

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN	6
1.1. El medio físico	6
1.2. Las unidades volcánicas en el espacio insular	6
1.3. La huella de la erosión torrencial	8
1.4. Los rasgos climáticos	11
1.4.1. La banda de barlovento	12
1.4.2. La banda de sotavento	12
1.5. Flora y Fauna	13
1.5.1. La zona de barlovento	13
1.5.2. La zona de sotavento	15
1.6. Rasgos característicos de la población	15
1.7. Economía	16
1.8. Administración y Gobierno	16
2. CARTOGRAFÍA TERRESTRE	16
2.1. Trabajos topográficos	17
2.1.1. Redes topográficas	17
2.1.2. Apoyo fotogramétrico	20
2.2. Restitución fotogramétrica	20
2.3. Edición de la cartografía	20
2.4. Dominio público	23
2.5. Ortofotos a escala 1:5.000	24
2.6. Equipos utilizados	24
3. CARTOGRAFÍA MARINA	28
3.1. Batimetría	29
3.1.1. Fases del trabajo	29
3.1.2. Área del estudio	29
3.1.3. Metodología empleada	31
3.1.4. Equipos utilizados	31
3.1.5. Conclusiones	38
4. CERO HIDROGRÁFICO Y ANÁLISIS DE LA ONDA DE MAREA	39
4.1. Equipos empleados	39
4.2. Estudio comparado	39
4.3. Localización de los mareógrafos	40
4.4. Conclusiones sobre el nivel de referencia	41
4.5. Conclusiones sobre la onda de marea	43
5. MORFOLOGÍA	43
5.1. Fases del trabajo	43
5.2. Área del estudio	43
5.3. Metodología Usada	44
5.4. Álbum de acciones antrópicas	45
5.5. Equipos utilizados	45
5.6. Conclusiones	47

6. DINÁMICA LITORAL	49
6.1. Contenido	49
6.2. Campañas de campo.....	50
6.2.1. Equipos utilizados.....	51
6.2.1.1. Correntímetro perfilador Doppler Nortek AWAC.....	51
6.2.1.2. Correntímetro perfilador Doppler Nortek Aquadopp.....	52
6.2.1.3. Anemómetro Davis Weather Envoy / Vantage Pro.....	52
6.2.1.4. Oleaje	53
6.3. Modelización hidrodinámica.....	54
6.3.1. Modelo empleado	54
6.3.2. Condiciones de borde.....	55
6.3.3. Calibración del modelo	56
6.4. Estudio regional de la dinámica litoral	57
6.4.1. Transporte sólido potencial regional.....	58
6.5. Análisis de la situación de las playas.....	61
6.6. Clasificación de playas	65
6.7. Base de datos	69
6.8. Conclusiones generales	69
7. CARACTERIZACIÓN ECOLÓGICA DEL AMBIENTE MARINO	73
7.1. Antecedentes y metodología.....	73
7.1.1. Objetivos específicos de la caracterización ecológica del medio marino	73
7.1.2. Fuentes documentales utilizadas	73
7.1.3. Descripción general de las condiciones del medio marino.....	74
7.1.4. Planteamiento y metodología de los trabajos de campo	75
7.1.4.1. Condiciones del medio	75
7.1.4.2. Cartografía bionómica (comunidades naturales).....	81
7.1.4.3. Comunidades planctónicas.....	88
7.1.4.4. Recursos pesqueros.....	93
7.1.4.5. Metodología de los trabajos de laboratorio.....	93
7.1.4.5. Calidad química del agua	93
7.1.4.6. Calidad química de los sedimentos	94
7.1.4.7. Comunidades naturales.....	95
7.1.4.8. Comunidades planctónicas.....	96
7.1.4.9. Material fotográfico y de vídeo.....	96
7.1.5. Trabajos de gabinete	96
7.1.5.1. Recopilación de información.....	96
7.1.5.2. Tratamiento de datos.....	97
7.1.5.3. Cartografías.....	100
7.2. Presentación de resultados.....	100
7.2.1. Condiciones del medio	100
7.2.1.1. Estructura termohalina.....	100
7.2.1.2. Penetración de la luz	102
7.2.1.3. Mapeado en continuo	103
7.2.1.4. Estaciones hidrográficas.....	103
7.2.1.5. Calidad del sedimento	103
7.2.2. Cartografía bionómica (comunidades naturales).....	103
7.2.2.1. Vídeo remolcado.....	103
7.2.2.2. Parcelas bionómicas.....	103
7.2.3. Comunidades planctónicas.....	111

7.2.3.1. <i>Fitoplancton</i>	111
7.2.3.2. <i>Zooplancton</i>	111
7.2.4. Modelo de dispersión: Planteamiento de la modelización	111
7.2.5. Recursos pesqueros	114
7.2.5.1. <i>Descripción de la Flota</i>	114
7.2.5.2. <i>Sistema de comercialización</i>	117
7.2.5.3. <i>Estudio de los Caladeros</i>	118
7.2.5.4. <i>Acuicultura y cultivos marinos. Estudio de la producción acuícola</i>	119
7.3. Valoración de los resultados	120
7.3.1. Condiciones del medio	120
7.3.1.1. <i>Calidad del agua</i>	120
7.3.1.2. <i>Calidad del sedimento</i>	128
7.3.2. Cartografía bionómica (comunidades naturales)	131
7.3.2.1. <i>Variables consideradas</i>	131
7.3.2.2. <i>Valoración de las comunidades</i>	131
7.3.3. Comunidades planctónicas	142
7.3.3.1. <i>Fitoplancton</i>	142
7.3.3.2. <i>Zooplancton</i>	143
7.3.4. Modelo de dispersión	147
7.3.4.1. <i>Tazacorte</i>	147
7.3.5. Recursos pesqueros	147
7.3.5.1. <i>Conclusiones</i>	147
7.3.5.2. <i>Identificación de áreas problemáticas con necesidad de regulación</i>	148
7.3.5.3. <i>Evolución previsible del Sector</i>	149
7.4. Bibliografía	150
7.4.1. Bibliografía Calidad de aguas y sedimentos	150
7.4.2. Bibliografía Comunidades bionómicas y planctónicas marinas	150
7.4.3. Bibliografía Recursos Pesqueros	153
7.5. Otras Fuentes de Información	154
8. CARACTERIZACIÓN Y CARTOGRAFIADO DE LAS UNIDADES DE SUELOS	155
8.1. Memoria	155
8.1.1. Introducción	155
8.1.2. Factores Ambientales	155
8.1.2.1. <i>Geología</i>	155
8.1.2.2. <i>Clima</i>	158
8.1.3. Unidades de Suelos	159
8.1.3.1. <i>Unidades Edáficas</i>	159
8.1.3.2. <i>Unidades No Edáficas</i>	168
8.1.4. Consideraciones sobre las Clases Texturales	169
8.1.5. Apéndice 1. Perfiles Representativos	171
8.1.5.1. <i>Perfil 1</i>	171
8.1.5.2. <i>Perfil 2</i>	171
8.1.5.3. <i>Perfil 3</i>	172
8.1.5.4. <i>Perfil 4</i>	172
8.1.5.5. <i>Perfil 5</i>	172
8.1.5.6. <i>Perfil 6</i>	173
8.1.5.7. <i>Perfil 7</i>	174
8.1.5.8. <i>Perfil 8</i>	175
8.1.5.9. <i>Perfil 9</i>	175

8.2. Metodología	176
8.2.1. Trabajo de Campo. Toma y preparación de muestras	176
8.2.2. Trabajo de Laboratorio	177
8.2.2.1. <i>Complejo de cambio: cationes cambiables y capacidad de Intercambio catiónico</i>	177
8.2.2.2. <i>Análisis granulométrico.- Dispersión con hexametafosfato sódico, utilizando el método densimétrico de Boyoucos. La fracción arena se calculó por tamizado a 0.2 y 0.05 mm</i>	178
8.2.3. Trabajo de Gabinete	178
8.2.4. Clasificación empleada.....	179
8.2.5. Bibliografía.....	179
8.2.6. Fichas	181
8.2.6.1. <i>Fichas descriptivas</i>	181
9. CARACTERIZACIÓN Y CARTOGRAFIADO DE LAS UNIDADES DE VEGETACIÓN. 183	
9.1. Introducción y Antecedentes	183
9.2. Metodología	183
9.2.1. Las fichas de campo.....	186
9.2.2. Inventarios de Vegetación	187
9.2.3. Caracterización de la Cartografía	188
9.3. Memoria	189
9.3.1. Introducción	189
9.3.2. Comunidades Vegetales.....	190
9.3.2.1. <i>Vegetación Potencial</i>	190
9.3.2.2. <i>Comunidades de Sustitución</i>	198
9.3.3. Inventarios de Vegetación	204
9.3.4. Bibliografía	207
10. CARACTERIZACIÓN Y CARTOGRAFIADO DE LAS UNIDADES DE FAUNA..... 208	
10.1. Introducción	208
10.2. Metodología	208
10.3. Memoria	211
10.3.1. Hábitats presentes.....	211
10.3.2. Zonas de interés ornítico	217
10.3.2.1. <i>Graveras de las Maretas (Mazo)</i>	217
10.3.2.2. <i>Punta del Moro</i>	218
10.3.2.3. <i>Montaña del Azufre</i>	218
10.3.2.4. <i>Roques de Niares</i>	218
10.3.2.5. <i>Porís de Tigalate</i>	218
10.3.2.6. <i>El Espigón</i>	219
10.3.2.7. <i>Salinas de Fuencaliente</i>	219
10.3.2.8. <i>Playa Echentive</i>	219
10.3.2.9. <i>Las Suelas</i>	220
10.3.2.10. <i>Punta Larga</i>	220
10.3.2.11. <i>Punta Resbaladera</i>	220
10.3.2.12. <i>La Zamora</i>	221
10.3.2.13. <i>Roque y Punta de los Guinchos</i>	221
10.3.2.14. <i>El Remo</i>	221
10.3.2.15. <i>Charco Verde</i>	222
10.3.2.16. <i>Puerto Naos</i>	222
10.3.2.17. <i>Playa Nueva</i>	222

10.3.2.18. Tzacorte.....	222
10.3.2.19. La Flamenca.....	223
10.3.2.20. Roque del Águila.....	223
10.3.2.21. Callado Nuevo.....	224
10.3.2.22. Playa de las Vinagreras.....	224
10.3.2.23. La Veta.....	224
10.3.2.24. Tinizara.....	224
10.3.2.25. Las Barreras.....	224
10.3.2.26. Punta de las Gaviotas.....	225
10.3.2.27. Costa del Porcal.....	225
10.3.2.28. Caldero del Roque.....	225
10.3.2.29. Punta Gutiérrez.....	225
10.3.2.30. Lomada grande.....	225
10.3.2.31. Punta del Puerto Viejo.....	225
10.3.2.32. Roque de Las Tabaibas.....	226
10.3.2.33. Punta Valiero.....	226
10.3.2.34. La Manga.....	226
10.3.2.35. Punta de Don Pedro.....	226
10.3.2.36. Franceses.....	227
10.3.2.37. Gallegos.....	227
10.3.2.38. Punta Gaviota.....	227
10.3.2.39. La Fajana de Barlovento.....	227
10.3.2.40. Roque Negro.....	228
10.3.2.41. Puerto Espíndola.....	228
10.3.2.42. Punta Gorda, Los Sauces.....	228
10.3.2.43. Barranco de San Juan.....	229
10.3.2.44. Callao y playa de Nogales.....	229
10.3.2.45. Punta Sancha.....	229
10.3.2.46. Barranco Seco.....	230
10.3.2.47. Santa Cruz.....	230
10.3.2.48. Playa de Bajamar.....	230
10.3.2.49. Punta de San Carlos.....	230
10.3.2.50. Los Cancajos.....	231
10.3.3. Inventario de especies.....	231
11. ESTUDIO Y CARTOGRAFÍA DEL PATRIMONIO ARQUEOLÓGICO.....	233
11.1. Aspectos generales y metodología aplicada.....	233
11.2. La Arqueología de La Palma.....	238
11.3. Introducción a la Arqueología Prehistórica y Protohistórica de La Palma.....	239
12. ESTUDIO Y CARTOGRAFÍA DEL PATRIMONIO NATURAL.....	245
12.1. Metodología.....	245
12.2. Espacios Naturales Protegidos.....	246
12.3. Puntos de Interés Biológico.....	247
12.4. Puntos de Interés Geológico.....	247

1. INTRODUCCIÓN

La Palma esta situada en la parte noroccidental del Archipiélago Canario; es una de las islas que ofrece un paisaje más variado en relación con su superficie. Esta variedad paisajística es resultado de los significativos contrastes que se aprecian en su morfología general, cuyos elementos principales, en relación con el clima, dirigen la distribución de la vegetación. A La Palma se la conoce también por el nombre de Isla Bonita o Isla Verde, por la exuberancia de sus bosques. Tiene una superficie de 706 km² y dista 85 km de Tenerife y 1.440 km de la Península Ibérica (Cádiz). Es la única isla canaria que tiene arroyos o pequeños ríos.

La Palma tiene forma de triángulo isósceles con el vértice más agudo hacia el S, y es de origen volcánico. Se dan en esta isla unas alturas considerables para un perímetro tan corto. El centro de la isla está ocupada por la caldera de Taburiente, con su altura máxima en el Roque de los Muchachos (2.426 m), mientras que en la otra mitad existen dos interrupciones que permiten el acceso a la mencionada caldera: el collado de la Cumbrecita y el barranco de las Angustias. Toda la cordillera central de la isla sobrepasa los 2.000 metros.

La Figura 1 muestra el mapa físico de la isla.

1.1. El medio físico

La contrastada geomorfología está estrechamente ligada a la historia volcánica de la Isla y es consecuencia de las relaciones espaciales y temporales existentes entre la actividad eruptiva y los procesos erosivos. De dicha historia resultan extensas áreas caracterizadas por la mayor importancia de uno u otro elemento creador de formas, aunque en ellas se observan sectores en los que el paisaje está definido por los resultados de los dos tipos de procesos: volcanes y barrancos.

1.2. Las unidades volcánicas en el espacio insular

En el transcurso de la evolución geomorfológica de la isla de La Palma, la actividad volcánica ha emigrado desde el Norte, donde se localiza el área más antigua, hacia el Sur, en cuyo extremo tuvo lugar la erupción más reciente del Archipiélago. Este desplazamiento está guiado por una de las pautas de debilidad de la corteza que operan en Canarias: la tendencia tectónica de dirección Norte-Sur, de escasa importancia en otras islas, pero que

condiciona la forma de La Palma y la disposición espacial de sus principales unidades geomorfológicas.

La Isla de La Palma comenzó a construirse con el levantamiento de un fragmento de corteza oceánica, integrado por rocas volcánicas submarinas, sedimentarias y plutónicas, hoy conocido como Complejo Basal. A partir de ese momento se inició una actividad volcánica subaérea, mediante la concentración de numerosas erupciones basálticas que tuvieron lugar principalmente durante el Plioceno. Los materiales resultantes se superpusieron al Complejo Basal y dieron forma y volumen al área septentrional de la Isla, caracterizada por la Serie Antigua I, que afecta a los actuales conjuntos de la Caldera de Taburiente y sus vertientes externas y de la Cumbre Nueva. La actividad volcánica posterior, que corresponde a las Series Recientes tuvo lugar a lo largo del Pleistoceno y el Holoceno, y construyó el sector conocido hoy como Cumbre Vieja, mientras que afectó sólo de un modo puntual al área septentrional de la Isla.

Esta clara organización espacial de la evolución temporal de la actividad volcánica en la Isla de La Palma es la razón de que existan dos unidades geomorfológicas bien diferenciadas: el macizo antiguo septentrional y la dorsal volcánica meridional.

La primera unidad es una estructura volcánica compleja, edificada por la sucesión de múltiples episodios eruptivos, en la que la erosión ha actuado sin interrupción desde finales del Plioceno. Aunque existen formas volcánicas, lo dominante y característico de los macizos antiguos volcánicos son las formas de erosión. El aspecto cupuliforme y la planta elíptica de este macizo se explican, porque se ha construido a partir del cruce de tres pautas tectónicas, la Nordeste-Suroeste, la Noroeste-Sureste y la Norte-Sur.

La dorsal volcánica refleja una mayor pervivencia de la actividad eruptiva y acoge todas las erupciones históricas de la Isla. Es una estructura mucho más sencilla que la del macizo antiguo pero su geomorfología de detalle es muy variada, ya que el predominio de formas de carácter volcánico introduce gran cantidad de matices morfológicos relacionados directamente con el estilo de las erupciones. Las dorsales siempre se construyen siguiendo una única pauta tectónica en este caso la Norte-Sur, por lo que tiene una disposición rectilínea; está configurada por una espina central en la que se produce una aglomeración de conos volcánicos recientes e incluso históricos, a partir de la cual se derraman de un

modo divergente múltiples coladas de lava muy fluida, que originan la formación de la laderas de la dorsal. Esta se configura, por tanto, con forma de tejado “a dos aguas”.

El desplazamiento hacia el Sur de la actividad volcánica en La Palma es el hecho fundamental que explica gran parte del paisaje de la Isla, al especializar distintos espacios por influencia predominante de procesos volcánicos o torrenciales. Estos procesos no sólo difieren en su origen y mecanismos, sino que, además tienen una dinámica temporal distinta, y mientras que los erosivos son paulatinos, con resultados constatables sólo tras largos períodos de tiempo, los eruptivos pueden producir grandes modificaciones del paisaje morfológico en cuestión de horas, por lo que introducen discontinuidades en el desarrollo normal de las actividades del hombre y, por su más lenta adaptación a las nuevas condiciones del medio, en la articulación de los paisajes vegetales.

1.3. La huella de la erosión torrencial

Las formas resultantes de la erosión torrencial constituyen el elemento morfológico característico del área septentrional de La Palma. Desde que cesaron las manifestaciones volcánicas, los barrancos se han ido excavando de un modo progresivo bajo la influencia generalizada de unas lluvias irregulares, espasmódicas y más o menos violentas.

En la parte más elevada y central del macizo antiguo se abre una gran depresión calderiforme de origen erosivo, cuyas aguas drenan hacia el litoral a través del Barranco de Las Angustias. Se trata de una cuenca de recepción espectacular, constituida por numerosos afluentes, cuyas cabeceras han hecho retroceder progresivamente sus límites, dotándola de una gran amplitud. Las diferencias morfológicas de este barranco con los restantes de La Palma no hay que relacionarlas con una incidencia desigual del clima, sino de las estructuras volcánicas.

Esta cabecera de gran amplitud y profundidad se ha formado en el lugar en el que la acumulación de los basaltos de la Serie Antigua I tiene un menor espesor; cuando la excavación torrencial alcanza el Complejo Basal, roquedo muy vulnerable a la acción erosiva, la capacidad de desalojo de materiales de los agentes torrenciales es mayor y, por tanto, su efecto morfológico también lo es. Del mismo modo, el trazado del límite de la Caldera y la disposición del Barranco de Las Angustias manifiestan la adaptación de los procesos erosivos a las pautas tectónicas; el primero sigue las directrices NE-SW, NW-SE y N-S y el barranco explota la pauta de debilidad de la corteza de dirección NE-SW.

Las vertientes de la cúpula, externas a la Caldera, están surcadas por numerosos barrancos estrechos y relativamente profundos que, con una disposición radial, dejan en resalte interfluvios de culminación plana que desciende suavemente hacia la costa y que están, a su vez, incididos por barranqueras poco encajadas y de escasa jerarquización hidrográfica. Estos rasgos morfológicos, que caracterizan de modo general a las áreas medias y bajas de las vertientes, muestran matices diferenciadores en los sectores Norte, Nordeste y Este, donde los barrancos son más amplios y profundos y se alternan con interfluvios en forma de cresta. La razón de esta diferencia parece estar en relación con una mayor vulnerabilidad de los basaltos en el sector oriental y la existencia de una mayor importancia de los volcanes cuaternarios en el Oeste, cuyos procesos generadores han interferido la labor torrencial en este espacio y han atenuado localmente su efecto.



Figura 1 .- Mapa físico de la isla de La Palma

Pero las huellas de la erosión torrencial no se reflejan sólo en los barrancos. Estos parecen ser la consecuencia última de un proceso en el que la excavación no fue constante y debió alternar con fases de sedimentación de las que sólo quedan las huellas más recientes. Las laderas y los lechos de los barrancos muestran hoy depósitos, que corresponden a momentos de escasa capacidad de evacuación por parte de la esorrentía, y que se encuentran por lo general ocupados por cultivos, lo que indica que hoy no se están regenerando. El cauce actual del Barranco de Las Angustias deja a los lados un depósito de barranco cuya magnitud y potencia no se encuentran en ningún otro lugar de Archipiélago; los materiales que lo integran corresponden al vaciado de la Caldera de Taburiente. Al mismo tiempo que la erosión torrencial ha ido labrando los barrancos, la acción del mar ha ejercido un efecto morfológico importante y las costas del Norte de La Palma se caracterizan por su acantilamiento y muestran grandes escarpes verticales que sólo están interrumpidos por los barrancos. En los lugares afectados por erupciones cuaternarias, el desbordamiento de los acantilados por parte de las coladas lávicas ha formado pequeñas plataformas litorales al pie de los escarpes marinos.

Aunque la morfología del área meridional está definida por el predominio de las formas volcánicas directas, también se reconocen en ella las huellas de los procesos erosivos. En la dorsal existen barrancos aislados y poco encajados que no presentan cabecera, sino que se esbozan suavemente en los flancos de la cumbre; el abarrancamiento tiene, por tanto, una escasa entidad geomorfológica y es más importante numéricamente en la vertiente oriental, la menos afectada por erupciones recientes e históricas.

El litoral meridional está también muy acantilado, sobre todo en el Oeste. En gran parte de este litoral occidental los cantiles marinos han dejado de ser funcionales y aparecen retranqueados con respecto a la línea de costa actual por la formación de plataformas lávicas costeras que han ganado terreno al mar.

1.4. Los rasgos climáticos

La localización de La Palma en el extremo noroccidental del Archipiélago, con una posición más adentrada en el Océano Atlántico que el resto de las Islas, ocasiona que sea ella la que goce de unas condiciones generales de mayor humedad y de temperaturas algo más suaves, aunque sin romper el marco general de semiaridez que caracteriza al conjunto del Archipiélago. Pero, si consideramos las diferencias espaciales de la influencia de dichas condiciones se observa que existen diferencias llamativas con respecto a las demás Islas.

La configuración de la Isla, alargada en sentido meridiano, y la disposición general Norte-Sur de la línea de cumbres provocan una particular organización de las áreas climáticas, resultado de la relación del alisio con el relieve. El alisio húmedo, proveniente del Nordeste, afecta de un modo directo a la vertiente Norte, como en el resto de las Islas centrales y occidentales, pero también lo hace al amplio espacio abierto al Este, si bien esta influencia se atenúa progresivamente hacia el extremo Sur de la Isla. Como consecuencia, la idea muy extendida que identifica barlovento con Norte y sotavento con Sur no se adapta totalmente a la realidad en la Geografía del clima y la vegetación de La Palma.

1.4.1. La banda de barlovento

El espacio conocido como «banda» de barlovento incluye la vertiente septentrional, hasta que ésta comienza a incurvarse hacia el Oeste, y la vertiente oriental de la Isla. Es, en conjunto, el área más lluviosa, de mayor humedad atmosférica, la menos soleada y la de temperaturas más suaves de La Palma.

Por lo que respecta a las precipitaciones, por su calidad de barlovento es el espacio en el que descargan la mayor parte de las situaciones atmosféricas de inestabilidad que afectan a la Isla. También es el sector de influencia más intensa del alisio, cuya capa baja, fresca y húmeda, es obligada a ascender por el relieve y se incrementa su inestabilidad, dando lugar a la formación del mar de nubes; la presencia de la capa de estratocúmulos, que en La Palma tiene un límite inferior más bajo, es la razón de una insolación atenuada que repercute en las temperaturas, sobre todo en las estivales. En toda la franja costera, hasta la cota de los 200 m, se registra una temperatura media de 20° C. Superada esta altura, la temperatura desciende hasta llegar incluso a los 0° C en invierno en las partes altas de la isla, mientras que en verano las temperaturas en estas zonas altas superan con facilidad los 30° C.

1.4.2. La banda de sotavento

Al contrario que la oriental, la vertiente occidental de La Palma está protegida de la llegada directa de las masas de aire inestables, así como del flujo del alisio húmedo. De ello se deriva una menor humedad ambiental general y un total de precipitaciones más bajo que en barlovento. Por otra parte, la ausencia del mar de nubes aumenta la insolación, que favorece la elevación de las temperaturas, a lo que también contribuye el descenso por esta vertiente de un aire seco y progresivamente más cálido que descargó su humedad en

barlovento. Esta diferencia es evidente sobre todo en las medias estivales, que se sitúan entre 15 grados centígrados en Enero y 22'3 grados centígrados en Agosto en Los Llanos de Aridane, mientras que en Buenavista se alcanzan 14'5°C y 20'2°C.

En La Palma se encuentran los principales manantiales de Canarias, así como los únicos arroyos de corriente continua, entre los cuales figuran los de la Caldera de Taburiente, Marcos y Corderos (en los Sauces), junto con los del barranco del Río (en Santa Cruz de La Palma).

1.5. Flora y Fauna

También en la vegetación de La Palma se pueden distinguir dos zonas predominantes por la influencia del clima, la zona de barlovento y la zona de sotavento.

1.5.1. La zona de barlovento

Los rasgos climáticos generales de barlovento tienen un inmediato reflejo en el paisaje vegetal. Las áreas bajas están ocupadas por el matorral xerófilo de costa. Esta formación vegetal tiene una superficie muy reducida debido a la conjunción de tres factores: la localización en este ámbito de los principales núcleos de poblamiento; el carácter oceánico de la Isla, evidente de un modo particular en el Norte, donde la vegetación más exigente en humedad descende hacia la costa, restringiendo el matorral xerófilo a una estrecha orla costera; las erupciones recientes e históricas que han afectado al sector Sur de la Isla y en cuyos terrenos aún no se ha regenerado la vegetación que les corresponde climáticamente.

El tabaibal-cardonal palmero tiene, como en las demás Islas, múltiples expresiones (tabaibal dulce, tabaibal amargo, cardonal, etc.) que responden a distintas combinaciones de factores ecológicos, aunque están ausentes los aulagares (*Launaea arbo-rescens*), comunidades que toleran una mayor aridez. En el extremo Sur de esta «banda» de barlovento destacan los retamares (*Retama monosperma ssp. rhodorhizoidis*), que realmente están marcando la transición del matorral xerófilo al pinar.

La modificación del clima con la altitud se manifiesta en la vegetación mediante la presencia de elementos de transición al monteverde. Esta manifestación está muy alterada por la antropización, pero aún se conservan reductos donde está muy bien representada por la sabina (*Juniperus phoenicea*), el peralillo (*Maytenuscanariensis*), *Rhamnus crenulata*, *Olea europaea ssp. Cerasiformis* e *Hypericum canariense*, como especies más destacadas.

En el espacio afectado por el mar de nubes se desarrolla el monteverde. Es una formación forestal que incluye el fayal-breza y la laurisilva, con un predominio de las Lauráceas en las áreas más húmedas y del brezo (*Erica arborea*) y la faya (*Myrica faya*) en los lugares donde la influencia de las nieblas es menor, como el sector meridional de este área de barlovento. El monteverde palmero, del mismo modo que el de La Gomera, es menos rico florísticamente que el de Tenerife, no obstante, dada la gran diversidad específica de este bosque, éste sigue caracterizándose por la presencia de un gran número de elementos arbóreos. En cuanto a su organización interna presenta algunos matices de diferenciación con respecto al monteverde de las demás Islas, pues mientras en Tenerife y La Gomera las especies más exigentes en humedad aparecen restringidas a las vaguadas, en La Palma tienen una distribución más amplia y se desarrollan también en las laderas de exposición favorables debido al carácter más oceánico de esta Isla. Son de destacar las comunidades de tilos (*Ocotea foetens*) en los barrancos húmedos y umbríos del Nordeste (Los Tilos y La Galga).

Por encima del mar de nubes se sitúa el bosque de pinos (*Pinus canariensis*). La gran amplitud ecológica de esta especie y la vasta superficie que ocupa este bosque en La Palma determinan que exista una gran variedad de unidades de vegetación cuyas diferencias se manifiestan en la composición florística del sotobosque. El pinar con fayal-breza marca el paso del monteverde al bosque de pinos; esta transición se muestra también por encima de Santa Cruz de La Palma y de Breña Alta por la alternancia de uno y otro tipo de vegetación según la orientación de las laderas de los barrancos dispuestos perpendicularmente al sople del aliso. Hacia el Sur, el ambiente ligeramente más seco provoca la sustitución del fayal-breza arbustivo por un matorral de codesos (*Adenocarpus foliolosus*) bajo los pinos. El pinar con jara (*Gistus symphytifolius*) es la manifestación más típica del pinar sin influencia del aliso húmedo. En los espacios de desarrollo potencial del pinar que han experimentado erupciones históricas aparece un matorral de *Plantago webbi*, que constituye una vegetación pionera en la colonización de los conos volcánicos.

Igual que ocurre en Tenerife, la altitud que alcanza La Palma permite la presencia de un matorral de cumbres por encima de los 1.800-1.900 metros. Es un matorral más pobre que el de Tenerife, con un predominio muy marcado del codeso (*Adenocarpus viscosus*) y la presencia de endemismos de la Isla como *Teline benehoavensis*, *Viola palmensis*, *Echium gentianooides*, *Tolpis calderae*, etc.

1.5.2. La zona de sotavento

La disimetría climática se refleja, lógicamente, en una desigualdad de la organización espacial de la vegetación en esta «banda». La diferencia más llamativa es la reducción de la superficie de ocupación del monte verde, que sólo aparece en el Noroeste de la Isla en sus expresiones menos puras. No obstante, el desbordamiento del mar de nubes por encima de la Cumbre Nueva provoca una local prolongación del bosque húmedo en el sector más alto de la vertiente de sotavento.

La masa forestal característica de las medianías de sotavento es, por tanto, el pinar, cuyo límite inferior desciende considerablemente y en el área de Puntagorda se observan manchas de bosque aisladas entre los cultivos desde los 300 metros de altitud. Este pinar es internamente menos variado que el de sotavento, pues no están presentes sus manifestaciones más higrófilas; sin embargo, en los escarpes culminantes de La Caldera de Taburiente se localiza una variedad ausente en barlovento, el pinar con cedro (*Juniperus cedrus*), que constituye la manifestación forestal más abierta y más elevada de La Palma. La importancia superficial del pinar y la continuidad espacial que tiene este bosque en La Palma, añadidas al espectacular relieve de la Caldera de Taburiente, han sido las razones de la clasificación de este espacio como Parque Nacional en 1954.

Al matorral xerófilo y a la vegetación de transición les corresponde una área de desarrollo potencial superior a la de la «banda» contraria, pero han sido sustituidos en gran parte por cultivos y, además, la superficie ocupada por las coladas lávicas históricas procedentes de la Cumbre Vieja es mayor aquí que en barlovento.

1.6. Rasgos característicos de la población

La población de La Palma ha experimentado un continuo ascenso hasta el año 1960, momento a partir del cual comienza a descender hasta los 73.749 habitantes de 1970, si bien vuelve a relanzarse de nuevo hasta alcanzar los 78.867 en 1991 (según refleja el último censo de 1991 elaborado por el Instituto Canario de Estadística (ISTAC). Estimaciones posteriores vuelven a elevar la población hasta los 80.000 habitantes de 1996.

Los núcleos de población se concentran en el litoral, especialmente, en la zona costera y medianía oriental, donde se registra una densidad demográfica incluso superior a los 300 h/km², y donde se sitúa Santa Cruz de La Palma, la capital insular. En el oeste está

bastante poblada la comarca de los Llanos de Aridane, sobre todo, la localidad del mismo nombre y la de Tazacorte. Sin embargo, están escasamente poblados el NO, el centro y la punta meridional, donde se registra una densidad de población de entre 20 y 50 h/km².

1.7. Economía

La principal fuente de ingresos de la economía palmera procede del cultivo del plátano, con unas exportaciones superiores a los 130 millones de kilos.

Otros complementos a la economía insular son, la ganadería caprina, la pequeña industria tabaquera, el vino, el cultivo del aguacate y la incipiente industria turística.

1.8. Administración y Gobierno

La isla de La Palma es uno de los siete territorios insulares que integran la Comunidad Autónoma de Canarias. Pertenecen a la isla los municipios de Barlovento, Breña Alta, Breña Baja, Fuencaliente de La Palma, Garafía, Los Llanos de Aridane, El Paso, Puntagorda, Puntallana, San Andrés y Sauces, Tazacorte, Tijarafe, Villa de Mazo y Santa Cruz de La Palma, capital insular. El órgano de Gobierno y administración insular es el Cabildo que tiene autonomía plena en los términos que establece la Constitución (REC 1978/2836) y su legislación específica conforme al artículo 32 del Estatuto de Autonomía de Canarias aprobado por Ley Orgánica de 10 de agosto de 1982, que es su norma institucional básica.

2. CARTOGRAFÍA TERRESTRE

Comprende los trabajos necesarios para la creación de una red de bases topográficas que permitan, en el futuro, su uso en las diversas actuaciones a practicar en el entorno costero, así como los levantamientos necesarios para la elaboración y complementación de la Ecocartografía. Del mismo modo se consideran en este apartado todos los trabajos necesarios para la elaboración de una cartografía a escala 1/1.000 y 1/5.000 de una franja de 500 m del litoral así como la creación de una ortofoto a escala 1/5.000.

El sistema de referencia para todos los trabajos topográficos ha sido REGCAN 95, basado en WGS 84, a partir de la red geodésica oficial (IGN) en la isla de La Palma. La proyección ha sido U.T.M. en el huso 28. En cuanto a la altimetría, se refirió inicialmente al nivel medio del mar en Santa Cruz de la Palma, fijado por el I.G.N., a través del empleo del estudio de este mismo organismo en la Isla de La Palma. Posteriormente y tras obtener el cero

hidrográfico, mediante la implantación de un mareógrafo patrón en el Puerto de Santa Cruz durante 13 meses, se refirieron todas las cotas altimétricas a este último.

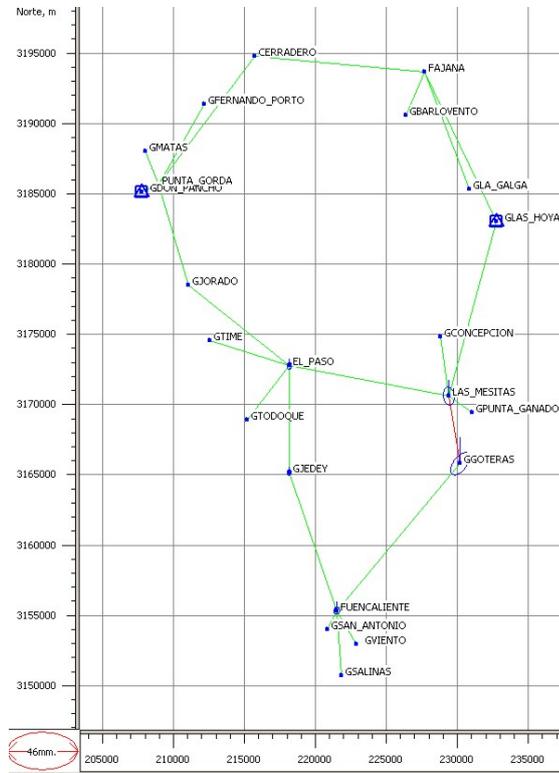


Figura 2 Gráfico demostrativo del enlace a la Red Geodésica

2.1. Trabajos topográficos

2.1.1. Redes topográficas

Mediante el empleo de la tecnología GPS se ha cubierto todo el perímetro de la isla con la materialización y observación de una serie de bases topográficas que se dividen en dos grupos:

- **Red Primaria:** Cuyos vértices presentan una separación media de unos 3000 m y suelen ocupar los sitios más dominantes del perímetro costero. En total se han observado 75 bases.
- **Red Secundaria:** Con una densidad de tres bases por kilómetro, están intercaladas entre las bases de la Red Primaria. En total se han observado 270 bases.

Las mediciones se han ejecutado por medio del sistema GPS diferencial, estacionando un GPS en el vértice de la red del I.G.N. y el otro en el punto de medida, preprocesando datos sobre el terreno para comprobar su validez y realizando el proceso definitivo en gabinete. La

duración mínima de estacionamiento del GPS fue de 20 minutos, con objeto de evitar errores por sombras producidas por la accidentada topografía de la zona en gran parte de los lugares.



ESTUDIO ECOCARTOGRAFICO DEL LITORAL DE LA ISLA DE LA PALMA

2.1.2. Apoyo fotogramétrico

A partir del vuelo fotogramétrico proporcionado por la Dirección General de Costas a escala 1:5.000 se realizó la restitución fotogramétrica de toda la zona terrestre objeto de estudio, previamente y con el objeto de poder corregir el vuelo de las distorsiones de la lente y de la deriva de vuelo se realizó el apoyo de campo; el cual se ejecutó durante los trabajos de densificación de las redes topográficas. El método a seguir, para la orientación de cada modelo, ha sido el de aerotriangulación, con cuatro puntos en cabecera y final de pasada, y dos puntos correctamente distribuidos cada dos modelos, todo ello mediante técnicas de posicionamiento con GPS diferencial, el mismo explicado en el apartado anterior. Los puntos escogidos (con un error en su determinación inferior a 5 cm) han sido siempre claramente identificados (pinchados) previamente en los fotogramas y se ha confeccionado un croquis de situación de los mismos.

2.2. Restitución fotogramétrica

Realizada mediante restituidores digitales, empleando el método de aerotriangulación para las orientaciones absolutas de los modelos y de correlación para la orientación interna de cada fotograma. La superficie en planta restituida ha sido de unas 6000 ha, la cual teniendo en cuenta los grandes desniveles existentes podría ser de hasta una tercera parte más en terreno natural.

El detalle dado a la restitución ha sido el de una escala 1/1.000 con equidistancia de un metro, y han sido incluidos en la misma aquellos elementos a tener en cuenta en dicha escala tales como edificaciones, vías de comunicación, cultivos, cerramientos, masas vegetales, líneas eléctricas, redes de riego y en general cualquier elemento representativo con un tamaño superior a los 25 cm.

La restitución fue digital, registrada en soporte magnético y pasada después a formato DGN y DWG.

2.3. Edición de la cartografía

En este paso se ha unido la información extraída de la restitución fotogramétrica y de las batimetrías realizadas, obteniéndose así la base cartográfica para el resto de los elementos a implementar en la ecocartografía.

La edición cartográfica se ha realizado inicialmente a escala 1/1.000 con equidistancia de curvas de nivel de un metro para posteriormente, tras un tratamiento informático, generalizarla a escala 1/5.000 con equidistancia de cinco metros.

En ambos casos se ha asignado un código numérico que identifica biunívocamente cada objeto cartográfico, y se ha tratado la topología de los ficheros para un futuro tratamiento digital de la información cartográfica, que permita la elaboración de un sistema de información geográfica.

Las hojas siguen la misma numeración y orden que la cartografía del Servicio Geográfico del Ejército, como se muestra en las figuras adjuntas.

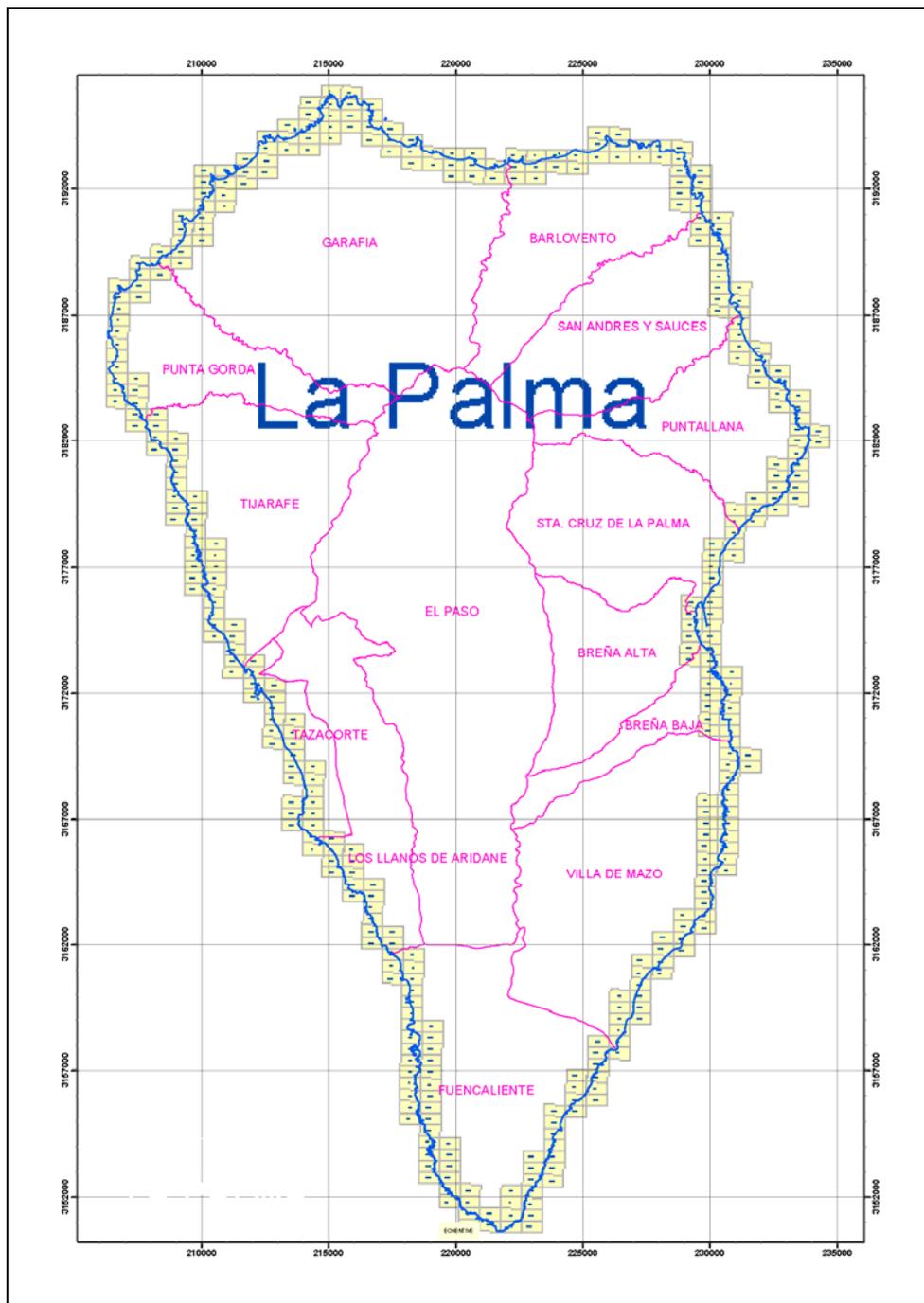


Figura 3 .- Distribución de hojas a escala 1:1000

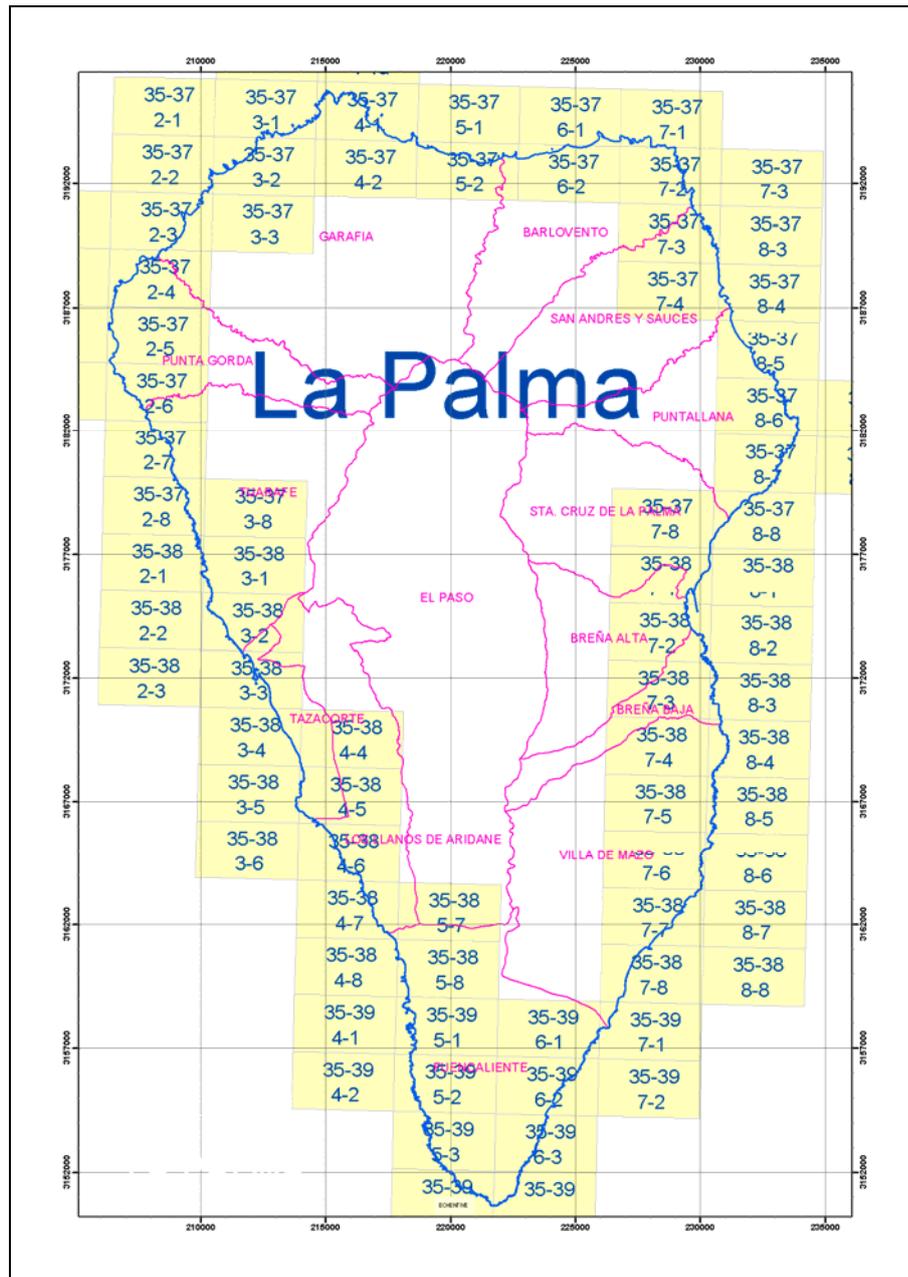


Figura 4 .- Distribución de hojas escala 1:5000

2.4. Dominio público

Las líneas correspondientes al dominio público marítimo-terrestre fueron proporcionadas por la Dirección General de Costas. Dichas líneas presentaban en su mayoría coordenadas en el sistema ED-50, de modo que se transformaron al sistema de referencia del estudio (REGCAN 95) y se reflejaron en la cartografía 1/1.000

2.5. Ortofotos a escala 1:5.000.

Tras un escaneo con escáner métrico de todos los fotogramas de vuelo, se procedió a la creación de una ortofoto. Para ello se corrigió de sus anamorfosis a cada modelo estereoscópico a través de los datos extraídos del proceso de restitución. Una vez corregidos todos los modelos, se confeccionó un mosaico de todos ellos, distribuyéndolos del mismo modo que la cartografía 1/5.000, de la cual se han incluido los elementos más representativos de la misma.



Figura 5 Detalle de ortofoto E:1/5.000

2.6. Equipos utilizados

Para la ejecución de los trabajos en campo se ha recurrido a tres equipos, compuestos de un Ingeniero Técnico en Topografía y un auxiliar para cada uno de ellos, empleando el siguiente instrumental:

Se ha empleado un mínimo de 2 receptores G.P.S. TOPCON HIPER con las siguientes características técnicas:

- Canales: 20 en L1/L2 GPS.
- Observables: Códigos C/A, P y portadora L1 / Código P y portadora L2.
- Precisiones en postproceso: 3 mm + 1ppm (x longitud de base línea)
- Actualización máxima de posición: 1 Hz
- Memoria interna: 96 Mb.
- Antena: Microstrip cero-centrada.
- Controlador: Ranger/HusKy FEX21



Foto nº 1 Estación GPS Hiper

Cada equipo ha estado dotado de un vehículo todo terreno, ordenador portátil, y accesorios propios de cada metodología: trípodes, jalones, radioteléfonos etc.

En los trabajos fotogramétricos han sido empleadas dos Estaciones de Fotogrametría Digital **ANALYZER RD-2001** (Mapline).

- Restitución de fotogramas tomadas con cualquiera de las cámaras aéreas convencionales.
- CPU con procesador PENTIUM IV 3.6 Ghz
- 1 Gb. de memoria RAM
- Sistema de visualización estéreo de Crystal Eyes, tanto en versión de gafas activas, como su última innovación **Z-SCREEN** con gafas pasivas.
- Restituidor modelos escaneados. Gestor de proyectos



Foto nº 2 Restituidor digital Analyzer RD-2001

La aplicación gestora de la estación de restitución es DIGI 3D.

Para la edición cartográfica y para la creación de la ortofoto se han empleado las siguientes aplicaciones sobre procesadores Pentium de última generación.

- Microstation V8
- Digi 21
- Autocad 2000
- Mosaico 21
- Digi 3D



Figura 6 .- Mareógrafo patrón

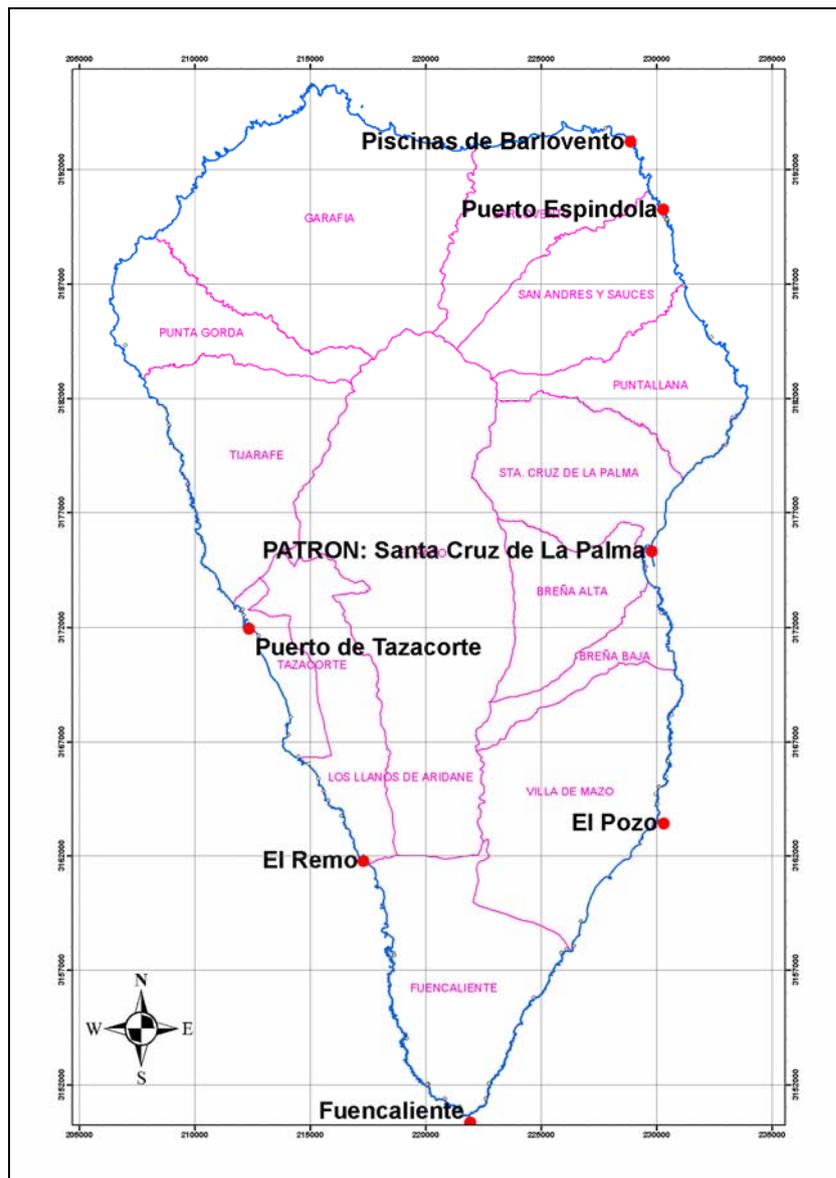


Figura 7 .- Mareógrafos secundarios

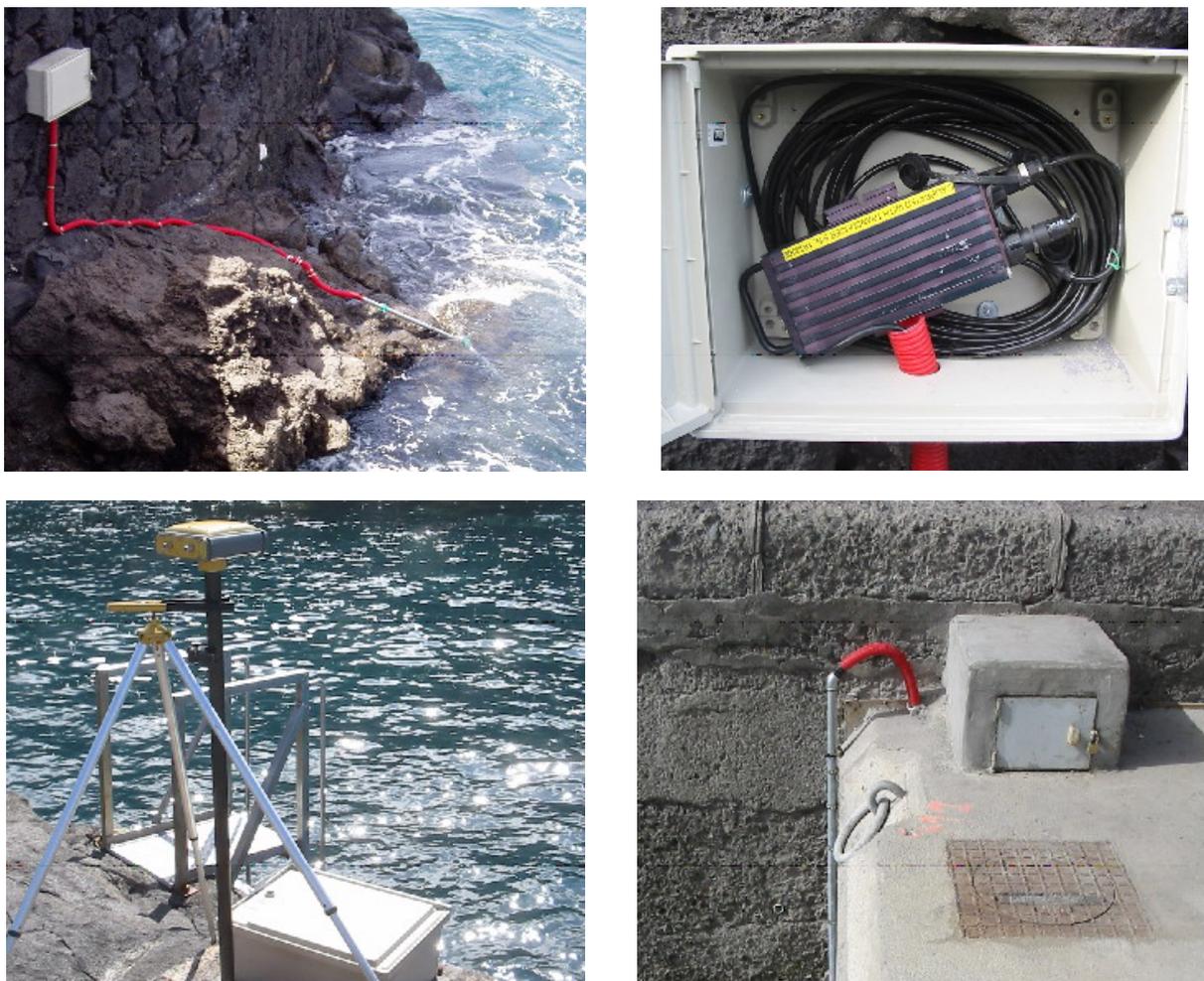


Figura 8 .- Algunos de los mareógrafos instalados en la costa

3. CARTOGRAFÍA MARINA

El objetivo del estudio de cartografía marina es la realización de un levantamiento batimétrico de precisión, un estudio morfológico con Sonar de Barrido Lateral y la caracterización de los fondos con un clasificador de fondos para determinar las características reflectivas de los materiales.

