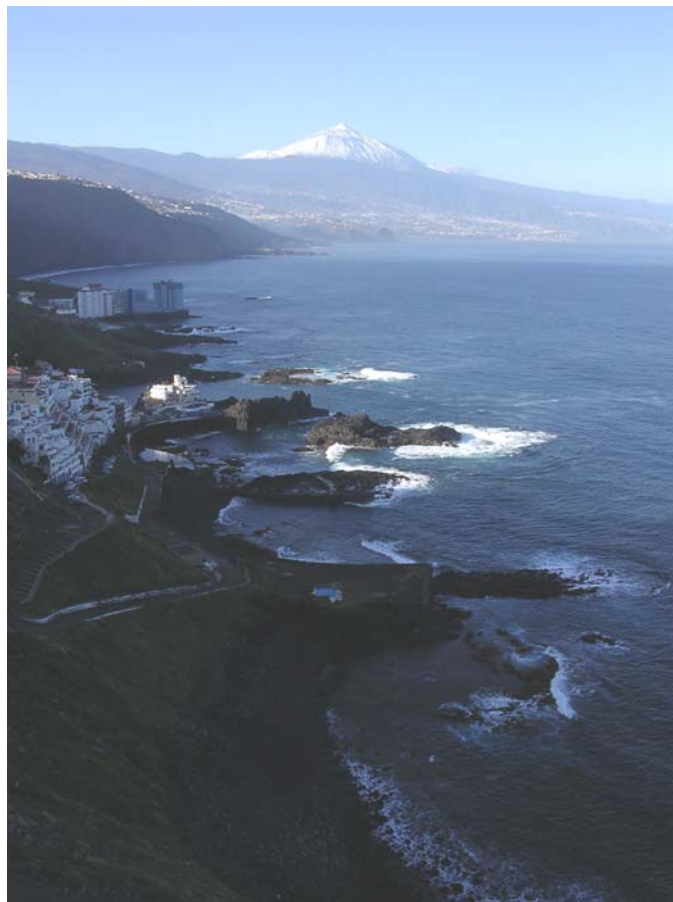


INFORME FINAL DEL PROYECTO

CARTOGRAFÍA BIONÓMICA DEL BORDE LITORAL DE TENERIFE

Noviembre de 2006



M^a Candelaria Gil Rodríguez
Jacinto Barquín Díez

ÍNDICE

1	Introducción.....	3
2	Definiciones y leyendas.....	5
2.1	Supramareal	5
2.1.1.	Hábitats	5
2.1.2.	Comunidades	5
2.2	Intermareal.....	7
2.2.1.	Hábitats	7
2.2.2.	Comunidades	9
2.3	Submareal.....	11
2.3.1	Hábitats.....	11
2.3.2	Comunidades.....	12
3	Metodología	13
3.1	Supramareal	13
3.2	Intermareal.....	15
3.3	Submareal.....	18
3.3.1	Recopilación de información	21
3.3.2	Toma de datos	25
3.3.3	Creación del SIG y del mapa bionómico del submareal	27
4	Resultados	34
4.1	Supramareal	35
4.2	Intermareal.....	36
4.2.1	Hábitats.....	36
4.2.2	Comunidades.....	37
4.3	Submareal.....	43
4.3.1	Hábitats.....	43
4.3.2	Distribución de los distintos hábitats	43
4.3.3	El “marisco” como formación geológica y biogeográfica.....	44
4.3.4	Comunidades.....	48
5	A modo de conclusión	54
5.1	Mantenimiento del SIG.....	54
5.2	Temas pendientes.....	55
5.3	Labores futuras	56
5.4	El SIG marino de Canarias	57
6	Publicaciones científicas y comunicaciones en congresos derivadas de la realización de este proyecto (por orden cronológico y alfabético).....	58
7	Personal.....	59
7.1	Investigadores Principales y Responsables:.....	59
7.2	Investigadores.....	60
7.3	Colaboradores	60
7.4	Patrones de las embarcaciones.....	61
8	Anexos I-II-III-IV	

1 Introducción

El presente informe constituye la cuarta y última entrega del proyecto “CARTOGRAFÍA BIONÓMICA DEL BORDE LITORAL DE TENERIFE”, sufragado por el Cabildo Insular de Tenerife (CIT) y desarrollado en cuatro campañas, desde marzo de 2001 hasta julio de 2006 (ver Tabla 1 y Figura 1). El proyecto comprende el estudio bionómico, en todo el perímetro de Tenerife, de las tres zonas u horizontes del litoral¹:

- **Supramareal**: Desde la línea de costa hasta 300 m hacia el interior.
- **Intermareal**: Entre los límites de oscilación de las mareas.
- **Submareal**: Desde la línea de la marea baja hasta los 50 m de profundidad.

Campaña	Tramo	Fecha de realización
1ª	Roque del Fraile (Buenavista del Norte)- Las Galletas (Arona)	Marzo 2001- Julio 2002
2ª	Las Galletas (Arona) – Roques de Fasnía (Fasnía)	Sept - Nov. 2003
3ª	Roques de Fasnía (Fasnía) – Roques de Anaga (S/C de Tenerife)	Nov 2004- Junio 2005
4ª	Roques de Anaga (S/C de Tenerife) - Roque del Fraile (Buenavista del Norte)	Enero- Julio 2006

Tabla 1. Algunos datos de las campañas del Proyecto.

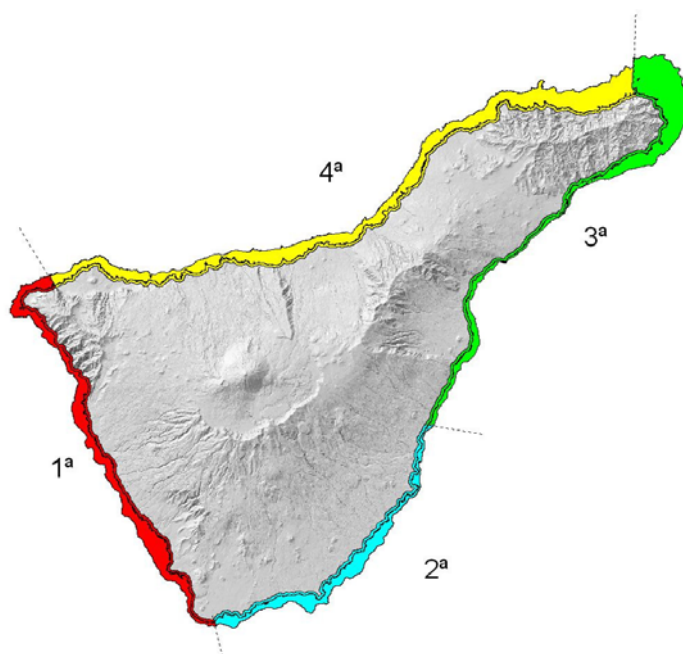


Figura 1. Mapa de las campañas.

¹ Los términos empleados en este proyecto para referirse a los tres horizontes en los que comúnmente se divide la provincia nerítica, se corresponden exactamente con **supralitoral**, **mesolitoral** e **infralitoral**, a veces empleados en los trabajos de bionomía.

Un mapa bionómico es aquel en el que se representan las comunidades biológicas y el tipo de fondo sobre las que se asientan. Comprende, por tanto, los dos aspectos más importantes del medio: el **abiótico** (sustrato, tipo de fondo o hábitat) y el **biótico** (especies y comunidades). Mientras que un estudio ecológico trataría todos los aspectos abióticos, el único que trata la bionomía es el sustrato. A pesar de la estrecha relación que parece existir entre determinados tipos de fondo y algunas comunidades, los dos componentes de la bionomía se consideraron por separado desde el comienzo de los estudios, elaborándose sendas leyendas para cada uno de ellos.

Para el levantamiento del mapa binómico de las tres zonas se creó un **Sistema de Información Geográfica o SIG** (*GIS: Geographic Information System*) a partir de los resultados obtenidos en las cuatro campañas. Los SIG son herramientas muy versátiles de uso cada vez más generalizado en el estudio y gestión de cualquier tipo de recurso. La gran demanda de estos sistemas hace que el software especializado tenga un gran desarrollo y se renueve continuamente, con la aparición de nuevas versiones de los programas cada vez más completas, eficaces y baratas. A pesar de su utilidad, los SIG dedicados a temas ecológicos marinos de Canarias, como es el caso de la bionomía, han sido escasos y de aplicación muy puntual.

La información relativa al terreno se organiza en capas en los SIGs. Analizar las relaciones entre las distintas capas y superponerlas a voluntad en un mismo mapa son operaciones rutinarias que se realizan con gran simplicidad. La separación de las distintas capas que conforman nuestro SIG bionómico permitió llevar a cabo los trabajos por equipos diferentes de manera simultánea, compartir los límites geográficos y reunir posteriormente toda la información con idéntico formato y bajo los mismos criterios. Así mismo, para cada componente bionómica –abiótica y biótica- se creó un mapa temático por separado, aunque se elaboraron de forma combinada y perfectamente compatible.

El interés de la zona objeto de estudio es múltiple. Por un lado, en la franja supramareal se concentra una gran parte de la población insular, siendo, por tanto, de las zonas en donde más se degrada el medio natural en toda la isla. Por otro, los horizontes intermareal y submareal, además de atesorar una gran diversidad biológica y productiva -la mayor de todo el mar- están sometidos a las mayores amenazas producidas por la persistente e intensa actividad humana.

Además de su evidente interés educativo y científico en campos como la Geología, Geografía, Etnografía, Ecología, Biología Marina, Biogeografía, Botánica y Zoología Marinas y Oceanografía, entre otras disciplinas, el SIG creado en el proyecto constituye una herramienta fundamental y básica para el desarrollo, gestión y explotación de los recursos y obras de infraestructura que se pretendan realizar en el litoral de Tenerife. En general, los mapas bionómicos resultarán de interés para emprender cualquier acción en el litoral y, en especial, para abordar el Plan de Ordenación de los Recursos Naturales (PORN) del litoral y, consecuentemente, el Plan Insular de Ordenación del Territorio (PIOT). Téngase en cuenta que, al igual que resultan imprescindibles los mapas de vegetación y suelos para efectuar cualquier gestión del medio terrestre, el equivalente marino de estos mapas es precisamente la cartografía bionómica realizada en este proyecto.

Por todos estos motivos, el CIT debería darle la mayor difusión a los resultados de este proyecto, tanto a la cartografía levantada como al texto de las conclusiones, a las leyendas, etc. En el capítulo de conclusiones se exponen más argumentos por los que creemos conveniente la publicación.

2 Definiciones y leyendas

Las leyendas utilizadas en el proyecto para los horizontes intermareal y submareal sufrieron un proceso de selección y perfeccionamiento a medida que se iban poniendo a prueba en las distintas campañas y se comprobaba el grado de ajuste de las definiciones con la realidad, proceso lógico si se tiene en cuenta que, al menos en estas dos zonas, se carecía de la información del conjunto del litoral al que se tenían que aplicar. Las leyendas que se exponen a continuación son el resultado final de esta evolución y se pueden considerar como una de las conclusiones de mayor interés del proyecto. Como se obtuvieron a partir del estudio completo de una isla como Tenerife, la de mayor perímetro del archipiélago canario, se pueden tomar como punto de partida para los estudios posteriores que se hagan en esta o en las demás islas. No obstante, como exponemos en el capítulo de Conclusiones, hace falta profundizar en el conocimiento de todas y cada una de las comunidades con estudios encaminados a esclarecer su composición florística y faunística, hacer análisis cuantitativos y establecer con mayor claridad qué papeles desempeñan las especies en cada una de ellas.

2.1 Supramareal

2.1.1. Hábitats

Siendo el objetivo principal de este proyecto el estudio del ámbito marino y dado que los hábitats reseñados para el ámbito terrestre coinciden en gran parte con los definidos para la intermareal, en esta zona sólo se han considerado las comunidades vegetales. Así mismo, tampoco se han creado los mapas correspondientes a los hábitats terrestres, puesto que ya existe un proyecto paralelo en el que están cartografiados con gran detalle los hábitats y comunidades terrestres de toda la isla.

2.1.2. Comunidades

2.1.1.1 Definiciones

- **Cardonal, tabaibal y comunidades de sustitución.** Código: 7070. Vegetación de carácter árido, fisionomía de matorral y afinidad africana, que soporta aún la influencia halófila. Aunque pluriespecífica, está caracterizada en su óptimo por la fisionomía de diversas especies del género *Euphorbia* entre las que *E. canariensis* “cardón” y *E. obtusifolia* o *E. regis-jubae* “tabaibas” desempeñan un papel preponderante (“cardonales” y “tabaibales”). En su sustitución intervienen diversas

- comunidades vegetales. Ej: *Periploco laevigatae-Euphorbietum canariensis* (cardonal de Tenerife).
- **Tarajal.** Código: 7080. Fruticedas caracterizadas por el freatófito *Tamarix canariensis*, que colonizan desembocaduras de barrancos y trasplayas, en el medio litoral. Ej: *Atriplici ifniensis-Tamaricetum canariensis*.
 - **Comunidades hidrófilas dulceacuícolas.** Código: 7090. Se incluyen aquí ciertas comunidades no halófilas, propias de suelos anegados en agua dulce, que pueden encontrarse colonizando nacientes de acantilados costeros de la zona litoral. Ej: *Vieraeo laevigatae-Polycarpaeetum carnosae*.
 - **Comunidades halófilo-costeras de roca.** Código: 7100. Vegetación baja, camefítica y hemicriptofítica, adaptada a suelos y ambientes halinos, característica de sustratos rocosos. Destacan los líquenes y algunas especies vasculares de escaso porte, como el tomillo marino (*Frankenia spp.*), algunas siemprevivas (en especial *Limonium pectinatum*), la uvilla (*Zygophyllum fontanesii*) y la servilleta (*Astydamia latifolia*). Ej: *Frankenio laevigatae-Astydamietum latifoliae*.
 - **Comunidades halopsammófilas.** Código: 7110. Vegetación de medios arenosos influenciados por el hálito marino. Se presentan diversas situaciones en función del grado de fijación y compactación de la arena. Algunas de las especies características de estos medios son la lechetrezna de la mar (*Euphorbia paralias*), la uvilla de la mar (*Zygophyllum fontanesii*), diversas especies de corazoncillos (*Lotus spp.*) y el balancón (*Traganum moquinii*), entre otras. Ej: *Euphorbio paraliae-Cyperetum capitati*.
 - **Saladar.** Código: 7120. Nombre genérico que agrupa a comunidades características de ambientes terrestres influenciados por la invasión temporal de agua marina. Diversas especies de *Chenopodiaceae* tienen importante participación en estos medios. Ej: *Zygophyllo-Arthrocnemetum macrostachyi*.
 - **Pecinal costero.** Código: 7130. Lagunas o maretas litorales salobres, colonizadas ocasionalmente por fanerógamas, como *Zannichellia pedunculata* o *Ruppia maritima*. Ej: *Ruppietum maritimae*.
 - **Sustrato abiótico.** Código: 7140. Sustrato prácticamente carente de cobertura.
 - **Balera.** Código: 7150. Fruticedas nitrófilas caracterizadas por el fanerófito *Plocama pendula* (balo), que coloniza principalmente cauces de barrancos, terrenos aluviales, conos piroclásticos y vetas rezumantes, en los dominios de tabaibales dulces y cardonales. Algunas de las especies que intervienen en esta comunidad son *Euphorbia obtusifolia* (tabaiba amarga), *Lavandula canariensis* (mato risco) y *Argyranthemum frutescens* (magarza). Ej: *Plocametum pendulae*.
 - **Cultivos.** Código: 7160. Incluyen zonas aterrazadas para cultivos, principalmente de plataneras en las proximidades de la costa de Buenavista del Norte y los acantilados de Isorana y de tomates en el Sur de la zona de estudio.

2.1.1.2 Leyenda

SUPRAMAREAL	
Comunidad	Código
Cardonal, tabaibal y com. de sustitución	7070
Tarajal	7080
Comunidades hidrófilas dulceacuícolas	7090
Comunidades halófilo-costeras de roca	7100
Comunidades halopsammófilas	7110
Saladar	7120
Pecinal costero	7130
Sustrato abiótico	7140
Balera	7150
Cultivos	7160

2.2 *Intermareal*

2.2.1. Hábitats

2.2.1.1 Definiciones

- **Acantilado.** Código: 2010. Estructura rocosa vertical apoyada en fondos submareales, en general inmediatos.
- **Acantilado alto.** Código: 2011. Estructura rocosa de gran verticalidad, de más de 20 m de altura.
- **Acantilado bajo.** Código: 2012. Estructura rocosa o de materiales compactados, de menos de 20 m de altura. La base suele estar redondeada por la abrasión marina, lo que posibilita la formación de playas de desarrollo exiguo.
- **Roquedo inclinado.** Código: 2020. Estructura rocosa o granular compactada de inclinación media apoyada al menos en los fondos inmediatos.
- **Costa baja.** Código: 2030. Estructura rocosa o de materiales compactados, generalmente de inclinación baja, con proyección similar en los fondos inmediatos.
- **Materiales no compactados.** Código: 2040. Estructuras rocosas diversas de material no compactado.
- **Bloques naturales.** Código: 2041. Rocas de más de 1 m de diámetro, de gran estabilidad y poca anfractuosidad, dispuestos de forma natural.
- **Bloques artificiales.** Código: 2042. Materiales de cemento, como prismas, tetrápodos, diques, etc., o natural, como rocas de escolleras, dispuestos de forma artificial.
- **Cantos.** Código: 2043. Rocas de diámetro inferior a 1 m y mayor de 40 cm.
- **Callaos.** Código: 2044. Piedras rodadas, pulidas y redondeadas por la abrasión marina, de diámetro inferior a 40 cm.
- **Basura.** Código: 2050. Desechos flotantes de origen diverso (madera, plástico, etc.), arrastrados por el viento y las corrientes, y acumulados en

el intermareal por el oleaje. Pueden tener origen natural como resultado de barranqueras.

- **Playa.** Código: 2060. Estructura granular dinámica formada por materiales de diferente granulometría, como cantos, callaos y arenas.
- **Playa de cantos.** Código: 2061. Playa formada por cantos. Ver 2043.
- **Playa de callaos.** Código: 2062. Playa formada por callaos. Ver 2044.
- **Playa de arena.** Código: 2063. Playa formada por materiales de estructura granular fina.
- **Playa artificial.** Código: 2064. Playa construida con arena procedente de otros lugares y extendida sobre el litoral. Es frecuente la mezcla de estos materiales con la arena nativa en proporción variable.
- **Cueva.** Código: 2070. Estructura rocosa cóncava resultante de la disposición de las coladas o de la erosión posterior.
- **Rasa intermareal.** Código: 2080. Estructura rocosa o de materiales compactados, generalmente de inclinación muy baja (< 5%).
- **Charco.** Código: 2090. Cubeta de dimensiones variables que retiene las aguas durante la bajamar.
- **Piche.** Código: 2100. Manchas en forma de costra formadas por residuos pesados de petróleo crudo (alquitranes, parafinas, asfalto), procedente de vertidos de este producto y acumulados en el intermareal por la acción de las mareas y las corrientes. Para nombrar este sustrato es preferible el canarismo “piche” que su equivalente “alquitrán” porque es más preciso y está ampliamente generalizado.

