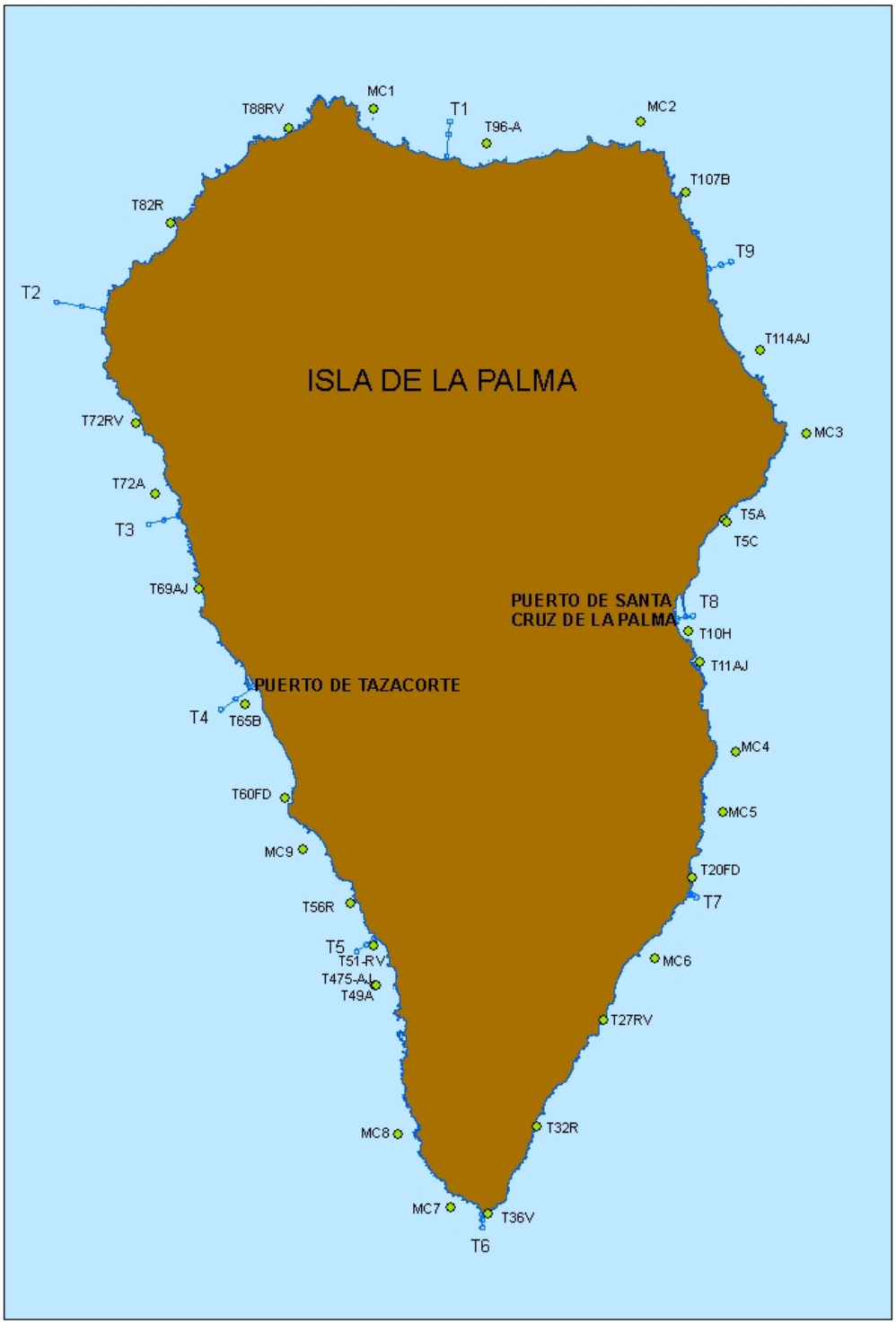



**figura 20.- Estaciones de muestreo para los perfiles de estructura termohalina**

#### 1.1.4.4. Recursos pesqueros

El trabajo de campo respecto al apartado de recursos pesqueros se ha limitado a la realización de encuestas entre los pescadores, la realización de un reportaje fotográfico y la consulta directa a los agentes locales relacionados con el sector, como son las cofradías de pescadores de Santa Cruz de la Palma y la de Tazacorte. Ver Ref. [46] y Ref. [47]. De igual modo para obtener información referente a las infraestructuras portuarias se han consultado distintos organismos como la Autoridad Portuaria de Santa Cruz de Tenerife y el Área de Puertos del Gobierno de Canarias. Por último también se han realizado encuestas a los productores de acuicultura presentes en la isla.

### 1.1.5. Metodología de los trabajos de laboratorio

En primer lugar hay que señalar que las diferentes analíticas llevadas a cabo, tanto para la matriz agua como para la matriz sedimento, han sido realizadas, parte en los laboratorios de Grupo Interlab S.A., y parte en el laboratorio de análisis Dr. González Santiago S.L. de Santa Cruz de Tenerife en la Palma, en concreto en este último se han realizado los análisis de aquellos parámetros que precisaban de un menor tiempo de procesado posterior a la toma de muestras como ocurre en el caso de los parámetros microbiológicos y los nutrientes. La metodología analítica seguida en ambos casos ha sido la recogida por la bibliografía técnica correspondiente, validada por los propios técnicos del laboratorio de Grupo Interlab y que ha sido incorporada al programa de garantía de calidad del laboratorio.

#### 1.1.5.1. Calidad química del agua

En la tabla 6 se indica, para cada uno de los parámetros en estudio, la técnica analítica empleada en su determinación, así como el método de referencia en el que se basa y el límite de detección en cada caso.

| Analito | Técnica Analítica | Método Referencia | Límite Detección |
|---|---|---|---|
| AMONIO | ESPECTROFOTOMETRÍA DE ABSORCIÓN | ISO 7150/1-1984 | 0,05 mg NH4/L |
| CADMIO | A.A. HORNO | ISO 5961.B | 0,2 µg/L |
| COBRE | A.A. HORNO | SM 3500 Cu/B | 0,7µg/L |
| COLIFORMES TOTALES | FILTRACIÓN SOBRE MEMBRANA | UNE-EN ISO 9308-1 | --- |
| ENTEROCOCOS | FILTRACIÓN SOBRE MEMBRANA | UNE-EN ISO 7899-2 | -- |
| FOSFATOS | UV-VIS | ISO 6978/1. | 0,02 mg $P_2O_5$/L |

| Analito | Técnica Analítica | Método Referencia | Límite Detección |
|---|---|---|---|
| HIDROCARBUROS DISUELTOS O EMULSIONADOS | IR | SM 5520 F | 0,01 mg/L |
| MERCURIO | A.A. VAPOR FRÍO | GI/PO/FQT/077 | 0,1 µg/L |
| NITRATOS | UV-VIS | SM 4500 NO3 | 0,2 mg NO3/L |
| NITRITOS | UV-VIS | EPA 354.1 | 0,02 mg NO2/L |
| SILICATOS | UV-VIS | SM 4500 Si - C | 2 µg/L |
| SÓLIDOS SUSPENSIÓN | GRAVIMETRÍA | GI/PO/FQT/047 | 0,2 mg/L |
| TOC | An. TOC | SM 5310.B | 0,2 mg/L |

GI/PO/FQT: Procedimiento operativo interno de los laboratorios de Grupo Interlab.

**tabla 6 Metodología analítica para la matriz agua**

En la tabla 7 se recoge la descripción de cada una de las técnicas analíticas empleadas en la determinación de los diferentes parámetros en estudio para la matriz agua:

| | |
|---|---|
| SM 4500 si-C | Espectrofotometría de Absorción Molecular Ultravioleta-Visible. El analito en cuestión disuelto en la muestra es sometido a una radiación de longitud de onda específica comprendida en el rango ultravioleta-visible. Comparando la absorción de radiación del analito con la de un blanco se estima la concentración del mismo en la muestra. |
| A.A. HORNO | Espectrofotometría de Absorción Atómica en Horno de Grafito. La muestra es inyectada en una cámara de grafito a alta temperatura donde se atomiza y absorbe radiación procedente de una fuente de luz específica para dicho analito. Comparando la absorción de radiación del analito con la de un blanco se estima la concentración del mismo en la muestra. |
| FILTRACIÓN SOBRE MEMBRANA | La muestra se hace pasar por una membrana específica capaz de retener a determinados microorganismos. Posteriormente dicha membrana se siembra para poder verificar el número de colonias de microorganismos que quedaron retenidos en la membrana. |
| A.A. VAPOR FRÍO | Espectrofotometría de Absorción Atómica por Vapor Frío. Es una técnica analítica específica para mercurio, el analito disuelto es reducido hasta su estado elemental en forma de vapor, el cual es arrastrado mediante una corriente de aire hasta un haz de radiación de longitud de onda específica. El analito absorbe radiación y comparando dicha absorción con la de un blanco se estima la concentración del mismo en la muestra. |
| SM 5520 F | Medida en espectrofotometría de IR, del extracto obtenido en el proceso de extracción de la muestra en tetracloruro de carbono. |
| GRAVIMETRÍA | La muestra se hace pasar por un filtro previamente tarado. Una vez seco y por diferencia de pesada se puede conocer la cantidad de analito retenido. |

| | |
|---|---|
| SM 5310.B | El método se fundamenta en la oxidación del carbono orgánico presente en la muestra a CO2, extrayéndose este gas de la disolución y llevándose hasta un detector de infrarrojos. |

**tabla 7 Técnicas analíticas para la matriz Agua**

### 1.1.5.2. Calidad química de los sedimentos

En la tabla 8 se indica, para cada uno de los parámetros en estudio, la técnica analítica empleada en su determinación, así como el método de referencia en el que se basa y el límite de detección en cada caso.

| Analito | Técnica Analítica | Método Referencia | Límite Detección |
|---|---|---|---|
| CADMIO | A.A. HORNO | EPA 7131 | 0,01 µg/g |
| COBRE | A.A. LLAMA | EPA 7210 | 0,5 µg/g |
| COLIFORMES TOTALES | FILTRACIÓN SOBRE MEMBRANA | UNE-EN ISO 9308-1 | --- |
| ENTEROCOCOS | FILTRACIÓN SOBRE MEMBRANA | UNE-EN ISO 7899-2 | --- |
| GRANULOMETRÍA | TAMIZADO MECÁNICO | | |
| HIDROCARBUROS TOTALES | IR | ISO TR 11046 | 2 µg/g |
| MERCURIO | Vapor Frío | EPA 7471 | 0,01 µg/g |
| MATERIA ORGÁNICA | CALCINACIÓN | | |
| PLOMO | A.A. HORNO | EPA 7421 | 0,05 µg/g |
| ZINC | A.A. LLAMA | EPA 7950 | 0,2 µg/g |

**tabla 8 Metodología analítica para la matriz sedimento**

En la tabla 9 se recoge la descripción de cada una de las técnicas analíticas empleadas en la determinación de los diferentes parámetros en estudio para la matriz sedimento.

| | |
|---|---|
| A.A.HORNO | Espectrofotometría de Absorción Atómica en Horno de Grafito. La muestra es inyectada en una cámara de grafito a alta temperatura donde se atomiza y absorbe radiación procedente de una fuente de luz específica para dicho analito. Comparando la absorción de radiación del analito con la de un blanco se estima la concentración del mismo en la muestra. |

| | |
|---|---|
| A.A.LLAMA | Espectrofotometría de Absorción Atómica. La muestra previamente nebulizada es inyectada directamente en una fuente de energía (llama) donde se atomiza y absorbe radiación procedente de una fuente de luz específica para dicho analito. Comparando la absorción de radiación del analito con la de un blanco se estima la concentración del mismo en la muestra. |
| FILTRACIÓN SOBRE MEMBRANA | La muestra se hace pasar por una membrana específica capaz de retener a determinados microorganismos. Posteriormente dicha membrana se siembra para poder verificar el número de colonias de microorganismos que quedaron retenidos en la membrana. |
| ISO TR 11046 | Medida en espectrofotométrica de IR, del extracto previamente tratado con sulfato sódico anhidro obtenido en el proceso de extracción de la muestra en tetracloruro de carbono. |
| EPA 7471 | Espectrofotometría de Absorción Atómica por Vapor Frío. Es una técnica analítica específica para mercurio, el analito disuelto es reducido hasta su estado elemental en forma de vapor, el cual es arrastrado mediante una corriente de aire hasta un haz de radiación de longitud de onda específica. El analito absorbe radiación y comparando dicha absorción con la de un blanco se estima la concentración del mismo en la muestra |

**tabla 9 Técnicas analíticas para la matriz Sedimento**

Para el análisis granulométrico de las 1.500 muestras analizadas se ha seguido el siguiente proceso:

1) Secado y Preparación de la muestra: La muestra de sedimento es acondicionada y secada a temperatura ambiente, para evitar pérdida de volátiles, con el fin de eliminar el exceso de agua que dificulta la extracción de ciertos compuestos orgánicos. Una vez seca, la muestra es disgregada por presión evitando la ruptura de las partículas que pueden componer el sedimento, con el fin de no modificar la composición granulométrica inicial de la muestra.

2) Fracciones Granulométricas: La muestra una vez seca y disgregada, es tamizada en una cascada de tamices de 2000, 600, 200 y 0,063 µm de luz de malla, para poder diferenciar entre gravas, arenas (gruesas, medias y finas) y finos.

### 1.1.5.3. Comunidades naturales.

Las muestras recolectadas en las estaciones intermareales y submareales fueron llevadas al laboratorio de la Facultad de Ciencias del Mar en Las Palmas de Gran Canaria, donde se procedió a la separación de las muestras y a la clasificación por grandes grupos taxonómicos para comenzar con la identificación de todos los individuos hasta el mayor grado de aproximación posible.

#### 1.1.5.4. Comunidades planctónicas

*Fitoplancton*

En el laboratorio, se decantaron las submuestras de 150 ml en columnas de sedimentación sobre portaobjetos excavados durante un periodo de 48 horas. Los grupos de fitoplancton de tamaño >10 µm se contaron con un microscopio invertido Zeiss Axiovart a 200 y 400 aumentos.

*Zooplancton*

El contaje de los organismos se realizó en el laboratorio sobre fotografías digitales de toda la muestra y realizada con una resolución de 10 µm. Sobre estas muestras se llevaron a cabo los contajes y determinaciones de los distintos grupos de organismos según su abundancia y siguiendo los criterios expresados en Hernández-León (1988), Ref [24]. La fotografía digital de las muestras permite un rápido acceso a ellas en cualquier momento sin tener que manipular la muestra original. También brinda la oportunidad de obtener información sobre el espectro de tallas y sobre la biomasa de los diferentes grupos de organismos en caso de que esta información sea necesaria en un futuro.

#### 1.1.5.5. Material fotográfico y de vídeo

Durante todas las campañas de campo referentes al apartado de Reconocimiento Ecológico Marino (campañas de calidad de aguas, calidad de sedimentos y estudios de las biocenosis marinas) se ha obtenido una importante colección de fotografías tanto en superficie como submarinas. Las distintas fotografías pueden ser consultadas en el correspondiente Anejo fotográfico (Anejo 11. Reportaje Fotográfico).

### 1.1.6. Trabajos de gabinete

#### 1.1.6.1. Recopilación de información

1.1.6.1.1. Recopilación de información sobre condiciones del medio

Como se señala en el apartado “1.1.2 Fuentes Documentales Utilizadas” han sido diversas las fuentes documentales consultadas pertenecientes a distintos organismos. Todas las referencias de publicaciones y artículos quedan recogidas en el apartado 1.5. Bibliografía.

#### 1.1.6.2. Recopilación de información sobre comunidades marinas: bentos, plancton y necton

Con objeto de realizar la caracterización bionómica de las comunidades marinas presentes en el litoral de la isla de La Palma se estableció un Convenio de Colaboración entre GRUPO

INTERLAB S.A. con la Universidad de Las Palmas de Gran Canaria (ULPGC) y la Fundación Canaria Universitaria de Las Palmas para la realización de una asistencia técnica sobre las características oceanográficas y bionómicas del entorno marino y litoral de la isla de La Palma. Esto ha permitido contar con la información disponible en el Centro de Biodiversidad y Gestión Ambiental de la ULPGC, así como otros fondos bibliográficos científicos señalados en el apartado 1.1.2.

1.1.6.2.1. Recopilación de información sobre recursos pesqueros

La metodología seguida para la realización del estudio de los recursos pesqueros ha consistido, tanto en la recopilación de información de distintas fuentes bibliográficas, como en la obtención de información mediante encuestas y peticiones de documentación a los principales agentes del sector pesquero de la isla de La Palma.

Para el estudio socioeconómico de la actividad pesquera en los puertos de Santa Cruz de la Palma y de Tazacorte se ha obtenido la información de distintas fuentes:

- Descripción de la flota pesquera. A partir de datos bibliográficos fundamentalmente, ver. Ref. [42], y de alguna información obtenida a partir de encuestas realizadas a los habitantes de la isla. La información recopilada refleja de forma explícita las características, usos, estados y desarrollo de las embarcaciones del lugar.
- Descripción de las artes de pesca, información obtenida a partir de datos bibliográficos, ver Ref. [41] – Ref. [42], e información recopilada de las diferentes cofradías de pescadores de la isla: Cofradía de *Nuestra Señora de las Nieves,* en Santa Cruz de la Palma, ver Ref. [47], y *Nuestra Señora del Carmen* en Tazacorte. Ver Ref. [46].
- Descripción de las principales especie objeto del aprovechamiento pesquero, en la que se especifica la familia, el nombre científico, el nombre oficial y el nombre local de las diferentes especies de interés pesquero. En este caso la información se ha obtenido a partir de datos bibliográficos (véase Ref. [43], Ref. [42]) y a través de encuestas directas realizadas a pescadores de los dos puertos existentes en la isla.
- Registros históricos de las capturas desembarcadas. Datos que se han recopilado con la información facilitada por las Cofradías de Pescadores de los dos puertos pesqueros de la isla, el puerto de Tazacorte y el puerto de Santa Cruz de la Palma, Ref. [47] y Ref. [46].

- Análisis estadístico del volumen y características de la capturas. Información obtenida a partir de los datos facilitados por las Cofradías de Pescadores de los dos puertos pesqueros de la isla. El puerto de Tazacorte y el puerto de Santa Cruz de la Palma. Ref. [47] y Ref. [46].
- La obtención de información sobre los caladeros se ha producido a partir de encuestas directas a pescadores así como de observaciones directas en el mar durante las diferentes campañas realizadas en la isla.
- Estudio de las infraestructuras portuarias. La información obtenida para cubrir este apartado ha sido facilitada por diversas fuentes: Ayuntamiento de San Andrés y los Sauces; la Autoridad Portuaria de Santa Cruz de Tenerife y el Área de Puertos del Gobierno de Canarias. Ver referencias: Ref. [48], Ref. [44] y Ref. [45].
- Estudio de las infraestructuras destinadas a la producción acuícola. Las información se ha obtenido a través de consultas directas a los productores locales.

#### 1.1.6.3. Tratamiento de datos

El tratamiento de la información para cada uno de los puntos incluidos en el apartado de Reconocimiento Ecológico Marino ha consistido en los siguientes trabajos:

- Tratamiento de los resultados de calidad del agua (estaciones hidrográficas, perfiles termohalinos, perfiles de penetración de la luz y mapeado en continuo).

  Los resultados obtenidos en las estaciones hidrográficas para estudiar la calidad del agua han sido tratados mediante hojas de cálculo al objeto de poder representar gráficamente la información. Igualmente se ha procedido con los datos de perfiles termohalinos y de penetración de la luz. Especial tratamiento han tenido los miles de datos generados en la campaña de mapeado en continuo, en este caso estos datos han sido incorporados a un programa surfer que permita la representación gráfica de la concentración superficial de los distintos parámetros seleccionados.

- Tratamiento de los resultados de calidad de sedimento

  Los resultados granulométricos han sido incorporados a una base de datos, los cuales mediante tratamiento estadístico con la ayuda de hojas de cálculo permitieron la obtención de la MODA, D50, D16 y D84.

- Tratamiento de los resultados generados para la cartografía de las biocenosis marinas, comprendiendo tanto las filmaciones de transectos de vídeo remolcado,

como el tratamiento estadístico de los resultados de taxonomía bentónica (intermareal y submareal), resultados de campañas planctónicas y nectónicas.

- Respecto a las filmaciones de vídeo remolcado hay que decir que lo extenso del volumen de grabaciones obtenidas redundó en el empleo de mucho tiempo con el manejo de herramientas informáticas en el postprocesado de las filmaciones en bruto y en la postedición con el fin de poder presentar el material grabado en DVD´s.
- El tratamiento de los resultados obtenidos en los muestreos de las parcelas bionómicas ha sido especialmente desarrollado por el personal de la Universidad de Las Palmas de Gran Canaria, detallándose a continuación de forma más extensa.

Tratamiento estadístico de los resultados de taxonomía bentónica

Una vez identificadas y clasificadas las muestras bentónicas y los peces, se procedió a su análisis estadístico utilizando para ello el paquete informático para estudios estadístico PRIMER 5 (versión 5.2.4). Desde su aparición, el paquete estadístico PRIMER ha sido utilizado en multitud de workshops centrados en el análisis práctico de datos ecológicos (Clarke y Warwick, 1994, Ref [13]). Su uso se ha ido extendiendo desde la creación del paquete estadístico PRIMER (Plymouth Routines In Multivariate Ecological Research), desarrollado en el Laboratorio de Biología Marina de Plymouth (Reino Unido). Un gran número de publicaciones que lo aplican, apoyan su utilidad en el estudio de los cambios en las comunidades marinas (Warwick et al, 1990 Ref. [37]; Clarke, 1993 Ref. [12]; Connolly, 1994a; 1994b Ref. [13, 14]; Kaiser et al., 1994 Ref. [25]; Somerfield et al, 1994 Ref. [33]; Pranovi et al., 1998 Ref. [29]).

En PRIMER se propone una estrategia para la interpretación de los datos de la estructura de la comunidad recogidos de un grupo de especies, y de una o más muestras replicadas. Normalmente, los modelos que describen la estructura de la comunidad suelen ser complejos, optándose en este paquete estadístico por una reducción de esta complejidad mediante la representación gráfica de las relaciones biológicas entre muestras. A estas representaciones le siguen análisis estadísticos para identificar y caracterizar cambios en la estructura de la comunidad en el periodo o en el espacio, y relacionar éstos con cambios ambientales o condiciones experimentales. La principal ventaja de este tipo de análisis frente a los análisis multivariantes paramétricos es la falta de asunción de un modelo estadístico para su empleo, a diferencia de estos últimos, que están basados en la existencia de relaciones lineares o normalidad de los datos (Clarke y Warwick, 1994, Ref. [12]). Otra ventaja es que todas las subrutinas del PRIMER están basadas en el coeficiente

de similitud de Bray-Curtis, calculado entre todos los pares de muestras que se están analizando. Esto permite, por ejemplo, la comparación entre dos comunidades en las que a pesar de tener el mismo número de especies y de individuos, son diferentes en la composición de especies, ya que facilita una clasificación jerarquizada (clustering) de las muestras en grupos que son mutuamente similares (Clarke y Warwick, 1994, Ref. [12]).

Las siguientes etapas para el análisis de la estructura de las comunidades (Field et al., 1982, Ref. [18]) han sido utilizadas por múltiples autores (p. e.: Bayne et al., 1988 Ref. [8]; Addison y Clarke, 1990 Ref. [4]; Warwick et al., 1991 Ref. [38]; Agard et al., 1993 Ref. [5]; Sánchez Jerez, 1997 Ref. [32]; Tuya et al., 2004 Ref. [35] y 2005 Ref. [34]; Valle Pérez, 2005 Ref. [36]). Estas etapas son:

1. Disposición de un patrón de la comunidad a través de una ordenación y un cluster.
2. Determinación de las especies responsables de la agrupación de una serie de muestras.
3. Comprobar diferencias espaciales y temporales en la estructura de la comunidad cuando las hipótesis son definidas a priori.
4. Relacionar patrones de la comunidad con las variables ambientales.

Estas etapas pueden ser estudiadas mediante una serie de aplicaciones de PRIMER y que se han utilizado a lo largo de capítulos presentados en este trabajo:

1. CLUSTER: Representa el poblamiento de cada muestra mediante un dendograma, uniendo las muestras en grupos jerárquicos basados en niveles de similitud a partir de la matriz de similitud o disimilitud que crea. Esta aplicación es de gran utilidad cuando se espera que las muestras se dividan en grupos bien definidos, como es el caso de una clara diferenciación ambiental (Clarke y Warwick, 1994, Ref. [12]).

2. MDS: Representa las muestras en un gráfico de dos dimensiones de tal forma que, el rango de orden de las distancias entre muestras en el gráfico coincidan con el rango de orden de similitud o disimilitud a partir de la matriz triangular de similitud. En esta representación existe un proceso de minimización del coeficiente de estrés. Este coeficiente es el cálculo de la diferencia entre las distancias de los puntos en la matriz original y las correspondientes distancias entre puntos en la ordenación final. Para una correcta interpretación de la representación, el estrés debe oscilar entre 0 (completamente ajustada) y 0.2 (mínima posibilidad de definir relaciones entre las muestras). Valores mayores de estrés se corresponden con distribuciones al azar de

las muestras dentro de la ordenación (Didby y Kempton, 1987, Ref. [15]; Clarke, 1993, Ref. [12]).

Las variables analizadas para describir tanto los poblamientos bentónicos intermareales y submareales como para el poblamiento íctico submareal fueron el número de especies (S), la riqueza de especies (d) y diversos índices para evaluar la diversidad específica (Magurran, 1989, Ref [26]).

- La Diversidad se calculó principalmente utilizando el índice de Shannon-Wienner (H´):

$$H' = - \Sigma\ pi \log 2\ pi$$

donde:

- pi es la proporción de individuos de la especie i encontrados.

- La Riqueza de especies se calculó a través del índice de Margalef (d), cuya fórmula es:

$$\text{Índice de Margalef} \Rightarrow d = (S-1)/\text{Log}\ (N),$$

donde:

- N el número total de individuos

Otros índices utilizados son:

- El Índice de equitabilidad de Pielou (J')  que nos indica la distribución más o menos homogénea de los diferentes individuos de cada especie dentro de la muestra.

- El Índice de Simpson: que nos indica el grado de dominancia

$$1- \lambda' = I' = \Sigma\ (Ni/N)^2$$

En las tablas que se han incorporado en los anejos: **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**, Comunidades del Intermareal y **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**, Comunidades del Submareal están recogidos los valores de estos índices para cada una de las localidades muestreadas tanto en lo que se refiere a las comunidades bentónicas identificadas en el piso intermareal como a las comunidades bentónicas e ícticas descritas para el piso submareal.

Tratamiento de los datos de fito y zooplancton

Los resultados de los contéos de organismos planctónicos fueron incorporados a hojas de cálculo que permitieron la representación gráfica de los mismos.

### 1.1.6.4. Cartografías

Las diferentes cartografías contempladas en el capítulo de Reconocimiento Ecológico Marino son las siguientes:

- Cartografía de la disposición de puntos de muestreo de Calidad de Aguas e itinerarios para la campaña de mapeado en continuo. Véase el anejo de Planos (Planos nº 4.1-4.3, Planos de itinerarios y localización de puntos de muestreo en reconocimiento ecológico).
- Cartografía de la disposición de puntos de muestreo en la campaña de Calidad de Sedimentos. Véase el anejo de Planos (Planos nº 4.1-4.3, Planos de itinerarios y localización de puntos de muestreo en reconocimiento ecológico).
- Representación gráfica de los Resultados de la campaña de mapeado en continuo. Véase el **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**, de resultados de la campaña de mapeado en continuo. Un ejemplo de las salidas gráficas generadas tras el tratamiento de los datos de la campaña de mapeado en continuo se puede ver en la figura 21.
- Cartografía temática de Biocenosis Marinas. La cartografía de las unidades de biocenosis marinas pueden ser consultadas en el Anejo de Planos (Planos Nº 9, Unidades de Biocenosis Marinas). En la figura 22 se ofrece un ejemplo gráfico de la representación cartográfica de las biocenosis presentes en los fondos marinos comprendidos entre Punta Ravisca y la Punta de Santo Domingo.
- Cartografía temática de Recursos Pesqueros. Véase el anejo de Planos (Planos nº 14.1-14.3).

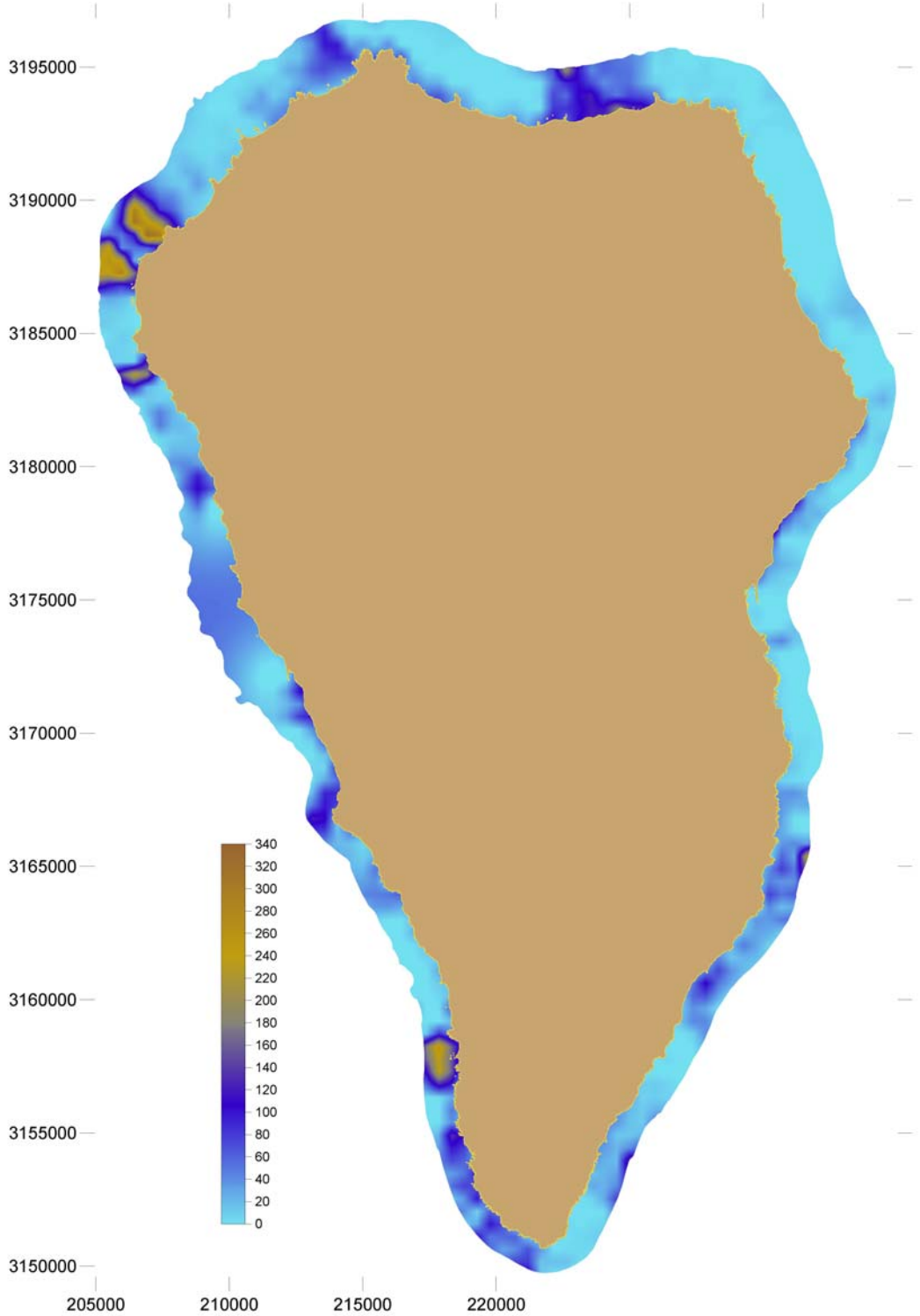
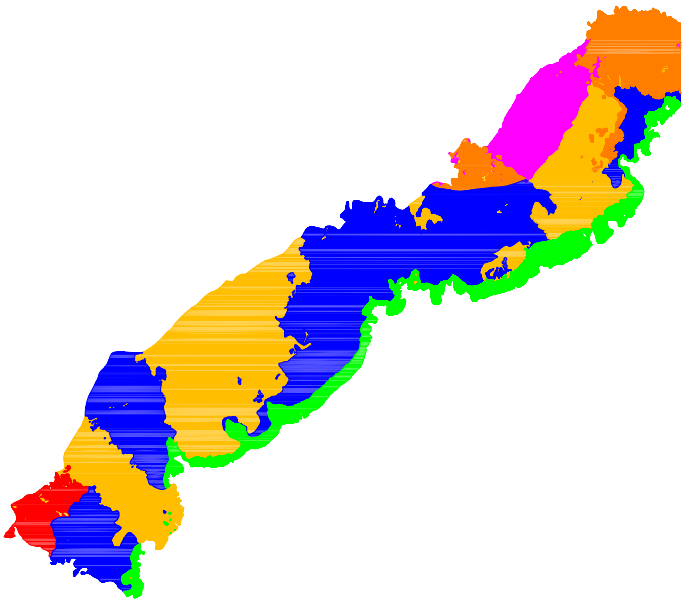



**figura 21.- Ejemplo de salida gráfica para los valores de turbidez superficial (unidades en NTU)**



BIOCENOSIS MARINA

- Comunidades asentadas sobre sustrato arenoso
- Comunidades asentadas sobre sustrato rocoso vegetado
- Comunidad de blanquizal con presencia del erizo diadema (Diadema antillarum)
- Comunidad de coralígeno con presencia de coral negro (Anthipatehes wollastoni)
- Comunidad de Anguilas jardineras (Heteroconger longissimus)
- Comunidad de los fondos detríticos costeros
- Comunidades asentadas sobre sustrato rocoso no vegetado
- Comunidad de Halophila decipiens
- Comunidad de Caulerpa prolífera con presencia de la Halophila decipiens
- Comunidad de coralígeno con presencia de gorgonias rojas y amarillas (Leptogorgia ruberrina y viminalis)

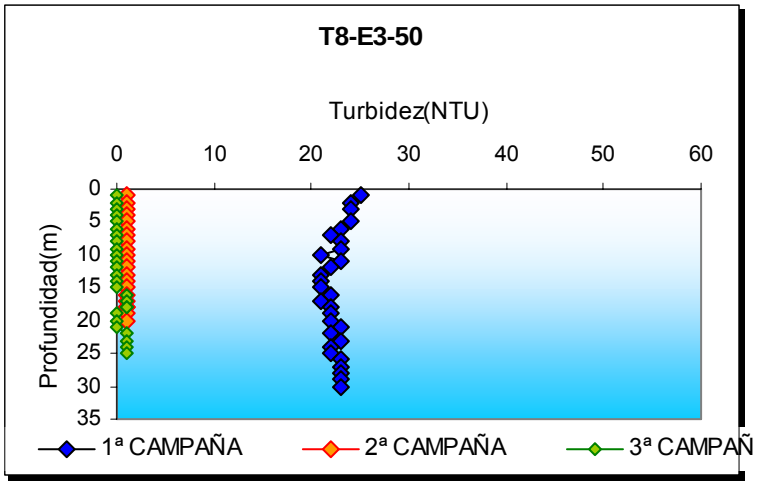
**figura 22.- Ejemplo de salida gráfica de la cartogrfía de biocenosis marina desde Prois de Santo Domingo hasta Punta de Rabisca**

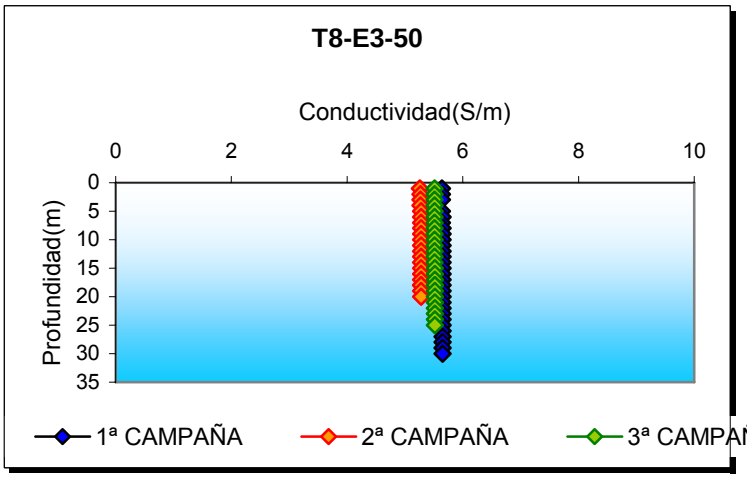
## 1.2. Presentación de resultados

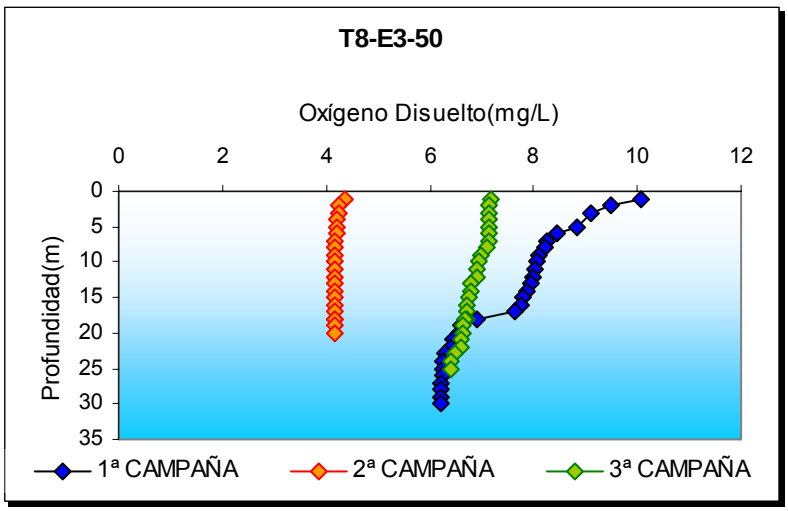
### 1.2.1. Condiciones del medio

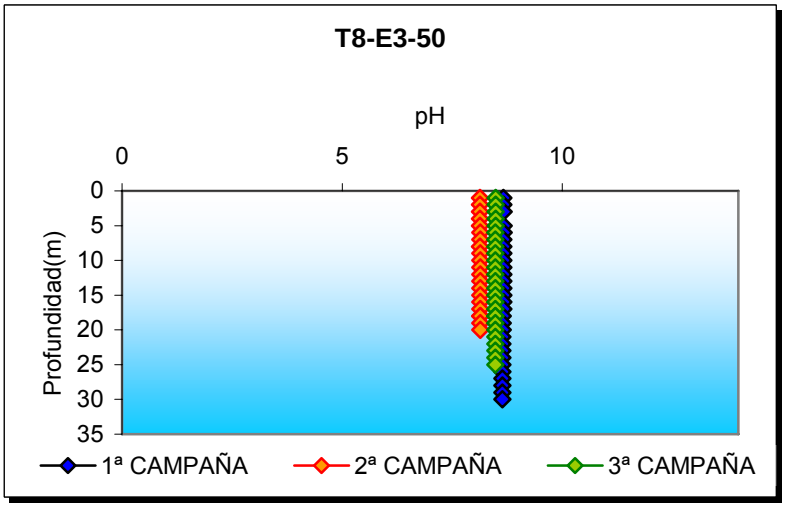
#### 1.2.1.1. Estructura termohalina

En el estudio de la estructura termohalina se determinaron los parámetros: turbidez, oxígeno disuelto, conductividad, temperatura y pH en las diferentes estaciones de muestreo. Todos los resultados obtenidos se han representado en gráficas de los perfiles para cada parámetro, que permite una mejor interpretación del comportamiento de dicho parámetro con la profundidad. En el **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**, ESTRUCTURA TERMOHALINA, se presentan todos los perfiles obtenidos en las diferentes campañas. A modo de ejemplo se presentan en la figura 23, los resultados de la estacion 3 del transecto 1 (T1-E3).