Para cumplir estos objetivos se han empleado una serie de equipos, seleccionados de acuerdo con el Pliego de Prescripciones Técnicas, y aprobados previamente por el Director de los trabajos.

La cartografía marina ha supuesto la realización de un variado número de trabajos encaminados a lograr la fiabilidad de los datos y los mejores resultados. Estos trabajos han consistido en la realización dos campañas de mar; una para la investigación batimétrica y

morfológica con ecosonda Multihaz y Sonar de Barrido Lateral, y otra posterior con ecosonda Monohaz y clasificador de fondos RoxAnn.

Los resultados de las mencionadas campañas de detalle, supervisados por el Director de los trabajos e interpretadas y analizadas por el grupo de trabajo, han sido integrados dentro de la estructura del estudio, considerándose una parte fundamental del mismo que ha servido de base de análisis de la ecocartografía de los fondos del litoral de la Isla de la Palma.

En los puntos siguientes se exponen los trabajos realizados y una síntesis de los resultados.

3.1. Batimetría

3.1.1. Fases del trabajo

Han sido las siguientes:

1. Apoyo topográfico
2. Definición de la línea de costa de acuerdo al cero hidrográfico establecido para el proyecto
3. Obtención y análisis de los ciclos de mareas durante el período de toma de datos
4. Estudio batimétrico mediante sonda Multihaz con el objeto de determinar la batimetría de precisión de la Isla.
5. Estudio batimétrico mediante sonda Monohaz con el objeto de determinar la batimetría de los fondos de aguas muy someras y las zonas profundas superiores a los 350 metros de profundidad.

3.1.2. Área del estudio

La zona para la realización del estudio batimétrico comprendió todo el ámbito del contorno de la plataforma insular de la Isla de La Palma hasta la batimétrica de -50 m. El área de trabajo se estableció como la franja que comprende el espacio comprendido desde la cota 0 hasta 1 kilómetro aguas fuera. Este área se incrementa hasta la isóbata de -50 metros en los lugares donde en el límite del kilómetro no se alcanza esta profundidad.

Para la realización de los trabajos de batimetría y de morfología, se dividió el área de trabajo en 22 Zonas. La Zonas establecidas se han diseñado tomando en consideración el desarrollo de las líneas de aire y la geometría de la costa, optimizando la longitud de las líneas planificadas de prospección y observando el criterio de minimizar las partes sin

cobertura (Figura 9). Con los resultados y conclusiones de los trabajos se ha realizado la cartografía de la batimetría de toda la zona de estudio.

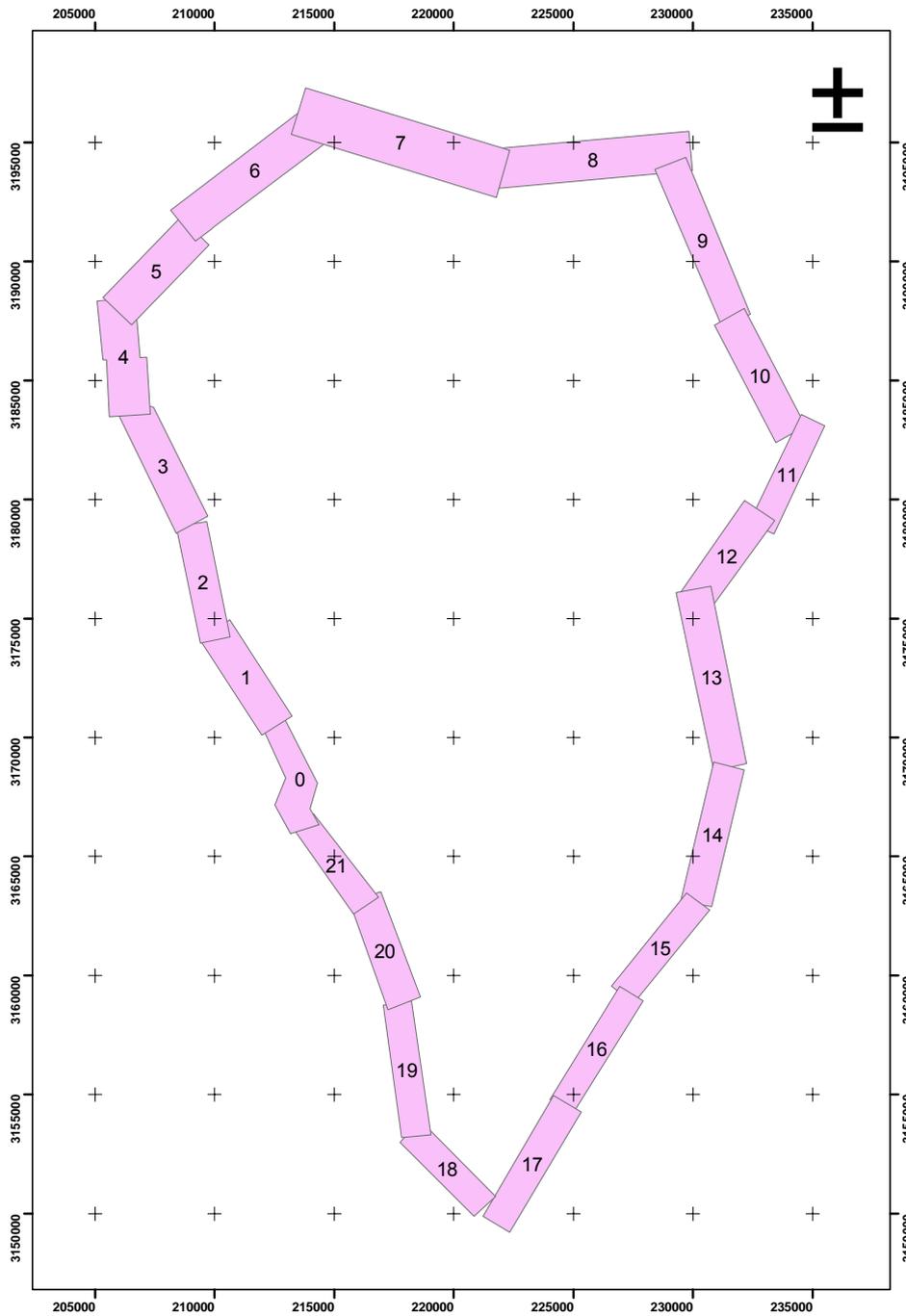


Figura 9 . Distribución zonal de la isla de La Palma

3.1.3. Metodología empleada

Para el levantamiento con sonda multihaz se plantearon líneas paralelas al eje principal de cada zona propuesta. Las líneas se recorren con la ayuda de un sistema de navegación que va indicando el rumbo y la derrota a seguir.

La separación entre las líneas no es uniforme, sino que va disminuyendo a medida que se trabaja en aguas más someras, para que en la medida de lo posible, se obtenga un porcentaje de solape adecuado a la tecnología utilizada y constante para toda la zona de investigación.

Posteriormente a la finalización de cada zona, se realiza un preprocesado rápido de los datos tomados y se diseñan nuevas líneas para cubrir las partes de la zona no cubiertas.

Los huecos en la zona de aguas muy someras cuya ubicación hace imposible su relleno, son posteriormente prospectados con una embarcación de poco calado y sonda Monohaz durante la campaña de mapeado en continuo para el estudio de clasificación de fondos con el sistema RoxAnn.

El levantamiento batimétrico mediante sonda Monohaz se realizó sobre la base de los perfiles de RoxAnn planificados en la zona de estudio: Perfiles perpendiculares a costa de una longitud de 1 km cuando se alcance 50 m de profundidad, o hasta alcanzar esa cota, y separados entre sí, 100 m. En las zonas donde no se cubrió con la ecosonda Multihaz debido a la profundidad, se hicieron líneas perpendiculares a costa separadas 50 metros entre sí.

Adicionalmente se realizaron perfiles paralelos para comprobar los cortes y asegurar la cobertura total de las zonas, así como la toma de datos muy próximos a la línea de costa.

3.1.4. Equipos utilizados

Para la realización del estudio se han utilizado los siguientes equipos y recursos técnicos:

- Embarcaciones.

Para la toma de datos con Sonda Multihaz y Sonar de Barrido Lateral se utilizó la M/N “Monte Nuevo” (CATA 356), de 12 m de eslora, con acceso directo al mar desde el salón a través de un pozo, lo que permitía acceder a los transductores bajo el

casco (Figura 10). Para la toma de sondas Monohaz y RoxAnn se utilizó una embarcación DIPOL 600 cabinada (Weekend) de 6 m de eslora y una ASTINOR 740 cabinada (Franja) de 7.4 m de eslora (Figura 11).



Figura 10 . M/N "Monte Nuevo" (CATA 356), de 12 m de eslora



Figura 11 . Embarcación "Astinor 740" utilizada para los trabajos costeros de aguas someras

- Posicionamiento

El equipo de posicionamiento usado, está basado en la utilización del Sistema Global de Posicionamiento NAVSTAR (GPS). El sistema GPS Diferencial proporciona situaciones de alta precisión, utilizando correcciones para las posiciones medidas a través de una cúpula de satélites GPS estacionarios. Estas correcciones se efectúan por transmisiones radioeléctricas vía satélite desde una estación de referencia virtual colocada en un punto de coordenadas conocidas con gran exactitud.

El equipo utilizado fue un equipo GPS Diferencial Trimble AgGPS 132 con correcciones diferenciales vía satélite del Sistema LandStar de RACAL (Figura 12).



Figura 12. - GPS Diferencial Trimble AgGPS132

- Sonda Multihaz

El estudio batimétrico se ha realizado mediante una sonda Multihaz Elac SeaBeam 1000 (Figura 13). Esta sonda tiene un rango de medida, desde 2 a 400 m de profundidad.



Figura 13 .- Unidad central de la Seabeam1000 (a la izquierda) y situación de los transductores en la embarcación utilizada (a la derecha).

La tecnología multihaz permite barrer un área determinada a lo largo de los transectos planteados, al contrario que la tecnología monohaz que sólo toma medidas de la profundidad del transecto recorrido.

En concreto, la sonda SeaBeam 1000, toma las medidas barriendo con un abanico de hasta 153° y haciendo uso de 121 haces individuales. Esto permite, además de incrementar en un porcentaje altísimo la densidad de datos con respecto a una sonda Monohaz, aumenta la calidad de los datos tomados y de los datos elaborados. La gran densidad de puntos adquiridos, permite asegurar un ajuste casi del 100% a la topografía marina real, al realizar la interpolación necesaria para el curvado de las isóbatas.

- Ecosonda Monohaz

Para realizar las mediciones de la columna de agua, con sonda Monohaz se ha empleado un sondador acústico ECHOTRAC DF-3200 (Figura 14). Se trata de una ecosonda acústica bifrecuencia con operación simultánea (24 y 200 kHz) con características hidrográficas (Normas IHO) (resolución de $\pm 0.01\text{m}$), con lecturas digital y analógica.



Figura 14 . Sonda acústica ECHOTRAC DF-3200

Dispone de elementos para modificar el cero de emisión, de forma que se puede introducir como corrección fija el calado del transductor. Igualmente, posee un sistema corrector para tarar la columna de registro en función de la velocidad de propagación del sonido en el agua de la Zona de trabajo por variaciones de salinidad y temperatura. La calibración de la sonda se realizó de acuerdo a las tablas de ajuste del método "Barcheck". El transductor fue instalado en el costado de estribor del barco y sobre él, la antena del GPS con los desplazamientos correspondientes.

Las calibraciones de la sonda se realizaron con una plancha de calibración graduada en centímetros que era situada a intervalos de profundidades de 2, 5, 10, 15 y 20 metros bajo los transductores. De la misma forma fueron utilizados los perfiles de velocidad de propagación de la velocidad del sonido en la columna de agua obtenidos con la sonda SVP (Figura 16).

- Software de navegación

El sistema utilizado para el control de las derrotas y los parámetros de navegación del barco fue un ordenador y un software integrado de navegación y adquisición de datos en tiempo real HYPACK (Coastal Oceanographics) muy conocido y probado en este tipo de trabajos, mediante el cual se realizó un control de las derrotas del barco en tiempo real sobre los itinerarios y las líneas planificadas.

Posteriormente en el gabinete, los datos grabados en el soporte magnético (derrotas, parámetros de navegación, interfaces, sondas Monohaz y parámetros E1 y E2 del sistema RoxAnn), fueron procesados con el mismo paquete integrado, obteniéndose el ploteado de los itinerarios realizados para cada una de las metodologías, los puntos de control (fixes) en los planos definitivos, las correcciones correspondientes y el curvado de las isolíneas de la sonda Monohaz.

- Sonda de velocidad de sonido en el agua

El ajuste de la ecosonda Multihaz se realizó en función de las condiciones físico-químicas de la zona de trabajo. La salinidad y la temperatura del agua afectan directamente a la velocidad de transmisión del sonido en el agua, lo cuál repercute sensiblemente en el registro y precisión de los datos obtenidos, variando la distancia real desde los emisores acústicos al fondo, si el ajuste no es correcto. El ajuste de salinidad y temperatura se realizó mediante una sonda NAVITRONIC SVP14 (Figura 16) que ofrece valores de velocidad de sonido en el agua dependiendo de la profundidad, y se verificó dos veces al comenzar la toma de datos y al finalizar la misma, para tener control sobre las posibles variaciones.

- Sensor de movimiento

Para la corrección de los movimientos del barco debidos al oleaje y otros factores que pudieran influir en el ángulo de los proyectores de la ecosonda Multihaz, se ha utilizado para la corrección de los movimientos de la embarcación un compensador de oleaje y movimiento TSS/MARHS (Figura 15).



Figura 15 .- Sensor de movimiento TSS-Marhs

El sensor de movimiento incorpora una giroscópica de precisión integrada (TSS/Meridian), de tal forma que en todo momento se conozcan los movimientos y posición de la embarcación con precisión mejor que 0.1° .



Figura 16 .- Sonda SVP para la determinación de la velocidad de propagación del sonido en el agua

- Mareógrafo

Previamente al inicio de los trabajos de batimetría se fondeó el mareógrafo en un punto de cota conocida. El mareógrafo utilizado es un equipo autónomo de presión de alta resolución Aanderaa WLR-7 (Figura 17) con grabación automática sobre una memoria sólida. El equipo se graduó para registrar medidas con un intervalo de 10 minutos.

Cuando los trabajos se realizaban en la costa este, el mareógrafo tomaba lecturas en el Puerto de Santa Cruz de La Palma; en la zona oeste el mareógrafo estaba fondeado en el Puerto de Tazacorte.



Figura 17. - Mareógrafo Aanderaa WLR-7 antes de ser fondeado en su posición definitiva. Obsérvese la base de cemento para su fijación en el fondo. Equipos de gabinete

- Equipos de gabinete

Los equipos utilizados en gabinete para el procesado de los datos han sido:

- Ordenador Pentium IV 3.2 GHz.
- Ordenador Pentium IV 2.4 GHz.
- Sistema operativo Linux, Distribución Mandrake 10
- Sistema Operativo Windows XP
- Plotter HP 500, DIN A1
- Software de procesado y edición (HDPPOST, HDPEDIT, HYPACK MAX)

3.1.5. Conclusiones

Los resultados obtenidos proporcionan las siguientes conclusiones:

La batimetría general de los fondos de la Isla de La Palma está dominada por la presencia de fuertes cambios de pendiente y taludes escalonados, que se van suavizando a medida que nos alejamos hacia el mar. No obstante, las variaciones de los de los relieves de los perfiles batimétricos están muy definidas. De forma generalizada, se puede diferenciar en todo el contorno de la Isla un límite exterior que define la ruptura de pendiente de una plataforma (plataforma insular), que se localiza entre los 50 y 120 metros de profundidad, que da paso a un talud de fuerte pendiente que desciende hasta los fondos oceánicos profundos.

Alrededor de la Isla se pueden diferenciar tres grandes sectores con batimetrías muy distintas; el noroeste-norte-noreste, oeste y el este-sur-sureste.

El noroeste-norte-noreste, se caracteriza por presentar una costa acantilada a cuyo pie se desarrolla la plataforma insular mas extensa y aplacerada de la Isla; la fachada oeste donde se desarrollan plataformas y terrazas escalonadas, coladas y derrubios surcadas por canales, amplios valles y taludes, flanqueados por dorsales; y por último la zona suroeste-sur-sureste, muy abrupta con una plataforma insular muy reducida que se resuelve con fuertes pendientes y taludes muy profundos cerca de la costa.

4. CERO HIDROGRÁFICO Y ANÁLISIS DE LA ONDA DE MAREA

4.1. Equipos empleados

Para el registro de las mareas se utilizó en todos los puntos de registro un mareógrafo de precisión *Valeport 740*.

El *Valeport 740* consta de un sensor de presión con venteo a superficie de precisión $\pm 0.1\%$ en todo el rango, resolución de 1mm, memoria de estado sólido de 128kb y frecuencia de registro de 4Hz.

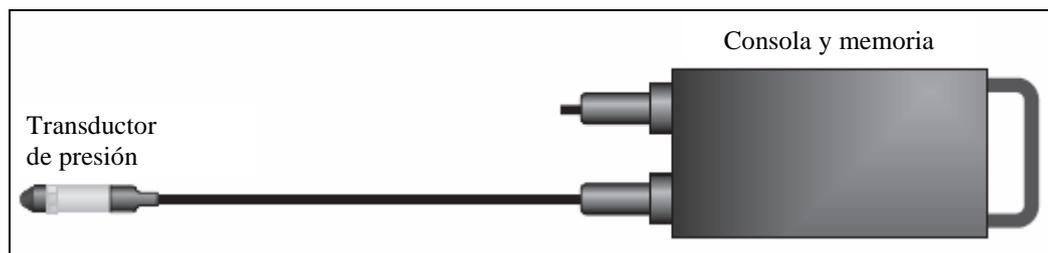


Figura 18 .- Esquema del mareógrafo *Valeport 740*

No es necesario aplicar ningún tipo de corrección atmosférica, ya que el sensor compensa automáticamente el peso de la columna de aire mediante el venteo.

De acuerdo con la Dirección de la Asistencia Técnica se establecieron ciclos de medidas de 60 segundos a 4 Hz (240 medidas discretas promediadas) cada 10 minutos.

4.2. Estudio comparado

Se ha desarrollado un estudio comparativo de la onda de marea entre el mareógrafo de referencia situado en el puerto patrón de Santa Cruz de La Palma y cada uno de los otros seis aparatos localizados a lo largo del litoral de La Palma.

Teniendo en cuenta el avance de la onda de marea en la isla de La Palma y la caracterización armónica obtenida, no se espera observar un decalaje significativo en el paso de la onda de marea, pero sí es esperable la existencia de diferencias en los rangos de marea y desplazamientos debidos a la acción del viento y el oleaje.

Los registros obtenidos en Santa Cruz de La Palma y Puerto de Tazacorte son seguramente los dos más fiables por su ubicación y más significativos por la importancia de su localización.

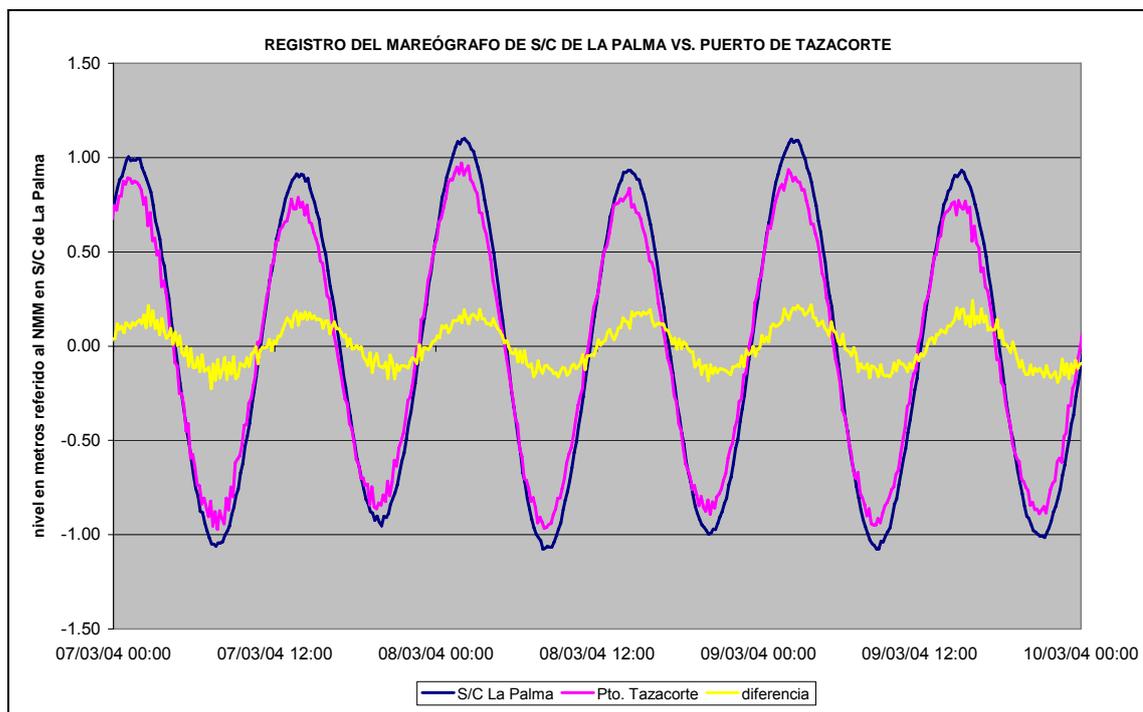


Figura 19 .- S/C de La Palma vs. Puerto de Tazacorte en mareas vivas

4.3. Localización de los mareógrafos

Se instalaron siete mareógrafos a lo largo del litoral de la isla siguiendo criterios de accesibilidad y resguardo, procurando la distribución más homogénea posible.

Son los siguientes:

- Santa Cruz de la Palma (puerto patrón de referencia para el cero hidrográfico)
- Barlovento
- Puerto Espíndola
- El Pozo

- Faro de Fuencaliente
- El Remo
- Puerto de Tzacorte

No obstante, debido a la poca abundancia de puertos o refugios en la isla y lo accidentado y expuesto del litoral, únicamente se pudieron ubicar tres mareógrafos en lugares apropiados para la medición de mareas (Puerto de Santa Cruz de La Palma, Puerto de Tzacorte y Puerto Espíndola); mientras que el resto (Faro de Fuencaliente, El Pozo, Piscinas de Barlovento y El Remo) se instalaron en zonas que, si bien estaban expuestas al oleaje, ofrecían un acceso relativamente sencillo y alguna estructura para fijar el equipo y establecer una base topográfica de referencia (escaleras, explanadas, etc.).

El mareógrafo de Santa Cruz de La Palma recogió datos cada diez minutos durante doce meses, mientras que los otros seis mareógrafos lo hicieron de forma simultánea durante un periodo mínimo de treinta días.

Debido a lo accidentado, expuesto e inaccesible de la costa noroeste de la isla (Barlovento y Garafía), no fue posible encontrar un lugar de instalación que asegurara una mínima calidad del registro.

La Figura 20 muestra la localización de los siete mareógrafos instalados en el litoral de la isla.

4.4. Conclusiones sobre el nivel de referencia

Dado que durante el periodo de registro del mareógrafo de Santa Cruz de La Palma (01/09/03 - 06/09/04) la máxima bajamar (-1,19 m bajo el NMM en S/C de La Palma) no superó el cero del mareógrafo (-1,41 m bajo el NMM en S/C de La Palma) y no se dispone de BMVE oficial establecida por el IHM, se optó, en consenso con la Dirección de la Asistencia Técnica del presente estudio, por tomar el cero del mareógrafo de Santa Cruz de La Palma como origen válido de los trabajos cartográficos.

Así pues, el nivel de referencia para los trabajos de batimetría y topografía se encuentra a -1,41 m bajo el nivel medio del mar registrado en el año 1997 en S/C de La Palma, tomándose así el cero del mareógrafo como origen de todas las cotas topobatimétricas del Estudio Ecocartográfico del Litoral de la Isla de La Palma.



Figura 20 .- Localización de los mareógrafos en el litoral de La Palma

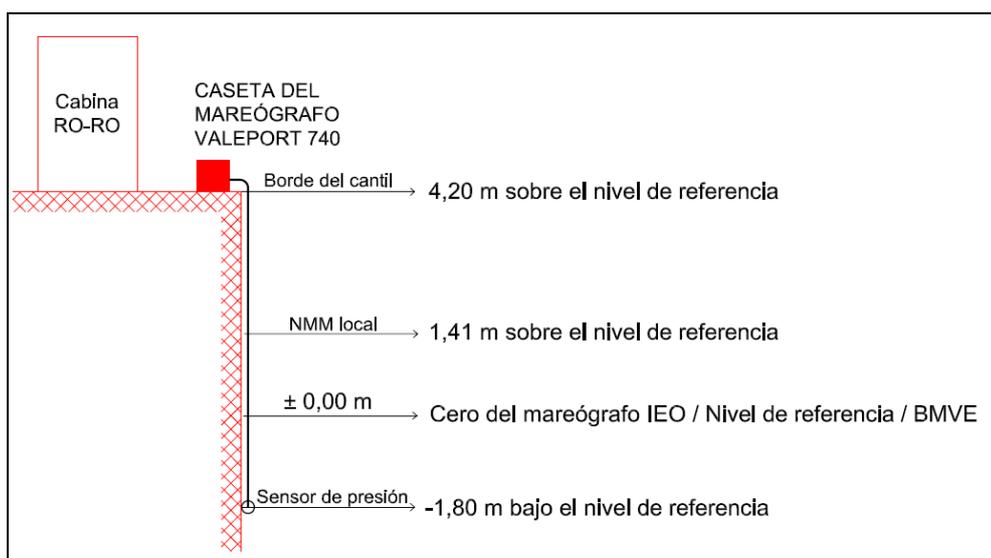


Figura 21 .- Esquema de cotas para el Valeport 740 reducido al nivel de referencia del estudio

4.5. Conclusiones sobre la onda de marea

La onda de marea registrada por el mareógrafo es típicamente semidiurna, con dos pleamares y dos bajamares diarias, y de carácter mesomareal, con unas amplitudes de marea que oscilan entre los 50 cm aprox. durante las mareas muertas y los 200 cm aprox. durante las mareas.

No se han observado desfases temporales de la onda de marea a su paso por La Palma. La marea se produce de forma simultánea en todo el litoral estudiado, con una precisión de ± 5 minutos (debido a la frecuencia de observación) en la escala temporal y ± 5 centímetros en la vertical (debido al ruido producido por el oleaje).

Sí se han observado diferencias en el rango, o amplitud, de marea entre la costa este y oeste; registrándose mareas más amplias en Santa Cruz de La Palma que en el Puerto de Tzacorte.

5. MORFOLOGÍA

5.1. Fases del trabajo

Han sido las siguientes:

1. Apoyo topográfico
2. Definición de la línea de costa de acuerdo al cero hidrográfico establecido para el proyecto
3. Estudio morfológico del fondo mediante Sonar de Barrido Lateral de doble frecuencia para el reconocimiento de los fondos de la Isla.
4. Estudio ecomorfológico de la repartición de los tipos de fondos mediante reconocimiento con un clasificador acústico de fondos (RoxAnn).

5.2. Área del estudio

La zona para la realización del estudio morfológico comprendió todo el ámbito del contorno de la plataforma insular de la Isla de La Palma hasta la isobata de -50 m. El área de trabajo se estableció de acuerdo a las condiciones expresadas en el Pliego de Prescripciones Técnicas, como la franja que comprende el espacio comprendido desde la cota 0 hasta 1 kilómetro de distancia desde la costa aguas afuera. Este área se incrementa hasta la isóbata

de -50 metros en los lugares donde en el límite del kilómetro no se alcanza esta profundidad.

Con los resultados de los trabajos se ha realizado la cartografía de la morfología de toda la zona de estudio. En los planos adjuntos se ha representado la distribución de los tipos de fondo de acuerdo a sus reflectividades, así como otros elementos morfológicos existentes en los fondos.

5.3. Metodología Usada

Los trabajos de campo consistieron en el remolque del sensor del sistema de sónar de barrido lateral siguiendo las líneas planteadas previamente a la realización de la campaña.

Estas líneas fueron planteadas, como ya se describió, paralelas entre sí, y dispuestas de tal manera que hubiese un solapamiento de las sonografías al utilizar un rango de 180 m. A su vez estaban pensadas para rellenar cada una de las zonas previstas.

Una vez que se generaron los mosaicos, se ha estudió la posibilidad de rellenar y cubrir algunas zonas, que por su poca profundidad o por condiciones oceanográficas desfavorables no se pudieron rellenar en su día. Una vez conocida las zonas que quedan por cubrir se plantearon nuevas líneas de navegación en las zonas que no se obtuvo el 100% de cobertura.

Para la realización de estas líneas se utilizó un barco de menor calado para poder aproximarse más a la costa y obtener la cobertura del 100 %.

El sistema de adquisición de datos y de registro de las sonografías, fue un equipo Eoscan basado en una plataforma Pentium II a 300 MHz con cinco canales analógicos/digitales, C/A, georreferenciación de cada píxel, y con capacidad de preprocesar las imágenes en tiempo real y almacenaje de datos en soporte óptico (Figura 22). Dicho *software* corrige automáticamente la distancia horizontal entre la antena del GPSD y el transductor (*layback*) que es calculada a partir de modelos empíricos.



Figura 22 .- Sistema de adquisición de datos de Sónar de Barrido Lateral.

La captura de los datos sonográficos fue realizada con un Sónar de Barrido Lateral remolcado desde una embarcación a una velocidad aproximada de 3 - 5 nudos y sumergido a una profundidad variable de forma que el sensor sumergido estuviera situado cerca del fondo a una distancia aproximada menor del 20% del rango utilizado.

El sistema de adquisición de datos y de registro de los datos de clasificación de fondos fueron obtenidos con una interfase RoxAnn de 200 kHz conectada a la salida de la señal de alta frecuencia de una ecosonda Monohaz. Los datos son grabados y almacenados en un programa de gestión de datos específico para RoxAnn.

5.4. Álbum de acciones antrópicas

Dentro del estudio morfológico se añade como anejo un álbum de acciones antrópicas, que recoge todas las actuaciones humanas a lo largo del litoral de la isla. En él se recogen emisarios, cables submarinos, pantalanes, puertos, etc.

5.5. Equipos utilizados

- Embarcaciones

Las embarcaciones utilizadas fueron las mismas que para el estudio batimétrico

- Sonar de barrido lateral

Para la investigación se ha utilizado un sistema formado por una unidad de sonar de barrido lateral GeoAcoustics de dos canales (100/500 kHz), que incluye una unidad transmisora-receptora GeoAcoustics, un vehículo de arrastre modelo 159 con electrónica submarina modelo SS942 (Figura 23). Como equipo auxiliar un winche eléctrico con cuentametros de salida de cable.



Figura 23 .- Unidad trasmisora-receptora GeoAcoustic.

El soporte de los transductores (pez), emite haces de frente plano y alta frecuencia que serán reflejados por el sustrato y recibidos de nuevo por el transductor. Del eco de cada pulso llega una señal estrecha del fondo, perpendicular a la línea de avance del sonar. Las señales acústicas recogidas son convertidas en energía eléctrica y son enviadas por el pez a través del cable a la UCP del SSS donde se generan los registros gracias a un *software* de interpretación. De este modo se visualizan los registros de sónar de manera continua y en tiempo real permitiendo replantear los recorridos *in situ*.

En el registrador la señal es procesada para que sea reproducida por el mecanismo de grabación. En la mayoría de los registradores, la corriente es proporcional a la intensidad del eco. El eco más fuerte, corresponde a la marca más oscura sobre el papel de registro. Separadamente, cada línea de barrido posee las diferentes

respuestas del fondo en un pequeño espaciado, pero cuando se apilan todas las líneas una al lado de la otra, se obtiene la representación del fondo, sus características y los objetos que yacen sobre él.

- Clasificador de Fondos, RoxAnn.

El (Figura 24), consiste en un sistema que utiliza el método del eco múltiple para obtener una clasificación de las características de los materiales que constituyen los fondos. A partir de aproximaciones aritméticas y predicciones basadas en determinaciones experimentales, se ha comprobado que existe una relación entre la naturaleza del fondo y los primeros y segundos ecos del pulso emitido. Los dos parámetros que el RoxAnn usa para realizar la clasificación son la Rugosidad E1 y la Dureza E2.



Figura 24 .- Unidad central del clasificador de fondos RoxAnn

- Equipos de gabinete

Los equipos utilizados en gabinete para el procesamiento de los datos han sido los mismos que para el tratamiento de los datos batimétricos.

5.6. Conclusiones

Los resultados obtenidos aparecen representados en los mapas adjuntos a esta memoria y se pueden resumir en las siguientes conclusiones:

La morfología general de los fondos de la Isla de La Palma está dominada por la presencia de fondos de muy alta reflectividad (roca masiva) formados por coladas de lava, que se distribuyen de la siguiente manera:

- Una orla rocosa costera que bordea todo el contorno de la Isla. Esta franja rocosa suele extenderse hasta los 25 metros de profundidad, aunque en las puntas y cabos adquiere mayor extensión.
- Afloramientos dispersos salpicando la plataforma insular en las zonas donde aparece cubierta por sedimentos blandos.
- Fondos de roca masiva formando todo el talud insular de la Isla.

Los fondos blandos correspondientes a reflectividad muy baja, baja y media se distribuyen generalmente ocupando el dominio existente entre la orla rocosa costera y el límite exterior de la plataforma insular, haciéndolo en mayor o menor extensión, predominando sobre todo en los sectores más septentrionales de la Isla. Por lo general dominan los fondos de reflectividad media asociados a los depósitos sedimentarios de arenas gruesas y muy gruesas constituidos por cenizas volcánicas. Los depósitos de reflectividad muy baja son los más escasos.

Las estructuras sedimentarias (ripples y megaripples) aparecen relacionadas con los fondos de reflectividad media-alta y los lugares donde la dinámica marina está asociada a los vientos dominantes alisios. Los abanicos deposicionales son muy escasos con un desarrollo muy incipiente y se localizan frente a las desembocaduras de los grandes barrancos.

Otros elementos morfológicos relacionados con el relieve de las coladas de roca volcánica se distribuyen por toda la plataforma y talud de la Isla, siendo más numerosos y abundantes los escarpes relacionados con el frente de las coladas de rocas volcánicas. De la misma forma son abundantes los cauces y barrancos submarinos, separados por crestas y collados rocosos, desarrollados principalmente en el borde de la plataforma insular y a lo largo del talud.

Los edificios volcánicos con morfologías de conos, generalmente sin cráter, aparecen distribuidos principalmente por la fachada oeste y sur cercanos a la costa.

Respecto a los resultados obtenidos con la utilización del clasificador de fondos RoxAnn, se puede decir que no ha aportado información fiable y por tanto no ha proporcionado resultados concluyentes que permitan su correlación para obtener unas conclusiones claras o razonables. Todo ello es debido en parte a la gran complejidad morfológica de los fondos y a los fuertes y rápidos cambios de pendientes asociados a las grandes profundidades, así como a otros factores exógenos que afectan a su buen funcionamiento.

6. DINÁMICA LITORAL

6.1. Contenido

Los trabajos relativos a dinámica litoral se dividen en dos grupos. El primero de ellos se refiere a las campañas de toma de datos de corrientes y vientos, así como al estudio de la dinámica litoral, y el segundo, al análisis de la situación de las playas.

Se han realizado dos campañas de toma de datos de corrientes mediante correntímetros autónomos basados en efecto Doppler, que permiten obtener datos vectoriales de corriente en su vertical. Las campañas fueron simultáneas a la toma de datos de viento en localizaciones próximas. Los resultados obtenidos han servido de base para la calibración del modelo hidrodinámico empleado para la modelización matemática de las corrientes inducidas por la marea y el viento.

En referencia al análisis de situación de las playas, se recogen los resultados de los estudios realizados. Se ha obtenido la información existente sobre las playas de la isla; a tal efecto, se realizó una campaña de toma de datos en ellas, incluyendo muestras de sedimentos en aquellas playas compuestas por arena o grava y se recabó información de la Dirección General de Costas y del Servicio de Costas de Tenerife al respecto de batimetrías históricas y estudios realizados en la isla, encontrándose un volumen de información histórica muy reducido.

Se intentaron ajustar perfiles teóricos (Dean y biparabólico) al perfil transversal de las playas compuestas por arenas, encontrándose unos ajustes en general poco satisfactorios.

Los datos encontrados se han introducido en una base de datos de información de playas, que a su vez es aportada al Sistema de Información Geográfica. A partir de la información contenida en la base de datos, se ha realizado una clasificación de playas en base a sus características principales.

6.2. Campañas de campo

Las campañas de toma de datos con correntímetros y anemómetros se ejecutaron en las siguientes fechas:

Lugar	Primera campaña		Segunda campaña	
	Inicio	Fin	Inicio	Fin
Tazacorte	22/02/2004	10/03/2004	14/09/2004	28/09/2004
Espíndola	23/02/2004	10/03/2004	15/09/2004	07/10/2004

La Figura 25 y la Figura 26 muestran, respectivamente, las posiciones de ubicación de perfiladores y anemómetros en Tazacorte y Espíndola, durante la campaña de primavera de 2.004.



Figura 25 .- Localización del correntímetro y el anemómetro en Tazacorte (febrero-marzo 2004)



Figura 26 .- Localización del correntímetro y el anemómetro en Tazacorte (febrero-marzo 2004)

6.2.1. Equipos utilizados

6.2.1.1. Correntímetro perfilador Doppler Nortek AWAC

El ADCP AWAC de Nortek es un perfilador Doppler de corrientes con cuatro transductores que funcionan a 1 MHz. El rango de alcance del AWAC es de 25 m a 30 m, dependiendo de las condiciones locales, con una resolución máxima de celdas de 0.4 m.

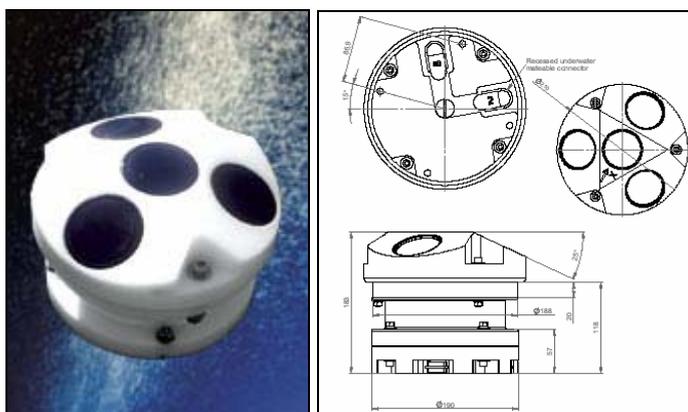


Figura 27 .- ADCP Nortek AWAC

La precisión del equipo se sitúa en un 1 % del valor medido (± 0.5 cm/s), con incertidumbres típicas de 0.5 cm/s a 1.0 cm/s.

El equipo incorpora un compás, un clinómetro, un sensor de presión y un termómetro. Esto permite que el equipo trabaje de forma autónoma aplicando automáticamente todas las correcciones necesarias de posición y velocidad de transmisión del sonido en el agua. El equipo tiene la capacidad de compensar inclinaciones de hasta 30° y registrar la presión con una precisión de 0.5 %.

6.2.1.2. Correntímetro perfilador Doppler Nortek Aquadopp

El ADCP Aquadopp de Nortek es un perfilador Doppler de corrientes con tres transductores que funcionan a 600 kHz. El rango de alcance del Aquadopp es de 12 m a 25 m, dependiendo de las condiciones locales, con una resolución máxima de celdas de 0.25 m.

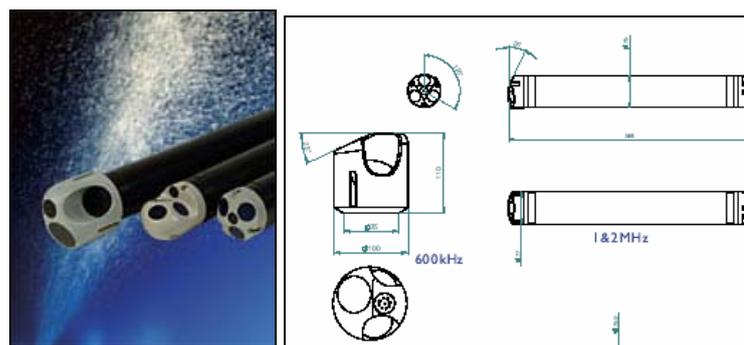


Figura 28 .- ADCP Nortek Aquadopp

La precisión del equipo se sitúa en un 1 % del valor medido (± 0.5 cm/s), con incertidumbres típicas de 0.5 cm/s a 1.0 cm/s.

El equipo incorpora un compás, un clinómetro, un sensor de presión y un termómetro. Esto permite que el equipo trabaje de forma autónoma aplicando automáticamente todas las correcciones necesarias de posición y velocidad de transmisión del sonido en el agua. El equipo tiene la capacidad de compensar inclinaciones de hasta 30° y registrar la presión con una precisión de 0.25 %.

6.2.1.3. Anemómetro Davis Weather Envoy / Vantage Pro

Para el seguimiento de las condiciones locales de viento y presión barométrica se instalaron sendas estaciones meteorológicas en el lugar más próximo posible al fondeo.

Las estaciones utilizadas están compuestas por un anemómetro con veleta para el registro de la dirección y la intensidad del viento.



Figura 29 .- Anemómetro Davis Vantage Pro

El anemómetro se comunica con una estación transmisora alimentada por paneles solares que envía la señal a un receptor remoto.

6.2.1.4. Oleaje

De acuerdo al Pliego, se complementa la información sobre las corrientes con los datos de oleaje registrados durante los periodos de fondeo.

Los valores de dirección y altura del oleaje se han extraído de los puntos WANA más próximos a los puntos de fondeo.

Se han utilizado los datos procedentes de los puntos WANA 1008014 y 1010015.

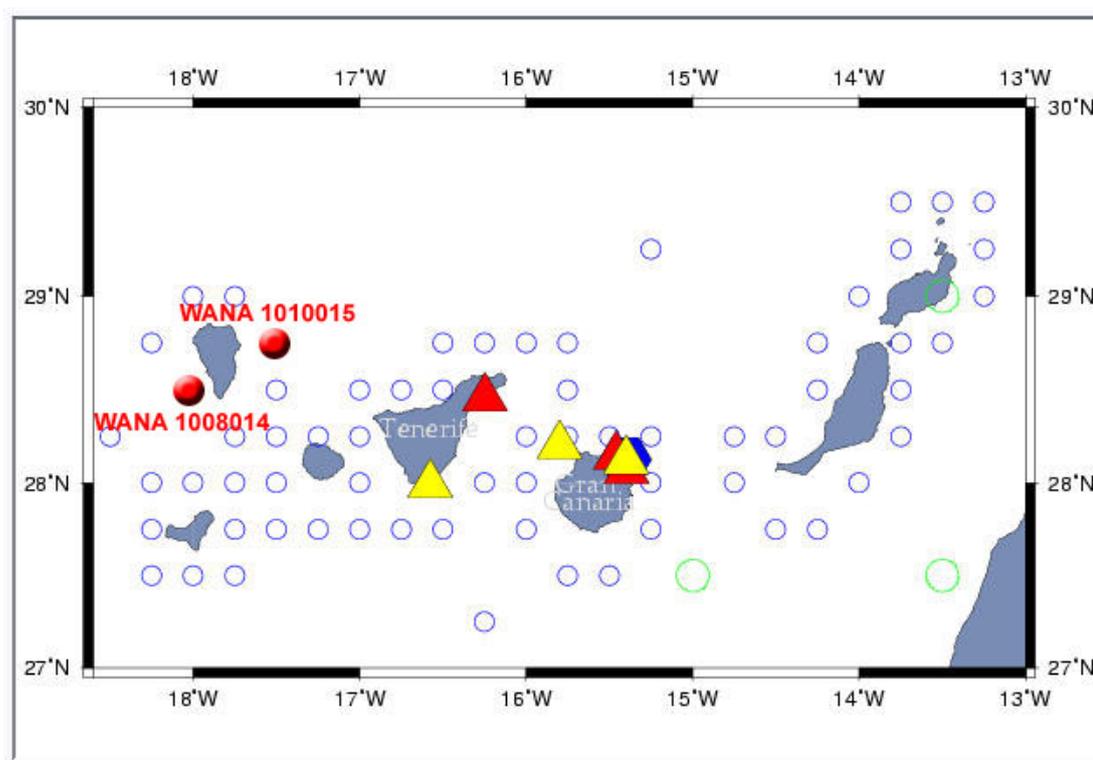


Figura 30 .- Ubicación de los puntos WANA utilizados

6.3. Modelización hidrodinámica

El objetivo de utilizar la modelización hidrodinámica es el de poder caracterizar las corrientes marinas basándose en condiciones de borde conocidas para forzar el modelo y utilizando las mediciones de campo para su calibración. Una vez calibrado el modelo hidrodinámico es posible conocer las pautas de comportamiento de la corriente con diferentes condiciones de partida.

6.3.1. Modelo empleado

Para ejecutar este trabajo se aplicó el modelo hidrodinámico HD del sistema de modelación MIKE 21¹. Con dicho modelo es posible conocer las corrientes generadas en la zona de estudio a partir del forzamiento debido a los niveles del mar adyacentes en la zona, los cuales son utilizados como condiciones de borde. De esta manera, el modelo HD simula las variaciones del nivel del mar y las variaciones en el flujo, en respuesta a las funciones de forzamiento en los bordes del modelo. Los niveles del mar y los flujos son resueltos en una

¹ Desarrollado por el DHI – Water & Environment

mallas rectangulares que cubren el área de interés, incluyendo los efectos de fricción de fondo, forzamiento por viento, gradientes de presión barométrica, fuerzas de Coriolis, dispersión de momentum y corrientes inducidas por oleaje.

6.3.2. Condiciones de borde

Las condiciones de borde utilizadas en el modelo fueron los niveles de marea obtenidos a partir de una modelización global de mareas con datos de armónicos conocidos, de la cual se obtuvieron los niveles para los cuatro bordes del modelo. La siguiente figura muestra la batimetría utilizada en un primer nivel, forzando con los niveles de marea obtenidos del modelo global. Utilizando un modelo anidado, se propagó la onda de marea de los bordes hacia la zona de interés, en donde se utilizó una batimetría más fina para conocer las corrientes en torno a la isla.

La información necesaria para realizar la modelización de las corrientes corresponde a los niveles del mar en distintas ubicaciones a fin de englobar la zona de estudio; así se obtuvieron las constantes armónicas del modelo global para los puntos geográficos señalados en la Tabla 1.

Punto	Latitud	Longitud
1	28°N	18.5°W
2	28.5°N	18.5°W
3	29°N	18.5°W
4	29°N	18°W
5	29°N	17.5°W
6	28.5°N	17.5°W
7	28°N	17.5°W
8	28°N	18°W

Tabla 1.- Ubicación geográfica de la información de constantes armónicas utilizadas

La Tabla 2 muestra las constantes armónicas correspondientes a los puntos establecidos

Punto	M2		S2		K1		O1	
	fase	amplitud	fase	amplitud	fase	amplitud	fase	amplitud
1	23.5	572.97	44.9	232.83	38.61	55.61	291.3	42.15
2	26.27	586.75	47.56	235.91	40.27	55.63	293.05	42.02
3	29.15	602.36	50.35	239.35	41.91	55.58	294.49	41.80
4	29.67	629.45	51.09	248.39	42.00	56.45	294.99	42.46
5	31.02	656.77	52.45	257.47	42.12	57.12	295.23	43.33
6	28.15	641.21	49.68	254.04	40.49	57.27	293.68	43.69
7	23.33	611.07	44.95	246.51	38.42	57.49	291.99	43.84
8	23.72	593.01	45.25	239.92	38.54	56.49	291.78	42.98

Tabla 2.- Constantes armónicas utilizadas

La Figura 31 muestra la batimetría utilizada en las simulaciones del modelo global, incluyendo los puntos utilizados para suministrar la información de las constantes armónicas.

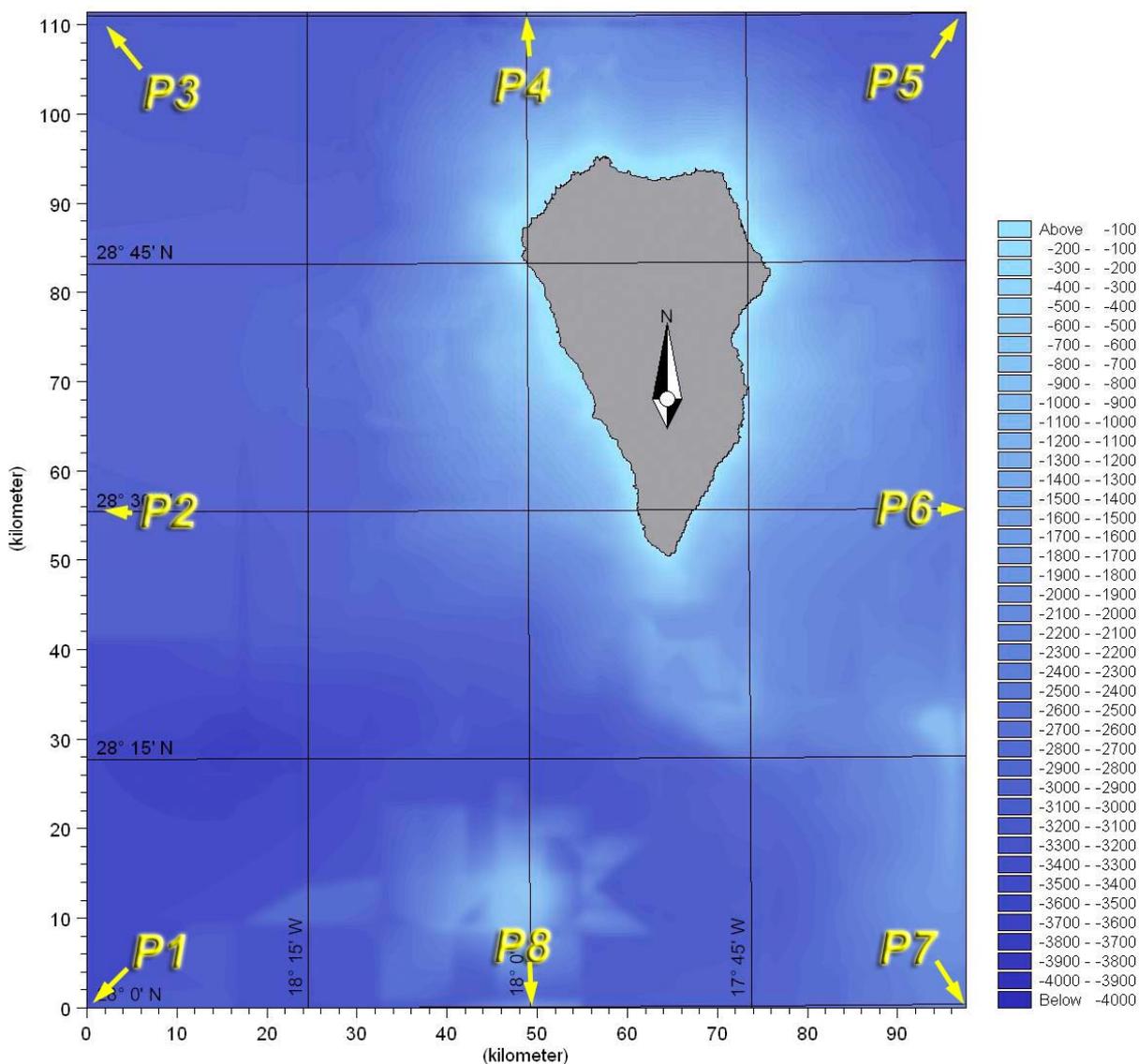


Figura 31 .- Batimetría utilizada en las simulaciones hidrodinámicas y puntos de información de constantes armónicas.