2.2.1.2 Levenda

INTERMAREAL	
Hábitat	Código
Acantilado	2010
Acantilado alto	2011
Acantilado bajo	2012
Roquedo inclinado	2020
Costa baja	2030
Materiales no compactados	2040
Bloques naturales	2041
Bloques artificiales	2042
Cantos	2043
Callaos	2044
Basura	2050
Playa	2060
Playa de cantos	2061
Playa de callaos	2062
Playa de arena	2063
Playa artificial	2064
Cueva	2070
Rasa intermareal	2080
Charco	2090
Piche	2100

2.2.2. Comunidades

2.2.1.3 Definiciones

- **Comunidad de *Fucus spiralis*.** Código: 6011. Comunidad dominada por esta especie. Se desarrolla sobre sustrato rocoso emergido, llegando a formar franjas en la intermareal superior.
- **Comunidad de cespitosas de rasa.** Código: 6013. Formada por céspedes densos y estratificados, dominados por ceramiáceas y situados en el límite inferior del intermareal.
- **Comunidad de Gelidiales.** Código: 6014. Comunidad dominada por especies de este orden de rodofíceas. Se sitúa en ambientes expuestos, en el límite con el submareal, y forma una franja discontinua de color rojo, en la que domina *Gelidium arbuscula*, con un borde inferior más o menos continuo, de color oscuro, dominado por *Gelidium canariense*.
- **Banda de Laurencia.** Código: 6015. Comunidad dominada por algas de este género.
- **Banda de *Codium*.** Código: 6016. Comunidad dominada por algas del género *Codium*. Son frecuentes en ambientes esciáfilos, en paredes verticales generalmente batidas, y en charcos.
- **Comunidad de *Lobophora*.** Código: 6017. Comunidad dominada por *Lobophora variegata*. Se sitúa en lugares sombríos o protegidos de la luz directa.
- **Banda de *Cystoseira abies-marina*.** Código: 6018. Comunidad fotófila de sustrato rocoso dominada por esta especie. Se da en ambientes expuestos o semi-expuestos y marca el límite superior del horizonte submareal, donde puede entremezclarse con *Cystoseira compressa*.
- **Banda de coralináceas costrosas.** Código: 6019. Banda caracterizada por varios géneros de coralináceas costrosas, como *Hydrolithon*, *Lithophyllum* y *Mesophyllum*.
- **Banda de tamalos.** Código: 6020. Banda amarillenta formada por el crustáceo cirrípedo *Chthamalus stellatus* situada en el nivel superior de la pleamar normal.
- **Comunidad de cianofíceas.** Código: 6021. Situada en el nivel superior de la intermareal y próxima a la banda de tamalos. En sustrato poco inclinado puede llegar a formar una franja muy extensa.
- **Comunidad de Ulvales.** Código: 6022. Formada por diversas especies de este grupo, confiriendo al litoral una marcada coloración verdosa.
- **Comunidad de *Caulacanthus*.** Código: 6023. Comunidad cespitosa situada en el nivel superior del intermareal.
- **Comunidades de charcos.** Código: 6030. Formadas por diversas especies según el nivel mareal, conformación del vaso (área, profundidad, volumen) y renovación del agua con las pleamares.
- **Charcos hipersalinos.** Código: 6032. Comunidad de charcos generalmente de poca profundidad, situados en el nivel superior del horizonte intermareal, con escaso intercambio de agua y con vegetación característica, integrada por Ectocarpales, Ulvales, Cladophorales y Cianofíceas.

- **Charcos de *Cystoseira humilis*.** Código: 6033. Comunidad de charcos dominada por esta especie, generalmente poco profundos, con renovación de agua en la pleamar y sometidos a variaciones bruscas de temperatura y salinidad.
- **Charcos mixtos.** Código: 6035. Comunidades diversas de charcos profundos (generalmente de más de 40 cm), situadas en el horizonte inferior del intermareal. Estos charcos están sometidos permanentemente a una renovación del agua por su cercanía al límite de mareas. La vegetación está estratificada y es muy diversa.
- **Comunidades de cantos.** Código: 6040. Comunidades de los pedregales, variables según la estabilidad del sustrato.
- **Comunidades de callaos.** Código: 6041. Comunidades de composición variable, en función del grado de movilidad del sustrato. Cuando hay estabilidad dominan las ulvales.
- **Comunidades de playas de arena.** Código: 6050. Comunidades formadas por especies intersticiales de escaso porte (invertebrados y algas unicelulares).
- **Franja abiótica.** Código: 6060. Sustrato carente de cobertura vegetal por razones naturales o actividades humanas.
- **Arribazón.** Código: 6070. Acumulación de materiales orgánicos naturales (restos de algas, sebas) arrojados a la orilla por las corrientes y concentrados en la zona superior del intermareal. Alberga comunidades importantes de crustáceos detritívoros, o “pulgas de agua”, como el anfípodo *Ligia italica*.

2.2.1.4 Leyenda

INTERMAREAL	
Comunidad	Código
Comunidad de <i>Fucus spiralis</i>	6011
Comunidad de cespitosas de rasa	6013
Comunidad de Gelidiales	6014
Banda de Laurencia	6015
Banda de <i>Codium</i>	6016
Comunidad de <i>Lobophora</i>	6017
Banda de <i>Cystoseira abies-marina</i>	6018
Banda de coralináceas costrosas	6019
Banda de tamalos	6020
Comunidad de cianofíceas	6021
Comunidad de Ulvales	6022
Comunidad de <i>Caulacanthus</i>	6023
Comunidades de charcos	6030
Charcos hipersalinos	6032
Charcos de <i>Cystoseira humilis</i>	6033
Charcos mixtos	6035
Comunidades de cantos	6040
Comunidades de callaos	6041
Comunidades de playas de arena	6050
Franja abiótica	6060
Arribazón	6070

2.3 Submarea

2.3.1 Hábitats

2.3.1.1 Definiciones

- **Veril.** Código: 1011. Estructura vertical sólida de más de 2 m de altura. Se incluyen en esta definición tanto las paredes sumergidas naturales como las estructuras artificiales (muelles y escolleras).
- **Roca.** Código: 1020. Estructura sólida no fragmentada. Se descartan las estructuras artificiales.
- **Bloques.** Código: 1061. Rocas de más de 1 metro de diámetro. Se incluyen las escolleras, prismas y tetrápodos de muelles.
- **Cantos.** Código: 1062. Rocas de diámetro inferior a 1 metro y mayor de 40 cm.
- **Callaos.** Código: 1067. Piedras de bordes redondeados, de menos de 40 cm de diámetro, generalmente dispuestas a continuación de una playa del mismo material.
- **Piedras.** Código: 1064. Fondo de estructura inestable, formado por mezclas de elementos de 40 a 1 cm de diámetro. Se diferencian de los callaos por sus bordes irregulares.
- **Cascajo.** Código: 1065. Estructura granular gruesa y organógena, formada por rodolitos o confites, muertos o vivos, y otros restos calcáreos.
- **Arena.** Código: 1063. Materiales de estructura granular sedimentada de menos de 1 cm de diámetro.
- **Fango.** Código: 1066. Estructura pulverulenta sedimentada formada por materiales muy finos.
- **Tablero.** Código: 1080. Estructura rocosa o granular compactada, plana y de poca inclinación.
- **Zona Portuaria.** Código: 1100. Zonas interiores de los puertos, no exploradas por tener el acceso vedado a la exploración submarina.

2.3.1.2 Leyenda

SUBMAREAL	
Hábitat	Código
Veril	1011
Roca	1020
Bloques	1061
Cantos	1062
Arena	1063
Piedras	1064
Cascajo	1065
Fango	1066
Callaos	1067
Tablero	1080
Zona portuaria	1100

2.3.2 Comunidades

2.3.2.1 Definiciones

- **Comunidades singulares.** Código: 5000. Comunidades de fondos arenosos con cascajo o piedras, formadas por algas pardas filamentosas, como *Sporochnus bolleanus* y *Nereia filiformis*, de gran importancia ecológica.
- **Algales.** Código: 5010. Comunidades de algas macrófitas que crecen sobre sustrato duro o arenoso con piedras.
- **Algales fotófilos.** Código: 5011. Comunidades de fondos duros someros, con predominio del alga parda *Cystoseira abies-marina*, mezclados ocasionalmente con especies de *Sargassum* (*S. desfontainesii* y *S. vulgare*).
- **Algales esciáfilos.** Código: 5012. Comunidades algales de sustratos duros con predominio del alga parda *Lobophora variegata*.
- **Comunidad de dictiotales.** Código: 5013. Algales formados por varias especies del orden Dictyotales, principalmente *Dictyota*.
- **Comunidad de algas rojas filamentosas.** Código: 5015. Comunidad de fondos arenosos con callaos o cascajo, dominada por algas rojas filamentosas, principalmente *Lophocladia trichoclados* y *Cottoniella filamentosa*.
- **Blanquizal.** Código: 5040. Comunidad dominada por especies de erizos, como *Arbacia lixula* o *Diadema antillarum*, de fondos duros o de cascajo y de color blanquecino.
- **Sustrato sin vegetación.** Código: 5060. Fondos desprovistos de vegetación macrófita. Se incluyen tanto los arenales como los fondos duros desprovistos de vegetación y fauna visible a simple vista.
- **Sebadal.** Código: 5070. Comunidad de fondos arenosos dominada por la fanerógama marina *Cymodocea nodosa*.
- **Comunidad de Halófila.** Código: 5071. Comunidad de fondos arenosos dominada por la fanerógama marina *Halophila decipiens*.
- **Comunidad de *Caulerpa prolifera*.** Código: 5081. Comunidad de fondos arenosos dominada por esta especie.
- **Comunidad de *Caulerpa racemosa*.** Código: 5082. Comunidad de fondos arenosos dominada por esta especie.
- **Comunidad de anguila jardinera.** Código: 5090. Comunidad de fondos blandos formada por las poblaciones del pez congrio de aspecto anguiliforme *Heteroconger longissimus*.
- **Rodolitos.** Código: 5100. Comunidad algal formada por algas coralináceas libres, principalmente *Lithothamnion corallioides*, conocidas en Canarias como *confites* y definidas en la bionomía como *mäerl*.
- **Comunidades de fangos.** Código: 5130. Comunidades asentadas en los fondos de fango.
- **Comunidad de sabélidos.** Código: 5160. Comunidad de fondos arenosos, dominada por poliquetos tubícolas de la familia de los Sabélidos, o "gusanos plumero", principalmente *Bispira viola*.

- **Comunidad de zoantídeos.** Código: 5161. Comunidad de fondos duros formada por corales zoantídeos tapizantes, principalmente del género *Palythoa*.
- **Comunidad de coral negro.** Código: 5162. Comunidad de fondos duros, generalmente veriles y cornisas, en la que predominan los corales antipatarios arborescentes, principalmente *Antipathes wollastoni*.
- **Comunidad de gorgonáceos.** Código: 5163. Comunidad dominada por gorgonáceos de porte erecto, principalmente del género *Leptogorgia* (*L. ruberrima* y *L. viminalis*).
- **Zona portuaria.** Código: 5200. Zonas interiores de los puertos, no exploradas por tener el acceso vedado a la exploración submarina.

2.3.2.2 Leyenda

SUBMAREAL	
Comunidad	Código
Com. singular	5000
Algal	5010
Algal fotófilo	5011
Algal esciáfilo	5012
Com. dictiotales	5013
Com. a. rojas filamentosas	5015
Blanquizal	5040
Com. zoantídeos	5051
Com. coral negro	5052
Com. gorgonáceos	5053
Sustrato sin vegetación	5060
Sebadal	5070
Com. Halófila	5071
Com. Caulerpa prolifera	5081
Com. Caulerpa racemosa	5082
Com. anguila jardinera	5090
Rodolitos	5100
Com. de fango	5130
Com. sabélidos	5160
Zona portuaria	5200

3 Metodología

3.1 *Supramareal*

Se cartografió la vegetación de la banda costera, asentada sobre el territorio existente entre la línea de costa y 300 m hacia el interior sobre el plano.

La caracterización de la vegetación terrestre, basada en el reconocimiento de las unidades sobre el terreno y en las fotos aéreas responde a criterios fitosociológicos. Por tanto, el sistema de clasificación de la vegetación se corresponde con el **fitosociológico de la escuela sigmatista**, conocido también como sistema de Braun-Blanquet-Tüxen. Para cada una de las unidades con representación cartográfica se presenta una ficha descriptiva sintética.

Para la realización de este trabajo se nos facilitaron fotos de vuelo bajo de la zona a estudiar. Para poder cartografiar correctamente las comunidades del borde litoral es imprescindible que estas fotos estén ortorectificadas. Por este motivo, dichas fotos sólo se usaron como ayuda en la localización de las zonas a estudiar y para la toma de referencias. Las fotografías aéreas empleadas corresponden a ortofotogramas aéreos en color del año 1998 suministradas por el CIT. También se nos facilitaron las ortofotos del año 2002, pero debido a su menor calidad sólo se usaron para la actualización de ciertos polígonos conflictivos. De manera general, las fotografías no siempre presentan la claridad necesaria para la correcta identificación de las unidades de vegetación, por lo que la tarea de campo se hace imprescindible. No obstante, debido a los cambios evidentes en cuanto a construcciones, cultivos, acaecidos desde 1998 (ver figs. 2 y 3), se tuvieron que utilizar las fotos más modernas disponibles como ayuda de campo.



Figura 2. En este par de fotografías se puede observar un ejemplo de los efectos de la enorme modificación por presión antrópica que sufre la franja de estudio, que hace que las ortoimágenes “antiguas”, aunque de pocos años, sean inválidas para la correcta cartografía. A pesar de estar separadas solamente por un intervalo de cuatro años, puede observarse la presencia de nuevos complejos residenciales (marcados con asteriscos), en las proximidades de El Pris (Tacoronte), inexistentes en 1998.

Se utilizaron mapas en soporte papel a escala 1:5000 para los trabajos previos de campo y laboratorio. El soporte informático se utilizó en el laboratorio y en la confección final de la cartografía.

Las delimitaciones de unidades se corresponden con polígonos delimitados sobre el mapa. Cada polígono queda caracterizado por la unidad de vegetación dominante, utilizándose los códigos que se detallan en este apartado. Las situaciones de mosaico donde ninguna de las unidades alcanza superficie superior a la mínima, se resuelven como tales, mediante la identificación del polígono su unidad más característica.



Figura 3a



Figura 3b

Figura 3. Otros ejemplos de los cambios que sufre la franja litoral. En la foto 3a se ha delimitado en rojo un nuevo muelle en las proximidades del Club Náutico de Radazul (El Rosario), que no aparece en la ortoimagen de 1998. En la foto 3b, el número 1 coloreado de amarillo indica una zona que en 1998 se hubiera clasificado dentro de *comunidades de sustitución* pero que en la actualidad está ocupada por una urbanización de nueva construcción, por lo que queda dentro de un polígono como *sustrato abiótico*.

La tarea de campo ha sido primordial en este trabajo, debido a la extensión, diversidad y dificultad de observación de algunos de los lugares cartografiados. La violenta orografía, que crea numerosas zonas oscuras en los fotogramas, y la compleja situación de mosaico de las unidades sobre el terreno así lo ha requerido.

3.2 Intermareal

La utilización de los SIGs en los estudios de cartografía bionómica supone una ayuda en la conservación y gestión de los recursos y ecosistemas

marinos. Sus aplicaciones pueden ir desde el mero control temporal de las diferentes comunidades hasta la evaluación de recursos. En nuestro caso, para la elaboración de la cartografía bionómica y el montaje del SIG se utilizó el programa ArcView, comercializado por la casa ESRI.

El primer punto a destacar en esta zona del litoral es la necesidad de efectuar los muestreos en condiciones óptimas. Como su propio nombre indica, la zona intermareal es la porción de terreno comprendida entre la máxima pleamar y la máxima bajamar, por lo que las salidas al campo se han de planificar teniendo en cuenta el anuario de mareas y las correcciones precisas para cada lugar.



Figura 4. Embarcaciones utilizadas en el estudio del intermareal.

El trabajo de campo para estudiar la zona intermareal se llevó a cabo en transectos recorridos a pie o bien desde embarcaciones usadas para tal fin (Fig. 4), en función de la orografía de la costa, el estado de la mar, etc. Cuando las condiciones así lo requirieron, se realizaron comprobaciones puntuales. En todos los casos, el material usado fue el mismo (Figuras 5-6): GPS, brújula, libreta de campo, máquina de fotos digital, prismáticos y las fotografías aéreas a escala 1: 5.000 realizadas por GRAFCAN y proporcionadas por el CIT, impresas sobre papel y utilizadas como borradores de trabajo. Cabe destacar el importante papel que para la fase final desempeñaron las fotos realizadas expresamente para este proyecto en diferentes pasadas por la zona de estudio por la empresa PUBLI-VUELO (Fig. 7).



Figura 5. GPS, mapa militar y rotuladores.



Figura 6. Ejemplo de un borrador impreso en tamaño Din-A4 utilizado en el trabajo de campo.

Para la correcta ubicación de los hábitats y comunidades del intermareal se colocaron láminas de acetato sobre las fotografías aéreas, en las cuales se marcaron los polígonos de las comunidades y los hábitats con rotuladores permanentes extrafinos.

De todos los recorridos en la costa se hacían borradores de la bionomía de la zona estudiada día a día y se determinaban las que quedaban por cubrir y en las que existían dudas, con el fin de programar las zonas a estudiar al día siguiente. Las anotaciones del cuaderno de campo eran transferidas al finalizar el día a un ordenador portátil; sin embargo no se hizo de igual manera con los acetatos que guardaban la información referenciada; ésta fue tratada con posterioridad en el gabinete. Para ahorrar tiempo y esfuerzo en el trabajo de campo se utilizó una clave de abreviaciones (una sola letra para cada hábitat y hasta tres para cada comunidad) y un sistema de anotación particular, capaz de sintetizar gran cantidad de información con el mínimo esfuerzo.

Al final de las campañas se procedió a la creación de los mapas bionómicos. En ellos se trató de plasmar la mayor cantidad posible de la información recogida en numerosas salidas al litoral. Sin embargo no toda la información que se obtuvo durante las campañas puede quedar reflejada en los mapas.

Una vez digitalizadas las láminas como imágenes raster se importaron a ArcView y se georreferenciaron, usando para ello los puntos de control. Con el ratón se repasaron todos los polígonos y se asignaron como elementos vectoriales a las capas en formato SHP. De esta manera se fueron completando las dos capas creadas, una para los hábitats y otra para las comunidades de la intermareal.

Después de filtrar los datos para eliminar algunas observaciones mal anotadas o carentes de sentido, se procedió a la construcción de los polígonos que representan los hábitats y las comunidades mediante el programa ArcView. El extrapolar la información contenida en los acetatos a los polígonos es una tarea en la que se requiere tomar en consideración otros tipos de información del medio. En muchos casos se procedió por eliminación, haciendo pasar los límites de los polígonos justo por las fronteras delimitadas por las comunidades

o sustratos adyacentes. También se tuvo en cuenta la experiencia del equipo de biólogos, conocedores de algunas zonas en las que han realizado estudios parciales.

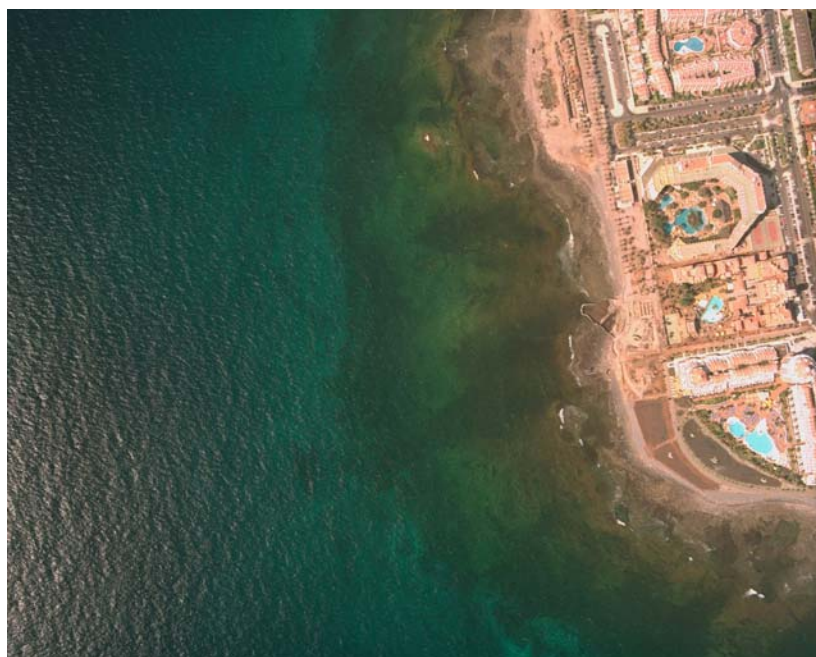


Figura 7. Ejemplo de una foto aérea obtenida por Publi-Vuelo.