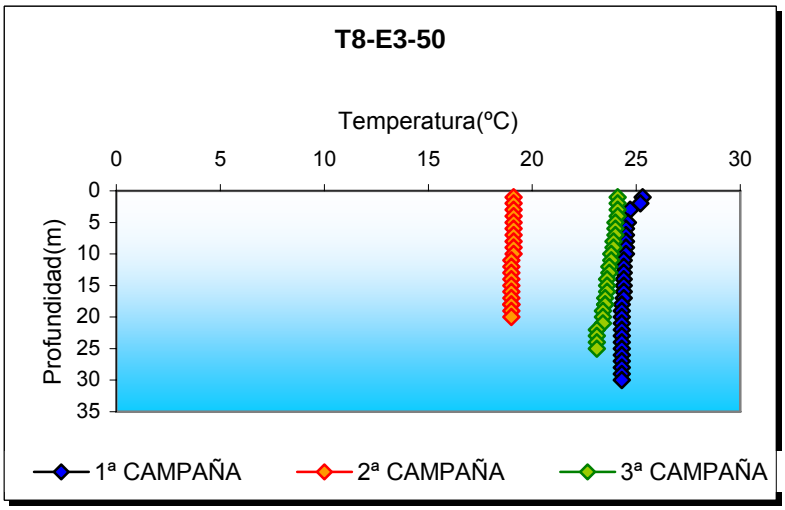




**figura 23.- Perfiles resultantes de la estación 3 del transecto 8**

### 1.2.1.2. Penetración de la luz

En las tres campañas de muestreo correspondientes a calidad de aguas se utilizó disco Secchi para determinar el grado de penetración de la luz en la columna de agua, en la primera campaña de muestreo se utilizó, además, un equipo sensor PAR (Photosynthetic Active Radiation). Tanto con este equipo como con las medidas obtenidas con disco Secchi se pudo calcular el coeficiente de atenuación de la luz. Los resultados obtenidos, así como las representaciones gráficas quedan recogidas en el **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**, PENETRACIÓN DE LA LUZ.

En la tabla 10 se representa los Coeficientes de atenuación de la luz ($m^{-1}$) para cada uno de los perfiles de 50 m de cada transecto en las distintas campañas de muestreo. Calculados a partir de la regresión exponencial del PAR frente a la profundidad en cada perfil.

| $K_{PAR}$ | T1 | T2 | T3 | T4 | T5 | T6 | T7 | T8 | T9 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1ª Campaña | 0.050 | 0.038 | 0.048 | 0.059 | 0.046 | 0.057 | 0.058 | 0.051 | 0.058 |
| 2ª Campaña | 0.076 | 0.08 | 0.069 | 0.072 | 0.076 | 0.069 | 0.076 | 0.08 | 0.069 |
| 3ª Campaña | 0.069 | 0.069 | 0.072 | 0.076 | 0.08 | 0.065 | 0.072 | 0.076 | 0.076 |

**tabla 10 Coeficientes de atenuación de la luz registrados en las diferentes campañas**

### 1.2.1.3. Mapeado en continuo

Las salidas gráficas correspondientes a la representación de los valores superficiales de los distintos parámetros de estudio pueden ser consultados en el **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**, Resultados Campaña de Mapeado en Continuo. Un ejemplo de una de estas salidas gráficas puede ser consultado en la figura 21, para el parámetro de Turbidez superficial.

### 1.2.1.4. Estaciones hidrográficas

Los resultados analíticos correspondientes a las campañas de aguas pueden ser consultados en el **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**. Resultados de Estaciones Hidrográficas.

#### 1.2.1.5. Calidad del sedimento

Los resultados analíticos correspondientes a la campaña de sedimentos pueden ser consultados en el **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**. Resultados de Calidad del Sedimento.

### 1.2.2. Cartografía bionómica (comunidades naturales)

#### 1.2.2.1. Vídeo remolcado

En el **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** se presenta la colección de DVD´s con los transectos de vídeo remolcado realizados en el litoral de la isla de La Palma.

#### 1.2.2.2. Parcelas bionómicas

Las principales comunidades bentónicas existentes a lo largo del litoral canario han estado hasta la fecha poco estudiadas aunque ya en la actualidad comienzan a estar caracterizadas. En la bibliografía especializada existente sobre los ecosistemas marinos canarios se hace una descripción de los principales hábitats y de las comunidades bentónicas marinas existentes en sus costas (Fernández-Palacios et al., 2001, Ref [17], Gil-Rodríguez y Haroun, 2004, Ref [19]). Además, publicaciones recientes (Tuya et al., 2004 y 2005, Ref [34]) realizados por personal investigador perteneciente al Centro de Biodiversidad y Gestión Ambiental de la Universidad de Las Palmas de Gran Canaria han puesto de manifiesto los factores que afectan los patrones de distribución de diversas comunidades submareales.

De forma muy sintética se pasa a describir los principales hábitats existentes en la costa de La Palma, haciendo mención de los rasgos bionómicos más relevantes:

***Rasas intermareales***

Son formaciones rocosas, más o menos extensas y horizontales, con numerosos charcos y pocetas que quedan periódicamente inundados por la marea. En ellas los organismos se agrupan en bandas horizontales, o quedan en charcos durante la bajamar, dependiendo de la adaptación de estos a una serie de factores y cambios bruscos de las condiciones de su entorno, como son el estrés de desecación, incrementos en la temperatura y la salinidad, movimiento del agua, etc. Algunas de estas rasas pueden dar cobijo a un número elevado de macroalgas, llegando en algunos casos excepcionales a superarse las 200 especies citadas, como ocurre en Orzola-Caletón Blanco (Lanzarote) o Punta del Hidalgo (Tenerife). Sin embargo, en la isla de La Palma, estas rasas no son muy extensas y tampoco albergan una biodiversidad marina elevada.

***Pedregales intermareales y submareales***

Son formaciones de callaos o cantos rodados, de formas regulares o irregulares, depositados en las desembocaduras de los barrancos y desplomes de acantilados, donde la hidrodinámica es menor, forman ecosistemas estables, donde pueden dar cobijo a una variada fauna infralapidícola. La flora marina se ve restringida a especies pertenecientes al género *Enteromorpha* y a escasos invertebrados marinos (burgaos, lapas, etc.) propios del intemareal, mientras que en el submareal pueden estar colonizados por especies de algas rojas pertenecientes a la familia Liagoraceae

***Praderas de macroalgas***

Vegetación que se disponen sobre sustrato rocoso desde el límite inferior de bajamar y los primeros 30 metros de profundidad. Generalmente está formada por algas pardas fotófilas del género *Cystoseira*, aunque en determinadas localidades intervienen otros géneros como *Sargassum, Stypocaulon, Zonaria* o *Stypopodium*. Son la principal fuente de producción primaria en los ecosistemas rocosos. Además de su propio valor intrínseco como alimento de la fauna marina, desempeñan una importante función estructural, dando cobijo a numerosas especies de invertebrados y de peces marinos.

***Comunidad de Arenas Infralitorales***

Las comunidades de arenas infralitorales de Canarias incluyen comunidades específicas como la Comunidad de anguila jardinera o, la comunidad de *Caulerpa prolifera* con presencia de *Halophila decipiens* o comunidades de fanerógamas. Las características oceanográficas y los tipos de substratos arenosos existentes en la isla de La Palma no favorecen el desarrollo de estas últimas, no obstante las praderas de fanerógamas son uno de los ecosistemas marinos más productivos de las costas canarias. Se desarrolla sobre fondos blandos, arenosos, con una cierta aportación de materia orgánica. Las praderas de fanerógamas están formadas principalmente por la seba, *Cymodocea nodosa* y de forma más particular también pueden aparecer praderas de *Halophila decipiens*. En La Palma sólo aparece esta última especie.

***Blanquizales.***

Son ecosistemas rocosos prácticamente desprovistos de cobertura vegetal (esporádicamente se encuentran algunas *Dictyota*) y con muy poca diversidad animal por la acción raspadora de densas poblaciones del erizo de púas largas *Diadema antillarum*. Hoy en día constituye uno de los ecosistemas rocosos más comunes en Canarias y la mayoría

de los fondos rocosos palmeros no escapan de esta consideración.

***Veriles.***

Los veriles o acantilados submarinos, son frecuentes en los fondos de las islas. En estos encuentran cobijo y se concentran diversas especies de peces de interés pesquero. Las paredes de los veriles suelen presentar grietas y cuevas, además de ser soporte para especies de hábitos esciáfilos.

***Roques y bajones.***

Los bajones o bajas son elevaciones rocosas del fondo, que junto con los Roques conforman fondos rocosos más o menos apartados de la orilla. En éstos se suelen encontrar numerosas especies sésiles adaptadas a la presencia de fuertes corrientes marinas, con abundancia de organismos filtradores, como pueden ser ciertas especies de gorgonias. Además, pueden ser zonas de concentración de peces pelágicos.

***Cuevas y túneles.***

La naturaleza volcánica del Archipiélago ha favorecido la formación de numerosas cuevas y túneles submarinos. Estos conforman unos ecosistemas especiales por su características ambientales (escasez de luz, temperatura, salinidad, etc), albergando una flora y fauna de características esciáfilas o dando cobijo durante el día a especies de actividad nocturna.

***Fondos rocosos circalitorales.***

Son los que podremos encontrar generalmente por debajo de los 40 metros de profundidad, debido a sus especiales condiciones ambientales, (luz, temperatura, etc.). En ellos predomina una fauna sésil característica y de gran vistosidad, como son colonias del coral negro (*Anthipathes*) o de coral naranja (*Dendrophyllia*).

1.2.2.2.1. Intermareal

En el **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**, Resultados del Intermareal, se relacionan los resultados y valoraciones correspondientes a los muestreos de parcelas bionómicas del nivel intermareal, en el mismo aparecen los listados completos de las especies que se encontraron en las estaciones muestreadas.

A modo de breve resumen señalar las tres comunidades del nivel intermareal presentes en La Palma:

***Comunidad de la Roca Mesolitoral***

Se corresponden con las comunidades que viven en las rasas intermareales.

***Comunidad de los Cantos Supralitorales y Mediolitorales***

Son formaciones de callaos o cantos rodados, de formas regulares o irregulares, depositados en las desembocaduras de los barrancos y desplomes de acantilados.

***Comunidad de arenas mesolitorales y supralitorales***

Corresponde a las comunidades que viven sobre fondos de arenas en la zona intermareal (mesolitoral) o en la playa seca (supralitoral).

1.2.2.2.2. Submareal

En el **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**, Resultados Submareal, se presentan las tablas con los inventarios de especies registrados en las comunidades bentónicas del submareal para las dos campañas, primavera y otoño, también se presenta una comparativa entre la composición de especies en estas dos campañas realizadas. En ese mismo anejo se recogen las valoraciones correspondientes.

A continuación se presenta una breve descripción de los diferentes tipos de comunidades bionómicas marinas del submareal que se han cartografiado en el litoral de la isla de La Palma.

Comunidades de Fondos Blandos

***Comunidad de Arenas Infralitorales***

Las comunidades asentadas sobre el sustrato arenoso se extienden alrededor de la isla y se pueden encontrar hasta cotas que llegan a los 50 metros de profundidad. En estas comunidades bionómicas se registraron poblaciones desarrolladas de anfípodos (*Gammaridae*) y anélidos (*Polychaeta*); además de otros invertebrados típicos en este sustrato como diversos moluscos bivalvos y gasterópodos, etc. La especie vegetal mas representativa en fondos arenosos es la *Caulerpa prolifera*, si bien no está muy extendida.

**figura 24.- Parcela 49. Sustrato arenoso.**

***Comunidad de Arenas Infralitorales con presencia de anguilas jardineras (Heteroconger longissimus)***

La comunidad de anguilas jardineras se encuentra asociada a fondos de arena, donde esta especie excava túneles verticales. En La Palma, estas comunidades se extienden alrededor de toda la isla entre los 15 y los 50 metros de profundidad, aunque en la zona noroeste, con plataformas más desarrolladas y pendientes más suaves se encuentran a partir de los 35 metros. Además de esta comunidad de anguilas jardineras se registraron otros ejemplares de invertebrados como el anélido tubícula *Spirographis spallanzani* (plumero de mar); los poríferos del género *Chondrosia*, *Verongia*, e *Hymediacidon*; además de otros invertebrados como algunas especies de Briozoos, y moluscos opistobranquios y prosobranquios entre otros.

Sobre estos fondos arenosos no existe mucha diversidad vegetal, siendo el alga *Caulerpa prolifera* la especie vegetal más representativa.

**figura 25.- Parcela 114. Comunidad de anguila jardinera.**

***Comunidad de los fondos detríticos costeros***

Esta biocenosis se instala en fondos de sustrato blando, resultante de una mezcla entre elementos de origen terrígeno y de origen biogénico (restos de caparazones de equinodermos, conchas, algas calcáreas, briozoos, etc.).

En La Palma, tan sólo aparece una parcela de fondos detríticos costeros que se sitúa en la zona noroeste de la isla, entre Punta del Serradero hasta Punta de los Pájaros, entre 42 y 55 metros de profundidad. En esta zona aparece una alta biodiversidad animal, siendo los Poliquetos y los anfípodos (*Gammaridae*) los que están más extendidos; además se hallaron otros invertebrados como distintas especies de moluscos (Gasterópodos, Opistobranquios y Prosobranquios), Isópodos, Nemertinos, el Cnidario Plumulariido *Aglaophenia pluma* y esponjas como *Batzella inops*. Las especies de algas, poco extendidas, están representadas por *Asparogopsis taxiformis*, *Corallina elongata* y *Padina pavonica.*

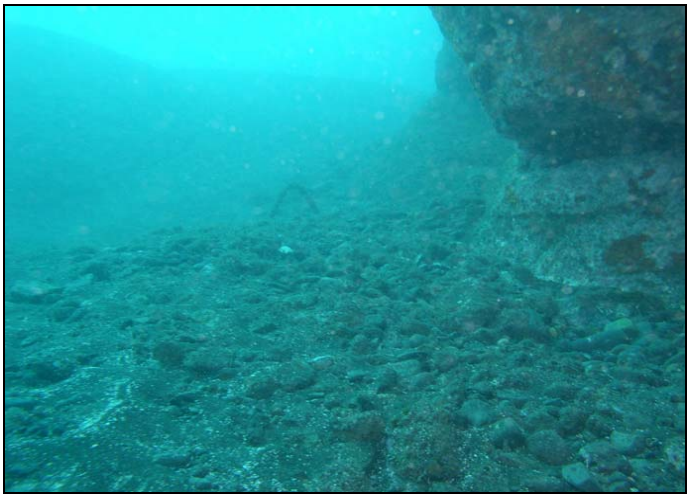


**figura 26.- Parcela 60. Comunidad de Fondos Detríticos Costeros.**

***Comunidad de Arenas Infralitorales con Caulerpa prolifera***

*Caulerpa prolifera* pertenece a las algas clorofíceas, tienen un talo de color verde intenso, perenne y del que se originan filoides estipitados y laminales que pueden llegar a medir hasta 25 centímetros de alto y 3 de ancho. Se encuentran en sustratos blandos, arenosos o fangosos (Pelófita). En La Palma se registra una única parcela con *Caulerpa* en la zona Este de la isla al Norte de Santa Cruz de La Palma entre los 24 y 34 metros de profundidad. Formando parte de la comunidad también se pueden encontrar otras especies de algas como *Ceramium flaccidum, Stylonema alsidii, Antithamnion decipiens, Spyridia filamentosa, Cottoniella filamentosa e Hypnea spinella*. Entre la fauna destacan diversas especies de invertebrados Bivalvos, Isópodos, Poliquetos, etc.

**figura 27.- Parcela 5. Comunidad de *Caulerpa prolifera*.**

***Comunidad de Arenas Infralitorales con Halophila decipiens y presencia de Caulerpa prolifera***

*Halophila* es una fanerógama pequeña con rizomas frágiles de hasta 1 mm. de diámetro. Las hojas alcanzan entre 1 y 2,5 cm de longitud y de 3 a 6 mm de ancho; son opuestas, elípticas y pecioladas, con el margen ligeramente serrulado. Estas plantas crecen en Canarias sobre sustratos arenosos o arenoso-fangosos, y en ambientes relativamente abrigados de los vientos y las corrientes dominantes, también requieren de cierta cantidad de materia orgánica en el sedimento.

Estas comunidades se desarrollan formando parches, que en muchas ocasiones se intercalan con zonas arenosas. Los límites de estos parches están sujetos a continuos cambios en el tiempo. Este patrón se presenta en aguas someras, mientras que a mayor profundidad crecen de forma más homogénea. Al tratarse de plantas superiores, necesitan realizar la fotosíntesis por lo que presentan un rango batimétrico en su distribución. En la isla aparecen dos parcelas con *Halophila decipiens* y presencia de *Caulerpa prolífera* en la zona Este de la isla, al Sur del Puerto de Santa Cruz de la Palma, entre los 12 y los 34 metros de profundidad. En los muestreos realizados se registraron algunas especies de invertebrados como anfípodos (*Gammaridae*), crustáceos decápodo (*Natantia*) y Poliquetos.

**figura 28.- Parcela 10. Fondos ocupados por *Halophila decipiens***

Comunidades de Fondos Duros

***Comunidad de algas fotófilas infralitorales (sustrato rocoso vegetado)***

A lo largo de los primeros metros del sublitoral, sobre sustrato rocoso, se disponen praderas de algas fotófilas, principalmente pertenecientes al género *Asparagopsis*, *Colpomenia*, *Corallina*, *Dictyota*, *Lobophora*, *Padina* y *Stipopodium* entre otras. Estas praderas de macroalgas juegan un papel determinante en las cadenas tróficas costeras de la isla, dado que no solo son la principal fuente de producción primaria, sino que desempeñan una importante función estructural, dando cobijo a numerosas especies de invertebrados y de peces marinos, o como áreas para la puesta de diversas especies marinas. En la cara oeste de la isla, estas comunidades pueden llegar hasta los 20 m de profundidad, en el resto se extiende tan solo hasta los 5 o 10 metros. Asociados a estas praderas de algas se encontraron gusanos de fuego *Hermodice carunculata*, poríferos pertenecientes a los géneros *Verongia*, *Ircinia* o *Batzella* y erizos *Diadema antillarum*.

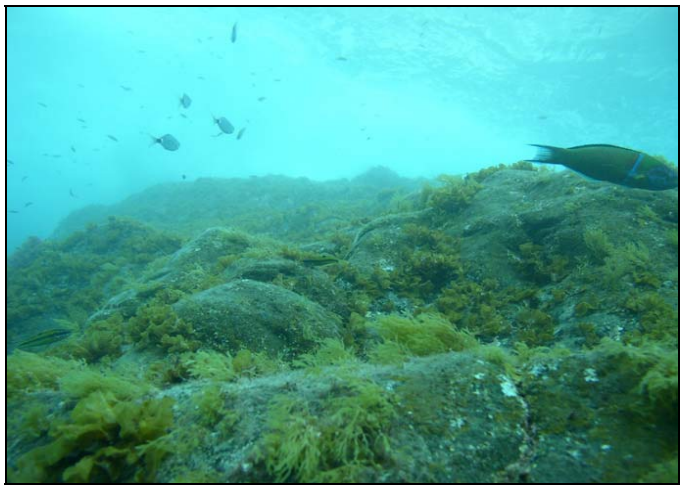


**figura 29.- Parcela 46. Sustrato rocoso vegetado, Comunidad de Algas fotófilas infralitorales.**

***Comunidad de blanquizal con presencia del erizo diadema (Diadema antillarum)***

Estos ecosistemas están caracterizados por el color blanquecino de las superficies rocosas y la presencia casi exclusiva de erizos, cuya intensa acción raspadora elimina prácticamente la vegetación marina. Son biotopos casi sin cobertura vegetal (esporádicamente se encuentra alguna especies de *Dictyota*), con muy poca diversidad animal, dominados por densas poblaciones del erizo de púas largas *Diadema antillarum*. El continuo ramoneo de estos erizos elimina la escasa vegetación e incluso las costras de algas calcáreas, que al morir dejan un color blanquecino en las grietas del sustrato. Su proceso de expansión parece estar vinculado, fundamentalmente, a la contaminación y a los desequilibrios en las cadenas tróficas costeras provocados por la sobreexplotación de recursos pesqueros. Desafortunadamente, hoy en día, los blanquizales constituye uno de los ecosistemas marinos más comunes en las costas canarias y la mayoría de los fondos rocosos palmeros no escapan de esta consideración. Estas comunidades se pueden observar de forma clara en dos parcelas del submareal de la isla, una de estas regiones se sitúa en la zona noreste desde Punta Gaviota hasta Punta Espíndola, entre los 15 y los 25 metros de profundidad y la otra en la zona oeste desde Punta de la Corvina hasta Morro Negro, entre los 5 y los 15 metros de profundidad.

A pesar de ser ésta una de las comunidades con menos diversidad biológica debido a los desequilibrios en la cadena trófica mencionados anteriormente, en los muestreos realizados se hallaron ejemplares de macroalgas de las especies *Lobophora variegata* y *Padina pavonica*, junto con la presencia de algunas especies de anélidos y moluscos (gasterópodos, opistobranquios y prosobranquios).

**figura 30.- Parcela 65. Blanquizal con *Diadema antillarum***

***Comunidad de rocas circalitorales (coralígeno con presencia de coral negro (Anthipathes wollastoni))***

Este tipo de comunidad conforma arrecifes originados por colonias de corales; a la acumulación de los esqueletos calcáreos de estas colonias se agregan restos de algas calcáreas, briozoos, moluscos, braquiópodos, etc. Es frecuente que este carbonato de calcio en forma de calcita, en las zonas internas, se transforme en dolomía. Son características de zonas tropicales, siendo comunidades de exigencias ecológicas caracterizadas por aguas limpias, salinidad constante y temperatura cálida.

En el sublitoral insular, la comunidad de coralígenos con coral negro se pueden encontrar tanto en la zona norte como en la zona sur, entre los 25 y los 50 metros de profundidad. El nombre de esta comunidad se debe al coral negro *Anthipathes wollastoni*. Junto con estos corales también aparecen algunas algas del genero *Dictyota*, *Lobophora*, *Padina* y *Plocamium*; además también se pueden encontrar ejemplares de invertebrados como el Cnidario Plumulariido *Aglaophenia pluma*; poríferos como *Verongia aerophoba y Batzella inops;* y el equinodermo *Diadema antillarum.*

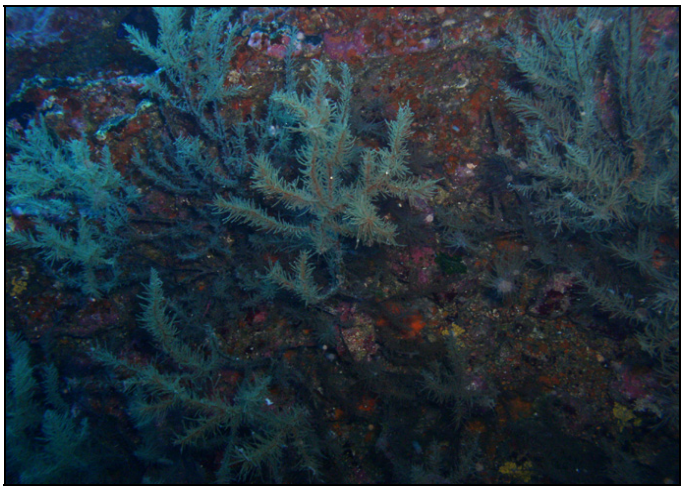


**figura 31.- Parcela 18. Comunidad de coralígeno.**

***Comunidades asentadas sobre sustrato rocoso no vegetado***

La parcelas de sustrato rocoso no vegetado aparecen alrededor de toda la isla, a profundidades que van desde los 5 metros hasta los 50 metros, salvo en el sur que se encuentran a profundidades de 17 a 28 metros. Se corresponden a zonas donde predomina el sustrato rocoso desnudo frente al vegetado, sin que se pueda considerar claramente como comunidad de blanquizal debido a la no presencia del erizo *Diadema* que es la especie definitoria de este tipo de fondos, si bien las comunidades rocosas no vegetadas guardan cierta similitud con la comunidad de blanquizal debido a que en algunos casos constituyen etapas de regresión de esta última. Por tanto, a pesar de lo que su nombre podría hacer pensar, en estas zonas se pueden encontrar varios tipos de macroalgas en localizaciones dispersas como *Asparagopsis taxiformis, Dictyota dichotoma, Dictyota pfaffi y Padina pavonica*, así como poríferos del género *Hymeniacidon, Verongia, Chondrosia, Ircinia* y *Batzella*; también se registraron varios ejemplares de erizos *Diadema antillarum.*

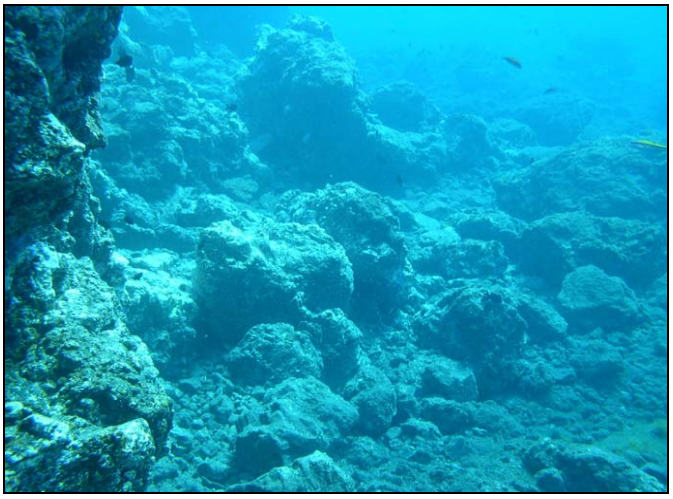


**figura 32.- Parcela 32. Sustrato rocoso no vegetado.**

***Comunidad de rocas circalitorales (coralígeno con presencia de gorgonias rojas y amarillas (Leptogorgias ruberrina y L. viminalis)***

Estas comunidades se extienden aproximadamente entre los 25 y los 45 metros de profundidad, en donde el movimiento de las aguas está claramente atenuado y la luz disminuye sensiblemente. Al estar situados más allá de la zona eufótica sólo pueden sostenerse gracias al aporte de necromasa que cae a modo de maná por la acción de la gravedad desde aguas superiores, aunque también las migraciones del zooplancton aportan materia y energía a dichos fondos. Las algas, ya generalmente coralináceas, son sustituidas en profundidad por bancos de corales, destacando la presencia de gorgonias rojas y amarillas (*Leptogorgias ruberrina* y *L. viminalis*). La fauna que habita las comunidades de corales es muy variada y muchas de las especies presentan interés comercial. Además de las especies características de esta zona infralitoral, como meros, abades, verrugatos (*Umbrina*), cabrillas (*Serranus*), etc., que pueden encontrarse también aquí, hacen su aparición especies nuevas como la sama o pargo (*Dentex*), el bocinegro (*Pagrus*), la brota (*Phycis*), o la breca y el besugo (*Pagellus*).

**figura 33.- Parcela 102. Comunidad de coralígeno.**

### 1.2.3. Comunidades planctónicas

#### 1.2.3.1. Fitoplancton

El estudio del fitoplancton recoge la distribución y abundancia de los grupos más representativos de micro-fitoplancton (mayores de 10 µm) en aguas costeras de la Isla de la Palma. Se ofrece la variación espacial de estos grupos a lo largo de 9 transectos del litoral de la Isla, hasta una profundidad de 50m, así como la variación estacional durante tres periodos del año: Febrero (2004), Julio (2004) y Septiembre (2003). Los grupos de fitoplancton que se han identificado son: diatomeas, dinoflagelados, cocolitofóridos, dictiofíceas, cianofíceas coloniales, otros flageladitos y tintínidos (protistas).

Los resultados de los conteos de fitoplancton de las distintas campañas pueden ser consultados en el **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** Comunidades Planctónicas: Fitoplancton.

#### 1.2.3.2. Zooplancton

Los resultados obtenidos se pueden consultar en el **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** Comunidades Planctónicas: Zooplancton.

### 1.2.4. Modelo de dispersión: Planteamiento de la modelización

Los estudios realizados sobre dispersión se han centrado en 4 tipos distintos de situaciones:

1) Análisis de la dispersión de sedimentos durante bombeo de material para el relleno de playas.
2) Análisis de la dispersión de sedimentos producto del sobrenadante de dragas durante obras de regeneración de playas.
3) Análisis de la dispersión de hidrocarburos en la entrada de los puertos de Tazacorte y Santa Cruz de La Palma.
4) Análisis de la dispersión de coliformes totales vertidos por los emisarios submarinos existentes.

Para el análisis de dispersión de sedimentos se consideraron valores de caudales típicos de dragas de succión en marcha para el vertido en playas, considerándose un caudal similar para el sobrenadante, lo cual se considera un escenario conservativo. Para el análisis de la dispersión de hidrocarburos, se consideró un vertido accidental de hidrocarburos de pequeña magnitud, ya que se trata de puertos pesqueros y comerciales en el cual no existe un riesgo de vertidos altos de hidrocarburos. Para el análisis de la dispersión de coliformes se utilizaron los caudales existentes en los emisarios submarinos de Santa Cruz de la Palma y los previstos para el emisario de Tazacorte.

Para conocer la advección y dispersión de los distintos vertidos en el medio se aplicó el módulo AD del modelo numérico *MIKE 21*. El objeto de aplicar este modelo es el utilizar el campo de corrientes en la zona de estudio obtenido a partir de la aplicación del modelo hidrodinámico HD y simular la difusión y advección de los vertidos en el mar.

El módulo AD simula la propagación de una sustancia disuelta o suspendida en el agua, bajo la influencia del transporte del fluido y los procesos naturales asociados de dispersión. Este modelo puede tratar distintos tipos de sustancias, ya sea que se comporten de manera conservativa, de decaimiento linear o como difusión de calor. Para las situaciones consideradas en este estudio se consideraron sustancias conservativas a fin de obtener resultados bajo la situación más desfavorable del comportamiento de las mismas.