6.3.3. Calibración del modelo

Para realizar la calibración del modelo se seleccionó un intervalo de tiempo correspondiente con las fechas en que se realizaron las mediciones de corrientes. Para esto se tomó el intervalo de tiempo comprendido entre el 7 y el 9 de marzo de 2004, forzando el modelo con los vientos medidos durante la campaña de toma de datos.

A continuación se muestran los resultados obtenidos de la modelización hidrodinámica, comparados con los datos obtenidos de las campañas de campo.

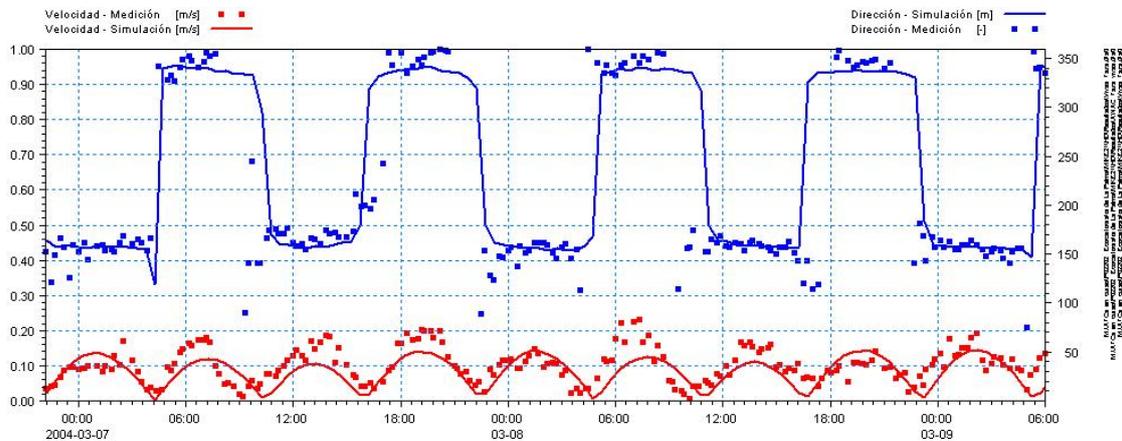


Figura 32 .- Calibración del modelo hidrodinámico, mostrando la comparación entre velocidad y dirección de corrientes medidas en Tazacorte y simuladas por el modelo

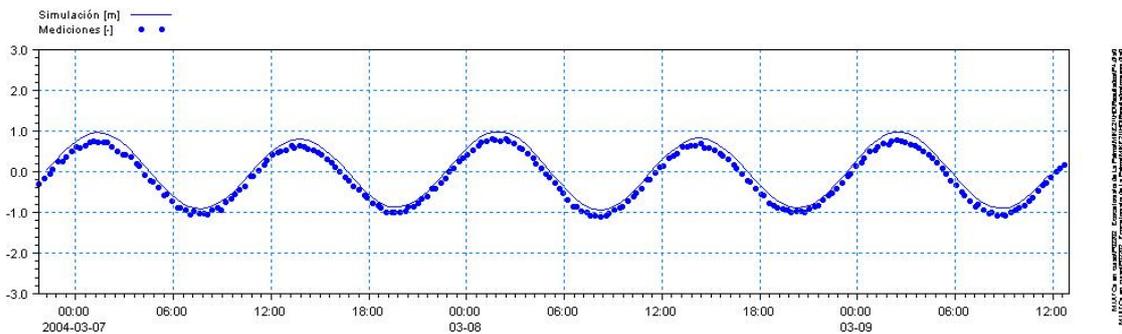


Figura 33 .- Calibración del modelo hidrodinámico, mostrando la comparación entre los niveles del mar medidos en Tazacorte y los simulados por el modelo

Como puede observarse, la calibración del modelo hidrodinámico ha sido satisfactoria, lo cual permite caracterizar las corrientes a partir de los resultados de la modelización numérica.

6.4. Estudio regional de la dinámica litoral

Generalmente los estudios de dinámica litoral tienen la finalidad de definir las corrientes costeras y el transporte sólido para ayudar a definir y/o evaluar proyectos en una zona dada. De esta manera, la Ley de Costas requiere que cualquier actuación en la zona costera se informe en base a estudios de dinámica litoral que permitan asegurar su desarrollo armónico con el medio natural. Si bien en el presente trabajo no existe el planteamiento de un

proyecto a desarrollar, el caracterizar la dinámica litoral de la zona costera proporciona un mejor conocimiento de ésta, lo cual ayuda a realizar una toma de decisiones correcta y acorde a la realidad física del medio litoral.

El estudio regional de la dinámica litoral que se desarrolla en el presente estudio tiene la finalidad de caracterizar a grandes rasgos el potencial de transporte sólido longitudinal neto en base a la energía de oleaje presente, las características de orientación de la costa y el perfil transversal de la costa. De esta manera es posible caracterizar el litoral isleño en base a su dinámica litoral y definir las orientaciones de equilibrio en sus distintos tramos.

6.4.1. Transporte sólido potencial regional

Con el fin de comprender el sistema de manera global se ha realizado un estudio de procesos costeros a nivel regional. En él ha sido posible definir los patrones de transporte sólido litoral a nivel regional y establecer la orientación de transporte nulo (orientación de equilibrio) de los distintos tramos de costa que conforman el litoral de la isla. El estudio se ha realizado utilizando dos herramientas: el Sistema de Modelado Costero² (SMC) y el sistema de modelización LITPACK³.

El SMC es un programa que calcula el transporte sólido potencial en base a las formulaciones del CERC⁴ y de Kamphuis⁵, que realizan el cálculo del transporte sólido en base a oleaje procedente de observaciones visuales. Estas formulas son empíricas, basadas principalmente en la altura de ola y la orientación de la línea de costa, incluyendo el efecto del periodo del oleaje, la pendiente de la playa y el tamaño de grano únicamente en la ecuación de Kamphuis.

Para aplicar el SMC, se utilizó la aplicación ODIN, en la cual es necesario establecer la zona de la costa donde se quieren realizar los cálculos, especificar la orientación de la línea de costa, tamaño de grano, pendiente y el área para la búsqueda de datos de oleaje.

² Desarrollado por el Grupo de Ingeniería Oceanográfica y de Costas de la Universidad de Cantabria para la Dirección General de Costas del Ministerio de Medio Ambiente.

³ Desarrollado por el DHI – Water & Environment.

⁴ CERC (1984). "Shore Protection Manual". Coastal Engineering Research Center, USACE, Vicksburg.

⁵ Kamphuis, J.W. (1991). "Alongshore sediment transport rate". Journal of Waterway, Port, Coastal and Ocean Engineering. ASCE, v. 117, pp 624-640.

Por otro lado, el sistema LITPACK, por medio del modelo LITDRIFT, calcula el transporte sólido de una manera determinista. LITDRIFT es un modelo que permite calcular las corrientes litorales y el transporte sólido, utilizando una descripción determinista del transporte. El modelo simula la distribución de la altura de ola, el *set-up* y la corriente litoral a lo largo de un perfil de playa, dando a partir de estos parámetros una descripción del transporte sólido longitudinal a lo largo de un perfil seleccionado.

Para aplicar el LITDRIFT es necesario establecer el clima de oleaje y el perfil de playa a utilizar, así como la orientación de la costa. LITDRIFT permite calcular el transporte sólido potencial para un mismo segmento de costa, utilizando un perfil de playa constante, pero variando la orientación de la costa. De esta manera es posible determinar la variación en el transporte sólido en un tramo regional de costa, en relación a la orientación de la costa en un punto dado. Además, siguiendo este método es posible estimar la orientación de transporte nulo. La Figura 34 muestra la discretización realizada para la Isla de La Palma a fin de aplicar el modelo LITDRIFT.

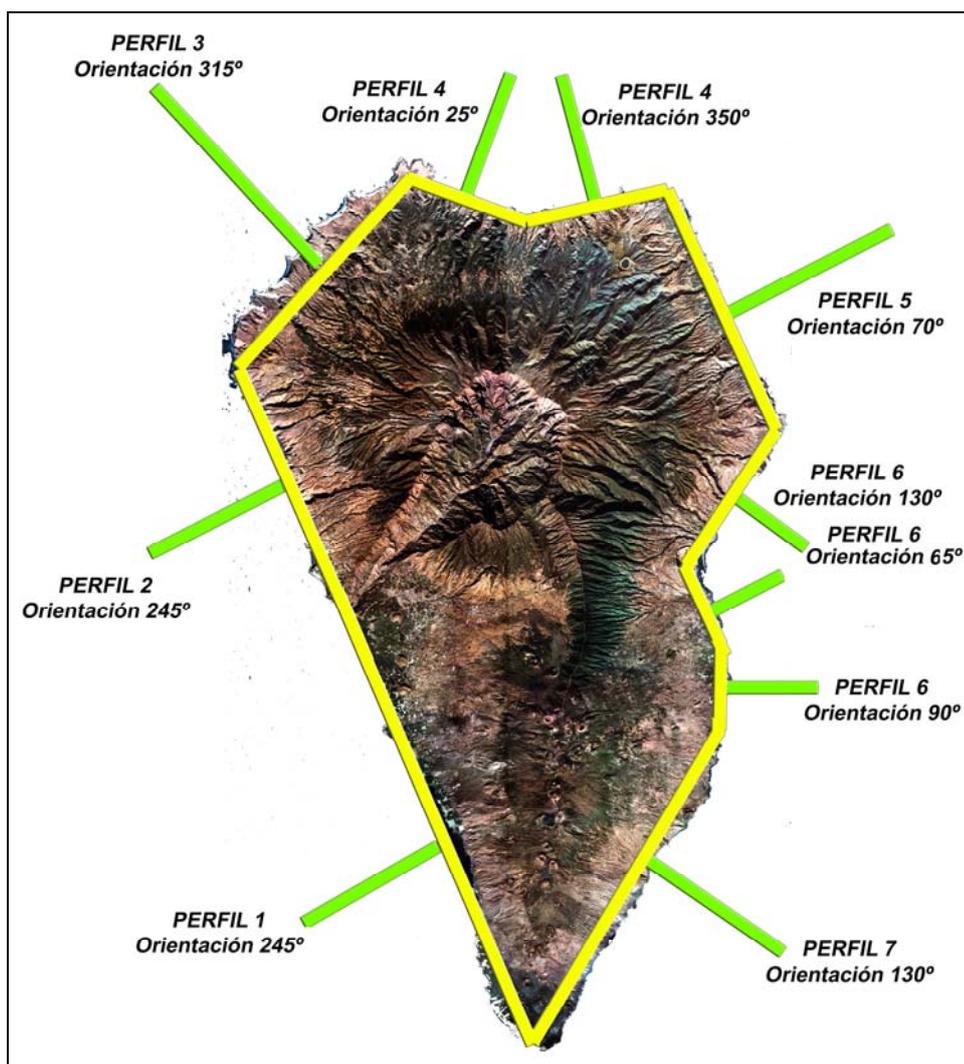


Figura 34 .- Zona seleccionada para el estudio regional del transporte sólido litoral

El oleaje utilizado para alimentar el modelo LITDRIFT procede del estudio de clima marítimo, y se muestra en la Figura 35.

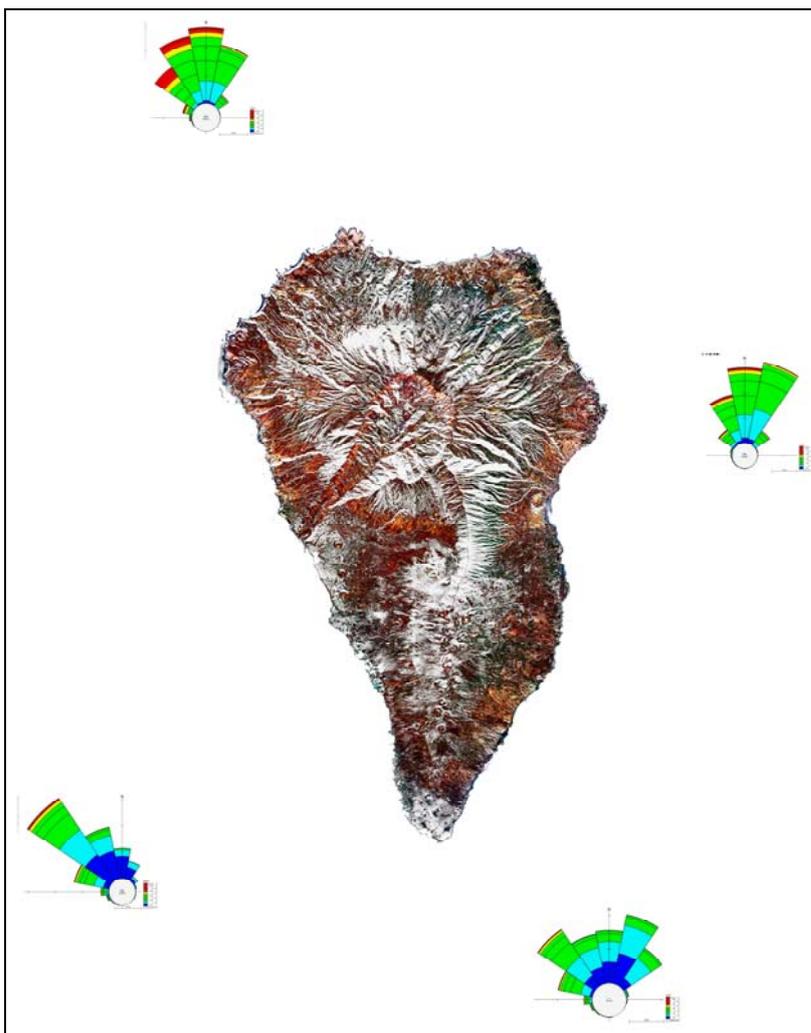


Figura 35 .- Datos de oleaje en torno a la Isla de La Palma

6.5. Análisis de la situación de las playas

En el tomo de dinámica litoral se recogen también los resultados de los trabajos de campo y gabinete encaminados a definir la situación de las playas presentes en la costa de la Isla de La Palma. Los trabajos realizados se enumeran a continuación:

- Trabajos de campo
 - Recogida de datos
 - Datos de campo
 - Estudios realizados

- Trabajos de gabinete
 - Evaluación de la evolución de las playas
 - Caracterización del clima marítimo
 - Dinámica litoral general
 - Evaluación del estado evolutivo
 - Clasificación de las playas
 - Base de datos

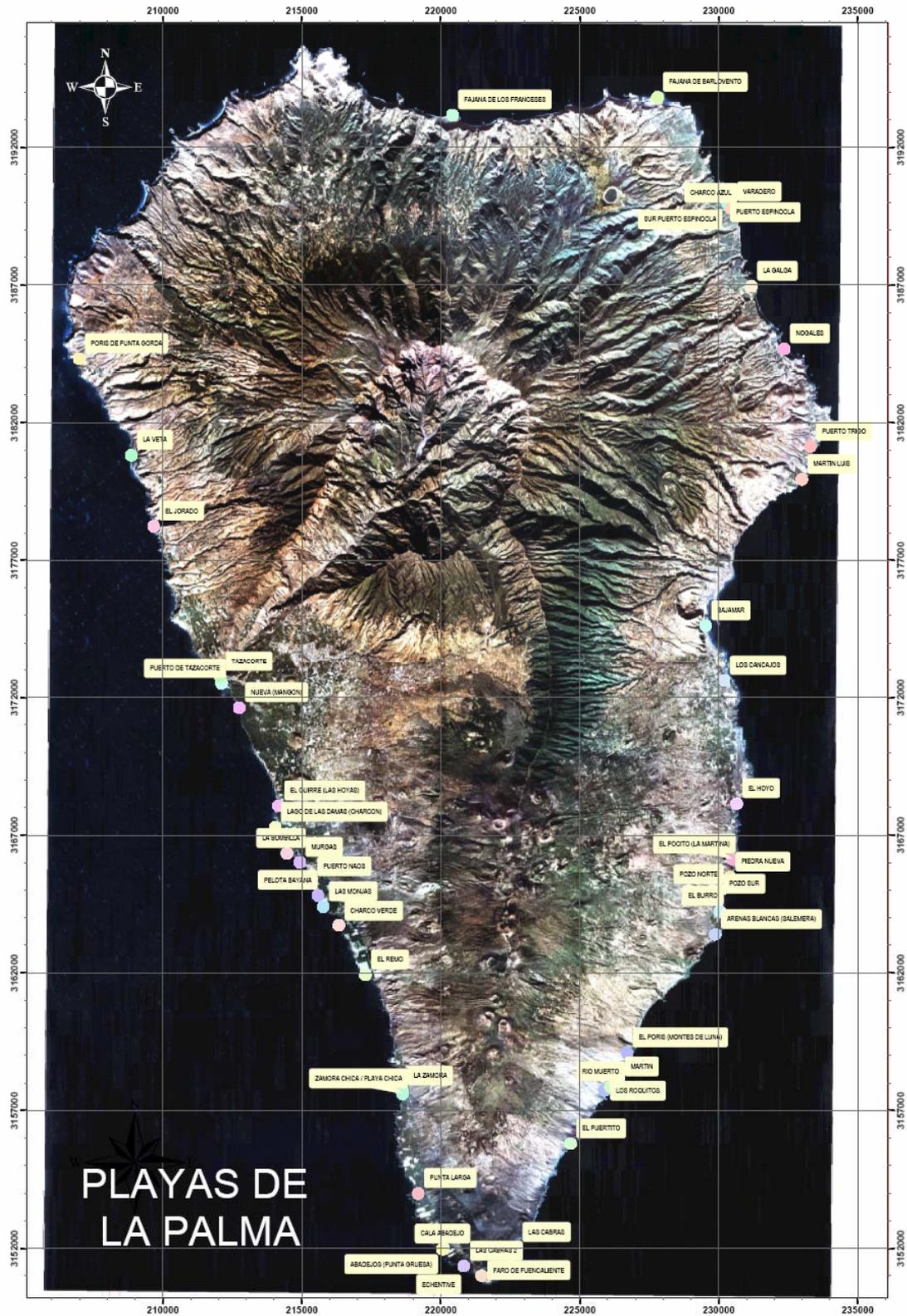


Figura 36 .- Playas de La Palma

La caracterización del clima marítimo se ejecutó a partir de los datos proporcionados por el E.P. Puertos del estado en los puntos WANA ubicados alrededor de la isla (Figura 37).

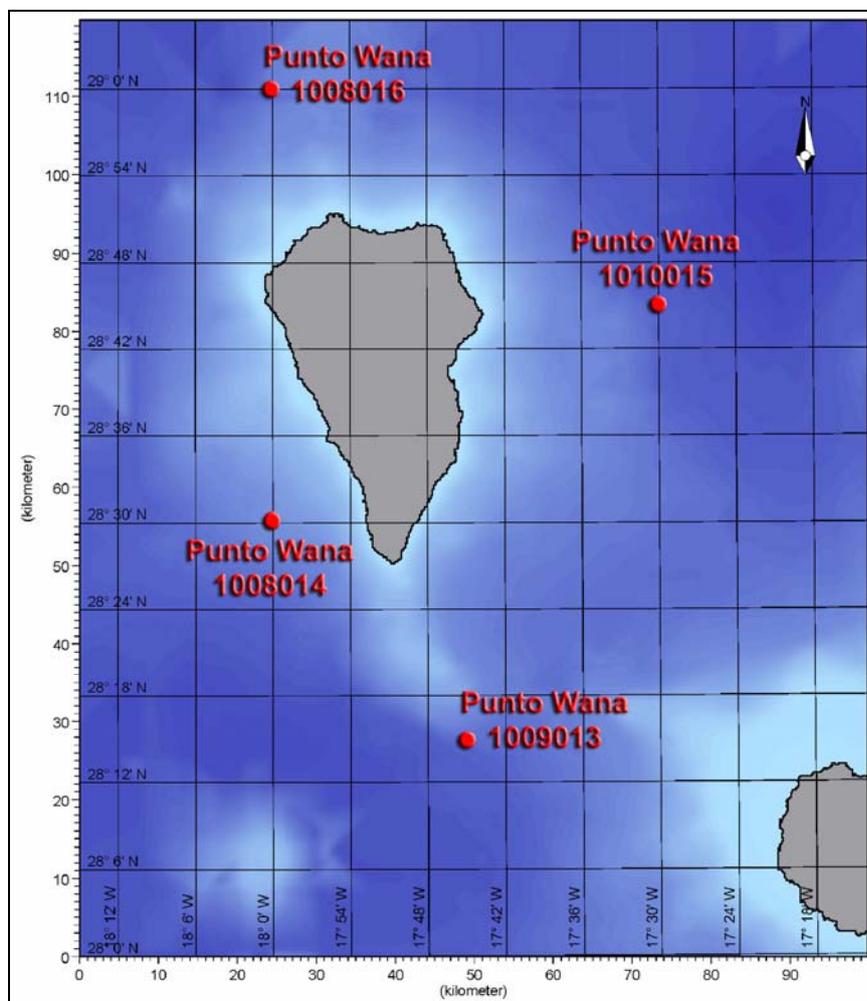


Figura 37 .- Posición de los puntos WANA alrededor de la isla de La Palma

A partir de estos datos se obtuvieron los regímenes medios, anuales y estacionales, escalares y direccionales, con objeto de confeccionar las rosas de oleaje que afectan a cada alineación de la isla (Figura 38).

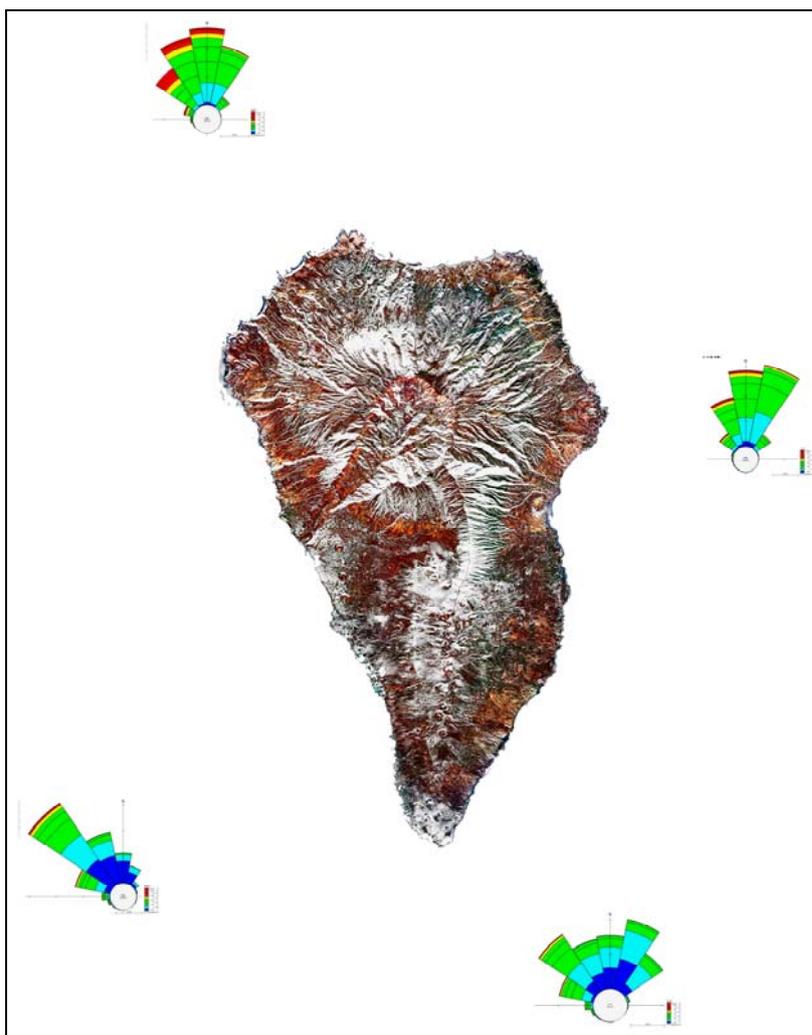


Figura 38 .- Rosas de oleaje alrededor de la isla

6.6. Clasificación de playas

Se ha catalogado un total de 47 playas. De ellas, se ha ejecutado, en base a diferentes criterios, la clasificación de las mismas. Los criterios escogidos han sido los siguientes:

- Longitud
- Anchura media
- Tipo y tamaño de árido
- Pendiente
- Exposición al oleaje
- Estado evolutivo

Los gráficos siguientes resumen el resultado de la clasificación efectuada:

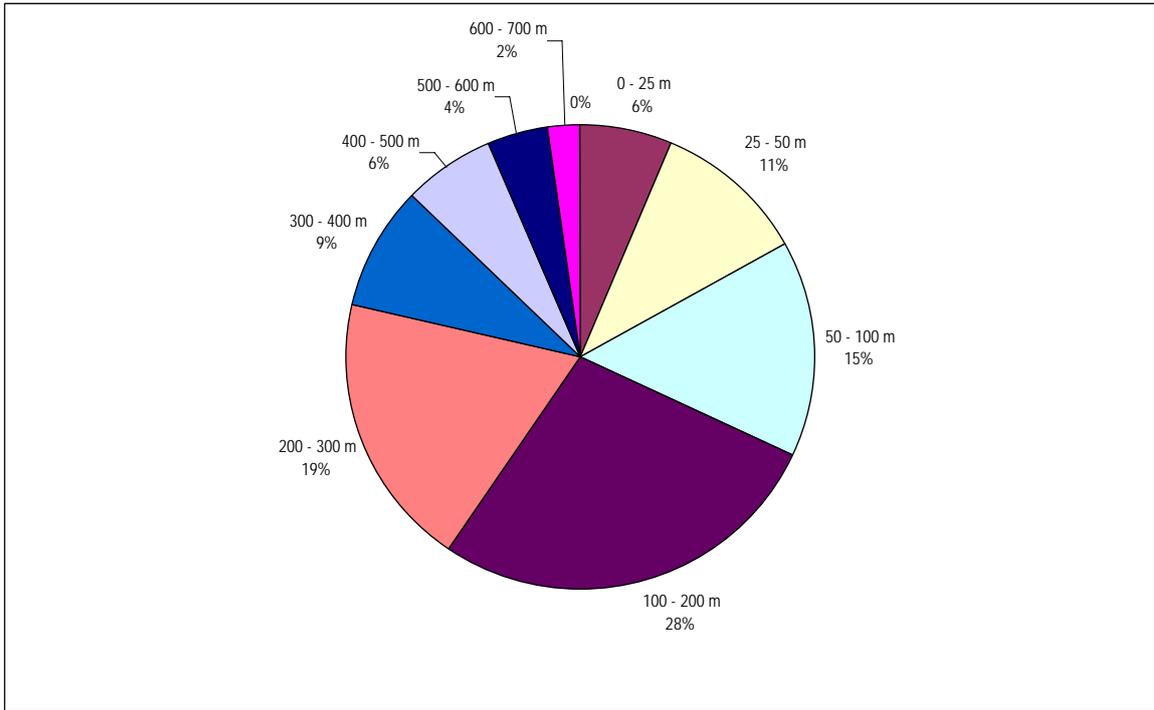


Figura 39 .- Distribución de playas según su longitud

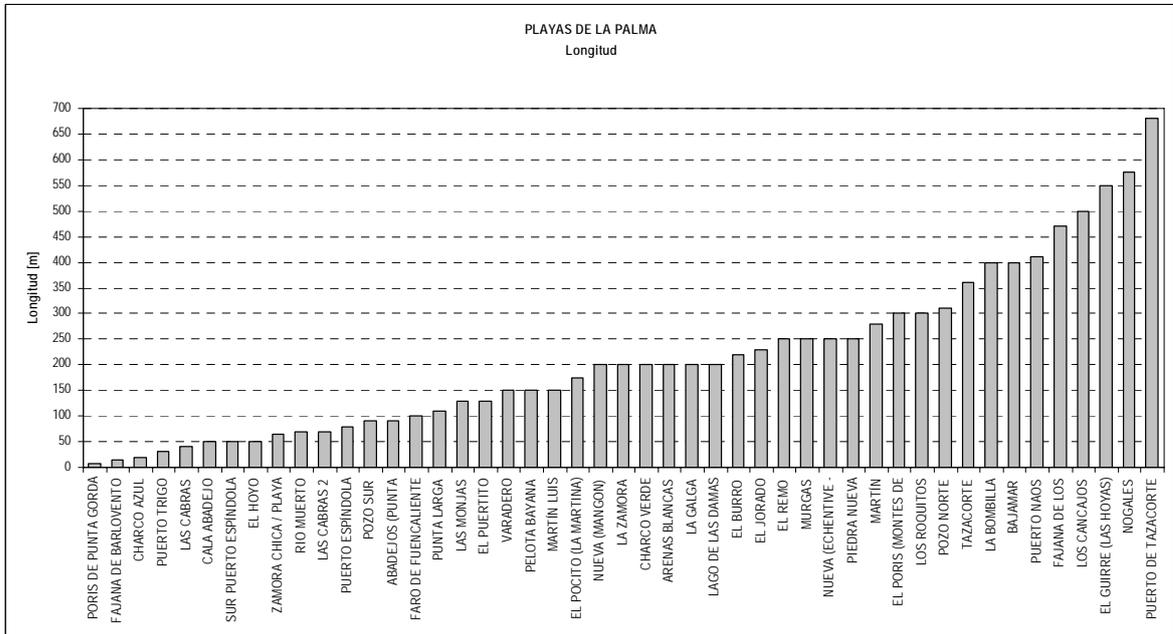


Figura 40 .- Longitud de las playas de La Palma

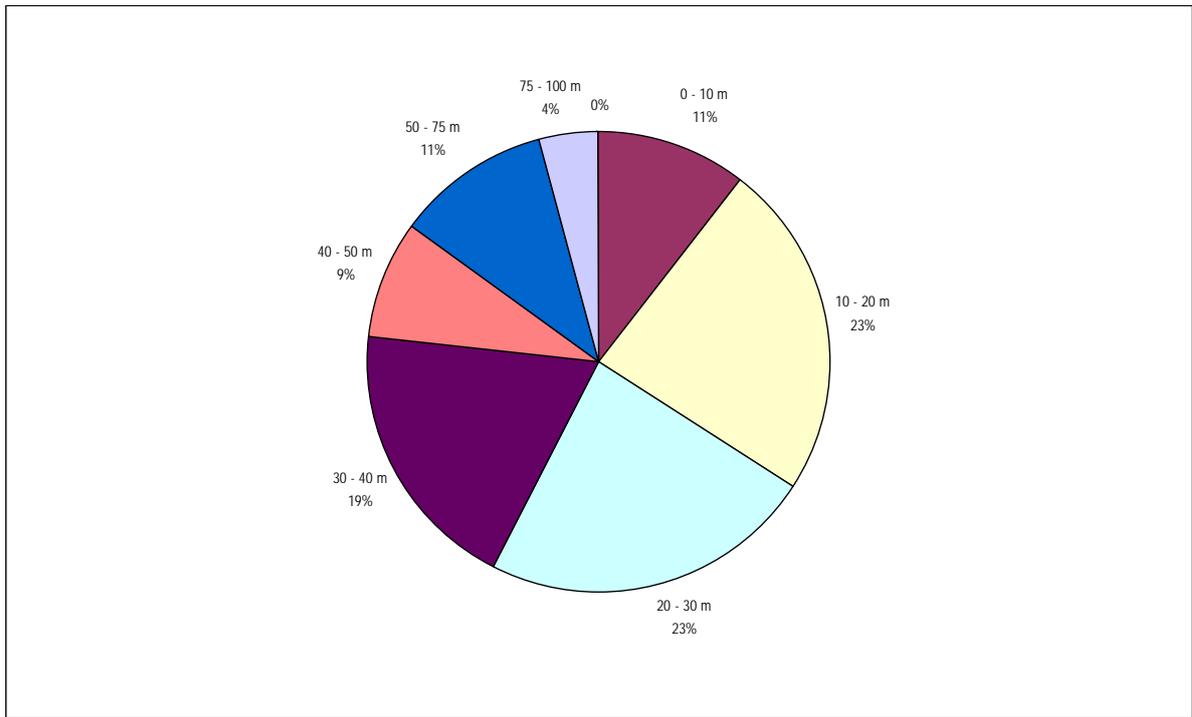


Figura 41 .- Distribución de playas atendiendo a su anchura media

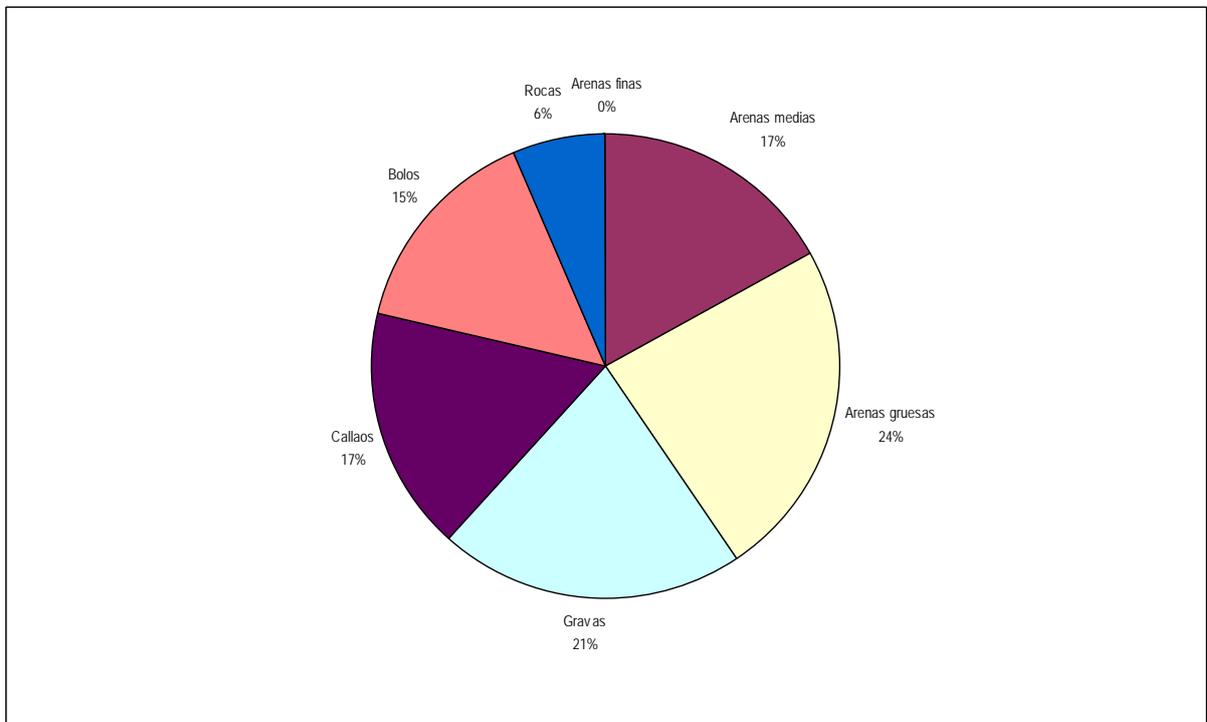


Figura 42 .- Distribución de playas según el tipo de árido que las compone

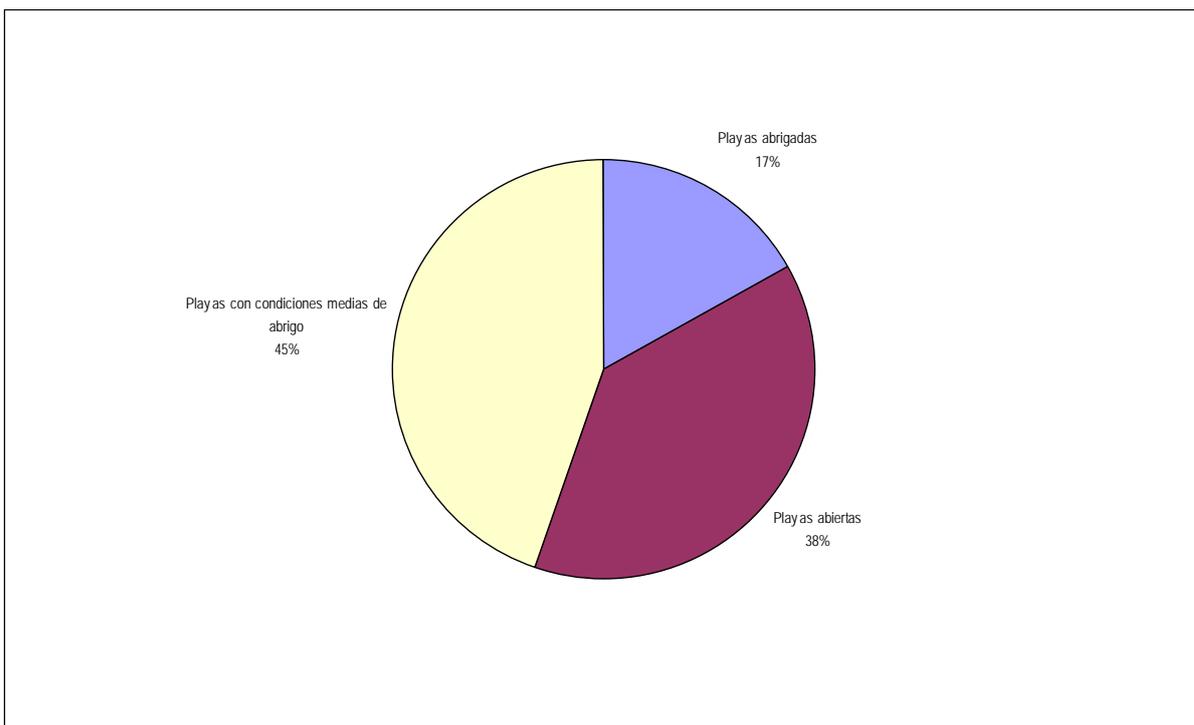


Figura 43 .- Distribución de playas según sus condiciones de abrigo

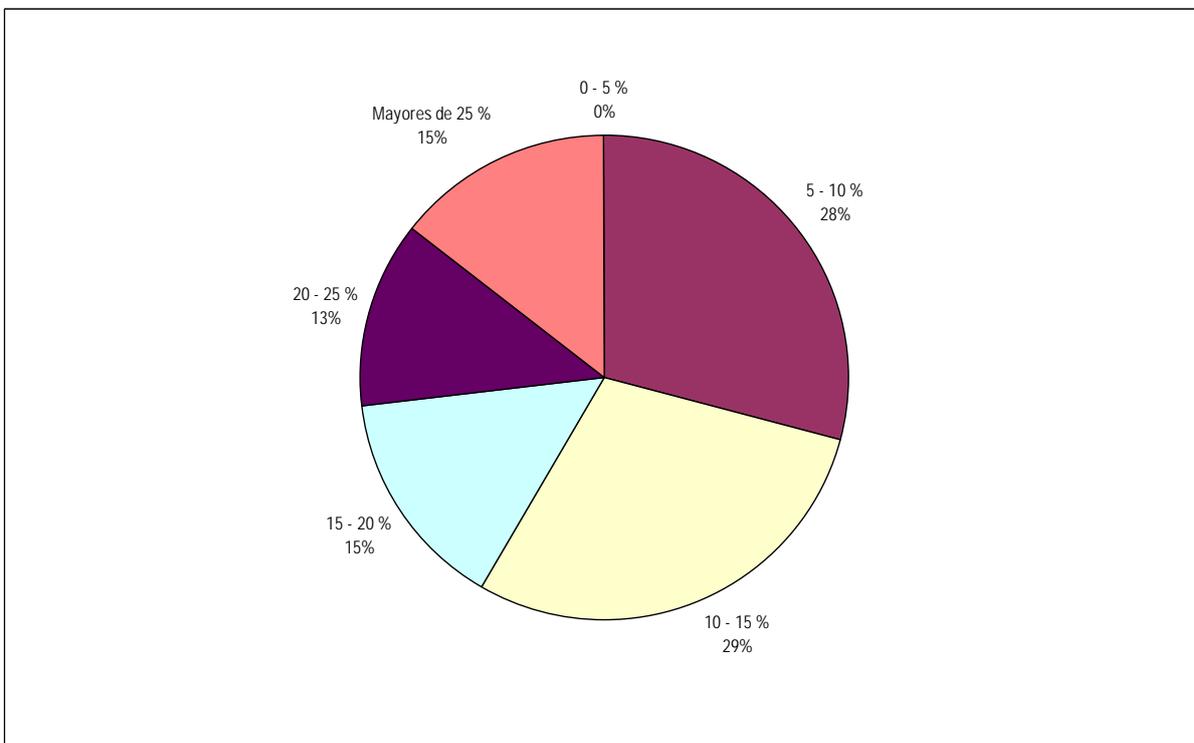


Figura 44 .- Distribución de playas según su pendiente intermareal

6.7. Base de datos

Los datos recogidos sobre playas se introdujeron provisionalmente en una base de datos relacional básica bajo MS ACCESS, que se adjunta al presente documento, con el objetivo de organizarlos para el trabajo de clasificación según diferentes parámetros. Una vez completada esta tarea, y para la explotación definitiva de los mismos, se introducirán en un sistema de información geográfica ArcGIS. Este SIG será parte del SIG general que engloba todos los resultados de la asistencia técnica, pero se explota de forma independiente.

Cada registro de la base de datos contiene información sobre una playa. Los datos recogidos son básicamente: fotografías (aéreas y sobre el terreno), dimensiones, granulometría en aquellas playas compuestas por arena o grava, perfil transversal batimetrías realizadas. Se dispone de pocos datos históricos sobre el particular, por lo cual no es posible la realización de gráficos sobre variaciones históricas; en algunos casos, las batimetrías se realizaron con objeto de acometer proyectos de regeneración, por lo que no son comparables las líneas de orilla y perfiles transversales históricos con la batimetría realizada con ocasión de la presente asistencia técnica.

Se han realizado ajustes a perfiles teóricos (Dean y biparabólico). En términos generales los perfiles no se ajustan bien a ellos debido probablemente a las peculiares condiciones de las playas de la isla, que en muchos casos no cumplen todas las hipótesis para las que se crearon estos modelos.

6.8. Conclusiones generales

La situación del archipiélago Canario, en la zona subtropical, y los parámetros oceanográficos fisicoquímicos de sus aguas, salinidad, temperatura, difieren de los que les correspondería por su latitud, debido a la corriente general de Canarias y al *upwelling* que se produce en la cercana costa africana.

La corriente de Canarias, con pequeñas variaciones, tiene una dirección general SSW, aunque puede ser muy variable en las proximidades de las Islas.

Según la teoría de *Ekman*, los vientos Alisios mueven en superficie perpendicularmente a su dirección y hacia mar abierto aguas que proceden de profundidades hasta 250 m ricas en nutrientes, baja salinidad, e influyendo en la temperatura del mar con una media en torno a los 22°C.

El litoral de La Palma es mayoritariamente rocoso, compuesto por acantilados en la zona norte y costa baja rocosa en la zona sur. Las lavas volcánicas, que llegan hasta primera línea de mar, han provocado la creación de un litoral rocoso, con pequeñas calas encajonadas entre acantilados. La longitud total de playas en el litoral de la isla, cualquiera que sea el tipo de árido que las forma, es de unos 10.300 m, lo que supone aproximadamente un 6.7 % de la longitud total de su litoral.

En general, el balance sedimentario no ha sufrido grandes variaciones debido a la acción humana; existen únicamente tres puertos (Santa Cruz, Tazacorte y Espíndola), de dimensiones reducidas los dos segundos que no producen grandes interferencias en la dinámica litoral debido a la particular configuración de la costa. Por otra parte, los barrancos no tienen obras de regulación que produzcan una gran retención de sedimentos, por lo que su capacidad de aportación se puede considerar íntegra. La otra gran fuente de aporte, la que procede del retroceso de los acantilados, sigue manteniéndose prácticamente intacta. Son por tanto, las condiciones climáticas las que en gran medida determinan el aporte a la dinámica litoral.

El modelado litoral es muy intenso, aunque en algunas zonas las erupciones hayan interferido con éste. Las costas aparecen definidas por grandes acantilados labrados sobre antiguos macizos y playas (menos numerosas) que suelen disponerse en la desembocadura de los barrancos y al pie de los acantilados.

La dinámica litoral está condicionada por un oleaje muy energético actuando sobre un litoral con una plataforma muy escasa, que motiva que la mayor parte de las playas estén aisladas en general y encajadas en los entrantes de la costa. En términos generales, la dinámica litoral discurre de norte a sur; las playas más expuestas se encuentran apoyadas en salientes en su extremo meridional. La granulometría es en general gruesa, abundando las playas formadas por bolos y callaos.

El estudio de la dinámica litoral se centra principalmente en el análisis de las corrientes marinas. A partir de las campañas de mediciones y la modelización numérica fue posible caracterizar las corrientes marinas en torno a la Isla de la Palma. Las corrientes presentan un patrón característico durante mareas vaciantes y llenantes, donde en periodos de marea vaciante las corrientes se aproximan a la isla por el sector noreste, bifurcándose por ambos lados de la isla y encontrándose en el sector suroeste. Durante mareas llenantes ocurre algo

similar, pero en dirección opuesta, es decir, la corriente se aproxima a la isla por el sector suroeste y se encuentra nuevamente en el sector noreste. Con la presencia de los vientos alisios, dominantes en la zona, la situación de aproximación por el sector noreste predomina, por lo que es la situación más común. Las velocidades características se encuentran en torno a 0,2 m/s, aunque en zonas localizadas, como lo es Fuencaliente o la zona comprendida por Punta Gorda y Garafia pueden encontrarse velocidades en torno a 0,8 m/s.

Con respecto a la corriente de transporte sólido longitudinal neto, la isla presenta pocas zonas en las cuales manifieste una cierta relevancia (a pesar de la gran energía que el oleaje es capaz de disipar, y cuya importancia se manifiesta en las formulaciones empíricas que no tienen en cuenta las peculiaridades del tramo de costa objeto de análisis), debido no tanto a la falta de material disponible (procedente en general de la descomposición de los acantilados y de los pequeños cursos de agua) como a la inexistencia en la mayor parte de la costa de una plataforma suficiente donde ésta se pueda desarrollar. Existen playas localizadas, generalmente aisladas, en las cuales resulta de interés el estudio del transporte sólido, y más aún la determinación de la alineación de transporte nulo, para lo cual es imprescindible conocer las pautas de propagación del oleaje a nivel local, encaminadas al establecimiento de los tensores de radiación, y más concretamente a su gradiente, provocado por los fenómenos de rotura y culpable de la generación de corrientes. De manera general el transporte sólido esta caracterizado por un alto potencial de transporte y una dirección sur en torno a la isla.

Las playas de la isla siguen en general la pauta del tipo de costa en que se ven emplazadas. Son formaciones por lo general muy encajadas y sometidas a una fuerte pendiente en sus proximidades. La dirección general del transporte sólido longitudinal hace que en su mayoría las que presentan menos abrigo se encuentren apoyadas en su límite meridional. Las consideraciones respecto al balance sedimentario anteriormente expuestas, unidas a la particular configuración de la costa, hacen que la mayor parte de las playas naturales se encuentren en un estado próximo al de equilibrio.

Se ha considerado playa cualquier formación compuesta de material granular suelto, lo que ha llevado a incluir en ellas, aparte de las consideradas tales por el catálogo de la Dirección General de Costas, a otras formaciones, muchas de ellas con difícil acceso por tierra o

únicamente por mar, compuestas de granulometrías muy gruesas, incluso bolos y callaos; en estas últimas no se han obtenido muestras granulométricas por no ser realmente posible.

En términos generales, los perfiles teóricos no ajustan bien, salvo en las playas más abiertas (como por ejemplo, Nogales), fallando los ajustes teóricos comunes.

Las medidas de correntímetro reflejan una muy baja influencia del viento local en las corrientes. Tan sólo durante esporádicos episodios de fuertes vientos se registraron alteraciones del patrón general de la columna de agua en los primeros 3 metros superficiales. Se observaron mayores valores de velocidad de corriente durante los periodos de mareas vivas y, por lo general, las corrientes de componente sur tuvieron valores superiores a las de componente norte.

Se observó también un acople entre la fase de marea (llenante / vaciante) y la dirección de la corriente, así como entre la fase lunar (mareas vivas / mareas muertas) y la intensidad de la corriente.

En la costa oeste (Tazacorte) se observó que en la zona infralitoral (20m) se producían inversiones del sentido de la corriente a media carrera de marea. Durante el mes de marzo estas inversiones tenían lugar en el eje N-S, mientras que en septiembre lo hacían en el eje NW-SE. Los senos de pleamar registraron en la inmensa mayoría de los casos corrientes de componente sur, mientras que los senos de bajamar se caracterizaron por corrientes de componente norte. Las máximas velocidades se alcanzaron en los repuntes de marea.

En la costa este (Puerto Espíndola) se observó que en la zona infralitoral (20m) se producían nuevamente inversiones del sentido de la corriente a media carrera de marea. En los registros más claros, se observaron inversiones de corriente en el eje ENE-WSW. En esta localización, durante los senos de pleamar se observaron corrientes de componente oeste, mientras que en los senos de bajamar se registraron corrientes de componente este. Las corrientes registradas mostraron intensidades más bajas que en Tazacorte.

Las inversiones de corriente observadas se deben a la interacción entre el relieve de la isla, la topografía dinámica generada por el paso de las ondas de marea y la Corriente General de Canarias.

Finalmente cabe destacar que los resultados de las modelizaciones numéricas realizadas para todo el litoral de la isla se ajustan muy bien a las medidas registradas en Tazacorte y Puerto Espíndola.

7. CARACTERIZACIÓN ECOLÓGICA DEL AMBIENTE MARINO

7.1. Antecedentes y metodología

7.1.1. Objetivos específicos de la caracterización ecológica del medio marino

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.

7.1.2. Fuentes documentales utilizadas

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. 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....).

Además de la revisión bibliográfica realizada 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 son los correspondientes a Comunidades bentónicas del intermareal y submareal y a las Comunidades planctónicas.

7.1.3. 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 equinocciales. 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).

7.1.4. Planteamiento y metodología de los trabajos de campo

7.1.4.1. Condiciones del medio

7.1.4.1.1. Estructura termohalina

Trabajos de campo

Para la determinación de la estructura termohalina se realizaron un total de 134 perfiles distribuidos 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 52). 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. Durante esta campaña se hicieron líneas perpendiculares a costa de una longitud de 1 km cuando se alcanzan 50 m de profundidad, o hasta alcanzar esa cota, y separados entre sí 100 m alrededor de toda la isla. Aprovechando esto se realizaron los perfiles indicados distribuyéndolos homogéneamente por el litoral isleño (véase Figura 52). Estos trabajos tuvieron lugar en los meses de diciembre de 2003 y primer trimestre de 2004.

Campaña de recogida de muestras biónmicas submareales: Se realizó un total de 44 perfiles termohalinos en 22 de las 28 parcelas de muestreo submareal, en cada una de las cuales se realizó un perfil termohalino (véase la Figura 54). Las fechas de realización de estas campañas fueron en primavera y otoño de 2004.

Equipos

El equipo utilizado consiste en una sonda multiparamétrica marca HYDROLAB Modelo H20, 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 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.

7.1.4.1.2. 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

El equipo utilizado para la medición de la atenuación de luz en profundidad en la primera campaña fue un sensor PAR (Photosynthetic Active Radiation) esférico (4Pi) que venía en un sistema PNF (Profiling Natural Fluorescence)-300 de la empresa Biospherical Instrument. Estas van acompañadas de medidas de turbidez para las cuales se utilizó la sonda multiparámetro Marca HORIBA, modelo W23XD. En la segunda y tercera campaña se empleó Disco Secchi, para la determinación de la penetración de la luz.

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.

7.1.4.1.3. Mapeado en continuo

Trabajo de campo

El mapeado en continuo se realizó mediante el arrastre de una sonda multiparamétrica por la superficie del mar desde embarcación, siguiendo líneas perpendiculares a costa de una longitud de 1 Km o hasta alcanzar 50 m de profundidad, separadas entre sí 100 m. 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 placa capaz de integrar 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.

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 H20. Debido a que la turbulencia creada por la navegación originaba mediciones erróneas de oxígeno disuelto, hubo que diseñar un sistema para alejar lo más posible la sonda del casco del barco, finalmente se optó por instalar la sonda multiparamétrica sobre una barra de acero inoxidable en la banda de estribor del barco.

La embarcación utilizada para este trabajo fue una embarcación de fibra de 6 m de eslora con motor fueraborda. Véase la Figura 45.



Figura 45 .- Embarcación de fibra de 6 metros de eslora usada para el mapeado en continuo

7.1.4.1.4. Estaciones hidrográficas

Trabajo de campo

Se recogieron un total de 912 muestras de agua 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) con tres estaciones de muestreo en cada una, a las profundidades de 2, 15 y 50 metros, tomándose muestras de aguas con botella Ruttner, modelo HYDROBIOS, a diversas profundidades (en superficie, -2 m, -5 m, -10 m, -15 m, -25 m, -30 m, 40 m y -50 m). La distribución de muestras fue la siguiente:

1ª campaña: 9 transectos principales; 144 muestras.

2ª campaña: 9 transectos principales + 14 intermedios; 384 muestras.

3ª campaña: 9 transectos principales + 14 intermedios; 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 (NH₄), Nitritos (NO₂), Nitratos (NO₃), Fosfatos (PO₄), Silicatos (SiO₄), 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 H20, descrita anteriormente, y HORIBA modelo W23XD. En la determinación de la penetración de la luz se utilizó un sensor PAR (Photosynthetic Active Radiation) esférico (4Pi) que venía en un sistema PNF (Profiling Natural Fluorescence)-300 de la empresa Biospherical Instruments. Para el segundo de los trabajos, 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.

7.1.4.1.5. Calidad del sedimento

Trabajo de campo

Se diseñó una distribución homogénea de las muestras por toda la isla, a la que se llegó realizando una malla de muestreo de 200 x 200 metros repartida entre las áreas de arenas cartografiadas en distintos 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, para llegar a las 1.500 muestras indicadas en el pliego se hicieron 215 muestras adicionales en las

zonas aledañas a los puertos de la isla (Sta. Cruz, Pto. Espíndola y Tazacorte) reduciendo los cuadrados de la malla a 100 x 100 metros.