3.3 Submareal

La metodología utilizada para levantar los mapas temáticos de los hábitats y las comunidades es el resultado de un largo proceso de evolución, elaborado después de más de dos décadas de trabajos bionómicos en el litoral de las Islas, adaptado a las características oceanográficas y ecológicas de los fondos circuncanarios y a la tecnología más moderna de la que podíamos disponer con presupuestos con frecuencia escasos.

Para asignar a cada elemento bionómico del fondo marino (hábitats y comunidades) un polígono en el mapa correspondiente se utilizó un método derivado de lo que se conoce como **clasificación supervisada**, mediante el cual se visualiza el fondo con una cámara submarina (Fig. 8), en puntos elegidos, en principio, con la información que proporciona el relieve del terreno, la profundidad y las fotos aéreas. En función de lo observado con la cámara, se sigue explorando hasta delimitar cada polígono o bien se mantiene el rumbo que se había trazado. Por lo tanto, **no existe una planificación de la exploración del fondo**, sino que es la forma y extensión del propio elemento que se explora —sea un tipo de sustrato o una comunidad— lo que determina cuántos puntos de observación son necesarios y en dónde hay que efectuarlos. Dentro de los márgenes de seguridad que proporciona el GPS, la precisión con que se pueden clasificar y delimitar los elementos de la bionomía depende únicamente de la densidad de puntos de observación, es decir, del tiempo disponible para llevarlos a cabo y, en definitiva, del presupuesto. La eficacia de nuestro método y su originalidad nos parecieron motivos suficientes como para



Figura 8. Aspecto de la cámara submarina con su bastidor y el lastre (el cilindro de plomo sujeto con los dedos).

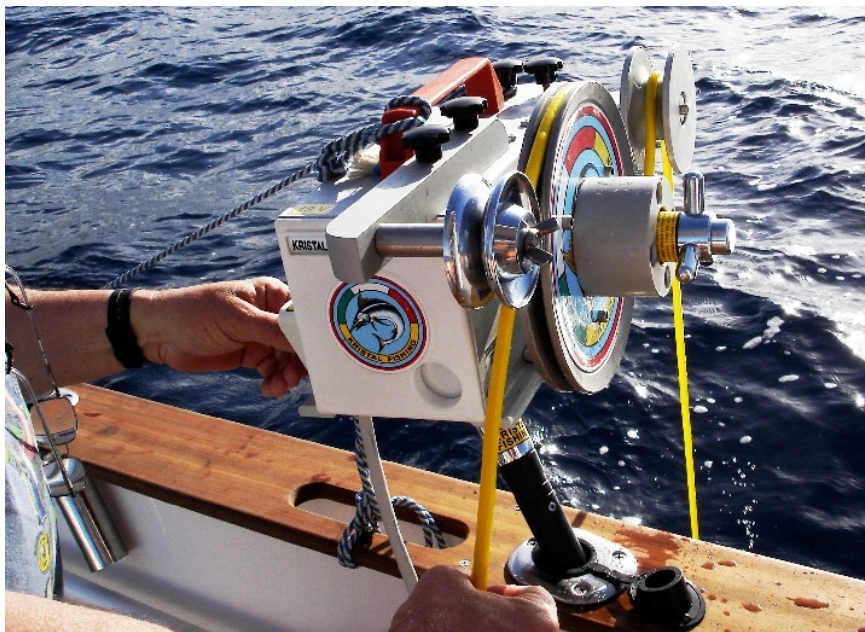


Figura 9. El carrete eléctrico utilizado en la última campaña permitió hacer la maniobra de virado de la cámara con mayor comodidad y rapidez. Gracias a ello también se pudo aumentar el lastre para que bajara más rápido hasta el fondo.

exponerlo en un congreso internacional y describirlo con detalle en una publicación científica (Barquín *et al.*, 2003, 2004b).

Es indudable que los procedimientos que permiten tomar las coordenadas de una posición en el mar avanzaron de forma considerable a partir del desarrollo del GPS (Global Positioning System), sobre todo a partir de 2000, cuando el ministerio de defensa de EEUU, su actual propietario, decidió eliminar la Disponibilidad Selectiva, una especie de codificación secreta que impedía hasta ese momento obtener una precisión más allá de los 100 m. La elipse de dispersión de un GPS normal en la actualidad ronda los 10 m de diámetro, aunque con determinadas técnicas y procedimientos de cálculo se puede reducir a los 2 m, operación que realizan prácticamente todos los receptores modernos de forma rutinaria; con otras técnicas, como la del GPS diferencial (o DGPS) es posible alcanzar sin grandes problemas precisiones centimétricas. Usando estos aparatos se reduce de forma considerable el equipo necesario para hacer cartografía marina, darle mayor precisión, abaratar los costes y reducir los tiempos de ejecución de las campañas.

Además de darle la posición al navegador, la señal de la posición del GPS se puede "inyectar" en la imagen de la cámara de TV, por lo que ésta queda registrada automáticamente cada vez que se graba en la cinta. Pero no fue éste el único avance técnico que incorporamos a nuestro método de trabajo. Otra innovación fue la introducción del sistema digital en la señal de vídeo de la cámara submarina, que había sido analógica hasta la 2ª campaña, lo cual mejoró la calidad de la imagen, aligeró el equipo y facilitó considerablemente la identificación de cada grabación. La última mejora incorporada al sistema se hizo en la cuarta campaña y consistió en usar un carrito eléctrico para subir la cámara (Fig. 9), gracias al cual se redujo el tiempo en cada punto de observación, se mejoró el error en la posición y se eliminó la dificultosa operación de hacerlo manualmente. Además de ir introduciendo estas novedades tecnológicas a medida que se hacían accesibles, fuimos adaptando el método cada vez más a las características particulares que concurren en el ambiente submareal de Canarias en general y de Tenerife en particular, como es **la transparencia de las aguas, el relieve accidentado del fondo, el mal estado frecuente de la mar y la carencia de plataforma**, siguiendo el proceso que ya habíamos comenzado desde que iniciamos los estudios bionómicos en 1984.

Otra circunstancia no menos importante que puede parecer circunstancial y a la que tuvimos que adaptarnos a la fuerza, fue la presencia de cabos sueltos de artes de pesca de fondo y el encuentro fortuito de nasas no señalizadas, lo cual nos obligó a emplear un método de inmersión de la cámara que evitara arrastrarla por el fondo o moverla en trayectos largos cerca de él, incluso en arenales llanos y poco accidentados, por lo que optamos por hacer esta operación siempre con el **barco parado**. Por esta y otras razones, el método se aparta en buena medida de los tradicionalmente empleados en bionomía, más adecuados para estudiar zonas poco accidentadas, como los grandes arenales tan frecuentes en el litoral continental, en donde existen extensas plataformas por las que resulta fácil y eficaz arrastrar una cámara de televisión sin riesgo de enrocarla en un veril o de trabarla en un cabo flotante. La falta de idoneidad de los métodos "continentales" para estudiar la bionomía de las costas canarias se discute en el capítulo de conclusiones.

La aplicación del método supone la división del trabajo en las tres fases que se exponen en los siguientes apartados: (a) recopilación de la información, (b) toma de datos y (c) creación del mapa bionómico.

3.3.1 Recopilación de información

En el comienzo del 2º capítulo de este informe se definieron las leyendas y se expusieron algunas de las dificultades surgidas a la hora de confeccionar las del intermareal y el submareal, zonas del litoral de las que se tenían muy pocos conocimientos al no haberse realizado nunca un estudio que abarcara la totalidad de ninguna isla del Archipiélago. En el caso de la zona submareal, al igual que en la intermareal, se tuvo que utilizar una **leyenda consensuada** entre el personal investigador que participó en el proyecto para poder comenzar con los trabajos de campo, pero con el compromiso de ir perfeccionando a medida que se fueran sucediendo las campañas.

Además de contar con las leyendas, en esta primera fase del trabajo es necesario disponer de al menos dos tipos diferentes de información de la franja costera: **las fotografías aéreas** georreferenciadas de la zona y la **batimetría** detallada del fondo.

3.3.1.1 Las fotos aéreas

En fondos de aguas transparentes, como las del mar que rodea nuestras Islas, es posible captar detalles del fondo en las fotografías aéreas con más intensidad y grado de detalle que en otros mares más ricos y, por lo tanto, más opacos. En nuestro caso, se utilizaron las ortofotos en color de la franja costera, proporcionadas en formato digital por el CIT y realizadas en 1998 para toda la isla por la empresa Grafcan, el mismo juego de fotografías que los equipos que estudiaron el supramareal y el intermareal emplearon como soporte para sus trabajos (ver la Fig. 10a). Estas fotos se trataron con programas de retoque fotográfico, como Corel Photopaint versión 10 para Windows, con un procedimiento que consiste, en líneas generales, en resaltar los tres componentes de la mezcla RGB (rojo, verde y azul) por igual, de forma que se destaquen los detalles del fondo por encima del azul predominante (ver la Fig. 10b). Para ello se procede de la siguiente manera.

1. Se selecciona con una máscara la parte que se quiere tratar. Como comentamos más abajo, la elección de la parte a tratar es crucial para obtener un buen resultado. En contadas ocasiones se obtuvieron buenos resultados tratando toda la imagen al completo.
2. Se somete esta selección a una **ecualización del histograma**. Esta operación redistribuye los valores de los píxeles en todo el rango tonal, de modo que quede el mismo número de píxeles por encima que por debajo del valor promedio. La imagen resultante no es ni oscura ni clara para cada canal RGB por separado, por lo que se consigue rebajar los azules intensos del mar y darles la misma importancia que al rojo y al verde. Algunas veces es necesario repetir el proceso dos o tres veces en las zonas menos contrastadas, aunque progresivamente se va degradando la imagen.

Como esta operación se basa en la distribución de frecuencias de los píxeles para cada canal de color RGB, el histograma del cual se va a promediar depende de la selección que se haya hecho. Los mejores resultados se obtienen cuando se seleccionan rectángulos que contengan solo mar, en las zonas más próximas a la costa y con la menor cantidad de tierra y manchas de espuma posible. Al tener cada imagen su propia distribución de colores, todos los intentos de automatizar el tratamiento fracasaron, por lo que, después de muchos ensayos optamos por realizar estas operaciones paso a paso.

3. Una vez obtenido el mejor resultado de separación de las manchas, se pasa la imagen enmascarada por un filtro de suavizado, consistente en el promediado de cada pixel con los adyacentes, para eliminar la lluvia formada por los pequeños conjuntos de uno o pocos píxeles que emborronan la imagen.

El tratamiento descrito exagera las diferencias de los tonos de la imagen, provocando la aparición de manchas de colores falsos allí donde apenas existía una mínima diferencia de tonos; no introduce manchas nuevas sino que resalta y hace visibles las que habían, fueran artefactos ficticios o detalles reales de la imagen.

En muchos casos, los límites de las manchas quedan marcados con precisión y en otros se observan mosaicos de colores de perfiles difusos o mezclas de texturas difíciles de describir. Aun en el caso de que las manchas estén perfectamente delimitadas, tampoco se podrían identificar mediante su **firma espectral**, tal y como es habitual en el análisis de imágenes multiespectrales de satélite, puesto que carecen de ella. Sin la observación directa resulta difícil adivinar a qué accidente o propiedad del fondo se corresponden. Por poner dos ejemplos, los colores claros los puede producir tanto un blanquikal como un arenal, y los oscuros tanto las algas pardas como las sombras de determinadas rocas, acentuadas por la iluminación lateral. Tampoco es posible discernir entre las manchas que pudiera tener la masa de agua en su superficie o en su seno, con las que se originan en el fondo, por lo que el sedimento en suspensión, los brillos que produce el sol con el oleaje, la espuma o los hidrocarburos en la superficie también dificultan la fotointerpretación del fondo. Es importante disponer de varios juegos de ortofotos, obtenidos en vuelos diferentes y en las mejores condiciones del mar, iluminación y transparencia de las aguas para suplir con una imagen los fallos de la otra. Para obtener una clasificación correcta de la bionomía del fondo es necesaria, pues, la supervisión de cada mancha mediante la observación directa.

La penetración de la luz en el mar es variable y depende de forma directa de la profundidad. En general, las fotos tratadas se pudieron utilizar para localizar hábitats y comunidades hasta los 15 m de profundidad, aunque en ocasiones (por ejemplo, en las fotos de la zona de Montaña Roja, en El Médano) se llegaron a distinguir detalles del fondo situado a 25 m. El reflejo del sol en la superficie del mar y la espuma debida al mal estado de la mar fueron las causa por las que tuvimos que desechar gran cantidad de imágenes, obtenidas con la única finalidad de mostrar la parte terrestre con precisión.

Las fotografías aéreas que se hagan en el futuro para estudiar el mar han de tener en cuenta este problema y hacerse en las mejores condiciones de la marea, el viento, la hora del día, con filtro polarizador, etc., con el fin de obtener la mayor cantidad de información visual del fondo. Así mismo, los avances logrados en imaginería por satélite podrán en el futuro no muy lejano proporcionar imágenes de precisión de las costas canarias, en otras bandas del espectro electromagnético distintas al de la luz visible, como el infrarrojo, banda de muy poca penetración en el mar pero que, sin embargo, proporciona información directamente relacionada con la concentración de determinados pigmentos vegetales, como las clorofilas.

3.3.1.2 La batimetría

El otro tipo de información necesaria para aplicar nuestro método bionómico es la relativa a la topografía del fondo.

No cabe duda de que un ecólogo de tierra percibe el terreno de forma diferente a como lo hace uno marino, pues a diferencia del primero, el segundo **no ve** el terreno objeto de su atención, exceptuando los breves minutos que pudiera permanecer sumergido con su equipo de buceo autónomo. Para tratar de equiparar las posibilidades de estudio en ambos medios es necesario utilizar las mismas herramientas. Aunque los fondos marinos no se puedan ver con la vista existen procedimientos que suplen este sentido y que permiten escudriñarlos y averiguar su orografía con gran precisión. Estos procedimientos se basan en las ventajas que reporta usar **el sonido** como elemento trasmisor, para el cual el medio marino es un excelente conductor.

Somos del parecer que intentar cualquier estudio bionómico sin contar con un mapa batimétrico es como empezar la casa por el tejado y trabajar aún más a ciegas, si cabe. La batimetría detallada del fondo constituye una herramienta a la que ningún ecólogo marino debe renunciar, porque prescindir de esta información es como prohibirle a un ecólogo terrestre que use prismáticos; aunque esté hecha con ultrasonidos en lugar de con luz, es de las pocas representaciones "visuales" del fondo que se pueden tener. La excusa de que estos estudios son excesivamente caros y poco precisos ya no es válida en los tiempos que corren, pues la modernización producida por la electrónica en los equipos de sonar, en los acelerómetros que contrarrestan hasta el más mínimo movimiento de la embarcación, los avances en los materiales piezoeléctricos de las sondas multihaz, etc., han hecho accesible los estudios batimétricos precisos incluso a proyectos modestos de poco presupuesto. Otro tipo de visión del fondo la proporciona el sonar de barrido lateral (*side scan sonar*), pero se usa principalmente para estudios muy detallados de pequeñas superficies.

Guiados por esta idea y convencidos de la necesidad de contar con cuanta información topográfica y del fondo se nos pudiera proporcionar **antes** de hacer las salidas al campo, además de las ortofotos aéreas solicitamos el Modelo Digital del Terreno (MDT) de la zona comprendida entre 0 y 50 m de profundidad, el cual se nos proporcionó con una definición de 5 x 5 m, obtenido con una sonda multihaz y posicionamiento GPS diferencial. Los MDT son ficheros numéricos que contienen la lista de las coordenadas x, y, z del terreno en cuadrículas regularmente espaciadas, en donde z es el valor de la altitud (para la tierra) o de la profundidad (para el mar) de cada punto (x,y) del plano. Mediante el software adecuado, a partir del MDT se pueden obtener



Figura 10a

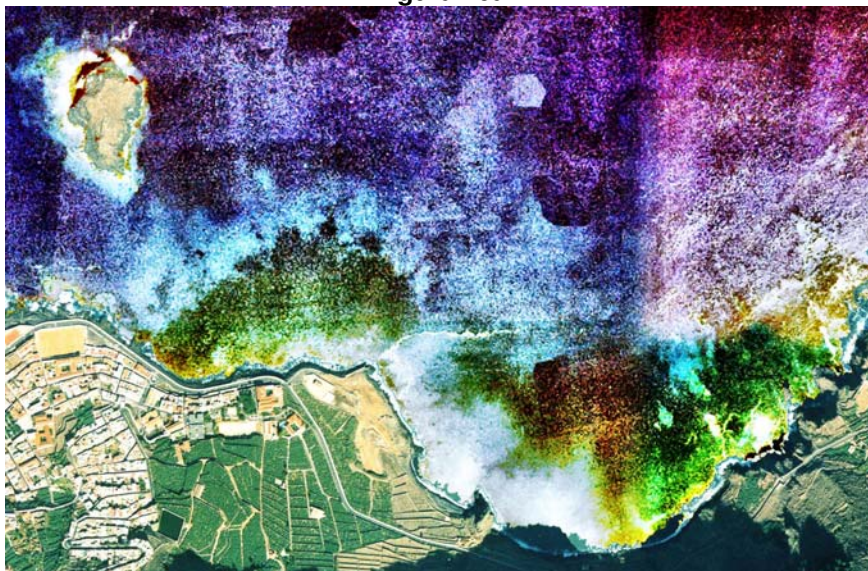


Figura 10b



Figura 10c

Figura 10a: Ortofoto de la costa de Garachico (Norte de Tenerife), con el Roque de Garachico en la parte superior izquierda de la imagen.

Figura 10b: La misma foto tratada según el procedimiento descrito. Se distingue la orla de blanquiazal que rodea al Roque y la banda de algas pardas de la costa de Garachico y de la Playa de las Aguas, limitada de forma nítida por el blanquiazal situado a mayor profundidad. Se observan algunos artefactos fotográficos y otros detalles imperceptibles en el original que el tratamiento digital sacó a la luz. Aunque algunas comunidades aparecen bien delimitadas, es necesario realizar muestreos visuales con la cámara de TV submarina para confirmar las fronteras y precisar la clasificación del fondo. Un ejemplo de comunidad invisible en la foto tratada lo constituye una población del coral blando *Palythoa sp.*, situada entre el Roque y el pueblo de Garachico, a unos 20 m de profundidad, detectada únicamente con la cámara submarina. Por contra, un ejemplo de un objeto invisible en la foto original que el tratamiento aplicado sacó a la luz es una mancha más clara que el entorno, justo a la izquierda del artefacto blanco de forma hexagonal de la parte superior de la imagen, que se corresponde con un gran saliente rocoso cubierto de blanquiazal, situado a algo más de 15 m de profundidad, como se puede comprobar en la Fig. 10c. También se observan cerca de la orilla, entre El Refugio y la Playa de las Aguas, las manchas blancas de bordes difusos producidas por sedimento en suspensión, visibles incluso en la foto no tratada (Fig. 10a). El tratamiento digital las ha resaltado y no ha impedido que oculten los detalles del fondo.

Figura 10c: Imagen del relieve de la misma zona. Al no existir la iluminación lateral virtual propia de los relieves sombreados, en este tipo de imagen se distinguen todos los detalles y se hace más fácil interpretar la topografía del fondo, pues, de forma sencilla e intuitiva, los colores más oscuros se corresponden con el terreno más inclinado y los más claros con el llano u horizontal. La imagen del relieve se obtuvo calculando la pendiente del modelo digital del terreno (MDT) con el programa Surfer y exportando el resultado a ArcView. Para facilitar la navegación con este mapa se añadieron algunos topónimos y las curvas batimétricas en colores con equidistancia de 5 m. En ocasiones, es relativamente fácil distinguir el fondo de arena de la roca por la distinta textura del relieve: en la parte superior derecha se puede apreciar un arenal que penetra hacia tierra, hasta la cota de los 25 m (la línea de color gris situada entre la verde de los 20 m y la magenta de los 30 m). También es posible distinguir la orla rocosa en toda la costa y los veriles (las manchas más oscuras) situados a más profundidad, como los que rodean el Roque. En otros casos se hace mucho más imprecisa esta clasificación visual *a priori*, por lo que sólo es válida cuando la separación entre los sustratos es tan nítida como en estos ejemplos. Para clasificar correctamente los tipos de fondo según la leyenda (roca, bloques, cantos, piedras, arena, fango, etc.), al igual que en las fotos aéreas también es necesaria la observación directa con la cámara submarina.

distintos parámetros del terreno, como la pendiente y la orientación, crear imágenes de relieve sombreado, hacer reconstrucciones tridimensionales y trazar curvas batimétricas, además de otros parámetros topológicos y una múltiple variedad de combinaciones entre estas representaciones. En nuestro caso, usamos el programa Surfer v. 8 (de la casa Golden Software) y seleccionamos la **pendiente del terreno** (Figura 10c) como el parámetro más sencillo de interpretar y con gran contenido bionómico, el cual nos fue de gran ayuda para clasificar y delimitar determinados tipos de fondo.