Para poder establecer la difusión-advección de las distintas sustancias se consideraron los siguientes escenarios:

- Tazacorte:

- Regeneración de playas
  - Regeneración de la playa de Tazacorte
  - Sobrenadante de la draga durante bombeo sobre la playa de Tazacorte
  - Regeneración de la playa del dique de Tazacorte
  - Sobrenadante de la draga durante bombeo sobre la playa del dique de Tazacorte
- Vertido de hidrocarburos en la bocana del Puerto de Tazacorte
- Vertido de coliformes totales por el emisario previsto frente a Tazacorte

- Santa Cruz de la Palma:
  - Regeneración de playas
    - Regeneración de la playa de los Cancajos
    - Sobrenadante de la draga durante bombeo sobre la playa de los Cancajos
  - Vertido de hidrocarburos en la bocana del Puerto de Santa Cruz de la Palma
  - Vertido de coliformes totales por los tres emisarios frente a Santa Cruz de la Palma

Las batimetrías empleadas para las simulaciones de dispersión/advección se presentan en la figura 34.

| Tazacorte | Santa Cruz de la Palma |
|---|---|

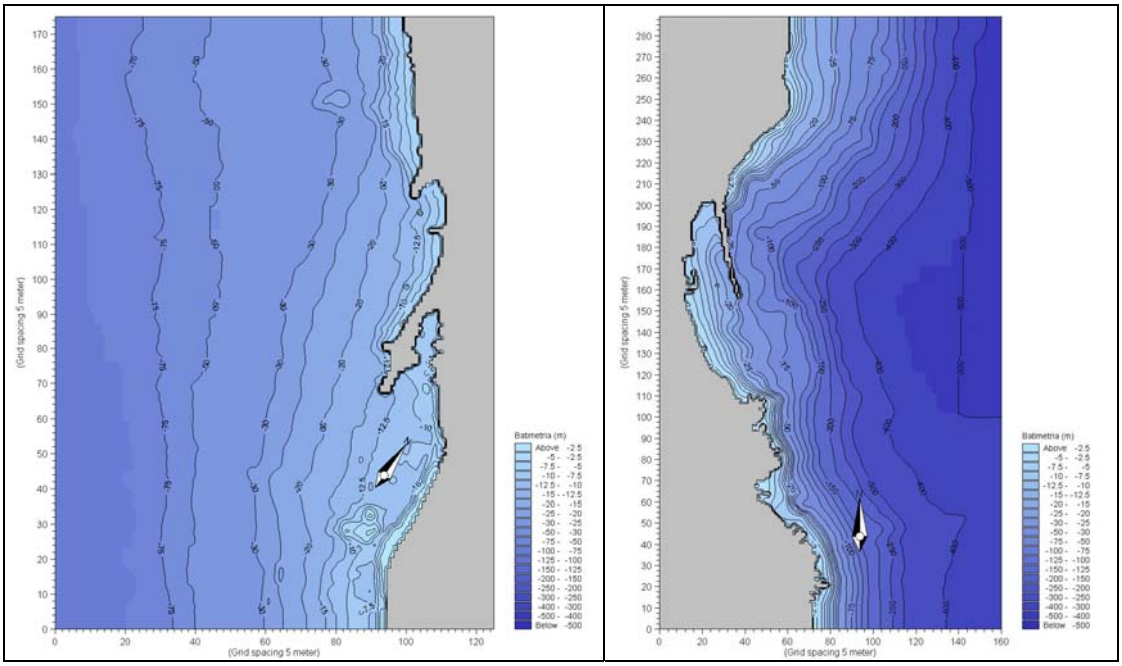



**figura 34.- Batimetrías utilizadas para las simulaciones de advección/dispersión.**

Las especificaciones de cada uno de los vertidos estudiados se presentan en la 0. Los valores establecidos de descarga son hipotéticos y se basan en otros estudios realizados por integrantes de la UTE en otras zonas. Los valores establecidos para las sustancias a modelizar están basados en valores establecidos para la determinación de la calidad del agua de mar, como se describirá a continuación.

| Condición | valor |
|---|---|
| Caudal de bombeo durante regeneración de playas (m3/s) | 0,4 |
| Caudal de sobrenadante durante la regeneración de playas (m3/s) | 0,4 |
| Caudal de vertido de hidrocarburos en bocana de los puertos (m3/s) | 0,4 |
| Caudal de vertido por emisarios submarinos (m3/s) | 5,5 |
| Turbidez del bombeo y del sobrenadante durante la regeneración de playas (NTU) | 20 |
| Hidrocarburos totales (mg/l) | 1 |
| Coliformes totales/100 | 10.000 |

**tabla 11 Características del vertido para los distintos escenarios**

Para establecer los valores a utilizar para la turbidez y la concentración de hidrocarburos totales se utilizaron los valores establecidos por el grupo de trabajo de la ROM 5.1 sobre la

"Calidad de las aguas litorales en aguas portuarias". El documento de la ROM 5.1 se encuentra en elaboración, sin embargo, el grupo de trabajo ya ha establecido los criterios de calidad para las aguas no modificadas. Los valores que se han seleccionado para las simulaciones, corresponden a los límites bajo los cuales se considera que la calidad del agua es mala o que bajo dichas condiciones existe un potencial ecológico bajo. Los valores establecidos por el grupo de trabajo de la ROM 5.1 se presentan en la tabla 12.

| **Hidrocaburos totales (mg/l)** | |
|---|---|
| x => 1 | Potencial ecológico malo |
| 0,7 <= x < 1 | Potencial ecológico deficiente |
| 0,3 <= x < 0,7 | Potencial ecológico bueno |
| x < 0,3 | Potencial ecológico muy bueno |
| **Turbidez (NTU)** | |
| x => 20 | Potencial ecológico malo |
| 12 <= x < 20 | Potencial ecológico deficiente |
| 7 <= x < 12 | Potencial ecológico insuficiente |
| 4 <= x < 7 | Potencial ecológico bueno |
| x < 4 | Potencial ecológico muy bueno |

**tabla 12 Valores de calidad de las aguas litorales en aguas portuarias**

De esta manera, se tomaron los límites de turbidez y de hidrocarburos para simular una situación desfavorable de vertido, a fin de evaluar su evolución en el medio. Lo mismo se consideró para los vertidos de los emisarios submarinos, considerando un vertido con una concentración de coliformes totales desfavorables para el medio ambiente. Los valores de coliformes totales se establecieron en base al Real Decreto 734/1988, de 1 de julio, por el que se establecen normas de calidad de las aguas de baño. En dicho Decreto se establece los límites de emisión de coliformes totales/100 ml en 10.000, por lo cual ese fue el valor utilizado en las simulaciones. Asimismo, dicho Decreto establece el valor límite en 500 coliformes totales / 100 ml como criterio de calidad para las aguas de baño.

### 1.2.5. Recursos pesqueros

Los resultados del estudio de recursos pesqueros, debido a su extensión puede ser consultado con más detalle en el **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**, Resultados de Recursos Pesqueros. No obstante a modo de resumen se presenta en este epígrafe los principales resultados obtenidos.

### 1.2.5.1. Descripción de la Flota

En febrero de 2005 se encontraban censados 50 embarcaciones pesqueras matriculadas en los dos puertos pesqueros existentes en la Isla de la Palma, de los cuales 21 estaban censados en el Puerto de Tazacorte y 29 en el Puerto de Santa Cruz de la Palma. La potencia pesquera total alcanzaba casi los 1450 CV, de los cuales el 46% pertenece al Puerto de Santa Cruz de la Palma.

Por otro lado, el arqueo total se situaba ligeramente por encima de los 180 TRB. Las Tablas 1 y 2 muestran las principales características y diferencias existentes en la estructura de la flota de la Isla de la Palma.

El Puerto de Santa Cruz de la Palma dispone de la flota más numerosa, con 29 buques (58% del total), pero de ellos el 93% tiene menos de 12 metros de Eslora.

Las escasas zonas de abrigo de estas costas ha marcado un sello característico a la pesca litoral, con un tipo de embarcaciones muy primitivo y de reducidas dimensiones, que posibilita el sacarlas fácilmente del agua en cuanto las condiciones del mar no son buenas.

Al estar desprovistas de maquinilla, las faenas de levar los artes han de ser efectuadas a mano. Por esta razón resultan extraordinariamente laboriosas las pescas de fondo en zonas profundas, por lo que la incidencia pesquera es muchísimo más intensa en las zonas menos profundas. Por lo general la mayor parte de las extracciones son realizadas por dentro de la isobata de los ciento cincuenta metros. Por fuera de esta, la intensidad de capturas es escasa, no porque no hayan peces, sino por la dificultad de capturarlos, dada la pobreza tecnológica de las embarcaciones.

Sin embargo durante la última década, se ha visto la inquietud de algunos armadores por adquirir embarcaciones algo mayores y mejor dotadas, con maquinilla y tanque para cebo vivo. Se han adquirido algunas procedentes del norte de España, denominadas tipo bermeano, que están demostrando claramente las grandes ventajas que encierra una ligera mejora de la tecnología. (La Pesca en Canarias y Áreas de Influencia. Carlos Bas.1995), ver Ref. [42].

En las tablas: tabla 13 y tabla 14 se relacionan las embarcaciones pesqueras de los Puertos de Santa Cruz de la Palma y Tazacorte respectivamente. Los datos han sido facilitados por las cofradías de ambos puertos. Ver Ref. [47] y Ref. [46].

| NOMBRE BUQUE | ARQUEO TRB | ESLORA TOTAL | POTENCIA |
|---|---|---|---|
| SANTA ROSA | 0,9 | 5 | 4,9 |
| SEPEMAR | 1,05 | 5,02 | 4,8 |

| NOMBRE BUQUE | ARQUEO TRB | ESLORA TOTAL | POTENCIA |
|---|---|---|---|
| TALAVERA | 1,14 | 5,95 | 5 |
| TENEGUIA | 1,02 | 5,06 | |
| TITO | 2,51 | 7,74 | 7,25 |
| VALEROSO | 0,9 | 4,9 | 4,45 |
| VIRGEN DE COVADONGA | 3,8 | 7,5 | 7 |
| IDAFE | 2,6 | 7,8 | 7 |
| ALMIRANTE | 1,49 | 5,91 | 5,6 |
| ANA CRISTINA | 3,93 | 8,2 | |
| ARACELI | 0,75 | 4,88 | |
| CHANO | 0,94 | 5,2 | 4,8 |
| CONCEPCION | 3,8 | 7,26 | 7 |
| DOLORES | 0,49 | 4,42 | 3,46 |
| EL AGUILA | 1,45 | 6,03 | 5,75 |
| EL CORAL | 3,8 | 7,77 | 7 |
| EL NEGRITO | 3,7 | 7,25 | |
| EL PACO | 3,8 | 7,25 | 7 |
| ESE | 1,41 | 5,5 | |
| ESTRELLA AZUL | 4,1 | 8,3 | |
| ESTRELLA DEL MAR | 2,96 | 7,45 | 7,35 |
| GOYA | 0,9 | 6,25 | 4,9 |
| GUAIRA | 0,64 | 4,84 | 4,43 |
| GUANCHE II | 4,47 | 8,44 | 7,65 |
| MARGARITA | 2,73 | 6,92 | 5,93 |
| MASDAN | 0,77 | 5,2 | 4,31 |
| MICATO | 1,04 | 5,12 | 4,6 |
| NOCTURNO | 1,3 | 6 | 5,5 |
| NUEVO LECHERO | 5,41 | 8 | 7,2 |
| PROCALOR | 3,75 | 7,15 | |
| PUNTALARGA | 1,14 | 4,76 | |
| ROSA AMELIA | 1,1 | 6,12 | |
| SAN ANTONIO | 1,76 | | 7 |
| SAN JORGE PRIMERO | 8,13 | 9 | 8,88 |
| SAN LUIS | 1,68 | 6,26 | 6 |
| SANTA DIGNA | 0,5 | 5,79 | |

**tabla 13 Características de la Flota del Puerto de Santa Cruz de la Palma.**

| NOMBRE BUQUE | ARQUEO TRB | ESLORA TOTAL | POTENCIA |
|---|---|---|---|
| CHATS | 2,08 | 7,5 | 15 |
| RAQUEL | 2,84 | 7,37 | 6 |
| EL CAPITAN | 2,58 | 7,45 | 15,5 |
| DANY | 3,88 | 7 | 15 |
| MARIA ELENA | 2,99 | 7,15 | 15 |
| GURE ARANTZA | 18,8 | 17,3 | 160 |
| MOBY DICK SEPTIMO | 19,92 | 16,6 | 130 |
| CARMEN MARIA | 2,16 | 6,47 | 16 |
| CINCO HERMANOS | 3,43 | 8,4 | 72 |
| JUANITO | 4,76 | 8 | 35 |
| MAR NEGRO | 2,66 | 7,43 | 15 |
| COSTA BELLA | 4,32 | 8,4 | 15 |
| CAMPEON | 1,64 | 10,5 | 80 |
| EL LOBO | 1,52 | 5,85 | 7 |
| RUMBO | 1,56 | 6,4 | 12 |
| EL GAVIOTA | 6,1 | 9,41 | 27 |

| NOMBRE BUQUE | ARQUEO TRB | ESLORA TOTAL | POTENCIA |
|---|---|---|---|
| JUAN RAMON | 1,83 | 6,38 | 7 |
| DESEADO | 1,93 | 6,7 | 15 |
| LINO | 0,78 | 4,9 | 3 |
| NUEVO SANTA CARMEN | 3,76 | 8,85 | 75 |
| NUEVO PEREZ | 7,48 | 9,09 | 40 |
| PROGRESO | 1,7 | 7,49 | 0 |
| LA NIÑA | 1,62 | 6,27 | 0 |

**tabla 14 Características de la Flota del Puerto de Tazacorte**

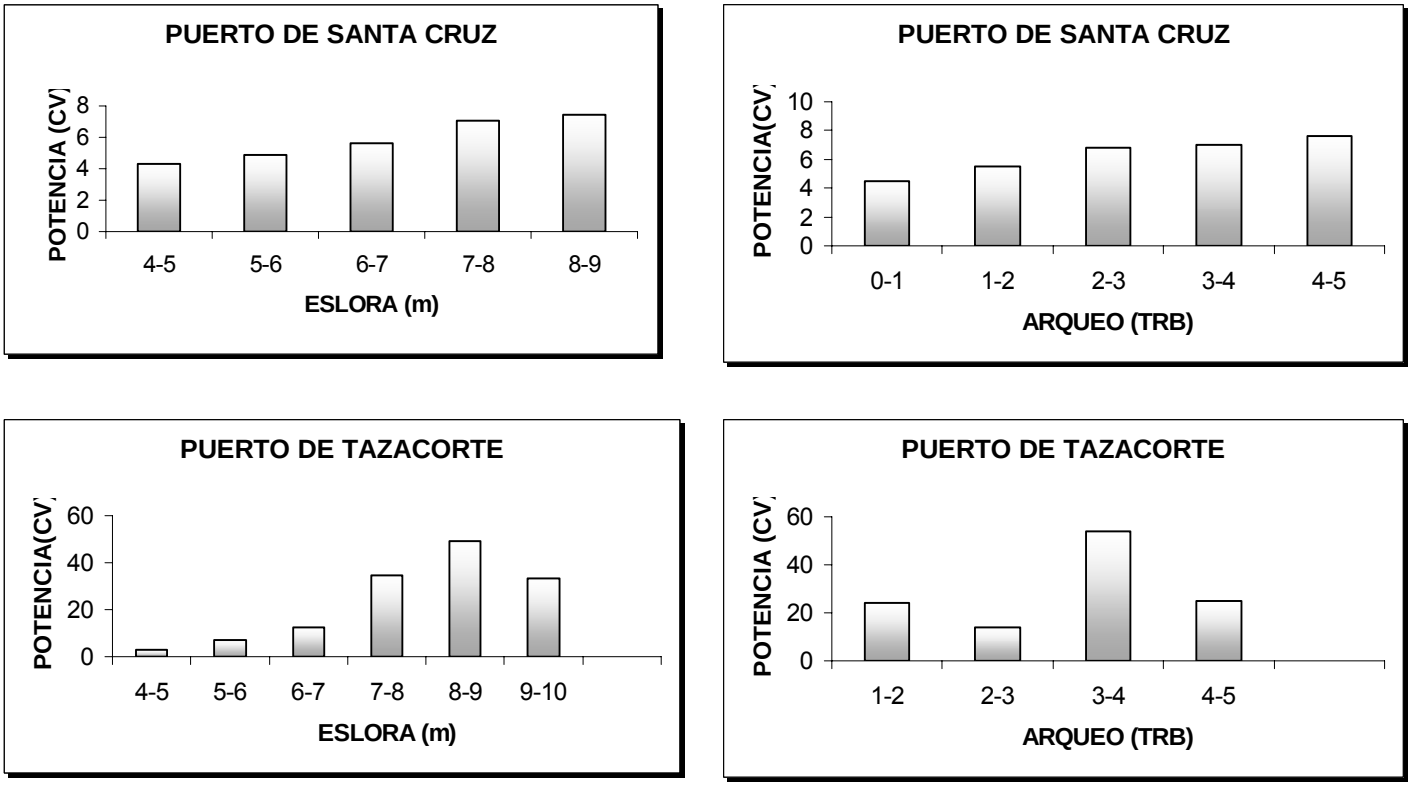
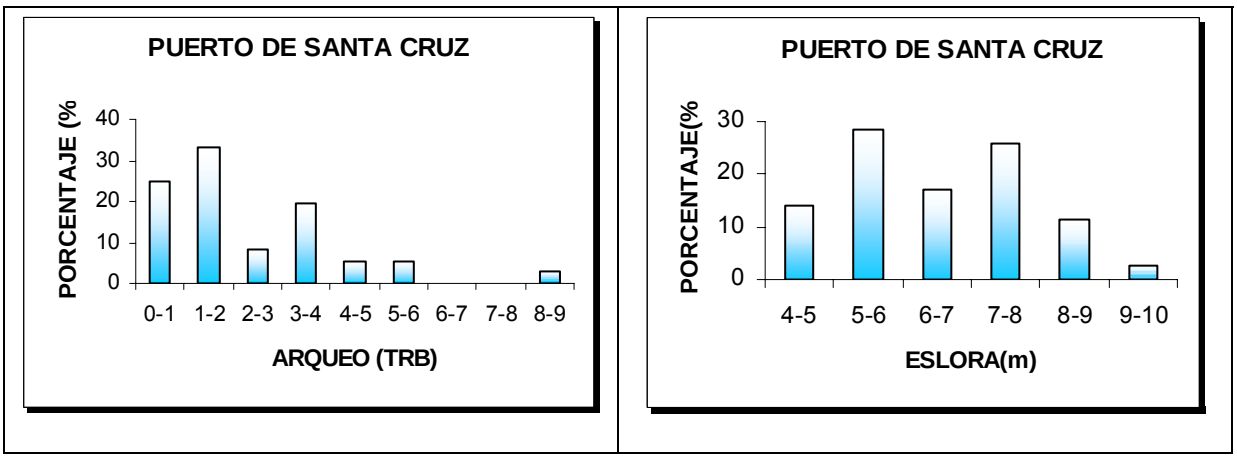
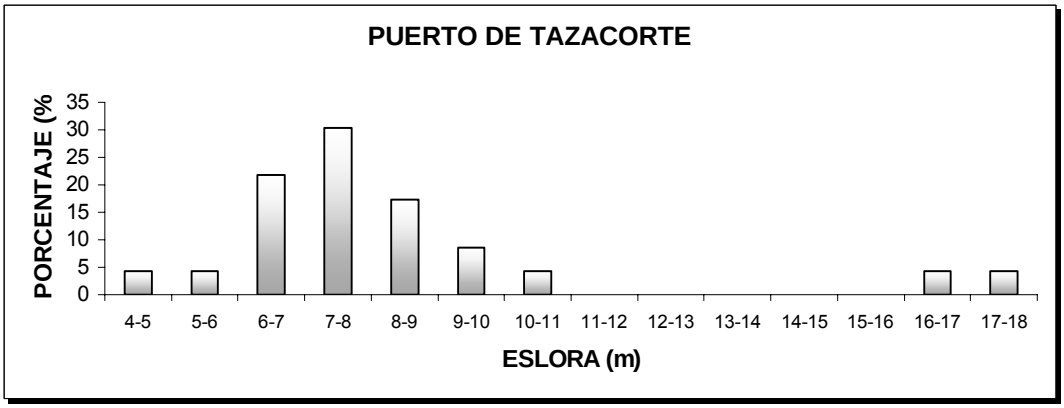



**figura 35.- Gráficas representativas de la flota de los puertos de Santa Cruz y Tazacorte**



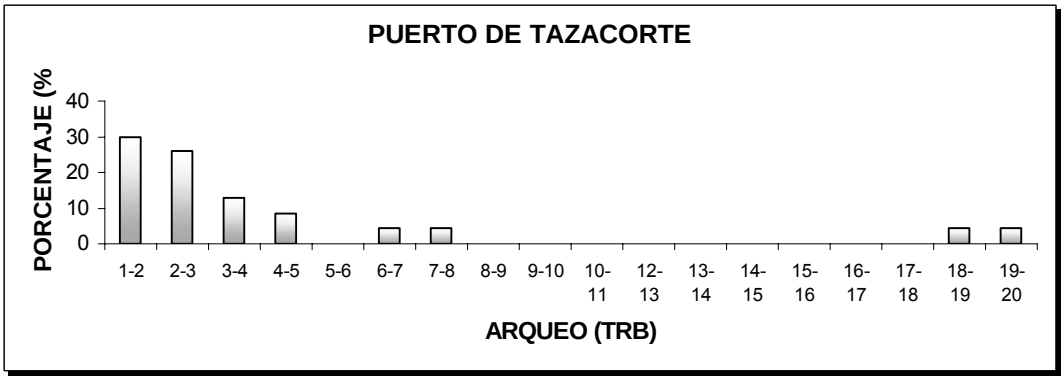




**figura 36 .- Representación de los porcentajes según las esloras y arqueos de los barcos**

### 1.2.5.2. Sistema de comercialización

Dentro de la actividad pesquera normal en La Palma, los barcos salen entre las 5:00-6:00 de la mañana y vuelven a puerto a las 11:00-13:00 horas. En la isla de la Palma no existe lonja para la venta de pescados en ninguno de los dos puertos existentes. La pesca desembarcada es directamente vendida a compradores que van con sus propios vehículos a

puerto para proceder a la compra de pescado. Este pescado es distribuido a supermercados, restaurantes y particulares por los propios compradores. Los pescadores facturan a los compradores que van con sus vehículos a puerto para intentar mantener en cierta "legalidad" las transacciones de compra de pescado, ya que la legislación vigente obligaría a llevar las capturas a lonja para su primera venta, pero debido a la inexistencia de lonja en la Isla, se mantiene el sistema descrito.

La actividad pesquera en la isla de La Palma es una actividad poco regulada y ligada al autoabastecimiento y a la obtención de ingresos complementarios en la economía familiar. Esto se ha debido a la características poco accesibles de la costa, por lo accidentada y escabrosa de su geografía insular.

La actividad pesquera en la isla de La Palma no es una actividad económica de primer orden, antes al contrario representa a un sector económico secundario con escasa repercusión en la economía de la isla si se compara con otras actividades como la agrícola (cultivo de plátanos) y turística. La actividad pesquera en la isla sirve de sustento a un grupo de población activa de entre 150-200 personas.

Respecto a las capturas procedentes de la acuicultura, la instalación de frío y empaquetado existente en el puerto de Tazacorte es utilizada por la empresa Acuibag para la conservación del pescado obtenido de las jaulas flotantes que tienen en explotación. Las doradas capturadas son llevadas en camiones frigoríficos a Tenerife en su totalidad desde el Puerto de Santa Cruz de la Palma.

#### 1.2.5.3. Estudio de los Caladeros

En la isla de La Palma no hay definidos caladeros como tales. La actividad pesquera se desarrolla a lo largo de toda la costa. La captura de peces se realiza utilizando diferentes artes de pesca en función de las características de la zona costera sobre la que se faena, tales como la profundidad, la plataforma oceánica, la diversidad de especies...etc. Así las artes de enmalle como los trasmallos se calan en cualquier parte de la isla entre las profundidades de 10 y 50 m, de forma paralela a la costa y siempre en las zonas de transición de fondos de roca a arena, es decir las zonas de cantiles sumergidos, (los trasmallos localizados a menos de 30 m están prohibidos según el Decreto 182/2004, no obstante es frecuente ver trasmallos localizados a profundidades menores que no respetan las prescripciones de la normativa vigente). Las nasas se calan en cambio, en zonas de fondos rocosos entre 20-200 m (en la zona Sureste de la isla se calan en un rango de profundidades menor que en el resto de la isla y en fondos mixtos de arena y piedra).

La zona Suroeste de la Isla de La Palma es la que presenta mejores condiciones para la pesca debido a la buena calidad de sus fondos y a las buenas condiciones del mar, ya que es la zona más resguardada de los vientos Alisios, no obstante la presencia de la Reserva Marina de Fuencaliente que ocupa buena parte de esta franja, limita las posibilidades de pesca en esta agua (según el anexo I del Decreto 182/2004, se prohíbe la pesca con trasmallo en toda la costa de la Reserva Marina de Fuencaliente, desde Punta del Hombre hasta Punta del Viento en el periodo comprendido entre el 16 de abril y el 14 de octubre).

La costa Norte, debido a la mayor longitud de su plataforma, es apreciada para la pesca, no obstante no presenta buenas condiciones oceanográficas para la navegación por el azote casi continuo de los Alisios, los vientos del Noreste reinantes, de esta forma sólo se sale a faenar al Norte en los días de bonanza climatológica.

De la flota pesquera censada en La Palma, sólo algunos de los barcos de mayor eslora salen a faenar el atún y la caballa, en ambos casos se trata de pesquerías que se localizan en aguas alejadas del litoral entre Canarias y Madeira.

No existe pesca de arrastre en la isla de La Palma, ya que según el Decreto 182/2004, este tipo de arte está prohibido en las aguas canarias. De igual forma no hay localizados en el litoral palmero arrecifes artificiales de protección.

#### 1.2.5.4. Estudio de las Infraestructuras Portuarias

1.2.5.4.1. Información y Datos del Puerto de Santa Cruz de La Palma.

La información recopilada del Puerto de Santa Cruz de la Palma ha sido obtenida de la documentación suministrada por la Autoridad Portuaria de Santa Cruz de La Palma, Ref. [44], así como de la página web de dicho ente, Ref. [55].

**figura 37.- Fotografía aérea del Puerto de Santa Cruz de la Palma**

Los datos extraídos de la web de la Autoridad Portuaria de Santa Cruz de Tenerife, Ver Ref. [55], nos muestran la siguiente información:

| Situación | |
|---|---|
| Longitud (Greenwich) | 17º46' |
| Latitud | 28º40' |
| **Características de la boca de entrada** | |
| Orientación | S.W |
| Anchura (m) | 300 |
| Calado | 35 |
| Utilización de remolques de entrada y de salida de barcos | No |
| **Características de los regímenes de Viento** | |
| Reinantes | N.E |
| Dominante | S.W |
| **Superficie de flotación (HA)** | |
| Antepuerto | - |
| Comerciales | 23 |
| Pesqueras | 2 |
| Resto | 5 |
| Total | 30 |
| **Diques de abrigo** | |

| Denominación | Longitud (m) | Características |
|---|---|---|
| Dique | 800 | Reflejante |
| Dique muelle pesquero | 250 | Reflejante |

**Muelles y atraques**

| NOMBRE | LONGITUD (m) | CALADO(m) | EMPLEO | ANCHO(m) |
|---|---|---|---|---|
| | 150 | 10 | Descarga combustibles | 8.5 |
| | 190 | 10 | Pasajeros y mercancía general | 30 |
| | 280 | 8 | RO-RO; Pasajeros y mercancía general | 30 |
| | 110 | 6 | RO-RO/ RORO | 50 |
| Muelle Ribera | 218 | 6 | Contenedores y G.S. sin I.E | 45 |
| Muelle pesquero | | 4 | Pesca | 25 |

**Depósitos**

| MUELLE | DESCUBIERTOS ($m^2$) | CUBIERTOS Y ABIERTOS | | CERRADOS | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Superf. ($m^2$) | Altura (m) | Superf. P.Baja ($m^2$) | Altura (m) | Nº de Plantas | Superficie Total ($m^2$) |
| Muelle Este | 2.878 | 2.940 | 4.60 | 938 | 4.60 | 1 | 938 |
| Muelle Ribera | 9.240 | - | - | - | - | - | - |
| Muelle Pesquero-Lonja | - | - | - | 270 | 4.30 | 1 | 270 |
| Almacenes | - | - | - | 150 | 3.65 y 2.30 | 2 | 300 |

**Instalaciones para suministros a buques**

| CLASE DE SUMINISTRO | SITUACIÓN | Nº DE LÍNEAS/ TOMAS | CAPACIDAD HORARIA CADA TOMA | CAPACIDAD HORARIA DEL MUELLE | SUMINISTRADOR |
|---|---|---|---|---|---|
| Agua | Muelle Este | 20 | - | 200Tm/h | Autoridad Portuaria |
| | Muelle Ribera | 9 | - | 100Tm/h | Autoridad Portuaria |
| | Muelle Pesquero | 5 | - | 100Tm/h | Autoridad Portuaria |
| Combustible Líquido | Muelle Pesquero | - | - | - | - |

**Medios mecánicos de tierra**

| SITUACIÓN | PROPIETARIO | TIPO | MARCA | ENERGÍA EMPLEADA | CARACTERÍSTICAS | | | RENDIMIENTO (Tm/h) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | Fuerza (Tm) | Alcance (m) | Altura (m) | |
| Muelle de Ribera | Pérez y Cía | 1 | Portainer IMENASA | Gas-oil | 30 | 25 | 13.5 | 15 cont. |

**tabla 15 Características del Puerto de Santa Cruz de La Palma**

1.2.5.4.2. Información y Datos del Puerto del Puerto de Tazacorte.

La información sobre el Puerto de Tazacorte se ha obtenido de la documentación aportada por el Área de Puertos del Gobierno de Canarias, véase Ref. [52], así como de la información disponible en la web Ref. [54].

**figura 38.- Vista aérea del Puerto de Tazacorte**

| Localización | | |
|---|---|---|
| Isla | La Palma | |
| Municipio | Tazacorte | |
| Dependencia | G. de Canarias | |
| Coordenadas | 28º38'N | 17º56'W |
| **Clasificación y Uso** | | |
| Tipo de puerto | Puerto de refugio | |
| Interés | Primer nivel | |
| Uso principal | Pesquero | |
| Uso secundario | Deportivo | |
| **Infraestructura y Defensa** | | |
| Longitud (m) | 462.00 | |
| Anchura (m) | 26.0 | |
| Tipo de escollera | BLOQUES | |
| Peso de la escollera (Tm) | 33.00 | |
| Dique | Si | |
| Contradique | No | |
| Superficie abrigada (m) | 43500 | |
| Pantalanes(nº) | 0 | |
| **Calado** | | |
| Calado en bocana (m) | 8.00 | |
| Calado en dársena (m) | 5.00 | |

| Infraestructura Terrestre | |
|---|---|
| Superficie de servicios ($m^2$) | 8500 |
| Superficie construida ($m^2$) | 1110 |
| Tipo de pavimento | Hormigón |
| **Instalaciones y Servicios Generales** | |
| Aguada | Si |
| Número de hidratantes | 4 |
| **Instalaciones de Electricidad** | |
| Electricidad | Si |
| Alumbrado | Si |
| Puntos de luz | 12 |
| Tomas de fuerza | Si |
| Potencia instalada(kw) | 150 |
| **Servicio de Rampa** | |
| Rampa | Si |
| Tamaño (mxm) | 15*55 |
| Pendiente(%) | 8.04 |
| **Instalaciones de Travel lift** | |
| Travel lift | Si |
| Tamaño de caja (mxm) | 6*17 |
| Calado de caja (m) | 2 |
| Capacidad (Tm) | 60 |
| **Servicio de Grúa** | |
| Grúa | Si |
| Tipo | FIJA |
| Capacidad (Tm) | 6 |
| **Combustible** | |
| Gasoil | Si |
| Capacidad (lts) | 15000 |
| Nº surtidores | 1 |
| Gasolina | NO |
| **Instalaciones y Servicios Pesqueros** | |
| Bascula | No |
| Lonja | No |
| Instalaciones de frío | No |

**tabla 16 Características del Puerto de Tazacorte**

1.2.5.4.3. Información y Datos de Puerto Espíndola

**figura 39.- Vista aérea de Puerto Espíndola**

Los datos relativos a las características de Puerto Espíndola han sido obtenidos de la información remitida por el Ayuntamiento de San Andrés y Sauces, Ver. Ref [45.], así como del Área de Puertos del Gobierno de Canarias, Ref. [48].

Entre la documentación aportada destaca la memoria del "Modificado al 1º Proyecto de Acondicionamiento de la Costa en Puerto Espíndola. Refugio para embarcaciones menores". En este proyecto se recogen las características principales del proyecto inicial así como una serie de modificaciones:

- Dique de abrigo multicapa de una longitud de 110 m.
- La sección tipo del dique de abrigo consiste en un núcleo de todo uno de cantera sobre el que se disponen las correspondientes capas de filtro, a saber:

| | |
|---|---|
| - Escollera de 300 Kg | Coronada a la cota +3.60 y de 0.80 m de espesor. |
| - Escollera de 2000 Kg | Coronada a la cota +4.00 y de 1.80 m de espesor. |
| - Bloques de Hormigón de 25 y 32 Tm | Coronada a la cota +6.80 y de 4.40 o 5.30 m de espesor. |

- En el morro del dique se disponen bloques de hormigón tipo "ANTIFER" de 32 Tm.
- La marina seca de unos 1.400m$^2$, construida al abrigo del dique, se corona a la cota +4.00, disponiéndose la correspondiente rampa de varada. La línea de atraque se

realiza con bloques de hormigón colocados sobre una banqueta de escollera de 300 Kg.