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. (Figura 53)

La campaña se desarrolló entre los meses de diciembre de 2.003 y marzo de 2004. Una vez obtenida la muestra en superficie se procedió a la medición del potencial redox de cada una de la muestras así como a su etiquetado y envasado en bolsa herméticas.

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

Equipo

Para la obtención de muestras de sedimento se ha utilizado una draga tipo Van Veen de acero inoxidable (véase Figura 46) modificada para evitar la pérdida de finos, con una superficie de arañado de 400 cm² y que garantiza una penetración mínima de 10 cm.



Figura 46 .- Trabajos de muestreo con draga Van Veen

Como equipo elevador se optó por la instalación en el barco de un carrete eléctrico de pesca marca 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.

7.1.4.2. 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 facilita el reconocimiento de las condiciones de cada una de estas biocenosis, su estado de salud ecológico y características más relevantes. Esta última se ha realizado mediante inmersión con muestreos directos y censos de especies ictiológicas y muestreos mediante 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]).

7.1.4.2.1. 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.

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 edición de los videos, permitió determinar las biocenosis presentes.



Figura 47 .- Trabajos con video remolcado

Equipos

El equipo utilizado para la grabación de los transectos por parte de Grupo Interlab SA ha consistido en un trineo con una cámara de vídeo incorporada, de la firma MARISCOPE, modelo MICRO (véase Figura 47 y Figura 48) y un ordenador portátil convencional. El

sistema incorpora una alimentación en continuo con la señal de GPS, permitiendo en todo momento referenciar las imágenes con registros de posición. La señal de video se recoge en superficie en formato digital, donde se va visionando en tiempo real en la pantalla de un ordenador portátil, de forma que se puede decidir en cualquier instante acerca de la conveniencia de volver a barrer una zona determinada. Todos los componentes del equipo van alimentados a 12 V a excepción de la televisión que necesita 220 V.



Figura 48 .- Equipos de video remolcado MARISCOPE, modelo MICRO utilizados

Las embarcaciones utilizadas para remolcar el trineo con la cámara de video han sido una embarcación de fibra de 5,50 m de eslora de la firma Faeton mod. 550 dotada con un motor fueraborda Honda de cuatro tiempos de 90 CV de potencia perteneciente a Grupo Interlab SA, así como una embarcación DIPOL 600 CP, de 5,96 m de eslora, con cabina y motor Honda de 90 CV (Véase Figura 47).

El equipo utilizado por Esgemar ha consistido en la misma cámara de filmación Mariscope modelo micro con 100m 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. El barco utilizado es una embarcación cabinada (SIDMAR III) modelo Antioche 600 de 6m de

eslora y 2m de manga perteneciente a la lista 6ª con todos los permisos en regla. La embarcación dispone de GPS, Sonda y Radio (véase Figura 49).



Figura 49 .- embarcación cabinada (SIDMAR III) modelo Antioche 600

7.1.4.2.2. Parcelas bionómicas

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.

7.1.4.2.2.1. Intermareal

Trabajo de campo

Descripción de las localidades intermareales muestreadas



Figura 50 .- Trabajos de muestreo en el intermareal

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). 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]).

Los muestreos intermareales se realizaron en los meses de junio y octubre de 2004 durante los periodos de bajamar máximos. Generalmente, cada localidad se estudió con muestreos destructivos: 5 cuadrados de aluminio de 25 x 25 cm. en tres niveles del intermareal, lo que ha representado un total de $5 \times 3 \times 5 \times 2 = 150$ muestras. En la primera campaña se hizo un muestreo adicional en Punta Banco lo cual representó un total de 15 muestras adicionales. Por tanto el número de muestras recogidas ha sido de 165 en total.

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 %.

7.1.4.2.2.2. 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 césped 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.

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 cm² de arañado, en número de dos lances por cada muestra, al objeto de asegurar el estudio de más de 600 cm² 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 (previsiblemente cuadrados de 40 x 40 cm, 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.

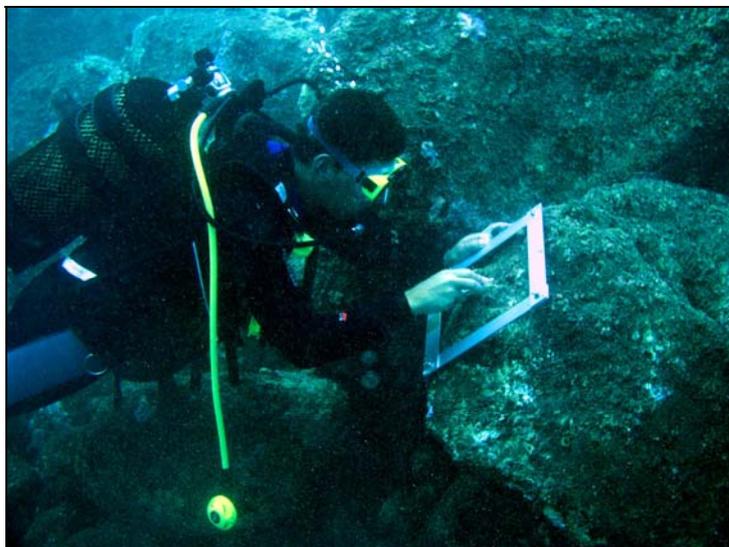


Figura 51 .- Operaciones de raspado mediante la técnica Sergeev (parcelas bionómicas)

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 muestras, 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 cm² de arañado. La fijación de las muestras se realizó con formol al 4%.

7.1.4.3. Comunidades planctónicas

7.1.4.3.1. 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 52), 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 a las profundidades de 0, 2, 5, 10 y 15 m; finalmente en la estación 3 se tomaron 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 campaña de otoño, se realizó en septiembre/octubre de 2003, la campaña de invierno, en febrero/marzo de 2004 y, por último, la 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 Figura 54.

Equipos

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

7.1.4.3.2. 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 52. En total 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 abordó, 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.

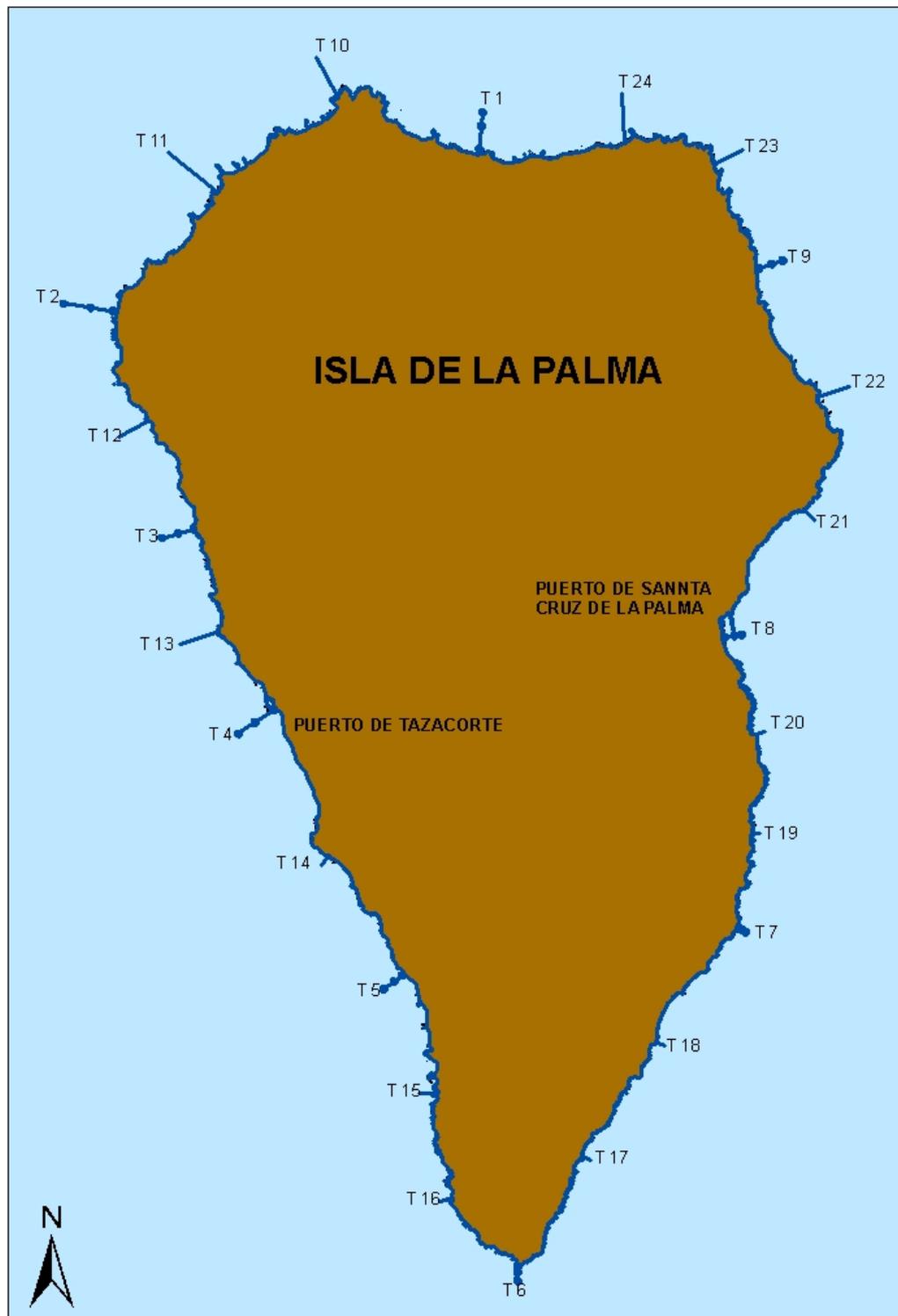


Figura 52 .- Disposición de transectos con los puntos de muestreo. Campaña de estaciones hidrográficas, Perfiles termohalinos y de penetración de la luz

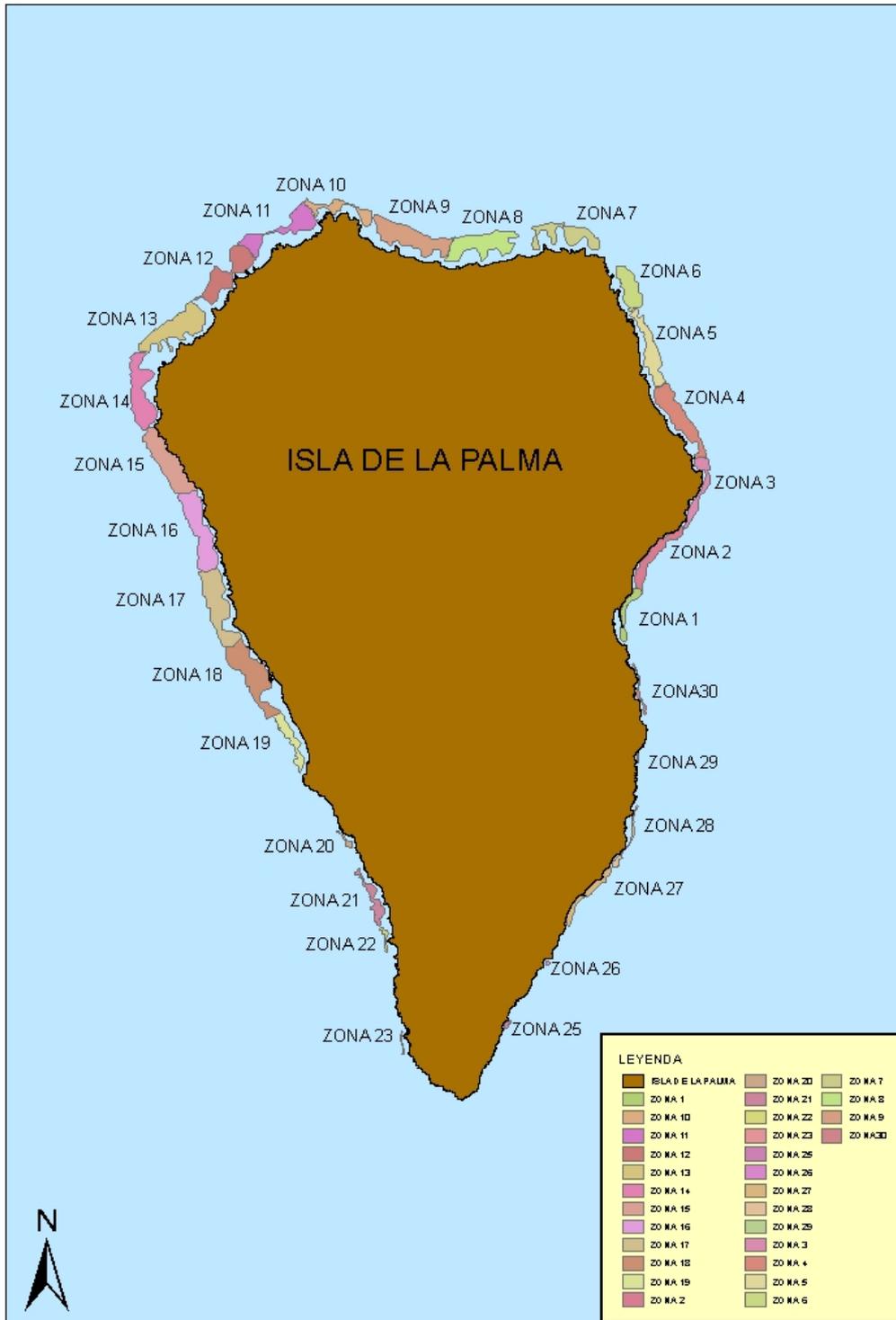


Figura 53 .- Disposición de zonas de muestreo. Campaña de sedimentos.

7.1.4.4. Recursos pesqueros

Los trabajos de campo respecto al apartado de recursos pesqueros se han 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.

1.1.1. Metodología de los trabajos de laboratorio

7.1.4.5. Calidad química del agua

En la Tabla 3 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 NH ₄ /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 ₂ O ₅ /L
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 NO ₃	0,2 mg NO ₃ /L
NITRITOS	UV-VIS	EPA 354.1	0,02 mg NO ₂ /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 3 Metodología analítica para la matriz agua

ESTUDIO ECOCARTOGRÁFICO DEL LITORAL DE LA ISLA DE LA PALMA

En la Tabla 4 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 4.- Matriz Agua

7.1.4.6. Calidad química de los sedimentos

En la Tabla 5 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

Analito	Técnica Analítica	Método Referencia	Límite Detección
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 5.- Metodología analítica para la matriz sedimento

En la Tabla 6 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 6.- Matriz Sedimento

El análisis granulométrico de las 1.500 muestras analizadas se ha realizado mediante el secado y preparación de la muestra y la determinación de la Fracción Granulométrica correspondiente. 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.

7.1.4.7. 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.

7.1.4.8. 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 $>10 \mu\text{m}$ se contaron con un microscopio invertido Zeiss Axiovert a 200 y 400 aumentos.

Zooplancton

El conteo de los organismos se realizó en el laboratorio sobre fotografías digitales de toda la muestra y realizada con una resolución de $10 \mu\text{m}$. Sobre estas muestras se llevaron a cabo los conteos 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.

7.1.4.9. 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).

7.1.5. Trabajos de gabinete

7.1.5.1. Recopilación de información

7.1.5.1.1. Recopilación de información sobre condiciones del medio

Como se señala en el apartado “7.2.1.2 Fuentes Documentales” han sido muchas las fuentes documentales consultadas pertenecientes a distintos organismos, todas las referencias de publicaciones y artículos quedan recogidas en el apartado 7.2.4. Bibliografía.

7.1.5.1.2. 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 7.2.1.2.

7.1.5.1.3. 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.

7.1.5.2. 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 al programa Surfer que permite 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 edición 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). (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. 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.

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]).

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.

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-Weaver: $H' = - \sum p_i \log_2 p_i$

La riqueza de especies se calculó a través del índice de Margalef (d), $d = (S-1)/\log(N)$,

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: $1 - \lambda' = \frac{1}{\sum (N_i/N)^2}$

En las tablas que se han incorporado en los anejos: ANEJO N°6, Resultados Intermareal y ANEJO N°7, Resultados 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 conteos de organismos planctónicos fueron incorporados a hojas de cálculo que permitieron la representación gráfica de los mismos.

7.1.5.3. Cartografías

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

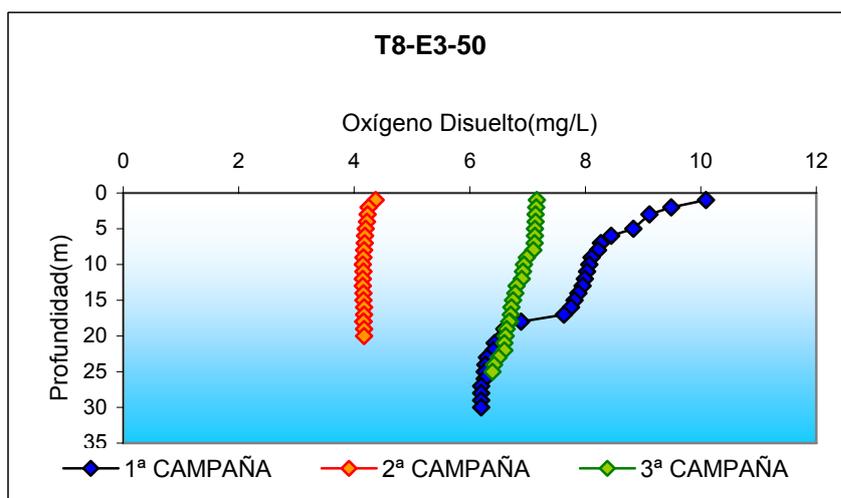
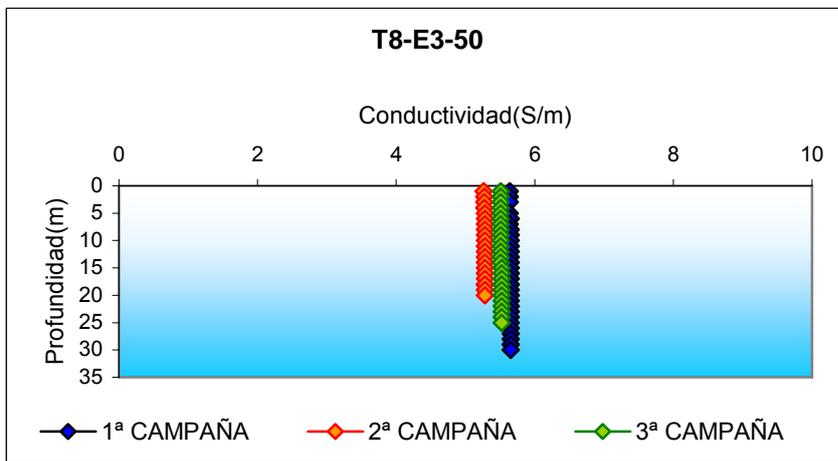
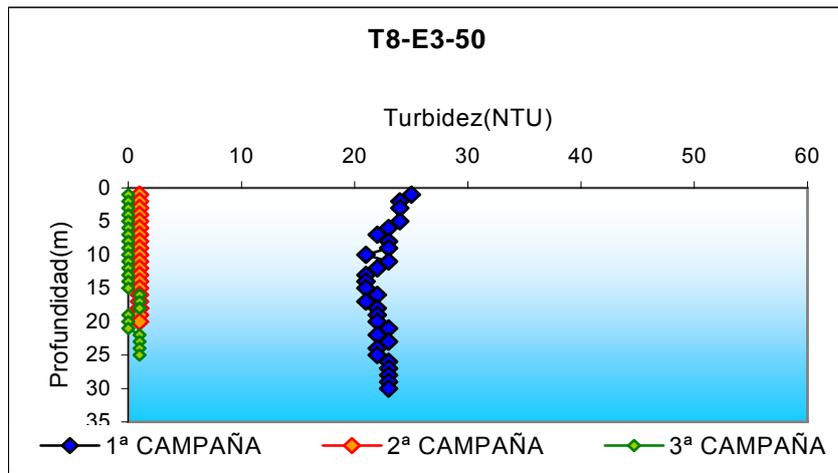
- Cartografía de la disposición de puntos de muestreo de Calidad de Aguas e itinerarios para la campaña de mapeado en continuo. Véase el anejo de Planos (Planos nº 4, Planos de itinerarios y localización de puntos de muestreo en reconocimiento ecológico).
- Cartografía de la disposición de puntos de muestreo en la campaña de Calidad de Sedimentos. Véase el anejo de Planos (Planos nº 4, 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 ANEJO Nº 3, de resultados de la campaña de mapeado en continuo.
- 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).

7.2. Presentación de resultados

7.2.1. Condiciones del medio

7.2.1.1. 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 ANEJO Nº 1, ESTRUCTURA TERMOHALINA, se presentan todos los perfiles obtenidos en las diferentes campañas. A modo de ejemplo se presentan en la Figura 55, los resultados de la estación 3 del transecto 1 (T1-E3).



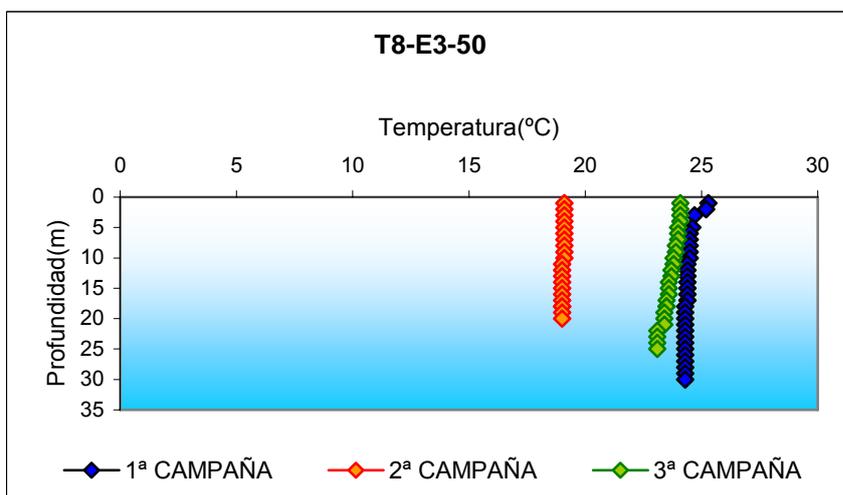
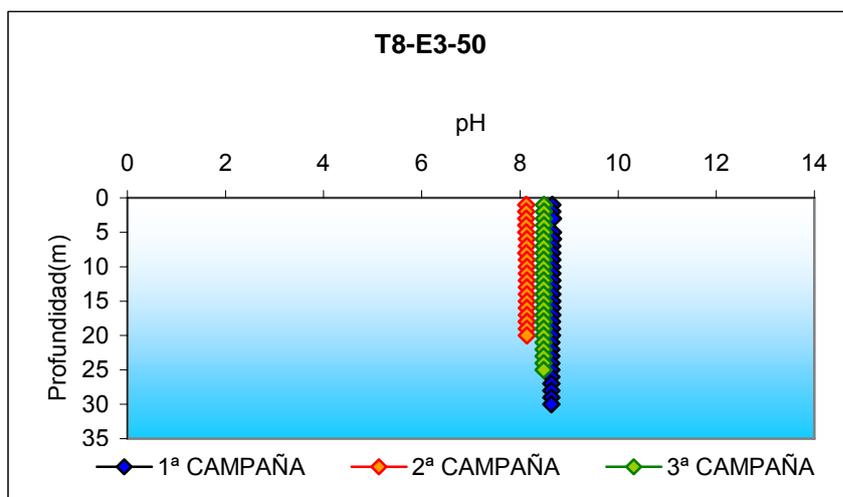


Figura 55 .- Perfiles resultantes de la estación 3 del transecto 8

7.2.1.2. 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 ANEJO N° 2, PENETRACIÓN DE LA LUZ.

En la Tabla 7 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 7.- Coeficientes de atenuación de la luz registrados en las diferentes campañas

7.2.1.3. 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 ANEJO N° 3, Mapeado en Continuo.

7.2.1.4. Estaciones hidrográficas

Los resultados analíticos correspondientes a las campañas de aguas pueden ser consultados en el ANEJO N° 4. Estaciones Hidrográficas.

7.2.1.5. Calidad del sedimento

Los resultados analíticos correspondientes a la campaña de sedimentos pueden ser consultados en el ANEJO N° 5. Calidad del Sedimento.

7.2.2. Cartografía bionómica (comunidades naturales)

7.2.2.1. Vídeo remolcado

En el ANEJO N° 12 se presenta la colección de DVD's con los transectos de vídeo remolcado realizados en el litoral de la isla de La Palma.

7.2.2.2. 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 marinos 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.

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.

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*.

Praderas de fanerógamas marinas.

Es uno de los ecosistemas marinos más productivos de las costas canarias. Se desarrolla sobre fondos blandos, arenosos, con una cierta aportación de materia orgánica.

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*.

Veriles.

Los veriles o acantilados submarinos, son frecuentes en los fondos de las islas. .

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.

Cuevas y túneles.

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.).

7.2.2.2.1. Intermareal

En el ANEJO Nº 6, 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 resumen, las tres comunidades del nivel intermareal presentes en La Palma son las siguientes:

- **Comunidad de la Roca Mesolitoral**

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

- **Comunidad de los Cantos Supralitorales y Mesolitorales**

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).

7.2.2.2. Submareal

En el ANEJO Nº 7, 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.

7.2.2.2.1. 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 más representativa en fondos arenosos es la *Caulerpa prolifera*, si bien no está muy extendida.

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.

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 caparzones 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*.

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 (Pelófitas). 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.

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 prolifera* 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.

7.2.2.2.2. 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*.

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 especie 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).

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*.

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 blanquizar 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 blanquizar 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 paffi* y *Padina pavonica*, así como poríferos del género *Hymeniacidon*, *Verongia*, *Chondrosia*, *Ircinia* y *Batzella*; también se registraron varios ejemplares de erizos *Diadema antillarum*.

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

Estas comunidades (véase Figura 56) 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 bocinero (*Pagrus*), la brota (*Phycis*), o la breca y el besugo (*Pagellus*).



Figura 56 .- Parcela 102. Comunidad de coralígeno con presencia de gorgonias

7.2.3. Comunidades planctónicas

7.2.3.1. 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, coccolitofóridos, dictiofíceas, cianofíceas coloniales, otros flageladitos y tintínidos (protistas).

Los resultados de los conteos de fitoplancton de las distintas campañas pueden ser consultados en el ANEJO N° 8 Fitoplancton.

7.2.3.2. Zooplancton

Los resultados obtenidos se pueden consultar en el ANEJO N° 9 Zooplancton.

7.2.4. 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 Tzacorte y Santa Cruz de La Palma.
- 4) Análisis de la dispersión de coliformes totales vertidos por los emisarios submarinos existentes.

Para conocer la advección y dispersión de los distintos vertidos en el medio se aplicó el módulo AD del modelo numérico *MIKE 21*. Este 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 lineal 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.

Las batimetrías empleadas para las simulaciones de dispersión/advección se presentan en la Figura 57.

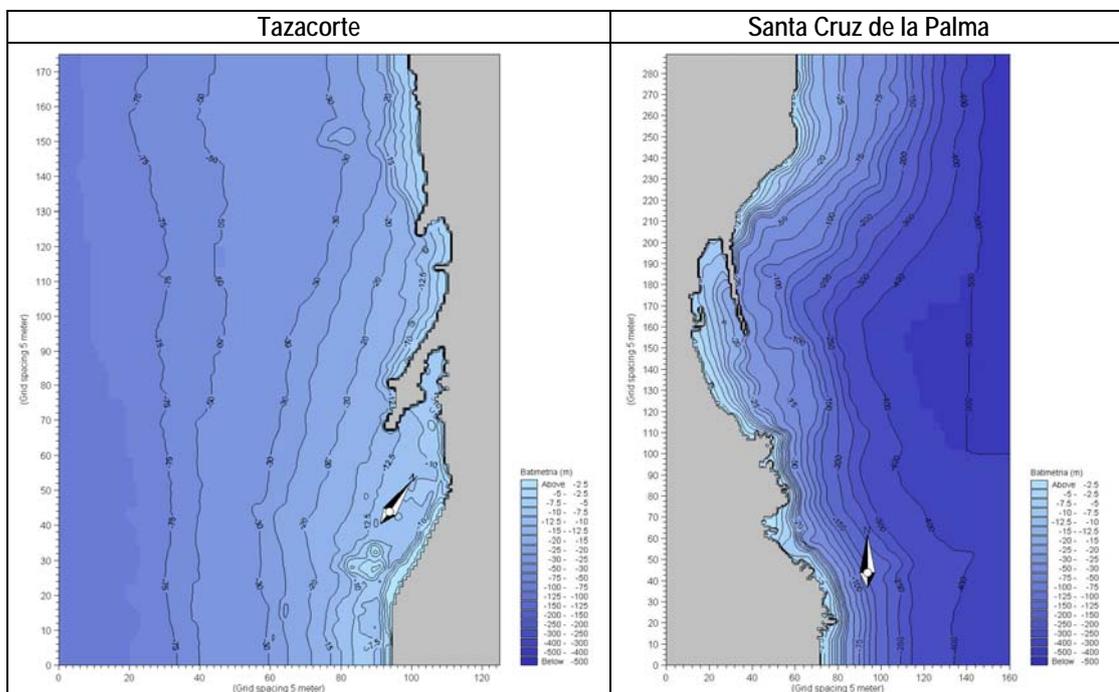


Figura 57 .- Batimetrías utilizadas para las simulaciones de advección/dispersión.

Las especificaciones de cada uno de los vertidos estudiados se presentan en la Tabla 8. 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 (m ³ /s)	0,4
Caudal de sobrenadante durante la regeneración de playas (m ³ /s)	0,4
Caudal de vertido de hidrocarburos en bocana de los puertos (m ³ /s)	0,4
Caudal de vertido por emisarios submarinos (m ³ /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 8.- 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.

Hidrocarburos totales (mg/l)	
$x \Rightarrow 1$	Potencial ecológico malo
$0,7 \leq x < 1$	Potencial ecológico deficiente
$0,3 \leq x < 0,7$	Potencial ecológico bueno
$x < 0,3$	Potencial ecológico muy bueno
Turbidez (NTU)	
$x \Rightarrow 20$	Potencial ecológico malo
$12 \leq x < 20$	Potencial ecológico deficiente
$7 \leq x < 12$	Potencial ecológico insuficiente
$4 \leq x < 7$	Potencial ecológico bueno
$x < 4$	Potencial ecológico muy bueno

Tabla 9 Valores de calidad del agua

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.

7.2.5. Recursos pesqueros

7.2.5.1. 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.

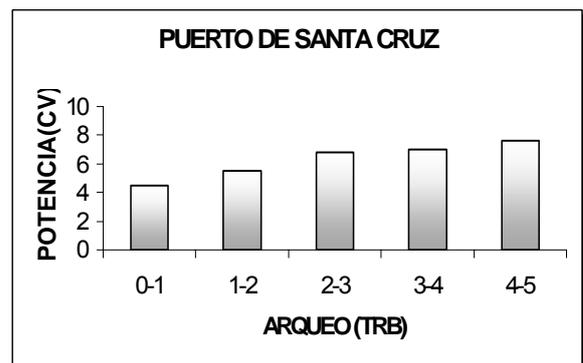
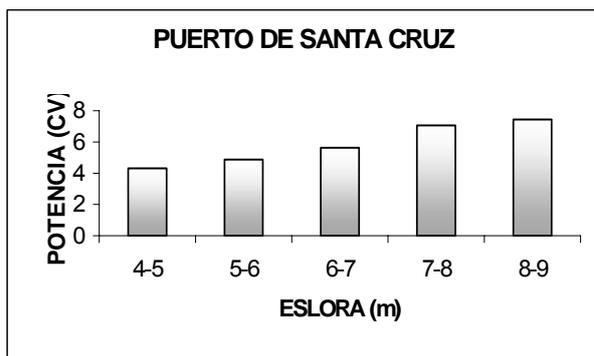
Por otro lado, el arqueo total se situaba ligeramente por encima de los 180 TRB. Las Tablas 1 y 2 muestran las principales características y diferencias existentes en la estructura de la flota de la Isla de la Palma.

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 llevar 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].



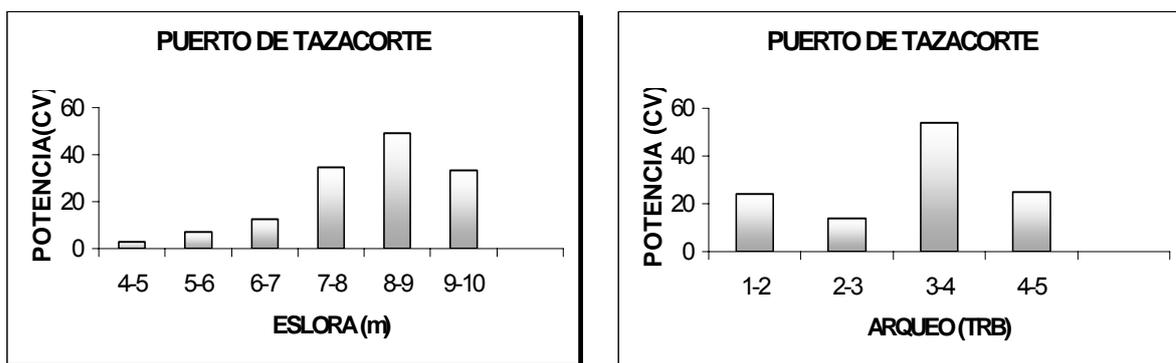
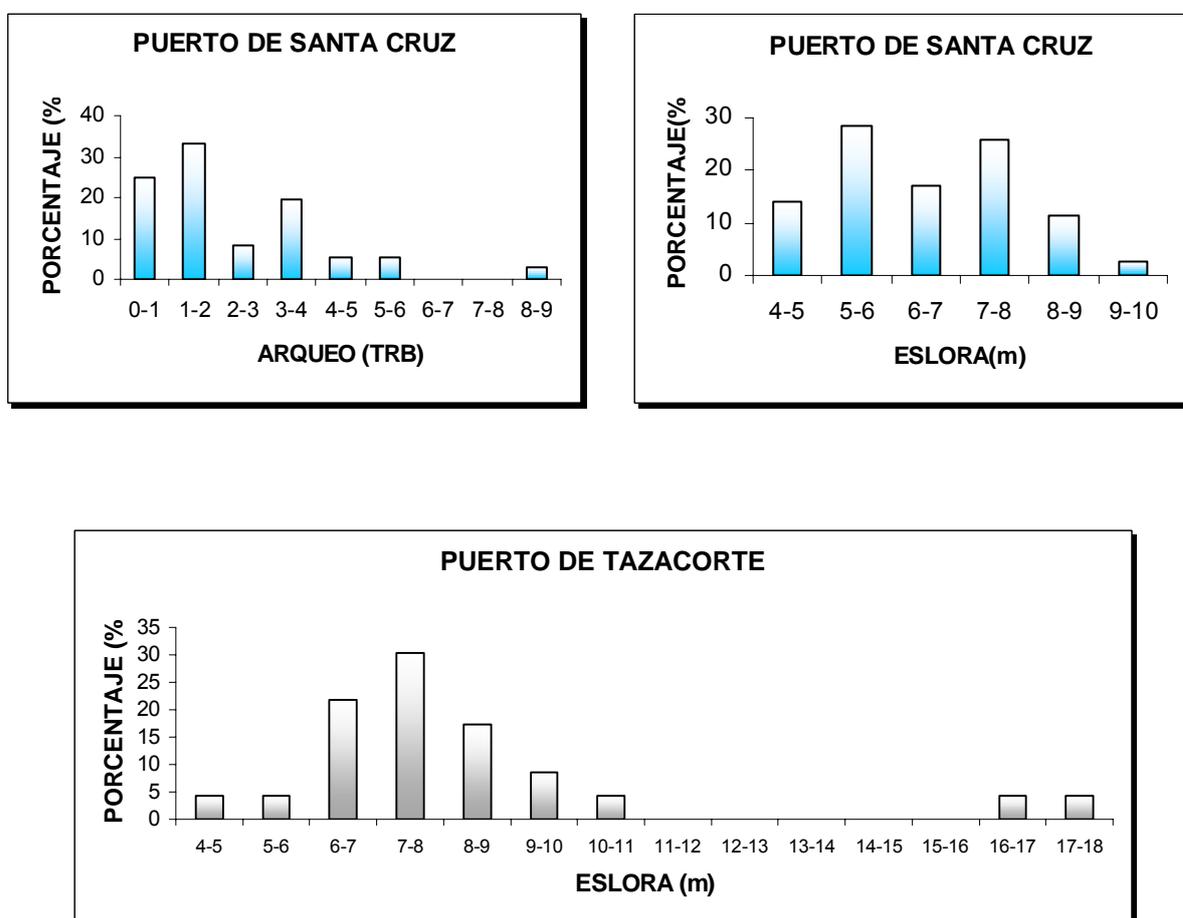


Figura 58 .- Gráficas representativas de la flota de los puertos de Santa Cruz y Tazacorte



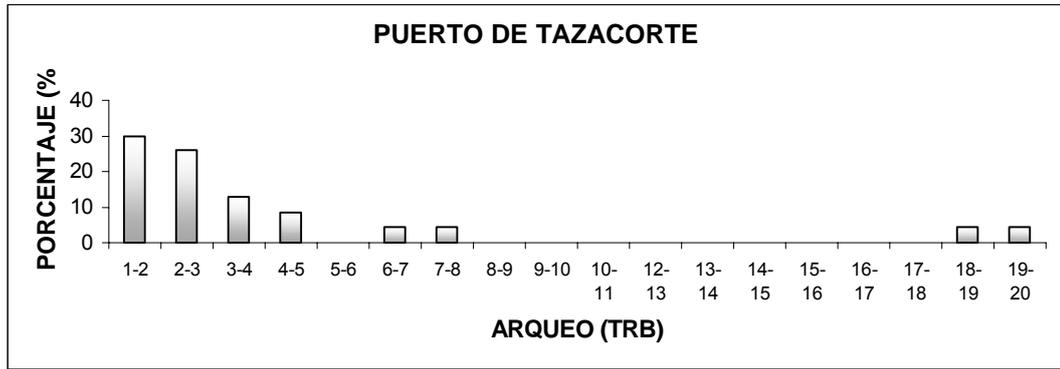


Figura 59 .- Representación de los porcentajes según las esloras y arqueos de los barcos

7.2.5.2. 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 Tzacorte 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.

7.2.5.3. 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.

7.2.5.4. 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.
- La empresa Acuihope.
- La empresa Acuipalma.
- Escuela taller del ayuntamiento 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.

7.3. Valoración de los resultados

7.3.1. Condiciones del medio

7.3.1.1. Calidad del agua

7.3.1.1.1. Variables consideradas

Estaciones Hidrográficas.

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

Analizando los perfiles termohalinos realizados paralelamente 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 cálidas-templadas no llegando a bajar en invierno de los 18° 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.

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 Emmerly* (véase Figura 60) se puede comprobar como las aguas del litoral de La Palma presentan características netamente transparentes.

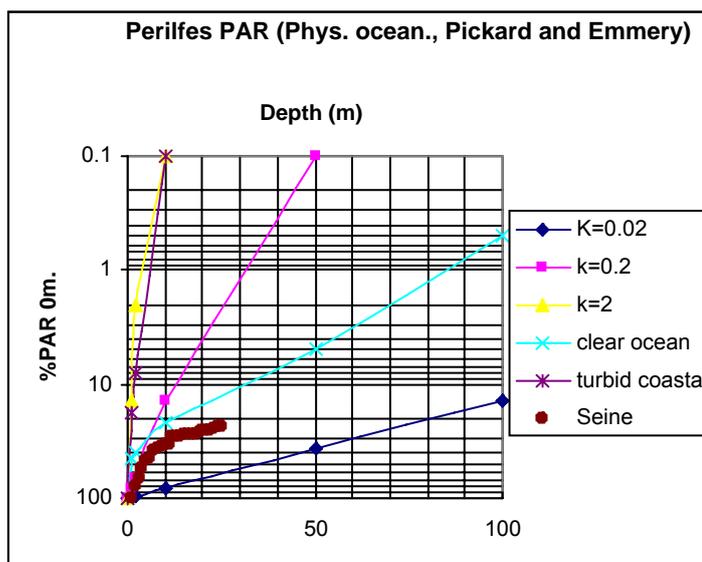


Figura 60 . Coeficientes de atenuación extraídos de *Física Oceánica* de *Pickard y Emmerly*

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 (K_{PAR} ; también llamada K_d) 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 (Z_{sd}) es aproximadamente inversamente proporcional al coeficiente de atenuación vertical para la irradiancia "downwelling", según la siguiente expresión:

$$K_d = 1.44/Z_{sd}$$

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 presentan 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 ANEJO N° 3 MAPEADO EN CONTINUO. A continuación se exponen las conclusiones para los parámetros principales.

Oxígeno Disuelto

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.

7.3.1.1.2. Valoración de la calidad del agua por zonas

Estaciones Hidrográficas.

○ Zona Noroeste (NO).

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 las 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.

○ Zona Suroeste (SO).

De igual forma 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 Tzacorte, mientras que en el segundo no se puede concretar.

○ Zona Noreste (NE).

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.

o *Zona Sureste (SE).*

En el mismo sentido, 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.

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 el tema 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 10.- 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.

7.3.1.2. Calidad del sedimento

7.3.1.2.1. 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 N° 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.

7.3.1.2.2. Valoración de la calidad de los sedimentos por parámetros

A la vista de los resultados obtenidos, ANEJO N° 5, 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 Palma.
- ✓ *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 ($\mu\text{g/g}$)	<0,03	0,08-0,3
Cobre ($\mu\text{g/g}$)	10-30	35-60
Mercurio ($\mu\text{g/g}$)	<0,02	0,05-0,08
Plomo ($\mu\text{g/g}$)	0-5	10-20
Zinc ($\mu\text{g/g}$)	10-35	40-70
Hidrocarburos totales	N.D.	<5-17
Coliformes totales (ufc/gr)	0	2-500
Enterococos (ufc/gr)	0	2-980

7.3.1.2.3. 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 ($\mu\text{g/g}$)	0,7	1	<0,03	0,08-0,3
Cobre ($\mu\text{g/g}$)	18,7	100	10-30	35-60
Mercurio ($\mu\text{g/g}$)	0,13	0,6	<0,02	0,05-0,08
Plomo ($\mu\text{g/g}$)	30,2	120	0-5	10-20
Zinc ($\mu\text{g/g}$)	124	500	10-35	40-70

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

Tabla 11.- Comparativa Analítica de Sedimentos

De la comparación de los resultados obtenidos con respecto a los criterios de valoración anteriormente expuestos, se observa que el parámetro cobre, supera en muchos de los

casos el valor definido como guía de calidad en los criterios canadienses anteriormente recogidos, mientras que en el resto de los casos, 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*.

7.3.2. Cartografía bionómica (comunidades naturales)

7.3.2.1. Variables consideradas

7.3.2.2. Valoración de las comunidades

7.3.2.2.1. 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 límite 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 76 especies bentónicas diferentes en las cinco 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. Por una parte, aparece la localidad de Los Cancajos un tanto aislada del resto de las localidades intermareales de la isla. Por otra parte, se observa una mayor proximidad entre las localidades de Fuencaliente y Punta Larga y entre las de Punta Cumplida y Punta Gorda. Estas afinidades podrían estar derivadas de la semejanza en las características oceanográficas entre las respectivas localidades.

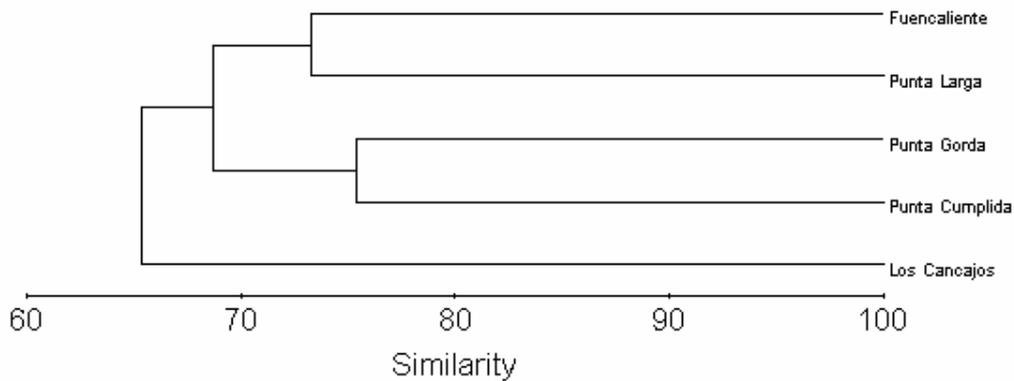


Figura 61 .- Índice de similitud de Bray-Curtis para muestreos de primavera 2004.

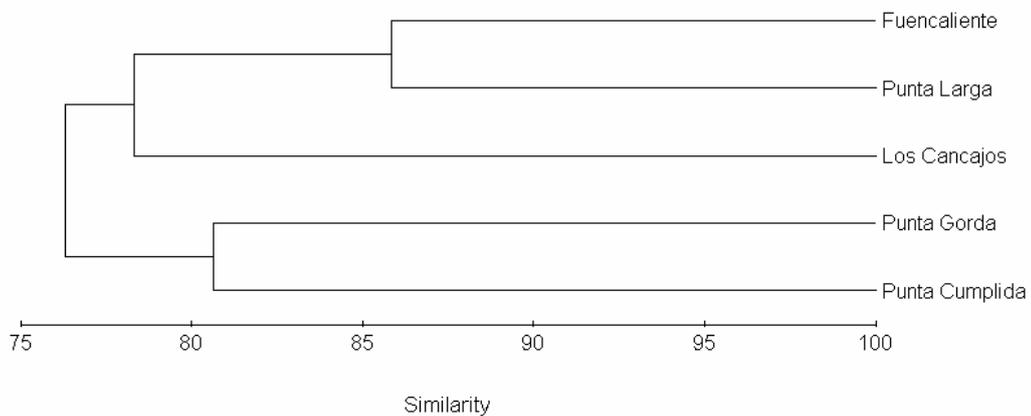


Figura 62 .- Índice de similitud de Bray-Curtis para muestreos de otoño 2004.

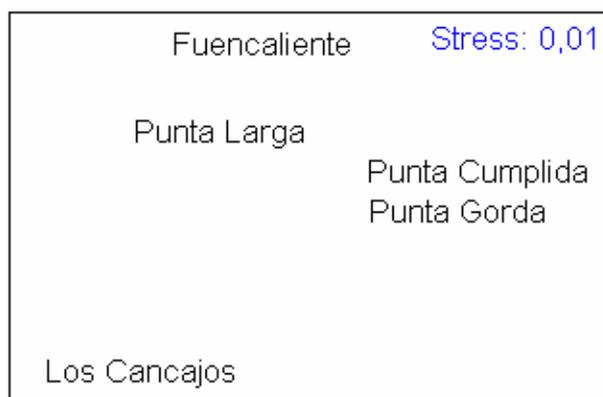


Figura 63 .- MDS para localidades intermareales durante el muestreo de primavera 2004.

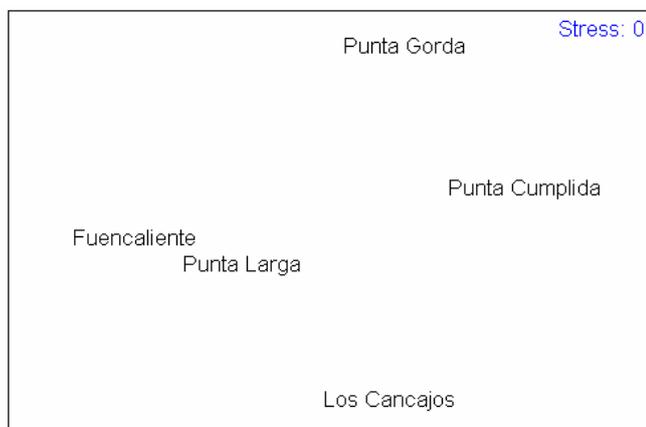


Figura 64 .- MDS para localidades intermareales durante el muestreo de otoño 2004.

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

Los Cancajos

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 (*Ohioplenius 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.

Fuencialiente

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 las *Cystoseira* puede aparecer algunos ejemplares de *Sargassum spp.* y de *Dyctiota 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*, *Chondrophyucus 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 *Hydroclatrus clatrhatius*. El límite inferior queda marcado por comunidades de *Cystoseira abies-marina*.

Punta Larga

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 *Dyctiota 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 patélidos.

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 góbidos) 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.

7.3.2.2.2. 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 sustratos: pedregal, arenas, fangos y rocoso.

LOCALIDAD	PROFUNDIDAD	LOCALIDAD	PROFUNDIDAD
T5-A	15m	T 60-FD	17,5m
T5-C	22m	T 65-B	12m
T 10-H	8m	T 69-AJ	30m
T 11-AJ	25m	T 72-A	16m
T 18-CN	30m	T 72-RV	10m
T 20-FD	10m	T 82-R	12m
T 27-RV	4m	T 88-RV	10m
T 32-R	8m	T 98-A	16m
T 36-V	24m	T 102-C	37,7m
T 46-RV	6m	T107-B	15m
T 49-A	16m	T114-AJ	22m
T 51-RV	8m	T435-CN	42m
T 56-R	18m	T475-AJ	27m

Tabla 12 Profundidad media de las localidades muestreadas en el piso submareal.

Bentos

En este capítulo se han identificado un total de 53 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 primera observación que debemos hacer es la heterogeneidad de los muestreos, 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.

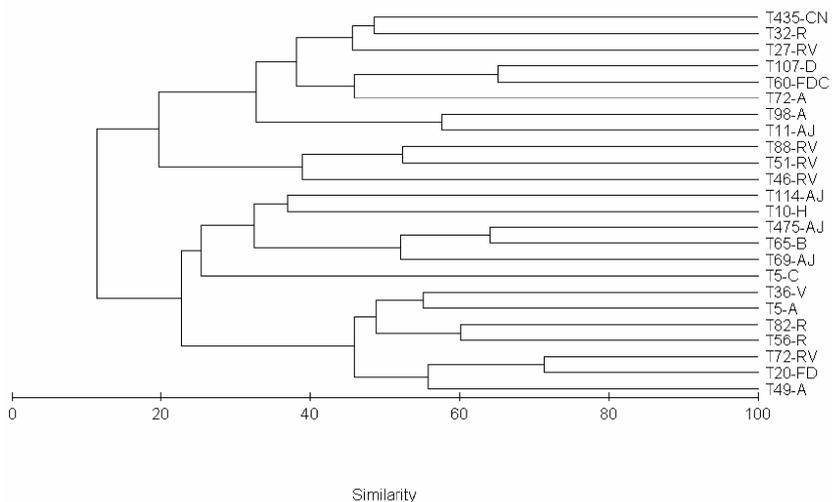


Figura 65 . Índice de similitud de Bray-Curtis entre localidades para muestreos bentónicos submareales de primavera 2004.

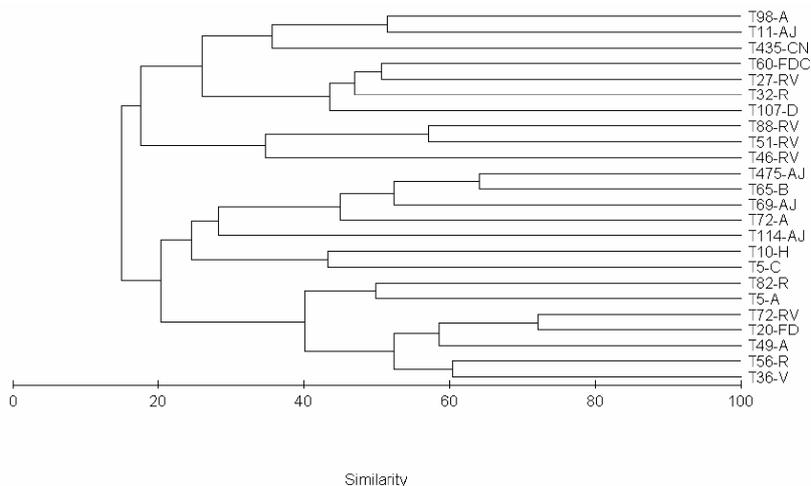


Figura 66 Índice de similitud de Bray-Curtis entre localidades para muestreos bentónicos submareales de otoño 2004.

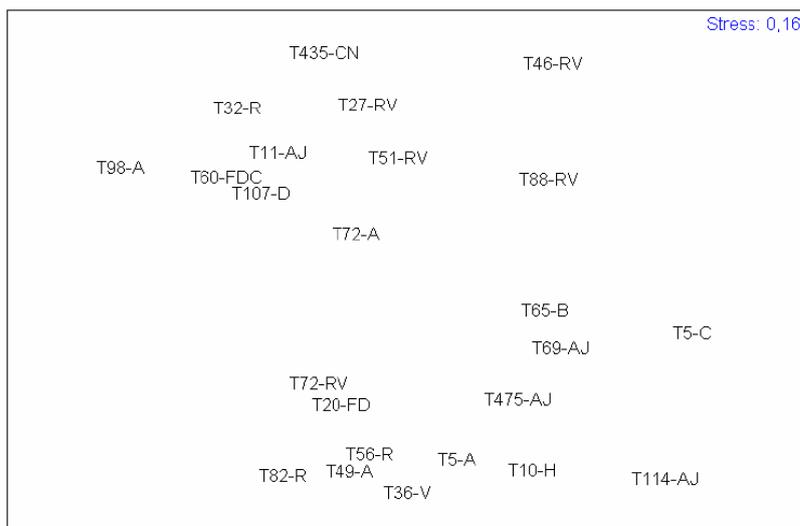


Figura 67 . MDS para localidades bentónicas submareales durante el muestreo de primavera 2004.