Tanto las fotos aéreas como los mapas de relieve y las curvas batimétricas se introdujeron en el ordenador portátil que se utilizó posteriormente en el barco, en la siguiente fase de recogida de datos.

3.3.2 Toma de datos

En esta fase se realizan los muestreos puntuales utilizando una cámara submarina desde una embarcación, siguiendo el método descrito a continuación. El material utilizado para la toma de datos en nuestras campañas fue el siguiente:

- Embarcación de pequeñas dimensiones con motor de mediana potencia, provista de cabina y capaz de transportar con comodidad hasta cuatro personas.
- PC portátil, con el programa de navegación y la información previamente recopilada (principalmente ortofotos aéreas y mapas de relieve).
- GPS conectado al PC.
- Equipo de televisión submarina, formado por una cámara submarina de televisión en color (Fig. 8) y un cable umbilical de conexión de 100 m de largo.
- Monitor de TV de tipo TFT, para visualizar lo captado por la cámara, conectado a una grabadora de vídeo digital.
- En la última campaña se utilizó un carrete eléctrico, el modelo XL-1502 de la casa Cristal Fishing, que facilitó la maniobra de virado de la cámara (Fig. 9).
- La provisión de energía se hizo a partir de la corriente de 12 voltios generada por el motor del barco, obtenida de las baterías. Parte de esta corriente continua se tuvo que transformar en alterna de 230 V mediante un convertidor apropiado, con el fin de alimentar a los equipos que requerían este tipo de corriente.
- Un equipo completo de submarinismo, preparado para ser usado en caso de emergencia para liberar la cámara del fondo. Durante el transcurso de las cuatro campañas se usó en dos ocasiones.

Las observaciones con la cámara se realizaron con el barco parado, comenzando por puntos **previamente seleccionados** tras la observación del relieve del fondo y -en el caso de la franja más somera- también de las ortofotos aéreas.

Gracias al programa de navegación y al posicionamiento ofrecido por el GPS, es posible visualizar la posición del barco **sobre** las ortofotos aéreas tratadas o los mapas de relieve, pudiéndose elegir entre una de estas dos imágenes (o cualquier otra que se hubiera instalado en el ordenador, como, por ejemplo, los borradores de los mapas bionómicos realizados el día anterior) para llevarlo sobre el punto elegido (ver fig. 12). Las anotaciones bionómicas hechas en cada punto se van visualizando en el mapa en su posición exacta, a medida que se van introduciendo, por lo que se distinguen las zonas ya estudiadas de las que quedan por observar.

En función de lo observado en el fondo se decide continuar con el rumbo prefijado, generalmente siguiendo una radial perpendicular a la costa, o bien delimitar la comunidad y concentrar los puntos de observación en las proximidades, a veces separados unos pocos metros. En ocasiones es necesario retroceder y en otras se avanza siguiendo el itinerario prefijado, calculado de forma que cubra todos los objetivos con el mínimo recorrido.

3.3.2.1 Las anotaciones de la base de datos

En cada punto de observación se toma nota tanto del hábitat como de la comunidad, separando ambos aspectos bionómicos claramente y ajustándose siempre a las definiciones de la leyenda. Se anota en primer lugar el tipo de fondo y en segundo la comunidad o especie dominante; si la comunidad se encuentra mezclada con otras, se anotan éstas a continuación de la primera y así hasta una tercera, en el mismo orden que su abundancia relativa. De esta manera, el puesto que ocupa en la anotación se corresponde con un índice relativo de abundancia, de valores discretos acotados entre 1 y 3. Las especies

o comunidades presentes a muy baja densidad (que vendrían a ocupar el 4º puesto y los demás sucesivos) no se introducen en la anotación. Para completar este sistema se considera válida la comunidad “vacía”, de manera que cualquiera de los tres puestos puede estar desocupado, representándose la ausencia por un guión corto “-”. De igual forma, a los hábitats o tipos de fondo se les asigna un orden de prelación según su abundancia relativa, con lo cual, una anotación completa adopta la forma general

H1 H2 H3 , C1 C2 C3

siendo H1, H2 y H3 los hábitats más frecuente, poco frecuente o muy poco frecuente respectivamente, y C1, C2 y C3 las comunidades o especies dominante, poco abundante y muy poco abundante respectivamente. El hábitat “ausente” sólo puede ocupar el 2º y el 3º puesto y nunca el 1º, por razones obvias, pero la comunidad “vacía” puede ocupar cualquier posición. Por ejemplo, “*arena sin vegetación*” se escribe “a,-”, y “*arena con pocas piedra con caulerpa muy escasa*” como “a-p,-c”. Cuando dos o tres sustratos o comunidades aparecen en igual proporción, se elige un orden de prelación pues no se pueden representar los empates; muchas veces, los desempates se deciden después de observar el fondo un cierto tiempo, tras contrastar las opiniones de los observadores.

3.3.3 Creación del SIG y del mapa bionómico del submareal

Para la elaboración de la cartografía bionómica y el montaje del SIG del horizonte submareal se utilizó el programa ArcView en sus versiones 3.2 (para la delimitación de los polígonos) y 9.0 (para la colocación y estudio espacial de las diferentes capas). Se crearon dos mapas bionómicos: el de hábitats o tipos de fondo y el de comunidades, conteniendo los polígonos clasificados según las leyendas respectivas.

Un aspecto importante del método es que en los mapas, salvo las dos excepciones que se exponen en el siguiente apartado, **sólo se representa el hábitat y la comunidad que ocupan el primer lugar**, es decir, **el hábitat y la comunidad dominantes**, aunque para trazar los polígonos se tiene en cuenta toda la información contenida en la anotación. Las excepciones a esta norma son las dos comunidades de fanerógamas marinas presentes en Tenerife: los sebadales y la comunidad de *halófila*, para las cuales se usa el sistema de representación particular que se expone en el siguiente apartado. Ver Fig. 10.

En otras leyendas de bionomía es frecuente encontrar varios colores dedicados a representar las mezclas de una comunidad con las demás o, de forma más general, para distinguir las comunidades “mixtas” de las “puras” o no mezcladas, con independencia de qué comunidad constituya la parte secundaria de la mezcla. El hacer esto hubiera supuesto una multiplicación excesiva de elementos diferentes a representar, cada uno con un color o trama distintos: basta imaginar las combinaciones posibles entre comunidades de sustrato duro o de sustrato blando que se podrían hacer, todas ellas posibles y reales, y lo mismo se podría decir con las mezclas de los distintos sustratos tomados de dos en dos. Es indudable que el decidirse por un tipo de fondo o una comunidad cuando se observan mezclados en todas las proporciones constituye un ejercicio de análisis nada sencillo, en el que hay que tratar de eliminar la componente subjetiva que incline la balanza hacia uno de los hábitats o comunidades, los únicos de la mezcla que luego se verán

representados en el mapa. En algunos casos, estos dilemas se resolvieron tras oír la opinión de los observadores (siempre más de uno), a los cuales se les exigía una clasificación lo más objetiva posible. En otros casos, la dominancia de tal o cual hábitat o comunidad se resolvía después de observar un rato la imagen del fondo en el monitor.

3.3.3.1 Representación gráfica de las comunidades de fanerógamas.

Estas comunidades están formadas por las dos fanerógamas marinas presentes en Tenerife (de las tres citadas en Canarias) y de las pocas que son objeto de diversas leyes de protección, tanto regionales como nacionales e internacionales. Por su importancia biológica y ecológica, a ambas comunidades se les dio un trato especial en el SIG desde la primera campaña, consistente en representarlas en los mapas **con independencia del grado de presencia en que aparecieran**, pudiendo figurar, por tanto, incluso cuando se observan mezcladas o a bajas densidades (ver Fig. 11.). A cada comunidad se le asigna un índice cuantitativo de tres valores distintos, calculado a partir de la posición que ocupan en la anotación pero en orden inverso: el valor 1 se corresponde con el 3º puesto (muy escasa), 2 con el 2º (escasa) y 3 con el primero (densa). Estos índices, incluidos en las bases de datos en los campos SEBA_1a3 y HALO_1a3, se utilizan para asignarles a los polígonos unos tonos de color directamente proporcionales a la densidad. Se da por supuesto que el valor cero se corresponde con la ausencia de la comunidad en ambos casos, por lo que, en realidad, los índices oscilan entre 0 y 3 y son cuatro los valores discretos que pueden tomar.



Figura 11. Leyenda de las comunidades del submareal.

En los casos en los que estas dos comunidades aparezcan en 2º ó 3º lugar mezcladas con otras dominantes, los polígonos que las representan se solapan pues se duplican: uno representa con color sólido a la comunidad dominante y el otro al sebadal o halofital escaso (en el 2º puesto) o muy escaso (en el 3º) que se encuentra mezclado con la primera comunidad. A pesar de que este hecho constituya una ruptura de la norma que obliga a la no superposición de los polígonos, creemos que de esta manera se proporciona una valiosa información cuantitativa sobre la distribución de estas dos interesantes comunidades. Por otro lado, la representación que proponemos no supone una complicación excesiva de la leyenda, como se puede observar en la Fig. 11.

NOTA PARA LOS PROGRAMAS ARCVIEW Y ARCMAP

Para poder representar correctamente toda la información de las comunidades contenida en la base de datos del SIG con los programas ArcView o ArcMap, se tiene que repetir la capa tres veces y representar cada copia con una leyenda distinta:

- La primera con la leyenda COMUNIDADES.AVL

- La segunda (o tercera) con la leyenda HALO.AVL, aplicada al campo HALO_1A3.
- La tercera (o segunda) con la leyenda SEBA.AVL, aplicada al campo SEBA_1A3.

La primera leyenda es de colores sólidos y ha de ser la primera en ser representada; las otras dos han de hacerse con tramas de colores transparentes que se superpongan, sin problemas de compatibilidad, a los colores del resto de las comunidades. En la leyenda que se propone (Fig. 11) se ha elegido el magenta para la halófila y el verde para el sebadal, pero pueden ser cualesquiera otros. En algunas ocasiones se superponen en los mapas ambas comunidades entre sí y en muy pocas con una tercera.

3.3.3.2 Ventajas e inconvenientes del método de estudio.

El método que generalmente se viene aplicando para estudiar la bionomía en la España continental es el de los transectos regularmente espaciados. Como exponemos a continuación, este método aplicado a los fondos canarios resulta caro, inapropiado y de resultados aleatorios. Las administraciones u organismos que encargan la bionomía del litoral canario debieran de considerarlo completamente ineficaz y no exigirlo, por tanto, como requisito metodológico en los proyectos que sufragan. La alternativa a este método que aquí exponemos tiene como ventajas con respecto al primero, las que se derivan de haberse desarrollado durante 22 años de estudios en el medio sublitoral canario y estar, por tanto, adaptado a él. Por otro lado, constituye un método que no requiere grandes derroches de medios materiales ni equipos costosos, pues se ha acomodado a presupuestos siempre muy escasos.

3.3.3.2.1 Eliminación de lo redundante y lo espurio.

Un resultado de la pertinaz sequía de presupuestos siquiera medianamente adecuados ha sido la de excluir en el método todo intento de obtener información redundante. En otros métodos bionómicos con frecuencia se obtiene el mismo resultado por más de un procedimiento, con lo que únicamente se logra perder tiempo y dinero al destinar personal y medios a repetir mediciones. Este es el caso de algunos estudios en los que se han obtenido muestras del fondo tanto con dragados como mediante inmersiones de buceo autónomo: si están aplicados de forma correcta, ambos darán los mismos resultados en la composición granulométrica de la arena que cada uno extrae, por lo que uno de ellos sobra o está mal empleado. Si lo que se pretende es levantar un mapa bionómico extenso, en donde no es necesario precisar la granulometría de la arena, entonces sobran los dos métodos, pues ningunos de ellos es el adecuado para averiguar qué comunidades se encuentran en una zona amplia.

En otros estudios se obtienen resultados superfluos y espurios, de muy poca significación bionómica y ninguna estadística, como los dragados separados varios centenares de metros, de los cuales se pretende luego un nivel de significación que de ninguna manera pueden tener. Al eliminar tanto las operaciones que obtienen datos redundantes como los poco significativos, se simplifica el método, se reducen los costes y se acortan los tiempos de ejecución.

3.3.3.2.2 Ventajas generales.

Al no estar basado en los transectos regularmente espaciados, el método empleado en este proyecto posee algunas ventajas que se pueden encontrar donde quiera que se aplique, como la de concentrar las

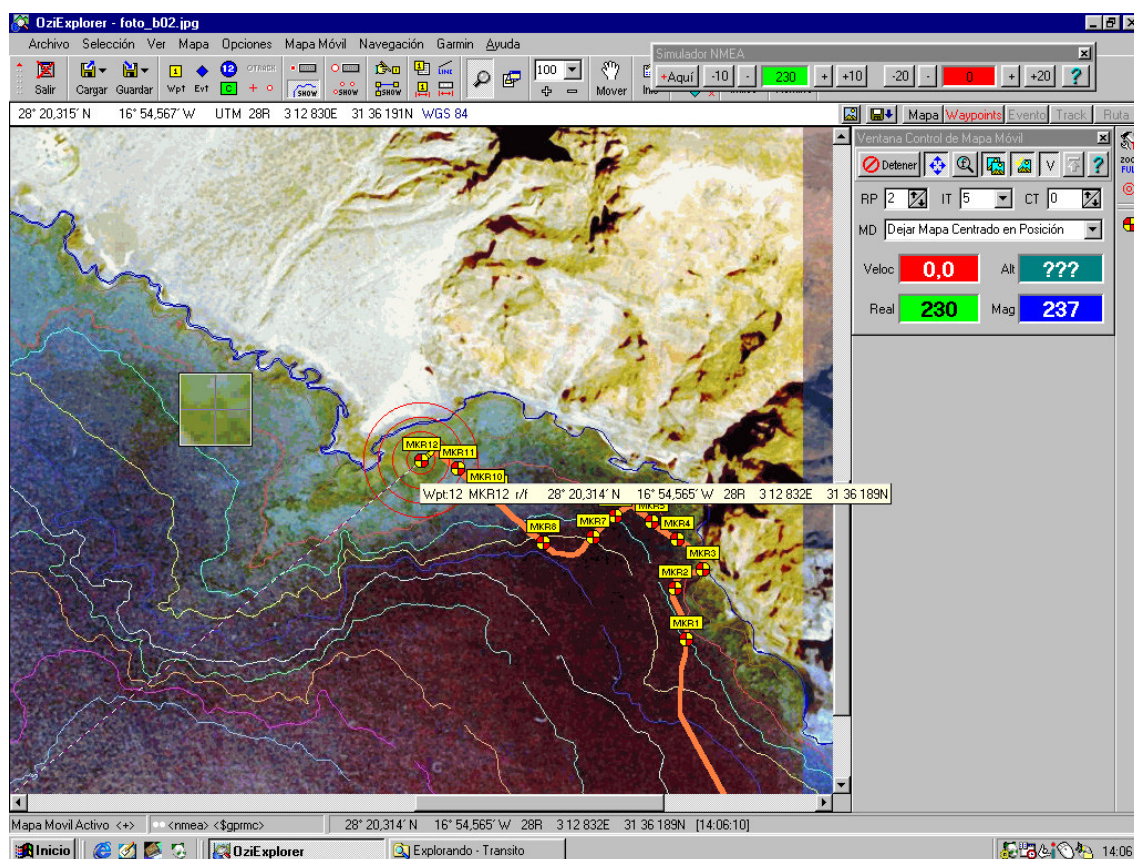


Figura 12. Imagen de la pantalla del programa navegador usado a bordo, en la que se ha utilizado como fondo una foto aérea tratada. Se aprecia la posición del barco marcada con círculos rojos, el trayecto en naranja y los puntos de observación en amarillo.

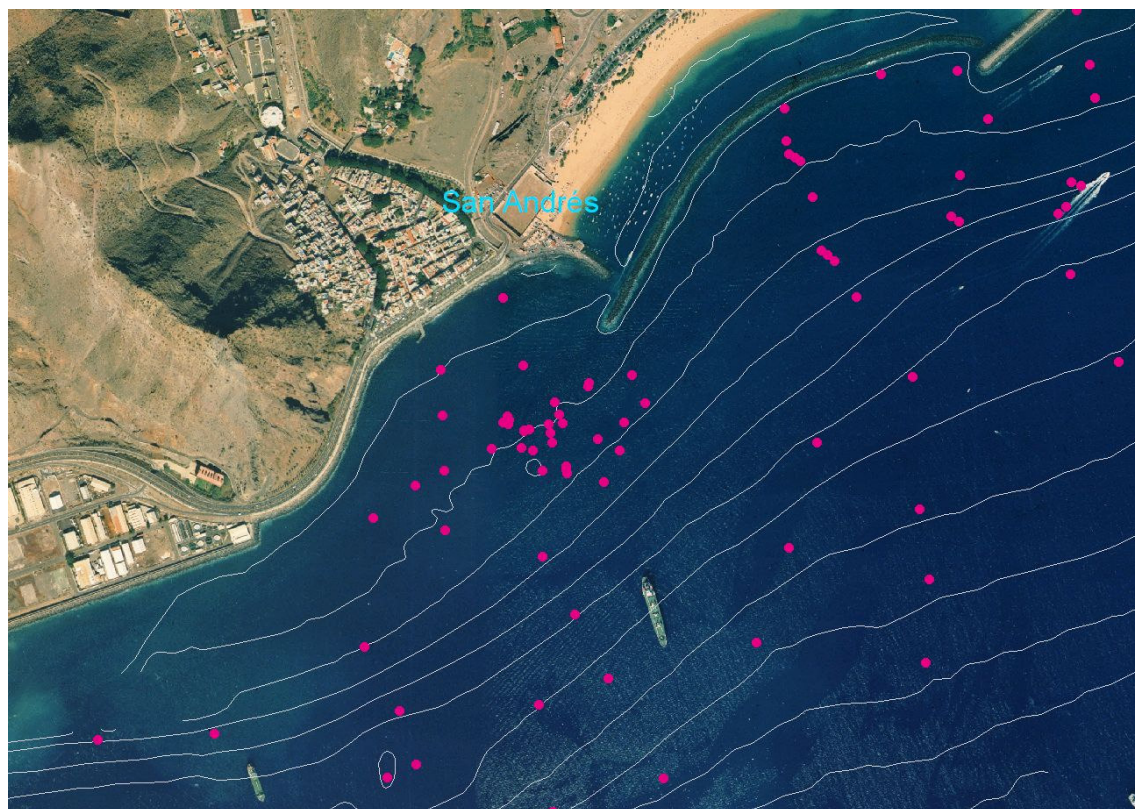


Figura 13. Distribución de los puntos de observación. La concentración de puntos del centro de la imagen, frente al pueblo de San Andrés, se hizo con el fin de delimitar un sebadal. La equidistancia de las isóbatas es de 5 m.

observaciones en las zonas de mayor interés y la de poder delimitar las comunidades con precisión, con independencia de su extensión o de la separación entre ellas y con las únicas limitaciones del tiempo disponible para el estudio y los errores de posicionamiento de la cámara (ver fig. 13).