Entre las instalaciones contempladas en el proyecto destacan las siguientes:

- Pavimentación de los accesos
- Disposición de barrera de Control
- Aparcamientos
- Pescante
- Áreas ajardinadas

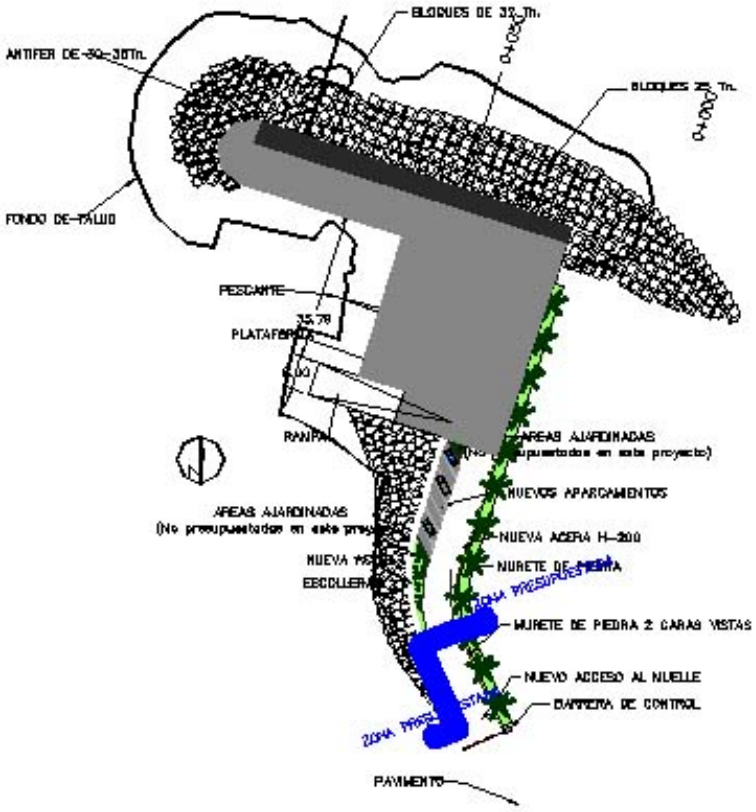



**figura 40.- Plano en planta del proyecto del Modificado de Puerto Espíndola**

### 1.2.5.5. Acuicultura y cultivos marinos. Estudio de la producción acuícola

La Acuicultura en el archipiélago canario comienza a desarrollarse en la década de los 80 en Gran Canaria y en Tenerife, siendo en estas dos islas en las únicas en las que, hasta el año 2000, había empresas dedicadas a este subsector. Concretamente, en Gran Canaria en la

zona sureste de la isla, y en Tenerife en el noreste y en el sureste. Paulatinamente se ha ido extendiendo en los últimos años el desarrollo acuícola a otras islas como Lanzarote y La Palma. En concreto, en la actualidad, en la Isla de La Palma hay cuatro concesiones dedicadas a la acuicultura, todas ellas enfocadas al cultivo de dorada o lubina mediante el empleo de jaulas flotantes:

- La empresa Acuibag SL. En funcionamiento desde hace dos años. Tiene 4 jaulas de 22 m de diámetro y van a gestionar las dos jaulas pertenecientes a la Escuela Taller de Tazacorte de 19 m de diámetro. El objetivo de esta empresa es llegar a tener instaladas un total de 16, es decir tienen el objetivo de instalar 10 jaulas más. La producción actual de las 4 jaulas en funcionamiento es de 200 Tn cada 10 meses, pero quieren llegar a las 1.000 Tn con las ampliaciones previstas.

**figura 41.- Vista de las jaulas de la empresa Acuibag SL**

- La empresa Acuihope. Está en proceso de instalación. La concesión se sitúa más al Norte que las de la empresa Acuipalma. Todavía no tiene jaulas, no obstante se encuentran en proceso de instalación (abril 2005) de 4 jaulas flotantes de 22 m de diámetro y tienen el objetivo de instalar 4 jaulas más para finales de este año (2005).

Para el año 2006 tienen previsto instalar 4 jaulas más hasta llegar a 12 jaulas en total. Su objetivo es llegar a producir 1.000 Tn de dorada al año.

- La empresa Acuipalma. Está en proceso de instalación. Dicha empresa obtiene la concesión administrativa de cultivos marinos en Diciembre de 2002. Esta concesión consiste en el fondeo de 12 jaulas marinas de 22 metros de diámetro y dos jaulas auxiliares de 10 metros de diámetro. Se encuentra en las proximidades del Puerto de Tazacorte, concretamente frente a la Punta de la Flamenca, en el término municipal de Tijarafe. Tiene autorizadas la producción de doradas y lubinas en una cantidad anual de 1.000 toneladas y una concesión administrativa de ocupación de dominio pública marítimo-terrestre, de una superficie marina de 195.320 metros cuadrados, para llevar a cabo su proyecto. Actualmente la empresa está en proceso de instalación de 6 jaulas de 25 m más una jaula de alevines. En cuestión de unos meses se hará la primera siembra de alevines. La empresa va a operar desde el Puerto de Tazacorte. En el cual todavía no tiene infraestructura debido a que se está iniciando la actividad. El objetivo de la empresa es el de llegar a las 1.000 Tn anuales.

**figura 42.- Vista de las jaulas de la empresa Acuipalma**

- Escuela taller del ayuntamiento de Tazacorte. Esta tiene dos jaulas. Hace tres años el Ayuntamiento de Tazacorte organizó una escuela taller de Acuicultura de la que surgieron los emprendedores de las empresas Acuibag SL, Acuihope SL y Acuipalma SL, en abril del año 2004 se organiza una segunda escuela taller con 20

alumnos, para lo cual el Ayuntamiento de Tazacorte solicitó una subvención de 600.000 € al Instituto Canario de Formación y Empleo (ICFEM). A pesar de que en principio, se había redactado el proyecto demandando para la cría y engorde de alevines de bocinegro, especie autóctona de Canarias que sería suministrada por el Instituto Oceanográfico del Archipiélago, no se descarta sustituir dicha especie por lubinas. Las dos jaulas de la Escuela Taller pasarán a formar parte de la explotación de la empresa Acuibag SL.

**figura 43.- Vista de las jaulas flotantes de la escuela taller de Tazacorte**

Las tres empresas productoras mencionadas son socias de la empresa comercializadora Doradas y Lubinas de Canarias, DYLCAN. S.L.. DYLCAN nace a finales de 2001 como fruto de la colaboración de varias granjas productoras de dorada y lubina en las Islas Canarias, su función básica es la comercialización de dorada y lubina a los mercados, mayoristas y distribuidores en España, Europa, y los Estados Unidos. DYLCAN es la mayor comercializadora y distribuidora de productos de acuicultura en Canarias y agrupa las mayores producciones, gozando de importantes ventajas de concentración de la oferta. La continuidad de la oferta, sin interrupciones a lo largo de todo el año, es posible al contar con un alto número de productores e instalaciones que garantizan la regularidad del servicio.

## 1.3. Valoración de los resultados

En este epígrafe se realizará la valoración de la calidad del agua y del sedimento en la isla de la Palma en base a los resultados obtenidos para los parámetros definidos en este estudio, en las diferentes variables consideradas de cada una de las citadas matrices.

### 1.3.1. Condiciones del medio

#### 1.3.1.1. Calidad del agua

1.3.1.1.1. Variables consideradas

***Estaciones Hidrográficas.***

La calidad de las aguas del litoral de la Isla de La Palma se ha estudiado en base a la realización de tres campañas de toma de muestras alrededor de la isla, por transectos y profundidades. Dichas campañas fueron programadas para las estaciones de otoño de 2003 y verano e invierno de 2004. Los parámetros seleccionados para su análisis se agrupan del siguiente modo:

- ✓ Microbiología, *Coliformes Fecales y Enterococos.*
- ✓ Nutrientes, *Amonio, Nitratos, Nitritos y Fosfatos.*
- ✓ Metales pesados, *Cobre, Cadmio y Mercurio.*
- ✓ *Hidrocarburos disueltos y emulsionados.*
- ✓ *Silicatos*
- ✓ *Sólidos en Suspensión*
- ✓ *Carbono Orgánico Total (TOC).*

El número total de transectos muestreados ha sido de 24, en cada uno de ellos se han establecido 3 estaciones de muestreo y en cada una de ellas se ha muestreado toda la columna de agua, dependiendo el número de muestras tomadas, de la profundidad máxima de cada estación.

***Perfiles Termohalinos***

Antes de analizar los resultados obtenidos de las distintas campañas de perfiles termohalinos realizadas hay que hacer constar que, en algunas ocasiones, la profundidad hasta la que se ha llegado en los perfiles más profundos no corresponde exactamente con la profundidad del fondo, debido a que la cabeza de la sonda multiparámetro es arrastrada por la corriente lo cual implica que el perfil no presente, en estos casos, un desarrollo perfectamente vertical. También hay que hacer constar que en la segunda campaña

(invierno de 2004) al utilizarse una sonda multiparamétrica distinta a la utilizada en la primera y tercera campaña no siempre ha sido posible analizar toda la batería de parámetros, razón por la que en algunos perfiles no aparecen datos para el oxígeno disuelto.

Analizando los perfiles termohalinos realizados paralelalmente a las tres campañas de muestreo de estaciones hidrográficas (correspondientes a otoño, invierno y verano) se puede observar como por norma general existen unos gradientes reducidos entre los parámetros registrados en superficie y los registrados en profundidad.

Los perfiles de Temperatura realizados en las campañas de verano (principios de verano) guardan mayor similitud a los realizados en otoño (principios de otoño), los cuales difieren en mayor medida con los correspondientes a la campaña de invierno. Hay que señalar, de todas formas, que los gradientes de temperatura con la profundidad son muy reducidos, con diferencias de temperatura entre la superficie y los fondos (en los perfiles de mayor profundidad) que no llegan a superar la diferencia de un grado centígrado, lo cual indica que las aguas del litoral de La Palma sufren un proceso de mezcla acusado por una dinámica marcada por la incidencia de los vientos Alisios, al menos, en los primeros 50 m superficiales ya que no se han detectado termoclinas en ninguna de las campañas. De igual forma hay que decir que las temperaturas registradas en las distintas campañas indican que las aguas litorales presentan temperaturas cálido-templadas no llegando a bajar en invierno de los 18º C en profundidad.

Respecto al oxígeno disuelto se puede decir lo mismo que con la temperatura. Se han registrado en todas las campañas concentraciones saturadas de oxígeno en superficie, lo cual indica la existencia de procesos de mezcla debidos a la remoción producida por el oleaje superficial. Con la profundidad esta concentración de oxígeno va decreciendo paulatinamente sin que se produzcan en ningún caso un descenso brusco de dicha concentración, por lo que se puede decir que hasta las profundidades muestreadas (30-40 m) la masa de agua presenta un aceptable grado de oxigenación.

En cuanto a la turbidez, hay que decir que los valores registrados en la primera campaña, correspondiente a principios de otoño, son en general más altos que los registrados en el resto de las campañas, debido probablemente a la influencia tardía de los Alisios estivales.

Los perfiles de pH obtenidos con carácter general muestran valores comprendidos entre 7,5-8,4 que son los valores normales obtenidos en agua de mar, en algunos casos se ha obtenido un predominio de valores altos e incluso superiores a los señalados en este rango.

Respecto a los perfiles de potencial redox que se han realizado durante las campañas de muestreo de las parcelas de comunidades submareales, se puede observar como los valores son muy constantes no variando apenas con la profundidad. El potencial redox es una medida de la actividad de los electrones. Está relacionado con el pH y con el contenido de oxígeno. Es análogo al pH ya que el pH mide la actividad de protones y el potencial redox mide la de los electrones. En mar los valores de potencial redox superiores a 350 mV indican una buena oxigenación de la columna de agua, lo cual ocurre siempre en todos los perfiles de redox realizados.

### *Penetración de la Luz*

Comparando los valores de los coeficientes de atenuación de la luz registrados para este estudio con los valores bibliográficos de *Física Oceánica* de *Pickard y Emery* (véase figura 44) se puede comprobar como las aguas del litoral de La Palma presentan características netamente transparentes.

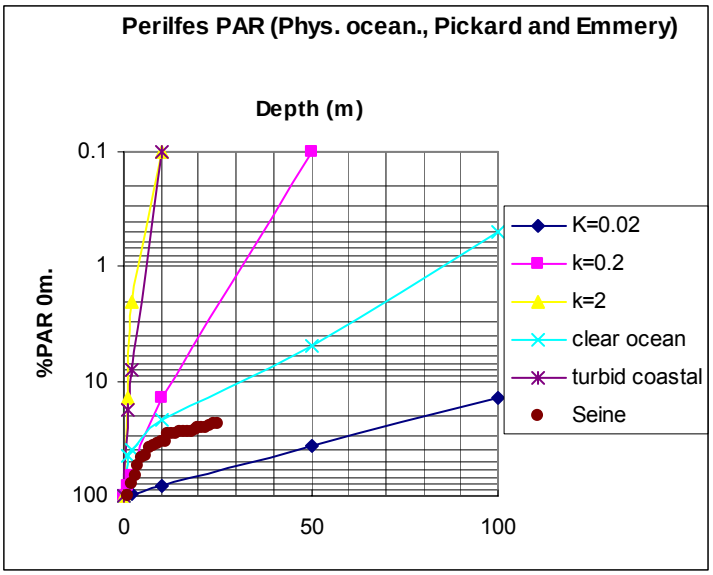



**figura 44. Coeficientes de atenuación extraídos de *Física Oceánica* de *Pickard y Emmery***

Es importante señalar que valores de coeficiente de atenuación de la luz ($K_{PAR}$) de 0,02 se corresponden con aguas puras (máxima visibilidad) y los que presentan valores de 2 con aguas turbias (mínima visibilidad).

Todos los valores de los coeficientes de atenuación de la luz ($K_{PAR}$) registrados en la primera campaña en el litoral de la Palma oscilan entre 0,04 y 0,06, que son valores típicos de aguas claras oceánicas, similares a los que se obtienen para Seine, montaña submarina que se encuentra entre las Islas Canarias y las Islas Madeira.

Se puede calcular la constante de atenuación de la luz (KPAR; también llamada Kd) a partir de la profundidad de desaparición del disco de Secchi, aunque este método es bastante más rudimentario que el medir directamente con un sensor PAR la atenuación de la luz (como se hizo en la primera campaña). En base a diferentes medidas hechas en agua de mar, H.H.Poole & W.R.G. Atkins, 1929 (Photoelectric measurements of submarine illumination throughout the year. J. Mar. Ass. U.K., 16, 297-324) realizaron la observación empírica de que la profundidad de desaparición del disco de Secchi (Zsd) es aproximadamente inversamente proporcional al coeficiente de atenuación vertical para la irradiancia "downwelling", según la siguiente expresión:

$$Kd = 1.44/Zsd$$

Dado que en La Palma los valores de Zsd registrados han variado entre 17 y 23 m, la Kd resultante sería 0,06-0,08, esto es, sólo un poco más elevada que la calculada con medidas directas con sensor PAR en la primera campaña (0,04-0,06).

En general, se puede concluir que las aguas del litoral de La Palma presenta unos altos niveles de transparencia, lo cual se traduce en una buena iluminación de los fondos hasta profundidades de 15-18 m. Las constantes de atenuación de la luz obtenidas en las aguas del litoral de la Isla de La Palma se sitúan en un rango característico, para cualquier época del año, de aguas claras oceánicas.

***Mapeado en Continuo***

Las representaciones gráficas de los parámetros controlados durante la campaña de mapeado en continuo se pueden consultar en el **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** MAPEADO EN CONTINUO. A continuación se exponen las conclusiones para los parámetros principales.

<u>Oxígeno Disuelto</u>

Hay que tener en cuenta que la medida de oxígeno disuelto mediante el arrastre de la sonda multiparamétrica por la superficie de la masa de agua litoral ha presentado en ocasiones problemas debido a las turbulencias generadas por el movimiento del barco, no obstante las

modificaciones introducidas en la metodología de muestreo han permitido obtener unos valores aceptables y representativos de la concentración del oxígeno superficial.

Los valores de porcentaje de saturación de oxígeno disuelto en aguas superficiales suelen variar entre 90% y 100%. Si hay mucha respiración de plancton (consumo de oxígeno) y las aguas están estratificadas en superficie (es decir, cuando hay una termoclina somera que impide la difusión de oxígeno a la atmósfera) los porcentajes de saturación de oxígeno suelen bajar hasta valores cercanos al 90%. Si por el contrario la transferencia de gases es normal entre la superficie del agua y la atmósfera, el porcentaje de saturación de oxígeno suele ser del 100%, o en determinados momentos incluso mayor (no más de 110%) en caso de que exista mucha producción primaria

Salinidad

Los valores de salinidad oscilan entre 36-37 por mil. Comparando los mapas de salinidad y oxígeno, se puede apreciar que las regiones menos salinas tienen porcentajes de saturación más elevados. Tal y como se aprecia en la representación gráfica de este parámetro, la salinidad es mayor al oeste (desde Punta Gorda a Fuencaliente) dado que la temperatura es más alta en este lado y, por tanto, hay más evaporación).

Temperatura

Analizando el gráfico de temperatura superficial se puede apreciar que las temperaturas son ligeramente más elevadas en el oeste de la isla, lo cual es lógico ya que las aguas superficiales que se encuentran a sotavento de la isla (oeste) están protegidas de los vientos alisios y, por tanto sujetas a un menor hidrodinamismo, presentando además valores de clorofila algo más altos.

Clorofila

Los valores de clorofila más altos se encuentran en las regiones de cizalla del viento (noroeste y suroeste ) algo común y ya descrito para las Islas Canarias en general. Aquí el fitoplancton crece porque supuestamente hay más nutrientes por los procesos de mezcla generados por el viento, y se acumula por procesos de estratificación en esta zona frontal. Es probable que la clorofila corresponda, más que al fitoplancton grande que ha sido el objeto de atención en este estudio (diatomeas, dinoflagelados, etc.) y que es poco abundante, al fitoplancton más pequeño (pequeños flageladitos y picoplancton), que sólo se puede identificar mediante epifluorescencia o citometría de flujo. Para contar el fito pequeño hay que utilizar otras técnicas tanto de conservación como de análisis de muestras, que son

muy costosas y que excedían los objetivos de este estudio, no obstante en Canarias la mayor parte del fitoplancton es pequeño. Lo que si es patente es que las especies potencialmente indicadoras de contaminación son siempre las de tamaño grande.

Turbidez

Analizando el mapa con los valores superficiales de turbidez se puede apreciar como son aguas muy transparentes en la mayor parte del litoral de la isla de La Palma, registrándose aguas más claras de forma general en la costa Este que en la Oeste. En el tramo occidental de la isla se pueden observar zonas donde se concentra la turbidez superficial, la cual se relaciona con la existencia de cabos (como el de Punta Gorda) donde se produce una mezcla de efectos combinados entre el efecto cizalla generado por los vientos Alisios y la incidencia de los frentes de oleaje de la mar de fondo (localmente conocida como “rebose”) procedentes de dirección N-NE.

1.3.1.1.2. Valoración de la calidad del agua por zonas

***Estaciones Hidrográficas.***

Para una mejor interpretación de las condiciones del medio y concretamente de la calidad del agua, se ha procedido a realizar un seguimiento de los resultados analíticos obtenidos en función de una previa clasificación por zonas del litoral de la isla. Para ello, se han establecido cuatro zonas bien delimitadas en función de los transectos muestreados (ver figura 18).

- ✓ *Zona Noroeste (NO).* Los transectos incluidos dentro de esta zona corresponden a los siguientes: Transecto 2, 3, 10, 11, 12 y 13.
- ✓ *Zona Suroeste (SO).* Los transectos incluidos dentro de esta zona corresponden a los siguientes: Transecto 4, 5, 6, 14, 15 y 16.
- ✓ *Zona Noreste (NE).* Los transectos incluidos dentro de esta zona corresponden a los siguientes: Transecto 1, 9, 21, 22, 23 y 24.
- ✓ *Zona Sureste (SE).* Los transectos incluidos dentro de esta zona corresponden a los siguientes: Transecto 7, 8, 17, 18, 19 y 20.

Para cada una de las cuatro zonas, se han estudiado los transectos correspondientes, distinguiéndolos por campañas. Cabe destacar que en todas las campañas se han tomado muestras en cada uno de los 24 transectos planificados, exceptuando la primera en la que se muestrearon sólo los 9 primeros.

o *Zona Noroeste (NO).*

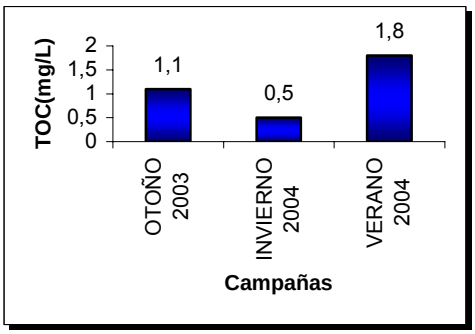
- ✓ *1ª Campaña* (Otoño 2003). La siguiente valoración corresponde a los transectos 2 y 3. De forma general no se aprecian concentraciones significativas de los parámetros en estudio, siendo en su mayoría inferiores al límite de cuantificación de las técnicas analíticas empleadas en cada caso y en algunas ocasiones, no detectados. En el caso de los *silicatos, sólidos en suspensión y TOC,* las concentraciones oscilan en los rangos: 50-80 μg Si/L, 1-7 mg/L y 0-3 mg C/L, respectivamente.
- ✓ *2ª Campaña* (Invierno 2004). La valoración de esta campaña corresponde a los transectos 2, 3, 10, 11, 12 y 13. En esta campaña se han encontrado concentraciones de *silicatos, sólidos en suspensión y TOC* que oscilan entre 17-50 μg Si/L, 0-5 mg/L y 0-2 mg C/L, respectivamente. El resto de parámetros no se han detectado en concentraciones significativas.
- ✓ *3ª Campaña* (Verano 2004). Se corresponde con los transectos 2, 3, 10, 11, 12 y 13. De forma general no se aprecian concentraciones significativas de los parámetros en estudio, siendo en su mayoría inferiores al límite de cuantificación de las técnicas analíticas empleadas en cada caso y en algunas ocasiones, no detectados. En las estaciones 2 y 3 del transecto 2, se han encontrado *enterococos* en superficie y *coliformes totales* a profundidad superficial y media, no obstante el valor más alto encontrado es de 13 ufc/100ml para *enterococos* y 120ufc/100ml para *coliformes totales*. En el caso de los *silicatos, sólidos en suspensión y TOC,* las concentraciones oscilan en los rangos: 0-50 μg Si/L, 0-6 mg/L y 0-4 mg C/L, respectivamente.

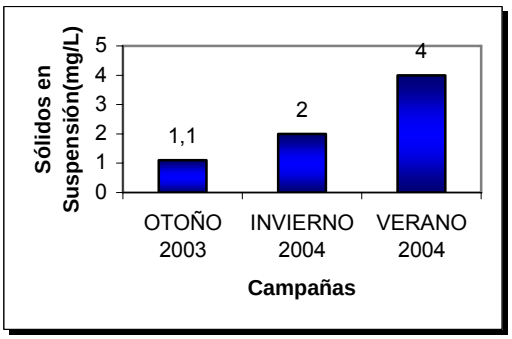
<u>Conclusiones</u>

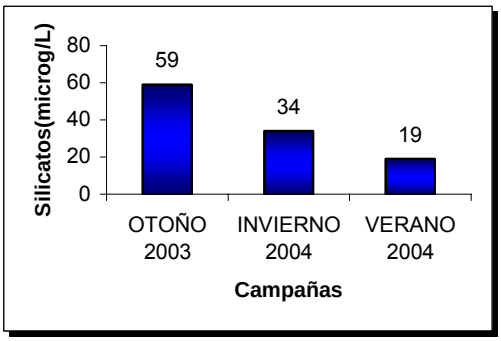
A la vista de los resultados obtenidos, se puede decir que en la zona Noroeste, no se aprecian cambios significativos para la mayoría de los parámetros en estudio, manteniéndose las concentraciones de éstos, constantes a lo largo del tiempo. En el caso de los *silicatos* se observa una ligera disminución de la concentraciones encontradas en la segunda y tercera campaña con respecto a la primera. En cuanto a la presencia de indicadores de contaminación fecal, cabe decir que, si bien se han encontrado *enterococos* y *coliformes totales* en las estaciones 2 y 3 del transecto 2, se

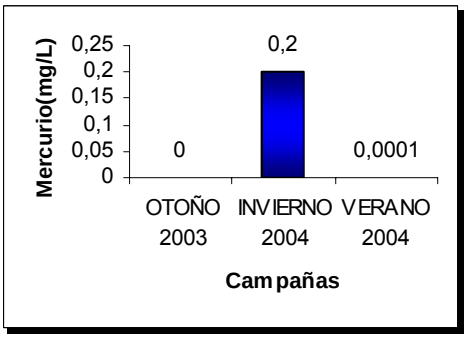
trata de un hecho puntual en la tercera campaña (época estival), al que no se le puede atribuir un origen concreto.

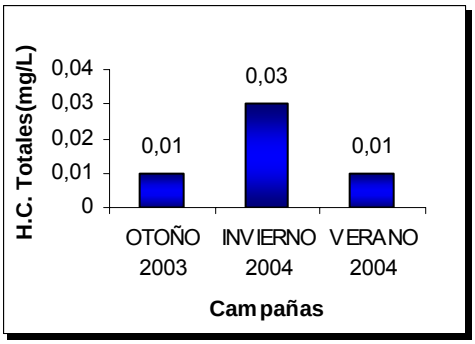
A continuación se muestran gráficamente los resultados obtenidos en el transecto 2, que sirve a su vez como ejemplo para el resto de transectos realizados, dado que no se han apreciado variaciones relevantes entre ellos en la interpretación de los resultados obtenidos.

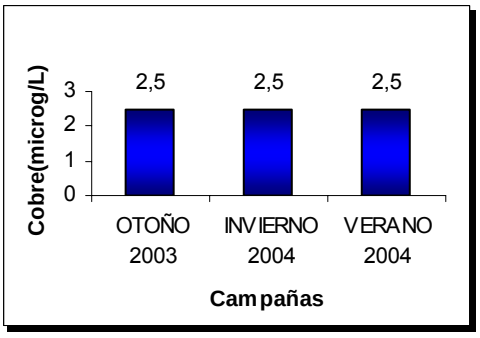


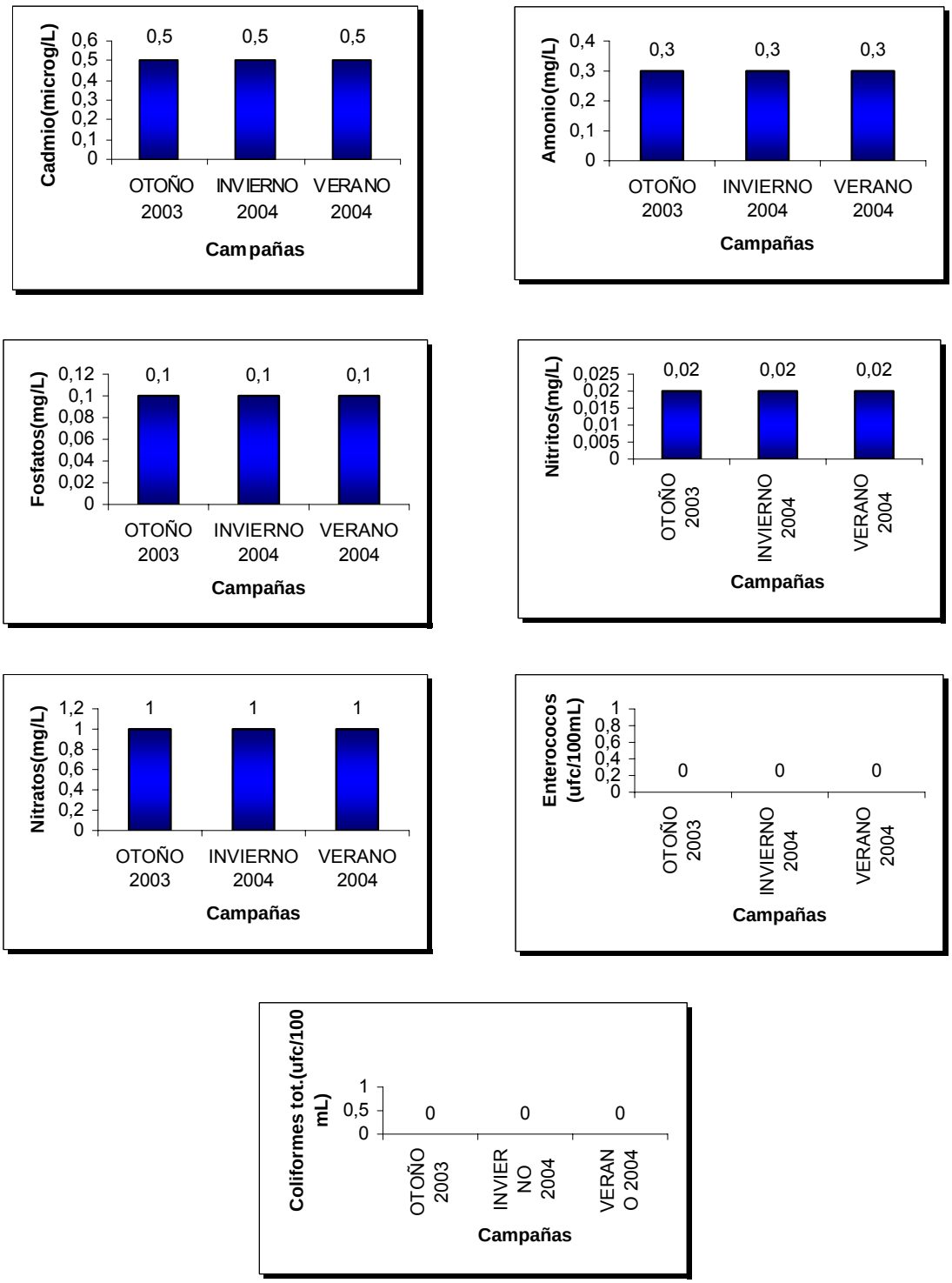



**figura 45. Evolución en el tiempo de los parámetros en estudio. Ejemplo: Transecto 2 (T2/E1/02)**

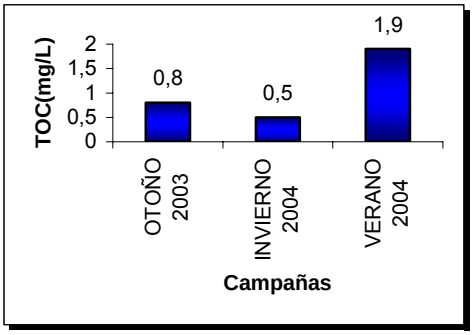
o *Zona Suroeste (SO).*

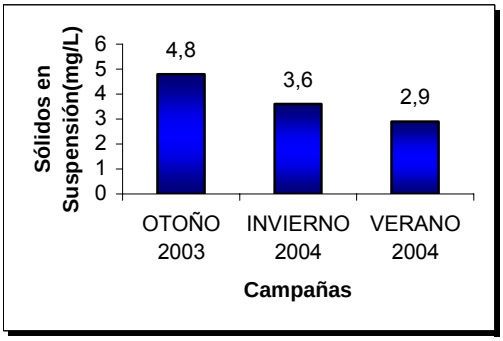
- ✓ *1ª Campaña* (Otoño 2003). En esta campaña sólo se muestrearon los transectos 4, 5 y 6. Las concentraciones obtenidas de *silicatos, sólidos en suspensión y TOC,* oscilan en los rangos: 55-270 μg Si/L, 0-6 mg/L y 0-2 mg C/L, respectivamente. Para el resto de parámetros no se aprecian concentraciones significativas.
- ✓ *2ª Campaña* (Invierno 2004). En esta campaña se amplió el número de transectos a los siguientes, 4, 5, 6, 14, 15 y 16. Se han obtenido concentraciones de *silicatos, sólidos en suspensión y TOC* que oscilan entre 0-50 μg Si/L, 0-8 mg/L y 0-2 mg C/L, respectivamente. El resto de parámetros no se han detectado en concentraciones significativas.
- ✓ *3ª Campaña* (Verano 2004). La siguiente valoración corresponde a los transectos 4, 5, 6, 14, 15 y 16. Por otro lado, se han encontrado en la estación 2 del transecto 4 y en la estación 3 del transecto 5, valores de *coliformes totales* en superficie, en el primer caso; y de *coliformes totales* y *enterococos* a media y alta profundidad en el segundo, no obstante los valores más altos son 10ufc/100ml para *coliformes totales* y 31ufc/100ml para *enterococos*. En cuanto a los *silicatos, sólidos en suspensión y TOC,* las concentraciones oscilan en los rangos: 0-40 μg Si/L, 0-5 mg/L y 0-2 mg C/L, respectivamente.

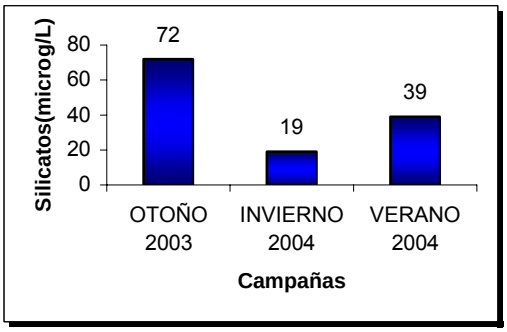
Conclusiones

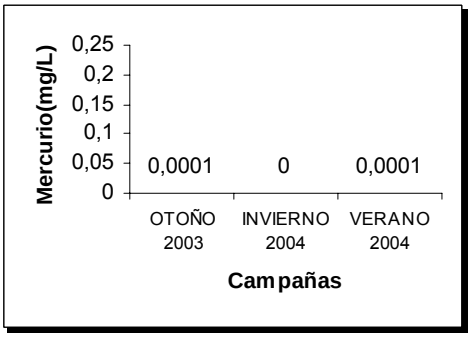
A la vista de los resultados obtenidos, se puede decir que en la zona Suroeste, no se aprecian cambios significativos para la mayoría de los parámetros en estudio, manteniéndose las concentraciones de éstos constantes a lo largo del tiempo. En el caso de los *silicatos*, al igual que ocurre en la zona Noroeste, las concentraciones de este parámetro en las campañas 2ª y 3ª reflejan una disminución con respecto a la primera. En cuanto a la presencia de indicadores de contaminación fecal en los transectos 4 y 5, cabe decir que solo aparecen en la primera campaña, cuyo origen, en el primero de los casos, se puede deber a la presencia del Puerto Tazacorte, mientras que en el segundo no se puede concretar.

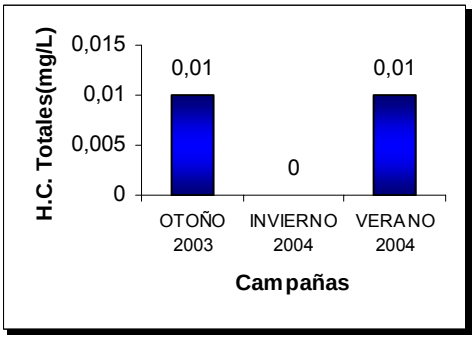
A continuación se muestran gráficamente los resultados obtenidos en el transecto 6, que sirve a su vez como ejemplo para el resto de transectos realizados, dado que no se han apreciado variaciones relevantes entre ellos en la interpretación de los resultados obtenidos.