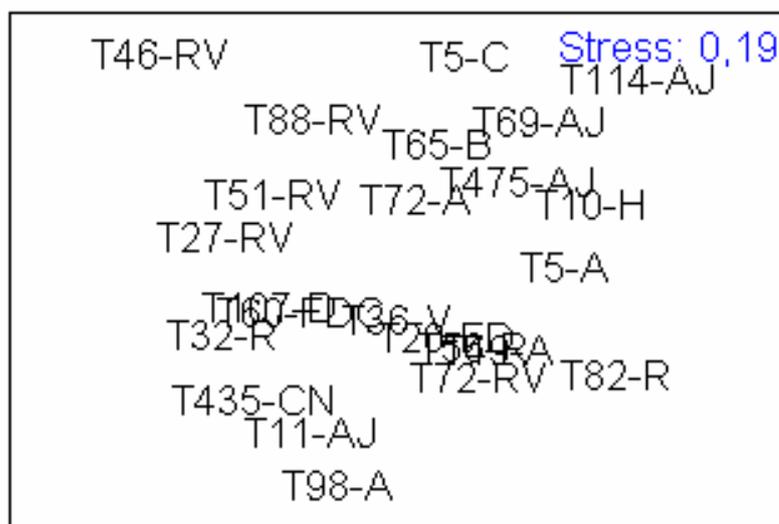


Figura 68 . MDS para localidades bentónicas submareales durante el muestreo de otoño 2004.

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 limbata*) 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 blanquizar (*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 blanquizar sea determinante para comprender mejor la escasa diferenciación existente entre las localidades analizadas.

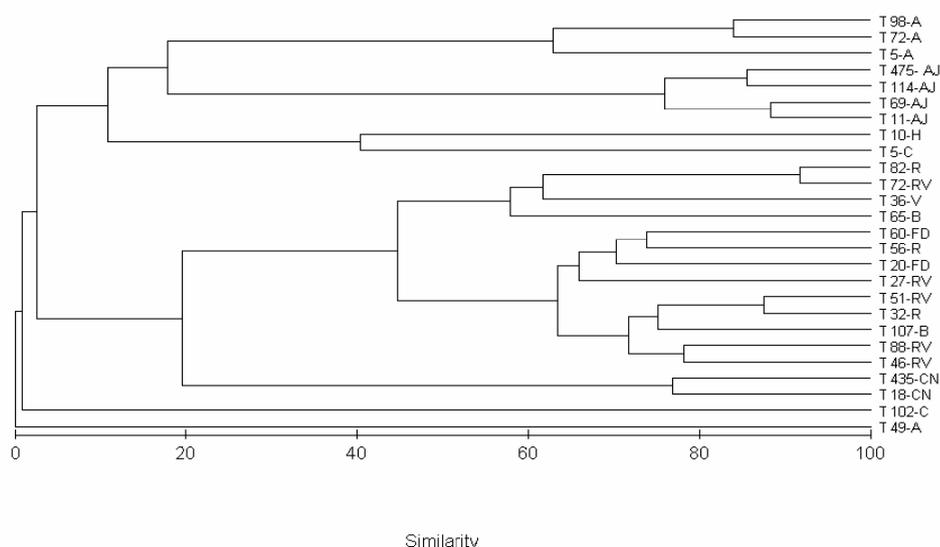


Figura 69 . Índice de similitud de Bray-Curtis entre las comunidades de peces en localidades submareales, primavera 2004.

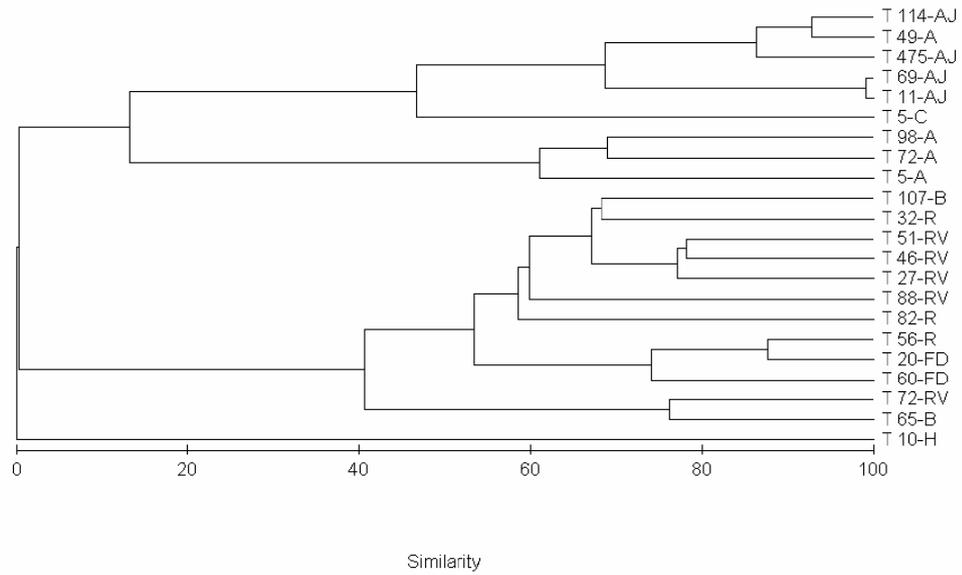


Figura 70 Índice de similitud de Bray-Curtis entre las comunidades de peces en localidades submareales, otoño 2004.

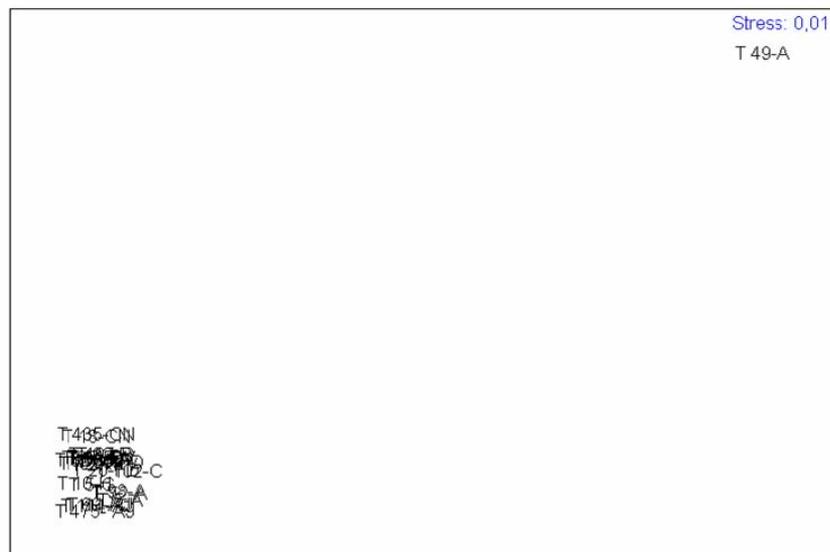


Figura 71 . MDS para comunidades de peces en localidades submareales, primavera 2004.

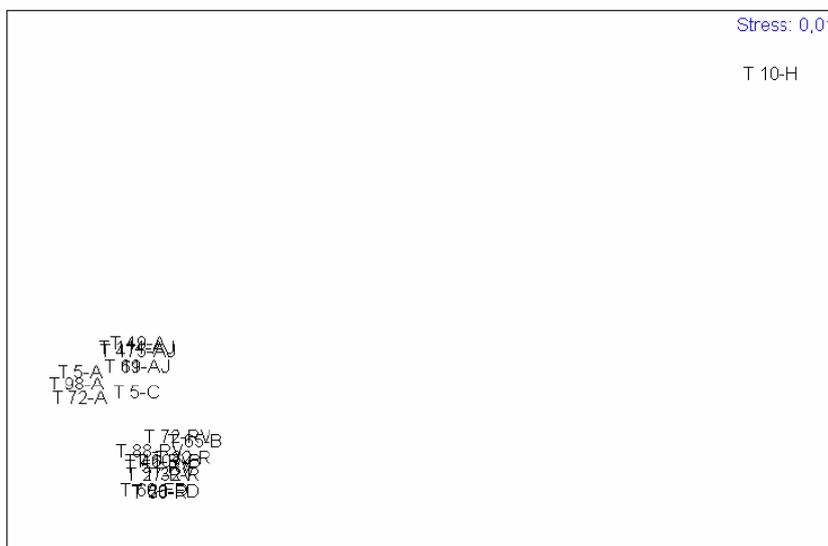


Figura 72 . MDS para comunidades de peces en localidades submareales, otoño 2004.

7.3.3. Comunidades planctónicas

7.3.3.1. 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 coccolitofóridos y otros grupos de flagelados pequeños. Los valores integrados (entre 0 y 50 m de profundidad) de dinoflagelados alcanzan concentraciones medias de $1-2 \times 10^{10}$ cels/m² (véase ANEJO N° 8 Fitoplancton). Las diatomeas suelen tener concentraciones cercanas a los 0.5×10^{10} cels/m², aunque en ocasiones pueden igualar o incluso superar a los dinoflagelados (por ejemplo, en el transecto 5 del muestreo de Septiembre, (véase ANEJO N°8). Las concentraciones más altas, tanto de diatomeas como de dinoflagelados (cercanas a los 4×10^{10} cels/m²), 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.

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.

7.3.3.1.1. 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 células/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.

7.3.3.2. 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 mesozooplankton se alimentan de microplankton 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 microzooplankton (Calbet y Landry, 2004, Ref. [10]).

Sin embargo, el mesozooplankton 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.

7.3.3.2.1. Variables consideradas

En el presente informe se presentan los valores de abundancia de organismos del mesozooplankton 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.

7.3.3.2.2. 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 73). 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 $\cdot \text{m}^{-2}$). Esta importante variabilidad es común en las áreas costeras de las islas Canarias.

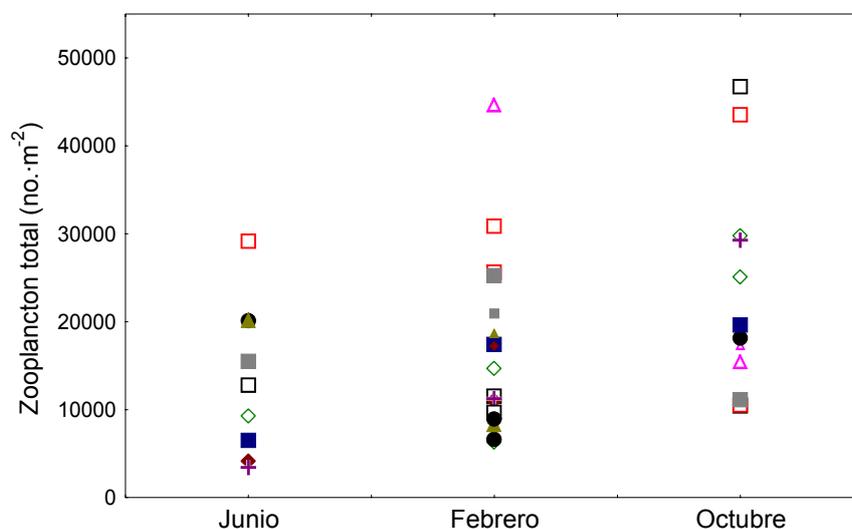


Figura 73 .- Número de individuos por m² en las tres campañas de muestreo.

El análisis de los distintos grupos de organismos (véase ANEJO N° 9. Zooplankton) 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. 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 Copépoda 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. El siguiente grupo trófico mejor representado fueron los Quetognatos, seguidos de Apendiculariáceos y Cnidarios. 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 apendicularídeos, 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.

7.3.4. 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.

7.3.4.1. Tazacorte

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.

7.3.5. Recursos pesqueros

7.3.5.1. 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. 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 Tzacorte, 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 Acui Palma S.L. que están en vistas a funcionar en un plazo de dos meses.

7.3.5.2. 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.

7.3.5.3. 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.

7.4. Bibliografía

7.4.1. Bibliografía Calidad de aguas y sedimentos

1. J.E. Escáñez 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.

7.4.2. 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'île de Port-Cros (Parc 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'île 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 Workshop. *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 Puellas Martínez, María Luz, Ciclo anual de la comunidad de meso y microplancton, 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 Canarias: 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 Mesozooplankton 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 Mesozooplankton 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. Zooplankton 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 Canary 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 de l bentos marino accesible en escafandra autónoma. *Actas I Simp. Iber. Bentos Marino, II*: 961-982.

7.4.3. 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.

7.5. 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: cofradia.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

8. CARACTERIZACIÓN Y CARTOGRAFIADO DE LAS UNIDADES DE SUELOS

8.1. Memoria

8.1.1. Introducción

Aunque la zona de estudio está limitada a la franja costera existe una cierta diversidad de suelos, consecuencia de la variación de determinados factores formadores, esencialmente material de origen y clima. Por ello, para poder comprender la distribución de los suelos, se han descrito brevemente estos dos parámetros.

8.1.2. Factores Ambientales

En los siguientes epígrafes se han descrito los factores ambientales que se consideran responsables de las características edáficas del terreno.

8.1.2.1. Geología

Desde un punto de vista volcano-estratigráfico se pueden diferenciar en esta isla dos unidades principales: el complejo basal y el volcanismo subaéreo, separadas por una discordancia erosiva que abarca del orden de 1.5 m.a.

El complejo basal aflora en el fondo de La Caldera y está compuesto por un conjunto de rocas plutónicas integrado principalmente por gabros y sienitas, y una formación submarina con espectaculares afloramientos de hialoclastitas y pillow lavas de composición basáltica y traquibasáltica. El conjunto está intruido por una densa malla de diques que alcanza un desarrollo importante y que constituyen los conductos de salida de los materiales que forman el edificio subaéreo insular.

El volcanismo subaéreo presenta una gran homogeneidad desde el punto de vista geológico, estando constituido por lavas y piroclastos de composición fundamentalmente basáltica. A lo largo de la evolución de este ciclo volcánico subaéreo se produce una progresiva diferenciación y alcalinización de los materiales, existiendo un volumen relativamente importante de diferenciados sálicos (fonolitas) en la mitad Sur de la isla.

Desde un punto de vista estructural la isla se puede dividir en dos partes bien definidas, una constituida por la “isla antigua”, edificio volcánico en escudo de contorno circular, construido por un volcanismo similar en muchos aspectos al hawaiano, con magmas de baja viscosidad y tasa eruptiva elevada. Este Escudo Volcánico Norte tiene una primera etapa de desarrollo

desde 1.77 a 1.20 millones de años (Carracedo et al., 2001), ver Ref (6) alcanzando el edificio volcánico formado una altura de 2500-3000 metros con laderas de acusadas pendientes. Tras deslizamientos gravitacionales, y posteriores procesos eruptivos, la actividad de esta región finaliza hace 0.4 m.a.

La segunda zona, que se puede denominar “isla reciente”, es un claro ejemplo de eje estructural, es decir, de un volcanismo poligénico de control netamente estructural, formado por la acumulación y concentración de la actividad volcánica en la vertical de una alineación volcano-tectónica de ámbito regional a lo largo del último medio millón de años. El resultado de esta actividad volcánica fisural es la configuración de un edificio en tejado de fuertes pendientes en el que los centros de emisión se ubican preferentemente en la zona de cumbres (conocida como “dorsal”) y las coladas fluyen directamente hacia el mar. La intensa acción erosiva, favorecida por las abruptas pendientes, y el constante rejuvenecimiento volcánico condicionan suelos de escaso desarrollo.

Esta segunda parte de la isla, situada en la zona Sur, constituye el edificio volcánico conocido como Cumbre Vieja que tiene una altitud máxima de 1950 m, 20 km de longitud y ocupa una superficie del orden de 220 km². Dos unidades estratigráficas son bien definidas en las zonas de costa que nos ocupa, más destacadas en la vertiente Oeste que en la Este: los acantilados y las plataformas costeras. Los primeros se forman como consecuencia de la importante erosión marina actuando sobre las coladas que fluyeron hacia el mar. El acantilado puede llegar a tener 100 metros de altura, disminuyendo a medida que se avanza hacia el Sur paralelamente a la mayor juventud de los materiales. Lavas de erupciones más recientes han atravesado estos acantilados y han formado la plataforma costera.

La gran actividad de esta parte Sur de la isla hace que puedan encontrarse muy próximas, e incluso confundirse, coladas de materiales que aún pudiendo tener la misma composición geoquímica tienen edades muy distintas y, en consecuencia, grados de alteración diferentes.

A continuación se señalan las erupciones volcánicas históricas debido a la influencia que tienen en la zona costera de esta región Sur:

- *Volcán de Tahuya o Tacande* (1585). Situado en el municipio de El Paso corresponde a un cono de cenizas basálticas. Las coladas de naturaleza basálticas que emitió se dirigieron al Oeste y prácticamente llegaron al mar.
- *Volcán de Martín o Tigalate* (1646). Situado al Sur del volcán Cabrito presenta tres conos alineados de cenizas basálticas. Las lavas fluidas corrieron hacia el Este y llegaron al mar formando una pequeña plataforma.
- *Volcán de San Antonio* (1677). Localizado en el municipio de Fuencaliente, presenta un cono perfecto de cenizas basálticas. Las lavas fluidas corrieron hacia el Sur, Oeste y Este de la isla.
- *Volcán El Charco* (1712). Corresponde al volcán mayor de la isla teniendo en cuenta el volumen emitido y su superficie. Comprende cuatro conos de cenizas y lavas fluidas que corrieron hacia el Oeste de la isla llegando al mar donde formaron una larga plataforma costera.
- *Volcán de San Juan, Nambroque o Las Manchas* (1949). Presenta varias bocas que emitieron hacia el Oeste y Este de la isla. Las emisiones hacia la vertiente Oeste llegaron al mar formando una plataforma, sin embargo, hacia el Este las lavas corrieron por el cauce de un barranco y quedaron aproximadamente a 300 m de la costa.
- *Volcán de Teneguía* (1971). Se encuentra situado en el extremo Sur de la isla, y emitió lavas que llegaron al mar.

En la isla de La Palma se encuentran también formaciones sedimentarias:

- Aluviones, avalanchas y piedemonte de edad variada.
- Sedimentos del Time, relacionados con la Caldera de Taburiente y el complejo basal, y constituidos por un conglomerado caótico de guijarros y rocas variadas con una matriz arenosa. Se localizan en laterales del barranco de Las Angustias, formando un depósito que asciende a 400 m sobre el nivel del mar.

8.1.2.2. Clima

En la isla de La Palma, al igual que en el resto de las islas montañosas del archipiélago canario, no puede hablarse de un clima único, sino de diferentes microclimas dependiendo de una serie de factores, fundamentalmente altitud y orientación de las vertientes.

La limitación del estudio a la franja costera podría hacer pensar que ésta sólo se ve afectada por la orientación, sin embargo, al existir importantes acantilados en algunas zonas el límite de 500 m de la costa se encuentra en altitud suficiente como para tener unas condiciones climáticas distintas a las del nivel del mar. Por ello, se ha realizado una breve descripción de los principales pisos climáticos.

Los principales factores que influyen en la variabilidad climática son: vientos alisios, corriente marina fría de Canarias, orografía y masas de aire procedentes del continente africano.

Al igual que en el resto de las islas montañosas del archipiélago la influencia de los vientos alisios procedentes del NE es decisiva. Al chocar con la masa insular ascienden, enfriándose hasta provocar una condensación que da lugar al característico mar de nubes que no sobrepasa las cotas de 1500/1800 m por llegar a esa altitud vientos más secos (contraalisio ecuatorial). La corriente marina, procedente de latitudes más septentrionales, da lugar a que las aguas estén más frías de lo que corresponde por la latitud de la isla. En ocasiones el aire húmedo de los alisios es sustituido por vientos cálidos y secos procedentes del continente africano que, si bien provocan contaminaciones importantes con polvo sahariano en las islas más orientales, también se pueden hacer notar en la isla de La Palma.

Dada la orografía de la isla de La Palma, con un sistema montañoso central de dirección Norte-Sur, los vientos alisios influyen especialmente en las vertientes Norte y Este, que tienen, por tanto, un carácter mucho más húmedo que la vertiente Oeste. A su vez en cada una de estas vertientes existe una diferenciación climática altitudinal.

A grandes rasgos, en las vertientes más húmedas de la isla se observa un piso inferior con una climatología de tipo semiárido, seguido de un nivel climático de gran humedad, aproximadamente entre 500 m y 1500 m de altitud, que corresponde a la zona de condensación del alisio. En altitudes superiores tiene lugar una inversión térmica y el clima

adquiere caracteres de tipo subalpino con variaciones importantes de temperatura, tanto diurnales como estacionales.

Las vertientes Noroeste y Oeste presentan un clima más seco, sin llegar a tener una zona extremadamente árida como en otras islas montañosas del archipiélago. El núcleo más árido de la isla, con pluviometrías inferiores a 400 mm, corresponde según Marzol y Villalba (1980), ver Ref. [9], a la franja costera situada entre el *Barranco de Las Angustias* y *Fuencaliente*.

La zona costera en estudio está afectada por los niveles climáticos inferiores, aunque dada la altura de algunos acantilados también, en algún caso, lo está por el siguiente piso climático.

Con relación al edafoclima, y limitando ya el estudio sólo a la franja costera, se considera que el régimen hídrico es ústico en la vertiente Norte y Este, y arídico en la vertiente Oeste. Respecto al régimen de temperatura se encuentran representados el hipertérmico (temperatura media anual del suelo a 50 cm superior a 22° C, y diferencia de, al menos, 6° C entre la media de temperatura del verano e invierno), y el térmico (temperatura media anual del suelo a 50 cm entre 15° C y 22° C, y diferencia de al menos 6° C entre la media del verano e invierno). En las orientaciones más afectadas por los alisios (Norte, Noreste y Este) el hipertérmico llega escasamente a cotas de 200 metros, mientras que en las restantes llega a superar los 400 metros de altitud. En el Noreste y Este están también representados los regímenes isotérmicos y, en menor proporción, el isohipertérmico. Los regímenes “iso” se diferencian de los anteriores en que la diferencia de temperatura entre la media del verano y del invierno es inferior a 6° C.

8.1.3. Unidades de Suelos

8.1.3.1. Unidades Edáficas

La variedad de factores formadores del suelo, climáticos, cronológicos y topográficos, ha llevado a la formación de diferentes tipologías de suelos. La mayor antigüedad de la región Norte de la isla, junto con la influencia de los vientos alisios, explica que se encuentren en ella los suelos más evolucionados. La cronología más reciente de la región Sur hace que los suelos no hayan adquirido un grado de desarrollo comparable a los de la zona Norte.

Se utilizará la máxima categoría, y el orden establecido para ellas en la Soil Taxonomy (Soil Survey Staff, 1999), ver Ref. [10], para agrupar los suelos. En cada caso se harán comparaciones con el sistema FAO (1998), ver Ref. [7].

8.1.3.1.1. Andisoles

Este orden de suelos se localiza, en la franja de estudio, en la parte Sur de la isla ya que en la región Norte se sitúa a altitudes superiores a las que compete en dicho estudio. Los andisoles son, curiosamente, los suelos comparativamente con más desarrollo que aparecen en esta región, dominada por suelos pertenecientes al orden Entisol. Bien entendido que se trata en este caso de suelos formados sobre materiales recientes (pocos miles de años) y, por tanto, su grado de evolución es muy pequeño. Sobre materiales correspondientes a erupciones muy recientes e históricas el desarrollo es aún menor o no existe; en estos casos no se pueden considerar suelo o, en el mejor de los casos se trata de Entisoles.

Los andisoles de esta región Sur son suelos formados esencialmente sobre cenizas y escorias basálticas. Salvo aquellos situados en pequeñas vaguadas suelen tener perfiles poco profundos, aunque ya presentan un cierto desarrollo de horizontes: un horizonte A superficial enriquecido en materia orgánica cuyo porcentaje se mantiene aún elevado en el siguiente horizonte, Bw, que corresponde a la alteración de la ceniza o escoria. Aún teniendo edades similares la diferencia climática, según la vertiente, se va a reflejar en todas las propiedades de los suelos. En concreto, los andisoles situados en la vertiente Oeste (localizados fuera de la franja de estudio) tienen perfiles mucho menos diferenciados que los situados en la vertiente Este. Mientras que estos últimos tienen un claro desarrollo de los horizontes Bw, los situados al Oeste suelen presentar un horizonte BC que se limita a una alteración más o menos superficial de las escorias basálticas.

Si bien se acordó incorporar en la memoria un perfil representativo de cada tipo de suelo, teniendo en cuenta que los andisoles son los únicos suelos con un cierto desarrollo que existen en la región Sur de la isla, se han incluido cuatro. Los perfiles 1-4 son representativos de este orden de suelos, y se ha realizado una descripción morfológica y de sus características físico-químicas para un conocimiento más profundo de los mismos. No obstante, se han resumido las propiedades más características.

Respecto a la morfología el horizonte A, de color pardo oscuro/pardo amarillento oscuro en húmedo, suele tener una estructura granular fina o migajosa, un enraizamiento importante con raíces finas, textura limo-arenosa, friable, aspecto fluffly, reacción con NaF positiva si bien la rapidez e intensidad de la misma es variable, suelen ser frecuentes los elementos gruesos, fragmentos de escoria, así como contaminaciones con cenizas basálticas muy recientes.

Los horizontes Bw, de color pardo, pardo-amarillento, no tienen gran desarrollo de estructura que suele ser de tipo continua, muy abundantes elementos gruesos, alguna raíz, textura equilibrada de la fracción fina, y la reacción con NaF positiva suele ser más rápida que en el horizonte A.

Estos suelos son ricos en materia orgánica, incluso en el horizonte de alteración, saturados en bases, esencialmente calcio y magnesio, con poca fracción inferior a 2 μm , aunque bastante activa, dominancia de fracción arena, y muy baja capacidad de retención de agua. Son suelos no carbonatados con muy baja salinidad y sodicidad; sólo en algún núcleo muy cercano al mar la conductividad eléctrica del extracto de pasta saturada supera ligeramente los 2 dSm^{-1} . Cumplen los requisitos exigidos para definir las propiedades ándicas, en su versión de suelos jóvenes, incluso algunos con un elevado porcentaje de fracción arena que podría hacer pensar se trata de un Psamments (Arenosol). Estos requisitos son: retención de fosfato superior al 25%, más de un 30% de partículas de tamaño de diámetro entre 0.02 y 2.0 mm, más de 0.4 de $\text{AlO}+1/2\text{FeO}$ ($\text{o}=\text{ extracción con ácido-oxalato pH 3}$) y más de 30% de vidrio volcánico en la fracción anterior. En algún caso, en los horizontes de alteración, se supera el 2.0 % de aluminio extraído con ácido-oxalato, valor muy alto para suelos con tan poca alteración, circunstancia que refleja la actividad de su escasa fracción fina.

Su baja retención de agua a 1500 kPa y el régimen hídrico ústico hacen que sean considerados Ustivitrands. En la zona de estudio se han observado dos subordenes Lithic, en el caso de que la escoria se encuentre a menos de 50 cm de la superficie, y Typic cuando está a más profundidad. En el sistema FAO estos suelos corresponden a Andosoles vítricos.

8.1.3.1.2. Vertisoles

Los suelos pertenecientes a este orden aparecen sobre materiales antiguos, en consecuencia se localizan únicamente en la mitad Norte de la isla. Están situados

normalmente a cotas inferiores a 200/400 m dependiendo de la vertiente, circunstancia que explica que su representación no sea todo lo extensa que cabía esperar, debido a que en esos niveles altitudinales o bien hay importantes acantilados o la antropización es muy elevada.

No obstante en la franja de estudio se localizan estos suelos en algunos núcleos de las vertientes Norte y Este. En la zona de transición de las vertientes Oeste y Norte, con paso de un régimen climático más o menos árido (arídico) a otro más húmedo (ústico), que tiene lugar pasado Puntagorda, se encuentran igualmente bien representados. Entre esta zona y El Time se localizan algunos Vertisoles, a cotas más elevadas, pero fuera de la franja de estudio aunque muy cerca de la misma. Los más característicos y desarrollados se localizan en zonas más o menos llanas; con el aumento de la pendiente se reduce la presencia del horizonte Bss hasta el punto de observar en algunos perfiles sólo el horizonte superior grumoso. En estos casos los suelos no pueden considerarse Vertisoles y se incluyen en los Inceptisoles con características vérticas. Dada la irregularidad del terreno es frecuente encontrar una asociación de ambos.

Los Vertisoles son suelos formados sobre materiales basálticos, muy frecuentemente coluvios, con unas características muy bien definidas: horizonte superficial con grumos poliédricos muy firmes, Bss con estructura prismática, slickensides e importantes grietas de retracción en periodo seco, textura arcillosa, muy plástica, predominio de arcillas hinchables tipo montmorillonita, suelen presentar acumulaciones de carbonatos más o menos importantes en la vertiente Oeste (este tipo no entra en las cotas del estudio) y muy ligera o inexistente en la Este y Norte. El contenido en carbono orgánico es bajo, la reacción del suelo es básica, el complejo de cambio está saturado, la capacidad de cambio es elevada y, en aquellos vertisoles situados en la vertiente Oeste, hay horizontes donde el porcentaje de sodio intercambiable supera el 15 %. En general presentan un color grisáceo, sin embargo hay algunos núcleos, asociados a determinados materiales o en zona altitudinal límite con los Alfisoles, en que el color se torna rojizo.

Son suelos que por sus adversas propiedades físicas no tienen gran interés desde un punto de vista agrícola. Por ello es habitual que esas zonas sufran importantes modificaciones, ya sea mejorando la estructura y las condiciones de drenaje, o sometiéndolas a la práctica conocida como "Sorriba", que se explicará con detalle al comentar los Arents dentro de los Entisoles.

El gran grupo predominante es el Haplusterts (Perfil 5) si bien en algún núcleo del Noroeste pueden encontrarse Calcisterts (Perfil 6) que no están representados en el mapa al estar por encima del límite de la zona de estudio. El perfil 5 responde al subgrupo Chromic y el 6 al Sodic. En el sistema FAO serían Grumic Chromic Vertisol (Perfil 5) y Calcic Hyposodic Vertisols (Perfil 6).

8.1.3.1.3. Aridisoles

Los Aridisoles, al igual que los Vertisoles, se localizan en la zona antigua de la isla si bien en este caso sólo se encuentran en la vertiente Oeste, asociados a unas condiciones climáticas más secas, aproximadamente desde el barranco de Las Angustias hasta la costa de Puntagorda. No se localizan en el tramo inferior de la vertiente Oeste por la juventud de los materiales.

Se trata de suelos con un régimen de humedad arídico, un horizonte ócrico y un horizonte cálcico y/o petrocálcico. Entendiendo por horizonte cálcico aquel enriquecido en carbonato cálcico (15 % o más), con más de 15 cm de espesor y no endurecido; y por horizonte petrocálcico el enriquecido en carbonatos pero endurecido o cementado. Una de las versiones de este último se refiere a la presencia de laminas de carbonatos (> 1 cm) directamente sobre la roca.

Los perfiles 7 y 8 (Perfil 7 y Perfil 8) son representativos de esta tipología que corresponde a suelos bien estructurados, de textura arcillosa con predominio de arcillas montmorilloníticas y pequeñas cantidades de illita, reacción alcalina, poca materia orgánica y elevada saturación en bases. Bajos en salinidad, en algunos horizontes se puede superar el 15% de sodio intercambiable. Con frecuencia los horizontes superficiales están descarbonatados, y el carbonato en los restantes horizontes aparece bajo diferentes formas, difusa, pseudomicelios, nódulos, costra. La acusada pendiente en que se encuentran hace que el espesor del perfil varíe mucho de un punto a otro, en algún caso, dada la intensidad de la erosión, casi se limitan a la costra caliza. Los dos perfiles elegidos, situados muy próximos, reflejan esta situación; mientras que en el Perfil 7 se llega a 160 cm, en el Perfil 8 se supera ligeramente los 50 cm, y hay perfiles con espesores aún mucho menores.

Si bien es frecuente observar un horizonte petrocálcico de forma laminar sobre el material subyacente, la profundidad a que se encuentra varía de una zona a otra. En el caso de que su límite superior se encuentre a menos de 100 cm se trata de un Petrocalcids (Perfil 8) en

La Soil Taxonomy, en caso contrario se clasificaría como Haplocalcids (Perfil 7). Se ha optado en la cartografía por considerarlos como Petrocalcids, por ser el gran grupo más representativo. En cuanto a subgrupos están representados el Calcic, Lithic y Sodic. En el sistema FAO la equivalencia es con Calcisols, Endosodic en el caso del Perfil 7 y Leptic (Petrocalcic) en el Perfil 8.

8.1.3.1.4. Alfisoles

Los elevados acantilados de la vertiente Norte y Nordeste hacen que el límite superior de la franja de estudio se encuentre a cotas superiores a 300/400 metros, situación que da lugar a que aparezcan, sobre materiales antiguos, Alfisoles. Estos suelos se encuentran con frecuencia rejuvenecidos por Inceptisoles, circunstancia que nos ha llevado a definir la unidad formada por la superposición Inceptisol/Alfisol. No obstante, pueden observarse a este nivel sólo Inceptisoles o Alfisoles dependiendo de una serie de factores especialmente topográficos.

Los Alfisoles corresponde a suelos con horizonte argílico (acumulación de arcilla iluvial y grado de saturación en bases superior a 35 %), con una importante individualización de sesquióxidos de hierro que les confiere un color rojo muy intenso. La textura es arcillosa, la estructura poliédrica o prismática y, en ocasiones, se observa en la base del perfil síntomas de hidromorfía (revestimientos negros). Los constituyentes secundarios están formados por óxidos de hierro (hematites) y una mezcla de arcillas haloisíticas e ilíticas. Los pH oscilan alrededor de 7 y son suelos medianamente desaturados.

En el Perfil 9, tomado como representativo, el suelo antiguo formado por un potente horizonte argílico está rejuvenecido por un Inceptisol, que se comentará posteriormente.

El color rojo del horizonte argílico, con un brillo en húmedo de 3 y no más de una unidad superior en seco según el código Munsell, lleva a considerarlos como Rhodustalfs en la Soil Taxonomy, subgrupo Udic o Typic. En el sistema FAO corresponden a Rhodic Luvisols.

8.1.3.1.5. Inceptisoles

El concepto central de Inceptisol, como define la Soil Taxonomy, incluye suelos con horizonte cámbico y ócrico que pueden encontrarse bajo una gran variedad de regímenes de humedad, salvo el arídico. No obstante, pueden tener también otros horizontes de

diagnóstico. Como la propia taxonomía indica la definición de estos suelos es complicada al no haber un patrón tipo claro, y existir una gran variedad de posibilidades.

En la isla de La Palma, incluso en la estrecha franja de estudio, se refleja bien esta variabilidad pues se encuentran dos tipos diferentes de Inceptisoles, que se han definido como vérticos y dístricos. Los vérticos se localizan en la misma zona que los Vertisoles pero en pendientes más acusadas. En esas situaciones topográficas es frecuente que no llegue a formarse, o haya sido eliminado, el horizonte Bss característico de los Vertisoles, y que se mantenga un horizonte superficial con grumos poliédricos, grisáceo, firme en seco, y plástico en húmedo, saturado en bases, rico en arcillas montmorilloníticas que se agrieta durante el periodo seco pero donde no llegan a desarrollarse bien los slickensides, imprescindibles para definir un Vertisol. Las condiciones son, por tanto, de Vertisoles pero la topografía y/o la mayor juventud del material impide su desarrollo, de aquí que en algunos recintos se haya optado por la asociación de ambos suelos. Al igual que los Vertisoles los Inceptisoles vérticos se localizan en el Noroeste, Norte y Este. Se trata de Haplustepts que, al tener habitualmente un contacto lítico a menos de 50 cm de la superficie, se les incluye en el subgrupo Lithic, al que se añade el Vertic para resaltar las consideraciones anteriores y diferenciarlos de los otros Inceptisoles. El horizonte A del Perfil 5 representa las características de estos suelos.

Como ya se ha indicado, los altos acantilados de la vertiente Norte hacen que la franja en estudio llegue a cotas superiores a las de otras vertientes, y se encuentren Inceptisoles medianamente desaturados e, incluso, con algún carácter ándico. El rejuvenecimiento del Perfil 9(horizontes Ap y Bw) tiene las características de estos suelos, que difieren ampliamente de las observadas en los vérticos: color pardo o pardo rojizo, menor consistencia, grado de saturación en bases más bajo, y predominio de arcillas haloisíticas, entre otras. Al no tener carbonatos y ser el grado de saturación en bases inferior al 60 % entre 25 y 75 cm se han considerado Dystrustepts. En concreto el perfil estudiado está en el límite del subgrupo Andic. Estos suelos están, como se ha indicado anteriormente, asociados a los Alfisoles.

En el sistema FAO se trata de Cambisols, Vertic los primeros y Dystric los segundos.

8.1.3.1.6. Entisoles

Dentro de este orden de suelos se diferencian cuatro subórdenes: *Arents*, *Psamments*, *Fluvents* y *Orthents*.

Los *Arents* son suelos que han sido afectados profundamente por la actividad humana. En el caso concreto de la Isla de la Palma se refiere a suelos sometidos a la práctica conocida en Canarias como “Sorriba”. Esta práctica se desarrolla en las zonas costeras, entre el nivel del mar y 250/300 metros de altitud, con condiciones climáticas adecuadas y edafológicas impropias, ya sea porque no hay prácticamente suelo por la juventud del material, o porque el suelo tiene unas características inadecuadas para el cultivo, en concreto excesivo porcentaje de arcilla. Hay dos tipos de “sorriba”, aquellas que necesitan del transporte de suelos de otra zona, y las que utilizan los suelos propios si bien con modificaciones importantes.

La primera, obligada en zonas sin suelo y frecuente también en suelos arcillosos, consiste en transportar suelo de mejores características, habitualmente de la zona de medianía de la vertiente Norte, Inceptisoles y/o Alfisoles. Antes de distribuirlo por la parcela en cuestión y una vez creadas las terrazas, si fuera necesario por la pendiente, se allana el terreno, se instala un sistema de drenaje, normalmente una capa de material volcánico permeable, y se construyen los muros de contención. La profundidad de suelo varía, aunque suele oscilar entre 60 cm y 100 cm. Es frecuente observar que en un mismo núcleo de “sorribas”, incluso en una misma parcela, pueden haber colocado suelos de diferentes zonas y con características muy distintas. Dado el coste de la instalación es habitual que se proteja el cultivo con cortavientos, muros con permeabilidad adecuada, o se trate de invernaderos, y los suelos estén sometidos a riego. Antiguamente el riego era por inundación por lo que se construían canalizaciones internas, principales y secundarias, que se encuentran en la mayoría de las parcelas. La introducción de otro tipo de riego, fundamentalmente aspersion, ha hecho que estas canalizaciones coexistan con tuberías. Este tipo de *Arents* se utiliza casi exclusivamente para el cultivo de platanera.

El segundo sistema incluido en el suborden *Arents* corresponde a núcleos con suelo original muy arcilloso, normalmente vertisoles e inceptisoles vérticos, conocidos localmente como mazapé. En estos casos el suelo, antes de ser cultivado, es sometido a la siguiente operación: se desplaza, se coloca una capa más permeable como en el caso anterior, y de nuevo se instala el suelo, mezclándolo habitualmente con paja para mejorar la estructura.

En algunas ocasiones se añade una pequeña capa de suelo transportado. Si bien en este sistema se encuentran también plataneras es frecuente observar cultivos hortícolas.

El primer tipo de *Arents* es el único existente en la zona costera de la región Sur de la isla, dado la juventud de la misma, donde ocupa una superficie importante tanto en la vertiente Este como en la Oeste. Está igualmente presente en las vertientes Oeste y Este de la zona antigua, con suelos muy arcillosos, donde coexiste con *Arents* del segundo tipo, si bien el núcleo más representativo de este último se localiza en la costa Noreste. En la franja costera Norte prácticamente no existen *Arents*, debido a la altura de los acantilados que ocupan en gran medida las cotas de climatología más favorable.

Si bien las condiciones de humedad varían dependiendo del riego, se han definido dos grandes grupos en función de los regímenes hídricos de la zona. *Ustarents* para los situados en la orientación Este, y *Torriarents* para los ubicados al Oeste. En los dos casos se trata del subgrupo *Haplic*. En el sistema FAO son considerados *Anthrosoles*, si bien no se existe una unidad de nivel inferior clara al respecto podría aproximarse a *Terric* al tratarse de aportaciones externas.

Los *Psamments* corresponden a suelos muy poco desarrollados que teniendo menos de un 35 % de fragmentos de roca tienen una textura arenosa-franca o más gruesa. Se trata de *Torripsamments* y *Ustipsamments*. En la FAO son considerados *Arenosoles*. Se incluyen dentro de esta denominación algunas de las playas, si bien por sugerencia del representante del Ministerio de Medio Ambiente, en la reunión que se mantuvo en La Palma, no se ha entrado a estudiar estos recintos, por lo que de forma se ha denominado “playa” en la cartografía.

En el suborden *Fluvents* se incluyen suelos, situados en pendientes inferiores al 25 %, con más de un 35 % de fragmentos de roca, y formados sobre depósitos de sedimentos. En este caso se asocian a sedimentos de los barrancos, afectados regularmente por inundaciones y donde los aportes son continuos. La estratificación de los materiales es evidente en los perfiles, alternando capas con sedimentos de granulometría muy variada. Dentro de la franja de estudio los más característicos se sitúan en la desembocadura del barranco de Las Angustias. Se han definido, dependiendo de la orientación, *Ustifluvents* y *Torrifluvents*. En el sistema FAO corresponden a *Fluvisols*.

Los *Orthents* corresponden a suelos que no han tenido prácticamente desarrollo y en consecuencia son muy escasas las evidencias de horizontes genéticos. En la franja litoral de la Isla de la Palma dos son los motivos principales por los que no se ha producido alteración o ésta es muy escasa: la juventud de los materiales y lo abrupto de las pendientes que favorece los procesos erosivos. Los del primer tipo se localizan exclusivamente en la región Sur de la isla, mientras que los del segundo, asociados a materiales más antiguos, se sitúan predominantemente en la región Norte. Los más significativos de estos últimos se asocian a laderas de barrancos con pendientes superiores al 25 %, con una delgada capa de suelo, distribuida irregularmente, que sustenta una cierta vegetación, densa incluso, en algunas ocasiones en la vertiente Norte. Algunos acantilados internos responden también a esta consideración, a diferencia de los restantes que son considerados como “no suelos”, al igual que otras laderas de barranco donde la erosión ha sido, y es, tan intensa que no ha permitido la formación de suelo, circunstancia que se refleja en la casi inexistencia de vegetación. Igualmente se han incluido en este suborden algunos depósitos de ladera.

Dependiendo de la orientación en que se encuentren se han definido los grandes grupos *Torriorthents*, en la vertiente Oeste, y *Ustiorthents*, en la este y Norte, y se han diferenciado los suelos sobre material consolidado de los formados sobre cenizas. En los primeros, más frecuentes, el suborden predominante es el Lithic, al tener un contacto lítico a menos de 50 cm de la superficie. En el sistema FAO (FAO, 1998), ver Ref. [7], se consideran Lithic Leptosols.

Fotografías de diferentes Entisoles se incluyen en el Apéndice 1. Perfiles Representativos.

8.1.3.2. Unidades No Edáficas

Además de las unidades edáficas se han diferenciado, por la representación que tienen, las siguientes unidades cartográficas:

- Plataforma costera y pequeños acantilados: corresponde en gran medida a la unidad estratigráfica “plataforma costera”, definida en el apartado de geología, a la que se ha añadido algunos acantilados en los casos de difícil separación. En muchas zonas queda sólo la zona de contacto con el mar debido a la antropización. Corresponden a lavas de distintas erupciones.

- Acantilados y laderas muy escarpadas: se ha incluido en esta denominación la unidad estratigráfica “acantilados”, comentada también en el apartado de geología. Laderas muy escarpadas de barrancos cercanos, sin formación de suelo, han sido también incorporadas. Como la unidad anterior corresponden a materiales de distintos periodos.
- Playas: se incluyen playas de arena y de callados de tamaño muy variado (sedimentos holocénicos).
- Diferenciación en función de la edad de los materiales
 - Materiales de erupciones históricas: ocurridas en los últimos 500 años. Amplia información de las mismas se recoge en Hernández Pacheco y Vals, 1982 (Ver Ref. [8]). Se han diferenciado, en función del grado de consolidación de los materiales, dos unidades: Lavas de erupciones históricas y cenizas de erupciones históricas.
 - Materiales de erupciones prehistóricas: de mayor antigüedad que la colonización de la isla en 1492. Se han diferenciado, en función de la edad y grado de consolidación:
 - Lavas Pleistoceno reciente: edad superior a 20 ka
 - Lavas Holoceno antiguo: edad inferior a 20 ka
 - Cenizas Holoceno antiguo: edad inferior a 20 ka
 - Lavas Taburiente Inferior: Pleistoceno antiguo. Se localizan sólo en el barranco de Las Angustias.
- Sedimentos del Time: Unidad localizada como la anterior en la desembocadura del barranco de Las Angustias, y comentada en el apartado de geología.
- Tejido urbano: se incluyen núcleos urbanos e infraestructuras, aeropuerto, carreteras y pasarelas, salinas, canteras de extracción, y escombreras.

8.1.4. Consideraciones sobre las Clases Texturales

Para definir la clase textural de la capa superficial de los suelos de la franja costera se han seleccionado 121 recintos. En cada uno de los recintos se han tomado tres muestras (a, b, c) a las que se les ha realizado los siguientes análisis mediante la Metodología aprobada oficialmente,: pH en agua, conductividad eléctrica del extracto saturado, porcentaje de elementos gruesos y granulometría, obteniendo la textura a partir del triangulo textural. Los

resultados de cada una de las muestras se recogen en las tablas 20-31. En las fichas se refleja la situación, y características de la zona de ubicación del punto de muestreo “a” de cada recinto, al igual que en la cartografía de clases texturales, y se indican también las variaciones observadas en los otros dos, si las hubiera. En la cartografía se representa la textura promedio de los tres valores de cada recinto.

Al igual que se ha visto con las unidades edáficas hay una diferencia importante de clases texturales entre las dos regiones definidas en la isla: la Sur reciente y la Norte más antigua.

En la región Sur dominan las texturas gruesas franco-arenosa y arenosa-franca con límites muy cercanos entre ellas. Arenosas son las playas, depósitos de barranco y algunas cenizas muy recientes que han sido también muestreadas. Sólo se ha identificado un recinto con textura franca y otro franco limosa. Muy diferente es la situación en la región Norte donde el mayor grado de alteración de los suelos se pone de manifiesto por el amplio predominio de las texturas finas, arcillosa y franco arcillosa, estando representadas en mucha menor proporción las texturas arcillo limosa y franco arcillo limosa. Los escasos recintos de textura más gruesa, franco arenosa y franco areno arcillosa, están asociados a situaciones de depósitos de piedemonte y barranqueras, al igual que algunos de textura franca. Los dos únicos recintos de textura arenosa corresponden a los depósitos y fondo del barranco de Las Angustias.

Hay una gran variación respecto a los valores de pH en la franja costera, en términos generales son más altos en la región Sur de la isla, más joven, y en toda la vertiente Oeste afectada por unas condiciones climáticas más áridas. En la vertiente Norte, antigua y en general situados los recintos en cotas más altas, se encuentran los pH más bajos si bien no pasan de ser medianamente ácidos. En algún caso en esta vertiente Norte se observan también pH básicos asociados a materiales particulares. La zona antigua de la vertiente Este es, en lo relativo a la reacción del suelo, muy irregular, al estar estos muy antropizados y aparecen con cotas muy variadas.

En cuanto a la conductividad eléctrica se puede afirmar que la capa superficial de estos suelos no está salinizada, pues la conductividad eléctrica del extracto saturado es inferior a 4 dS m^{-1} , límite que habitualmente se utiliza para considerar este carácter. La juventud de los materiales y la naturaleza arenosa, en unos casos, y la climatología en otros lo justifican.

De las 360 muestras estudiadas sólo 12 superan los 4 dS m⁻¹, y corresponden a playas, zonas cercanas a ellas o a situaciones particulares de materiales u otros.

8.1.5. Apéndice 1. Perfiles Representativos

8.1.5.1. Perfil 1

Situación: Cruce carretera San José.

Clasificación: Typic Ustivitrands, Vitric Andosol.

Hor. A. (0-10 cm.). Color 10YR 3/4 (pardo amarillento oscuro) en húmedo y 10YR 3/3 (pardo) en seco; se seca rápidamente. Textura limo-arenosa. Estructura granular fina. Abundantes raíces de tamaño variable predominando las finas. Aspecto flufly. Abundante pedregosidad (40-80 %) de tamaño grava y piedra (fragmentos de escoria basáltica). Suelto. Reacción con NaF positiva y lenta. Límite con el horizonte inferior brusco y plano.

Hor. Bw (10-67 cm.).- Color 10YR 5/4 (pardo amarillento) en húmedo, no observando grandes diferencias al secarse. Textura areno-limosa. Sin estructura desarrollada. Algunas raíces finas. Aspecto flufly. Abundantes fragmentos de escoria (> 80 %) que aumentan a medida que se profundiza. Suelto. Reacción con NaF positiva y lenta, aunque más rápida que en el horizonte A. Límite gradual.

Hor. C.- Escorias basálticas.

8.1.5.2. Perfil 2

Situación: Llano delante de Montaña de La Gotera, Playa Martina, cerca de la extracción de áridos.

Clasificación: Lithic Ustivitrands, Vitric Andosol

Hor. A. (0-5 cm.).- Profundidad variable. Color: 10YR 3/4 (pardo amarillento oscuro) en húmedo. Textura franco-arenosa. Estructura granular fina. Abundantes raíces de tamaño variable, abundando las finas. Suelto. Reacción NaF positiva y muy lenta. Límite neto, plano.

Hor. Bw (5-40 cm.).- Color: 10YR 3/3 (pardo oscuro) fresco. Textura franco-arenosa. Estructura granular fina. Algunas raíces finas. Se observan escorias basálticas (< 40%), a

medida que se profundiza en el horizonte aumenta el contenido en escoria. Suelto. Reacción con NaF positiva lenta.

8.1.5.3. Perfil 3

Situación: Arenas Blancas, Faro de Salamera.

Clasificación: Ustivitrands, Vitric Andosol.

Hor. C1 (0-2/3 cm.).- Color 10 YR 2/2 (pardo muy oscuro) en húmedo; textura arenosa; estructura granular fina; muy abundantes raíces finas; no se observan elementos gruesos; reacción negativa con NaF; límite neto, plano.

Hor. C2 (2/3-70 cm.).- Color 10YR 4/3 (pardo-pardo oscuro) fresco; textura arenosa; estructura granular fina; abundante enraizamiento con raíces finas; no se observan elementos gruesos; reacción con NaF positiva y relativamente rápida.

8.1.5.4. Perfil 4

Situación: Bajada al Puertito.

Clasificación: Ustivitrands, Vitric Andosol.

Hor. C (0-30 cm.).- Color 10 YR 2/1 (negro) en húmedo y 10YR 3/2 (pardo grisáceo muy oscuro) en seco; textura arenosa; sin estructura; abundantes raíces finas y medias; reacción positiva con NaF, velocidad media e intensa; límite brusco.

Hor. 2Bw (30->70 cm.).- Color 10YR 4/3 (pardo-pardo oscuro) fresco; textura areno-limosa; sin estructura; suelto; frecuentes raíces; aspecto flufly; muy abundantes elementos gruesos (> 80 %); reacción con NaF positiva y muy ligera.

8.1.5.5. Perfil 5

Situación: Camino de Nogales, próximo a la “Ciudad Vieja” del Granel de Puntallana.

Clasificación: Chromic Haplusterts, Grumic Chromic Vertisol.

Hor. Ap (0-20 cm.).- Color 5 YR 3/3 (pardo rojizo oscuro) en seco; textura arcillosa; estructura granular gruesa-poliédrica fina y fuerte; adherente, muy plástico y duro;

frecuentes gravas redondeadas y angulares poco alteradas, y pocas piedras angulares no alteradas; no carbonatado; frecuentes raíces finas; agrietamientos en periodo seco; límite gradual.

Hor. Bw (20-60 cm.).- Color 5 YR 3/4 (pardo rojizo oscuro) en seco; algunos nódulos de hierro; textura arcillosa; estructura prismática; adherente, muy plástico y duro; frecuentes gravas redondeadas; algunas raíces; límite neto.

Hor. Bss (60-150 cm.).- Color 7,5 YR 4/2 (pardo grisáceo) en seco; textura arcillosa; algunos nódulos de hierro y manganeso; estructura prismática fuerte y gruesa; muy adherente, muy plástico y duro; slickensides muy desarrollados con grietas de 2 a 4 cm; pocas gravas y raíces; límite gradual al horizonte C a través de un horizonte BC de escoria muy alterada, carbonatada.

Hor. C.- Basalto.

8.1.5.6. Perfil 6

Situación: Carretera de La Punta, Tijarafe.

Clasificación: Sodic Calcicusterts, Calcic Hyposodic Vertisols.

Hor. Ak. (0-15 cm.).- Color 5 YR 3/4 (pardo rojizo oscuro) en fresco y 7,5 YR 4/2 (pardo-pardo oscuro) en seco, con algunos puntos blancos que corresponden a carbonatos; textura arcillosa; estructura grumosa-poliédrica; abundantes elementos gruesos (fragmentos de basalto); algunas raíces finas; límite brusco, plano.

Hor. Bk1 (15-60 cm.).- Color 7,5 YR 3/2 (pardo oscuro) en húmedo y 7,5 YR 5/2 (pardo) en seco, con abundantes manchas blancas de carbonato y algunos puntos negros; textura arcillosa; estructura poliédrica-prismática; abundantes elementos gruesos (fragmentos de basalto); en la zona no carbonatada se observan slickensides; límite neto, plano.

Hor. B_{k2} (60-100 cm.).- Color 5 YR 3/3 (pardo rojizo oscuro) en húmedo y 5YR 6/2 (gris rosáceo) en seco en la masa del suelo, la importante carbonatación da al horizonte una tonalidad general blanquecina; se observan algunos puntos negros; textura arcillosa; estructura de tipo poliédrica en las zonas menos carbonatadas y de aspecto continuo en los

núcleos con más carbonatos; slickensides en las zonas menos carbonatadas; límite neto, plano.

Hor. B_{k3} (100-120 cm.).-Color 5 YR 3/3 (pardo rojizo oscuro) en húmedo y 5 YR 4/3 (pardo rojizo) en seco en la masa del suelo; abundantes puntos negros; el grado de carbonatación es menor que en el horizonte anterior; textura arcillosa; abundantes slickensides.