3.3.3.2.3 Inmersión de la cámara con el barco parado.

Una característica importante del método es que los puntos de observación se realizan con el barco parado y no se arrastra la cámara por el fondo, como en los métodos basados en los transectos. Arrastrar la cámara con un patín o cerca del fondo constituye una práctica muy poco recomendable en la mayoría de los fondos canarios, pues a su naturaleza volcánica, con multitud de veriles, rocas y fondos de “marisco bronco”, hay que añadirle la elevada frecuencia con que se encuentran cabos de artes no señalizadas y boyas ahogadas. Las malas experiencias que tuvimos las primeras veces que intentamos navegar con la cámara a remolque nos hizo adoptar esta medida de forma inmediata. Como exponemos a continuación, además de evitar los enroques, con el barco parado se le puede asignar una posición a la observación mucho más precisa que cuando se arrastra la cámara por el fondo.

3.3.3.2.4 Embarcación.

Como el equipo que se lleva a bordo es muy reducido, poco voluminoso y de bajo consumo, se puede emplear una embarcación de pequeño tamaño para realizar las campañas de toma de datos. Así mismo, el personal que se embarca se puede reducir a un mínimo de dos personas, aunque es conveniente que sean más si las dificultades del trabajo así lo requieren.

Al ser muy frecuentes los bajones, escollos y las corrientes intensas cerca de la costa, es importante disponer de una embarcación de mucha movilidad, capaz de reaccionar con rapidez en una maniobra de emergencia y de trasladarse de un punto de observación a otro en el mínimo tiempo. Otra ventaja que proporciona el pequeño tamaño de la embarcación es la mayor posibilidad de encontrar atraque en los pequeños puertos de las islas, a los que hay que acudir para pasar la noche tras cada jornada de trabajo.

Con frecuencia ocurre que la zona de trabajo se encuentra lejos del puerto base, por lo que en estas ocasiones se emplean varias horas en llegar de un sitio a otro, tanto a la ida como a la vuelta. En estos casos, el consumo de combustible en los desplazamientos llega a ser una parte importante del presupuesto destinado a este concepto, por lo que se tiene que adoptar una **solución de compromiso** entre la potencia del motor y su consumo, en función de la distancia entre el puerto base y el área de trabajo, la movilidad que proporciona un motor potente, el estado de la mar más frecuente en la zona y la separación de los puntos de observación.

La cabina en la embarcación es otro requisito importante, pues además de servir de refugio durante la navegación y resguardar del sol, es donde se dispone todo el equipo electrónico e informático. El monitor de la cámara submarina se ha de poder ver con claridad por todos los componentes del equipo que intervienen en la clasificación bionómica, aun en los días más luminosos.

Aunque el consumo eléctrico de los aparatos es bajo (en algunos casos, como en el GPS, un juego de pilas dura varios días de trabajo continuado), es necesario contar con corriente de 12 V continua y un convertidor que la transforme a alterna de 230 V para los aparatos que la requieran. En nuestro caso, el suministro eléctrico en el barco dejó de ser un problema desde que nos

pasamos al sistema digital de video y utilizamos un pequeño monitor TFT para visionar la cámara.

3.3.3.2.5 La cámara submarina

En nuestras campañas utilizamos el mismo modelo de cámara submarina, el "Micro" de la casa alemana Mariscope (Fig. 8). La cámara es de pequeño tamaño (el mismo que tiene una lata de refrescos, en palabras del fabricante). Como no la remolcamos, prescindimos del armazón con alas que traía de fábrica y le adaptamos un bastidor lastrado para facilitar su descenso rápido. El conjunto de cámara y lastre de plomo pesó unos 3 Kg en las tres primeras campañas. En la cuarta usamos un carrete eléctrico para subir el conjunto a bordo, por lo que pudimos aumentar el lastre hasta 4 Kg para que bajara más rápido. La cámara es de color y no proporciona una imagen de gran calidad (de 420 líneas de alto), pero lo suficientemente clara como para permitir la clasificación de lo observado. En el frontal de la carcasa, la cámara tiene una iluminación de baja intensidad y de sólo un metro de alcance, formada por un círculo de LEDs de luz blanca que rodean al objetivo. El cable umbilical es de 100 m de largo y es tanto de tracción como eléctrico; conduce los 24 V de la corriente continua de alimentación y la señal de video. El cable queda suelto en la bañera de la lancha cada vez que se sube la cámara, pues es mucho menos engorroso operar así que enrollarlo. El carrete eléctrico es del tipo "virador de cabos" (Fig. 9) y traba el cable en el estrechamiento cónico de dos platos giratorios de gran diámetro, por lo que no sufre dobleces ni tensiones excesivas.

3.3.3.2.6 Extensión del terreno explorado y grado de detalle de las clasificaciones.

Cuando se hacen transectos se pasan por alto los detalles del fondo que quedan entre una pasada y la otra; con nuestro método se van a buscar estos detalles gracias a la información del fondo que indica con exactitud dónde se encuentran. En zonas de orografía homogénea, como los arenales llanos o de poca inclinación, los puntos de observación se eligen regularmente distanciados, separados varios centenares de metros, generalmente siguiendo una radial perpendicular a la costa, por lo que se puede cubrir una gran extensión de fondo en poco tiempo. Cuando aparece una comunidad nueva se hacen las observaciones más próximas entre sí, retrocediendo si es necesario o avanzando muy pocos metros, hasta que se puedan trazar con la precisión deseada los límites del polígono.

3.3.3.2.7 Registro en vídeo de las imágenes.

Con la grabadora de vídeo se almacenan únicamente las vistas más interesantes o cuando se tenga una duda razonable sobre la identificación. Una vez visionada la cinta y aclarada la duda, se localiza el punto en la base de datos y se completa la anotación; como la cinta queda automáticamente minutada cuando se graba, a cada toma le corresponde el mismo tiempo registrado por el ordenador en la base de datos, por lo que la identificación de cada una es sencilla e inmediata. En este método **no se graba todo lo observado** por la cámara, por lo que se consiguen ahorrar las innumerables cintas que suelen emplearse en determinados métodos bionómicos obsoletos, en los cuales, no se sabe con qué finalidad, se graba absolutamente todo.

3.3.3.2.8 Operaciones previas que permite el método.

Las distintas texturas del terreno reflejadas en los mapas de relieve se corresponden con tipos de fondo diversos. Cuando las imágenes se han obtenido con una buena precisión, no han sido suavizadas en exceso y están libres de artefactos, se pueden separar *a priori* y con gran exactitud al menos los fondos rocosos de los arenales con sólo un vistazo (ver Fig. 10-C). También se pueden localizar así los veriles, pues se corresponden con las zonas de máxima pendiente, las cuales se pueden trazar de forma automática con un simple filtro del programa de gestión del SIG. En general, a diferencia de los métodos biónómicos que prescinden de la batimetría, estas primeras operaciones permiten:

- Identificar y delimitar los accidentes del terreno más notados.
- Hacer una clasificación no supervisada de los tipos de fondo a grandes rasgos, al menos en lo que se refiere a su naturaleza rocosa o arenosa.
- Trazar los itinerarios de forma que no quede sin revisar ningún accidente importante.
- Ajustar estos recorridos para ahorrar desplazamientos entre los puntos.

3.3.3.2.9 Estudio de la franja más somera.

Otra ventaja del método empleado radica en que, para el estudio de la franja litoral más somera, a la información que proporciona el relieve se le añade la contenida en las fotos aéreas. De esta manera se compensa la mayor atención que requiere el estudio de esta franja de terreno, la más variada en hábitats, orografía y comunidades.

3.3.3.2.10 El error de posicionamiento.

Aunque existen en el mercado localizadores que permiten averiguar la posición relativa de la cámara con respecto al barco cuando está sumergida, basados en la triangulación calculada con varios sónares especiales actuando al unísono, estos equipos son caros y engorrosos de llevar en una embarcación pequeña. Esta costosa infraestructura se puede ahorrar si se le asigna a la posición de la cámara la misma que proporciona el GPS del barco en ese momento, es decir, si la observación se realiza sobre el fondo que queda **en la vertical** del barco en el momento en que se registra la posición. Además del error intrínseco del receptor GPS, el error de posicionamiento que se comete depende de la deriva del barco con respecto a la cámara durante el tiempo que ésta tarda en llegar al fondo. Mientras que el barco deriva según el viento y las corrientes superficiales, la cámara lo hace en función de la profundidad y de las corrientes que encuentra en ese ambiente. Este error de posicionamiento es inevitable y difícil de calcular y se trata de paliar adoptando una serie de medidas que lo contrarresten.

Una de ellas consiste en tomar la posición lo antes posible, en el momento en que se para el barco y antes que la deriva lo aleje de la posición correcta. Aumentar el lastre de la cámara para que descienda con rapidez puede ser también una medida eficaz que minimice el error, aunque hay que tener en cuenta la contrapartida que supone tener que subir a bordo un peso mayor. En nuestro caso, el conjunto de cámara y lastre pesa unos 4 Kg y para el virado utilizamos un carrete eléctrico de buena potencia. Por otra parte, como a medida que transcurre la jornada de trabajo se van conociendo las condiciones hidrológicas y meteorológicas particulares de ese día y en esa

zona concreta, se puede prever la deriva que se va a producir y contrarrestarla en buena parte, sumergiendo la cámara en la posición adecuada de manera que llegue al punto previsto.

Si se toman varios puntos sucesivos en una misma inmersión de la cámara es posible contrarrestar el error de la posición *a posteriori* en la base de datos, pues como se puede calcular la velocidad y dirección del barco en ese trayecto toda vez que de cada punto se conoce también el momento exacto en que se tomó, se puede conocer la diferencia de posición entre la cámara y el barco y actuar en consecuencia.

3.3.3.2.11 Otras desventajas.

Un inconveniente del método es el no poder calcular cuántos puntos de observación van a ser necesarios para estudiar una determinada superficie, pues su densidad y frecuencia están en función de la complejidad ecológica del fondo, la cual no se conoce de antemano. Como es de esperar, se consume mucho más tiempo en estudiar un fondo abrupto, abigarrado y ambientalmente complejo, que en un arenal monótono, desprovisto de vegetación visible y sin apenas relieve.

Otra desventaja del método es la de tener que contar con personal experto, familiarizado con los fondos canarios y capaz de averiguar el tipo de hábitat y la comunidad con sólo un vistazo -a veces muy fugaz y hecho en condiciones precarias de equilibrio- al monitor de la cámara submarina. En nuestro caso, contamos con un pequeño plantel de biólogos buceadores de mucha experiencia, que han aportado al proyecto una ingente cantidad de información, acumulada en sus inmersiones por todo el litoral canario e inédita en su mayor parte.

3.3.3.3 Software utilizado

Para la integración de los puntos de muestreo en la base de datos del SIG se utilizó el programa de navegación OziExplorer v. 3.95.2, implementado en el PC portátil de abordó, con conexión con un GPS Garmin Etrex. Para elaborar los mapas de pendientes y profundidades a partir del modelo digital del terreno se empleó el programa SURFER v. 8 (Golden Software). Luego se importaron a ArcGis 9 de la casa ESRI. Para trazar los polígonos y hacer los últimos ajustes se empleó Arcview 3.2 con la extensión Spatial Analyst, igualmente de ESRI. El tratamiento digital de las fotos aéreas se realizó con el programa de retoque fotográfico Corel Photopaint v. 10.

4 Resultados

En las tablas que se incluyen en páginas sucesivas figuran los resultados numéricos relativos a la superficie calculada para cada zona, obtenidos a partir de los mapas bionómicos de hábitats y comunidades para las zonas intermareal y submareal, y de vegetación para la supramareal. Para cada hábitat o comunidad, ordenados de forma decreciente, se aporta el número de polígonos, la superficie (en hectáreas) y el porcentaje de ocupación.

4.1 Supramareal

La unidad que engloba a los cardonales, tabaibales y sus comunidades de sustitución, actualmente ocupa 4206.055 Ha del total del área de estudio. A pesar de la antropización, aún quedan buenas muestras de las comunidades potenciales. Magníficas muestras de este tipo de vegetación se pueden encontrar en zonas como le Tabaibal de El Porís, Montaña Roja, Montaña Amarilla o Montaña Pelada.

Las 1281.322 Ha de cultivos, evidencian la presión antrópica que secularmente ha sufrido la banda litoral, siendo frecuentes los aterrazamientos para el cultivo, principalmente de tomates y plataneras. A pesar de estar muy localizados, su extensión en el territorio es muy grande, como ocurre en los invernaderos próximos a la zona de La Tejita, Tejina, Valle de Guerra, Buenavista...etc...

Las *comunidades halófilo-costeras de roca* se distribuyen a modo de cinturón, próximas a la línea de máxima pleamar, pero sólo en aquellos puntos donde las condiciones de maresía y tipo de sustrato así lo permiten, por lo que su porcentaje de ocupación, en el litoral estudiado, ocupa la cuarta en posición con 397.361 Ha. En muchas ocasiones, y a la escala de trabajo utilizada, entre la línea de máxima pleamar y la zona potencial del cinturón halófilo, es fácilmente distinguible y cartografiable una banda de *sustrato abiótico* (2199.203 Ha) o prácticamente desprovisto de vegetación.

Especialmente relevante en las inmediaciones del acantilado de Teno es la unidad de las *comunidades hidrófilas dulceacuícolas* representada en las grietas, almagres y nacientes de los acantilados costeros. El área cartografiada con presencia de esta comunidad es de 140.934 Ha.

Como cabe esperar por su comportamiento ecológico, los *tarajales* y las *baleras* tienen una escasa representación cartográfica en el territorio tinerfeño. Han sido cartografiadas 39.284 Ha de tarajales y 39.284 Ha de baleras.

Existe un único polígono de *saladar* digno de mención que se encuentra localizado en la costa turística de Las Américas.

De especial importancia y por su escasa representación en la isla, merece comentario las *comunidades halopsammófilas* y los *pecinales costeros*. Se han cartografiado 24.773 Ha de las primeras y 1.5121 Ha de *pecinales costeros*. Entre las primeras cabe destacar las comunidades psabulícolas de El Médano, Los Abades y El Porís. Por su parte, las maretas más importantes son las de Amarilla Golf, El Médano y La Caleta de El Río.

SUPRAMAREAL: COMUNIDADES				
Comunidad	nº	Código	Ha	%
Cardonal, tabaibal y com. de sustitución	306	7070	4206,055	50,60
Sustrato abiótico	703	7140	2199,203	26,46
Cultivos	160	7160	1281,322	15,42
Comunidades halófilo-costeras de roca	325	7100	397,361	4,78
Comunidades hidrófilas dulceacuícolas	56	7090	140,934	1,70
Baleras	69	7150	39,284	0,47
Comunidades halopsammófilas	23	7110	24,773	0,30
Tarajal	76	7080	21,200	0,25
Pecinal costero	8	7130	1,512	0,02
Saladar	1	7120	0,409	0,00
TOTAL	1727		8312,053	100

Es de destacar la presencia de los Espacios Naturales Protegidos de la Red Canaria, englobados en diferentes figuras legales de protección. A modo de ejemplo mencionaremos algunos: Monumento Natural de La Montaña Amarilla, Reserva Natural Especial de Montaña Roja, Monumento Natural de Montaña Pelada, Sitios de Interés Científico del Tabaibal de El Porís y Acantilado de La Hondura.

4.2 Intermareal

4.2.1 Hábitats

Analizando los resultados obtenidos en la tabla de Hábitats del intermareal se puede comprobar que casi el 35 % del tramo de costa corresponde a Roquedos inclinados y Acantilados, ya sean altos o bajos, lo cual, en parte indica la orografía de la costa tinerfeña.

En cuanto a las Rasas intermareales, que representan 61,5 Ha (el 10,17 % del total), aun no siendo demasiado amplias o extensas, constituyen un hábitat de especial interés por la elevada biodiversidad que albergan.

El elevado número de polígonos referentes a Bloques naturales (1549), con una superficie que supone casi el 10 % del total (59,9 Ha), junto con los correspondientes a Materiales no compactados (125 polígonos con una superficie de 24.567 Ha), muestran la existencia de derrubios frecuentes en el litoral de Tenerife.

El elevado número de polígonos (274) de Playas de callaos en la isla viene determinado por los numerosos barrancos que surcan la orografía de la misma. La superficie cartografiada asciende a 54,6 Ha (el 9,04 %); sin embargo son numerosas los hábitat cartografiados de pequeñas dimensiones.

También merece mencionarse la superficie que ocupan las Playas y Bloques artificiales, representando un alto porcentaje del litoral de la isla.

INTERMAREAL: HÁBITATS				
Habitat	nº	Código	Ha	%
Roquedo inclinado	312	2020	90,121	14,91
Acantilado bajo	256	2012	74,896	12,39
Rasa intermareal	167	2080	61,517	10,17
Bloques naturales	1549	2041	59,884	9,91
Playa de callaos	274	2062	54,651	9,04
Costa baja	220	2030	48,026	7,94
Acantilado alto	120	2011	43,322	7,17
Bloques artificiales	154	2042	35,941	5,95
Playa de arena	118	2063	30,681	5,08
Playa de cantos	148	2061	27,846	4,61
Playa artificial	22	2064	24,725	4,09
Materiales no compactados	125	2040	24,567	4,06
Playa	104	2060	12,182	2,01
Cantos	112	2043	6,929	1,15
Acantilado	5	2010	4,069	0,67
Callaos	47	2044	3,892	0,64
Cueva	88	2070	1,016	0,17
Basura	6	2050	0,085	0,01
Charco	14	2090	0,041	0,01
Piche	1	2100	0,014	0,00
TOTAL	3842		604,405	100

4.2.2 Comunidades

4.2.2.1 Comunidades del intermareal rocoso

El intermareal superior constituye aquella parte del dominio bentónico que se encuentra en la interfase entre el ambiente marino y el terrestre, comprendiendo desde el límite superior de la banda del cirrípedo *Chthamalus stellatus* hasta el límite de la zona de salpicaduras, donde el mar sólo llega en ocasión de las grandes mareas o de mar agitado, de manera que los organismos se encuentran expuestos a una emersión casi continuada. La influencia de las salpicaduras y el spray marino mantienen cierto grado de humedad, creando incluso zonas encharcadas en cubetas de poco volumen y escasa profundidad, muy salinas y con elevada evaporación.

Las especies que pueblan estas comunidades deben soportar largos periodos de emersión y presentan adaptaciones particulares a dichas condiciones. Los elementos vegetales que persisten en estos ambientes prácticamente abióticos son cianofíceas.

Los poblamientos animales están representados sobre todo por moluscos gasterópodos de la familia *Littorínidae* (*Littorina striata*) y el pulmonado *Siphonaria sp.*, que suelen agregarse en pequeñas grietas donde se conserva una mayor humedad, especies de isópodos como *Ligia italica* dotados de gran movilidad para desplazarse desde los pisos inferiores del intermareal, así como el crustáceo decápodo *Grapsus grapsus*, que aparece temporalmente siguiendo el curso de las mareas. Otras especies de anfípodos del género *Talitrus* y *Orchestia* están presentes en la zona superior de batida de las olas en las costas arenosas, en orificios excavados por ellos mismos y en las zonas de acumulación de algas de arribazón, donde se concentran en gran número aprovechando sus hábitos detritívoros. También se encuentran especies propias del ambiente terrestre, como algunos insectos (coleópteros y dípteros).

Los charcos de marea tienen dimensiones reducidas y están sometidos a fuertes variaciones de salinidad, temperatura y pH. En los charcos que llegan a desaparecer en verano o en prolongados periodos de buen estado del mar, es prácticamente imposible que puedan resistir especies de peces.

La zona intermareal media es el territorio costero inundado periódicamente por las aguas marinas durante las pleamares, que queda emergida durante las bajamares. En Canarias, la oscilación de las mareas no alcanza los 3 metros de altura, pero puede afectar a una superficie bastante variable, en función de la inclinación de la costa. En las costas rocosas los organismos se disponen en bandas horizontales. Esta distribución vertical o "zonación" está presente en todas las costas del mundo.

4.2.2.2 Comunidades de roquedos inclinados y rasas intermareales

Entre las comunidades intermareales destacan las de roquedos inclinados y rasas intermareales, localizadas en tramos de cota baja o de acantilado bajo. En estos dos tipos de comunidades, las bandas algales suelen ser las mismas, variando únicamente el ancho. En algunas zonas, el acantilado entra "a pique" con una inclinación cercana al 100% dentro del agua, estrechando el bandeado de las comunidades y limitando su desarrollo. En otras zonas se forman rasas de marea más o menos amplias y de baja inclinación, generalmente en torno al 5 %.