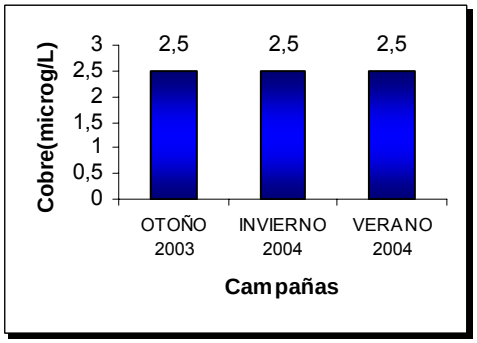

TOC(mg/L)
2
1,5
1
0,5
0
0,8
0,5
1,9
OTOÑO 2003
INVIERNO 2004
VERANO 2004
Campañas

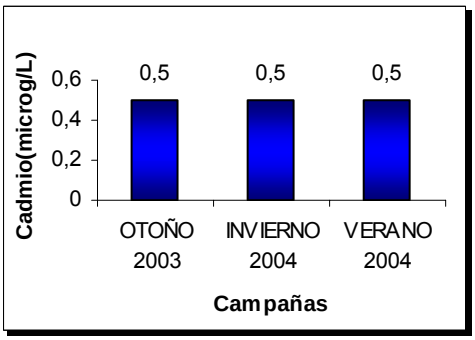

Sólidos en Suspensión(mg/L)
6
5
4
3
2
1
0
4,8
3,6
2,9
OTOÑO 2003
INVIERNO 2004
VERANO 2004
Campañas

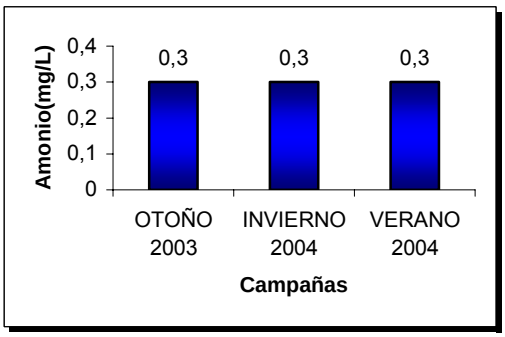

Silicatos(microg/L)
80
60
40
20
0
72
19
39
OTOÑO 2003
INVIERNO 2004
VERANO 2004
Campañas


Mercurio(mg/L)
0,25
0,2
0,15
0,1
0,05
0
0,0001
0
0,0001
OTOÑO 2003
INVIERNO 2004
VERANO 2004
Campañas


H.C. Totales(mg/L)
0,015
0,01
0,005
0
0,01
0
0,01
OTOÑO 2003
INVIERNO 2004
VERANO 2004
Campañas


Cobre(microg/L)
3
2,5
2
1,5
1
0,5
0
2,5
2,5
2,5
OTOÑO 2003
INVIERNO 2004
VERANO 2004
Campañas


Cadmio(microg/L)
0,6
0,4
0,2
0
0,5
0,5
0,5
OTOÑO 2003
INVIERNO 2004
VERANO 2004
Campañas


Amonio(mg/L)
0,4
0,3
0,2
0,1
0
0,3
0,3
0,3
OTOÑO 2003
INVIERNO 2004
VERANO 2004
Campañas

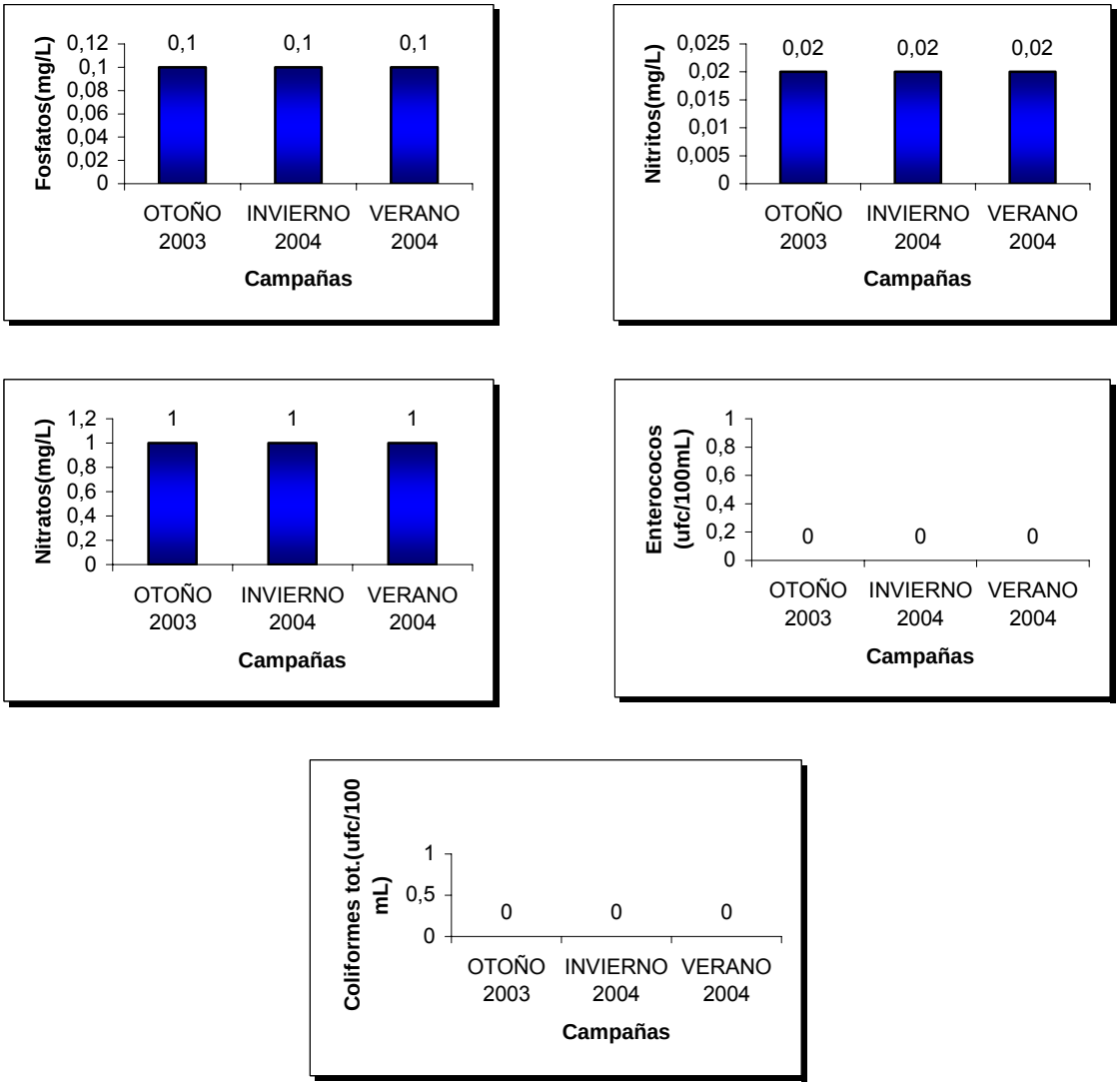



**figura 46. Evolución en el tiempo de los parámetros en estudio. Ejemplo: Transecto 6 (T6/E3/30)**

- *Zona Noreste (NE).*

  - ✓ *1ª Campaña* (Otoño 2003). De todos los transectos de esta zona sólo se han valorado los siguientes, 1 y 9. En esta campaña se han obtenido concentraciones de *silicatos, sólidos en suspensión y TOC* que oscilan entre 55-320 μg Si/L, 1-7 mg/L y 0-3 mg C/L, respectivamente. El resto de parámetros no se han detectado en concentraciones significativas, a excepción de los parámetros microbiológicos, para los que, puntualmente, se han detectado concentraciones en los dos transectos muestreados, no obstante los valores más altos son: >100 ufc/100ml para *coliformes totales* y 90 ufc/100ml para *enterococos.*

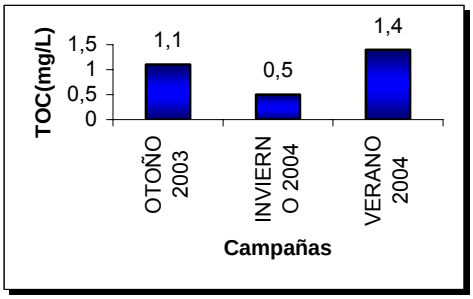
- ✓ *2ª Campaña* (Invierno 2004). En esta campaña sí se han valorado todos los transectos de esta zona que corresponden al 1, 9, 21, 22, 23 y 24. En esta campaña se han encontrado concentraciones de *silicatos, sólidos en suspensión y TOC* que oscilan entre 10-480 μg Si/L, 0-6 mg/L y 0-2 mg C/L, respectivamente. El resto de parámetros no se han detectado en concentraciones significativas.

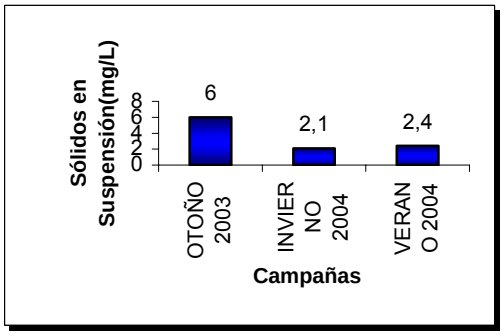
*3ª Campaña* (Verano 2004). Los transectos 1, 9, 21, 22, 23 y 24 son los que se han tenido en cuenta para valorar esta campaña. Las concentraciones obtenidas de *silicatos, sólidos en suspensión y TOC* que oscilan entre 0-50 μg Si/L, 0-6 mg/L y 1-2 mg C/L, respectivamente. El resto de parámetros no se han detectado en concentraciones significativas.

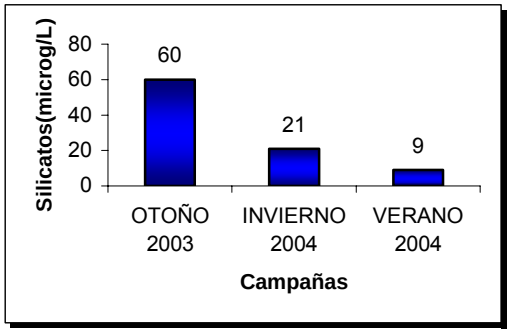
Conclusiones

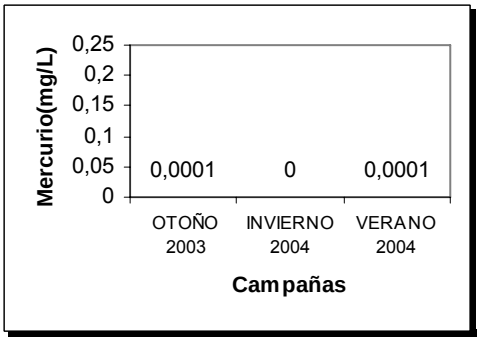
A la vista de los resultados obtenidos, se puede decir que en la zona Noreste, no se aprecian cambios significativos para la mayoría de los parámetros en estudio, manteniéndose las concentraciones de éstos constantes a lo largo del tiempo. En cuanto a los *silicatos*, en este caso los valores más altos se han encontrado en la primera y segunda campaña. Por último, en cuanto a la presencia de indicadores de contaminación fecal en los transectos 1 y 9, cabe decir que únicamente se han encontrado en la primera campaña y su origen no puede determinarse.

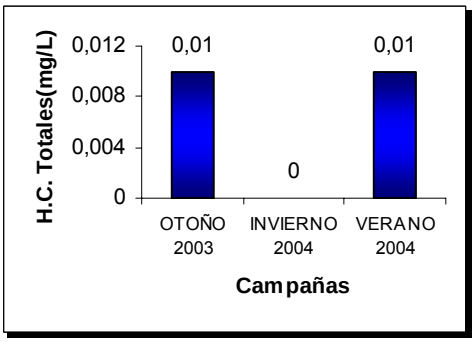
A continuación se muestran gráficamente los resultados obtenidos en el transecto 1, que sirve a su vez como ejemplo para el resto de transectos realizados, dado que no se han apreciado variaciones relevantes entre ellos en la interpretación de los resultados obtenidos.

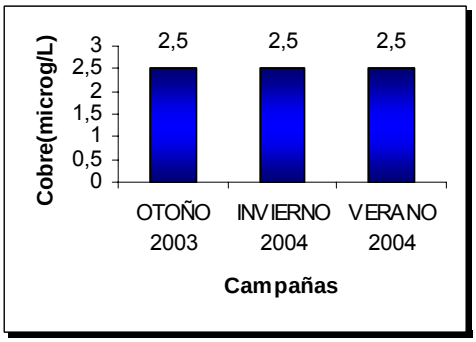


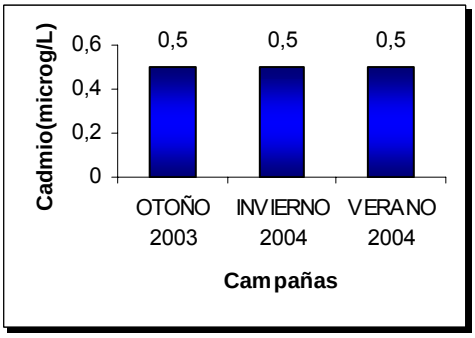



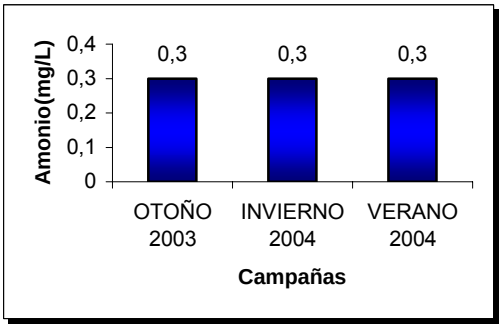

Silicatos(microg/L)
80
60
40
20
0
60
21
9
OTOÑO 2003
INVIERNO 2004
VERANO 2004
Campañas

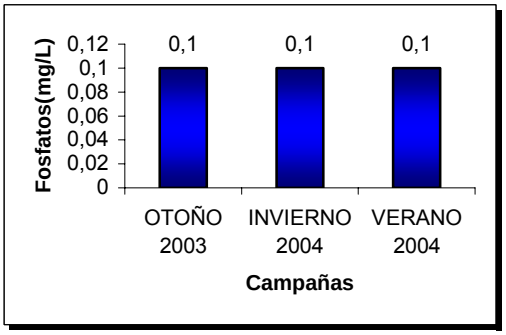

Mercurio(mg/L)
0,25
0,2
0,15
0,1
0,05
0
0,0001
0
0,0001
OTOÑO 2003
INVIERNO 2004
VERANO 2004
Campañas

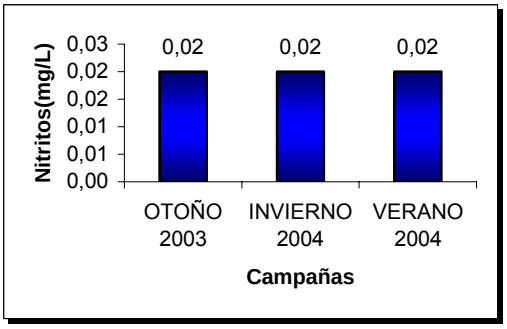

H.C. Totales(mg/L)
0,012
0,008
0,004
0
0,01
0
0,01
OTOÑO 2003
INVIERNO 2004
VERANO 2004
Campañas


Cobre(microg/L)
3
2,5
2
1,5
1
0,5
0
2,5
2,5
2,5
OTOÑO 2003
INVIERNO 2004
VERANO 2004
Campañas


Cadmio(microg/L)
0,6
0,4
0,2
0
0,5
0,5
0,5
OTOÑO 2003
INVIERNO 2004
VERANO 2004
Campañas


Amonio(mg/L)
0,4
0,3
0,2
0,1
0
0,3
0,3
0,3
OTOÑO 2003
INVIERNO 2004
VERANO 2004
Campañas


Fosfatos(mg/L)
0,12
0,1
0,08
0,06
0,04
0,02
0
0,1
0,1
0,1
OTOÑO 2003
INVIERNO 2004
VERANO 2004
Campañas


Nitritos(mg/L)
0,03
0,02
0,02
0,01
0,01
0,00
0,02
0,02
0,02
OTOÑO 2003
INVIERNO 2004
VERANO 2004
Campañas

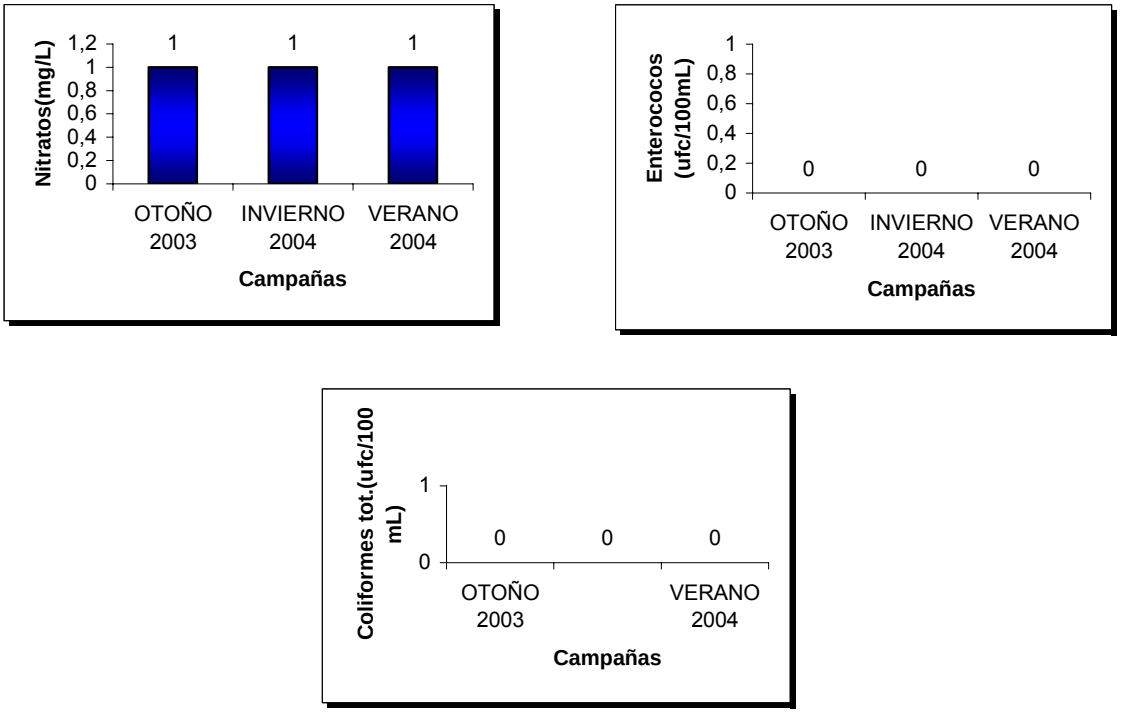



**figura 47. Evolución en el tiempo de los parámetros en estudio.Ejemplo: Transecto 1 (T1/E3/10)**

- *Zona Sureste (SE).*

  - ✓ *1ª Campaña* (Otoño 2003). En esta campaña sólo se muestrearon los transectos 7 y 8. Únicamente decir que en la estación 3 del transecto 7, a profundidad media y superficial; y en las estaciones 2 y 3 del transecto 8, igualmente a profundidad media y superficial, se han encontrado *coliformes fecales y enterococos*, no obstante los valores más altos han sido 13 ufc/100ml para *coliformes totales* y 10 ufc/100ml para *enterococos*. En cuanto a los *silicatos, sólidos en suspensión y TOC,* las concentraciones oscilan en los rangos: 50-90 μg Si/L, 0-6 mg/L y 0-2 mg C/L, respectivamente.

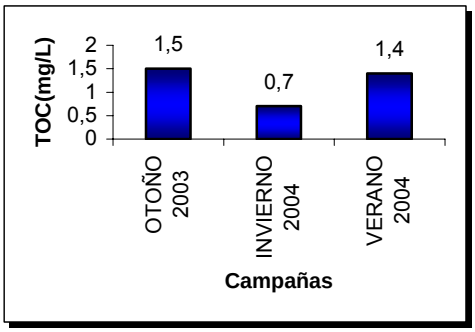
  - ✓ *2ª Campaña* (Invierno 2004). En este caso todos los transectos de esta zona fueron muestreados, estos son los transectos 7, 8, 17, 18, 19 y 20. En la estación 3 del transecto 8, a una profundidad de diez metros, se han encontrado 300 ufc/100ml de *coliformes totales*, siendo el resto prácticamente nulos. En cuanto a los *silicatos, sólidos en suspensión y TOC,* las concentraciones oscilan en los rangos: 50-90 μg Si/L, 0-6 mg/L y 0-2 mg C/L, respectivamente.

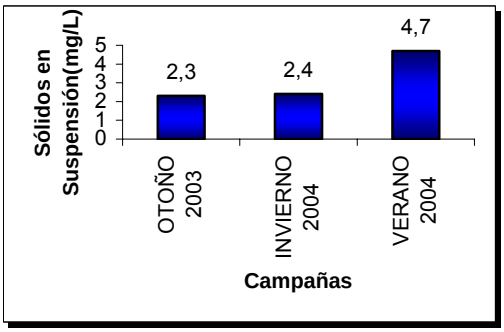
- ✓ *3ª Campaña* (Verano 2004). Al igual que en la campaña anterior, se muestrearon todos los transectos de esta zona. Únicamente cabe resaltar que en la estación 3 del transecto 7 y la estación 2 del transecto 8 a lo largo de toda la columna de agua, se han encontrado *coliformes totales* y *enterococos,* siendo los valores más altos: 300 ufc/100ml para *coliformes totales* y 59 ufc/100ml para *enterococos*. En cuanto a los *silicatos, sólidos en suspensión y TOC,* las concentraciones oscilan en los rangos: 0-100 μg Si/L, 0-7 mg/L y 0-2 mg C/L, respectivamente.

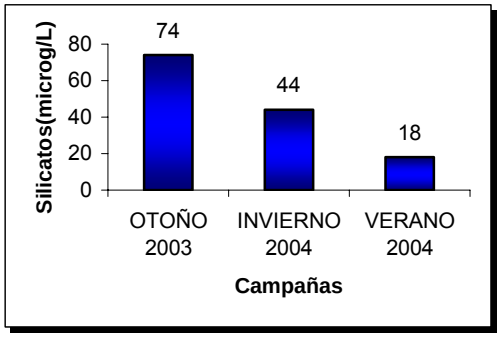
Conclusiones

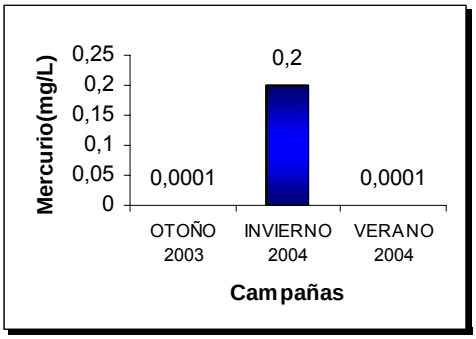
A la vista de los resultados obtenidos, se puede decir que en la zona Sureste, no se aprecian cambios significativos para la mayoría de los parámetros en estudio, manteniéndose las concentraciones de éstos constantes a lo largo del tiempo. En cuanto a la presencia de indicadores de contaminación fecal en esta zona cabe decir que, la aparición en el transecto 8 de *coliformes totales* durante las tres campañas y de *enterococos* durante la primera y tercera campaña, se puede deber a la presencia del puerto de Sta. Cruz de la Palma y a los emisarios que vierten desde la capital de la isla.

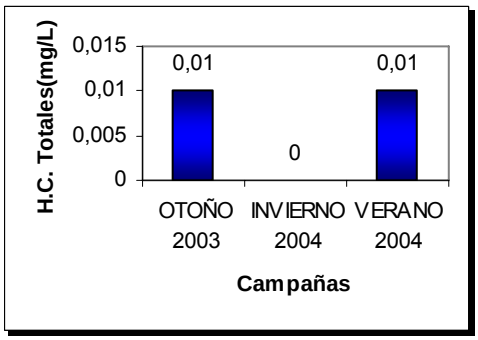
A continuación se muestran gráficamente los resultados obtenidos en el transecto 7, que sirve a su vez como ejemplo para el resto de transectos realizados dado que no se han apreciado variaciones relevantes entre ellos en la interpretación de los resultados obtenidos.

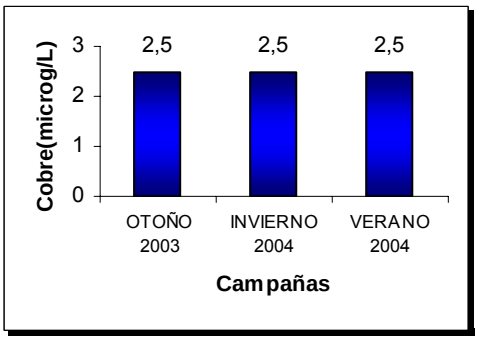


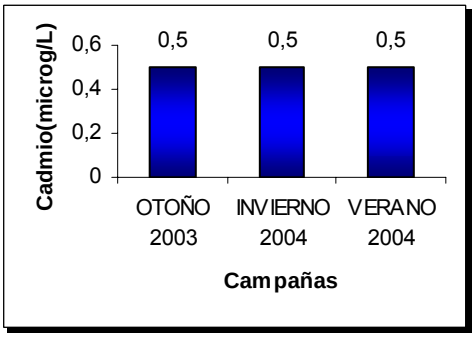



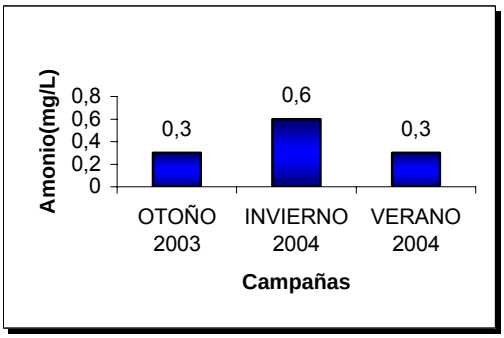

Silicatos(microg/L)
80
60
40
20
0
74
44
18
OTOÑO 2003
INVIERNO 2004
VERANO 2004
Campañas

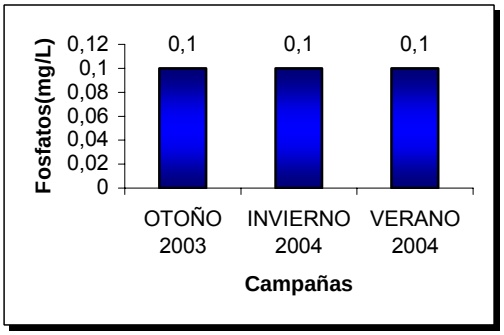

Mercurio(mg/L)
0,25
0,2
0,15
0,1
0,05
0
0,0001
0,2
0,0001
OTOÑO 2003
INVIERNO 2004
VERANO 2004
Campañas

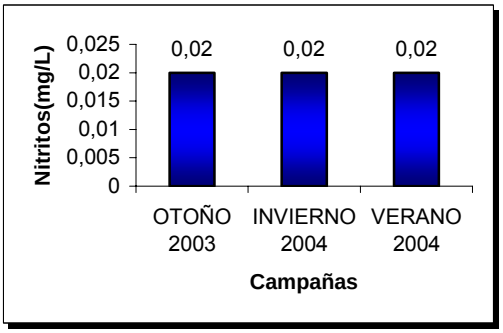

H.C. Totales(mg/L)
0,015
0,01
0,005
0
0,01
0
0,01
OTOÑO 2003
INVIERNO 2004
VERANO 2004
Campañas


Cobre(microg/L)
3
2
1
0
2,5
2,5
2,5
OTOÑO 2003
INVIERNO 2004
VERANO 2004
Campañas


Cadmio(microg/L)
0,6
0,4
0,2
0
0,5
0,5
0,5
OTOÑO 2003
INVIERNO 2004
VERANO 2004
Campañas


Amonio(mg/L)
0,8
0,6
0,4
0,2
0
0,3
0,6
0,3
OTOÑO 2003
INVIERNO 2004
VERANO 2004
Campañas


Fosfatos(mg/L)
0,12
0,1
0,08
0,06
0,04
0,02
0
0,1
0,1
0,1
OTOÑO 2003
INVIERNO 2004
VERANO 2004
Campañas


Nitritos(mg/L)
0,025
0,02
0,015
0,01
0,005
0
0,02
0,02
0,02
OTOÑO 2003
INVIERNO 2004
VERANO 2004
Campañas

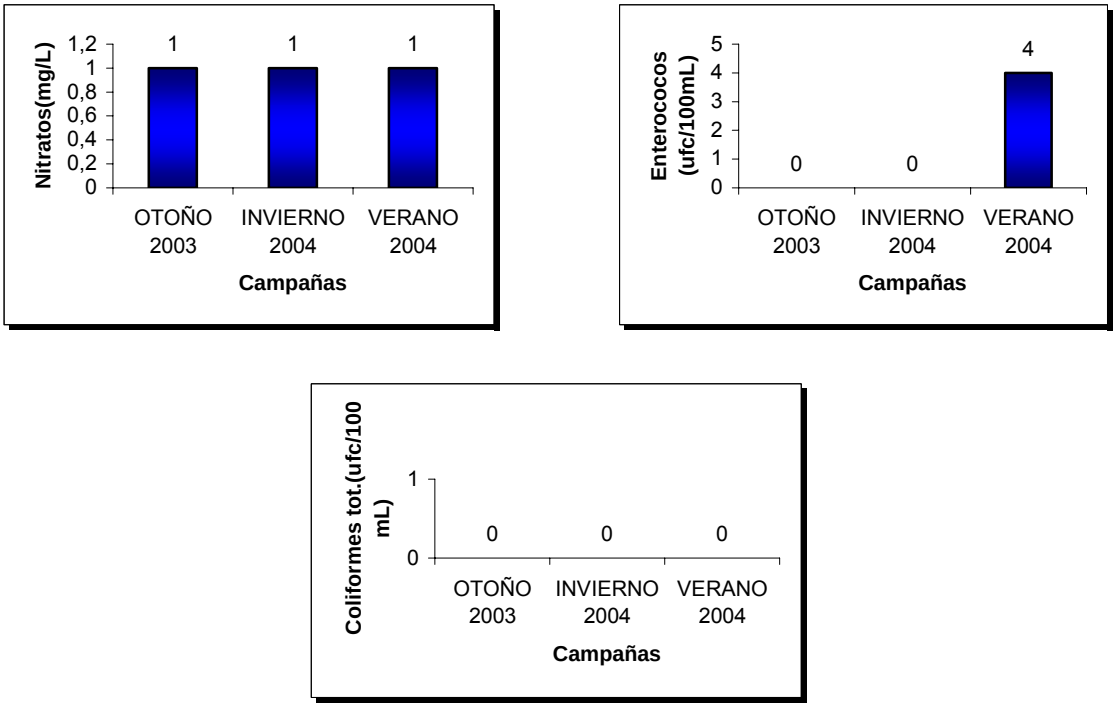



**figura 48. Evolución en el tiempo de los parámetros en estudio. Ejemplo: Transecto 7 (T7/E2/05)**

En cuanto a la valoración de los resultados analíticos obtenidos frente a criterios legales de referencia, cabe decir, que dada la inexistencia de estándares de calidad de aguas litorales de carácter legal a nivel autonómico, se han empleado los desarrollados en otras comunidades autónomas en las que la legislación respecto a la calidad de las aguas litorales se encuentra en un estado más avanzado de desarrollo, así como a criterios de referencia internacionales. De este modo los criterios de referencia seguidos son:

- Orden 14 de febrero de 1997 (Andalucía), por el que se clasifican las aguas litorales andaluzas y se establecen los objetivos de calidad de las aguas afectadas por los vertidos, en desarrollo del Decreto 14/1996, de 16 de enero, por el que se aprueba el reglamento de calidad de las aguas litorales (BOJA nº 27, de 4 de marzo de 1997).
- Canadian Environmental Quality Guidelines (December 2003): Guías de calidad para la vida acuática marina.

| PARÁMETROS Y UNIDADES | OBJETIVOS DE CALIDAD ORDEN 14 DE FEBRERO DE 1997(ANDALUCÍA) | | | | CANADIAN ENVIRONMENTAL QUALITY GUIDELINES (DECEMBER 2003) |
|---|---|---|---|---|---|
| | Aguas especiales | Aguas limitadas | Aguas normales | Aguas menos limitadas | Water Aquatic Life: Marine |
| **Microbiología** | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Amonio (µg/L)** | 600 | 1200 | 1000 | 1000 | --- |
| **Nitratos (mg/L)** | 0,7 | 1,4 | 1 | 1 | 16 |
| **Nitritos (mg/L)** | 0,6 | 1 | 0,6 | 0,6 | --- |
| **Fosfatos (mg/L)** | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Cadmio (µg/L)** | 2,5 | 5 | 2,5 | 2,5 | 0,12 |
| **Cobre (µg/L)** | 20 | 40 | 20 | 20 | --- |
| **Mercurio (µg/L)** | 0,3 | 0,5 | 0,3 | 0,3 | --- |
| **Hidrocarburos (mg/L)** | (*) | (*) | (*) | (*) | --- |
| **Silicatos (µg Si/L)** | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Sólidos Suspensión (mg/L)** | 1,15 MN | 1,3MN | 1,2MN | 1,2MN | --- |
| **TOC (mg C/L)** | 2 | 5 | 3 | 3 | |

(*) Sin película en la superficie del agua y ausencia de olor

MN: Medio normal en la zona no afectada por el vertido

**tabla 17 Objetivos de Calidad para las Aguas Litorales Andaluzas y Guías de Calidad canadienses para la vida acuática marina**

De la comparación de los resultados obtenidos con respecto a los criterios de valoración anteriormente expuestos, se puede decir que en todos los casos, los parámetros en estudio se encuentran por debajo, tanto de los objetivos de calidad más restrictivos (aguas especiales) establecidos en la Orden de 14 de febrero como de los valores guía

establecidos, para la vida acuática marina, en el documento de referencia *Summary of Existing Canadian Environmental Quality Guidelines, December 2003.*

Como información adicional se solicitaron al Servicio Canario de Salud, de la Dirección General de Salud Pública, los resultados analíticos registrados en los años 2001-2002 de los análisis microbiológicos de las aguas de mar de las playas y zonas de baño de la Isla de la Palma, integradas en el Programa de Vigilancia y Control de Zonas Recreativas Costeras de Canarias. En enero de 2003, Grupo Interlab S.A. recibe los resultados registrados en los años 2001 y 2002 de los análisis microbiológicos de las zonas anteriormente descritas.

### 1.3.1.2. Calidad del sedimento

1.3.1.2.1. Variables consideradas

La calidad de los sedimentos del litoral de la Isla de La Palma se ha valorado en función de los resultados obtenidos de los parámetros analizados en cada una de las estaciones de muestreo planificadas. Los analitos considerados han sido los siguientes:

- ✓ Metales, dentro de los cuales encontramos: *cadmio (Cd), mercurio (Hg), plomo (Pb), cobre (Cu) y zinc (Zn).*
- ✓ Hidrocarburos totales.
- ✓ Microbiología, estudiando *coliformes totales* y *enterococos.*
- ✓ Potencial Redox.

La campaña de muestreo se ha realizado entre finales de 2.003 y principios de 2.004, elaborando un planning de muestreo que ha cubierto todo el perímetro de la isla, que constituye un total de 30 zonas de muestreo. En la cartografía (Plano Nº 4, Localización de estaciones de muestreo de Calidad de sedimentos) pueden observarse los puntos exactos correspondientes a cada una de las estaciones de Calidad de Sedimento.

Las zonas más afectadas por la actividad antrópica de la isla, han sido sometidas a un análisis más exhaustivo, incrementado el número de muestras tomadas en las mismas. Estas zonas son los puertos de Santa Cruz de la Palma y Tazacorte, que se corresponde con los puntos de muestreo Z01 y Z18, respectivamente.