Observaciones.- Suelo marcadamente arcilloso, con arcillas expansibles y un alto grado de carbonatación. Las características morfológicas responden a las de un vertisol carbonatado.

8.1.5.7. Perfil 7

Situación: Carretera de Puntagorda a la costa.

Clasificación: Sodic Haplocalcids, Endosodic Calcisols.

Hor. A₁₁ (0-7 cm.).- Color 10YR4/4 (pardo oscuro amarillento) en seco. Textura arcillosa. Estructura poco desarrollada de aspecto continuo. Abundantes elementos gruesos (fragmentos de basalto piroxénico). Abundantes raíces finas. Reacción negativa con HCl. Límite gradual, plano.

Hor. A₁₂ (7-24 cm.).- Color 10YR3/4 (pardo oscuro amarillento) en seco. Textura arcillosa. Estructura poliédrica. Abundantes elementos gruesos que corresponden a fragmentos de basalto ricos en piroxenos, algunos redondeados. Algunas raíces finas. Reacción negativa con HCl. Límite brusco, plano.

Hor. B_{w1} (24-52).- Color 5YR3/4 (pardo rojizo oscuro) en seco, con puntos negros de minerales que corresponden a piroxenos. Textura arcillosa. Estructura poliédrica. Abundantes elementos gruesos (fragmentos de basalto). Algunas raíces finas. Reacción negativa con HCl. Límite neto, plano.

Hor. B_{w2} (52-88).- Color 7,5YR4/4 (pardo oscuro) en seco, con algunos puntos negros de minerales. Textura equilibrada. Estructura poliédrica. Se observan fragmentos redondeados de basalto en cuyos bordes y fisuras hay carbonato. Reacción negativa con HCl en la masa del suelo. Algunas raíces finas. Límite brusco, plano.

Hor. B_{k1} (88-110).- Nivel carbonatado muy friable, observándose aún restos de suelo con características similares al horizonte anterior.

Hor. B_{k2} (110-123).- Nivel carbonatado con menor grado de carbonatación que el horizonte anterior; el carbonato aparece bajo forma de pseudomicelios.

Hor. K (123-125).- Lámina de carbonato (51% de CO₃Ca) con un cierto endurecimiento.

Hor. C (125-160).- Horizonte muy compactado con un menor grado de carbonatación que los niveles anteriores; probablemente corresponde a cenizas cementadas.

8.1.5.8. Perfil 8

Situación: Carretera de Puntagorda a la costa.

Clasificación: Calcic Petrocalcids, Leptic (Petrocalcic) Calcisols.

Hor. AB (0-28 cm.).- Color 5YR4/8 (rojo amarillento) en fresco y pardo en seco; sellado en superficie; textura arcillosa; poliédrica; Abundantes elementos gruesos (fragmentos de basalto piroxénico). Abundantes raíces finas. Reacción negativa con HCl. Límite brusco.

Hor. BC (28-41 cm.).- Corresponde a un conglomerado basáltico en fase de carbonatación; en algunas zonas está atravesado por láminas endurecidas de carbonato; fracturación en bolas; reacción positiva ligera con HCl; límite brusco.

Hor. C_{k1} (41-47).- Nivel carbonatado pulverulento; textura limosa, friable; sin estructura; reacción positiva muy intensa con HCl; límite brusco

Hor. C_{k2} (47-57).- Costra caliza. Basalto encostrado con láminas de carbonato de más de 1 cm de espesor; reacción muy intensa con HCl.

8.1.5.9. Perfil 9

Situación: Pista Gallegos-Las Mimbreras.

Clasificación: Rhodustalfs, Rhodic Luvisols.

Hor. Ap (0-32 cm.).- Color 7,5 YR 4-3/4 (pardo) en húmedo y 5 YR 3/4 (pardo rojizo oscuro) en seco; textura arcillosa; estructura grumosa; abundantes elementos gruesos de tamaño

medio (fragmentos de basalto); abundantes raíces finas y medias; elevada porosidad; se observan nidos de avispas; límite neto, plano.

Hor. Bw (32-65 cm.).- Color 7,5 YR 3/4 (pardo oscuro) en húmedo y 5 YR 4/4 (pardo rojizo) en seco; textura arcillosa; estructura poliédrica media; abundantes elementos gruesos (fragmentos de basalto); alguna raíz; elevada porosidad; se observan nidos de avispas; límite brusco, plano.

Hor. 2Bt (65-150 cm.).- Color 2,5 YR y 5 YR 3/6 (pardo rojizo oscuro) en húmedo y 5 YR 4/4 (pardo rojizo) en seco; textura arcillosa; estructura poliédrica bien desarrollada; muy abundantes cutanes de iluviación; límite plano

Hor. C > 150 cm.- Colada básaltica en avanzado grado de alteración.

8.2. Metodología

8.2.1. Trabajo de Campo. Toma y preparación de muestras

Se tomaron dos tipos de muestras de suelo:

- Capa arable (0-30 cm).
- En los perfiles se tomaron muestras de cada uno de los horizontes.

Las muestras para los análisis fueron secadas al aire y tamizadas por 2 mm, determinándose el porcentaje de elementos gruesos (fracción > 2mm), calculando el contenido de humedad con el fin de expresar los resultados sobre base seca (105°C).

pH (H₂O).- La lectura se realizó en suspensión con una relación suelo/solución 1:2.5 y 30 minutos de tiempo de equilibrio.

Materia orgánica.- Por oxidación con dicromato potásico (Walkley and Black, 1934), ver Ref [5], posteriormente modificado utilizando ferroína como indicador.

Carbonatos.- Se determinaron utilizando el calcímetro de Bernard en presencia de HCl 1:1

8.2.2. Trabajo de Laboratorio

8.2.2.1. Complejo de cambio: cationes cambiables y capacidad de Intercambio catiónico

8.2.2.1.1. En suelos carbonatados

El sodio y el potasio cambiables fueron extraídos con acetato amónico 1 N a pH=7

El calcio y el magnesio cambiables se extrajeron con acetato sódico 1 N a pH=8.2

La capacidad total de cambio se estimó según el método de Bower et al., 1952

8.2.2.1.2. En suelos no carbonatados

Todos los cationes cambiables fueron extraídos con acetato amónico 1 N a pH=7 y la capacidad de cambio con $\text{AcNH}_4\text{-KCl}$.

El sodio y el potasio se determinaron por fotometría de llama; y el calcio y el magnesio por espectrometría de absorción atómica (Perkin Elmer mod.3100), añadiendo 1000 ppm de lantano para evitar interferencias en las lecturas.

En las muestras en que la CEes (conductividad eléctrica en extracto saturado) fue superior a 2 dSm^{-1} se realizó la corrección de los cationes cambiables restándole los solubles.

8.2.2.1.3. Salinidad del suelo

La conductividad eléctrica se calculó en extracto de pasta saturada (U.S.Salinity Laboratory Staff, 1954), ver Ref. [4]. Las medidas se hicieron en un conductivímetro marca Radiometer mod. CDM210, expresándose en dS m^{-1} a 25°C . En los extractos con conductividad eléctrica superior a 2 dS m^{-1} se determinaron cationes y aniones solubles. Se determinó asimismo el pH en extracto saturado (pHes).

Como los cationes cambiables, el sodio y el potasio soluble se determinó por fotometría de llama, y el calcio y el magnesio por espectrometría de absorción atómica (Perkin Elmer mod.3100), añadiendo 1000 ppm de lantano para evitar interferencias en las lecturas.

Carbonatos y bicarbonatos se analizaron según el método SM-2320B (APHA-AWWA-WEF, 1992), ver Ref [1], utilizando un valorador automático marca Mettler, mod. DL25, con

electrodo combinado de pH (DM111), con HCl 0.05N. Los cloruros se determinaron por valoración automática.

8.2.2.2. Análisis granulométrico.- Dispersión con hexametáfosfato sódico, utilizando el método densimétrico de Boyoucos. La fracción arena se calculó por tamizado a 0.2 y 0.05 mm

En los perfiles con posibilidad de presentar propiedades ándicas se determinó:

Retención de agua. Se calcularon los valores de retención a diferentes presiones (33 kPa y 1500 kPa) sobre placas porosas por el método de Richards (mod. Soil Moisture Equipment Corporation).

Retención de fósforo, Alo, Feo y Sio (extraídos con ácido-oxalato pH=3) y Alp, Fep y Sip (extraídos con pirofosfato sódico) según el método de Blakemore et al., 1981, ver Ref [2].

8.2.3. Trabajo de Gabinete

En la elaboración de la cartografía de suelos y textura se ha utilizado la metodología clásica recogida en todas las normas.

Si bien la escala del estudio exigió fundamentalmente prospección de campo se ha utilizado como apoyo la fotointerpretación de fotografías aéreas en color, a escala 1:18.000 del vuelo de 1998, y las digitales a escala 1:5.000 del vuelo de 2003. Se diferenciaron las unidades edáficas utilizando el método de *Análisis de Elementos*.

Con el conjunto de datos obtenidos, tanto de los estudios de campo como de laboratorio, se han definido las unidades cartográficas de suelos, y posteriormente de textura. Los tipos de suelos han sido definidos mediante el sistema de clasificación Soil Taxonomy (Soil Survey Staff,1999), ver Ref. (10), diseñado para trabajos cartográficos a gran escala, y se ha señalado su equivalencia con la “Base de Referencia de Suelos del Mundo” (FAO, 1998), ver Ref. (7).

Por otro lado, la leyenda que acompaña a los mapas de suelos y textura consta de una lista organizada de unidades cartográficas debidamente codificadas; en la medida de lo posible se ha intentado definir unidades “simples” limitando al máximo las de carácter “compuesto”.

La información obtenida se ha almacenado en un Sistema de Información Geográfica utilizando el programa ArcView GIS 3.2^a para Windows y la extensión ArcView Spatial Analyst 2.0a para Windows. Se utilizó la cartografía topográfica digital a escala 1:5.000.

8.2.4. Clasificación empleada

Para clasificar los diferentes tipos de suelos, se ha empleado la máxima categoría, y el orden establecido para ellas en la Soil Taxonomy (Soil Survey Staff, 1999), ver Ref. (10), para la agrupación de los suelos. En cada caso se han establecido las comparaciones con el Sistema FAO (1998), Ref. (7). En la Tabla 19. - Principales equivalencias Soil Taxonomy-FAO se establecen las equivalencias entre ambos sistemas de clasificación.

PRINCIPALES EQUIVALENCIAS SOIL TAXONOMY-FAO	
SOIL TAXONOMY (1999),	FAO (1998),
Lithic Ustivitrands	Vitric Andosols
Typic Ustivitrands	Vitric Andosols
Chromic Haplusterts	Grumic Chromic Vertisols
Sodic Calciusterts	Calcic Hyposodic Vertisols
Sodic Haplocalcids	Endosodic Calcisols
Calcic/Lithic Petrocalcids	Leptic (Petrocalcids) Calcisols
Udic/Typic Rhodustalfs	Rhodic Luvisols
Vertic/Lithic Haplustepts	Vertic Cambisols
Andic Dystrustepts	Dystric Cambisols
Haplic Ustarents	Terric Anthrosols
Haplic Torriarents	Terric Anthrosols
Ustifluvents	Fluvisols
Torrifluvents	Fluvisols
Lithic Torriorthents	Lithic Leptosols
Lithic Ustorthents	Lithic Leptosols

Tabla 13.- Principales equivalencias Soil Taxonomy-FAO

8.2.5. Bibliografía

1. APHA-AWWA-WEF. 1992. Standard Methods for the examination of water and wastewater. 18th. Edition.
2. Blakemore L.C., Searle P.L. and Daly B.K. 1981. Soil Bureau Laboratory Methods. N.Z. Soil Bureau Scientific Report 10A. Department of Scientific and Industrial Research, New Zealand.
3. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. 1994. Métodos oficiales de Análisis. Tomo III. 662 p.
4. U.S.S.L. STAFF. 1954. In: Diagnosis and Improvement of saline and alkali soils, L.A. Richards (ed.), U.S. Dept. of Agric. Hand., vol. 60, U.S. Govt.Print.Office, Washington, DC, 172p.

5. Walkley, A. and Black, L.A. 1934. An examination of Degthareff method for determining soil organic matter and proposed modification of the chromic acid titration method. J. Soil Sci. 37: 29-38.

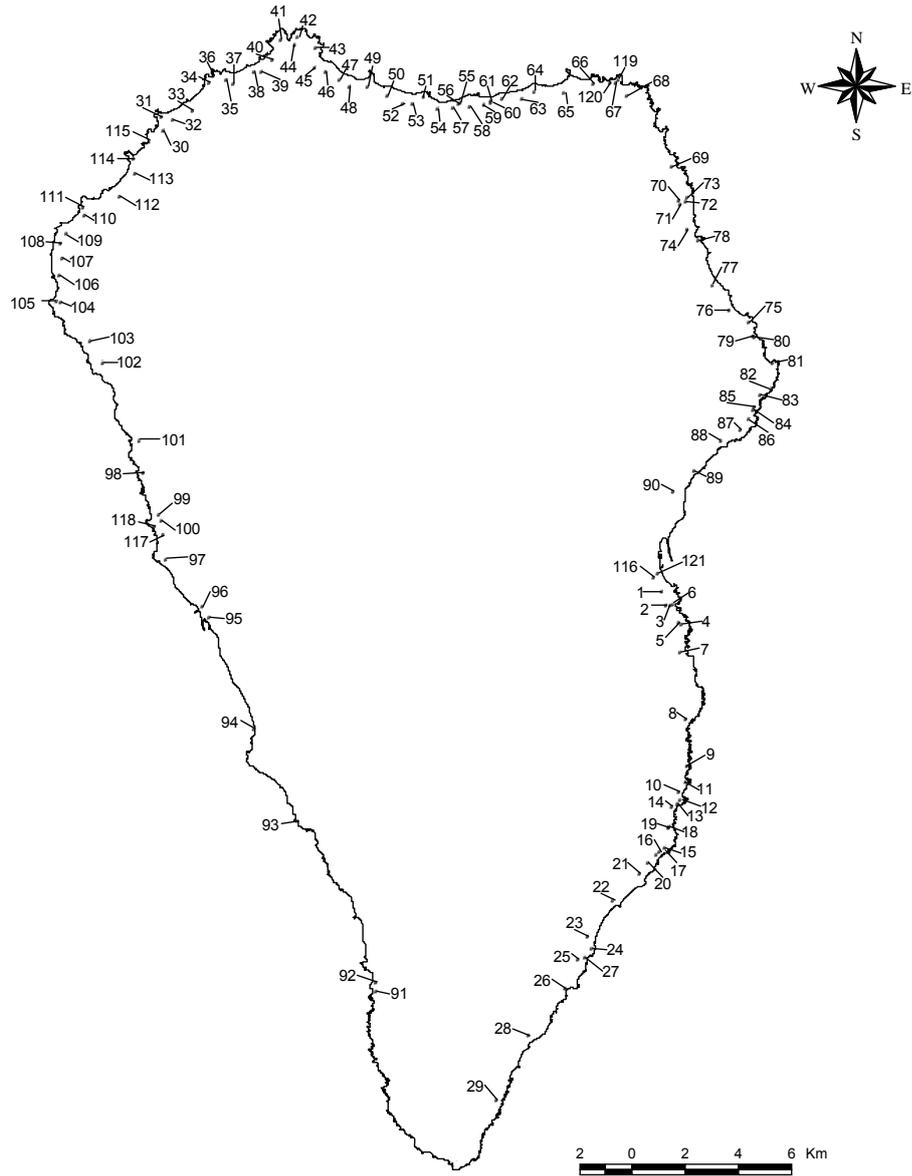
Referencias citadas en la Memoria:

6. Carracedo, J.C., E.R. Basiola, H. Guillou, J. de la Nuez and F.J. Pérez Torrado. 2001. Geology and volcanology of La Palma and El Hierro, Western Canaries. Estudios Geológicos, vol. 57 (5-6).
7. FAO. 1998. World Reference Base For Soil Resources. World Soil Resources Reports, 84.
8. Hernández Pacheco, A. and Vals, M.C. 1982. The historical eruptions of La Palma Island (Canarias). Arquipelago, Rev. Univ. Azores. Ser. C. Nat., 3: 83-94.
9. Marzol, M.V. y Villalba, E. 1980. Clima. In: Atlas Básico de Canarias, p. 30. Editorial Interinsular Canaria, S. A.
10. Soil Survey Staff. 1999. Soil Taxonomy: a basic system of soil classification for making and interpreting soil surveys, 2nd ed. USDA-SCS Agric. Handb., vol. 436. U.S. Govt. Print. Office, Washington, DC, 869 pp.

8.2.6. Fichas

8.2.6.1. Fichas descriptivas

Situación de los puntos de muestreo. Clases texturales.



Elaboración: Dpto. de Edafología y Geología. Universidad de La Laguna.

Figura 74 Situación de los Puntos de Muestreo

Se han realizado fichas descriptivas de los 121 puntos de muestreo, donde se contemplan las siguientes características:

- Situación
- Coordenadas
- Altitud
- Posición fisiográfica
- Edafoclima:
 - a) Régimen hídrico
 - b) Régimen térmico
- Material de origen:
 - a) Tipo petrográfico
 - b) Serie y/o edad
- Pendiente
- Vegetación
 - a) Tipo
 - b) % recubrimiento
 - c) Especies
- Pedregosidad superficial:
 - a) Naturaleza
 - b) % de recubrimiento
- Afloramientos rocosos:
 - a) Naturaleza
 - b) % de roca expuesta
- Evidencias de erosión:
 - a) Tipo
 - b) Grado
- Influencia antrópica
- Usos
- Observaciones generales

9. CARACTERIZACIÓN Y CARTOGRAFIADO DE LAS UNIDADES DE VEGETACIÓN

9.1. Introducción y Antecedentes

La vegetación de la isla de La Palma ha empezado a ser estudiada desde una manera más seria ya desde mediados del siglo XX con la publicación en 1951 del trabajo ya clásico de Ceballos y Ortuño “*Estudio sobre la vegetación y flora forestal de las Canarias Occidentales*”, ver Ref. [2]. Posteriormente otros autores comienzan a hacer aportaciones científicas culminando con la publicación en 1983 del trabajo de A. Santos “*Vegetación y Flora de La Palma*”, ver Ref. [9] y los trabajos posteriores a esta fecha están referidos al estudio de matorrales específicos, taxonomía de especies, efecto de herbívoros introducidos en la flora endémica y finalmente aportaciones mediante documentos internos y proyectos de investigación sobre genética, biodiversidad y planes de recuperación de hábitats, algunos de ellos no publicados.

Sobre la vegetación costera específicamente y con el nivel de detalle demandado en este proyecto no se han encontrado trabajos de investigación previos publicados. Tal carencia se suple en parte con la aportación de la cartografía de las comunidades vegetales (261 unidades), los inventarios de vegetación y las fichas de campo descriptivas de los factores bióticos y abióticos más destacables, que hace el trabajo que se presenta en este documento.

9.2. Metodología

La primera fase que afronta el equipo de trabajo es la recepción y sistematización de las fuentes documentales y cartográficas que proceden de distinto origen y condición. Las fotos verticales y oblicuas no restituídas fueron la base principal del reconocimiento previo en gabinete y junto con la cartografía digital (también de distinta procedencia) las herramientas que permitieron planificar las campañas de campo. Obviamente la información fotográfica y cartográfica necesitó de una sistematización, confección de mapas directores, análisis toponímico y caracterización de las redes viarias, pistas y carreteras usando en ocasiones otro tipo de fuentes de distribución y comercialización extendida. Concretamente se hace referencia a cartografía en papel del Instituto Geográfico Nacional a escala 1:25.000 y ortofotografías a escala 1:5.000 de la empresa Grafcan (Cartográficas Canarias S.A.). También se hizo un trabajo exhaustivo de actualización documental y recopilación, en algunos casos, de los catálogos sintaxonómicos de la vegetación canaria, así como los documentos recientes de la nomenclatura específica y biota de canarias. Libros “rojos” de

especies amenazadas o en peligro fueron analizados para extraer la información referente a la isla de La Palma y por supuesto toda la bibliografía referente a la vegetación de La Palma, publicada o incluso no publicada estuvieron sujetas a consultas periódicas. El resultado de esta primera fase de recopilación y la adaptación de los requerimientos del pliego de condiciones a la naturaleza específica del entorno geográfico sujeto a estudio, dio lugar al diseño y elaboración de fichas de campo y del primer trabajo cartográfico preliminar con el desarrollo de las variables y campos de las fichas; tablas y subtablas; formularios asociados y el análisis y conversión a formatos digitales compatibles y susceptibles de uso asequible en programas informáticos convencionales de los ficheros de la cartografía.

La siguiente fase consistió en la preparación logística de las campañas de campo y en la adecuación de los materiales necesarios para la optimización y fidelidad de los datos científicos esperados.

En primer lugar se hicieron las peticiones oficiales a nombre del proyecto de aulas de la naturaleza, centros de interpretación y casas forestales para el alojamiento del equipo de campo itinerante al cabildo insular de La Palma que prestó toda la ayuda necesaria en este sentido. Se reservaron también pensiones y casas en los lugares donde no se contaba con las infraestructuras cedidas por la corporación insular. Se preparó desde Gran Canaria los pasajes de barco y se revisó las condiciones del 4 x 4 tipo ranchera y se preparó la relación de material técnico necesario para el trabajo de campo en La Palma: ordenador portátil donde iba instalada la cartografía digital, las fichas de campo en blanco, inventarios tipo, etc.; grabadora de CD para hacer copias de seguridad semanales; cámara de fotos digital y accesorios para comunicarla con el ordenador; GPS Magellan 320; prismáticos, cartografía en papel a distintas escalas; fotos verticales plastificadas; tomos encuadernados con las fichas de campo e inventarios en blanco en número suficiente según las unidades de vegetación estimadas en el trabajo de gabinete.

El plan de trabajo de campo en la isla de La Palma se organizó de la siguiente manera: en primer lugar, una vez recopilada toda la información cartográfica, fotográfica y bibliográfica, se sistematizó y se extrajeron los aspectos básicos necesarios para llevar a cabo el trabajo de campo propiamente dicho. Por ejemplo, se diseñó un modelo de estadillo o de ficha de campo donde se incluían todas las variables susceptibles de recoger y analizar en el campo, se realizaron mapas directores y se establecieron previamente las rutas, siguiendo criterios de viabilidad y velocidad y en función de la disponibilidad de los alojamientos solicitados. Se

imprimieron los estadillos y los catálogos y se plastificaron las fotos y los mapas, con una propuesta inicial de unidades de vegetación y, finalmente, se recopiló el material de campo.

En La Palma se empezó a trabajar de manera sistemática, siguiendo con bastante aproximación el plan previsto, comenzándose el trabajo cartográfico propiamente dicho, los inventarios fitogeográficos, la confección de los estadillos y la realización del catálogo fotográfico. Al menos cada dos o tres días se establecía comunicación telefónica y electrónica con el equipo de la Universidad de Las Palmas de Gran Canaria, con el objeto de plantear dudas, estrategias y modificaciones del plan inicial y, sobre todo, la confirmación taxonómica de las especies presentes en los distintos inventarios que se estaban realizando.

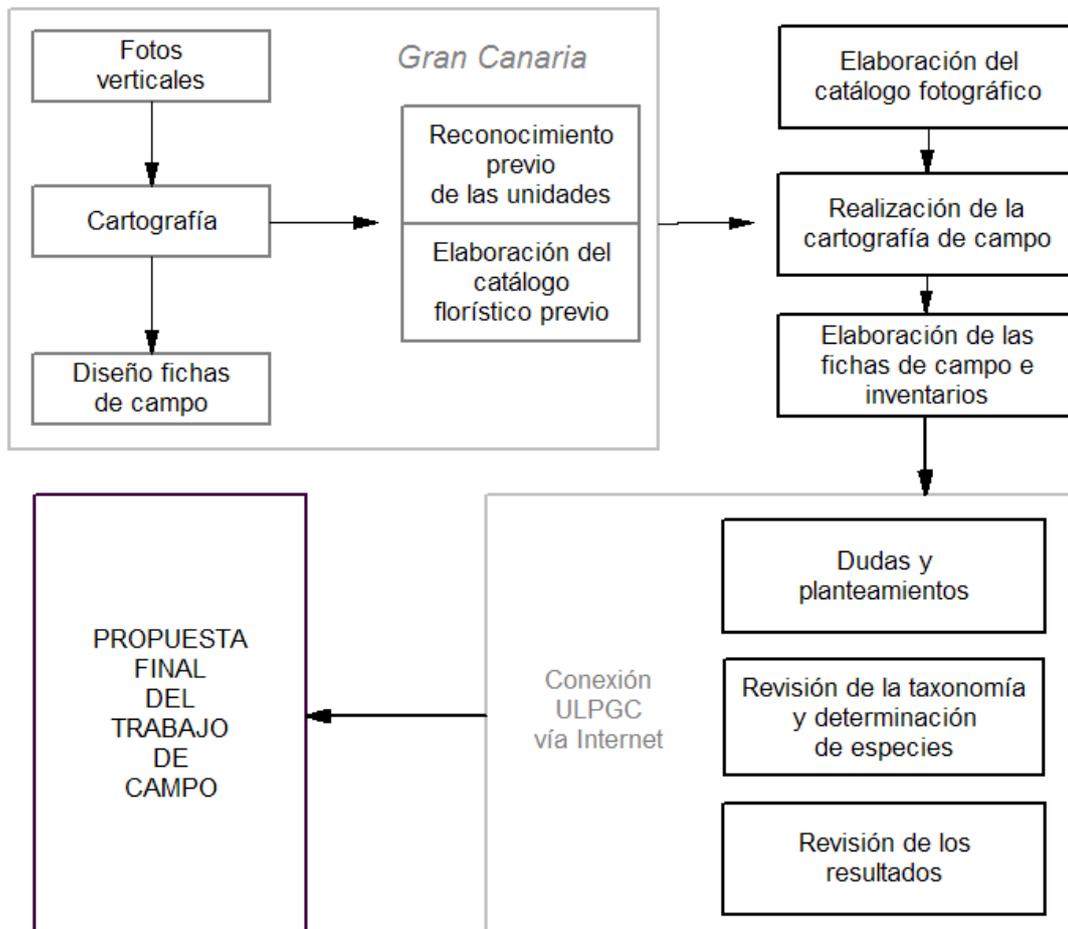


Figura 75 .- Esquema del trabajo de campo

Finalmente, después de casi un mes de trabajo en La Palma y ya en la sede del equipo de investigación en Gran Canaria se estableció la propuesta definitiva del trabajo de campo que, no obstante, requería de una completa revisión hasta establecer los resultados finales. Seguidamente se procedió a “digitalizar” esta información, junto con la desarrollada en el propio gabinete, en bases de datos, hojas de cálculo, etc. con diseños que permitieran un manejo asequible y transparente a cualquier tipo de usuario.

9.2.1. Las fichas de campo

Con el trabajo de campo se recopiló información de distinto tipo de cada una de las unidades que se establecieron y, una vez filtradas y contrastadas, se incorporaron a una base de datos asociada a los inventarios y a los mapas finales.

Unidad: 15
Número de mapa: 5
FECHA: 07/01/2004

Topónimo: Lomo Gordo
Municipio: Fuencaliente de La Palma
Descripción: Escarpe con matorral halofilo disperso
Asociación: Frankenio ericifoliae-Astydamietum latifoliae con Schizogyne sericea
Observaciones: Parque Natural de Cumbre Vieja

Altitud media (mts.): 50
Orientación: SE
Estrato dominante: Herbáceo
Estructura horizontal: Dispersa
Litología: Lavas basálticas
Tipo de suelo: Rocoso-Arenoso

Calidad natural: Media
Grado de amenaza: Poco conocida

Datos localizadores de las fuentes documentales:

SUR	Zona
F	Letra
6992	Foto aérea
14	Pasada
5-6	Foto oblicua (general)
20-23	Foto oblicua (detalle)
22D-23C	Cartografía 1:5.000
22D2-23C1	Ortofoto 1:5.000
15	Nº de la foto de campo

Factor de amenaza:

- Agricultura
- Ganadería
- Urbanización
- Carreteras
- Desprendimientos
- Otros

Geofomas y procesos erosivos:

Ladera: Muy acentuada
Interfluvio:
Sector de barranco:
Escarpe:
Terraza marina:
Colada de lava:
Cono volcánico:
Coluvión:
Desprendimientos:
Deslizamientos:
Taffoni:
Colapso lateral:

Figura 76 .- Ficha de campo

Se recoge en ellas datos elementales como el número de unidad, que corresponde como se ha indicado anteriormente, con el número de inventario y lógicamente con la unidad representada en el mapa. Asimismo, como la cartografía se ha presentado en un formato DIN A-3 con una numeración propia, se indica el número de mapa al que acudir en caso de revisar los datos originales antes de su digitalización. También la fecha de la realización del trabajo de campo por si se quiere revisar el catálogo fotográfico elaborado al efecto.

Aparecen también un grupo de datos estrictamente localizadores de las fuentes documentales de todo tipo que permitirá acceder a la información cartográfica y fotográfica de distintas procedencias y escalas y resoluciones. Entre los atributos temáticos propiamente dichos se empieza por una descripción general de la zona a la que corresponde cada unidad como el topónimo exacto y el municipio donde está enclavada. Una descripción del tipo de comunidad vegetal y la asociación que la describe y unas observaciones en las que se incluye preferentemente si se encuentra dentro de un espacio natural protegido de la red canaria. Otros datos topográficos como la altitud media y la orientación así como la estructura vertical y horizontal de la formación vegetal y las características del sustrato donde se desarrolla. Se incorporan datos sobre la calidad natural de la unidad, el grado y el factor de amenaza en el caso de que lo hubiera o fuera conocido. Finalmente un apartado de las geoformas y procesos dinámicos observados en las distintas unidades son recogidos usando nomenclatura geomorfológica convencional.

9.2.2. Inventarios de Vegetación

Se llevaron a cabo inventarios fitogeográficos de cada unidad cartografiada en los que se identificaron las distintas especies vegetales presentes en cada unidad y su grado de cobertura o abundancia/dominancia usando índices del 1 al 5 (incluyendo especies representadas puntualmente con un +) que indican porcentaje de recubrimiento en cada uno de los estratos verticales estándares empleados en el análisis de la vegetación (arbóreo, arborescente, arbustivo, subarbustivo y herbáceo).

Asimismo se incluyeron datos de la forma de agrupamiento de dicha especie (la sociabilidad) que indicaría el comportamiento en el seno de la comunidad agrupándose en rodales puros y compactos o bien como especies aisladas en el otro extremo, así como la corología o distribución en el archipiélago de dicha especie (endemismo palmero, canario, si es autóctono aunque no sea endémico, introducido, etc.) y por último si se trata de una especie con algún grado de amenaza y siguiendo los criterios de la UICN referidos para España en la lista roja de la flora vascular española, contabilizándose 13 especies distintas con algún grado de amenaza, estando 3 en peligro y 9 vulnerables por uno u otro motivo.

Se incluye también el número de especies distintas del inventario reflejando la riqueza específica del área inventariada así como el porcentaje de endemismos palmeros y canarios para valorar el interés natural de la comunidad vegetal inventariada.

Con todo ello se elaboró una tabla resumen con todas las especies presentes en el litoral de la isla de La Palma, la corología el grado y el motivo de amenaza, que se presenta como anexo en esta memoria.

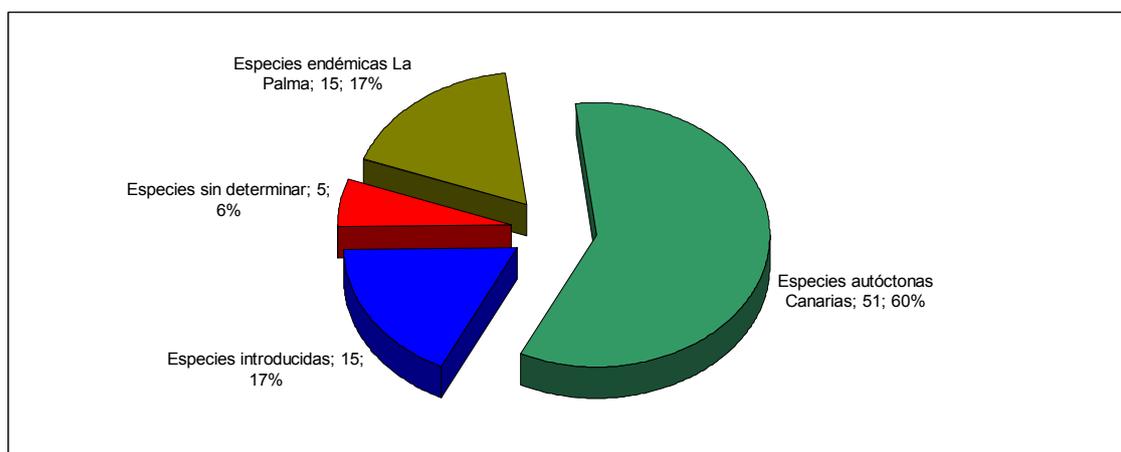


Figura 77 Corología de las especies vegetales del litoral de La Palma

9.2.3. Caracterización de la Cartografía

El trabajo previo de gabinete con fotografías verticales y oblicuas y con ortofotos y con cartografía analógica a distintas escalas y los catálogos sintaxonómicos, conformó unos mapas provisionales que luego fueron validados o rectificados en el campo. El resultado final representa un total de 261 unidades cartografiadas en papel a escala 1:5.000 establecidos con criterios fitosociológicos y geomorfodinámicos equivalentes a las mismas fichas de campo e inventarios. Ha habido, teniendo en cuenta su posterior conversión a formato digital, una preocupación por respetar las reglas topológicas básicas que permitan, juntos con las bases de datos de este apartado del proyecto general (los mencionados inventarios y fichas de campo) llevar a cabo la implementación de un SIG (Sistema de Información Geográfica) y su posterior explotación a distintos niveles. El resultado esperado deberá ser algo similar a lo mostrado en la siguiente ilustración.

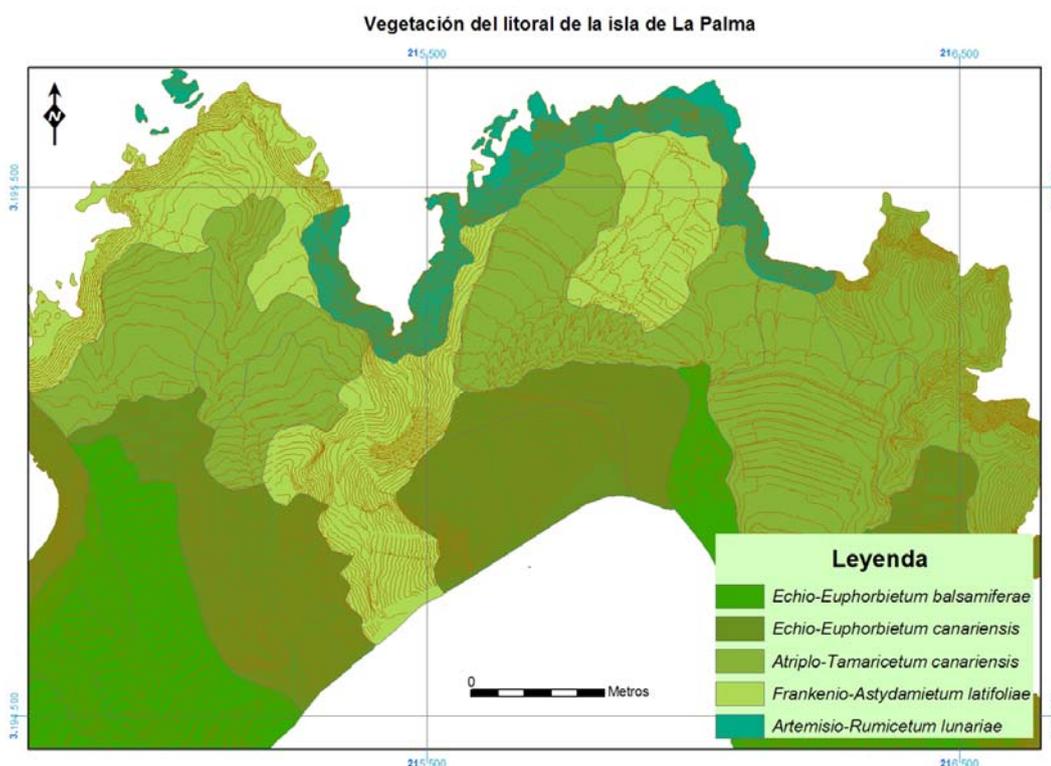


Figura 78 Modelo de cartografía esperada una vez se implemente el SIG

9.3. Memoria

9.3.1. Introducción

Las características geomorfológicas de la costa palmera, así como sus condiciones climáticas, son los principales factores que condicionan la vegetación de la franja costera de la isla de La Palma. La climatología palmera, más abundante en precipitaciones que en la mayoría de las otras islas Canarias, hace que aparezcan próximas a la costa, formaciones vegetales que en otras Islas quedan relegadas al interior, además, las comunidades vegetales de los pisos inferiores desaparecen o se superponen unas a otras, complicando el análisis de esta vegetación. Por estas condiciones climáticas, así como por aspectos geomorfológicos, están ausentes de La Palma ciertas comunidades típicas de las zonas costeras presentes e incluso abundantes, en otras Islas del Archipiélago. La vegetación psamófila, de zonas encharcadas por el agua salobre, los juncales costeros, etc., no existen o están reducidas a la presencia de ciertas especies aisladas, sin llegar a formar comunidades específicas.

La fuerte alteración de gran parte de la costa, así como la ocupación de esta franja costera por parte de los cultivos plataneros, son dos aspectos que condicionan también en gran manera la vegetación costera de esta Isla. Aún así es posible distinguir un buen grupo de comunidades vegetales, muchas de ellas comunes a otras Islas pero con singularidades apreciables que le hacen ser, en su mayoría, comunidades endémicas de La Palma.

Entre la vegetación de esta franja costera se puede distinguir aquella de origen antrópico, formada en su mayoría por matorrales seriales, nitrófilos o no, y las comunidades potenciales, que, aunque en ocasiones muestren un aspecto degradado, son perfectamente reconocibles en la mayor parte de esta franja costera. La vegetación potencial puede a su vez separarse entre aquella vegetación ligada a aspectos puramente climáticos, denominada climatófila, y la vegetación potencial ligada a determinado tipo de sustrato o edafófila, y cuya presencia depende de la existencia de este tipo de suelo. En ocasiones estas comunidades se solapan, siendo muy difícil separar en un mapa estas situaciones, por lo que se establecen comunidades mixtas entre los principales elementos vegetales del territorio.

9.3.2. Comunidades Vegetales

9.3.2.1. Vegetación Potencial

9.3.2.1.1. Vegetación climatófila

9.3.2.1.1.1. Tabaibal dulce: *Echio-Euphorbiatum balsamiferae*

Tabaibal dulce típico: *Echio-Euphorbiatum balsamiferae*

El matorral dominado por la tabaiba dulce (*Euphorbia balsamifera*) ocupa las cotas inferiores de la costa de todas las Islas Canarias. Se trata de una formación abierta, aunque en ocasiones llega a ser intrincada, dominada por caméfitos suculentos de hojas marcescentes en verano, sobre todo la ya mencionada tabaiba dulce, el verode (*Kleinia neriifolia*) y la tabaiba amarga (*Euphorbia obtusifolia*). En La Palma estos matorrales están caracterizados por el endemismo insular *Echium breviflorum*, denominado popularmente arrebol.

Tabaibal dulce con *Schizogyne sericea*

Singular importancia adquiere en La Palma, la participación dentro de los tabaibales dulces, del salado, *Schizogyne sericea*. Este matorral, muy presente en el Sureste (Montaña del

Azufre) y en la costa del Oeste (Tijarafe, Tazacorte, Las Inidas), de aspecto blanquecino indica cierta nitrificación en el sustrato, así como cierta termicidad. El salado representa en las islas más occidentales del Archipiélago el elemento más significativo del matorral nitrófilo de la zona baja, y en ocasiones el único representante del mismo (*Launaeo-Schizogynion*), por lo que es representativo de cierto grado de alteración del tabaibal dulce.

Tabaibal dulce con Retama rhodorhizoides

En las zonas de sustrato móvil, ya sea coluviones de pie de riscos, o conos y laderas de piroclastos, la retama blanca Retama rhodorhizoides da lugar a comunidades edafófilas muy características. A la retama blanca le acompaña generalmente la tabaiba amarga, *Euphorbia obtusifolia*, dando lugar a una asociación bien definida, *Euphorbio-Retametum rhodorhizoides*, de la que ya se hablará más adelante. Esta comunidad ocupa tanto la zona potencial del tabaibal dulce, del cardonal o del bosque termófilo.

9.3.2.1.1.2. Cardonal: *Echio-Euphorbietum canariensis*

Cardonal típico: Echio-Euphorbietum canariensis

Los matorrales dominados por el cardón, *Euphorbia canariensis*, son comunidades de mayor diversidad y biomasa que los tabaibales dulces, anteriormente comentados y que en La Palma aparecen en muchas unidades de la costa Norte, desde los municipio de S/C de La Palma hasta Puntagorda. El cardonal representa la cabeza de la serie inframediterránea árida y semiárida inferior, y en La palma forma una banda continua, más o menos estrecha, que rodea toda la Isla.

Cardonales con Euphorbia balsamifera

Se incluyen en esta categoría tanto las situaciones ecotónicas entre los cardonales y los tabaibales dulces como las formaciones seriales dominadas por la tabaiba dulce pero que representan una etapa degradativa del cardonal típico.

Cardonal en dominio del sabinar

En los escarpes soleados de la parte alta de la franja costera estudiada, los cardones crecen en zonas donde la climatología permitiría la existencia de un bosque termófilo (*Rhamno-*

Juniperetum), denominado aquí genéricamente sabinar, aunque fisionómicamente debió ser un bosque más heterogéneo, dominado por sabinas (*Juniperus turbinata ssp. canariensis*), acebuches (*Olea europaea ssp. cerasiformis*), granadillos (*Hypericum canariense*), etc. En estos enclaves soleados con muy poco suelo el cardonal adquiere una gran importancia, siendo la cabeza de la serie edafófila inframediterránea semiárida superior.

Cardonales con elementos ecológicamente singulares

La presencia de algunos elementos florísticos importantes, sobre todo arbóreos, que dan personalidad al paisaje, hace que, al menos fisionómicamente, aparezcan formaciones relacionadas con el cardonal, pero con especies singulares como el brezo, el pino canario o el drago.

Cardonal con brezos (*Erica arborea*)

En los escarpes húmedos orientados al Norte o Noreste, entre los municipios de Barlovento y Garafía (especialmente en Guelguén y El Palmar), es posible, e incluso localmente frecuente, la presencia de brezos (*Erica arborea*) y fayas (*Myrica faya*) acompañando al cardonal. No se trata de un ecotono entre el cardonal típico y el fayal-breza (*Myrico-Ericetum arboreae*), sino de enclaves aerohigrófilos en el seno del cardonal más húmedo, en ambientes de sabinar o en el límite superior del propio cardonal.

Cardonal con pinos (*Pinus canariensis*)

Como el brezo, el pino canario es un elemento del piso superior que puede aparecer esporádicamente en el cardonal. Se encuentra participando de las unidades del Oeste, entre los municipios de Puntagorda y Tijarafe. Su existencia indica un grado mayor de humedad en el ambiente, y la resistencia de pino a crecer en ambientes con poco suelo y a ser un primocolonizador reconocido, le hace aparecer en lugares que no le serían propios.

Cardonal con dragos (*Dracaena draco*)

Sobre el drago (*Dracaena draco*) existe en la actualidad una discusión sobre si se trata de un elemento autóctono o introducido en la isla. Ecológicamente el drago es un elemento singular del bosque termófilo (*Oleo-Rhamnetalia*), normalmente situado en el ecotono entre este bosque y el cardonal aquí estudiado. Como dato que puede apoyar a la teoría de que el

drago es autóctono en La Palma, se puede indicar que, es en estas situaciones en las que también se presenta en esta Isla.

9.3.2.1.1.3. Sabinar: *Rhamno-Juniperetum canariensis*

Sabinar típico: *Rhamno-Juniperetum canariensis*

En La Palma estas formaciones, que se encuentran al Norte y Noroeste en La Fajana y en Nogales, se caracterizan por la presencia de elementos endémicos como *Sonchus palmensis*, *Pericallis papyraceus* o, menos abundante, *Sideritis bolleana*.

Esta asociación se considera la cabeza de la serie infra-termomediterránea semiárido superior, y, al igual que el cardonal, forma una banda continua al rededor de la Isla, interponiéndose entre el cardonal y el monte verde, en la costa norte y noreste, y entre el cardonal y el pinar en el oeste y sur de la Isla. En la franja estudiada esta comunidad alcanza sólo los lugares más húmedos del sector.

Sabinar con dragos

La presencia del drago (*Dracaena draco*) en la comunidad proporciona al paisaje vegetal cierta singularidad. Su situación espacial se relaciona con la banda inferior del termófilo, en contacto con el cardonal.

Sabinar con monte verde

Al igual que ocurre con el cardonal con brezos, en el sabinar es posible distinguir ciertas localizaciones aerohigrófilas, muy sometidas al influjo del alisio, donde el brezo y la faya comparten protagonismo con los elementos típicos del sabinar. Tampoco es posible en estos casos hablar de un ecotono entre sabinar y fayal-brezal.

9.3.2.1.1.4. Monte verde: *Pruno-Lauretea novocanariensis*

La singular climatología y orografía de la isla de La Palma hace que sea posible hablar de monte verde en estas situaciones próximas a la costa. Esto permite el asentamiento de los elementos más resistentes de la laurisilva dando lugar a enclaves que pueden denominarse como de laurisilva o fayal-brezal.

Fayal-brezal: Myrico-Ericetum arboreae

Es posible encontrar esta comunidad en las laderas que caen al mar en grandes acantilados (Barranco Facundo, Barranco Valle Rey, etc.), que en ocasiones alcanzan más de 300 m s.n.m., de ahí que, aunque se sitúen próximos al mar, las diferencias altitudinales son muy importantes, por lo que su presencia en este trabajo puede definirse como “engañosa”. Aún así se trata de un brezal de sustitución, rico en granadillos, por lo que podría identificarse como una etapa serial de la *laurisilva xérica*, *Visneo-Arbutetum canariensis*, y no como un brezal potencial.

Monte verde xérico: Visneo-Arbutetum canariensis

Se han incluido aquí los bosques de la laurisilva más adaptados a la sequedad, dominados por especies como el madroño canario (*Arbutus canariensis*), el mocán (*Visnea mocanera*), el barbusano (*Apollonias barbujana*), el palo blanco (*Picconia excelsa*), etc. Estas formaciones incluidas en la asociación *Visneo-Arbutetum* son la cabeza de la serie infra-termomediterránea seca, siempre bajo el influjo del mar de nubes.

9.3.2.1.1.5. Pinar: Loto-Pinetum canariensis

Pinar típico: Loto-Pinetum canariensis

El pinar canario es una formación de bosque abierto y oligoespecífico, que en ocasiones y en condiciones de alta pluviometría o en zonas de ecotono se enriquece tanto en densidad como en biodiversidad.

9.3.2.1.2. Vegetación edafófila

9.3.2.1.2.1. Retamar: Euphorbio-Retametum rhodorhizoidis

Se desarrolla en las laderas de picón, terrenos de malpaíses y suelos coluviales antiguos. Sus especies acompañantes más frecuentes son: la tabaiba amarga, el tasaigo, el arrebol e incluso el cornical, todas ellas representantes del cardonal-tabaibal, además de la vinagrera (*Rumex lunaria*), el matorisco (*Lavandula canariensis*) e incluso en las zonas más bajas, el salado *Schizogyne sericea*. El carácter nitrófilo del territorio es natural y no antrópico, ya que los sustratos sobre los que se asientan son ricos en este tipo de sales.

Euphorbio-Retametum en tabaibal dulce

Son los retamares situados en el dominio potencial del tabaibal dulce. Se caracterizan por la presencia de este caméfito, *Euphorbia balsamifera*, además de por otras especies, como *Ceropegia dichotoma ssp. dichotoma*. Pero sobre todo se caracteriza por la ausencia de cardones y del matorral asociado al cardonal, siendo conscientes de la dificultad que presenta el utilizar ausencias de determinadas especies como elementos caracterizadores de la vegetación. Aparecen al Sureste en la Montaña del Azufre y en Arenas Blancas.

Euphorbio-Retametum en cardonal

Es el retamar más típico y extenso. Acompañan a la retama y a las especies más fieles de la comunidad (tabaiba amarga, verodes, arrebol, vinagrera, etc.) el cardón (*Euphorbia canariensis*), el cornical y el tasaigo y son típicos, aunque no exclusivos, de la franja Este de la Isla (El Porís, Los Cascajos, Tenagua, etc.).

Euphorbio-Retametum en sabinar

El matorral se enriquece con las especies propias del bosque termófilo, sobre todo *Globularia salicina*, *Rhamnus crenulata* y *Jasminum odoratissimum*. Como ya se indicó, este es el considerado por los últimos trabajos como el retamar que debe considerarse como típico.

Euphorbio-Retametum con Schizogyne sericea

En los coluvios y malpaises situados en zonas cálidas y próximas al cinturón halófilo costero el salado, *Schizogyne sericea*, es la especie de *Pegano-Salsoletea* que más frecuentemente acompaña a la retama en esta comunidad, dando carácter al paisaje.

9.3.2.1.2.2. Cinturón halófilo-costero: *Frankenio-Astydamietum latifoliae*

En los acantilados y zonas costeras con influencia de la maresía se producen unas características ecológicas singulares como son la alta salinidad del suelo, la elevada humedad ambiental, la movilidad del sustrato y la escasez de suelo. Estos parámetros ecológicos fuerzan la existencia de una vegetación singular fuertemente adaptada a estas circunstancias. Su singularidad hace que se considere una vegetación particular, distinta a

todos los demás tipos de vegetación, por muy similar en todos los lugares donde se producen estas condiciones ecológicas. Para esta vegetación se definió la asociación *Frankenio-Astydamietum latifoliae*, presente en todas las islas centrales y occidentales (Gran Canaria, Tenerife, El Hierro, La Gomera y La Palma).

Para La Palma se han considerado hasta ahora dos subasociaciones: *typicum*, común a todas las Islas donde está presente la asociación, y *limonietosum imbricati*, caracterizada por la presencia de *Limonium imbricatum*, endemismo de La Palma y Tenerife.

Frankenio ericifoliae-Astydamietum latifoliae típica

Aparece formando un cinturón casi continuo a lo largo de toda la costa. En ocasiones la franja llega a ser tan delgada, dada la presencia del cardonal-tabaibal casi hasta el borde litoral, que casi sólo es posible intuir la presencia de esta formación en el borde mismo de la costa. Las especies más significativas son *Frankenia ericifolia*, *Astydamia latifolia*, *Limonium pectinatum*, y el endemismo ya referido *Limonium imbricatum*.

Frankenio ericifoliae-Astydamietum latifoliae con Tarajal

En algunas ocasiones, el tarajal, *Tamarix canariensis*, aparece esporádicamente a lo largo de la franja costera ocupada por esta formación. Esta presencia está condicionada por el grado de humedad edáfica, que, al elevarse, permite la aparición de estos tarajales en el cinturón halófilo costero.

Frankenio ericifoliae-Astydamietum latifoliae con Schizogyne sericea

En los acantilados y zonas costeras más nitrófila, ya sea por cuestiones humanas (pastoreo) o naturales (suelos jóvenes, acumulación de excrementos de aves marinas), aparece frecuentemente *Schizogyne sericea*, llegando a ser dominante en ocasiones, sin dejar de integrarse en este cinturón halófilo, cuyas especies no llegan a desaparecer.

9.3.2.1.2.3. Palmeral: *Periploco-Phoenicetum canariensis*

Periploco-Phoenicetum canariensis

El palmeral no es muy frecuente en las zonas costeras, pero aún así es posible encontrar algunas zonas donde la acumulación de sedimentos coluviales, con la presencia de agua

dulce a escasa profundidad, permiten el asentamiento de palmeras, *Phoenix canariensis*, e incluso el desarrollo de palmerales de cierta envergadura. A la palmera canaria le acompañan comúnmente en estas situaciones el cornical (*Periploca laevigata*), algunos juncos (*Juncus acutus*, *Scirpus holoschoenus*), el tarajal (*Tamarix canariensis*), además de cualquier especie propia del territorio potencial del lugar donde crezca. Son comunes en esta franja de La Palma las palmeras con acebuches (*Olea europaea ssp. cerasiformis*), con cardones, tabaibas, hediondos (*Bosea yervamora*), etc.

9.3.2.1.2.4. Tarajalera: *Atriplo-Tamaricetum canariensis*

Los bosquetes de tarajales (*Tamarix canariensis*) son frecuentes en las desembocaduras de los barrancos de las Islas, y en estas situaciones se definió la asociación *Atriplo-Tamaricetum canariensis*, que los integra.

Tarajalera de acantilado rezumantes

En gran parte de la costa palmera los cultivos de plataneras llegan hasta la costa, dejando entre el cultivo y el océano un acantilado más o menos alto por el que rezuma el agua sobrante del riego de los cultivos.

9.3.2.1.2.5. Comunidades rupícolas

Aeonietum palmense

La altura e inclinación de muchos enclaves costeros hace que la única vegetación que pueda asentarse sobre estos acantilados sea la vegetación perfectamente adaptada a estas condiciones de falta de suelo y por tanto de mayor sequedad en el sustrato. Para las comunidades rupícolas palmeras se definió la asociación *Aeonietum palmense*, dominada por el endemismo palmero *Aeonium palmense*, y por diversos elementos del género *Sonchus* así como por otros elementos rupícolas como *Lobularia canariensis*, *Pancratium canariense*, *Carlina falcata*, *Reichardia ligulata*, etc.

9.3.2.2. Comunidades de Sustitución

Dado el alto grado de alteración de las comunidades vegetales presentes en todas las Islas es muy difícil encontrar comunidades inalteradas. Pero cuando la vegetación se altera grandemente se inicia la transformación de la vegetación potencial, en una serie de formaciones de sustitución que denotan el retroceso de las formaciones climáticas. También es posible que cese la alteración del territorio y que por tanto las formaciones vegetales vayan progresivamente recuperando el territorio. En ambos casos se producen una serie de comunidades especiales, que varían según la climatología y la vegetación sustituida, y que adquieren en nuestro territorio una singular importancia en cuanto a la superficie que ocupan.