En la isla de Tenerife, las rasas intermareales y roquedos inclinados destacan por su elevada riqueza, tanto florística como faunística, con una alta cobertura.

En la costa distinguimos el inicio del intermareal superior por la presencia del cirrípedo *Chthamalus stellatus* que marca el límite superior de la zona intermareal, es decir donde las condiciones terrestres dan paso a las condiciones marinas. Junto a este animal encontramos, fundamentalmente, cianofíceas tales como *Calothrix crustacea* y *Braquitrachia quoyii*, así como la presencia de *Caulacanthus ustulatus*. En este nivel también encontramos la banda de clorofíceas, fundamentalmente ulvales, que forma una orla, no homogénea, pero casi constante, a lo largo del litoral, debido a los aportes de nutrientes de origen terrestre ya mencionados. Las especies más frecuentes pertenecen al género *Ulva*.

En cuanto a los invertebrados, en la banda de tamalos (*Chthamallus stellatus*) que caracteriza el intermareal superior, la lapa de sol (*Patella piperata*) aparece al inicio de esta banda presentando sobre su concha como epibionte al propio tamalo. Aquí también se encuentran poblaciones dispersas de burgados (*Osilinus atratus* y *Osilinus trapei*). El Cangrejo moro (*Grapsus grapsus*) es también relativamente frecuente en todo el sector.

En el intermareal medio encontramos poblaciones de Lapa negra (*Patella crenata*), aunque de forma menos abundante que en la comunidad de cantos y callaos. En general no hay muchas diferencias a nivel de macroinvertebrados entre los horizontes medio e inferior del intermareal, si acaso en sus abundancias. La lapa blanca (*Patella ulyssiponensis aspera*) y el erizo de colores (*Paracentrotus lividus*) son más abundantes en el horizonte inferior.

Por debajo, en el intermareal medio, aumenta en gran medida la riqueza florística, siendo característicos los céspedes formados por distintos géneros y especies de algas rojas que se incluyen en tres familias: *Ceramiales*, *Rhodomelales* y *Corallinales*, formando lo que denominamos cespitosas de rasa. Cabe destacar las algas del género *Laurencia*, que llegan a formar una banda propiamente dicha.

En el intermareal inferior los céspedes están formados en su mayoría por coralináceas articuladas. Marcando el límite del intermareal inferior, suelen aparecer dos bandas bien definidas, una del alga verde *Codium intertextum* y otra dominada por coralináceas costrosas, que en algunos lugares da paso, finalmente, a *Cystoseira abies-marina*, que domina en los fondos someros inmediatos.

4.2.2.3 Comunidades de charcos

En el intermareal medio es donde aparecen en mayor número los charcos de marea que son uno de los biotopos más interesantes del intermareal por su diversidad específica. En el nivel superior y medio las algas dominantes en los charcos son las pardas *Cystoseira humilis* y *C. foeniculacea*. Otras especies que las acompañan esporádicamente son algas del género *Cladophora* (*C. liebetruithii* y *C. prolifera*). En ocasiones se observan talos de *Padina pavonica* y *Dasycladus vermicularis* tapizando los laterales de las cubetas. Otros charcos de menor volumen y condiciones más extremas están colonizados por unas clorofíceas filamentosas del género *Chaetomorpha*, o simplemente por cianofíceas. Los charcos que encontramos en el nivel medio

del intermareal, abarcan desde cubetas de grandes dimensiones, con una gran variedad florística y faunística, hasta pequeñas oquedades en la roca; en el nivel inferior, los charcos son prácticamente inexistentes o de poca entidad a lo largo de toda la zona. Albergan una gran variedad de especies vegetales -de ahí la denominación de "charcos mixtos"- y están ocupados, entre otras especies, por coralináceas articuladas (*Corallina elongata*, *Jania spp.*, etc.), *Laurencia spp.*, *Galaxaura spp.*, entre las rojas, así como las pardas *Padina pavonica* y *Colpomenia sinuosa*.

Desde el punto de vista de los invertebrados, los charcos del nivel medio también son los más interesantes. Dependiendo de su tamaño, en ellos son frecuentes algunas especies de esponjas, como *Aplysina aerophoba* y *Batzella inops*, y de antozoos como *Anemonia sulcata*, *Actinia equina* y *Corynactis viridis*. Otras esponjas que aparecen más esporádicamente en estos charcos son *Ircinia sp.*, *Terpiox fugax* y *Haliclona cratera*, una especie más típica de los ambientes esciáfilos del submareal.

4.2.2.4 Comunidades de bloques (naturales y artificiales)

Los bloques artificiales presentan una comunidad muy pobre, reducida en la mayoría de los casos a cianofíceas y ulvales aunque en ocasiones dominan las coralináceas costrosas. Los naturales no presentan especificidad en cuanto a la flora. Debido a su elevada estabilidad presentan un tipo de vegetación similar a la de la costa circundante, pudiendo formarse tantas bandas vegetales como en otros sectores en los bloques de mayor tamaño. A pesar de esto, en muchas ocasiones, y debido a la inclinación de sus estructuras, forman pocas bandas y muy estrechas, dominadas por una franja discontinua de cianofíceas (*Calothrix crustacea*), ulvales y *Caulacanthus ustulatus*, que se dispone a modo de pequeños céspedes sobre la comunidad de coralináceas articuladas. También colonizan con éxito este tipo de ambientes las coralináceas costrosas y *Codium intertextum*, marcando el límite inferior del intermareal. En ocasiones hemos observado una pequeña banda de *Cystoseira abies-marina*, pero generalmente se reduce a ejemplares dispersos que solo a veces llegan a formar una comunidad homogénea.

En cuanto a los invertebrados, el cirrípedo *Chthamallus stellatus* y los moluscos gasterópodos *Littorina striata* y *Patella piperata* (Lapa de sol) se distribuyen sobre estos bloques toda el área de estudio. Son frecuentes también otros gasterópodos como *Thais haemastoma* (Burgado macho), los burgados *Osilinus atratus* y *Osilinus trapei* y, en menor medida, *Gibbula candei*, que realizan migraciones hacia el intermareal medio, al igual que el cangrejo moro *Grapsus grapsus*.

4.2.2.5 Comunidades de cantos y callaos

Los cantos son estructuras rocosas granulares más o menos estables, formadas por elementos rodados inferiores a un metro de diámetro; los callaos serían las menos estables de este tipo de estructuras, más afectadas por el movimiento y un continuo rodamiento. En el caso que nos ocupa se trata de pedregales de erosión en un estado continuo de colonización-extinción, por lo que encontramos una comunidad adaptada a este tipo de ambientes, que variará en función de las dimensiones de las estructuras así como del grado de exposición al hidrodinamismo. De este modo encontramos zonas casi desprovistas de macrófitos, salvo la presencia testimonial de las cianofíceas, y otras menos expuestas, con un tapiz vegetal a modo de césped.

La comunidad más representativa de este tipo de ambientes son las ulváceas, comunidades nitrófilas generalmente bien representadas a lo largo de la costa estudiada, sobre todo en determinadas zonas ligeramente más eutrofizadas, debido en su mayoría a los aportes producidos por los núcleos urbanos, la presencia de emisarios, tanto legales como ilegales, así como por las filtraciones de invernaderos. También está presente la comunidad de cianofíceas.

En estos ambientes aparecen, junto con el cirrípedo *Chathamallus stellatus*, poblaciones de lapa negra (*Patella crenata*) y del burgado *Osilinus atratus*, aunque no llegan a ser muy abundantes por la presión marisquera a que están sometidas. El mayor número de especies se dispone bajo las piedras constituyendo las características comunidades infralapidícolas. En zonas encharcadas entre callaos aparecen las anémonas *Actinia equina* y *Anthopleura rubripunctata*. Los crustáceos *Pachygrapsus marmoratus* (Jullona) y *Percnon gibbesi* (Cangrejo Araña) también característicos de esta comunidad.

4.2.2.6 Comunidad de Playas de arena

Este biotopo alcanza su mejor representación en las playas naturales de arena como: la Playa de La Tejita y en la Playa de La Garañona. Además, existen otros tramos de costa ocupados por bellas playas de arena (Playa La Arena, Los Abrigos, Tajao, El Porís, Antequera, El Arenal, San Marcos, etc.).

Este tipo de ambientes es aparentemente abiótico, ya que está totalmente desprovisto de macrófitos y de fauna macroscópica asociada, aunque poblada por multitud de organismos intersticiales.

Este material es aprovechado por especies detritívoras especializadas, tales como el isópodo *Ligia italica* (Pulga de mar) o los anfípodos de los géneros *Talitrus* y *Orchestia*. También se encuentran especies propias del ambiente terrestre como algunos insectos (coleópteros y dípteros).

4.2.2.7 Banda de *Cystoseira abies-marina*

Se trata de una comunidad en orla que marca el límite entre el intermareal y el submareal. Su desarrollo y extensión es muy variable a lo largo de la isla. Aparece en los fondos rocosos más batidos por el oleaje. Normalmente ocupa una franja muy estrecha que, en todo el sector estudiado, y cuando está presente, rara vez alcanza más de los 4 m de profundidad en marea alta. La cobertura en la banda de *Cystoseira abies-marina* es, en ocasiones alta, debido al porte de esta alga parda, de varias decenas de centímetros de altura. Esta comunidad se extiende, en algunos puntos, en el submareal.

4.2.2.8 Comunidad de *Cystoseira tamariscifolia*

Por su importancia, creemos que merece sea mencionado en este informe final el descubrimiento de *Cystoseira tamariscifolia* en la isla de Tenerife, especie que no ha sido reseñada en la leyenda de las comunidades. Esta especie está referenciada para las islas de Lanzarote, Fuerteventura y Gran Canaria; sin embargo su presencia en Tenerife, aunque se sospechaba, no se había localizado con exactitud ni se había denunciado. Su desarrollo es

muy local en el inferior del intermareal y aparece en sustrato rocosos muy batido e inclinado (ver Resultados publicados).

4.2.2.9 Comunidad de Gelidiales

Aunque en la totalidad del litoral de Tenerife se han cartografiado 817 polígonos, y una superficie de 19.702 Ha de la comunidad de Gelidiales, es en la vertiente norte de la isla donde las condiciones geográficas y oceanográficas (costa expuesta y semi expuesta con hidrodinamismo elevado) son más favorables para el desarrollo de esta importante comunidad. Formada por tres bandas sucesivas de los géneros *Gelidium* y *Pterocladia*, las dos primeras, cromáticamente diferenciables por el rojo de sus talos, están formadas por *Gelidium arbuscula* en la parte alta, que es sustituida en su parte baja por *Pterocladia capillacea*. A continuación se sitúan la banda de *Gelidium canariense*, endemismo canario fácilmente reconocible por su color casi negro. En algunos puntos de estos ambientes, donde las Gelidiales crecen menos agrupadas es posible encontrar pequeñas poblaciones de *Cystoseira abies-marina*. En los puntos sometidos a una intensa exposición al oleaje, una inclinación elevada e intensidad lumínica escasa, las bandas anteriormente reseñadas, aunque presentes, están reducidas y dominan las coralináceas incrustantes.

INTERMAREAL: COMUNIDADES				
Comunidad	nº polígonos	Código	Ha	%
Banda de <i>Cystoseira abies-marina</i>	1614	6018	101,732	16,84
Banda de coralináceas costrosas	1674	6019	85,667	14,18
Franja abiótica	416	6060	63,105	10,45
Comunidades de callaos	252	6041	60,472	10,00
Comunidad de cianofíceas	1458	6021	50,151	8,30
Comunidades de cantos	304	6040	41,488	6,87
Comunidad de Ulvales	816	6022	37,735	6,25
Banda de tamalos	1422	6020	37,040	6,13
Comunidad de cespitosas de rasa	419	6013	33,853	5,60
Banda de <i>Codium</i>	511	6016	22,496	3,72
Comunidades de playas de arena	131	6050	22,389	3,70
Comunidad de Gelidiales	817	6014	19,702	3,26
Charcos de <i>Cystoseira humilis</i>	77	6033	12,690	2,10
Banda de Laurencia	498	6015	7,590	1,26
Comunidad de Lobophora	140	6017	5,156	0,85
Comunidad de Caulacanthus	138	6023	1,518	0,25
Charcos mixtos	79	6035	0,709	0,12
Charcos hipersalinos	29	6032	0,335	0,06
Comunidad de <i>Fucus spiralis</i>	78	6011	0,166	0,03
Arribazón	8	6070	0,122	0,02
Comunidades de charcos	14	6030	0,039	0,01
TOTAL	10895		604,155	100

En resumen y como resultado global, en lo referente a las **Comunidades** lo primero que llama la atención es el valor porcentual (10,5 %) de la *Franja abiótica* (63,1 Ha), determinada en gran medida por la elevada presión turística en el litoral de la isla.

Si nos fijamos en el número de polígonos y en la superficie ocupada destacan, la *Banda de Cystoseira abies-marina* como la más representada (101,7 Ha), lo que representa el 17% de la superficie total de las comunidades cartografiadas; le sigue la *Banda de coralináceas costrosas*, con 85,7 Ha (14,17 %).

Es importante destacar la comunidad de Gelidiales, donde se encuentran dos especies de *Gelidium*, (*G. canariense* y *G. arbuscula*) que están incluidas en el Catálogo de Especies Amenazadas de Canarias (Decreto 151/2000, de 23 de julio), consideradas **vulnerables**.

Por otra parte, se dan casos de comunidades poco representadas en nuestras islas pero de cierta importancia ecológica, como es el caso de la Comunidad de *Fucus spiralis*, que en el litoral de Tenerife únicamente ocupa un 0,03% de la superficie, pero está distribuida en setenta y ocho polígonos.

Es sabido que algunas especies de *Codium* y de *Ulvaes* se desarrollan en mayor medida en presencia de altos niveles de compuestos nitrogenados, por lo cual son consideradas indicadoras del exceso de estos compuestos. A lo largo del litoral de Tenerife se ha visto que las zonas en las que dichas clorofitas aparecían en mayor densidad coincidían con lugares altamente antropizados, así como lugares de vertidos y próximos a jaulas de engorde de peces.

4.2.2.10 Zonas de alto valor biológico

En lo que al intermareal se refiere, a pesar del deterioro generalizado de la costa oeste y sur de la isla, aún se conservan ciertas zonas con alto valor biológico. Tal es el caso del litoral próximo al Faro de Teno, los Acantilados de los Gigantes, Fonsalía, la Caleta de Adeje y la zona de La Rasca. También merece mencionarse el litoral del municipio de Granadilla que alberga dos de las playas de arena más importante desde el punto de vista turístico, biológico y geológico, como son La Tejita y Playa del Médano. Asimismo, se encuentran en el litoral de este municipio y próximas a la Central de Granadilla las mayores playas de callaos del litoral tinerfeño. Hay que hacer notar que, aunque estas playas aparentan estar desprovistas de vida, sin embargo esconden una gran riqueza biológica, tanto debajo como entre las piedras, siendo además el lugar de cría de algunas especies animales.

Por otra parte merecen ser mencionadas en la costa del municipio de Granadilla las comunidades vegetales de alto interés biológico, como por ejemplo *Fucus spiralis*; en el litoral de Tajao, las formaciones geológicas; en la Abona las rasas intermareales; Los acantilados de La Hondura por la riqueza de su fauna y flora y sin duda Los Roques de Fasnía, únicos representantes de esta índole en la vertiente este de la isla. También se ha podido comprobar que ciertas comunidades representativas del litoral canario, como la Banda de *Cystoseira abies-marina*, aun estando presentes, han disminuido considerablemente su cobertura y densidad en la última década, por lo que consideramos oportuno tenerlo en cuenta en futuros planes de actuación en el litoral canario.

Entre Los Roques de Fasnía y Anaga existen zonas con alto valor biológico, como es todo el litoral de Anaga, la costa próxima a Igüeste de San Andrés (Santa Cruz de Tenerife), el tramo comprendido entre Las Arenitas y Punta de la Entrada (Güímar), Punta Agache (Güímar) y el litoral entre la Laja de Herques y la Punta del Abrigo (Fasnía).

En el litoral norte se encuentran tres LICs de importancia: LIC ES7020017: “Franja marina Teno-Rasca”, LIC ES7020126: “Costa de San Juan de la Rambla” y LIC ES7020066: “Roque de Garachico”). Además, destacamos la presencia de Espacios Naturales que incluyen litoral hasta la bajamar escorada, como el caso de la **Reserva Natural Integral de Ijuana**, la **Reserva Natural Integral de Los Roques de Anaga**, el **Parque Rural de Anaga** y el **Parque Rural de Teno**, amén del **Monumento Natural del Roque de Garachico**. Por la belleza paisajística aunada a la riqueza de su flora merecen también mención el **Paisaje Protegido de La Rambla de Castro**, el **Paisaje Protegido de Los Campeches, Tigaiga y Ruiz** y el **Paisaje Protegido de Costa de Acentejo**.

En lo que a playas se refiere hay que destacar las de arena negra de La Garañona y de San Marcos. También por la alta biodiversidad marina que albergan los bajíos y rasas, merece ser conservadas los bajíos del litoral del Puerto de la Cruz y de Garachico, entre otros; asimismo las rasas de Punta del Hidalgo, El Pris y La Barranquera.

Por último, queremos llamar la atención sobre una comunidad representativa y de importancia en el litoral canario, como es la Banda de *Cystoseira abies-marina*, que aún estando presente y abundante, ha disminuido considerablemente su cobertura y densidad en la última década. Por ello consideramos oportuno tenerlo en cuenta en futuros planes de actuación en el litoral canario, habida cuenta el papel que desempeñan (pesqueros, tableros) como alimento, refugio y cría de peces.

4.3 Submareal

4.3.1 Hábitats

SUBMAREAL: HÁBITATS				
Habitat	nº polígonos	Código	Ha	%
Arena	300	1063	15723,118	55,55
Roca	994	1020	9864,758	34,85
Cascajo	136	1065	932,058	3,29
Bloques	548	1061	495,854	1,75
Piedras	415	1064	444,268	1,57
Veril	1573	1011	253,646	0,90
(Zona portuaria)	6	1100	231,775	0,82
Cantos	329	1062	192,715	0,68
Callaos	163	1067	70,410	0,25
Tablero	45	1080	54,988	0,19
Fango	4	1066	42,402	0,15
TOTAL	4513		28.305,992	100,00

4.3.2 Distribución de los distintos hábitats

Como era de esperar y al igual que ocurre en otras partes del mundo, los fondos someros de Tenerife están dominados por la arena. Los sustratos blandos (arena, cascajo y fango) suman un 59 % del total, mientras que los considerados como duros (el resto) aportan el 40,18 %. Los fondos arenosos fueron más frecuentes en la vertiente oriental de la isla, los de cascajo en Anaga y los rocosos en todo el norte, aunque su distribución en toda la isla obedece a un modelo en "colada de lava sumergida", derivado de la naturaleza

volcánica del terreno. Este modelo, al que proponemos el nombre de **marisco**, resultó ser recurrente y estar extendido en todo el perímetro insular; nos parece de la suficiente importancia como para dedicarle el apartado que exponemos a continuación.

4.3.3 El “marisco” como formación geológica y biogeográfica.

En los mapas de relieve del perímetro submareal de Tenerife se observa una disposición alternante de zonas arenosas y rocosas que nos llamó la atención desde el momento en que pudimos observar el primer mapa de relieve (ver las figuras 14 a 18). Aunque en un principio no se reconocieron ni se consideraron como unidades del paisaje sumergido, pronto sospechamos que éstas eran las formaciones rocosas que los marineros de las islas, de manera general, llaman "marisco". Estos fondos están repartidos por todo el perímetro de la isla y son coladas de lava más o menos erosionadas, flanqueadas por fondos arenosos lisos, con bordes terminales redondeados y una forma en abanico similar a la que presentan determinadas coladas de lava sobre tierra firme. Algunas de estas formaciones rocosas son muy extensas, llegando a penetrar en el mar varios centenares de metros. La disposición de estas formaciones, su repetición a lo largo de todo el perímetro de la isla y el hecho de que tengan una forma similar induce a pensar que se trata de **unidades o formaciones geológicas** con entidad propia y bien delimitadas, desconocidas por nosotros en la bibliografía especializada.