*1.3.1.2.2.* Valoración de la calidad de los sedimentos por parámetros

A la vista de los resultados obtenidos, **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**, se puede observar que todos los parámetros siguen una tendencia general en cada caso, exceptuando muy pocos puntos que se desvían de la misma. A continuación se realiza una valoración individualizada por parámetro, con el objeto de poder discernir con mayor facilidad qué zonas se diferencian del resto.

- ✓ *Cadmio (Cd).* La gran mayoría de los análisis muestran que el analito en cuestión es menor que el límite de cuantificación de la técnica analítica, 0,03 μg/g, exceptuando muy pocos valores de las estaciones *Z01-12, Z02-05/06/14, Z07-04/11* y *Z09-76* cuyos rangos de valores se encuentran entre 0,08-0,3 μg/g.
- ✓ *Mercurio (Hg).* Igualmente que el caso anterior todos los resultados son inferiores al límite de cuantificación de la técnica analítica , 0,02 μg/g, a excepción de tres puntos de la estación *Z01-07/12/15* con valores de 0,05, 0,08 y 0,06 μg/g, respectivamente. Se debe recordar que la estación Z01 pertenece al Pto. Sta. Cruz de La Plama.
- ✓ *Plomo (Pb).* Los análisis de plomo muestran que existe una tendencia general de que los valores están entre 0-5 μg/g, existiendo valores muy poco frecuentes entre 10-20 μg/g, como son: *Z09-14, Z11-44, Z14-25, Z16-22, Z19-10, Z21-09, Z27-01, Z30-06.*
- ✓ *Cobre (Cu).* Como en el caso anterior, aparece una tendencia general que sitúa los valores entre 10-30 μg Cu/g, encontrando valores superiores a 30 μg/g únicamente en la zona portuaria de Tazacorte: *Z18-30/31/32/33/39/40/41/42/91,* con valores que sobrepasan los 50 μg/g.
- ✓ *Zinc (Zn).* La tendencia general en este caso es de valores entre 10-35 μg Zn/g, con valores entre 40-70 μg/g en las siguientes estaciones: *Z01-12/14/15, Z02-20/24/27, Z03-02, Z18-91, Z19-23.* Como se puede ver, vuelve a tratarse de zonas portuarias.
- ✓ *Hidrocarburos totales.* En la mayoría de los casos los resultados analíticos están por debajo del límite de cuantificación de la técnica e incluso aparecen como no detectados. Sin embargo hay valores, correspondientes a las zonas portuarias, que sí muestran una presencia de hidrocarburos en el medio. Estos puntos son: *Z01-12/15/18/26/27/30 y Z02-31/32/56/84*, aunque también en los puntos *Z05-61 y Z30-02* se han encontrado concentraciones similares a las zonas anteriores.

- ✓ *Microbiología.* En cuanto a la presencia de indicadores de contaminación fecal, las estaciones de muestreo: *Z01-01/05/08/09/46/51, Z02-01/11/12/14/23/24/28/29, Z04-04/28/49/60/66/72, Z05-50/55/102, Z06-01/03/04/05/11/105, Z15-57/63, Z18-27/28/29/30/31/39/40/42/52, Z21-07/17/20/28/29/30, Z28-03/11 Y Z30-01/02/03/09*, presentan concentraciones de *enterococos* muy superiores a las de *coliformes totales*. Nuevamente las zonas portuarias aparecen como ejemplos de la presencia del parámetro valorado.

De forma general los rangos de concentraciones encontrados para los parámetros en estudio en la matriz sedimento oscilan entre los siguientes valores:

| PARÁMETROS Y UNIDADES | TENDENCIA GENERAL | RANGO DE DESVIACIONES |
|---|---|---|
| **Cadmio (µg/g)** | **<0,03** | **0,08-0,3** |
| **Cobre (µg/g)** | **10-30** | **35-60** |
| **Mercurio (µg/g)** | **<0,02** | **0,05-0,08** |
| **Plomo (µg/g)** | **0-5** | **10-20** |
| **Zinc (µg/g)** | **10-35** | **40-70** |
| **Hidrocarburos totales** | **N.D** | **<5-17** |
| **Coliformes totales (ufc/gr)** | **0** | **2-500** |
| **Enterococos (ufc/gr)** | **0** | **2-980** |

**tabla 18 Rangos de concentraciones para los parámetros en estudio en la matriz sedimento**

1.3.1.2.3. Valoración de la calidad de los sedimentos

En cuanto a la valoración de los resultados analíticos, cabe decir que, al igual que en el caso de las aguas litorales, no existen criterios de referencia de carácter legal a nivel autonómico para la matriz sedimento. De este modo se han empleado, los criterios que el CEDEX establece para la gestión del material dragado en puertos españoles, y criterios de referencia internacionales. De este modo los criterios de referencia seguidos son:

- ➢ Recomendaciones Generales de gestión del Material Dragado del CEDEX.

- Canadian Environmental Quality Guidelines (December 2003): Guías de calidad para los sedimentos marinos.

| PARÁMETROS Y UNIDADES | CANADIAN ENVIRONMENTAL QUALITY GUIDELINES (DECEMBER 2.003) | R.G.M.D. CEDEX (1.994) | TENDENCIA GENERAL | RANGO DE DESVIACIONES |
|---|---|---|---|---|
| Cadmio (μg/g) | 0,7 | 1 | <0,03 | 0,08-0,3 |
| Cobre (μg/g) | 18,7 | 100 | 10-30 | 35-60 |
| Mercurio (μg/g) | 0,13 | 0,6 | <0,02 | 0,05-0,08 |
| Plomo (μg/g) | 30,2 | 120 | 0-5 | 10-20 |
| Zinc (μg/g) | 124 | 500 | 10-35 | 40-70 |

**tabla 19 Comparativa Analítica de Sedimentos**

Nota.- Los parámetros de *microbiología* e *hidrocarburos totales* no se encuentran recogidos en los dos criterios de referencia consultados.

De la comparación de los resultados obtenidos con respecto a los criterios de valoración anteriormente expuestos, se observa que la mayor parte de los parámetros analizados se encuentran por debajo, tanto de los criterios establecidos por las R.G.M.D. del CEDEX para la calidad de material de dragado, como de los valores guía establecidos para sedimentos marinos, en el documento de referencia *Summary of Existing Canadian Environmental Quality Guidelines, December 2003.* Tan sólo el parámetro cobre, supera en muchos de los casos el valor definido como guía de calidad en los criterios canadienses anteriormente recogidos.

### 1.3.2. Cartografía bionómica (comunidades naturales)

#### 1.3.2.1. Variables consideradas

#### 1.3.2.2. Valoración de las comunidades

1.3.2.2.1. Intermareal

En cualquier tramo del litoral bajo la influencia de la acción de las mareas se producen cambios ambientales bruscos: temperatura, salinidad, iluminación, pH, etc. cuando se pasa del periodo de pleamar al de bajamar. Los organismos bentónicos que pueblan estos sustratos se agrupan en bandas o cinturas más o menos horizontales, dependiendo de los mecanismos adaptativos que tengan, aunque otros organismos han optado por buscar refugio en los charcos intermareales que se forman durante la bajamar.

Como consecuencia de las mareas, el periodo de tiempo en que quedan emergidos los organismos bentónicos del piso intermareal es bastante diferente en los niveles superior e inferior de una rasa intermareal, con los organismos mejor adaptados a la emersión presentes en los niveles superior y medio mientras que los organismos peor adaptados van a situarse cerca del limite inferior de la bajamar, donde los periodos de emersión son bien cortos. De esta forma, los diversos organismos presentes en el piso intermareal forman bandas o cinturas, con colores distintivos, situándose cada una de ellas en el nivel más adecuado a sus exigencias fisiológicas y ecológicas.

En total se han recolectado 75 especies bentónicas diferentes en las seis rasas intermareales muestreadas, con una clara mayoría de especies de microalgas, seguidas de diversos grupos de invertebrados marinos (principalmente moluscos, crustáceos y equinodermos) y en mucha menor medida peces.

Respecto al análisis de similitud de Bray-Curtis, tanto la gráfica del cluster de similitud como la gráfica MDS indican ciertas afinidades entre las localidades muestreadas, con agrupamientos que se mantienen independientemente del periodo de recolección entre las distintas bandas de las distintas estaciones. Por otra parte, se observa una mayor proximidad entre las comunidades presentes en localidades de Fuencaliente, Punta Banco y Punta Larga por un lado, y entre las de Punta Cumplida y Punta Gorda por otro. Estas afinidades podrían estar derivadas de la semejanza en las características oceanográficas entre las respectivas localidades.

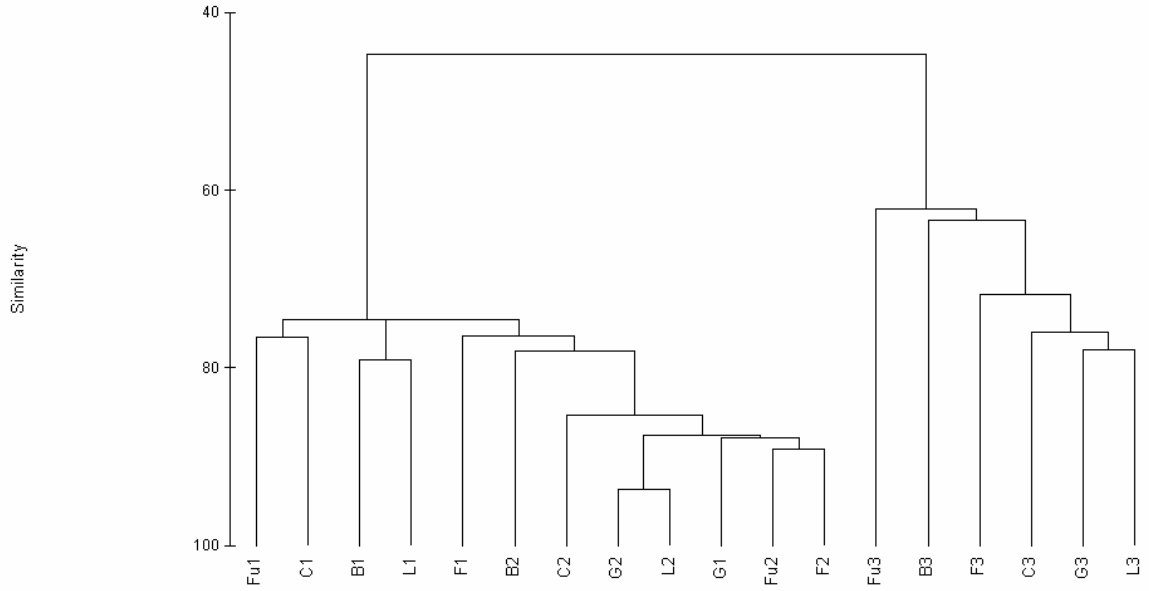



**figura 49.- Índice de similitud de Bray-Curtis para muestreos de primavera 2004.**

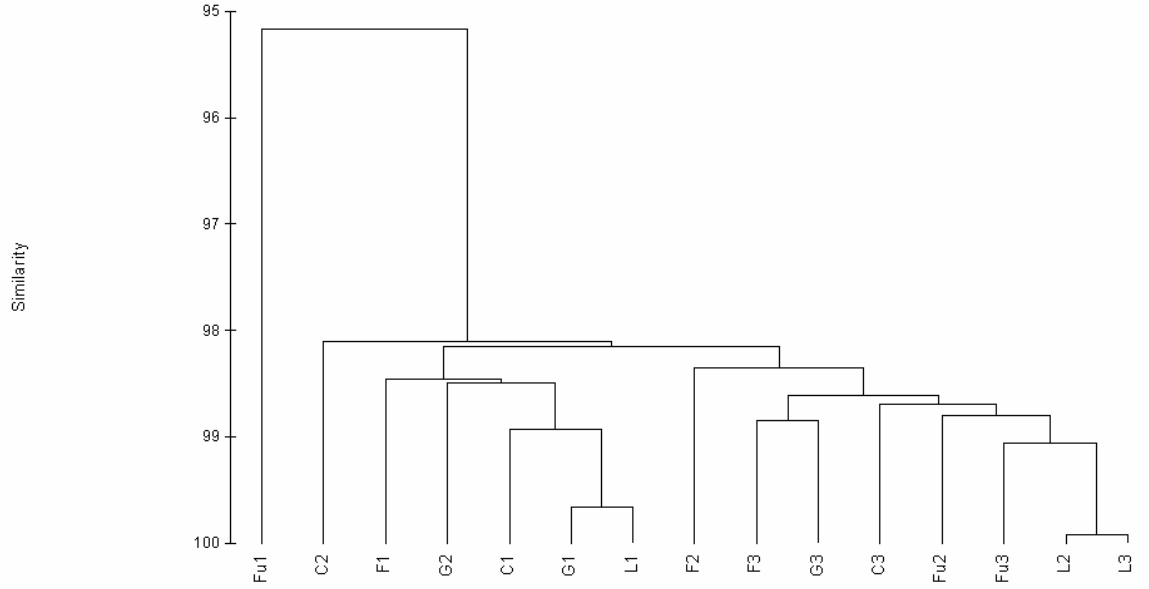



**figura 50.- Índice de similitud de Bray-Curtis para muestreos de otoño 2004.**

**figura 51.- MDS para localidades intermareales durante el muestreo de primavera 2004.**

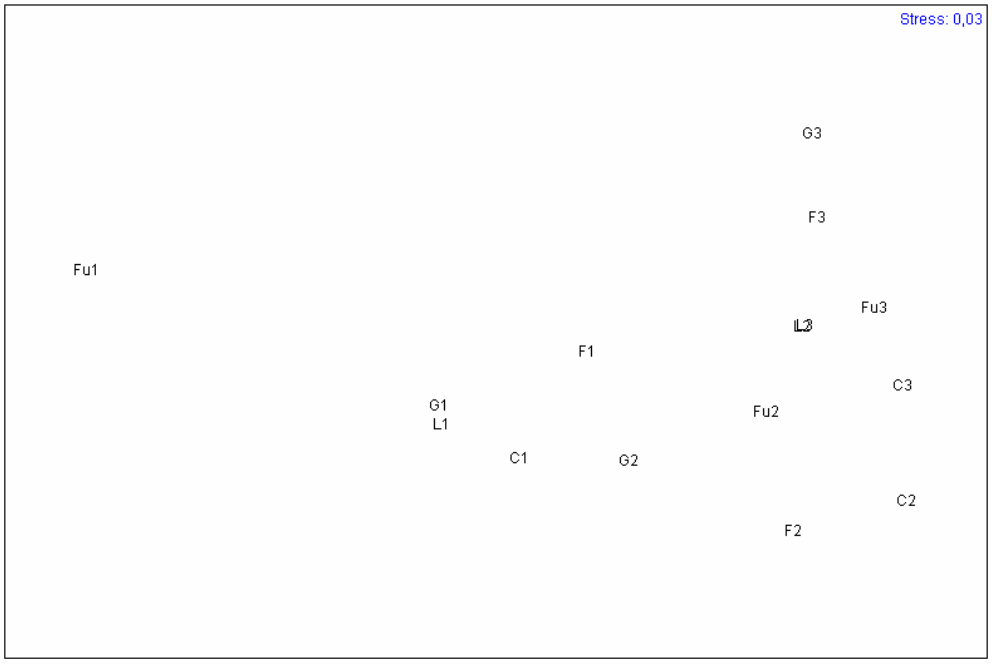



**figura 52.- MDS para localidades intermareales durante el muestreo de otoño 2004.**

A continuación se describen las principales comunidades bentónicas presentes en las cinco localidades muestreadas a lo largo del perímetro insular:

**Los Cancajos**

Esta localidad orientada al oleaje reinante del NE es un punto de gran afluencia de bañistas y a su alrededor se ha desarrollado la principal zona turística costera de la isla. En los extremos de la ensenada principal, la cual está protegida del oleaje por unos arrecifes artificiales a modo de prismas basálticos, que disipan gran parte de la energía de las olas, se localizan rasas intermareales con acúmulos de arenas volcánicas.

El muestreo de esta localidad permitió diferenciar una zonación con tres bandas:

- Banda 1: banda superior compuesta por arena negra y callaos, con charcos de escasa profundidad y fondo arenoso. Prácticamente no se detectan macroalgas, pero si una extensa variedad de pequeños invertebrados entre los que destacan: *Osilinus atratus*, *Littorina striata*, *Stramonita haemastoma*, *Chthamalus stellatus*, *Palaemon elegans* y pequeños cangrejos. En los escasos charcos se observan juveniles de cabosos (*Ophioblenius spp*.).

- Banda 2: en las plataformas rocosas aparecen mayor número de charcos y canales que corren hasta el tramo final del intermareal. En las partes más emergidas aparece la comunidad de cirrípedos (*Chthamalus stellatus*). Durante el muestreo de se observo la dominancia de la comunidad del alga verde *Trichosolen miura* que tras los meses de verano desapareció y no fue recolectada en otoño. En los charcos se observa gran número de individuos de *Padina pavonica*, *Palaemon elegans*, algunos opistobranquios, lapas de pequeño tamaño (*Patella spp*.) y diversas especies de esponjas.

- Banda 3: en el tramo inferior del piso intermareal, donde las plataformas rocosas están prácticamente sumergidas todo el tiempo y las comunidades bentónicas están más afectadas por el oleaje reinante, aparece un importante recubrimiento algal, sobre todo de especies de ceramiaceas. Las algas más representativas de esta zona son: *Caulacanthus ustulatus*, *Ceramium spp*., *Centroceras clavulatum*, junto con *Corallina elongata*, etc.

**Fuencaliente**

Esta localidad se extiende por las coladas volcánicas del extremo S de la isla y en su vertiente de sotavento (costa E) esta sometida al embate del oleaje derivado de los vientos alisios mientras que en su vertiente a barlovento (costa O), la fuerza del oleaje es mucho menor y las aguas están más aplaceradas. En los fondos cercanos de la pequeña rada de

Fuencaliente predominan grandes bloques basálticos y tramos de arenas volcánicas, de color negro-parduzco, que con los temporales de invierno y mar de fondo se resuspende, ocasionando un fuerte incremento de la turbidez costera y, por consiguiente disminución de la penetración de la luz.

El análisis de la distribución vertical de las diferentes comunidades bentónicas nos permitió diferenciar tres niveles desde el tramo superior al tramo inferior del piso intermareal.

- Banda 1: los primeros metros del intermareal superior presenta charcos supralitorales entremezclados con la comunidad emergidas de cirrípedos (*Chthamalus stellatus*). Los charcos tienen sus fondos tapizados de algas calcáreas y *Cystoseira humilis*, que aparecen como las especies dominantes, junto con pequeños cabosos, esponjas y algunas liebres de mar (*Aplysia dactylomela*). Entremezclados con Cystoseira pueden aparecer algunos ejemplares de *Sargassum spp*. y de *Dictyota spp*.

- Banda 2: zona correspondiente al intermareal medio, con plataformas rocosas entremezcladas con paredones de mas de un metro de fuerte desnivel, donde pueden aparecer diversas especies de apetencias más esciáfilas, como son ciertas algas rojas: *Laurencia majuscula, Laurencia viridis, Chondrophycus perforata*, etc. Entre las especies de hábito fotófilo abundan *Padina pavonica*, *Colpomenia sinuosa*, *Lobophora variegata* y pequeños ejemplares de *Stypocaulon scoparium*.

- Banda 3: en esta localidad esta cintura de vegetación es de escaso desarrollo, destacando la presencia del alga parda *Stypocaulon scoparium* como especie dominante, junto a un variado césped de ceramiaceas, entre las que se pueden desarrollar ejemplares dispersos de *Colpomenia sinuosa* e *Hydrochlatrus clatrhatus*. El límite inferior queda marcado por comunidades de *Cystoseira abies-marina.*

**Punta Larga**

- Esta localidad se sitúa en la vertiente a sotavento de la isla, con menor incidencia del oleaje, aunque durante los grandes temporales invernales puede soportar periodos de gran intensidad. Es una colada volcánica, basáltica que, una vez bajo la superficie del mar, se fragmenta en grandes bloques con desniveles marcados. A lo largo de esta plataforma intermareal se reconocieron tres bandas de zonación:

- Banda 1: En esta cintura costera de poca extensión se sitúan los charcos supralitorales, donde pueden aparecer *Cystoseira humilis*, *Sargassum vulgare*, *Padina pavonica* y algunas

plantas de pequeño tamaño de *Stypocaulon scoparium*. Por otra parte, la comunidad de cirrípedos (*Chthamalus stellatus*) no está plenamente desarrollada.

- Banda 2: en el nivel medio del intermareal los charcos son algo más profundos y junto con *Cystoseira spp*. aparecen otras algas pardas fotófilas como son *Sargassum vulgare*, *Padina pavonica* y *Stypocaulon scoparium*. En este nivel, las rocas emergidas están dominadas por comunidades cespitosas de *Laurencia spp*., presentando una gran inclinación del substrato rocoso.

- Banda 3: el tramo inferior del piso intermareal esta definido casi con exclusividad por las comunidades de algas pardas fotófilas: *Cystoseira abies-marina* y *Stypocaulon scoparium*. A nivel del mar, ya en los inicios del submareal, aparecen grandes rocas, que generan los ambientes propicios para el desarrollo de organismos filtradores (balanos) o incrustantes (algas calcáreas y lapas).

**Punta Gorda**

A pesar del corto recorrido de esta rasa intermareal, orientada al NO y sometida a un fuerte oleaje, también es posible reconocer tres niveles de zonación en la misma.

- Banda 1: en este intermareal tan poco desarrollado, los escasos charcos supralitorales poseen diversas especies típicas de estos tipos de hábitats, como son *Cystoseira humilis* y en menor medida, *Spyridia filamentosa* y otras macroalgas bentónicas, como pueden ser *Padina pavonica* y más escasamente *Lobophora variegata*.

- Banda 2: Por debajo de la banda de cirrípedos, que tan nítidamente se diferencian en este litoral, van a aparecer céspedes de algas rojas de la familia ceramiaceas, siendo la vegetación cespitosa dominante.

- Banda 3: El límite de mareas viene marcado por la presencia de mayores poblaciones de *Cystoseira abies-marina*, junto a *Lobophora variegata*. En diversos puntos del litoral aparecen poblaciones de *Dictyota fasciola var. repens* que resiste los embates del mar. La intensidad de oleaje impide el asentamiento de un gran número de especies vegetales bentónicas, si bien se observan diversos ejemplares de invertebrados marinos, sobre todo balanos y patelidos.

**Punta Cumplida (Fajana de Barlovento)**

El tramo costero entre la Fajana de Barlovento y Punta Cumplida presenta las rasas intermareales más extensas del litoral palmero, aunque por su situación geográfica en el vértice N-NE de la isla soporta un fuerte oleaje casi todo el año.

- Banda 1: en esta zona se sitúan diversos charcos supralitorales que contienen una abundante fauna de peces bentónicos (cabosos y gobidos) tanto adultos como juveniles, junto a comunidades de algas pardas fotófilas como son *Padina pavonica*, pequeños ejemplares de *Lobophora variegata* y *Cystoseira humilis*. Su límite inferior esta delimitado por la existencia de comunidades casi monoespecíficas del cirrípedo *Chthamalus stellatus*.

- Banda 2: Esta zona intermedia posee una mayor riqueza específica y en ella se desarrollan diversos invertebrados moluscos como son burgaos (*Osilinus atratus*), lapas (*Patella spp.*) y *Stramonita haemastoma*, mientras que entre las macroalgas más abundantes destacan *Laurencia spp*., *Padina pavonica* y *Stypocaulon scoparium*.

- Banda 3: El límite inferior de esta zona intermareal está definido por una extensa pradera de *Cystoseira abies-marina*, que deja algunos claros en las rocas que son ocupados por escasos ejemplares del alga roja endémica *Gelidium canariense,* junto a otras macroalgas minoritarias.

1.3.2.2.2. Submareal

Para este estudio se han analizado un total de 26 estaciones submareales que cubren el espectro de variabilidad de comunidades bentónicas existentes en el litoral de La Palma por encima de los 50 m de profundidad. En la Tabla II aparecen recogidas las distintas profundidades a las cuales se han realizado los muestreos de las localidades del piso submareal, tanto en lo que se refiere a los muestreos para la caracterización bionómica del bentos como a los pertenecientes a la toma de datos para evaluar las comunidades ícticas asociadas al mismo. El rango de profundidad de las localidades estudiadas fue de entre 4 y 42 m, abarcando diversos tipos de substratos: pedregal, arenas, fangos y rocoso.

| LOCALIDAD | PROFUNDIDAD (m) |
|---|---|
| T5-A | 15 |
| T5-C | 25 |
| T 10-H | 28 |
| T 11-AJ | 34 |

| LOCALIDAD | PROFUNDIDAD (m) |
|---|---|
| T 18-CN | 37 |
| T 20-FD | 13 |
| T 27-RV | 6 |
| T 32-R | 8 |

| LOCALIDAD | PROFUNDIDAD (m) |
|---|---|
| T 36-V | 24 |
| T 46-RV | 16 |
| T 49-A | 20 |
| T 51-RV | 16 |
| T 56-R | 21 |
| T 60-FD | 20 |
| T 65-B | 11 |
| T 69-AJ | 39 |
| T 72-A | 19 |

| LOCALIDAD | PROFUNDIDAD (m) |
|---|---|
| T 72-RV | 11 |
| T 82-R | 23 |
| T 88-RV | 8 |
| T 98-A | 32 |
| T 102-C | 36 |
| T107-B | 27 |
| T114-AJ | 30 |
| T435-CN | 42 |
| T475-AJ | 27 |

**tabla 20 Profundidad media de las localidades muestreadas en el piso submareal.**

**Bentos.**

Respecto a especies bentónicas decir que se han identificado un total de 145 especies diferentes, englobando tanto las macroalgas como a los invertebrados marinos presentes en los diversos tipos de sustratos prospectados: rocoso, pedregal, arenoso y fangoso.

Con respecto a la interpretación de los resultados obtenidos a través de los análisis de similitud (Cluster de Bray-Curtis y MDS) la observación principal que se puede hacer es la heterogeneidad de las distintas muestras, tanto entre los diferentes tipos de hábitats/sustratos prospectados como con respecto al tiempo. No se detecta ningún patrón específico para agrupamientos determinados o afinidades entre tipos semejantes de sustratos.

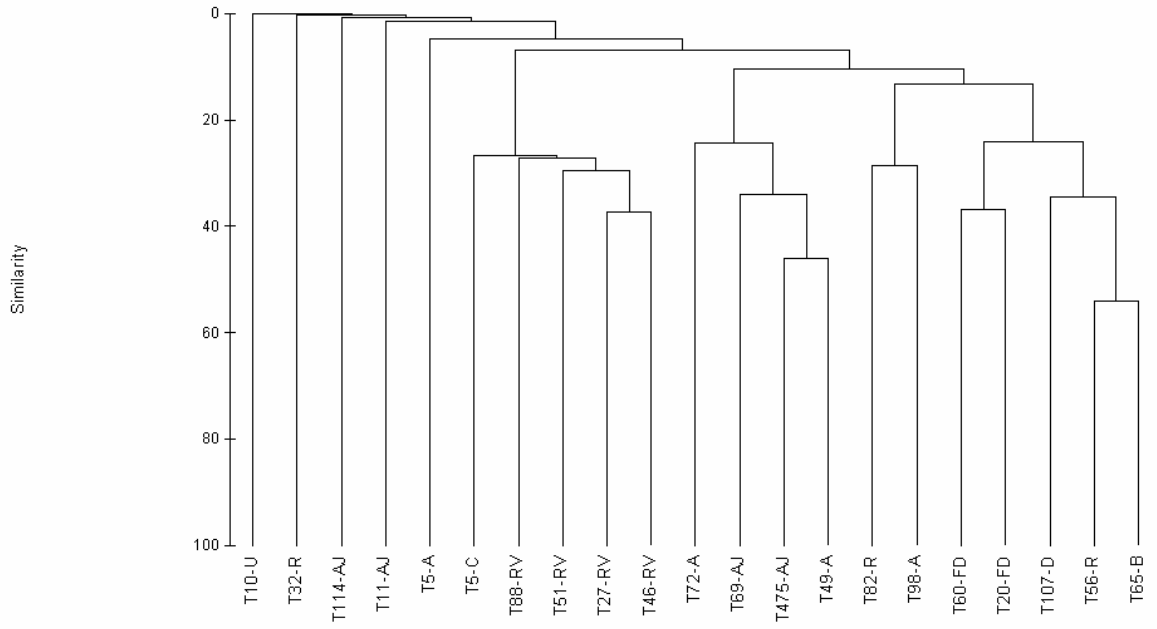



**figura 53. Índice de similitud de Bray-Curtis entre localidades para muestreos bentónicos submareales de primavera 2004.**

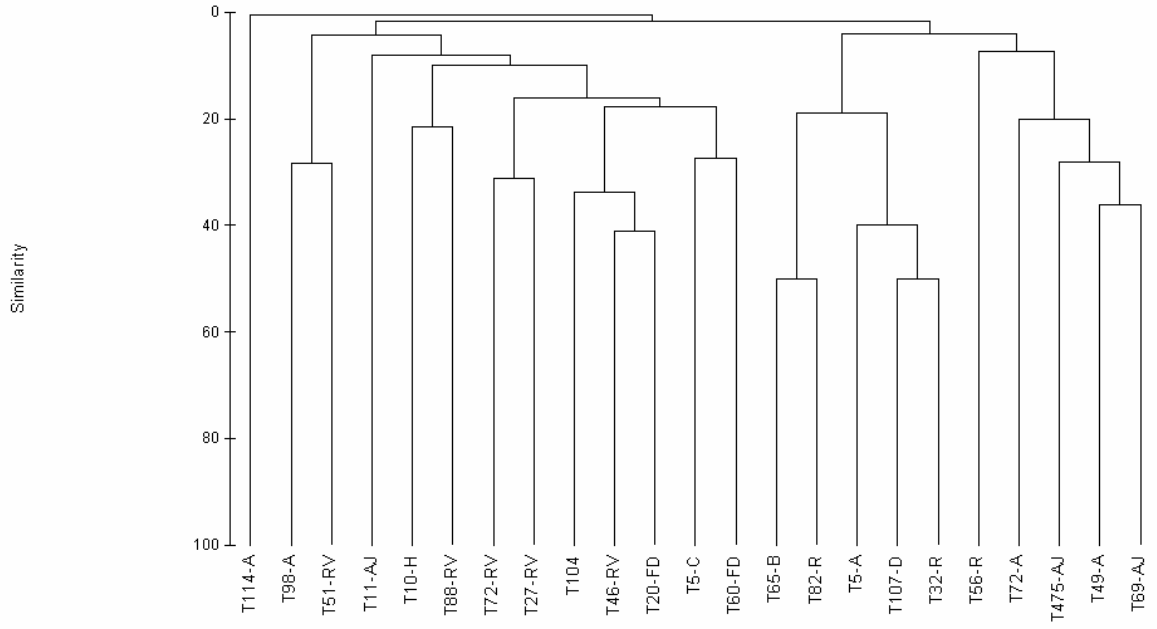



**figura 54 Índice de similitud de Bray-Curtis entre localidades para muestreos bentónicos submareales de otoño 2004.**

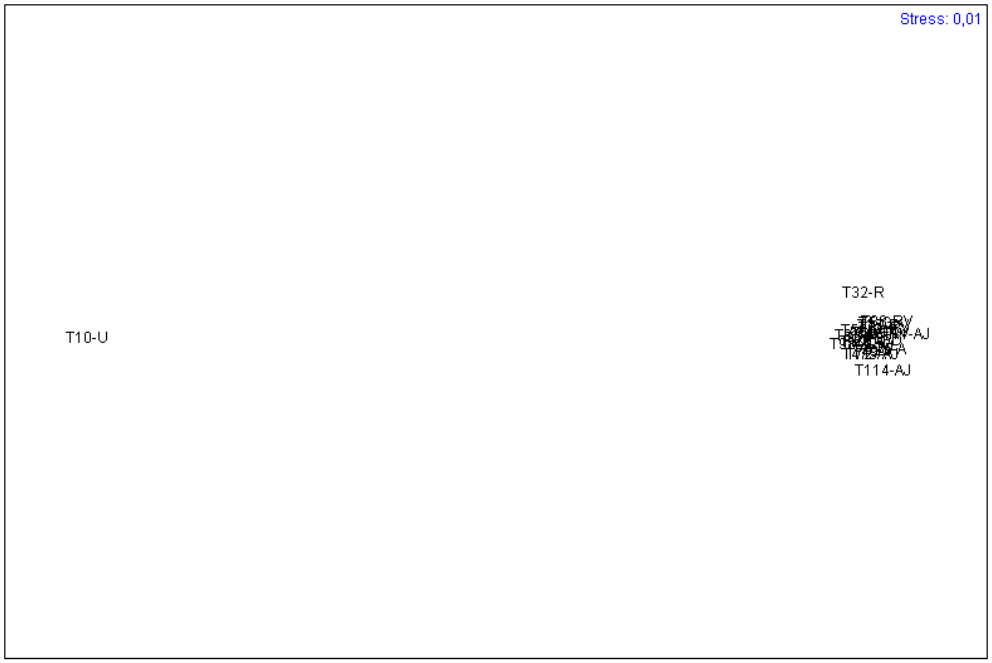



**figura 55. MDS para localidades bentónicas submareales durante el muestreo de primavera 2004.**

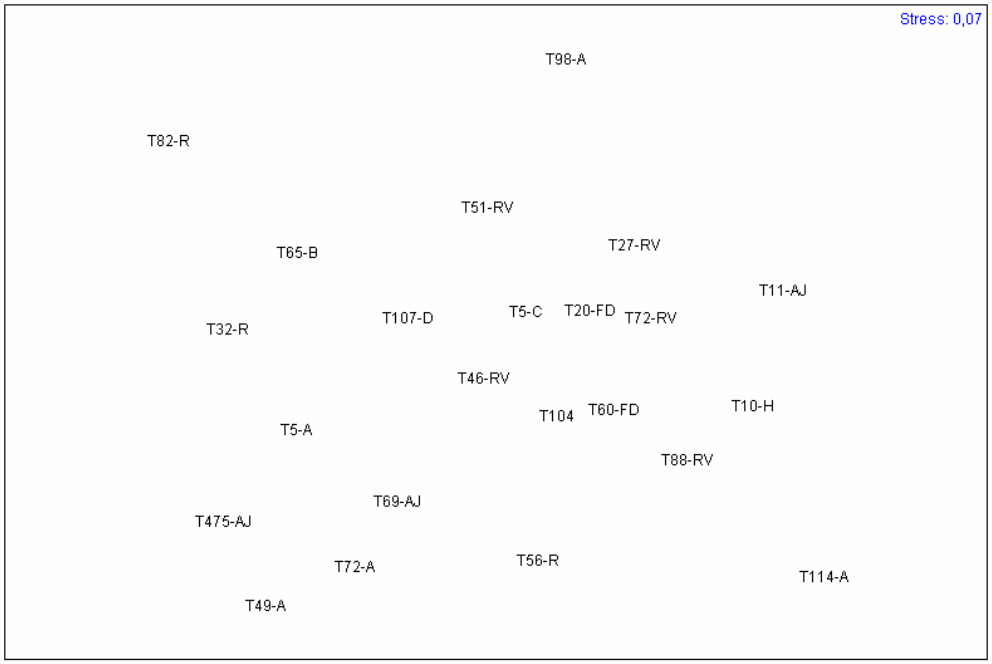



**figura 56. MDS para localidades bentónicas submareales durante el muestreo de otoño 2004.**

## Peces.

El análisis de los datos referidos a las comunidades ícticas submareales pone de manifiesto la presencia de al menos 31 especies, siendo las bogas (*Boops boops*) y la fula blanca (*Chromis limbatus*) las dos especies más abundantes, seguidas más de lejos por pejeverde (*Thalassoma pavo*) y fula negra (*Abudefduf luridus*).