En las Islas Canarias, y dado su vulcanismo activo, es posible encontrar sucesiones naturales, las denominadas sucesiones primarias, en las que el origen de la alteración ha sido natural, en concreto y en La Palma, erupciones volcánicas. En la franja que se estudia en este trabajo son frecuentes los malpaíses y coladas recientes con escasísimo recubrimiento vegetal, difícilmente incluíbles en alguna comunidad de las definidas hasta el momento.

De las comunidades seriales de origen antrópico, destacan los no nitrófilas, que indican una elevada proximidad a las formaciones potenciales, y que en ocasiones se presentan junto a éstas, formando su sotobosque e incluso ocupando los claros de la vegetación primaria.

De los matorrales seriales nitrófilos, destacan los integrados en la clase *Pegano-Salsoletea*. Estas formaciones, a pesar de ser nitrófilas y en su mayoría de origen antrópico, incluyen una serie de asociaciones endémicas, con un alto índice de especies también exclusivas del Archipiélago, por lo que, al contrario de lo que podría pensarse dado su carácter ecológico y su frecuencia, son también un importante reducto de la biodiversidad insular. En el sector estudiado de La Palma se ha detectado la presencia de al menos tres asociaciones distintas con algunas variantes o faciasiones que, en posteriores estudios, podrán separarse en algunas asociaciones más.

Por último existen una serie de comunidades muy específicas de determinados ambientes que tampoco pueden incluirse en ninguna asociación descrita hasta el momento, pero que forman tipos de vegetación perfectamente diferenciables como la de los malpaíses recientes con casi nulo recubrimiento de plantas vasculares.

También en algunos barranquillos sobre los que fluyen aguas sobrantes del riego se asientan comunidades dominadas por la caña común, *Arundo donax*. Esta especie se considera por algunos autores un neófito que se ha dispersado por todo el Mundo sobre todo por sus múltiples usos en agricultura, cestería, e incluso en la construcción. En el presente trabajo, aunque no se ha diferenciado cartográficamente ningún polígono con este tipo especial de vegetación, sí se han encontrado pequeños núcleos que responden a esta morfología y composición florística y que deben interpretarse como comunidades de *Arundo donax*.

9.3.2.2.1. Matorrales seriales no nitrófilos.

9.3.2.2.1.1. Jarales de *Cistus monspeliensis*

Jarales de *Cistus monspeliensis*

La jara o jaguarzo, *Cistus monspeliensis*, es un arbusto abundante en el pinar más xérico, en contacto con el sabinar. Cuando el pinar desaparece, esta jara queda integrada en un matorral rico en especies de *Kleinio-Euphorbion*, como la tabaiba amarga (*Euphorbia obtusifolia*), el tasaigo (*Rubia fruticosa*), el arrebol (*Echium breviflorum*), así como otros elementos de *Rhamno-Juniperion* como *Globularia salicifolia*.

9.3.2.2.2. Pastizales

9.3.2.2.2.1. *Cenchrus-Hyparrhenietum hirtae*

Caracterizados por la alta densidad de las gramíneas vivaces hemicriptófitas, *Hyparrhenia hirta* y *Cenchrus ciliaris*. Crecen formando el nivel herbáceo de los cardonales y tabaibales dulces.

9.3.2.2.2.2. *Galactito-Brachypodietum distachyae*

Con mucha probabilidad esta asociación está presente en la Isla y posiblemente está regularmente distribuida pero en muy pocas ocasiones tiene suficiente entidad superficial como para ser cartografiada. En los lugares donde aparece, esta vegetación forma un complejo mosaico de comunidades herbáceas que, aunque está dominada por la alianza *Echio-Galactition tomentosae*, aparece en contacto con otras comunidades terófitas o incluso hemicriptófitas.

9.3.2.2.3. Tabaibal de tabaiba amarga

El matorral dominado por la tabaiba amarga, *Euphorbia obtusifolia* en las Islas occidentales (Tenerife, La Palma, La Gomera y El Hierro) y *Euphorbia regis-jubae* en las orientales (Gran Canaria, Fuerteventura y Lanzarote), no ha sido hasta el momento incluido en ninguna asociación fitosociológica propia.

El origen de todos estos matorrales es antrópico, y la presencia de la tabaiba amarga indica cierto grado de regeneración. En muchas ocasiones se encuentran recolonizando cultivos hace tiempo abandonados, o zonas de pastoreo sin demasiada presión por parte del ganado. La tabaiba, junto al verode (*Kleinia neriifolia*), son seguramente los elementos de *Kleinio-Euphorbion* con mayor potencial primocolonizador.

9.3.2.2.3.1. Tabaibal de tabaiba amarga en cardonal

Es sin duda el matorral más abundante y extenso de todos los dominados por la tabaiba amarga. En su mayoría son matorrales que crecen sobre campos abandonados, o lugares donde el cardonal desapareció por la acción del ganado, la proximidad a las zonas pobladas, o la invasión de especies exóticas como la tunera (*Opuntia ficus-barbarica*) o la pitera (*Agave americana*). Según el cortejo florístico que acompañe a este tabaibal es posible diferenciar faciasiones para cada tipo de cardonal de los que han sido definidos en este trabajo. Así, es posible diferenciar los siguientes tipos de tabaibales de tabaiba amarga en dominio del cardonal.

Tabaibal de tabaiba amarga en cardonal típico

Se interpreta este tipo de vegetación cuando no aparece ningún indicador especial o la vegetación vecina queda incluida en el cardonal típico. Quizá sea la formación de este tipo que implica un mayor grado de error en su determinación, ya que la falta de indicadores puede ser debida a causas antrópicas y no a motivos naturales.

Tabaibal de tabaiba amarga en cardonal con termófilo

Se caracterizan por que, junto a la aparición esporádica del cardón y a la dominancia de la tabaiba amarga, se encuentran también elementos florísticos propios del bosque termófilo, sobre todo de biotipo arbustivo, como pueden ser *Globularia salicina*, *Jasminum odoratissimum*, *Rhamnus crenulata*, *Hypericum canariense*, *Bosea yervamora*, etc. En estos

ambientes, y en lugares fuertemente nitrofilizados por acumulación de materia orgánica, es frecuente también el oroal, *Withania aristata*.

Tabaibal de tabaiba amarga en cardonal con brezo

En contadas localizaciones coincide este matorral con la presencia de cardones y brezos. Su existencia coincide lógicamente con las situaciones donde se produce esta mezcla de cardonal y brezos, es decir, las crestas de los cardonales, muy expuestos al alisio, en condiciones casi rupícolas de poco suelo y fuerte inclinación.

9.3.2.2.3.2. *Tabaibal de tabaiba amarga en comunidades de cornical*

En La Palma aparecen (sobre todo entre Garafía y Tijarafe), extensas comunidades de cornicales, *Periploca leavigata*, donde son abundantes la tabaiba amarga, *Euphorbia obtusifolia*, el tasaigo (*Rubia fruticosa*), que a veces es dominante, y otros elementos del cardonal, conjuntamente con especies invasoras tales como tuneras (*Opuntia maxima*, *Opuntia dillenii*), piteras (*Agave americana*), u otros elementos seriales como la gamona (*Asphodelus ramosus*). Se trata de lugares donde el cardonal, en cualquiera de sus formas, es potencial, pero que fue eliminado para la puesta en cultivo de estos terrenos.

9.3.2.2.3.3. *Tabaibal de tabaiba amarga en termófilo*

Fuera ya del cardonal, la tabaiba amarga puede incluso formar algunos enclaves de matorral en dominio del bosque termófilo. Se han encontrado tabaibales de esta especie tanto en zonas con un sabinar típico como en zonas donde se produce el ecotono entre el sabinar y el monte verde, denunciados por la presencia del brezo (*Erica arborea*). Estos últimos son quizá el resultado de la degradación del monte xérico.

9.3.2.2.4. Matorrales seriales nitrófilos

9.3.2.2.4.1. *Matorral nitrófilo de costa: Euphorbio-Schyzogynetum sericeae*

Son los matorrales más abundantes de la franja costera palmera, en el Sur sobre todo, en Tamanca, Fuencaliente, Montaña del Azufre, El Porís, Arenas Blancas, El Remo, Tzacorte, Puerto Naos, etc.

Estos matorrales son la representación finícola de la alianza *Launaeo-Schizogynion* en La Palma. Dentro de este sintaxon se incluyen los matorrales nitrófilos del área más xérica de las Islas, y se caracteriza sobre todo por la presencia de *Launaea arborescens*, *Artemisia ramosa*, *Artemisia reptans*, *Schizogyne glaberrima*, especies aparentemente inexistentes en La Palma, y *Schizogyne sericea*.

En nuestras observaciones se ha encontrado que este matorral dominado por tabaibas y salados es quizá en realidad un ecotono entre el matorral propio de *Pegano Salsoletea*, caracterizado por *Schizogyne sericea*, *Rumex lunaria*, *Lavandula canariensis*, etc., y otro matorral de *Kleinio-Euphorbietea*, quizá incluíble en *Cisto-Micromerion*, concretamente el tabaibal de tabaiba amarga.

Euphorbio-Schizoginetum sericeae

Ocupa coluviones y formaciones recientes cubiertas por piroclastos e incluso malpaíses. Puede ser tanto una fase inicial del retamar en la que la retama blanca no puede sobrevivir por falta de aporte hídrico, como una fase de progresión hacia el tabaibal dulce. Junto las especies que dan nombre al sintaxon aparecen con relativa frecuencia especies de *Pegano-Salsoletea*, como las ya indicadas *Rumex lunaria*, *Lavandula canariensis*, *Argyranthemum frutescens*, e incluso *Echium breviflorum*, y acompañantes de *Kleinio-Euphorbietea*, sobre todo destacando la fidelidad de *Kleinia neriifolia* y la presencias del tomillo *Micromeria herpyllomorpha*.

Comunidad de Schizogyne sericea y Rumex lunaria

Son los matorrales más claramente nitrófilos, en los que faltan las especies del cardonal-tabaibal, y además de las ya mencionadas puede aparecer *Salvia canariensis*, e incluso *Artemisia thuscula*, denotando esta última un paso hacia situaciones más favorables.

9.3.2.2.4.2. Matorral nitrófilo de medianías: *Artemisio-Rumicetum lunariae*

Artemisio-Rumicetum lunariae

En zonas más húmedas, donde no alcanza *Schizogyne sericea*, se establece el matorral nitrófilo más típico y abundante en la Isla. Se incluye dentro de la alianza *Artemisio-Rumición*, definida para estas asociaciones del matorral nitrófilo mesofítico, dominado

claramente por la vinagrera (*Rumex lunaria*) y el incienso (*Artemisia thuscula*). Es el matorral que inicia la recolonización de campos abandonados y laderas piroclásticas en zonas de mayor humedad.

Las localidades encontradas en este trabajo y su limitada área de estudio no permiten deducir de momento, ninguna conclusión sobre este tema, pero se ha querido mantener diferenciado este tipo de vegetación como un apunte inicial sobre la existencia de esta comunidad en La Palma.

9.3.2.2.4.3. Comunidad de *Nicotiana glauca*: Polycarpo-Nicotianetum glaucae

Polycarpo-Nicotianetum glaucae

En los derrubios próximos a zonas urbanizadas y lugares removidos donde se acumula materia orgánica aparece una comunidad dominada por neófitos, sobre todo por *Nicotiana glauca*, *Ricinus communis*, y otros hemicriptófitos y terófitos de escaso porte. Como elementos más nobles dentro de *Pegano-Salsoletea* son frecuentes en estos ambientes *Rumex lunaria* y *Forsskaolea angustifolia*. En lugares con estas mismas condiciones pero con un mayor aporte hídrico aparece *Ageratina adenophora*, que también puede verse, fuera de estas comunidades, creciendo sobre paredones costeros rezumantes.

9.3.2.2.4.4. Malpaís reciente

Sobre las coladas más recientes de la isla de La Palma, en la mitad Sur, el recubrimiento vegetal conformado por plantas vasculares, es muy escaso. En su mayoría están cubiertas por un recubrimiento liquénico que se corresponde a las comunidades de *Sterocaulon vesubianum* (*Sterocaulium vesubianum*), un líquen cuyos talos de color gris tapizan y dan color a las rocas, siendo su densidad más alta en las orientaciones más húmedas. Entre las plantas vasculares de mayor frecuencia, a la altitud en que se ha realizado este trabajo destacan el salado (*Schizogyne sericea*), *Frankenia ericifolia*, y la vinagrera (*Rumex lunaria*) y pequeñas poblaciones muy localizadas de *Monanthes muralis* en la zona de Fuencaliente.

9.3.3. Inventarios de Vegetación

N	Especie	Cor	IUCN
1	<i>Acacia cyanophylla</i>	I	
2	<i>Achyranthes aspera</i>	A	
3	<i>Adiantum capillus-veneris</i>	A	
4	<i>Adiantum reniforme</i>	A	
5	<i>Aeonium arboreum</i>	C	
6	<i>Aeonium canariense</i>	C	
7	<i>Aeonium davidbramwellii</i>	LP	
8	<i>Aeonium goochiae</i>	LP	
9	<i>Aeonium sedifolium</i>	C	
10	<i>Agave americana</i>	I	
11	<i>Agave cf. sisalana</i>	I	
12	<i>Agave sp.</i>	I	
13	<i>Ageratina adenophora</i>	A	
14	<i>Amaranthus sp.</i>	S/D	
15	<i>Andryala webbii</i>	LP	
16	<i>Apollonias barbujana</i>	A	
17	<i>Araucaria heterophylla</i>	I	
18	<i>Argyranthemum frutescens</i>	C	
19	<i>Argyranthemum webbii</i>	LP	VU / D2
20	<i>Artemisia thuscula</i>	C	
21	<i>Arundo donax</i>	A	
22	<i>Asparagus arborescens</i>	C	
23	<i>Asparagus scoparius</i>	A	
24	<i>Asphodelus fistulosus</i>	A	
25	<i>Astydamia latifolia</i>	A	
26	<i>Atalanthus arboreus</i>	C	
27	<i>Atriplex semibaccata</i>	A	
28	<i>Bituminaria bituminosa</i>	A	
29	<i>Bosea yervamora</i>	C	
30	<i>Bromus tectorum</i>	A	
31	<i>Bystropogon organifolius</i>	C	
32	<i>Cardiospermum grandiflorum</i>	I	
33	<i>Carlina salicifolia</i>	A	
34	<i>Castanea sativa</i>	A	
35	<i>Ceballosia fruticosa</i>	C	
36	<i>Cedronella canariensis</i>	A	
37	<i>Cenchrus ciliaris</i>	A	
38	<i>Ceropegia dichotoma ssp. dichotoma</i>	C	
39	<i>Chamaecytisus proliferus</i>	C	
40	<i>Cheilanthes pulchella</i>	A	VU / D2
41	<i>Cheirolophus arboreus</i>	LP	CR / B1+2e
42	<i>Cheirolophus sventenii</i>	LP	
43	<i>Chenoleoides tomentosa</i>	A	
44	<i>Cistus monspeliensis</i>	A	
45	<i>Cistus symphytifolius</i>	C	
46	<i>Colocasia esculenta</i>	I	
47	<i>Convolvulus floridus</i>	C	
48	<i>Crambe microcarpa</i>	LP	VU / D2
49	<i>Crithmum maritimum</i>	A	
50	<i>Cupressus macrocarpa</i>	A	
51	<i>Cynara cardunculus</i>	A	

N	Especie	Cor	IUCN
52	<i>Davallia canariensis</i>	A	
53	<i>Descurainia millefolia</i>	C	
54	<i>Dittrichia viscosa</i>	A	
55	<i>Dorycnium eriophthalmum</i>	C	VU / D2
56	<i>Dracaena draco</i> ssp. <i>draco</i>	A	En/ C2a
57	<i>Drusa glandulosa</i>	A	
58	<i>Echium bethencourtii</i>	LP	VU / D2
59	<i>Echium brevirame</i>	LP	
60	<i>Echium</i> cf. <i>bonnetii</i>	C	
61	<i>Echium plantagineum</i>	A	
62	<i>Echium strictum</i>	C	
63	<i>Erica arborea</i>	A	
64	<i>Eucalyptus globulus</i>	I	
65	<i>Euphorbia balsamifera</i>	A	
66	<i>Euphorbia canariensis</i>	C	
67	<i>Euphorbia obtusifolia</i>	C	
68	<i>Fagonia cretica</i>	A	
69	<i>Ficus carica</i>	A	
70	<i>Foeniculum vulgare</i>	A	
71	<i>Forsskaolea angustifolia</i>	C	
72	<i>Frankenia ericifolia</i>	A	
73	<i>Fumaria</i> sp.	S/D	
74	<i>Galactites tomentosa</i>	A	
75	<i>Geranium canariense</i>	C	
76	<i>Gesnouinia arborea</i>	C	VU / C2a
77	<i>Glaucium corniculatum</i>	A	
78	<i>Globularia salicina</i>	A	
79	<i>Gonospermum canariense</i>	C	
80	Gramíneas	S/D	
81	<i>Greenovia diplocycla</i>	C	
82	<i>Habenaria tridactylites</i>	C	
83	<i>Heliotropium ramosissimum</i>	A	
84	<i>Heliotropium ramossissimum</i>	A	
85	<i>Hyparrhenia hirta</i>	A	
86	<i>Hypericum canariense</i>	A	
87	<i>Hypericum glandulosum</i>	A	
88	<i>Hypericum grandifolium</i>	A	
89	<i>Ipomoea</i> cf. <i>indica</i>	I	
90	<i>Jasminum odoratissimum</i>	A	
91	<i>Juncus acutus</i>	A	
92	<i>Juniperus turbinata</i> ssp. <i>canariensis</i>	C	
93	<i>Kleinia neriifolia</i>	C	
94	<i>Lavandula canariensis</i>	C	
95	<i>Limonium imbricatum</i>	C	EN / B1+2ce
96	<i>Limonium pectinatum</i>	A	
97	<i>Lobularia canariensis</i> ssp. <i>palmensis</i>	C	
98	<i>Lotus glaucus</i>	A	
99	<i>Lotus hillebrandii</i>	LP	
100	<i>Maytenus canariensis</i>	C	
101	<i>Mentha longifolia</i>	A	
102	<i>Mesembryanthemum nodiflorum</i>	A	
103	<i>Micromeria herpyllomorpha</i>	LP	
104	<i>Monanthes muralis</i>	C	
105	<i>Monanthes polyphylla</i>	C	

N	Especie	Cor	IUCN
106	<i>Morus nigra</i>	A	
107	<i>Myrica faya</i>	A	
108	<i>Nicotiana glauca</i>	I	
109	<i>Olea europaea ssp. cerasiformis</i>	C	
110	<i>Opuntia dillenii</i>	I	
111	<i>Opuntia maxima</i>	I	
112	<i>Pancreatium canariense</i>	C	
113	<i>Parietaria judaica</i>	A	
114	<i>Paronychia canariensis</i>	C	
115	<i>Patellifolia procumbens</i>	A	
116	<i>Pennisetum setaceum</i>	I	
117	<i>Pericallis papyracea</i>	LP	
118	<i>Periploca laevigata</i>	A	
119	<i>Phagnalon purpurascens</i>	A	
120	<i>Phagnalon saxatile</i>	A	
121	<i>Phoenix canariensis</i>	C	VU / B1+2c
122	<i>Phoenix cf. dactylifera</i>	I	
123	<i>Phyllis nobla</i>	A	
124	<i>Pinus canariensis</i>	C	
125	<i>Pinus radiata</i>	I	
126	<i>Pistacia atlantica</i>	A	
127	<i>Plantago arborescens ssp. arborescens</i>	C	
128	<i>Polycarpaea cf. divaricata</i>	C	
129	<i>Polycarpaea divaricata</i>	C	
130	<i>Polycarpaea smithii</i>	C	
131	<i>Polycarpaea tenuis</i>	C	
132	<i>Populus alba</i>	I	
133	<i>Prunus dulcis</i>	A	
134	<i>Pteridium aquilinum</i>	A	
135	<i>Reichardia ligulata</i>	C	
136	<i>Reichardia sp.</i>	S/D	
137	<i>Retama rhodorhizoides</i>	C	
138	<i>Rhamnus crenulata</i>	C	
139	<i>Ricinus communis</i>	A	
140	<i>Rubia fruticosa</i>	A	
141	<i>Rubus palmensis</i>	C	DD
142	<i>Rumex lunaria</i>	C	
143	<i>Salvia canariensis</i>	C	
144	<i>Schizogyne sericea</i>	A	
145	<i>Scilla latifolia</i>	A	
146	<i>Selaginella denticulata</i>	A	
147	<i>Silene vulgaris</i>	A	
148	<i>Smilax canariensis</i>	A	
149	<i>Sonchus bornmuelleri</i>	LP	VU / D2
150	<i>Sonchus palmensis</i>	LP	
151	<i>Spartocytisus filipes</i>	C	
152	<i>Tamarix canariensis</i>	A	
153	<i>Todaroa aurea ssp. suaveolens</i>	LP	VU / D2
154	<i>Tolpis sp.</i>	S/D	
155	<i>Umbilicus heylandianus</i>	A	
156	<i>Urtica morifolia</i>	A	
157	<i>Vicia lutea</i>	A	
158	<i>Withania aristata</i>	A	

9.3.4. Bibliografía

- [1]. ACEBES, J.R., ET AL. (2001). *Pteridophyta, Spermatophyta*. In: I. Izquierdo, J.L. Martín, N. Zurita & M. Arechavaleta (eds.). *Lista de especies silvestres de Canarias (hongos, plantas y animales terrestres) 2001*: 98-140. Consejería de Política Territorial y Medio Ambiente del Gobierno de Canarias.
- [2]. CEBALLOS, L. y ORTUÑO, F. (1951): *Estudio sobre la vegetación y flora forestal de las Canarias Occidentales*. Instituto forestal de investigaciones y experiencia, Madrid.
- [3]. DEL ARCO, M. ET AL., (1996): "Bioclimatology and climatophilus vegetation of the Island of Hierro (Canary Islands)". *Phytocoenologia*, 26: 445-479.
- [4]. DEL ARCO, M. ET AL., (1999): "Bioclimatology and climatophilus vegetation of the Island of Hierro (part 2) and La Palma (Canary Islands)". *Phytocoenologia*, 29: 253-290.
- [5]. HERNÁNDEZ, C. ET AL., (1985): "Contribución al estudio bioclimatológico de El Hierro (Islas Canarias)". *Vieraea*, 14: 77-111.
- [6]. PÉREZ DE PAZ, P.L., M. DEL ARCO AGUILAR & W. WILDPRET DE LA TORRE. 1990. "Contribución al conocimiento de los matorrales de sustitución del Archipiélago Canario. Nuevas comunidades para El Hierro y La Palma". *Vieraea*, 19: 53-62.
- [7]. RIVAS-MARTÍNEZ, S., ET AL. (2001). "Syntaxonomical checklist of vascular plant communities of Spain and Portugal to association level". *Itinera Geobot.* 14: 5-341.
- [8]. RIVAS-MARTÍNEZ, S., ET AL. (2002). "Vascular plant communities of Spain and Portugal. Addenda to the syntaxonomical checklist of 2001". *Itinera Geobotanica* 15(1): 1-432, 15(2): 433-922.
- [9]. SANTOS, A. (1983). *Vegetación y Flora de La Palma*. Ed. Interinsular Canaria. S/C de Tenerife.

10. CARACTERIZACIÓN Y CARTOGRAFIADO DE LAS UNIDADES DE FAUNA

10.1. Introducción

En la directiva 92/43/CEE de Consejo se define hábitats naturales como aquellas zonas terrestres o acuáticas diferenciadas por sus características geográficas, abióticas y bióticas, tanto si son enteramente naturales como seminaturales.

La variedad de hábitats costeros en la isla de La Palma no es notable, así como el número de especies de vertebrados residentes o migradores que pueden observarse en ellos. No obstante se considera fundamental realizar un análisis de los diferentes ambientes litorales a fin de realizar un inventario que contribuya a garantizar la biodiversidad y la conservación de las particularidades presentes en la isla.

Como ya se ha comentado, la fauna vertebrada de La Palma está totalmente condicionada por el carácter insular del territorio, factor que se agudiza con la lejanía de la isla -y de todo el archipiélago- del continente. Así, el número de especies es bastante bajo, mientras que la singularidad de éstas es notable. Como consecuencia, el ámbito ecológico se amplía para cada una de ellas, aun con respecto a otras islas. Si a esto se une el hecho de la multiplicidad microclimática, y como consecuencia la diversidad de las agrupaciones florales, se hace muy difícil definir unas unidades faunísticas que no se solapen entre ellas continuamente. Así pues el área geográfica que ocupan estas unidades debe entenderse más bien como zona de influencia y las especies indicadoras como las especies más abundantes.

10.2. Metodología

En el presente apartado se describen los diferentes procesos llevados a cabo con la finalidad de obtener la *caracterización y cartografiado de las unidades de fauna* presentes en la Isla de La Palma.

Las aves se han considerado de manera especial dentro del presente estudio de hábitats faunísticos. El componente ornítico del medio destaca dentro del paisaje abrupto del litoral de la isla de manera irregular, comprobándose como en determinadas zonas la presencia de aves es notable y otras parecen ciertamente un desierto sin vida aparente. Tratándose de uno de los grupos faunísticos de mayor importancia, se ha caracterizado la avifauna de la isla, tanto la reproductora como la migradora o la invernante, así como algunas especies

accidentales. Normalmente la migración es más abundante en las islas orientales que en las occidentales, por ejemplo, para el abejaruco (*Merops apiaster*) no existen citas para La Palma, y es muy escaso en migración en El Hierro y La Gomera.

En primer lugar se llevó a cabo una revisión bibliográfica de los estudios y publicaciones acerca de la fauna de La Palma. La mayor parte de la información referente a fauna se obtuvo del departamento de Medio Ambiente del Cabildo Insular de La Palma. Para documentar el estudio específico de avifauna se realizó una revisión bibliográfica de los estudios realizados hasta el momento en la isla

En segundo lugar se procedió a la realización del trabajo de campo. Para ello se utilizó diverso material óptico: Prismáticos Opticrom, telescopio Nikon, cámaras fotográficas Nikon y Canon (digital). También fue necesario una embarcación y un vehículo 4x4.

Invernada

El trabajo de campo comenzó en diciembre de 2003. Durante 2 semanas se llevaron a cabo muestreos en el litoral de la isla, realizando observaciones desde el mar, mediante una embarcación y desde tierra, intentando alcanzar la costa que en ocasiones es bastante inaccesible.



Figura 79 Censo desde la embarcación

Migración

Durante el mes de marzo se volvió a realizar una revisión de toda la costa mediante una embarcación, accediendo desde tierra a los enclaves más importantes. En esta campaña se pretendía conocer la importancia de la costa de la Palma para las aves migratorias. La duración de la campaña fue de dos semanas, igual que la de invierno y siguiendo las mismas pautas metodológicas.

Reproducción

A mediados del mes de mayo dio comienzo la tercera y última campaña. Debido a que la reproducción se ha considerado como la fase más relevante de las aves en la isla, esta campaña se prolongó una semana más. Se dedicó, al igual que las anteriores, un semana aproximadamente, al muestreo desde el mar y las otras dos a muestreos desde tierra y a visitas a las principales colonias de aves localizadas.

En junio de 2004 se finalizaron los trabajos de campo, obteniéndose datos de los periodos de invernada, reproducción y migración.

Las especies incluidas en el presente informe son aquellas presentes en los hábitats costeros de la isla, que han sido observadas durante las visitas de campo o bien de las que existen citas acerca de su presencia en la isla aunque no fuesen observadas directamente.

Una vez terminado el trabajo de campo se procedió al procesado de toda la información. En primer lugar se divide la franja costera de la isla de diferentes hábitats faunísticos, con características similares respecto a la fauna que albergan. Afinando aún más, se identifican los diferentes enclaves con un interés especial para la avifauna, que como se explica anteriormente, es el grupo de vertebrados terrestres más importante en el litoral de la isla. Por último se ha elaborado un inventario con todas las especies de aves presentes en la isla, tanto de modo accidental como permanentemente. Se ha realizado una **ficha** de cada especie donde se describen los siguientes aspectos que se han considerado relevantes a la hora de analizar la presencia de la especie en la isla.

Se han obviado la descripción morfológica de la especie así como los aspectos taxonómicos debido a no contemplarse dentro de las necesidades del presente documento y encontrarse

publicados en diversas fuentes. La información al respecto es amplia y puede consultarse en las diferentes publicaciones que se incluyen en la bibliografía del presente documento.

10.3. Memoria

10.3.1. Hábitats presentes

En la directiva 92/43/CEE de Consejo se define hábitats naturales como aquellas zonas terrestres o acuáticas diferenciadas por sus características geográficas, abióticas y bióticas,

En el presente epígrafe se han definido los hábitats costeros presentes en la isla de La Palma. La finalidad del estudio es dividir la totalidad de la costa en segmentos con características homogéneas respecto a la fauna que podría albergar. Desde una perspectiva faunística, en la Palma se consideran los siguientes hábitats:

Acantilado

Con este nombre se han calificado las diferentes formas acantiladas de porte relevante, susceptibles de ser habitadas por la fauna que se cita bajo estas líneas. La altura de estos acantilados es considerable, oscilando aproximadamente entre 20 y 400 m, la altura máxima aproximada de los acantilados de la isla, estando diferenciados de los cantiles, que suelen presentar varios metros de altura. La verticalidad también se tiene en cuenta para definir los acantilados, que deben ser lo suficientemente verticales como para contener zonas aisladas donde los depredadores terrestres tengan complicado el acceso. Los acantilados costeros pueden presentar vegetación, normalmente endémica de Canarias y Madeira (*Frankenio-Astidamietalia latifoliae*). Este hábitat se encuentra incluido en el Anexo I de la Directiva 97/62/CEE con el código NATURA 2000 1240 *Acantilados con vegetación endémica de las costas macaronésicas*.

La fauna presente en este tipo de hábitat se presenta por orden taxonómico a continuación (Clasificados según el Orden). Todas estas especies pueden ser observadas en los acantilados de la isla de La Palma (señalados como tales en la cartografía específica). Hay que tener en cuenta que no todos los acantilados presentarán todas las especies descritas:

Anura: Rana común *Rana perezii*

Sauria: Perinquén común *Tarentola delalandii*, Lagarto tizón *Gallotia galloti*

Procellariiformes: Pardela cenicienta *Calonectris diomedea*, Petrel de Bulwer *Bulweria bulwerii*

Accipitriformes: Busardo ratonero *Buteo buteo*, Águila pescadora *Pandion haliaetus*

Falconiformes: Cernícalo vulgar *Falco tinnunculus*

Charadriiformes: Gaviota patiamarilla *Larus cachinnans*, Gaviota sombría *Larus fuscus*

Columbiformes: Paloma bravía *Columba livia*

Strigiformes: Lechuza común *Tito alba*

Apodiformes: Vencejo unicolor *Apus unicolor*

Passeriformes: Bisbita campestre *Anthus campestris*, Curruca cabecinegra *Sylvia melanocephala*, Cuervo *Corvus corax*, Chova piquirroja *Pyrhocorax pyrrhocorax*

Chiroptera: Murciélago de Madeira *Pipistrellus maderensis*, Murciélago montañero *Hypsugo savii*, Orejudo canario *Tadarida teniotis*

Lagomorpha: Conejo *Oryctolagus cuniculus*

Balsa de riego

Son recintos de diversos tamaños, utilizados para acumular agua para el riego de los cultivos. Se suelen localizar cerca de la zona que abastece de agua, normalmente plataneras. Existen zonas donde estas balsas de riego constituyen un verdadero hábitat debido a la extensión de terreno que ocupan y a la biodiversidad y densidad de aves que albergan. Una de estas zonas sería por ejemplo Las Martelas (El Paso), que aunque no se encuentra en la costa es utilizada por gran número de aves para su descanso y alimentación. También existen embalses de mayor tamaño donde se congregan especies como gaviotas o ardeidas y son utilizados como dormideros. Las especies características de esta unidad son las siguientes:

Charadriiformes: Garza real *Ardea cinerea*; Chorlitejo grande *Chiaradius hiaticula*; Chorlitejo gris *Pluvialis squatarola*; Correlimos tridáctilo *Calidris alba*; Correlimos común *Calidris*

alpina; Agachadiza común Gallinago gallinago; Aguja colipinta Limosa lapponica; Archibete claro Tringa nebularia; Andarríos chico Actitis hipoleucos; Vuelve piedras común Arenaria interpres; Gaviota patiamarilla Larus cachinans atlantis.

Paseriformes: Bisbita caminero Anthus berthelotii berthelotii; Lavandera cascadeña Motacilla cinerea

Campos de lava

Se encuentra incluido en el Anexo I de la Directiva 97/62/CEE con el código NATURA 2000 8320 *Campos de lava y excavaciones naturales*. Según el **Manual de interpretación de hábitats europeos** Eur 15/2 de octubre de 1999 se define como lugares y productos de una actividad volcánica reciente, albergando distintas comunidades biológicas. Es lo que se suele llamar como “malpaís”. La fauna vertebrada presente en esta unidad es escasa, destacando el lagarto tizón y la gaviota patiamarilla. La vegetación se limita a algunas especies vasculares y líquenes, primeros colonizadores de la roca virgen.

La fauna característica de este tipo de hábitat no es muy abundante. Se podría decir que las siguientes especies son las principales:

Sauria: Lagarto tizón *Gallotia galloti*

Charadriiformes: Gaviota patiamarilla *Larus cachinnans*; Vuelvepiedras común *Arenaria interpres*

Coluviones y terrazas marinas

Los coluviones son por lo general depósitos heterogéneos, sueltos y con bloques angulosos. Estas acumulaciones de material se suelen desarrollar al pie de pequeños relieves o de taludes empinados. Los fragmentos rocosos deslizan sobre las pendientes bajo la acción de la gravedad formando coluviones. En la misma unidad se han incluido las terrazas costeras por desempeñar una función parecida en cuanto a la fauna. Son estructuras rocosas elevadas algunos metros del nivel del mar, que normalmente no son alcanzadas por las mareas.

La fauna presente en este tipo de hábitat se presenta por orden taxonómico a continuación (Clasificados según el Orden):

Sauria: Perinquén común *Tarentola delalandii*; Lagarto tizón *Gallotia galloti*

Chiroptera: Murciélago de Madeira *Pipistrellus maderensis*; Murciélago montañero *Hypsugo savii*; Noctulo pequeño *Nyctalus leiseri*

Caradriformes: Chorlitejo grande *Chiaradrius hiaticula*; Chorlito gris *Pluvialis squatarola*; Vuelvepedras común *Arenaria interpres*; Gaviota patiamarilla *Larus cachinans atlantis*; Gaviota sombría *Larus fuscus*

Columbiformes: Paloma bravía *Columba livia*

Apodiformes: Vencejo unicolor *Apus unicolor*

Passeriformes: Bisbita campestre *Anthus campestris*; Chova piquirroja *Pyrhocorax pyrrhocorax*

Graveras

Las graveras son depósitos aluviales, procedentes del cuaternario en su mayor parte, formados por paquetes de grava y arenas de diferentes espesores, situados generalmente en terrazas fluviales de mayor o menor antigüedad y a través de las cuales suelen discurrir los acuíferos superiores, conectados hidráulicamente con cauces naturales en la mayor parte de los casos.

La fauna presente en este tipo de hábitat se presenta por orden taxonómico a continuación:

Sauria: Lagarto tizón *Gallotia galloti*

Charadriformes: Garza real *Ardea cinerea*; Chorlitejo grande *Chiaradrius hiaticula*; Chorlitejo gris *Pluvialis squatarola*; Correlimos tridáctilo *Calidris alba*; Correlimos común *Calidris alpina*; Agachadiza común *Gallinago gallinago*; Aguja colipinta *Limosa lapponica*; Archibete claro *Tringa nebularia*; Andarríos chico *Actitis hipoleucos*; Vuelve piedras común *Arenaria interpres*; Gaviota patiamarilla *Larus cachinans atlantis*

Paseriformes: Bisbita caminero *Anthus berthelotii berthelotii*; Lavandera cascadeña *Motacilla cinerea*

Invernaderos y áreas de cultivo

La unidad de invernaderos y áreas dedicadas al cultivo, tanto de plataneras como de viñas, aguacates o papas, constituye uno de los mayores hábitats descritos. La riqueza de los mismos es limitada, constituyendo un hábitat reproductor para especies como el mirlo, que aprovecha las plataneras para nidificar. Este hábitat también acoge pequeños mamíferos que forman parte de la dieta de la lechuza común. Las zonas de cultivo a cielo abierto conforman un recurso trófico para diferentes especies de paseriformes bastante generalistas presentes en La Palma.

Strigiformes: Lechuza común *Tito alba*

Passeriformes: Mirlo común *Turdus merula*; Bisbita caminero *Anthus berthelotii berthelotii*; Lavandera cascadeña *Motacilla cinerea*; Curruca capirota *Sylvia atricapilla*

Laderas con matorral

Este hábitat se podría definir como un terreno con una inclinación acentuada, pero que no llega a la verticalidad de los acantilados. En él se asientan una serie de comunidades vegetales de tipo xérico, así como cardonal tabaibal dulce, retama blanca, tabaiba amarga, etc. Algunas laderas suaves de la isla son utilizadas para cultivo, tanto de plataneras como viñedos. Las laderas desprovistas de vegetación son escasas y la fauna suele tener una menor presencia.

La fauna característica de este tipo de hábitats es:

Sauria: Perinquén común *Tarentola delalandii*; Lagarto tizón *Gallotia galloti*

Falconiformes: Cernícalo vulgar *Falco tinnunculus canariensis*

Apodiformes: Vencejo unicolor *Apus unicolor*

Passeriformes: Bisbita caminero *Anthus berthelotii berthelotii*; Chova piquirroja *Pyrrhocorax pyrrhocorax barbatus*; Curruca cabecinegra *Sylvia melanocephala leucoastra*; Mosquitero común *Phylloscopus collybita canariensis*

Chiroptera: Murciélago de Madeira *Pipistrellus maderensis*; Murciélago montañero *Hypsugo savii*; Nóctulo pequeño *Nyctalus leiseri*

Rodentia: Rata negra *Rattus rattus* ; Rata parda *Rattus norvegicus*

Lagomorpha: Conejo *Oryctolagus cuniculus*

Playas

La playa se extiende desde la línea de bajamar hasta el filo de la vegetación. En ocasiones el límite interno se remonta a un cambio en la pendiente o en el sustrato. En la mayoría de los casos, la base de un acantilado marca el fin de este hábitat.

Caradriformes: Chorlitejo grande *Charadrius hiaticula*, Chorlitejo patinegro *Charadrius alexandrinus alexandrinus*, Correlimos tridáctilo *Calidris alba*, Vuelvepiedras común *Arenaria interpres*, Gaviota reidora *Larus ridibundus*, Gaviota sombría *Larus fuscus*, Gaviota patiamarilla *Larus cachinans atlantis*

Puertos

Caradriformes: Vuelvepiedras común *Arenaria interpres*; Gaviota reidora *Larus ridibundus*; Gaviota sombría *Larus fuscus*; Gaviota patiamarilla *Larus cachinans atlantis*; Charrán común *Sterna hirundo*

Chiroptera: Nóctulo pequeño *Nyctalus leiseri*

Rodentia: Rata negra *Rattus rattus*, Rata parda *Rattus norvegicus*; Ratón casero *Mus domesticus*

Rogues

Se podría definir como formaciones rocosas prominentes, aisladas de la costa, que sobresalen notoriamente, teniendo sectores supralitorales que nunca son alcanzados por las mareas.

Caradriformes: Gaviota patiamarilla *Larus cachinans atlantis*; Charrán común *Sterna hirundo* hirundo; Petrel de Bulwer *Bulweria bulwerii*

Columbiformes: Paloma bravía *Columba livia*

Zonas de escasa relevancia como hábitats faunísticos

Se han incluido las construcciones, carreteras y viviendas aisladas presentes, así como los núcleos urbanos o las áreas de intermareal que permanecen sumergidas normalmente. La fauna presente en todos estos medios tendrá carácter temporal, generalista o de escasa importancia.

10.3.2. Zonas de interés ornítico

En el presente apartado se describen brevemente los diferentes enclaves de la isla donde se han observado aves durante las campañas realizadas en 2003-2004.

El litoral de la isla se ha dividido en 50 tramos, denominados según el enclave principal de la zona. Las dimensiones de cada enclave son variables, en función de la avifauna presente y las características del medio.

10.3.2.1. Graveras de las Maretas (Mazo)

Zona donde se extraían áridos y en la actualidad se forman unas pequeñas lagunas aprovechando el hueco que se formó al retirar los materiales. Cerca de las lagunas se ha habilitado una especie de playa, sin acceso directo al mar. Las orillas son tranquilas y durante el invierno, las aves también utilizan esta playa para alimentarse.

Es el mejor lugar de la isla para observar limícolas. Estos permanecen en las graveras casi todo el año, a excepción de la época de reproducción, donde tan solo se observan algún individuo. El 24/05/2004 se observó un vuelvepedras sin plumaje nupcial.

En este curioso ecosistema se pueden encontrar las siguientes especies: Garza real, chorlito grande, chorlito gris, correlimos tridactilo, correlimos común, vuelvepedras común, agachadiza común, andarríos chico, archibebe claro, aguja colipinta, bisbita caminero y lavandera cascadeña. Algunas especies pueden alcanzar altas densidades como es el vuelvepedra, con un máximo de 40 individuos observadas en 09/2003 y el chorlito grande con un máximo de 13, registrado en 11/2003 (I. Brito, com. pers.).

10.3.2.2. Punta del Moro

Este tramo costero se encuentra salpicado de viviendas, como puede observarse en la Punta del Andén y en la Punta del Moro. También se encuentran algunas playas como la del Pocito y la del Pozo.

La paloma bravía se observa en esta zona, al igual que en la mayor parte del litoral de la isla. Esta especie nidifica en estos pequeños cortados. También se puede observar el vencejo unicolor y la chova piquirroja, ambos también reproductores. La gaviota patiamarilla es un ave de paso en la zona, observándose sobretodo fuera del periodo reproductor.

10.3.2.3. Montaña del Azufre

La montaña del Azufre está catalogada como monumento natural y se encuentra al Sur de Punta Las Salineras, entre esta y la Punta de La Barqueta. Mide 276 m. de altura y en sus alrededores se pueden observar las siguientes especies: chova piquirroja, paloma bravía, gaviota patiamarilla y cernícalo vulgar.

10.3.2.4. Roques de Niares

Estos roques se encuentran entre la playa de la Barqueta y el Jurado y destacan por la colonia de gaviota patiamarilla que nidifica en ellos. Además de gaviotas patiamarillas, se pueden observar chovas piquirrojas y cernícalos.

Los Roques de Niarres, donde se han instalado durante el periodo reproductor 2004, 8 parejas de gaviota patiamarilla.

10.3.2.5. Porís de Tigalate

Este punto engloba el tramo comprendido entre la Bahía de la Galera y la playa del Río.

En esta zona se puede observar un espectacular barranco enclavado en la Bahía de la Galera, donde puede ser observado el halcón de Berbería. Cercano a este punto fue registrado un juvenil de cormorán grande descansando sobre estas aguas en diciembre de 2003. La chova piquirroja se encuentra presente habitualmente en estos parajes

Al Sur de la punta de Tigalate se encuentra el Porís de Tigalate, donde existen viviendas, algunas de ellas habitadas durante todo el año. En los acantilados que respaldan el porís se encuentran chovas, cernícalos y vencejos. Durante el invierno se observó un busardo

ratonero. Continuando hacia el Sur se encuentra la punta Martín y la playa del Río. La avifauna presente en este tramo es bastante parecida a la observada en el anterior (Porís de Tigalate).

10.3.2.6. El Espigón

Se trata de una zona de acantilados suaves donde la gaviota patiamarilla encuentra un hábitat idóneo para la cría. La colonia se ubica en la zona Norte de la ladera, a bastante altura. En número de parejas reproductoras es de aproximadamente 10. Esta especie se puede observar por la zona durante todo el año.

El resto de la avifauna presente en esa zona se reduce a algún cernícalo y chova piquirroja, esta última es fácil verla sobrevolando la zona del Puertito. En “El Puertito” también se pueden observar gaviotas. En los Roques de Anaga tan solo se registró una especie: paloma bravía.

En la zona de El Guincho también es frecuente la presencia de gaviota patiamarilla, pudiéndose observar en algún roque parejas aisladas criando.

10.3.2.7. Salinas de Fuencaliente

Las salinas, junto con las graveras de Mazo son los dos lugares de la isla donde se concentran la mayor parte de los limícolas que invernan en la Palma.

La explotación de las salinas se realiza de un modo artesanal con lo cual las aves se encuentran relativamente tranquilas y con alimento asequible.

Las especies presentes en las salinas suelen ser: chorlitejo grande, andarríos chico, vuelvepedras, correlimos tridáctilo, correlimos común y gaviota patiamarilla. Todas estas especies, a excepción de la gaviota han sido observadas en otoño y en invierno. No se ha constatado la reproducción de ningún limícola hasta el momento.

En las playas de los alrededores es frecuente observar gaviota patiamarilla.

10.3.2.8. Playa Echentive

En Echentive, la importancia para la avifauna reside en unas charcas ubicadas al N de la playa. En estas es habitual encontrar vuelvepedras, donde se llegaron a contabilizar hasta 5

individuos en 1995 (I. Brito, com. pers.). Durante el verano, aunque es posible la permanencia en la isla de algún individuo de esta especie, la zona se inunda de turistas y las aves eligen lugares más tranquilos para alimentarse y descansar.

La gaviota patiamarilla está presente en esta zona, aunque no se ha confirmado la reproducción, sí utiliza el malpais como posadero habitual.

10.3.2.9. Las Suelas

Las Suelas es el típico ejemplo de costa baja con pequeños acantilados.

En este caso se da uno de los hábitats típicos de nidificación del vencejo unicolor en la isla de la palma. Este apodiforme busca huecos o grietas en los acantilados costeros para establecer su nido.

El cernícalo vulgar también está presente a lo largo de esta costa de Las Suelas como nidificante.

10.3.2.10. Punta Larga

Al Norte de la punta se sitúa un pequeño poblado denominado casas del Morrón, el cual se extiende a lo largo de una playa de callao donde es frecuente encontrar vuelvepedras. En marzo de 2004 se registró el grupo más numeroso, formado por 8 individuos.

El cernícalo vulgar, la paloma bravía, la gaviota y el vencejo unicolor también están presentes en este tramo costero. Para el cernícalo y la paloma queda constatada la reproducción en la zona.

10.3.2.11. Punta Resbaladera

En el tramo costero comprendido entre Punta Larga y La Zamora se podría resumir en costas de pendientes suaves, no muy altas, muy irregular en cuanto a la linealidad de la costa y donde las plataneras son muy abundantes a corta distancia de la costa.

Las especies presentes son el vencejo unicolor y el cernícalo vulgar como reproductores y la chova piquirroja y la paloma bravía como aves de paso, no descartando la reproducción de la última.

10.3.2.12. La Zamora

La importancia de la zona reside en una colonia de charrán común ubicada en un roque incluido en el conjunto denominado bajas de la Zamora. Existe un roque de pequeño tamaño y el número de parejas instaladas es de 2. El resto de especies registradas en la Zamora como nidificantes son el vencejo unicolor, la paloma bravía y el cernícalo vulgar. Un dato curioso es la presencia de un individuo de garceta común posada en los roques durante una visita realizada en mayo de 2004.

Los Andenes, cala situada al Norte de la Zamora, alberga también varias parejas de chova piquirroja en las zonas más altas, así como las especies también encontradas en la Zamora, vencejo, cernícalo y paloma.

10.3.2.13. Roque y Punta de los Guinchos

Esta zona se incluye en el Paisaje Protegido de Tamanca y es frecuente encontrar gaviota patiamarilla, tanto juveniles como adultos y chova piquirroja. El número de aves registradas durante los muestreos fue relativamente bajo en esta zona y no se confirmó la reproducción de ninguna especie.

10.3.2.14. El Remo

El Remo es una zona urbanizada de relativa gran extensión. Como casi toda la costa suave de la isla, sirve de descanso a pequeños limícolas como vuelvepiedras. Al atardecer, es fácil observar a las pardelas cenicienta pasando muy cerca de la costa. Esta especie cría en la mayor parte de los acantilados costeros de La Palma, incluido el acantilado que se encuentra a las espaldas de El Remo y que hacia el Sur se encuentra protegido como paisaje protegido de Tamanca.

La curruca cabecinegra es un passeriforme frecuente en las zonas más secas de El Remo, donde existe abundante matorral.

Dentro del Paisaje Protegido de El Remo se encuentra El Faro, donde existe un grupo de vencejos unicolor criando en la roca. También se encuentra reproduciéndose el cernícalo vulgar y la paloma bravía.

10.3.2.15. Charco Verde

Con el nombre de Charco verde se denomina una playa situada entre Puerto Naos y El Remo. La zona Sur de la playa es de arena y en el Norte hay una zona de rocas bastante llana donde es posible observar limícolas como zarapito trinador, andarríos chico, correlimos tridáctilo y vuelvepedras. El zarapito ha sido observado incluso en época reproductora.

También se pueden observar especies como el vencejo unicolor, el cernícalo vulgar, el charrán común y la paloma bravía, todas reproductoras en la zona.

En esta imagen se puede observar el roque donde en 2004 se instaló una pareja de charrán común para reproducirse.

10.3.2.16. Puerto Naos

Puerto Naos constituye la segunda zona turística de la isla, junto con los Cancajos. La playa es bastante amplia y es fácil observar gaviotas, vencejos, palomas, tórtolas y charranes.

En las cercanías de este complejo turístico se ha formado la colonia de mayor número de parejas de la isla, llegando a contabilizarse 5 parejas reproductoras en 2004.

10.3.2.17. Playa Nueva

Se trata de una amplia playa, bastante frecuentada por bañistas y aficionados al surf, con pequeñas construcciones habitadas durante la época de estío. La avifauna presente en esta zona es la paloma bravía y el vencejo unicolor. Ambas especies crían en los acantilados costeros, que como se puede observar en la fotografía, alcanzan cierta envergadura en este tramo costero. El cernícalo vulgar también está presente. Durante el invierno la presencia de aves no es relevante.

10.3.2.18. Tazacorte

La costa perteneciente al término municipal de Tazacorte se extiende desde La Bombilla hasta la Punta de Juan Graje. En este punto se describe tan solo la situación ornítica de los alrededores de la población y su puerto.

El cernícalo vulgar nidifica en acantilados con plataneras en la parte superior. En los roques cercanos a esta costa es posible observar charranes descansando y en busca de alimento. Las gaviotas sobrevuelan toda la zona, en movimientos entre las zonas de descanso y las

zonas de alimentación. La nidificación en esta parte de la isla no es tan relevante como en determinadas zonas más septentrionales.

Debido a la presencia de jaulas de acuicultura frente del puerto antiguo, situado justo al Norte de la playa, no resulta complicada la visión de gaviotas y pardelas relativamente cerca de la costa. Las palomas también son abundantes en esta zona y cernícalos y vencejos nidifican en la pared del barranco de las Angustias. El vencejo unicolor también está presente en este cortado. Se pueden observar limícolas en paso por la playa, sobre todo en la zona más meridional.

En el puerto se han observado gaviota patiamarilla y gaviota sombría, esta última en tan solo una ocasión. Los charranes también visitan el puerto a menudo y en febrero de 1998 llegó un alcatraz herido. En cuanto a los paseriformes, la lavandera boyera es frecuente en los alrededores del puerto.

En Tzacorte hay citas de guinchos (águila pescadora) desde 1995 hasta la fecha, siendo el punto de la isla donde más observaciones se han registrado.

10.3.2.19. La Flamenca

La Flamenca es el nombre con el que se denomina al primer tramo costero que aparece al Norte del Barranco de las Angustias. La morfología de la costa pasa a ser muy abrupta, con acantilados de gran altura y escasas playas. En estos acantilados costeros se reproducen cernícalos, palomas y alguna gaviota. Esta especie comienza a ser abundante algunos kilómetros más al Norte.

10.3.2.20. Roque del Águila

Se trata de un roque situado en la costa Oeste de la isla, cerca de la Punta de los Gómeros. Durante los muestreos en barco, se comprobó la presencia de un nido de gaviota patiamarilla con 2 pollos y 5 nidos de charrán común, 3 con 2 huevos y 2 con 3 huevos.

La visita al roque se realizó a finales de mayo del 2004. Es posible que los charranes estuvieran empezando a poner en esas fechas. Los datos anteriores sobre la reproducción en el roque reflejan lo siguiente: a mediados de junio se contabilizaron 12 individuos en el 2001 y 15 en el 2002. A finales de agosto de 2002 los charranes se habían marchado (I. Brito, com. pers.).

10.3.2.21. Callado Nuevo

Se localiza entre la playa Jurado y el poris de Candelaria (Tijarafe). Es frecuente la presencia de grupos de gaviotas pasando o descansando por la zona y se han registrado dos parejas criando en la roca

10.3.2.22. Playa de las Vinagreras

Playa situada en la costa de Tijarafe donde se ha registrado un gran número de cernícalo vulgar. Esta especie se reproduce en la zona, así como la paloma bravía. La gaviota patiamarilla también cría por los alrededores, registrándose una pareja en las Vinagreras y dos más en la Cofradía, zona situada a una distancia aproximada de 1 kilómetro.

10.3.2.23. La Veta

Zona cercana a la playa, hacia el Norte, donde se han registrado varias parejas de cernícalo vulgar nidificando. Algo más al Norte, en el Roque aparece de nuevo algún nido de gaviota patiamarilla. El 27 de mayo se podían ver dos pollos de esta especie alrededor del nido.