Igualmente, las comunidades que pueblan estas formaciones rocosas adoptan una distribución parecida, con unas determinadas comunidades asentadas en los bordes más profundos similares en todas ellas, por lo que también podrían considerarse como **unidades biogeográficas**. Aunque en ocasiones terminan a mayores profundidades que los 50 m estudiados por nosotros, en los casos en los que se han podido cartografiar y observar con la cámara, los bordes terminales suelen estar formados por varios y profundos veriles, dispuestos de forma radial y separados por estrechos valles de arena. En la mayor parte de los mariscos, los veriles terminales suelen estar habitados por comunidades de corales y gorgonias, mientras que en los espacios ocupados los valles se disponen muchas veces los fondos de confites (rodolitos) y cascajo, sobre todo en la vertiente norte de la isla.

Faltan los estudios ecológicos, geológicos y biogeográficos que confirmen estas hipótesis con muestreos cuantitativos; tampoco sabemos si estas formaciones existen en el resto de las islas del Archipiélago, aunque es muy probable, sobre todo en las de vulcanismo más reciente. A pesar de todas estas dudas, consideramos que estas supuestas unidades del paisaje sumergido, sacadas a la luz gracias a un estudio tan extenso como este, poseen la suficiente entidad como para que tengan un nombre propio.

Los pescadores canarios y otras gentes relacionadas con el mar denominan “mariscos” a las extensiones rocosas de la costa, sean rasas intermareales o fondos sumergidos de roca dura y compacta, en donde, si afloran, es muy peligroso maniobrar con una embarcación. Entre ellos y también entre la población en general se dice que ir "de proa al marisco" es llevar un mal camino, del que no hay posibilidades de salir bien. En algunas islas, como en Fuerteventura, los pescadores hablan de *marisco bronco* para referirse a los fondos en los que su extrema aspereza hace que se suelen perder los aparejos de pesca, de *marisco aplacerado* cuando son más suaves, y de *marisco atablerado* cuando apenas tienen relieve. Es decir: sabemos que

en Fuerteventura existen distintos tipos de marisco, pero no sabemos qué forma tienen ni si se parecen a los de Tenerife hasta no contar con la batimetría y la bionomía de la isla mayorera.

Aunque la primera acepción del término de las dos que figuran en el diccionario de la Real Academia Española sea: "**1. m. Animal marino invertebrado, y especialmente los crustáceos y moluscos comestibles**" (la segunda no viene al caso), sospechamos que la acepción geográfica pertenezca desde hace mucho tiempo al acervo lingüístico de los habitantes de la costa de algunas zonas hispanohablantes, incluyendo las Canarias. El mismo Diccionario reconoce el origen del término como derivado del adjetivo antiguo "marisco", que significa "de mar".

Otras palabras candidatas para designar estas formaciones rocosas podrían ser "baja", "arrecife" y "colada", pero las descartamos por aplicarse las dos primeras a accidentes del terreno sumergido de significado distinto a las características de los encontrados en los mapas, y la tercera por referirse a una formación geológica muy concreta pero terrestre. Igualmente, "malpaís" es un término preciso que podría ajustarse a estas características pero es de uso exclusivamente terrestre. Un marisco (tal y como lo hemos definido aquí) es la continuación en el mar de un malpaís, una especie de malpaís sumergido. Por otro lado, las dos acepciones del término que proponemos aquí son inconfundibles, pues una se refiere a algo comestible y la otra a un tipo de fondo en concreto.

Por su interés hemos incluido al menos un ejemplo de marisco de cada vertiente de la isla de entre los numerosos que encontramos en todo el perímetro. En las figuras aparece el mar en colores azules y la tierra en verdes: en ambos casos se ha representado el relieve del terreno con colores tanto más oscuros cuanto más acusada sea la pendiente. También se ha incluido la isóbata de los 50 m dibujada en rojo.

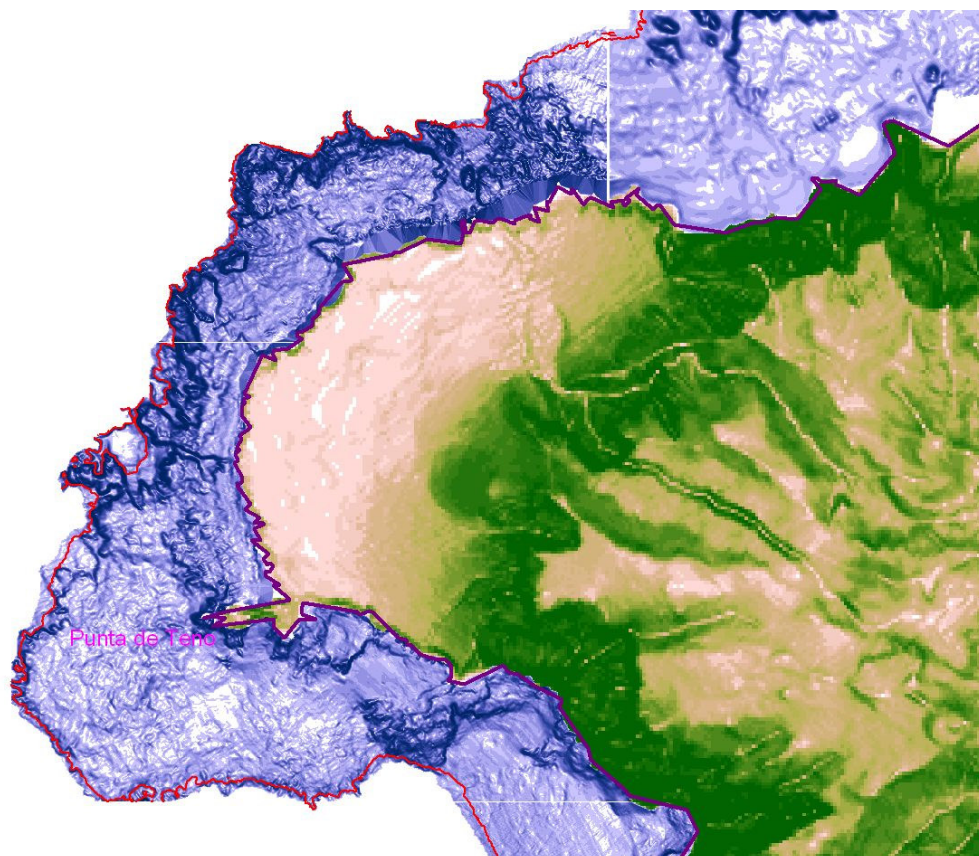


Figura 14. El marisco de Teno es uno de los mayores y más profundos de Tenerife, pues se extiende más allá de los 50 m de profundidad estudiados en este proyecto (la línea roja) en gran parte de su perímetro.

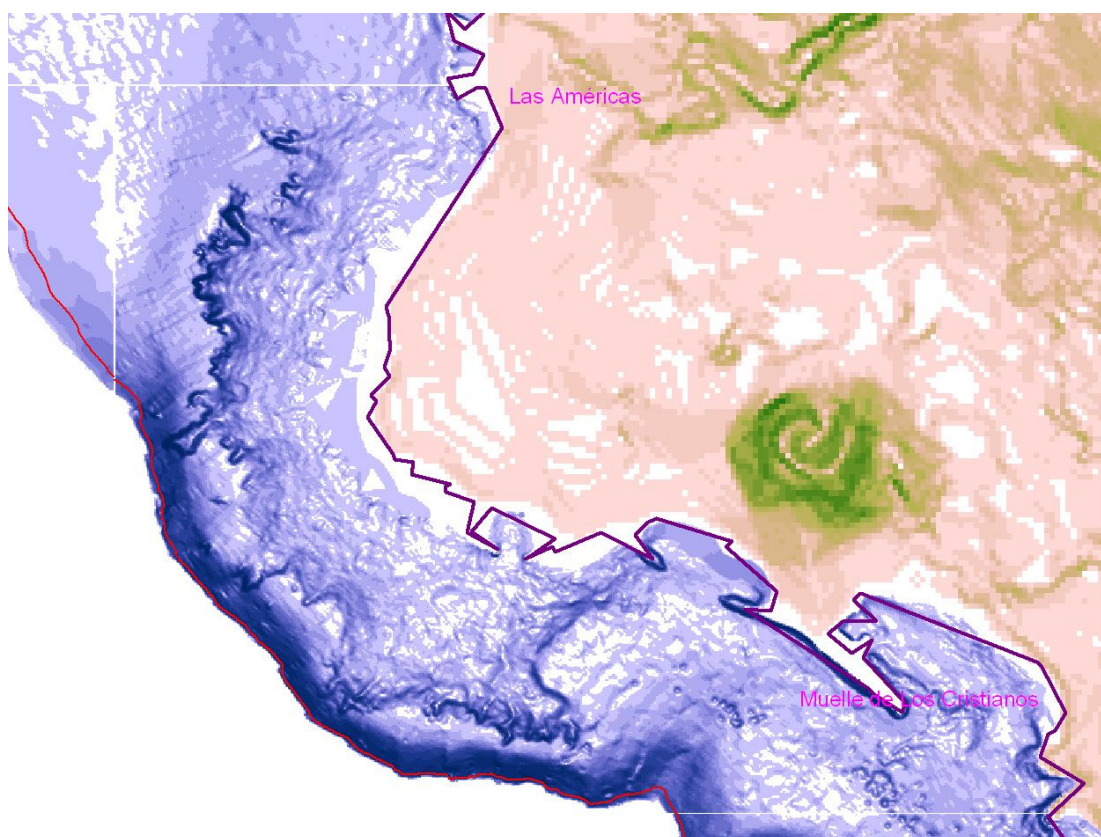


Figura 15. El marisco de Punta del Camisón se extiende entre Las Américas y el muelle de Los Cristianos.

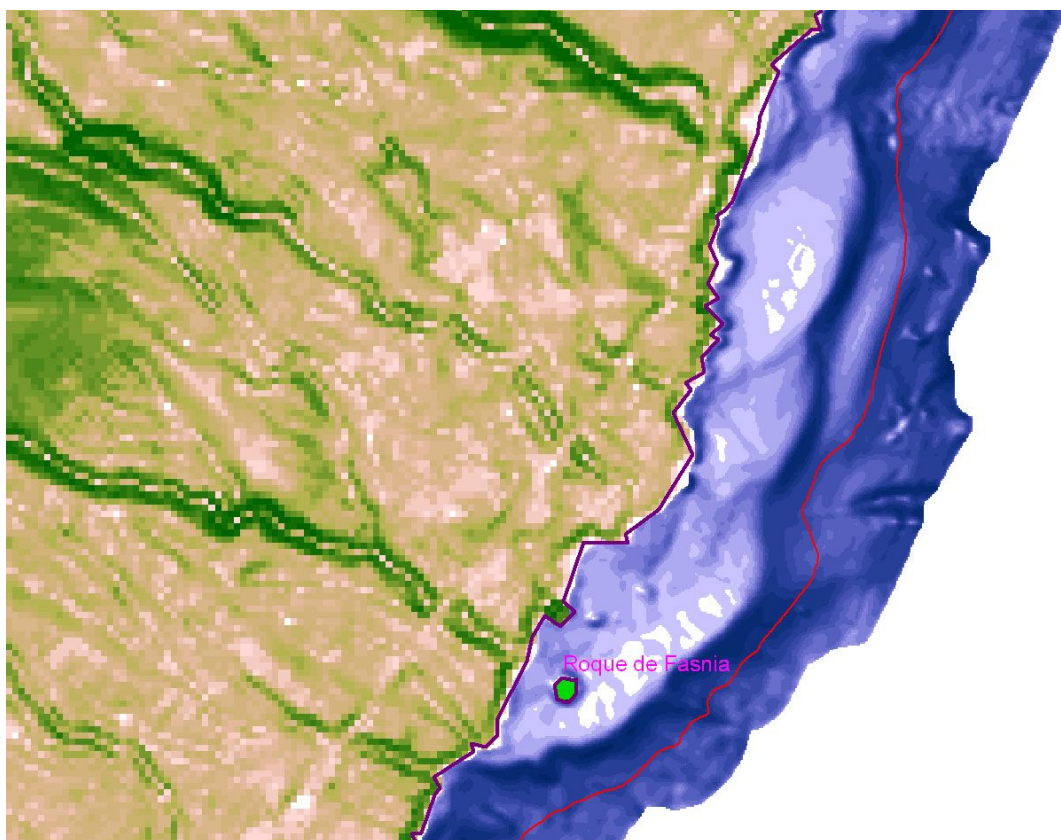


Figura 16. El Roque de Fasnía está situado sobre el extremo sur de un marisco que, al igual que la mayoría de los cartografiados en esta vertiente de la isla, se encuentra sepultado por la arena.

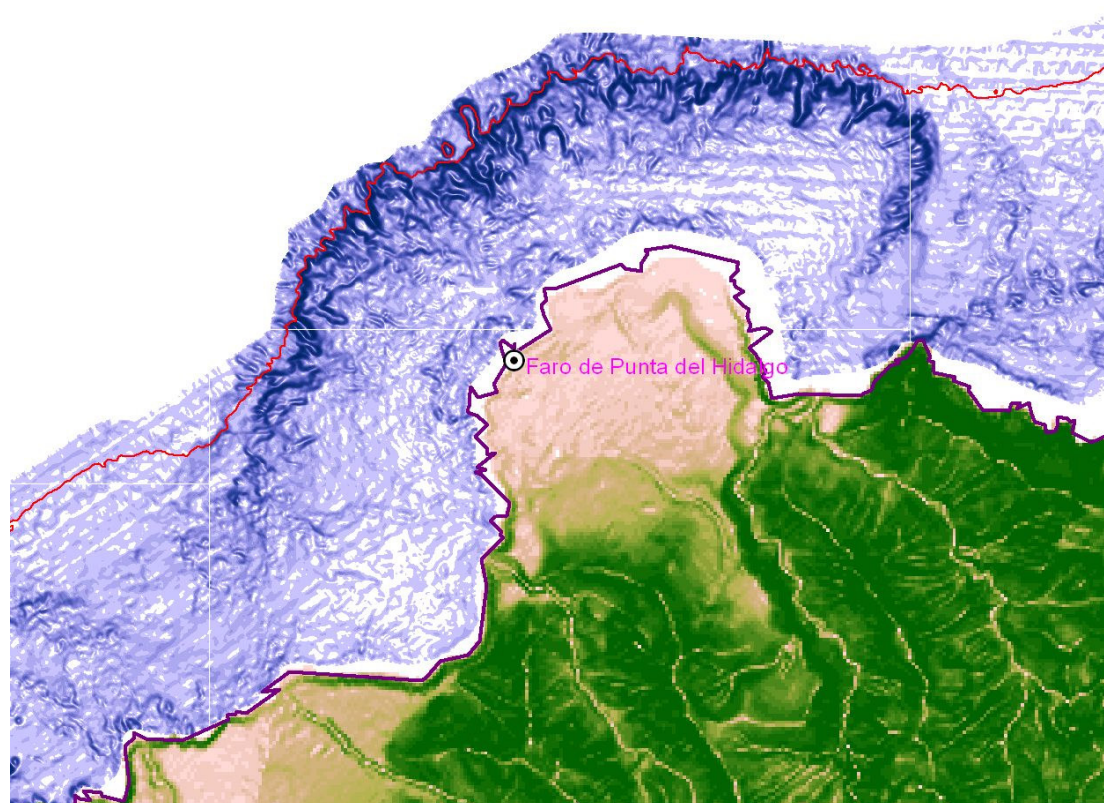


Figura 17. El marisco de Punta del Hidalgo es uno de los mayores y mejor delimitados de toda la costa de Tenerife.

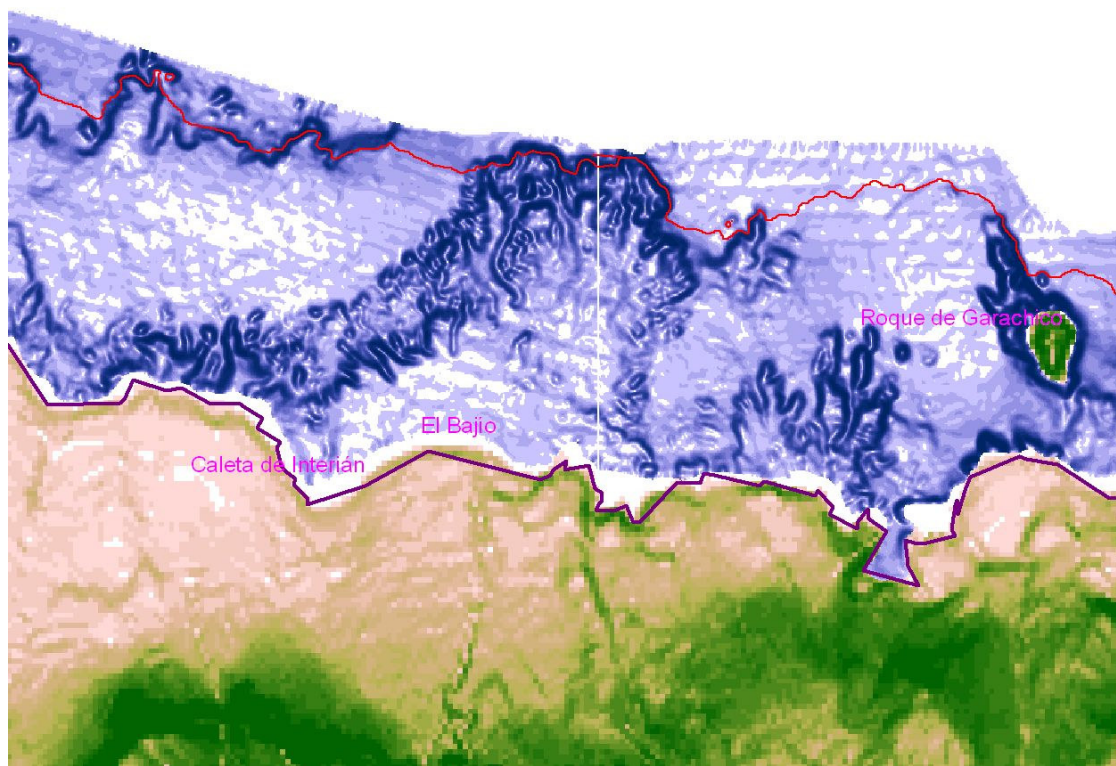


Figura 18. El marisco de El Bajío está situado al oeste de Garachico. En la esquina superior izquierda de la imagen se aprecia el borde de otro marisco más antiguo sepultado en parte por la arena.

La existencia de estas formaciones rocosas, independientemente del nombre que se les dé, puede ser considerada como una importante conclusión de este proyecto. En ningún trabajo sobre la naturaleza y el paisaje de Canarias publicado hasta la fecha se habla de estos “malpaíses sumergidos” puesto que ninguno tuvo acceso a los mapas de relieve con esta precisión batimétrica. Como se trata de accidentes del terreno de grandes dimensiones, distanciados a veces varios kilómetros unos de otros, sólo el estudio de una gran superficie de fondo marino podía sacarlos a la luz. El Cabildo Insular de Tenerife, como entidad propietaria de los mapas de relieve, debiera de darle la difusión que se merecen. Para delimitar los mariscos y profundizar en su conocimiento, se deberá contar en el futuro con la batimetría de una franja de terreno más profunda que los 50 m impuestos como límite en este proyecto.

4.3.4 Comunidades

En la tabla de comunidades del submareal, además de los nombres, códigos, extensión y porcentaje de ocupación de cada comunidad, figuran también los sustratos en donde se encuentra según la clasificación de duros y blandos, la cantidad de sustrato disponible (en función del hábitat de cada una) y el porcentaje de ocupación *relativo* según la superficie utilizable por cada comunidad. En los comentarios que se hacen de cada una se han incluido algunas cifras obtenidas mediante la consulta pertinente del SIG, combinando la distribución de cada una con el modelo digital del terreno y con la pendiente. De esta manera se obtuvieron las superficies ocupadas por cada comunidad *en función de la profundidad y la pendiente*, así como las tablas de datos que nos

permitieron trazar las curvas porcentaje de ocupación-profundidad y porcentaje de ocupación-pendiente de las figuras 19 y 20. De cada comunidad se puede decir, por tanto, en qué márgenes de profundidad y pendiente del terreno se encuentra y a qué profundidad y pendiente está mejor representada. Así mismo, del análisis de las anotaciones se obtuvieron los porcentajes en los que cada comunidad aparecía sola o mezclada con otras.