Al contrario de lo que sucedía para la interpretación de los resultados obtenidos a través de los análisis de similitud (Cluster de Bray-Curtis y MDS) para las comunidades bentónicas submareales, al analizar los datos obtenidos para las comunidades ícticas se pueden vislumbrar unos agrupamientos de las poblaciones de peces entorno a diferentes hábitats: arena-arena con anguila jardinera (*Heteroconger longissimus*) por una parte, y por otra parte, fondos rocosos vegetados (de poca profundidad) más débilmente asociados a fondos rocosos de blanquizal (*Diadema antillarum*). El claro aislamiento de las localidades T49-A en primavera y T10-H en otoño respecto al resto de las localidades parece deberse a la falta de registros de peces en dichas localidades en los respectivos periodos de muestreo. Otra observación que debemos hacer es la heterogeneidad de las localidades, tanto en lo que se refiere a los diferentes tipos de hábitats/sustratos prospectados como con respecto al tiempo, entremezclándose fondos vegetados con fondos detríticos o con anguila jardinera en los muestreos de primavera, para modificarse completamente el patrón en el muestreo de otoño.

Posiblemente, la movilidad de la fauna íctica también sea uno de los factores principales que determinan la composición faunística en un momento dado dentro de un hábitat submareal concreto. Pero, en línea con los datos recientemente publicados por Tuya et al. (2004 y 2005), la baja diversidad específica de los fondos rocosos someros de islas como La Palma con grandes extensiones de blanquizal sea determinante para comprender mejor la escasa diferenciación existente entre las localidades analizadas.

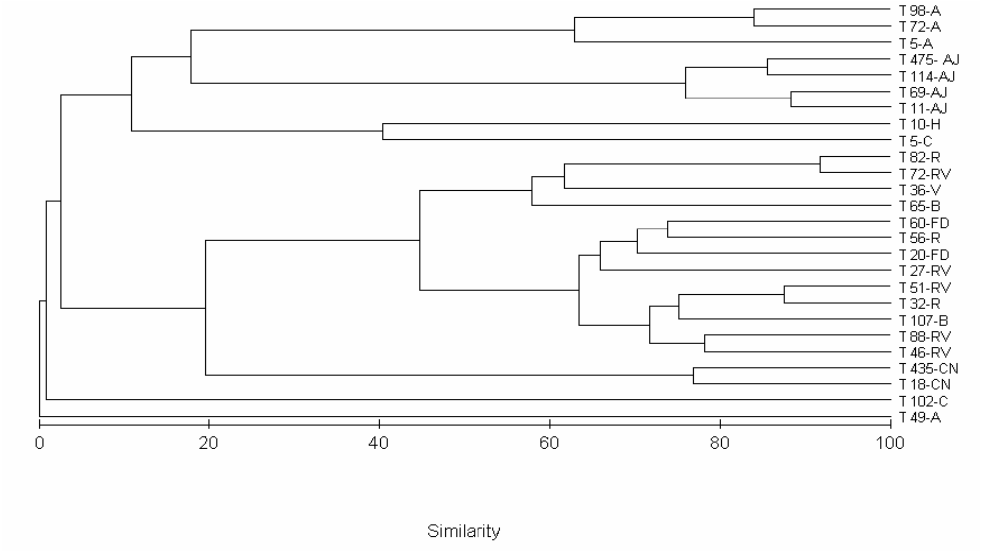



**figura 57. Índice de similitud de Bray-Curtis entre las comunidades de peces en localidades submareales, primavera 2004.**

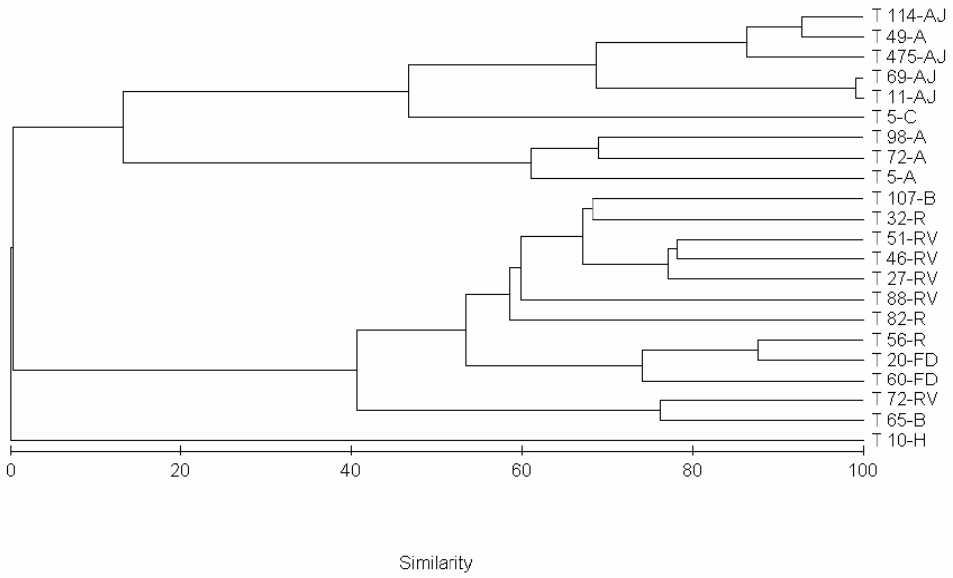



**figura 58 Índice de similitud de Bray-Curtis entre las comunidades de peces en localidades submareales, otoño 2004.**

**figura 59. MDS para comunidades de peces en localidades submareales, primavera 2004.**

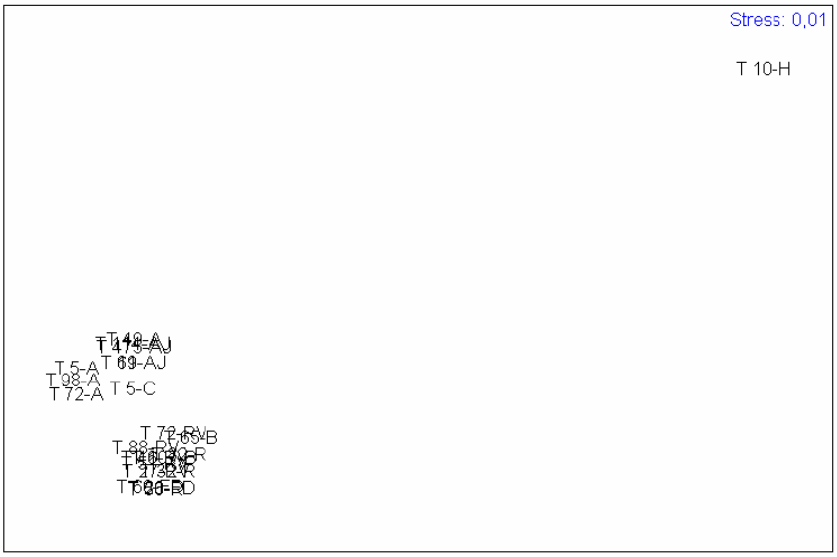



**figura 60. MDS para comunidades de peces en localidades submareales, otoño 2004.**

### 1.3.3. Comunidades planctónicas

#### 1.3.3.1. Fitoplancton

*Representatividad de los diferentes grupos*

Los dinoflagelados constituyen el grupo más abundante en todos los muestreos, seguido por las diatomeas y, ya en concentraciones mucho más inferiores, por los cocolitofóridos y otros grupos de flagelados pequeños. Los valores integrados (entre 0 y 50 m de profundidad) de dinoflagelados alcanzan concentraciones medias de 1-2 x $10^{10}$ cels/$m^2$ (véase la figura 61 y el **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** Resultados de fitoplancton). Las diatomeas suelen tener concentraciones cercanas a los 0.5 x $10^{10}$ cels/$m^2$, aunque en ocasiones pueden igualar o incluso superar a los dinoflagelados (por ejemplo, en el transecto 5 del muestreo de Septiembre, (véase **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**). Las concentraciones más altas, tanto de diatomeas como de dinoflagelados (cercanas a los 4 x $10^{10}$ cels/$m^2$), se registraron en el transecto 8 (cerca de la ciudad de Sta. Cruz de La Palma) del muestreo de Septiembre 2003, quizás debido a la influencia de vertidos urbanos sobre el litoral, aunque este patrón de distribución no se registró en otras épocas.

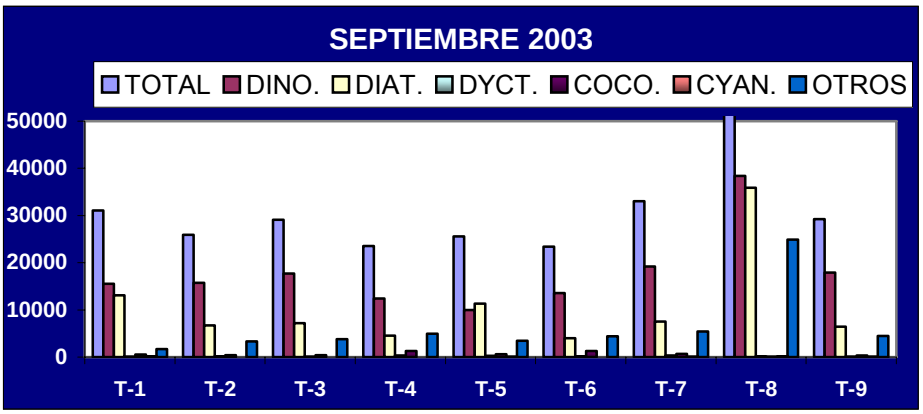



**figura 61. Concentraciones Integradas en 0-50 m (107 células/m2) de los grupos más representativos de fitoplancton marino en la campaña de verano**

*Variabilidad local (espacial y temporal) y estacional*

No se aprecia una marcada variabilidad estacional en el micro-fitoplancton total, aunque hay una ligera tendencia dentro del grupo de las diatomeas a presentar concentraciones más elevadas en el muestreo de Septiembre (sobre todo en determinadas estaciones), y en diatomeas, dinoflagelados y cocolitofóridos a presentar concentraciones más bajas en Julio.

A nivel local, tampoco hay patrones claros de distribución en ningún grupo. Los gradientes de distribución hacia aguas más profundas son más evidentes en Septiembre y Febrero, disminuyendo en Julio, probablemente debido a una mayor mezcla de las aguas por el

viento. Los gradientes de concentraciones de células no son constantes; a veces aumentan hacia la costa, otras hacia el océano, y otras no son visibles. Probablemente, esto responda a factores hidrodinámicos locales (e.g. estabilidad de la columna de agua; gradientes de temperatura), que son variables a escalas temporales cortas.

1.3.3.1.1. Valoración

En general, la distribución de micro-fitoplancton alrededor de la Isla de La Palma, y a lo largo de tres periodos distintos del año, refleja un patrón característico de aguas litorales empobrecidas en nutrientes inorgánicos: concentraciones bajas de micro-fitoplancton (<20 celulas/ml, incluyendo todos los grupos), y mayor abundancia relativa de dinoflagelados. Los valores de micro-fitoplancton son típicos de aguas oligotróficas, y similares a los que se encuentran en regiones más oceánicas. Hay que resaltar que el fitoplancton más abundante en la región Canaria (con concentraciones de $10^4$ – $10^5$ cels/ml) es el nano- y pico-fitoplancton (<10 µm de tamaño) que solo puede visualizarse mediante microscopía de epifluorescencia y citometría de flujo.

No hay evidencias claras de eutrofización en el litoral de la Isla, que produzca un incremento masivo de fitoplancton. Solamente en el transecto 8, cerca de la capital de la Isla, y únicamente en el periodo de Septiembre, se aprecia un incremento notable de dinoflagelados y diatomeas, posiblemente como consecuencia de un enriquecimiento moderado de sus aguas en nutrientes.

### 1.3.3.2. Zooplancton

Las interrelaciones entre los organismos y el ambiente deben ser descritas desde el punto de vista cuantitativo y cualitativo. El primer cometido debe ser la caracterización de los diferentes grupos sistemáticos dentro de modelos tróficos que permitan su clasificación dentro del sistema. Este cometido es en ocasiones bastante difícil ya que los organismos pueden pertenecer a más de un nivel trófico. En general, se admite en la actualidad que los organismos del mesozooplancton se alimentan de microplancton comprendido entre 5 y 200 µm (Calbet y Landry, 1999, Ref. [10]). En este sentido, su alimentación está basada principalmente en protistas, generalmente heterótrofos, como son los ciliados y flagelados en general. Por tanto, los auténticos productores secundarios, los herbívoros que controlan la producción primaria son los organismos del microzooplancton (Calbet y Landry, 2004, Ref. [10]).

Sin embargo, el mesozooplancton está formado por una enorme variedad de grupos tróficos que se han agrupado como (1) organismos de naturaleza micrófaga, y (2) organismos con

hábitos típicamente depredadores. Un porcentaje mayor de éstos reflejará un sistema más maduro, una situación ecológica más equilibrada.

1.3.3.2.1. Variables consideradas

En el presente informe se presentan los valores de abundancia de organismos del mesozooplancton encontrado en las muestras recogidas en la Isla de La Palma en los meses de Octubre de 2003, y Marzo y Julio de 2004. Se analizará la composición de este gran grupo trófico y se compararán los resultados obtenidos en los distintos meses muestreados con el objeto de obtener una imagen de la situación ecológica de la zona costera de la isla.

1.3.3.2.2. Valoración

Los valores totales del número de individuos por metro cuadrado de superficie de mar mostraron valores muy similares y no diferentes estadísticamente ($p<0.01$) en los tres periodos muestreados (figura 62). Algunas estaciones mostraron valores más elevados durante el verano y el otoño, pero en general la tónica fue de una gran variabilidad (entre 5 y $20 \cdot 10^3$ individuos$\cdot m^{-2}$). Esta importante variabilidad es común en las áreas costeras de las islas Canarias.

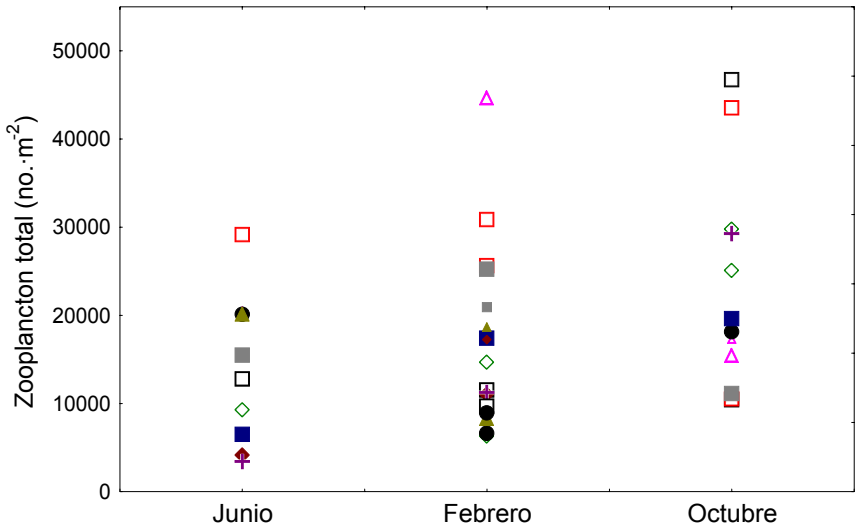



**figura 62.- Número de individuos por $m^2$ en las tres campañas de muestreo.**

El análisis de los distintos grupos de organismos (véase 0**¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**. Resultados de Zooplancton) muestra que el grupo de los copépodos es sin duda y como cabría esperar el más abundante, constituyendo generalmente más del 75% de la muestra. Sin embargo, esta proporción varía entre estaciones de forma significativa. En la figura 63 se observa un ejemplo de esta variabilidad. Obsérvese la distinta proporción del grupo de copépodos. La inspección visual de las fotografías digitalizadas mostró que los géneros más abundantes fueron *Oithona*,

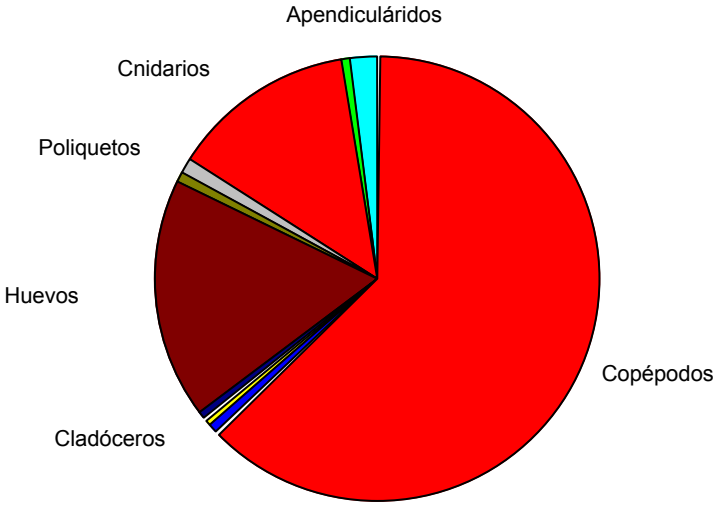
*Paracalanus*, *Oncaea* y *Clausocalanus*. En las distintas figuras se puede observar que en todas las estaciones la clase Copepoda fue la más abundante con diferencia. El número de copépodos no varió de forma significativa en los diferentes muestreos, aunque en Julio se observaron unas pocas estaciones con una destacable mayor abundancia (figura 64). El siguiente grupo trófico mejor representado fueron los Quetognatos, seguidos de Apendiculariáceos y Cnidarios (figura 65). También se pueden apreciar una gran cantidad de huevos de invertebrados. En general, los poliquetos y huevos se suelen observar en áreas costeras de las Islas Canarias. En contraposición, los quetognatos son organismos más oceánicos.

Otros organismos como larvas de eufausiáceos y tunicados fueron también abundantes si bien sus valores fluctuaron en los distintos meses y en las distintas estaciones muestreadas. Esto ha sido bastante patente en el grupo de los apendiculáridos, los cuales fueron muy abundantes en determinadas estaciones mientras que en otras sus valores, aún dentro del mismo mes, fueron bajos o incluso nulos. Estos organismos se alimentan de plancton de muy pequeño tamaño y tienen una connotación meramente oceánica en la zona de estudio.

Tanto los valores encontrados en el número de individuos como en la composición faunística de las muestras obtenidas se observa que el zooplancton de la zona tiene una doble influencia. Por un lado, la naturaleza costera de las muestras queda patente en la aparición de determinados grupos como poliquetos, larvas de gasterópodos e incluso larvas de decápodos. La presencia de dinoflagelados de gran tamaño que fueron recogidos en redes de 200 µm nos indica también una clara influencia costera. Por otro lado, la presencia de los cuatro géneros aludidos de copépodos así como de larvas de eufausiáceos, quetognatos, tunicados,… muestran una clara influencia oceánica del zooplancton recogido alrededor de la Isla de La Palma.

Los valores transformados en la unidad de volumen reflejan valores muy similares a los encontrados en aguas típicamente oceánicas de Canarias. Valores entre 200 y 1000 individuos·$m^{-3}$ son los normales en la bibliografía (Braun, 1981;Ref [9], Hernández-León, 1988, Ref. [24]). Los valores registrados en las campañas realizadas se situaron en este rango salvo unas pocas estaciones que mostraron valores cercanos al doble de este rango. Sin embargo, estos altos valores son normales en las áreas muy costeras de nuestras islas, tal y como se ha observado en anteriores trabajos (Hernández-León y Miranda-Rodal, 1987, Ref. [23]). La alta presencia de copépodos es también una indicación de una clara influencia oceánica y muestra que las aguas costeras de esta isla están bien ventiladas por aguas de origen oceánico, algo por otra parte normal.

Por último, no se ha observado ninguna influencia de organismos indicadores de aguas contaminadas o de vertidos costeros, al menos durante el periodo de estudio. La aparición de determinadas formas de zooplancton costero, de determinadas especies que denotan vertidos, hubiese sido patente en las muestras. La tónica contraria ha sido la determinante pues las distintas muestras, en las distintas estaciones y durante los distintos meses han mostrado una gran similitud. Esta similitud sólo ha sido rota entre las muestras de verano e invierno en la abundancia de determinadas especies de copépodos (*Oithona* versus *Clausocalanus*). Sin embargo, estas diferencias trascienden el objeto del presente trabajo y no representan ninguna variación sustancial del estado trófico del sistema costero de la Isla de La Palma. Se puede decir que el zooplancton costero de la Isla de La Palma presenta los grupos y las especies en una abundancia que es la esperable en aguas costeras de las Islas Canarias.




T2E2

T7E2

**figura 63 Variabilidad de la proporción del grupo de los copépodos entre diferentes estaciones.**

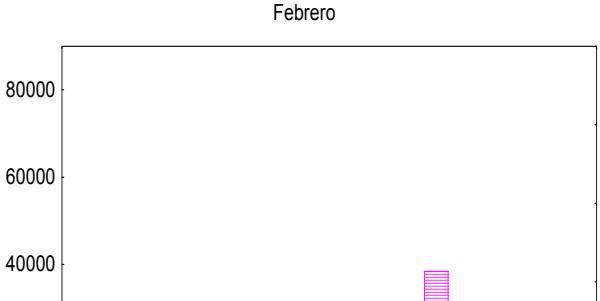


**figura 64.- Abundancia (número de individuos) de los copépodos durante las tres épocas de muestreo**

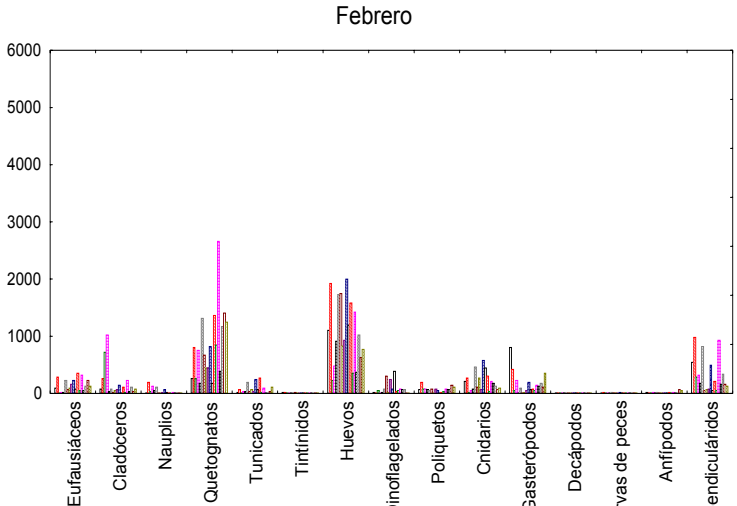


**figura 65.- Abundancia (número de individuos) del resto de los organismos del zooplancton durante las tres épocas de muestreo.**

### 1.3.4. Modelo de dispersión

A continuación se presentan los resultados para cada uno de los escenarios, mostrándose resultados para las distintas fases de marea solamente si los resultados así lo exigen, ya que en algunos casos los patrones de difusión durante toda la marea se mantienen muy similares, mostrándose únicamente la peor situación.

### 1.3.4.1. Tazacorte

A continuación se describen los resultados obtenidos de las simulaciones de advección/dispersión para la zona de Tazacorte.

**Dispersión/advección en la playa de Tazacorte durante bombeo para la regeneración de la playa**

Los resultados obtenidos para la dispersión/advección en la playa de Tazacorte durante bombeo para la regeneración de playas se presentan en la figura 66.

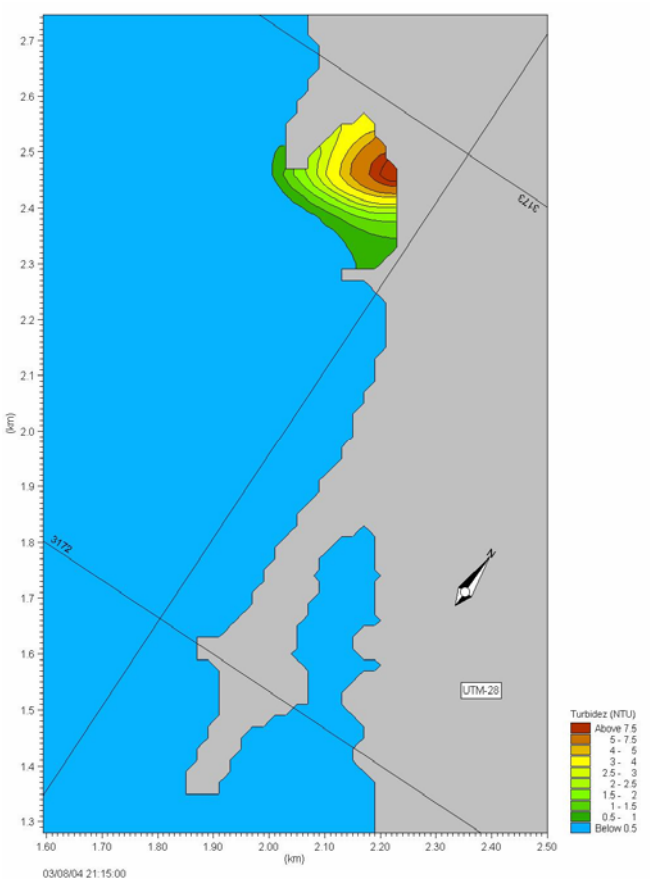



**figura 66.- Resultados de la modelización de advección dispersión de turbidez en la playa de Tazacorte durante el bombeo para la regeneración de la playa.**

Como se puede apreciar de los resultados obtenidos, la playa de Tazacorte sufrirá un aumento general de la turbidez en su entorno, sin embargo, esto se localizará solo en la zona de la playa en cuestión. Así mismo es importante notar que a muy poca distancia de la zona de vertido, la turbidez presenta niveles bajos que determinan una calidad del agua con potencial ecológico bueno y muy bueno. De ésta manera no es de esperarse que el aumento de turbidez debido al bombeo para el vertido de arena en un relleno de playa tenga efectos negativos sobre el medio ambiente.

**Dispersión/advección frente a la playa de Tazacorte debido al sobrenadante durante el bombeo para la regeneración de la playa**

Los resultados obtenidos para la dispersión/advección frente a la playa de Tazacorte debido al sobrenadante durante el bombeo para la regeneración de la playa se presentan en la figura 67.

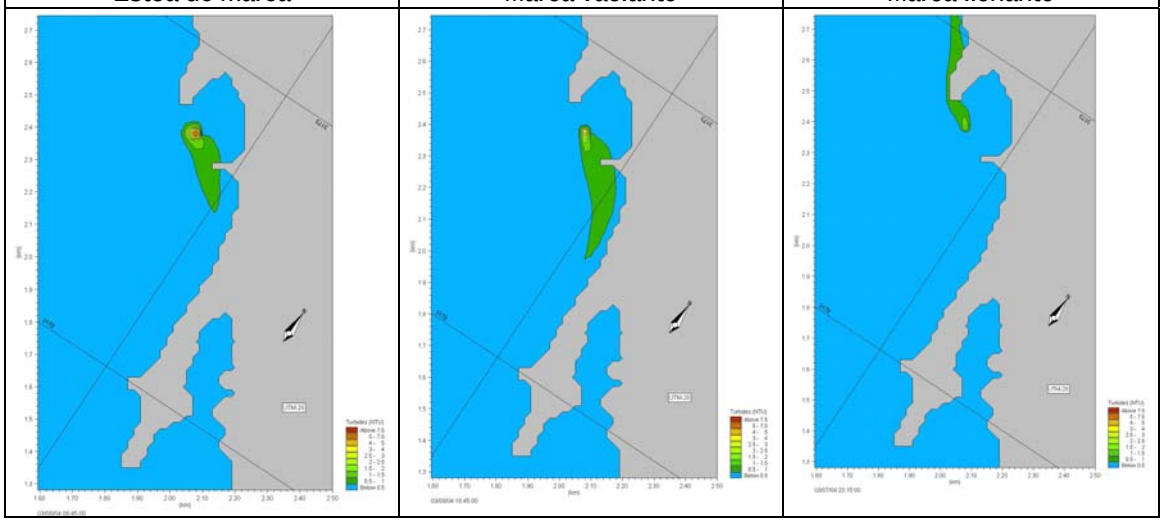
| Estoa de marea | Marea vaciante | Marea llenante |
|---|---|---|
|  | | |

**figura 67.- Resultados de la modelización de advección dispersión de turbidez frente a la playa de Tazacorte debido al sobrenadante durante el bombeo para la regeneración de la playa.**

Como se puede apreciar de los resultados obtenidos, el aumento de turbidez es muy bajo, existiendo solamente un aumento considerable en la zona del vertido o donde se produce el sobrenadante. Si bien pudiera esperarse una mancha de turbidez, como se observa en la figura, los niveles no se consideran que afecten al medio ambiente.

**Dispersión/advección en la playa del dique de Tazacorte durante bombeo para la regeneración de la playa**

Los resultados obtenidos para la dispersión/advección en la playa del dique de Tazacorte durante bombeo para la regeneración de playas se presentan en la figura 68.

| Estoa de marea | Marea vaciante | Marea llenante |
|---|---|---|

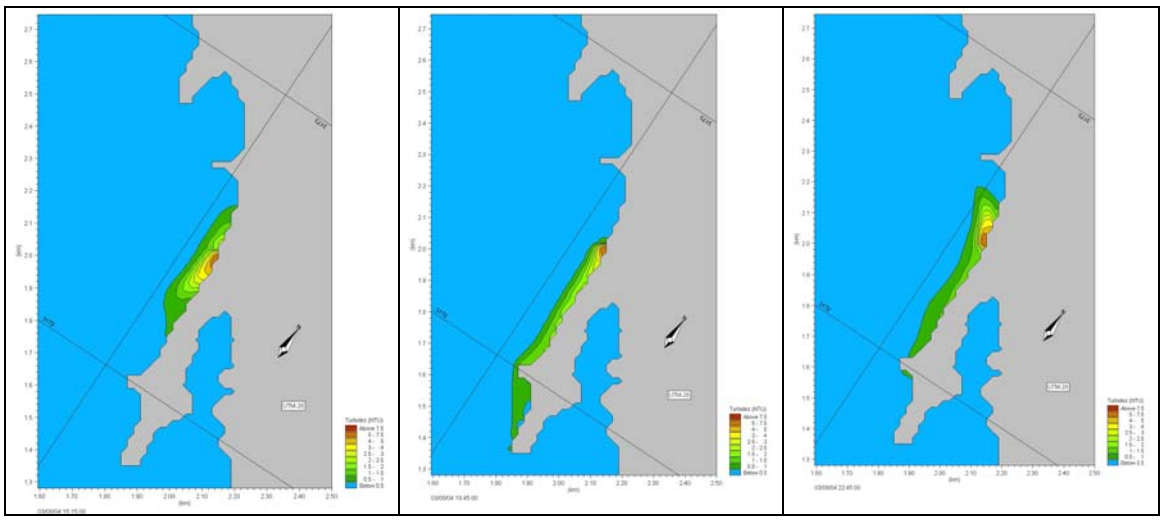


**figura 68.- Resultados de la modelización de advección dispersión de turbidez en la playa del dique de Tazacorte durante el bombeo para la regeneración de la playa.**

La playa del dique de Tazacorte se encuentra más expuesta que la playa de Tazacorte, por lo que se puede esperar una mayor dispersión, como se observa en los resultados. De acuerdo al estado de la marea la mancha de turbidez es transportada a lo largo del dique, sin que ésta se extienda mar adentro. Por otro lado, los niveles de turbidez son solamente altos en la zona del vertido, y aunque la mancha abarque una zona mayor, se estima un potencial ecológico muy bueno, por lo que la repercusión del vertido sobre el medio ambiente será reducida.

**Dispersión/advección frente a la playa del dique de Tazacorte debido al sobrenadante durante el bombeo para la regeneración de la playa**

Los resultados obtenidos para la dispersión/advección frente a la playa del dique de Tazacorte debido al sobrenadante durante el bombeo para la regeneración de la playa se presentan en la figura 69.

| Estoa de marea | Marea vaciante | Marea llenante |
|---|---|---|

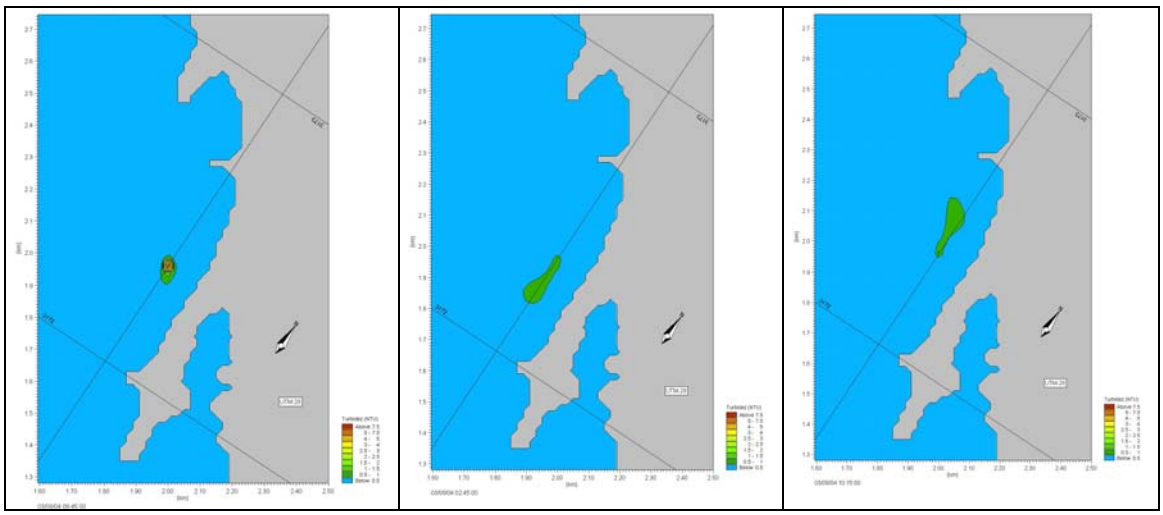


**figura 69.- Resultados de la modelización de advección dispersión de turbidez frente a la playa del dique de Tazacorte debido al sobrenadante durante el bombeo para la regeneración de la playa.**

Como se puede apreciar de los resultados obtenidos, el aumento de turbidez es muy bajo, existiendo solamente un aumento considerable en la zona del vertido o donde se produce el sobrenadante y durante la estoa de marea. La mancha de turbidez es muy localizada y con valores de turbidez por debajo de los niveles de potencial ecológico muy bueno.