10.3.2.24. Tinizara

En esta playa perteneciente al municipio de Tijarafe se reproducen varias especies. En primer lugar el vencejo unicolor, se encuentra como reproductor y a determinadas horas del día, sobre todo al ocaso, forma una gran algarabía en aquel tranquilo lugar. También forma parte de este enclave el cuervo y por último el halcón de Berbería. Ambas especies han elegido la costa de Tinizara como lugar de cría. A lo largo de la costa se pueden encontrar gaviotas patiamarillas en paso. No se ha constatado la reproducción de la especie en la zona.

10.3.2.25. Las Barreras

A lo largo de la costa situada al Sur de las Barreras, desde Punta de los Pájaros hasta Punta del Serradero, se pueden observar paloma bravía, vencejo unicolor, cernícalo vulgar y gaviota patiamarilla. Como reproductores en la zona se han registrado el halcón de Berbería y la gaviota patiamarilla, esta última en un número de 60 a 70 parejas.

10.3.2.26. Punta de las Gaviotas

En este punto se han llegado a registrar 25 parejas de gaviota patiamarilla. A lo largo de todos los alrededores de esta zona el movimiento de gaviota patiamarilla es continuo.

10.3.2.27. Costa del Porcal

La colonia de gaviota patiamarilla se prolonga en el espacio, sumándose a las anteriores 28 parejas más, contabilizadas en los acantilados de la costa del Porcal.

10.3.2.28. Caldero del Roque

El número de parejas de gaviota patiamarilla va disminuyendo conforme se acerca a la costa Norte. En el tramo costero que discurre entre Caldero del Roque y Punta Gorda tan solo se han registrado 4 parejas reproductoras de gaviota patiamarilla. La paloma bravía y el cernícalo vulgar también se encuentran presentes como nidificantes en la zona.

Durante el invierno es posible ver garceta común en la costa NO. En diciembre de 2003 fue registrado un individuo en Punta Gorda.

10.3.2.29. Punta Gutiérrez

Se localiza en la zona central de la costa del Higuascán y durante la primavera se han podido registrar chovas, cernícalos, gaviotas y cuervos. El número de gaviotas registradas fue relativamente bajo. Con respecto a los cuervos, esta especie ha sido registrada en Punta Gutiérrez, en Punta de Izcagua, en Lomada Grande y en Punta del Puerto Viejo. Presumiblemente se trata de la misma pareja, cuyo nido se encuentra en Lomada Grande desplazándose varios kilómetros en busca de alimento.

10.3.2.30. Lomada grande

En este incomparable marco se reproduce una pareja de cuervos y varias parejas de gaviota patiamarilla de forma dispersa. También es posible encontrar nidos de chova piquirroja y paloma bravía en los huecos que la roca deja incompletos.

10.3.2.31. Punta del Puerto Viejo

En este punto de la costa se da la reproducción de varias especies, como son el vencejo unicolor, el cernícalo vulgar y la paloma bravía. La chova piquirroja y el cuervo han sido observados en la zona.

10.3.2.32. Roque de Las Tabaibas

Se trata de un vistoso roque reconocible por el hueco que hay en su mitad más cercana a la costa. El nombre le viene dado por la presencia de una planta denominada tabaiba. Tan solo en el roque nidifican cada año del orden de 35 parejas de gaviota patiamarilla.

En el roque situado en la parte septentrional, llamado roque de San Antonio hay citas de reproducción de Charrán común. En el año 2004 no se ha confirmado la reproducción de la especie en el roque. Directamente en el acantilado de la costa también se encuentra algún nido de gaviota patiamarilla aislado.

10.3.2.33. Punta Valiero

De toda la isla, Punta Valiero es la zona donde se da una mayor diversidad avifaunística. Las especies registradas son: vencejo unicolor, cuervo, cernícalo vulgar, halcón de Berbería, chova piquirroja, gaviota patiamarilla y paloma bravía. Estas especies se reproducen en la punta o a pocos metros de ella.

10.3.2.34. La Manga

En esta zona se puede observar la mayor concentración de chova piquirroja de toda la costa de la Palma. Se trata de una zona llana, situada en el punto más septentrional de la isla. En la imagen se puede observar al fondo, como la costa pierde altura para convertirse en una amplia llanura a unos 40-60 metros sobre el nivel del mar. Para la avifauna marina, esta zona parece no tener muchas ventajas según el bajo número de registros obtenidos. La situación geográfica hace que los vientos Alisios soplen con bastante frecuencia y de un modo directo. No se descarta la presencia de alguna pareja de gaviota patiamarilla nidificando. También existen citas de charrán común (Martín et al. 1987, Martín y Lorenzo, 2001), esta especie no se ha registrado durante las visitas realizadas a la zona en 2004.

Otras especies “terrestres” se encuentran bastante vinculadas a la zona, como son el cernícalo vulgar, la paloma bravía y el vencejo unicolor. La chova, como ya se ha comentado, presenta una población de una magnitud relevante en esta zona.

10.3.2.35. Punta de Don Pedro

Se trata de una zona bastante inaccesible, en la cual no se ha observado un movimiento de aves llamativo durante las visitas realizadas a la zona. Las especies registradas son el

cernícalo vulgar, la chova piquirroja y el vencejo unicolor. Con respecto a la gaviota patiamarilla, esta especie es observada en bajo número y no se ha constatado la reproducción en la zona. Según el atlas de las aves nidificantes de la Palma (Lorenzo y col., 2002), esta especie se reproduce en alguna zona cercana al poris de Don Pedro.

10.3.2.36. Franceses

Durante el invierno se ha registrado un zarapito trinador en los charcos que se forman en una antigua construcción abandonada de la fajana. También se registraron gaviota patiamarilla descansando y en paso. Durante la época reproductora tan sólo se ha constatado la reproducción de paloma bravía y cernícalo vulgar. También se han observado algunas parejas de gaviota patiamarilla, con pollos a finales de mayo. En las paredes de los riscos se pueden observar claramente los excrementos de pardela cenicienta, indicio claro de su reproducción en la zona.

10.3.2.37. Gallegos

A lo largo de esta costa se han observado varias especies, de las cuales el cernícalo vulgar, la paloma bravía y el vencejo unicolor se reproducen en la zona y el busardo ratonero, la gaviota patiamarilla y la chova piquirroja utilizan la zona para buscar alimento o como zona de paso o de descanso. Es posible que el busardo ratonero críe en algún barranco del interior. La población de vencejos es considerable, llegando a contabilizarse un bando de 60 individuos una tarde de junio.

10.3.2.38. Punta Gaviota

Lo más relevante de esta zona es la colonia de gaviota patiamarilla que consta de aproximadamente 20 parejas reproductoras. También se reproduce por la zona alguna pareja de cernícalo vulgar y cierta frecuencia suele verse u oírse a la chova piquirroja.

10.3.2.39. La Fajana de Barlovento

Teniendo en cuenta el fácil acceso hasta este punto, es uno de los mejores lugares para observar a la pardela cenicienta cerca del nido. Hay zonas de la carretera donde los nidos se encuentran justo encima y es un espectáculo verlas y oírlos a tan pocos metros. Puerto Espíndola también es un buen lugar para su observación, que será comentado más adelante. Respecto al resto de especies, es posible observar durante el invierno algún limícola en La Fajana y en zonas cercanas a esta, como Los Camachos y Los Pedregales,

se han registrado chova piquirroja nidificando y una pareja de busardo ratonero campeando por la zona. La paloma bravía también está presente en esta costa, al igual que en la mayoría de la costa de la isla.

10.3.2.40. Roque Negro

Una de las colonias más importantes de petrel de Bulwer de la isla de la Palma se localiza en este pequeño roque situado en el extremo Nororiental de la isla. En la revisión del roque, realizada el 25 de mayo de 2004, no se encontró ninguna puesta. En el roque había excrementos y plumas. Según la bibliografía consultada, las fechas de puesta son a finales de mayo o principios de junio. Los datos sobre estimación de parejas eran de 40-50 en 2001 según Martín y Lorenzo y en el Atlas publicado por la SEO en 2002 (Lorenzo y col., 2002) se baraja la cifra de 28.

10.3.2.41. Puerto Espíndola

Se trata de un tranquilo puerto construido al abrigo de un risco en el que crían decenas de pardelas cenicientas. También forman parte de la avifauna del lugar los cernícalos vulgares y palomas bravías, presentes en la mayor parte de la costa palmera. Es frecuente la visita de gaviotas patiamarillas en busca de alimento o descanso y también es habitual durante el invierno, poder ver algún limícola en la rampa o en las escolleras del puerto.

10.3.2.42. Punta Gorda, Los Sauces

En la costa de Los Sauces se pueden observar gaviotas de varias clases de edad, sobre todo en invierno, así como vuelvepedras y algún que otro cernícalo vulgar. También se ha registrado un charrán común de paso en esta zona.

En esta costa, cercano a las piscinas naturales llamadas Charco Azul existe un campo de tiro al plato abandonado donde se detectó la presencia de una pareja de charrán común con comportamiento territorial. La mayoría de las parejas reproductoras que han sido localizadas se encontraban criando en un roque, debido a que la especie es muy sensible a las molestias humanas y como protección ante los depredadores. De tratarse de una pareja reproductora que ha instalado el nido en el campo de tiro al plato, sería el único emplazamiento no localizado en un roque.

10.3.2.43. Barranco de San Juan

Esta zona también se denomina El Cercado Grande y forma un risco donde ha sido registrado en varias ocasiones el busardo ratonero, durante el invierno. La gaviota patiamarilla también ha sido registrada en la zona, así como vencejos unicolor. En primavera se han observado también cernícalo vulgar.

Algunos metros al Sur se encuentra la punta del Guíncho, donde ha sido registrado un busardo ratonero y cernícalo vulgar.

10.3.2.44. Callao y playa de Nogales

En la zona Norte del barranco de Nogales se pueden observar 2 nidos abandonados de águila pescadora en el acantilado. Estos nidos han sido citados en varias publicaciones. Gaviotas patiamarillas y chovas pasan frecuentemente por la zona en dirección a sus lugares de cría o de descanso. En la zona se reproduce el cernícalo vulgar y el mosquitero común.

Con respecto a la playa, durante los muestreos realizados en invierno se registraron grandes bandos de gaviota patiamarilla descansando en la orilla. En primavera esta especie se registró en paso sobre el acantilado que forma la playa. El Halcón de Berbería podría encontrarse criando en los alrededores de la playa.

Durante el mes de junio de 2004 ha sido observada una pareja y un juvenil posados en la zona más alta de los riscos de la playa de Nogales. La chova piquirroja también se encuentra presente en la zona, siendo observada en paso durante todo el año. La pardela cenicienta se reproduce también en Nogales, así como el cernícalo vulgar y la lavandera cascadeña.

10.3.2.45. Punta Sancha

La existencia de plantaciones de plataneras en la zona superior del risco parece ser una característica importante para la nidificación del cernícalo vulgar. En el tramo costero de Punta Sancha, Puerto Trigo y Punta Cardones se encuentran nidificando varias parejas de esta especie.

10.3.2.46. Barranco Seco

A pocos metros del mar se encuentra el vertedero municipal de Santa Cruz, donde se concentran docenas de gaviotas en busca de alimento. En la costa se ha registrado un busardo ratonero y algún individuo de cernícalo vulgar.

10.3.2.47. Santa Cruz

En la costa de la capital, tanto en el muelle como en la playa colindante se pueden observar grupos de vuelvepedras o individuos aislados durante todo en invierno y la época de migración. En diciembre de 2003 se pudo ver un chorlitejo patinegro entre un grupo de vuelvepedras en la playa situada justo al Norte del puerto de Santa Cruz. En el puerto también se ha registrado un andarríos chico Las gaviotas patiamarillas también son visitantes frecuentes de esta costa.

10.3.2.48. Playa de Bajamar

Esta playa se sitúa debajo del risco de la concepción, donde se puede observar alguna chova piquirroja, vencejos, cernícalos.

En la playa se pueden observan las siguientes especies: gaviota patiamarilla y paloma bravía.

10.3.2.49. Punta de San Carlos

Frente a cuartel de la Guardia Civil denominado “El Fuerte” se localiza la Punta de San Carlos, donde se ha constatado la reproducción de charrán común, al menos 3 parejas.

La colonia tiene varios aspectos curiosos, uno de ellos sería la cercanía a zonas antropizadas, como es el cuartel, del que le separan escasos metros. La explicación podría ser la escasez de zonas tranquilas donde establecer el nido en la costa de la Palma y la ausencia de visitantes y de molestias humanas en San Carlos, ya que el cuartel en cierto modo evita las posibles molestias ocasionadas por los turistas.

Otra curiosidad con respecto a la colonia de San Carlos es lo sucedido con una pareja de charranes y su prole. Esta pareja fue localizada en la cara interior del roque el 29 de mayo de 2004, con 3 pollos volantones. Los adultos les presentaban cebas continuamente a los

pollos. El día 3 de junio se volvió a revisar la colonia y en lugar de la pareja con los 3 pollos volantones se encontró una pareja arreglando el nido y ni rastro de los 3 pollos.

10.3.2.50. Los Cancajos

En la playa se suelen observar gaviotas y algún limícola en la orilla. En el Sur la costa se hace rocosa y se pueden observar vuelvepedras buscando alimento, así como alguna gaviota patiamarilla y palomas bravías que se reproducen en esta zona.

10.3.3. Inventario de especies

Se puede observar en la Tabla 14 Categorías de Amenaza.

Nombre científico	Nombre vernáculo	Status en la zona	Libro Rojo UICN	Libro Rojo de vertebrados de España	Libro Rojo de vertebrados de Canarias	R.D. 439/90	R.D. 1095/89	R.D. 1118/89	Directiva aves	Directiva hábitat	R.D. 1997/1995	Convenio Berna	Convenio Bonn	Orden 14 de Sep de 1998	Catálogo de Especies Amenazadas De Canarias	Reglamento CEE/Cites
<i>Rana perezi</i>	Rana común	IN	NA	NA						V		III			NA	
<i>Tarentola delalandii</i>	Perinquéen común	EN	NA	NA		II				IV		II			NA	
<i>Gallotia galloti</i>	Lagarto tizón	EN	NA	NA		II				IV		II			NA	
<i>Bulweria bulwerii bulwerii</i>	Petrel de Bulwer	E	NA	V		II			I						V	
<i>Calonectris diomedea borealis</i>	Pardela cenicienta	E	NA	NA		II			I						IE	
<i>Puffinus puffinus</i>	Pardela pichoneta	E	NA	E		II									SN	
<i>Puffinus assimilis baroli</i>	Pardela chica	E	NA	V		II			I						V	
<i>Hydrobates pelagicus</i>	Paño común	A	NA	V		II			I						V	
<i>Morus bassanus</i>	Alcatraz	A	NA	NA		II									NA	
<i>Phalacrocorax carbo</i>	Cormorán grande	A	NA	NA		II									NA	
<i>Egretta garcetta</i>	Garceta común	P	NA	NA		II									IE	
<i>Ardea cinerea</i>	Garza real	P	NA	NA		II									IE	
<i>Buteo buteo</i>	Busardo ratonero	R	NA	NA		II									E	
<i>Pandion haliaetus haliaetus</i>	Águila pescadora	P	NA	V		II			I						IE	
<i>Falco tinnunculus canariensis</i>	Cernícalo vulgar	R	NA	NA		II									E	
<i>Falco pelegrinoides pelegrinoides</i>	Halcón tagarote	R	NA	E		II									IE	
<i>Himantopus himantopus</i>	Cigüeñuela	P	NA	NA		II			I			II	II			
<i>Recusvirostra avosetta</i>	Avoceta	A	NA	R		II			I			II				
<i>Charadrius hiaticula</i>	Chorlitejo grande	I,P	NA	NA		II						II			SN	
<i>Charadrius alexandrinus alexandrinus</i>	Chorlitejo patinegro	A	NA	K		II						II				
<i>Pluvialis squatarola</i>	Chorlito gris	I,P	NA	NA		II						III				
<i>Calidris alba</i>	Correlimos tridáctilo	I,P	NA	NA		II						II				
<i>Calidris minuta</i>	Correlimos menudo	I	NA	NA		II						II				
<i>Calidris ferruginea</i>	Correlimos zarapitín	P	NA	NA		II						II				
<i>Calidris alpina</i>	Correlimos común	I,P	NA	NA		II						II				
<i>Calidris canutus</i>	Correlimos gordo	P	NA	NA		II						III				
<i>Philomachus pugnax</i>	Combatiente	A	NA	NA		II			I			III				
<i>Gallinago gallinago</i>	Agachadiza común	I,P	NA	K			I		II, III			III				
<i>Limosa limosa</i>	Aguja colinegra	I,P	NA	NA		II						III				
<i>Limosa lapponica</i>	Aguja colipinta	I,P	NA	NA		II			I			III				
<i>Numenius phaeopus</i>	Zarapito trinador	I,P	NA	NA		II						III				
<i>Tringa totanus</i>	Archibebe común	I,P	NA	NA								III				
<i>Tringa nebularia</i>	Archibebe claro	I,P	NA	NA		II						III				
<i>Tringa ochropus</i>	Andaríos grande	I,P	NA	NA		II						II				
<i>Tringa glareola</i>	Andaríos bastardo	I,P	NA	NA		II			I			II				
<i>Actitis hypoleucos</i>	Andaríos chico	I,P	NA	NA		II						II				
<i>Arenaria interpres</i>	Vuelvepiedras común	I,P	NA	NA		II						II				
<i>Larus ridibundus</i>	Gaviota reidora	I	NA	NA			I					III				
<i>Larus fuscus</i>	Gaviota sombría	I,P	NA	NA			II									
<i>Larus cachinans atlantis</i>	Gaviota patiamarilla	R	NA	NA			I									
<i>Sterna sandvicensis</i>	Charrán patinegro	I	NA	NT					I							
<i>Sterna dougallii dougallii</i>	Charrán rosado	A	NA			II			I			II	II		IE	
<i>Sterna hirundo hirundo</i>	Charrán común	E	NA	R		II			I			II	II		V	
<i>Columba livia</i>	Paloma bravía	R	NA	NA			I		II			III				
<i>Streptopelia turtur</i>	Tórtola turca	R	NA	NA			II					III				
<i>Tyto alba</i>	Lechuza común	R	NA	NA		II						II			IE	II
<i>Asio otus canariensis</i>	Buho chico	R	NA	NA		II						II			IE	II
<i>Apus apus</i>	Vencejo común	P	NA	NA		II						II			IE	
<i>Apus unicolor</i>	Vencejo unicolor	E	NA	DD		II						III			IE	
<i>Anthus berthelotii berthelotii</i>	Bisbita caminero	R	NA	DD		II						II			IE	
<i>Motacilla cinerea</i>	Lavandera cascadeña	R	NA	NA		II						II			IE	
<i>Pyrrhocorax pyrrhocorax barbatus</i>	Chova piquirroja	R	NA	EN		II			I			II			V	
<i>Corvus corax tingitanus</i>	Cuervo	R	NA	NA								III			SN	
<i>Sylvia melanocephala leucostrata</i>	Curruca cabecinegra	R	NA	NA		II						II	II		IE	
<i>Phylloscopus collybita canariensis</i>	Mosquitero común	R	NA	NA		II							II		IE	II
<i>Pipistrellus maderensis</i>	Murciélago de Madeira		K	V		II				IV						
<i>Hypsugo savii</i>	Murciélago montañero		NA	K		II				IV						
<i>Nyctalus leiseri</i>	Nóctulo pequeño		NA	I		II				IV						
<i>Plecotus teneriffae</i>	Orejudo canario	EN	V	V		I				IV					V	
<i>Rattus rattus</i>	Rata negra	IN	NA	NA												
<i>Rattus norvegicus</i>	Rata parda		NA	NA												
<i>Mus domesticus</i>	Ratón casero	IN	NA	NA												
<i>Oryctolagus cuniculus</i>	Conejo	IN	NA	NA												

Tabla 14 Categorías de Amenaza

11. ESTUDIO Y CARTOGRAFÍA DEL PATRIMONIO ARQUEOLÓGICO

11.1. Aspectos generales y metodología aplicada.

La realización de un proyecto de inventario de recursos del Patrimonio Histórico Arqueológico y Etnográfico de la Isla de la Palma, a la luz de las disposiciones generales contenidas en el marco de referencia obligado que es la Ley del patrimonio Histórico español (16/85) y la normativa del Gobierno de Canarias y del Cabildo Insular de La Palma, aplicables; de acuerdo asimismo con las disposiciones internacionales a las que nuestro país está obligado, es un objetivo acertado que no obstante ha debido arrostrar numerosas dificultades de índole metodológico y práctico a la hora de su realización.

Si tenemos en cuenta la especial fisonomía diferencial de cada una de las islas del Archipiélago Canario, objetivaremos de inmediato algunas de esas dificultades de carácter general, ya que reposan directamente en la complicada orografía de algunas de las islas (las más occidentales), entre las que se encuentra de manera muy principal La Palma.

El hecho de que el proyecto sea global, pero con marcado acento en los aspectos relativos a los recursos naturales, determina que desde un principio, se haya debido adaptar, no siempre con facilidad, la metodología de trabajo arqueológico, tanto terrestre como subacuático, y etnográfico, a unos sistemas de recogida de información y sobre todo de plasmación de la misma en los correspondientes informes parciales y en el elenco final, que poco tienen que ver con los procedimientos habituales de nuestras especialidades humanísticas. Por otra parte la abundancia de información de carácter "literario" que predomina en los estudios humanísticos a los que pertenece la Arqueología y la Etnografía, es difícilmente compatible con un sistema fundamentado en herramientas informáticas poderosas (p.e. Arc view), cuyo objetivo es elaborar un S.I.G, en el que la información atinente a nuestras especialidades puede quedar poco representada o desvirtuada en algunas capas específicas, si no se complementa con los necesarios anexos, como los que presentamos en el estudio documental final, en soportes informáticos ad hoc, como los estructurados como documentos word, que permiten un desarrollo lineal más completo y complejo pero en el que queda plasmada con mayor eficacia la información recogida, tanto la de tipo administrativo como la puramente científica o documental.

La circunstancia de que se haya previsto una documentación de las evidencias arqueológicas subacuáticas del litoral de la isla de La Palma, sin haber considerado las dificultades atinentes y específicas a esta isla, así como la inexistencia previa de literatura

específica desarrollada sobre la misma, ha obligado a un gran esfuerzo suplementario de recogida de información de todo tipo: archivos, literatura, documentación administrativa, encuestas etnográficas, estudio de materiales recogidos en la costa y sobre todo análisis pormenorizado de los registros provenientes de las prospecciones generales y particulares del proyecto, como sonar de barrido lateral y sonda multihaz, así como datos de registros batimétricos y otros que se han visionado y analizado de manera detallada para identificar todos aquellos puntos susceptibles de una posterior comprobación directa por detección por imagen o bien mediante acceso directo al lugar con buceadores.

Como era de esperar, tras un análisis de proximidad muy detallado de la documentación previa, las zonas susceptibles de presentar restos de este tipo se redujeron a unos pocos puntos, realmente muy pocos, que luego la verificación directa redujeron casi a la nada por efecto, por un lado de la dureza del mar palmero y por otro por haber sufrido los efectos de la transformación de la costa (zonas portuarias) o adecuación de infraestructuras de otro tipo, debidamente documentadas en periodos históricos recientes.

Desde el punto de vista de la recogida y tratamiento de la documentación arqueológica y etnográfica, pero singularmente la primera, la Isla de La Palma ha supuesto un esfuerzo titánico ya que su especial orografía determina la aproximación metodológica de manera fundamental, no siendo posible la utilización sistemática de recursos hoy tan habituales en Arqueología como un simple GPS manual ya que la configuración en profundos barrancos con viseras y paredes verticales o en extraplomo, unido a la profunda y difícil vegetación, condiciona extraordinariamente esas operaciones que en campo abierto no ofrecen grandes dificultades.

Esa misma configuración, la reiterada utilización de los puntos mas accesibles para el habitat o las actividades económicas, artesanales o de subsistencia y el retardatario proceso evolutivo de las culturas palmeras a lo largo de los siglos, ha impedido una mayor rapidez en el proceso de recogida de datos por tierra, la mayor parte, ya que la impracticabilidad de los caminos, en el mejor de los casos sencillas sendas, a veces perdidas, ha obligado a utilizar técnicas de escalada para poder acceder a algunos, no pocos, de los covachos y abrigos rocosos con signos de ocupación en época prehistórica o posterior.

Las razones de seguridad también han influido, y no poco, durante el proceso de recogida de información o de verificación de la ya existente dado que las características geomorfológicas citadas, imposibilitan con frecuencia el acceso en la época de lluvias, muy

anárquica en el año 2004 e inicios del 2005, en los que se han vuelto a repetir fenómenos atestiguados históricamente de incomunicación de muchos de los puntos ocupados o frecuentados antiguamente, precisamente por la impracticabilidad de los barrancos, afectados por torrenteras y por el peligro constante de desprendimientos.

Estas circunstancias debidas a meteoros conocidos, han quedado atestiguadas en la información histórica, tanto en la literatura científica como en las referencias de las encuestas etnográficas realizadas e incluso en algunos datos procedentes de estudios arqueológicos en los que las excavaciones practicadas han facilitado algunos datos al respecto.

La información arqueológica ha tomado como punto de partida la documentación administrativa o científica depositada en archivos y bases de datos, (hasta ahora no informatizadas) de la propia administración insular, así como de estudios científicos, algunos de ellos inéditos aportados por los propios investigadores. Esta información que se ha plasmado en extensas fichas básicas en documentos de texto informatizados en sistema word, se inician en el momento en que se determina la necesidad de comenzar el necesario inventario de recursos patrimoniales de la isla por parte de las autoridades del Cabildo Insular. Son fichas de tipo acumulativo, sistemáticas en lo referente a la recopilación de datos administrativos de situación, condición de estado de conservación, grado de protección administrativa, así como los contenidos descriptivos necesarios y habituales en este tipo de archivos. La verificación de los datos *in situ* es total y la práctica de compilación para su gestión administrativa y científica es la del agrupamiento cultural o funcional por conjuntos, por lo que en una misma ficha pueden encontrarse diversas unidades, a veces mas de diez, que cumplen con los requisitos básicos de: agrupamiento, funcionalidad, identidad cultural y cronología.

La utilización de este sistema, el habitual de la Administración, es la practicidad funcional para evitar una multiplicación excesiva de las entradas muy repetitivas que terminarían por esclerotizar su uso. Al mismo tiempo, al privilegiar las descripciones, muchas veces de gran prolijidad, se facilita la verificación periódica de su estado ya que este tipo de yacimientos son muy sensibles a las alteraciones, sobre todo por causas antrópicas, sobre todo una vez conocidos, de ahí la necesaria discrecionalidad en el uso y difusión de dichas bases de datos que tienen sobre todo una finalidad administrativa de protección patrimonial y en segundo lugar científica, de estudio.

En las fichas base se anota el inicio del expediente administrativo que genera cada una de ellas pero se mantiene abierto en cuanto a su finalización, salvo que se haya producido una anulación o destrucción, ya que las actuaciones futuras de estudio o intervención hace necesaria tal modalidad de documentación por imposición administrativa de la propia autoridad insular.

Respecto a la información etnográfica, la mas sensible como ya se apuntaba en el titulo VI de la Ley 16/85 del P.H.E., se ha procedido a dar protagonismo a aquellos elementos singulares y diferenciales de la isla de la Palma, como son los relativos a las comunicaciones marítimas, los Poris o Prois, dado que hasta los años sesenta del siglo XX han constituido un elemento imprescindible para comprender la dinámica comercial y de transporte de viajeros por el litoral debido a la ausencia de buenas (a veces nulas) comunicaciones terrestres interiores. A este aspecto se dedica un estudio de investigación específico que anota todos los prois conocidos o documentados con indicación detallada de los restos que todavía se conservan de cada uno de ellos y la indicación de la actividad atestiguada. Es la primera vez que se lleva a cabo un estudio pormenorizado de este singular medio de comunicación tan decididamente palmero.

Igual decisión se tomó al llevar a cabo un estudio particular de otras instalaciones artesanales o de incipiente industria como los molinos de chochos, molinos de mijo y otros puntos de interés, como producciones de tejidos vegetales, durante mucho tiempo elemento primordial de la economía de subsistencia de los insulares.

La información relativa a la mar, ha sido en buena medida decepcionante, pero no por la calidad de los datos exhumados, sino por la escasez de los mismos y sobre todo por la desaparición, en tiempos históricos, (a veces relativamente recientes) de algunos que han sido paradigmáticos en la historia de la isla y en su relación tormentosa con la mar.

Una navegación oceánica indiscutible, así como unos presuntos precedentes de navegaciones prehistóricas y protohistóricas desconocidos a través de las fuentes literarias o arqueológicas y una intensa, pero poco documentada arqueológicamente, navegación de cabotaje a través de los embarcaderos palmeros o prois, ha dado como resultado una base documental extensa que ha permitido una autopsia general de la actividad de navegación, con distintos fines, a, desde, o alrededor de la Isla de La Palma a lo largo de los siglos.

Desde una ordenación simplemente cronológica, descartados por inexistentes los datos sobre las navegaciones prehistóricas y protohistóricas de los antiguos benahoritas, seguras por otra parte ya que la insularidad significa aislamiento, pero también conexiones con el exterior en momentos significativos, tenemos que llegar a la presencia de los conquistadores castellanos que ocupan el archipiélago en nombre de la Corona Española a partir de cuyo momento se produce una inflexión profunda en su devenir histórico, desde este momento ligada a los designios de los colonizadores hispanos que tuvieron en poca consideración a los benahoritas, salvo para su utilización como mano de obra barata o para ser receptáculo de los bienes de consumo que se intercambiaban por los productos naturales que aquellos producían.

La creación de Santa Cruz de la Palma, así como el otro centro, la actual Tazacorte, supuso el inicio de una forma de explotación de las riquezas naturales de la isla. Por otra parte la producción de barcos, muy activa, para las navegaciones con Europa o el Continente Americano mas tarde, además de la actividad inherente al ser el puerto del que se daba el salto al océano, privilegiaron la isla y su desarrollo económico en este sentido, facilitando el desarrollo de la actividad ligada a la industria de la navegación.

Esa actividad se refleja en un estudio que acompañamos como anexo en el que cronológicamente se da repaso completo a dicha actividad hasta el presente, titulado El Mar Palmero.

La navegación de cabotaje queda igualmente estudiada hasta su mínimo pormenor en el estudio *ad hoc*, lo mismo que los dos grandes acontecimientos que conmovieron, no sólo a los insulares y al archipiélago, como el episodio denominado como de los Mártires de Tazacorte (de San Miguel de La Palma), matanza de cuarenta P.P. jesuitas y novicios del galeón portugués Santiago, presa de los piratas franceses el 15 de julio de 1570, en las costas de Tazacorte. De dicho acontecimiento, que ha producido una extensa bibliografía se ha elaborado un estudio monográfico que se acompaña en anexo.

De dicho barco se ha intentado infructuosamente recuperar información arqueológica precisa para lo que se ha procedido a revisar exhaustivamente los registros de las prospecciones geofísicas, así como encuestas etnográficas y consultas selectivas a los buceadores de la zona, sin que hayan aportado datos significativos. Complementariamente se realizaron diversas inmersiones de comprobación que fueron negativas corroborando lo que se conocía con anterioridad por los registros geofísicos. No obstante no se excluye la

posibilidad de que a gran profundidad (superior a 80 m. y por tanto fuera de las posibilidades normativas de verificación) pudieran encontrarse fortuitamente en el futuro evidencias concrecionadas de algunos objetos metálicos o cerámicos, pero desde luego en absoluto restos de estructuras articuladas del casco del galeón ya que estas aguas y su dinámica no lo permiten y los registros y las inmersiones de comprobación no lo han detectado.

El otro gran episodio de la historia naval de la Isla fue la trágica pérdida del vapor General Alava, de la Marina Española, acaecida en la misma rada de la capital el día 11 de noviembre de 1863 a causa de una combustión interna de las carboneras y a las poco eficaces maniobras de anegamiento de las mismas para evitar el desastre. El día 13 del mismo mes y año el barco estaba anegado y el 14 se procedió a destrincarlo de su cable de proa cuando se hallaba partido en dos por la sección de las carboneras. Diversas operaciones de salvamento de los restos, cargamento, etc. mediante buzos permitieron rescatar parte de la carga, armas incluidas, pero el barco se había perdido y fue un pecio abandonado en la rada exterior hasta que las obras portuarias de la segunda mitad del siglo pasado terminaron con esos restos ya que quedaron bajo las obras de ampliación del puerto de Santa Cruz de la Palma, bajo una de las escolleras y plataformas de carga. Unos pocos materiales recogidos en ese momento con control oficial del Ministerio de Educación y Cultura son las últimas evidencias del desdichado barco, junto a otros restos dispersos, algunos de ellos expuestos en el Museo naval de la Isla.

De este episodio se acompaña igualmente un estudio monográfico con la información correspondiente y un aparato gráfico adecuado.

11.2. La Arqueología de La Palma

La inclusión del patrimonio arqueológico de la isla en un estudio de recursos e información científica de todo tipo vinculados a la línea de la costa, merece en el caso de esta isla, un tratamiento y sobre todo una explicación aclaratoria antes de pasar al núcleo descriptivo y analítico del mismo.

La ya aludida configuración del espacio que gravita entorno al eje de la línea de costa, hace que la casi totalidad del patrimonio arqueológico de la misma quede comprendido, ya que es muy difícil, casi imposible, deslindar actividades antrópicas diferentes a las vinculadas a la propia costa por los rasgos generales aludidos. Solamente se puede comprender la dinámica ocupacional de La Palma, si se entiende el papel que juega la mar, la costa y sus

aledaños. Allí se dan las condiciones para el desarrollo de la pobre economía de subsistencia que siempre tuvieron y allí se ubican los puntos de ocupación principales durante gran parte del desarrollo histórico tradicional de la misma hasta la llegada de los conquistadores en el siglo XVI, que marcaron una inflexión importante pero que nunca acabaron, hasta tiempos muy recientes con las forma de vida tradicionales enraizadas fuertemente en ese torturado litoral.

Los yacimientos son simples lugares en cuevas, covachas y abrigos rocosos, sencillas viseras y muy escasos establecimientos de mayor entidad allí donde el terreno lo ha permitido, que dan una cierta uniformidad al patrimonio palmero en las épocas prehistóricas y protohistóricas, tan ricas en puntos de interés, tanto habitacionales como deposicionales (enterramientos), muchas veces difíciles de identificar sin una aproximación arqueológica adecuada. Por esa razón no se puede hacer una delimitación homogénea de la línea de actuación o afección a este proyecto como si se tratase de un estudio de cualquiera de las ciencias naturales comprendidas en el mismo. La ductilidad, la adecuación a la realidad arqueológica y cultural son las que han determinado obligadamente la adecuación a un medio muy poderoso que no entiende de cláusulas administrativas rígidas. Por ello se ha utilizado un criterio práctico atendiendo a las necesidades de explicar coherentemente el objetivo fundamental motivado por el discurso cultural que enmarca la totalidad de esta parte del estudio arqueológico y etnográfico, tanto en tierra como en la parte de costa sumergida.

11.3. Introducción a la Arqueología Prehistórica y Protohistórica de La Palma

El primer yacimiento arqueológico del que se tienen noticias en La Palma es la cueva y los grabados rupestres de Belmaco (Villa de Mazo), dados a conocer en 1752 por Domingo Van de Walle de Cervellón. Ya desde ese mismo momento se iniciaron las especulaciones sobre el posible significado de estas enigmáticas inscripciones convirtiéndose, además, en una referencia obligada para todos aquellos viajeros, científicos y eruditos que visitaron la isla a partir de esa fecha, como pueden ser los casos del paleontólogo francés René Verneau o los naturalistas Karl Von Fristch, Sabin Berthelot, etc.. Belmaco constituye, junto con los petroglifos de El Julán (El Hierro) y La Cueva Pintada (Gáldar) la gran trilogía de la arqueología canaria. Sin embargo, hemos de esperar hasta comienzos del siglo XX para que se produzcan nuevos hallazgos de yacimientos arqueológicos. Así, en 1922 A. Jiménez de Cisneros cita los grabados rupestres de Tajodeque (La Caldera de Taburiente), La Erita (cumbres de Santa Cruz de La Palma) y El Calvario (Garafía).

Durante la época franquista se crean dos Comisarías de Arqueología situadas en cada provincia. El comisario de las Canarias Occidentales fue D. Luis Diego Cuscoy, siendo su representante en La Palma el maestro D. Ramón Rodríguez Martín. Fruto de esta preocupación por el patrimonio cultural prehispánico fue la organización de una serie de expediciones arqueológicas a la isla que permitieron descubrir nuevas estaciones de grabados rupestres, así como la realización de varias excavaciones arqueológicas en las cuevas naturales de habitación del Roque de La Campana y Belmaco (Villa de Mazo), ambas dirigidas por D. Luis Diego Cuscoy.

Los hitos fundamentales de la arqueología palmera durante esta etapa fueron los siguientes: 1) A. Mata y E. Serra dan a conocer, en 1941, los grabados rupestres de La Zarza-La Zarcita y Buracas (Garafía); 2) P. Hernández Benítez menciona, en 1955, los petroglifos de El Cercado de Don Vicente (Garafía); 3) Luis Diego Cuscoy publica, en 1958, un extenso artículo sobre los grabados rupestres de Tigelate Hondo (Villa de Mazo); 4) En 1960 el geólogo D. Telésforo Bravo descubre la estación de petroglifos del Roque Teneguía (Fuencaliente); 5) En 1962, este mismo investigador localiza un pequeño conjunto de grabados rupestres en El Pico de Bejenado (El Paso); 6) En 1967 se produce el hallazgo de las inscripciones geométricas de Don Pedro y Juan Adalid (Garafía). A tenor de estos datos quedan claramente de manifiesto dos cuestiones: A) El interés de los investigadores se centró en el descubrimiento de estaciones de grabados rupestres y B) la inmensa mayoría de los yacimientos se localizan en la zona de Garafía que, actualmente, alberga más de 60 % de todos los conjuntos prehispánicos de este tipo.

A comienzos de la década de los 70 se produce un hito fundamental para la arqueología canaria, como es la creación del Departamento de Prehistoria de la Universidad de La Laguna, cuyos impulsores: los profesores D. Manuel Pellicer y D^a Pilar Acosta, llevan a cabo sendas excavaciones arqueológicas en la isla durante 1972 en las cuevas naturales de habitación de Los Guinchos y El Humo (Breña Alta).

Al llegar a este punto es preciso plantearnos una pregunta trascendental: ¿por qué La Palma se va a convertir en una zona privilegiada para los estudios arqueológicos?. Las razones son de diversa índole: A) Por un lado, nuestra isla cuenta con numerosas estaciones de grabados rupestres prehispánicos de tipo geométrico que, hasta la fecha, superan largamente los dos centenares. B) Y, por otro lado, sólo en la antigua Benahoare existen potencias estratigráficas muy importantes que, en algún caso llegan a superar los 7

metros de espesor. Estos dos tipos de conjuntos arqueológicos van a ser fundamentales para intentar explicar las diferentes teorías sobre el poblamiento prehistórico de Canarias.

Sin duda, la labor más fructífera e importante desarrollada en esta primera etapa fue llevada a cabo por el Dr. Mauro Hernández Pérez, quien llevó a cabo la que se puede considerar, sin ningún género de dudas, como la primera Carta Arqueológica de La Palma. Sus estudios se centraron, fundamentalmente, en el campo de los grabados rupestres, complementados con las excavaciones (1974 y 1979) en la cueva de Belmaco. Las prospecciones de campo permitieron incrementar notablemente el número de estaciones de grabados rupestres destacando, entre otras, las de Caldera de Agua, El Corchete, casa del baile y Calafute (Garafía); los petroglifos cruciformes del Lomo Boyero (Breña Alta); los conjuntos del Barranco de Los Guanches, La Pared de Roberto, Lomo de Tamarahoya (El Paso), etc.

Sin duda, la década de los 80 del siglo XX fue una de las más fructíferas para la arqueología palmera, habiéndose desarrollado tres proyectos de investigación esenciales: 1) Las campañas de excavación (1981, 1983, 1985 y 1987-88) en La Cueva del Tendal (Barranco de San Juan. San Andrés y Sauces) dirigidas por los Dres. Juan Francisco Navarro Mederos y Ernesto Martín Rodríguez. Estos estudios permitieron desterrar algunas de las aseveraciones vertidas por las fuentes etnohistóricas como que los benahoaritas desconocían la agricultura o que no consumían pescado. 2) La realización del *Inventario Etnográfico y Arqueológico del Parque y Preparque de La Caldera de Taburiente* en cuatro campañas (1986, 1987, 1988 y 1989-92), auspiciadas y financiadas por el entonces denominado ICONA, y siendo dirigida por el Dr. Jorge Pais. Los rastreos sistemáticos permitieron descubrir más de 100 estaciones de grabados rupestres, más de 60 amontonamientos de piedra e innumerables paraderos y campamentos pastoriles. 3) Finalmente, debemos reseñar la elaboración del *Corpus de grabados rupestres de La Palma*, que fue dirigido por los Dres. Juan Francisco Navarro Mederos, Ernesto Martín Rodríguez y Jorge Pais.

En la década de los 90 del siglo XX se llevaron a cabo, por parte del equipo del Cabildo Insular dirigido por J. Pais, la Carta Arqueológica de una serie de municipios de los que, hasta entonces, se desconocía su riqueza en vestigios prehispanicos. Así, en 1993 la Dirección General de Patrimonio Histórico de Canarias y el Excmo. Cabildo Insular de La Palma auspiciaron y financiaron la realización de *650 fichas de yacimientos arqueológicos de la isla de La Palma*. Los rastreos se centraron en la mitad occidental del municipio de

Barlovento, la zona costera de Breña Alta, buena parte de El Paso y algunas áreas del reborde montañoso de La Caldera de Taburiente.

En 1994-95 fue nuevamente la Dirección General de Patrimonio Histórico de Canarias quien nos encargó la realización de la *Carta Arqueológica de los municipios de Villa de Mazo, Fuencaliente, Tazacorte y la mitad oriental de Barlovento*. Estos trabajos nos permitieron completar, a excepción de Los Llanos de Aridane y un sector de El Paso, la riqueza en vestigios prehispánicos de la mitad sur de la isla.

En el año 2000 la Dirección General de Patrimonio Histórico de Canarias encargó al Centro Internacional para la Conservación del Patrimonio CICOP la realización de la *Actualización de la Carta Arqueológica de la isla de La Palma* en la que se pretendía recoger en un solo documento toda la documentación que sobre este tema se hallaba dispersa en diferentes trabajos, proyectos y publicaciones.

En el año 2002 se llevó a cabo la Carta Arqueológica de Tijarafe y durante el 2003 la de Puntagorda, fruto de un convenio de colaboración entre el CICOP y la Consejería de Cultura y Patrimonio Histórico del Excmo. Cabildo Insular de La Palma. Además, en el año 2004 se ha realizando la Carta Arqueológica de Garafía. En estos tres casos se ha aprovechado el Proyecto de Investigación que ahora nos ocupa para completar los datos de los tres municipios.

Por tanto, habida cuenta del tiempo que se ha dispuesto y la enorme densidad de yacimientos con que nos hemos encontrado hasta la fecha con el nivel de aplicación del método de prospección extensiva e intensiva, se ha optado por reducirlo a las zonas mas sensibles y especialmente a aquellas relacionadas con actividades costeras y no directamente con el interior que quedaba fuera del mismo. Esta decisión ha afectado a los municipios restantes de San Andrés y Sauces, Puntallana, Santa Cruz de La Palma y Los Llanos de Aridane en toda su extensión. No obstante, si se han efectuado prospecciones arqueológicas selectivas e intensivas en aquellos barrancos que se han considerado más interesantes, centrando la actividad, de acuerdo con las condiciones requeridas por el Ministerio de Medioambiente en la zona costera de influencia con las actividades relacionadas con la mar aunque este aspecto es de compleja definición en una isla de dimensiones reducidas y en la que la influencia en y desde la mar se deja sentir mas de lo que a simple vista parece sobre todo en algunos aspectos como las comunicaciones. No obstante en esta memoria definitiva se han incluido todas aquellas áreas arqueológicas

potenciales que no han podido ser rastreadas con la suficiente meticulosidad, pero si de forma representativa y que, básicamente, viene a coincidir con todas las márgenes de los barrancos y barranqueras que surcan la orografía insular.

Por otro lado, y dada la naturaleza del Proyecto de Documentación del litoral relacionado también con el Patrimonio Cultural Sumergido, tradicionalmente denominado como arqueológica subacuática, hacemos bastante hincapié en todos aquellos conjuntos o estructuras de carácter histórico o etnográfico que se encuentren en la orilla del mar o que estén directamente relacionados o muy próximas a las zonas costeras. Así se han llevado a cabo, como se anunció mas arriba, estudios históricos y de situación actual de todos aquellos Porís, Prois, puertos o desembarcaderos naturales que han jugado un extraordinario papel, hasta hace escasas fechas, en algunos municipios hasta bien entrada la década de los 70 del siglo XX, dentro de la economía de subsistencia características de los municipios de la isla. El papel de estos pequeños puertos fue vital para muchas personas, especialmente en los municipios del norte de la isla, en los que las comunicaciones terrestres eran infernales y muy lentas al tener que atravesar los enormes barrancos que surcan su orografía, de tal forma que la vía de comunicación más rápida y sencilla era el mar, si bien había que tener mucho en cuenta la bravura y peligrosidad del mar de Canarias durante la mayor época del año. (En cada uno de los municipios se hace referencia a los bienes patrimoniales de carácter etnográfico que estudiamos.) En este apartado se hace un especial hincapié en los puertos de Santa Cruz de La Palma, Puerto de Tazacorte, Puerto Espíndola (San Andrés y Sauces), Puerto de Talavera (Barlovento) y Puerto de Santo Domingo (Garafía) por tratarse de los más importantes y los más utilizados hasta hace escasas fechas. Así mismo, recopilamos datos sobre los pecios más importantes de que se tiene noticia en la isla: el General Alava en el Puerto de Santa Cruz de La Palma y un carguero hundido en 1923 en El Puerto de Tazacorte. Por otro lado, también hemos recopilado informaciones orales sobre otros posibles pecios en la zona de La Punta de Fuencaliente, algunos verificados con inmersiones de comprobación que han resultado negativas por haber desaparecido los restos de interés o haber sido recuperados de antiguo. Nótese que se trata de evidencias de naufragios de épocas recientes, ninguno de ellos con interés arqueológico o patrimonial. Además de los Porís, también hacemos referencia a los molinos de viento más próximos a la costa, a los secaderos y pozos de chochos (altramuces) o lino que jalonan toda la línea costera, a los hornos de cal, a las “pirámides” de piedra, a los pajeros con techo de tablas de tea, etc, y otros elementos etnográficos menos representativos.

Respecto a la metodología empleada a la hora de completar el Inventario de Recursos del Patrimonio Arqueológico y Etnográfico (la tradicional Carta Arqueológica de La Palma) es la misma que se ha venido utilizando desde mediados de la década de los 80 del siglo XX, es decir, mediante el sistema de prospecciones arqueológicas sistemáticas e intensivas de todos los parajes de este municipio, desde la orilla del mar a las cumbres más elevadas, incluyendo además la información directa o indirecta de los restos o evidencias subacuáticas. No obstante, la experiencia acumulada al realizar otros estudios de este tipo, nos ha permitido en el desarrollo de este estudio, centrar los rastreos en las márgenes de los barrancos que surcan su orografía porque es donde se abren innumerables cuevas naturales que fueron utilizadas por los benahoaritas como lugar de habitación y de enterramiento. Así mismo, en los paredones verticales de estas laderas que eran los lugares preferidos para realizar los grabados rupestres geométricos.

Para cada uno de los yacimientos arqueológicos (entendidos por agrupaciones) que se ha descubierto se ha confeccionado una ficha individualizada en las que se incluye la mayor cantidad de información posible y en la que se reflejan datos como la ubicación exacta, coordenadas UTM, altitud, grado de conservación, fragilidad, recomendaciones en cuanto a su conservación, tipo de yacimiento de que se trata, medio ecológico en el que está inmerso, ergología superficial, bibliografía y una descripción detallada del yacimiento. Por ejemplo, en el caso de que se trate de una cueva de habitación o funeraria interesante se ha realizado un croquis de la misma y si es una estación de grabados rupestres se procede al calco (mediante el sistema de plástico transparente y reproducción del motivo con rotuladores indelebles) de todos los paneles si su estado de conservación y las condiciones lumínicas lo permiten. Por supuesto, cada yacimiento va acompañado por el correspondiente reportaje fotográfico, así como un plano de situación en las hojas 1:5000 de GRAFCAN.

En ningún caso se llevan a cabo sondeos, catas estratigráficas o excavaciones arqueológicas sistemáticas.

Dentro de este proyecto de Investigación se aportan datos de todos los municipios de la isla con la única excepción de El Paso debido a que es el único que ocupa todo el centro de la isla, incluyendo La Caldera de Taburiente y que, por tanto, carece de salida al mar. No obstante, hay referencias indirectas o cruzadas cuando se habla del contexto cultural de la isla o de problemas generales de la misma.

Se ha comprobado, a modo de ejemplo, que en la inmensa mayoría de las cuevas de habitación aparecen restos malacológicos (conchas de lapas, burgados, etc.) debido a que la distancia entre los poblados de cuevas y el mar se podía realizar, sin excesivos problemas en poco más de una hora. Solamente se deben dejar fuera, en nuestra opinión, todos aquellos yacimientos que jalonan los bordes de La Caldera de Taburiente, Cumbre Nueva y Cumbre Vieja al tratarse de áreas de explotación pastoril estacional durante la época estival.

Todos los datos que aparecen en el trabajo hacen referencia a yacimientos que se encuentran, en línea recta, a un kilómetro o menos de la orilla del mar. Claro que, la superficie de la isla es tan pequeña y su relieve tan accidentado, que esta distancia hace que se vean incluidos prácticamente todos los asentamientos permanentes, tanto en cuevas como en cabañas, que se extienden por las tramos medio e inferior de los barrancos y barranqueras, así como los interfluvios que los separan.

Finalmente, toda la información recopilada se incluye en una ficha de elaboración propia y en la que se recoge toda la información indicada en el párrafo anterior, acompañada de las correspondientes fotografías. Generalmente se han realizado varias instantáneas, como mínimo de cada yacimiento. Hasta el momento, la mayor parte del trabajo se ha documentado en fotos o papel, para las fichas antiguas continuando en las revisiones o prospecciones posteriores en formato digital.

12. ESTUDIO Y CARTOGRAFÍA DEL PATRIMONIO NATURAL.

12.1. Metodología.

El proceso de elaboración de los mapas y las bases de datos asociadas ha seguido diferentes fases, que se describen con mayor detalle a continuación: Una primera fase ha consistido en la recopilación de información a través fundamentalmente de la consulta con los siguientes organismos estatales y autonómicos así como la recopilación a través de los correspondientes trabajos de campo:

- Dirección General de Ordenación del Territorio de la Consejería de Medio Ambiente y Ordenación Territorial. Gobierno de Canarias.
- Dirección General del medio Natural de la Viceconsejería de Medio Ambiente. Gobierno de Canarias.

- ITGME.
- Trabajos de campo.

La información recabada ha sido la correspondiente a los espacios naturales protegidos, así como las áreas definidas para la protección de algún valor natural en aplicación de acuerdos internacionales y directivas europeas:

- Espacios Naturales Protegidos declarados por la legislación autonómica según la ley 12/1994 de Espacios Naturales de Canarias.
- Zonas de Especial protección para las Aves (ZEPA's).
- Lugares de Interés Comunitario (LIC's).
- Red Natura 2000.

Una segunda fase desarrollada de forma paralela ha sido la recopilación de los inventarios correspondientes a otras áreas de interés natural como son los puntos de interés biológico, puntos de interés geológico, cuevas y simas, masas de agua y cursos fluviales.

- Espacios de Interés Natural: Puntos de Interés Biológico y Puntos de Interés Geológico.

Toda esta información ha servido en una última fase metodológica para la elaboración de la cartografía que incluye la totalidad de los elementos constitutivos del patrimonio natural. Conjuntamente con la cartografía ha sido creada una base de datos asociada a las manchas mediante códigos de identificación adecuados.

Los apartados siguientes enumeran los puntos de interés natural y geológico, que se describen en el tomo correspondiente.

12.2. Espacios Naturales Protegidos

Los espacios naturales protegidos declarados por la legislación autonómica de acuerdo a la Ley 12/1994 de Espacios Naturales de Canarias son los siguientes:

- Guelguén
- Las Nieves
- Cumbre Vieja
- Montaña de Azufre

- Risco de la Concepción
- Costa de Hiscaguán
- Barranco del Jorado
- Volcanes de Teneguía
- El Tablado
- Barranco de las Angustias
- Tamanca
- El Remo
- Barranco del Agua
- Salinas de Fuencaiente

12.3. Puntos de Interés Biológico.

Se presentan aquí las áreas de interés natural existentes en la zona de estudio y que han sido definidas como Lugares de Importancia Comunitaria (LIC's) y/o Zonas de Especial Protección para las Aves (ZEPA's).

- Tamanca
- Riscos de Bajamar
- Sabinar de La Galga
- Monteverde de Gallegos-Franceses
- Costa de Garafía
- Franja marina de Fuencaiente.
- Montes de los Sauces, Puntallana y Pinar de Garafía.

12.4. Puntos de Interés Geológico

En función de los criterios señalados en el pliego de bases han sido seleccionadas las formas y estructuras geológicas más representativas de la zona. Los puntos de interés geológico que se consideran más representativos de la geología de la zona son los siguientes:

- Depósitos freatomagmáticos de La Galga
- Conos de Juan Adalid
- Acantilados del Norte
- Barranco de Los Hombres
- Desplomes de la Playa de La Veta

- El Time
- Cauce del Barranco de Las Angustias
- Cantil Puerto Naos
- La Caldereta
- Montaña Goteras
- Erupción de 1646
- Conjunto San Antonio, erupción de 1677 y Teneguía

En Las Rozas, agosto de 2005

EL COORDINADOR DEL ESTUDIO

EL DIRECTOR DE LA ASISTENCIA TÉCNICA

Fdo. José María Medina Villaverde
UTE Alatec - Esgemar - Interlab

Fdo. Rafael Consuegra Berlanga
DIRECCIÓN GENERAL DE COSTAS