### Dispersión/advección de hidrocarburos en la bocana del Puerto de Tazacorte

Los resultados obtenidos para la dispersión/advección de hidrocarburos en la bocana del Puerto de Tazacorte se presentan en la figura 70. Como se puede observar de los resultados, un vertido de hidrocarburos de baja intensidad (debido a que se trata de un Puerto pesquero, no se espera un vertido de alta intensidad), solamente tendría influencia en una zona muy limitada en torno a donde se produzca dicho vertido. Al ser muy localizado el vertido y no sufrir una advección considerable en el medio, se considera que la repercusión en el entorno es baja. Por otro lado, las zonas del puerto se consideran modificadas, por lo que se aceptan niveles mayores de contaminación, siendo que el vertido no influye fuera de las aguas del puerto, no se espera que tenga una repercusión ambiental considerable.

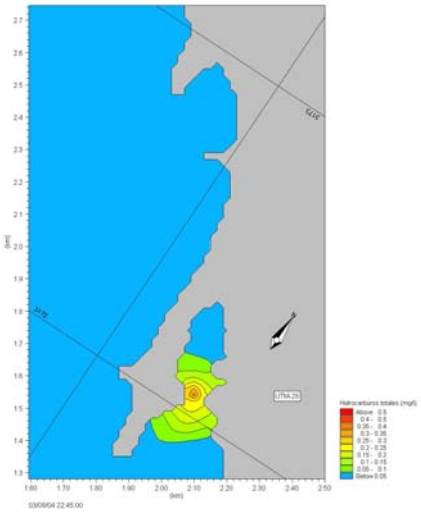


**figura 70.- Resultados de la modelización de advección dispersión de hidrocarburos en la bocana del Puerto de Tazacorte.**

## Dispersión/advección de coliformes totales producto del vertido del emisario submarino frente a Tazacorte.

Los resultados obtenidos para la dispersión/advección de coliformes totales producto del emisario previsto frente a la costa de Tazacorte, se presentan en la figura 71.

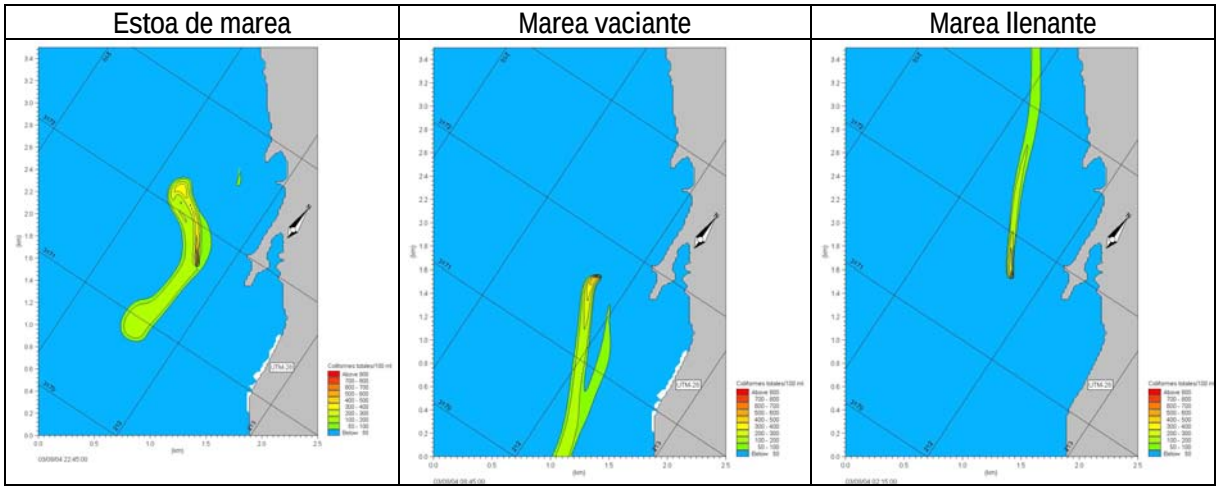



**figura 71.- Resultados de la modelización de advección dispersión de coliformes totales producto del vertido del emisario submarino previsto frente a la costa de Tazacorte.**

Como se puede apreciar de los resultados obtenidos, existe una rápida dispersión de los coliformes totales en el medio, únicamente en una zona muy reducida, los valores de coliformes totales superan la medida máxima del criterio de calidad del Decreto 734/1988. Si

bien existe una distribución de los coliformes totales a lo largo de la costa, los valores son muy reducidos, estando dentro del rango aceptado por el criterio de calidad del citado Decreto. Por otro lado, se tiene que en el vertido no tiene ninguna influencia en la costa, donde podría existir alguna repercusión sobre las aguas de baño. De esta manera se considera que potencialmente no existirán efectos negativos sobre el medio.

### 1.3.4.2. Santa Cruz de la Palma

A continuación se describen los resultados obtenidos de las simulaciones de advección/dispersión para la zona de Santa Cruz de la Palma.

**Dispersión/advección en la playa de los Cancajos durante bombeo para la regeneración de la playa**

Los resultados obtenidos para la dispersión/advección en la playa de los Cancajos durante bombeo para la regeneración de playas se presentan en la figura 72.

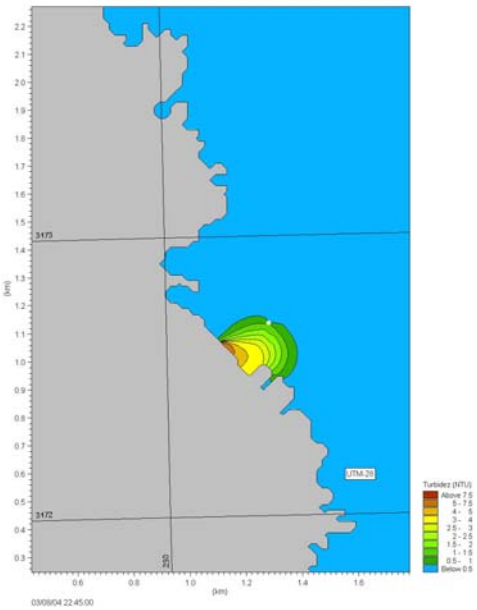


**figura 72.- Resultados de la modelización de advección dispersión de turbidez en la playa de Tazacorte durante el bombeo para la regeneración de la playa.**

Los resultados obtenidos son muy similares a los de la playa de Tazacorte, como se puede apreciar, la playa de los Cancajos sufrirá un aumento general de la turbidez en su entorno, sin embargo, esto se localizará solo en la zona de la playa en cuestión. Así mismo, a muy poca distancia de la zona de vertido, la turbidez presenta niveles bajos que determinan una calidad del agua con potencial ecológico bueno y muy bueno. De ésta manera no es de

esperarse que el aumento de turbidez debido al bombeo para el vertido de arena en un relleno de playa tenga efectos negativos sobre el medio ambiente.

**Dispersión/advección frente a la playa de los Cancajos debido al sobrenadante durante el bombeo para la regeneración de la playa**

Los resultados obtenidos para la dispersión/advección frente a la playa de los Cancajos debido al sobrenadante durante el bombeo para la regeneración de la playa se presentan en la figura 73.

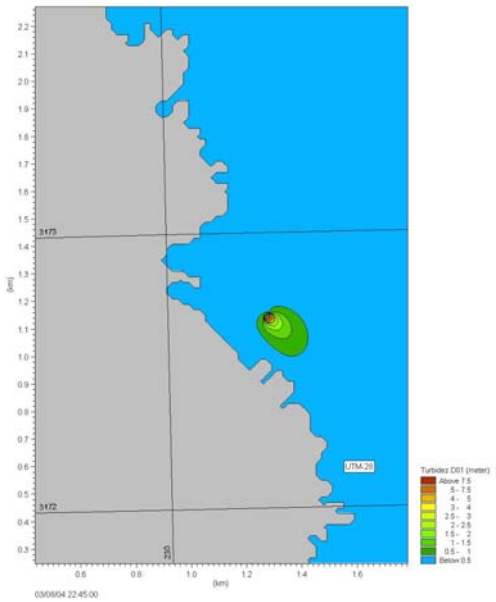



**figura 73.- Resultados de la modelización de advección dispersión de turbidez frente a la playa de los Cancajos debido al sobrenadante durante el bombeo para la regeneración de la playa.**

Como se puede apreciar de los resultados obtenidos, el aumento de turbidez es muy bajo, existiendo solamente un aumento considerable en la zona del vertido o donde se produce el sobrenadante. Si bien pudiera esperarse una mancha de turbidez, como se observa en la figura, los niveles no se consideran que afecten al medio ambiente.

**Dispersión/advección de hidrocarburos en la bocana del Puerto de Santa Cruz de la Palma**

Los resultados obtenidos para la dispersión/advección de hidrocarburos en la bocana del Puerto de Santa Cruz de la Palma se presentan en la figura 74. Como se puede observar de los resultados, un vertido de hidrocarburos de baja intensidad (debido a que se trata de un

Puerto comercial, no es de esperarse un vertido de alta intensidad), solamente tendría influencia en una zona muy limitada en torno a donde se produzca dicho vertido. Al ser muy localizado el vertido y no sufrir una advección considerable en el medio, se considera que la repercusión en el entorno es baja. Por otro lado, las zonas del Puerto se consideran modificadas, por lo que se aceptan niveles mayores de contaminación, siendo que el vertido no influye fuera de las aguas del Puerto, no se espera que tenga una repercusión ambiental considerable.

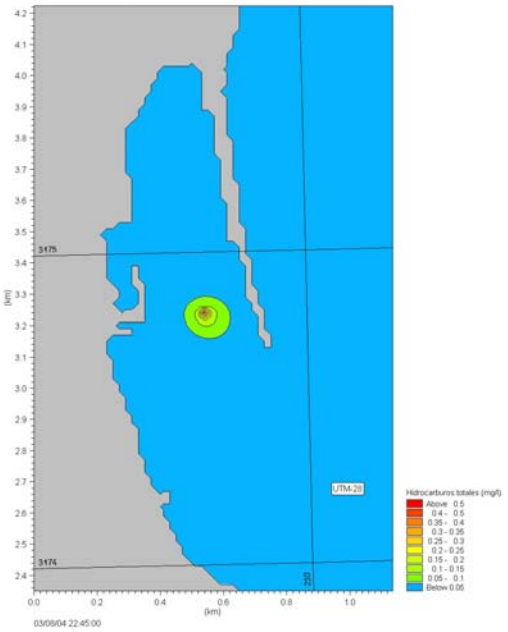



**figura 74.- Resultados de la modelización de advección dispersión de hidrocarburos en la bocana del Puerto de Santa Cruz de la Palma.**

**Dispersión/advección de coliformes totales producto del vertido de los emisarios submarinos frente a Santa Cruz de la PalmaTazacorte.**

Los resultados obtenidos para la dispersión/advección de coliformes totales producto de los emisarios submarinos frente a la costa de Santa Cruz de la Palma, se presentan en la figura 75.

| Emisario Sur | Emisario centro | Emisario Norte |
|---|---|---|

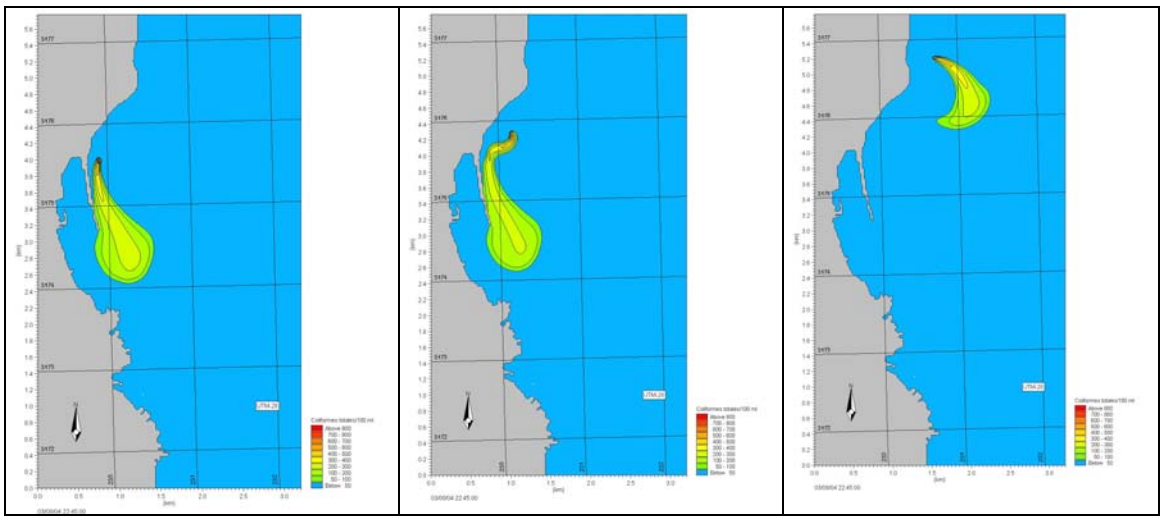


**figura 75.- Resultados de la modelización de advección dispersión de coliformes totales producto del vertido de los emisarios submarinos frente a la costa de Santa Cruz de la Palma.**

Como se puede apreciar de los resultados obtenidos, existe una rápida dispersión de los coliformes totales en el medio, únicamente en una zona muy reducida, los valores de coliformes totales superan la medida máxima del criterio de calidad del Decreto 734/1988. Si bien existe una distribución de los coliformes totales a lo largo de la costa, los valores son muy reducidos, estando dentro del rango aceptado por el criterio de calidad del citado Decreto. El emisario que se encuentra en la zona sur, así como el emisario en la zona central llegan a influir la zona del dique del Puerto de Santa Cruz de la Palma, aunque los valores que se obtienen en esas zonas son por debajo de los valores aceptados de calidad para el agua de baño. Por otro lado, se tiene que los vertidos no tienen ninguna influencia en la costa, donde podría existir alguna repercusión sobre las aguas de baño. De esta manera se considera que potencialmente no existirán efectos negativos sobre el medio.

### 1.3.4.3. Conclusiones

De los estudios realizados de dispersión/advección se tienen las siguientes conclusiones:

- Las regeneraciones de playa producirán valores de turbidez altos únicamente en las zonas inmediatas a donde se este realizando el vertido de arena y solamente de manera temporal durante las obras de regeneración.
- La turbidez resultante del sobrenadante de las dragas durante los procesos de regeneración de playas generarán una mancha de turbidez, sin embargo solamente en la zona inmediata al sobrenadante existirán valores altos y de manera temporal durante las obras de regeneración.

- El vertido de hidrocarburos en las bocanas de los puertos tendrán solamente una influencia local, sin que influye en las zonas aledañas a los puertos.
- Los vertidos por emisarios submarinos resultan en valores altos de coliformes totales únicamente en la zona inmediata a los vertidos, sin que exista una influencia en la costa y por tanto en las zonas de baño.

### 1.3.5. Recursos pesqueros

#### 1.3.5.1. Conclusiones

- En lo referente a la flota pesquera de la isla de La Palma, es el puerto de Santa de Cruz el que alberga mayor número de buques pesqueros, sin embargo es en el puerto de Tazacorte donde estas embarcaciones tienen un mayor tamaño y potencia, datos que quedan reflejados en la tabla 13 y tabla 14 del informe. El tercer puerto que hay en la isla, puerto Espíndola, es un puerto-refugio y por tanto en él no se realiza actividad pesquera.
- De las diferentes artes de pesca que se dan en la isla son el trasmallo, el chinchorro, el tambor de morenas y las nasas las más frecuentemente utilizadas en la captura de peces, siendo el resto de artes descritas de menor relevancia al ser utilizadas con menor frecuencia.
- En ninguno de los dos puertos pesqueros, el puerto de Santa Cruz y el de Tazacorte, existe lonja. La distribución de las especies capturadas se llevan a cabo de forma directa entre las embarcaciones pesqueras y los comerciantes del mercado.
- La actividad pesquera en la isla de La Palma es una actividad poco regulada y ligada al autoabastecimiento y a la obtención de ingresos complementarios en la economía familiar. Esto se ha debido a la características poco accesibles de la costa, por lo accidentada y escabrosa de su geografía insular.
- La actividad pesquera en la isla de La Palma no es una actividad económica de primer orden, antes al contrario representa a un sector económico secundario con escasa repercusión en la economía de la isla si se compara con otras actividades como la agrícola (cultivo de plátanos) y turística. La actividad pesquera en la isla sirve de sustento a un grupo de población activa de entre 150-200 personas.
- No existen caladeros, considerados como tal en la isla, debido a las características geológicas y fisiográficas de la costa la pesca se produce en cualquier punto del perímetro insular.

- La producción acuícola está en auge en la isla. Se ha llevado a cabo un desarrollo importante de esta actividad como un recurso alternativo a la pesca. Existen cuatro concesiones dedicadas a la actividad de la acuicultura, de las cuales dos de ellas están en pleno funcionamiento. Una es una empresa privada, Acuibag S.L. y la otra es un taller organizado por el ayuntamiento de la zona. Las otras dos concesiones están en periodo de instalación, se trata de dos empresas privadas, Acuihope S.L. y Acuipalma S.L. que están en vistas a funcionar en un plazo de dos meses.

#### 1.3.5.2. Identificación de áreas problemáticas con necesidad de regulación

Tras la realización de encuestas y consultas a los principales agentes locales ligados al sector pesquero se deduce que los principales problemas existentes en el sector pesquero vienen relacionados con:

- sobreexplotación pesquera. Los pescadores suelen quejarse, de forma generalizada, de la competencia que les realizan las embarcaciones deportivas "profesionales", lo cual conlleva una sobrepesca de los recursos pesqueros existentes. Por otro lado, también se quejan algunos pescadores del elevado uso de nasas por parte de los colegas que se dedican a este arte. Por último y, aunque en menor medida, también hay pescadores que ven en la pesca submarina un peligro, debido a lo selectivo de las capturas que se realizan, lo cual ha redundado en la escasez de meros en las aguas litorales de la isla.
- escaso nivel de organización de los pescadores. Las dos cofradías de pescadores existentes presentan pocos recursos y escaso nivel de desarrollo. La actividad pesquera representa una
- escaso nivel en las dotaciones de barcos e instalaciones portuarias.

#### 1.3.5.3. Evolución previsible del Sector

En abril de 2005 entró en funcionamiento un punto de control de venta en el puerto de Tazacorte, debido a que hasta la fecha no ha habido control estadístico alguno, este punto de venta conllevará el que se pueda llevar un registro por parte del gobierno autonómico canario de los datos de capturas, ya que los datos que se han recopilado en el presente estudio han sido facilitados por las cofradías de pescadores existentes y responden más a estimaciones de capturas que se han venido haciendo en los últimos años que a desembarcos reales de pescado. La evolución previsible del sector en el Puerto de Tazacorte es que paulatinamente se vaya incrementando el grado de organización de los pescadores al objeto de mejorar las instalaciones existentes (establecer un almacén de frío, regularizar el punto de abastecimiento de combustible, una lonja, etc.) ya que el desarrollo

de la actividad se ha venido haciendo en muchos casos en precario. El empuje para la mejora de las instalaciones pesqueras en la isla de La Palma debe venir tutelado por el gobierno Canario, ya que no parece que la situación del sector pesquero vaya a cambiar por sí sola, además hay que tener en cuenta la apuesta decidida por el sector turístico que se va a producir en este puerto, ya que la próxima apertura de un hotel en Tazacorte parece que va a potenciar el uso deportivo del puerto además del pesquero, predominante en la actualidad. En el puerto de Santa Cruz de La Palma también se espera una evolución similar del sector pesquero.

### 1.4. Notas finales y firmas

El presente Estudio de Reconocimiento Ecológico Marino ha sido realizado íntegramente por la Delegación de Andalucía de GRUPO INTERLAB. Para ello se ha contado con la colaboración del personal del Departamento de Biología de la Facultad de Ciencias del Mar, de la Universidad de Las Palmas de Gran Canaria, dirigido por el Dr. Ricardo J. Haroun Tabraue.

Todos los programas informáticos utilizados para el presente estudio, cuentan con su correspondiente licencia comercial.

En la tabla 21 se relaciona el personal, tanto colaborador como de Grupo Interlab, que ha participado en la realización del presente estudio.

| ACTIVIDAD | TÉCNICOS | ENTIDAD |
|---|---|---|
| Coordinación del Estudio | José Luis Valencia Oca, Licenciado en Ciencias del Mar | Grupo Interlab SA |
| Trabajos de muestreo | | |
| Toma de muestras de aguas y sedimentos | Manuel Jesús Hortas Láinez Técnico Especialista en Salud Ambiental | Grupo Interlab SA |
| Campaña de mapeado en Continuo | Fco. Javier Vargas Murga Técnico Especialista en Salud Ambiental | Grupo Interlab SA |
| Campaña de Vídeos Remolcados | Santiago Iglesias Barrenchea Licenciado en Ciencias del Mar | Grupo Interlab SA |
| Campaña de Comunidades Planctónicas, Submareal e Interamareal | Iván Blanch Peñate Licenciado en Ciencias del Mar | Departamento de Biología Facultad de Ciencias del Mar, Universidad de Las Palmas de Gran Canaria |
| Trabajos de Laboratorio | | |
| Análisis de aguas y sedimentos | Paloma Azpeitia Gamazo Lcda. en Ciencias Químicas | Directora de laboratorios Grupo Interlab SA |
| Tratamiento de la información | | |
| Tratamiento de Datos de Calidad de Aguas y Sedimentos | Begoña Melgosa Escalante Lcda. en Ciencias Químicas | Grupo Interlab SA |
| Tratamiento de Datos de Comunidades del Submareal e Intermareal | Dr. Ricardo J. Haroun Tabraue Lcdo. en Ciencias Biológicas | Departamento de Biología Facultad de Ciencias del Mar, Universidad de Las Palmas de Gran Canaria |
| Tratamiento de Datos de Comunidades Planctónicas (Fitoplancton) | Dr. Javier Aristegui Lcdo. en Ciencias Biológicas | Departamento de Biología Facultad de Ciencias del Mar, Universidad de Las Palmas de Gran Canaria |
| Tratamiento de Datos de Comunidades Planctónicas (Zooplancton) | Dr. Santiago Hernández Leon Lcdo. en Ciencias Biológicas | Departamento de Biología Facultad de Ciencias del Mar, Universidad de Las Palmas de Gran Canaria |
| Recursos Pesqueros | Eloísa Femenía Ríos, Lcda. en Ciencias Ambientales | Grupo Interlab SA |
| Modelo de Dispersion | Christian Mario Appendini Lcdo. en Oceanología | Alatec Ingenieros Consultores y Arquitectos |

**tabla 21Relación del equipo técnico encargado de la realización del Estudio**

El Puerto de Santa María, Agosto de 2.005

José Luis Valencia Oca
Licenciado en Ciencias del Mar
Responsable de Área, Dpto. Medio Ambiente
Delegación Andalucía GRUPO INTERLAB SA

Eloísa Femenía Ríos
Lcda. Ciencias Ambientales
Técnico Dpto. Medio Ambiente
Delegación Andalucía GRUPO INTERLAB SA

Dr. Ricardo J. Haroun Tabraue
Departamento de Biología
Facultad de Ciencias del Mar
Universidad de Las Palmas de Gran Canaria

Manuel José Aguirre Calzada
Delegado GRUPO INTERLAB SA Andalucía

## 1.5. Bibliografía

### 1.5.1. Bibliografía Calidad de aguas y sedimentos

1. J.E. Escánez et al., 1979, Condiciones oceanográficas en verano en aguas de las Islas Canarias. Instituto Español de Oceanografía.
2. O. Llinas, 1994, Características termohalinas y nutrientes en aguas de las plataformas insulares canarias a finales de primavera. Bol. Inst. Esp. Oceanogr.10(2).1994:177-189.
3. O. Llinas 1993, Variabilidad de parámetros oceanográficos en aguas de Canarias. Bol. Inst. Esp. Oceanogr.9(1).1993:89-100.

### 1.5.2. Bibliografía Comunidades bionómicas y planctónicas marinas

4. Addison R.F. y Clarke, K.R. (Eds.). 1990. Biological Effects of Pollutants in a Subtropical Environment. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*,138: 1-166.
5. Agard, J.B.R., Gobin, J. y Warwick, R.M. 1993. Analysis of marine macrobenthic community structure in relation to natural and man induced perturbations in a tropical environment. Marine Ecology Progress Series, 92: 233-243.
6. Augier, H. Boudouresque, C.F. (1976). Végétation marine de L^ile de Port-Cros (Pasrc National). XIII : *Documents pour la carte des euplements benthiques. Trat. Sci. Parc Nation*. Port-Cros, 2 : 9-22.
7. Augier, H. (1981). Etude et cartographic des peuplements benthiques de l^ile de Porquerolles (Meéditerranée, France). *II Lánse de Port-Fay et la calanque de la Grotte. Trat. Sci. Parc. Nation*. Port-Cros, 7: 103-117.
8. Bayne, B.L.; Clarke, K.R. y Gray, J.S. (Eds.). 1988. Biological Effects of Pollutants: Results of a practical Worshop. *Marine Ecology Progress Series*, 46: 1-278.
9. Braun JG (1981) Estudios de Producción en aguas de las Islas Canarias. II. Producción del Zooplancton. Bol Inst Esp Oceanogr 290: 89-96.
10. Calbet A, Landry MR (1999) Mesozooplankton influences on the microbial food web: Direct and indirect trophic interactions in the oligotrophic open ocean. Limnol Oceanogr 44: 1370-1380.

11. Calbet A, Landry MR (2004) Phytoplankton growth, microzooplankton grazing, and carbon cycling in marine systems. Limnol Oceanogr 49: 51-57.Clarke, K.R. 1993. Non-parametric multivariate analyses of changes in community structure. *Australian Journal of Ecology*, 18: 117-143.

12. Clarke, K.R. y Warwick, R.M. 1994. *Change in marine communities: an approach to statistical analysis and interpretation*. Natural Environment Research Council, UK, 144 pp.

13. Connolly, R.M. 1994a. Removal of seagrass canopy: effects on small fish and their prey. Journal of Experimental Marine Biology and Ecology, 184: 99-110.

14. Connolly, R.M. 1994b. A Comparison of Fish Assemblages from Seagrass and Unvegetated Areas of a Southern Australian Estuary. *Australian Journal of Marine and Freshwater Research*, 45: 1033-1044.

15. Didby, P.G.N. y Kempton, R.A. 1987. *Chapter 3. Ordination*. En: Multivariate analysis of ecological communities. Chapman y Hall (Eds.). London. 97-102 pp.

16. Fernández de Puelles Martínez, María Luz, Ciclo anual de la comunidad de meso y microoplancton, su biomasa, estructura, relaciones tróficas y producción en aguas de las islas Canarias, MAPA, Centro de Publicaciones, 1994.

17. Fernández-Palacios, J.M., Vera, A. y Brito, A. 2003. *Los ecosistemas*. En: J.M. Fernández-Palacios y J.L. Martín Esquivel (Eds.), *Naturaleza de las Islas Canarias. Ecología y Conservación*. Ed. Turquesa, S/C de Tenerife. 157-165 pp.

18. Field, J.G.; Clarke, K.R. y Warwick, R.M. 1982. A practical strategy for analysing multispecies distribution patterns. *Marine Ecology Progress Series*, 8: 37-52.

19. Gil-Rodríguez, M.C. y Haroun, R.J. 2004. *Los Parques Nacionales Canarios: Fondos Marinos*. en: *La Red de Parques Nacionales de España*. Ed. Canseco/Organismo Autónomo de Parques Nacionales, Madrid. 425-433 pp.

20. Harmelin J.G. e True M.A., 1964 - Délimitation cartographique de l'extension actuelle des herbiers de *Posidonia oceanica* (Delile) dans le golfe de Marseille. *Rec. Trav. Stat. mar. Endoume*, 34 (=50): 157-160.

21. Haroun, R., 2001 *El Mar Canario*. En: J.M. Fernández-Palacios y J.L. Martín Esquivel (Eds.), *Naturaleza de las Islas Canarias. Ecología y Conservación*, Ed. Turquesa, S/C de Tenerife. 103-107 pp.

22. Haroun Tabraue, R.J., M.C. Gil-Rodríguez y Wildpret de la Torre., W. 2003. *Plantas Marinas de las Islas Canarias*. Ed. Canseco, Talavera de la Reina. 319 pp.

23. Hernández-León, S. y D. Miranda-Rodal. 1987. Actividad del Sistema de Transporte de Electrones y Biomasa del Mesozooplancton en Aguas de las Islas Canarias. *Bol. Inst. Esp. Oceanogr.* 4 (2): 49-61.

24. Hernández-León, S. 1988. Algunas observaciones sobre la Abundancia y Estructura del Mesozooplancton en Aguas del Archipiélago Canario. *Bol. Inst. Esp. Oceanogr.* 5 (1): 109-118.

25. Kaiser, M.J.; Rogers, S.I.; McCandless, D.T. 1994. Improving quantitative surveys of epibenthic communities using a modified 2 m beam trawl. *Marine Ecology Progress Series*, 106: 131-138.

26. Magurran, A.E. 1989. *Diversidad ecológica y su medición*. Ed. VEDRÁ, Barcelona. 200 pp.

27. Meinesz A., Cuvelier M. e Laurent R., 1981 - Méthodes récentes de cartographie et de surveillance des herbiers de phanérogames marines. Leurs applications sur les côtes françaises de la Méditerranée. *Vie Milieu*, 31 (1): 27-34.

28. Organización de Naciones Unidas para la Educación, las Ciencias y la Cultura (UNESCO). 1968. Zooplancton sampling. UNESCO Monographs on Oceanographic Methodology, 2: 174 pp.

29. Pranovi, F.; Giovanardi, O.; Franceschini, G. 1998. Recolonization dynamics in areas disturbed by bottom fishing gears. Hydrobiologia, 375/376: 125-135.

30. Ramos A. (1985) Contribución al conocimiento de las biocenosis bentónicas litorales de la Isla Plana o Nueva Tabarca (Alicante). *La reserva marina de Isla Plana o Nueva Tabarca*. Ayuntamiento de Alicante, p. 111-148.

31. Rodríguez López, José María, El ictioplancton de la región Canaria, abundancia, distribución y composición taxonómica larvaria. MAPA, Centro de Publicaciones, 1998.

32. Sánchez Jerez, P. 1997. *Distribución espacio-temporal de la epifauna vagil asociada a praderas de Posidonia oceanica y Cymodocea nodosa (Sudeste Ibérico)*. Tesis doctoral. Universidad de Alicante. 217 pp.

33. Somerfield, P.J.; Gree, J.M. y Warwick, R.M. 1994. Soft sediment meiofauna community structure in relation to a long-term heavy metal gradient in the Fal estuary system. *Marine Ecology Progress Series*, 105: 79-88.

34. Tuya, F., Sanchez-Jerez, P. y Haroun, R.J. 2005. Factors affecting interfaces between algal assemblages and urchin barrens in the eastern Atlantic: the role of functional grouping level of dominant algae. *Marine Ecology Progress Series*, 287: 255-260.

35. Tuya, F., Boyra, A., Sánchez-Jerez, P., Barberá C. y Haroun, R.J. 2004. "Relationships between rocky-reef fish assemblages, the sea-urchin *Diadema antillarum* and macroalgae throughout the Canarian Archipelago". *Marine Ecology Progress Series*, 278:157-169.

36. Valle Pérez, C. 2005. *Impactos Antrópicos sobre la Ictiofauna Litoral*. Tesis Doctoral (unpubl.). Univ. de Alicante. 412 pp.

37. Warwick, R.M.; Clarke, K.R. y Gee, J.M. 1990. A statistical analysis of coral community response to the 1982-83 El Niño in the Thousand Islands, Indonesia.*Coral Reefs*, 8: 171-179.

38. Warwick, R.M.; Goss-Custard, J.D.; Kirby, R.; George, C.L.; Pope, N.D. y Rowden, A.A. 1991. Static and dynamic environmental factors determining the community structure of estuarine macrobenthos in SW Britain: Why is the Severn Estuary different?. *Journal of Applied Ecology*, 28: 329-345.

39. Zabala, M.; Olivella, I; Gili, J. M.; Ros, J. D. (1982). Un intento de tipificación metodológica en el estudio del bentos marino accesible en escafandra autónoma. *Actas I Simp. Iber. Bentos Marino, II*: 961-982.

### 1.5.3. Bibliografía Recursos Pesqueros

40. Instituto de desarrollo regional. Universidad de la Laguna. Jornadas de estudios económicos canarios. Secretariado de publicaciones. Colección Viera y Clavijo.1982.

41. Prudencio Guzmán N., José A. Gómez B., Ricardo Castillo E..La Pesca en Canaria. Colección Guada.1982.

42. Carlos Bas (coordinación), José J. Castro, Vicente Hernández-García, José M. Lorenzo, Teresa Moreno, José G. Pajuelo, Antonio G. Ramos. La Pesca en Canarias y Áreas de influencia. Ediciones del Gabildo Insular de Gran canaria. 1995.

43. Alberto Brito, Pedro J. Pascual, Jesús M. Falcón, Alejandro Sancho y Gustavo González. Francisco. Peces de las islas Canarias. Catálogo comentado e ilustrado: Lemus Editor. 2002.

## 1.6. Otras Fuentes de Información

44. Autoridad Portuaria de Santa Cruz de Tenerife. Puerto de la Palma. Chalet s/n 38700. Santa Cruz de la Palma. Tlf: (922) 41 21 21/(922) 41 21 36.

45. Ayuntamiento de San Andrés y Sauces. C/ La Calle nº2, C.P: 38720. San Andrés y Sauces. Santa Cruz de Tenerife. Tlf: 922 45 02 03.

46. Cofradía de Pescadores Nuestra Señora del Carmen-Tazacorte. Refugio Pesquero de la Villa y Puerto de Tazacorte s/n 38770. Villa y Puerto de Tazacorte. Tazacorte, la Palma. Tlf:(922) 48 05 53/(922) 48 10 95.E-mail: cofradía.tazaco@canarias.org.

47. Cofradía de Pescadores Nuestra Señora de las Nieves. Refugio Pesquero s/n 38700. Santa Cruz de la Palma. La Palma Tlf: (922) 41 19 02.

48. Consejería de Infraestructura, Transporte y Vivienda. Área de Puertos. C/ La Marina nº16, 38001. Santa Cruz de Tenerife.

49. Empresa de acuicultura Acuibag.

50. Empresa de acuicultura Acuipalma, S.L. Término municipal de Tijarafe (La Palma). Persona de contacto, D.Jorge Manuel Medina Pérez. TLF:616411217

51. Empresa de acuicultura Acuihope.

52. Puerto de Tazacorte. Capitanía Marítima. Av/ del Emigrante nº1, 38779. Villa y Puerto de Tazacorte. Isla de la Palma. Canaria.

53. Página web: www.mgar.net.

54. Página web: www.puertosdecanaria.com

55. Página web: www.puertosdetenerife.org

56. Página web: www.gobcan.es