SUBMAREAL: COMUNIDADES						
Comunidad	Código	Ha	%	Tipo de sustrato	Sustrato disponible	% relativo
(Sustrato sin vegetación)	5060	10328,866	36,73	blando + duro	28074,2	36,79
Blanquizal	5040	7950,174	28,23	duro + cascajo	12308,7	64,59
Com. anguila jardinera	5090	3079,613	10,95	blando	16697,6	18,44
Algal fotófilo	5011	2899,543	10,31	duro	11376,6	25,49
Rodolitos	5100	892,422	3,17	cascajo	932,1	95,74
Com. Caulerpa prolifera	5081	826,910	2,94	blando	16697,6	4,95
Sebadal	5070	820,445	2,92	blando	16697,6	4,91
Algal	5010	317,279	1,13	duro	11376,6	2,79
(Zona portuaria)	5200	231,775	0,82	-	-	-
Com. Halophila	5071	201,177	0,72	blando	16697,6	1,20
Com. sabélidos	5160	175,015	0,62	blando	16697,6	1,05
Com. coral negro	5162	88,073	0,31	duro	11376,6	0,77
Algal esciáfilo	5012	72,537	0,26	duro	11376,6	0,64
Com. gorgonáceos	5163	58,394	0,21	blando + duro	28074,2	0,21
Com. dictiotales	5013	47,554	0,17	blando + duro	28074,2	0,17
Com. de fango	5130	39,270	0,14	blando	16697,6	0,24
Com. Caulerpa racemosa	5082	34,456	0,12	blando	16697,6	0,21
Com. a. rojas filamentosas	5015	28,491	0,10	blando	16697,6	0,17
Com. singular	5000	14,868	0,05	blando	16697,6	0,09
Com. zoantídeos	5161	3,322	0,01	duro + cascajo	12308,7	0,03
TOTAL		28.110,184	100			

4.3.4.1 Blanquizal.

Se trata de la comunidad más abundante de todas las estudiadas, ocupando el 28,2 % del total de la superficie cartografiada. Ocupa casi las dos terceras partes (el 64,6 %) del sustrato disponible, en donde se incluye todo el fondo excepto la arena y el fango, pues es capaz de vivir sobre cascajo. Vive a partir de los 3 m de profundidad y alcanza cotas más profundas que los 50 m estudiados en este proyecto, pero desconocemos su límite inferior. Es una comunidad de un gran interés que está siendo estudiada por varios equipos de investigación, tanto de la Universidad de La Laguna como de la Universidad de Las Palmas de Gran Canaria y extranjeros.

4.3.4.2 Comunidad de anguilas jardineras.

Es la comunidad de mayor abundancia sobre los fondos arenosos de la isla (10,9 %). Se encuentra en todas las vertientes de Tenerife, en zonas de cierta pendiente no mayores de 30°. En la costa del NE puede alcanzar pocos metros de profundidad, pero en el norte aparece a partir de los 30 m.

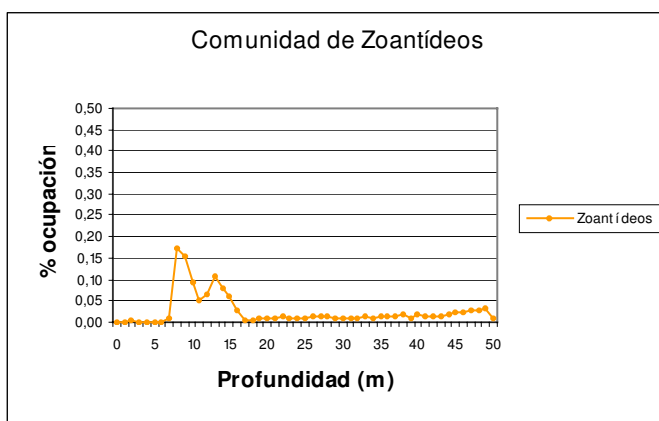
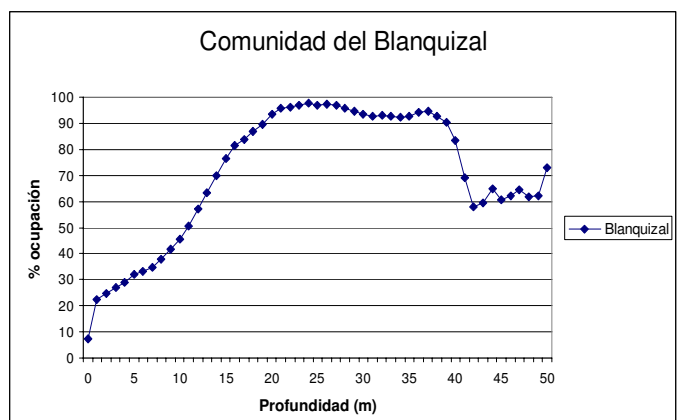
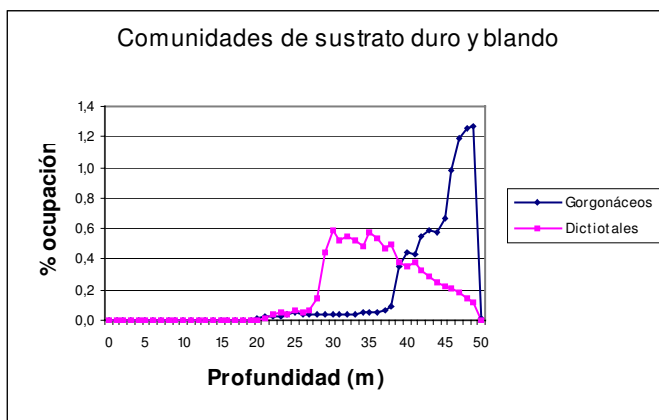
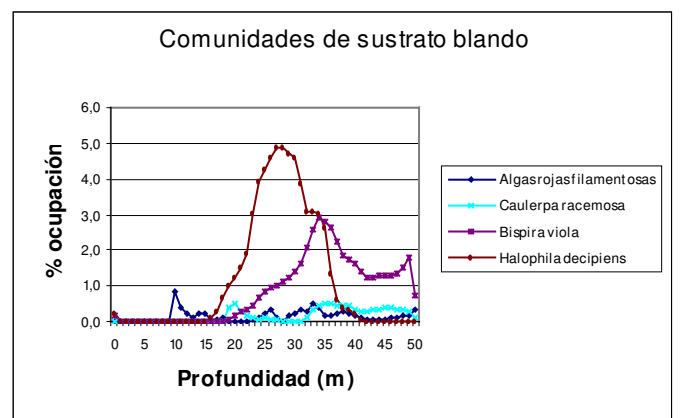
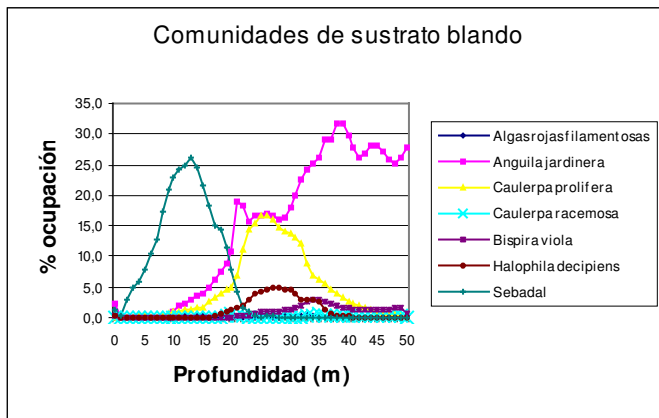
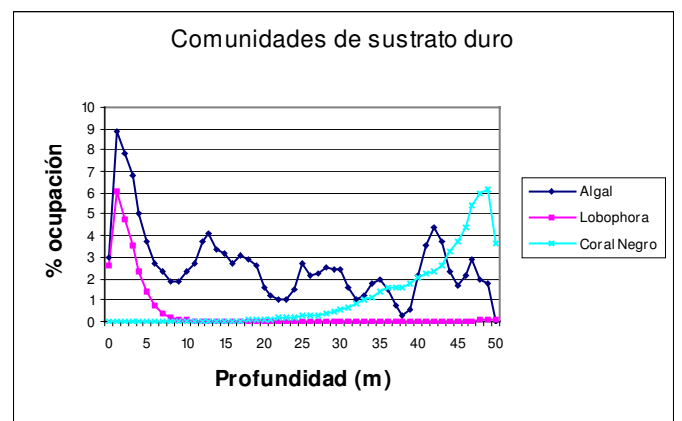
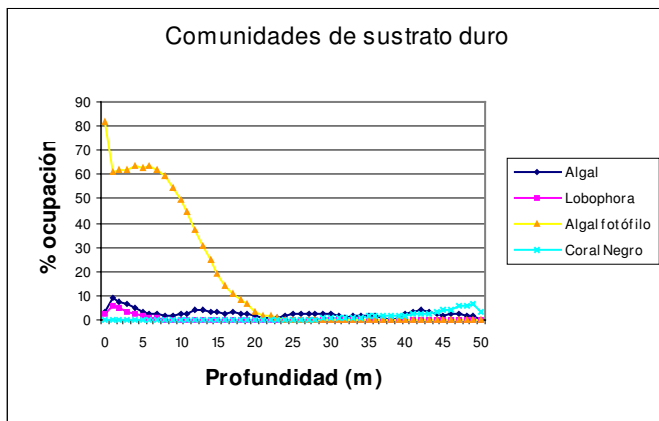


Figura 19. Porcentaje de ocupación de cada comunidad en función de la profundidad.

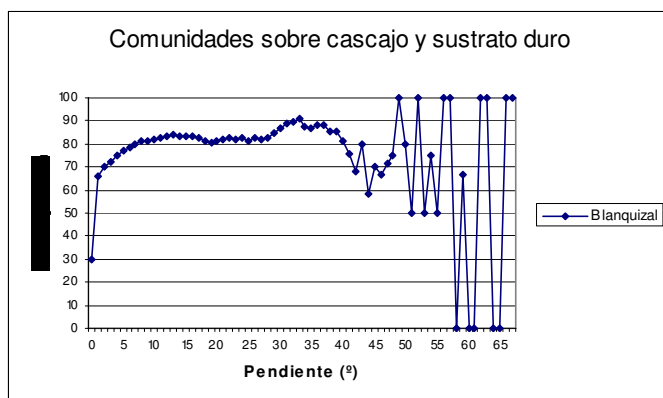
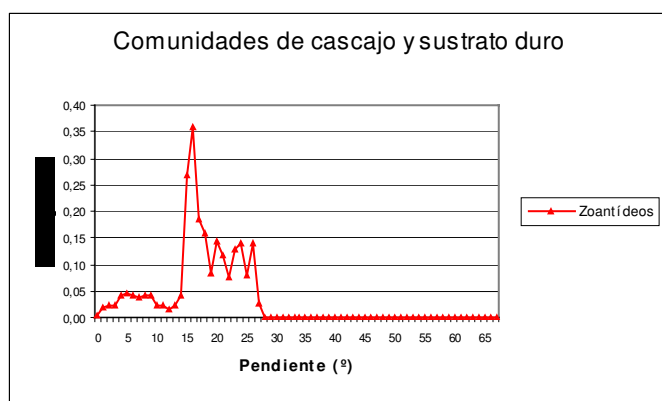
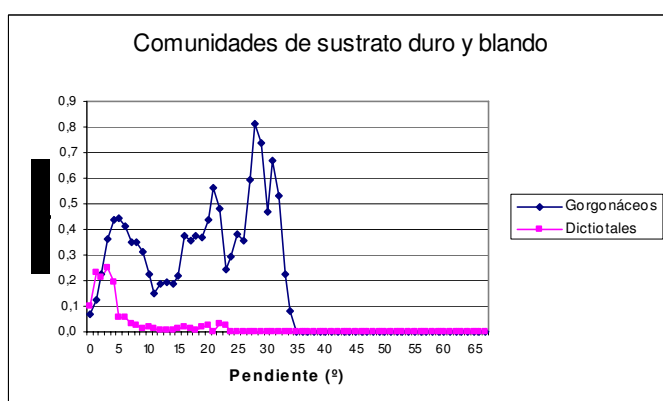
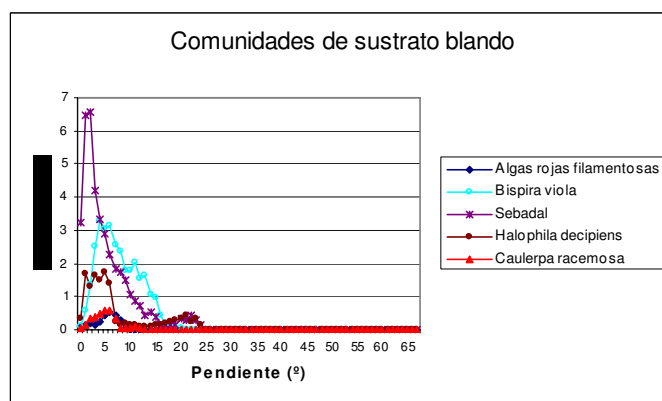
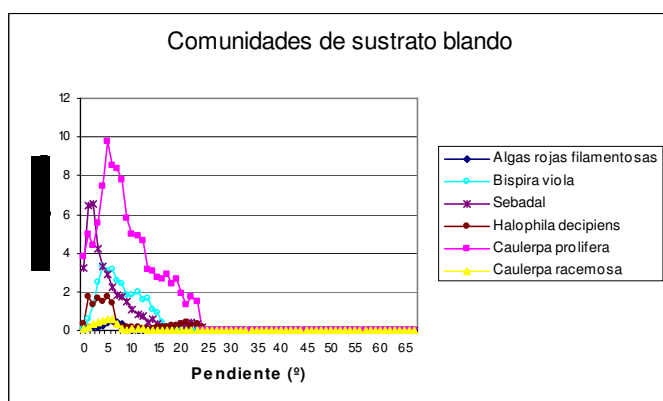
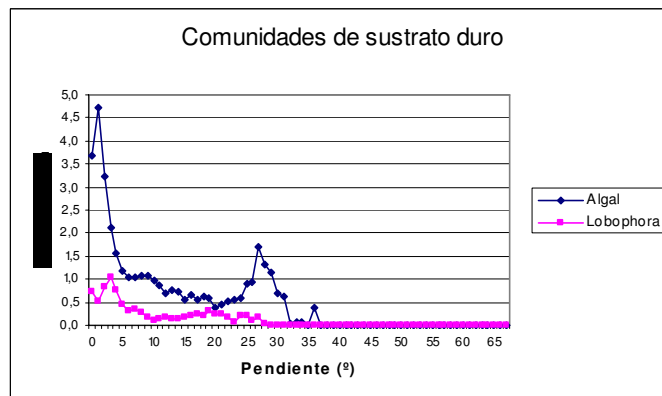
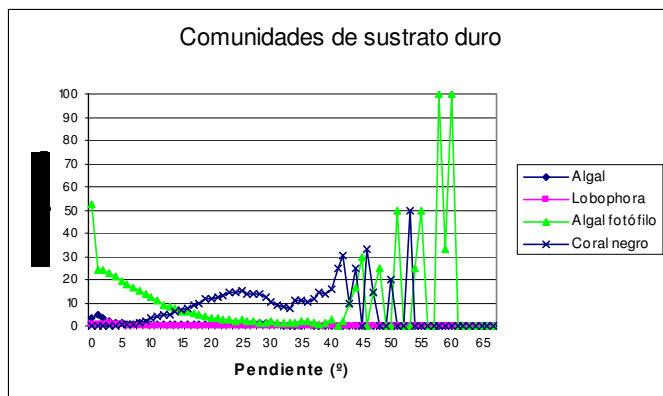


Figura 20. Porcentaje de ocupación de cada comunidad en función de la pendiente.

4.3.4.3 Algales fotófilos.

Ocupan el 10,3 % del sustrato sobre el que se asientan, formado por rocas y piedras principalmente. Se distribuyen hasta un máximo de 20 metros. Esta comunidad no se encuentra limitada por la pendiente del sustrato sobre la que se asienta, hallándose a más de 30° en un elevado porcentaje de su distribución.

4.3.4.4 Rodolitos.

Esta comunidad, llamada en Canarias *confital* y en las publicaciones científicas con la palabra bretona *mäerl*, forma un sustrato que se clasifica, junto con la arena y el fango, dentro de los blandos. Entre las piedras que forman los rodolitos se asienta un amplio conjunto de animales y vegetales. Los mayores confitales se encuentran en las zonas más expuestas a las corrientes dominantes, como en la costa de Anaga. Aquí comienzan a partir de los 35 m aunque desconocemos hasta qué cota máxima se encuentran. La población de Anaga es la de mayor extensión de toda la Isla.

4.3.4.5 Comunidad de Caulerpa prolifera.

Al igual que otras comunidades, está ausente en la vertiente norte de Tenerife. Sólo en un 2 % de las observaciones se encontró no acompañada por ninguna otra, el 41 % junto con Anguilas jardineras y el 24 % mezclada con sebadales. Es más abundante entre las cotas de 25 y 30 m.

4.3.4.6 Sebadal.

Los sebadales se distribuyen en las vertientes SW y SE de la isla, estando ausentes en la norte. Viven exclusivamente sobre arena, entre las cotas de los 2 y 25 m, siendo más abundante alrededor de los 13 m. El sebadal más septentrional de la isla se encuentra en las proximidades de Punta de Antequera. El mayor de ellos se extiende sin interrupción entre Tajao y El Médano y posee 10,5 Km de largo. En la actualidad es la comunidad marina con más leyes de protección de las existentes en Canarias.

4.3.4.7 Algales.

Ocupan un 1 % del sustrato duro. En el 67 % de los puntos en los que se encontró apareció sin ninguna especie acompañante. Puede distribuirse desde unos pocos metros de profundidad hasta los 50 m y con pendientes de hasta 50°. Se encuentran en todas las vertientes de la isla aunque su presencia es mayor en el sector occidental.

4.3.4.8 Comunidad de Halophila decipiens.

La comunidad que forma esta fanerógama comparte el sustrato en un elevado porcentaje (51 %) con la Anguila jardinera. Se distribuye en manchas o parches de pequeñas dimensiones, en fondos arenosos situados a profundidades entre 15 y 35 m. Está ausente en la vertiente norte de Tenerife. Al igual que para los sebadales, existen leyes de protección para esta comunidad.

4.3.4.9 Comunidad de Bispira viola.

Ocupa el 1 % del sustrato blando y se encuentra en las vertientes W y SE de la isla, en zonas resguardadas de las corrientes dominantes. Se encuentra en terrenos de pendientes suaves a partir de los 20 m de

profundidad, en las zonas menos expuestas, alcanzando un máximo de ocupación a los 35 m.

4.3.4.10 Comunidad de Coral negro.

Vive en zonas muy expuestas, de gran profundidad y pendiente, como veriles, acantilados, etc., en la vertiente norte de la isla. En cerca de la tercera parte de las observaciones puntuales se encontró acompañada por Gorgonáceos y otro tanto por blanquizal.

4.3.4.11 Algales esciáfilos.

Solo se hallaron pequeñas manchas que ocupan unas 72 Ha, dispersas en todas las vertientes de la isla. Se encontraron sin mezclar en el 31 % de los casos y con algales fotófilos el 24 %. Se distribuyen principalmente en fondos poco profundos, hasta un máximo de 10 metros.

4.3.4.12 Comunidad de Gorgonáceos.

Resultó ser muy abundante en la vertiente norte de la isla, encontrándose en lugares de cierta pendiente y desde una profundidad de 38 m.

4.3.4.13 Comunidad de Dictyotales.

Son algales profundos que aparecen a partir de los 20 metros de profundidad. Suelen encontrarse acompañados por *Caulerpa prolifera* (31 %) y con los sebadales (19 %). Crecen en terrenos poco inclinados con un máximo de ocupación en los de 3º. Se considera que ocupan sustrato blando, además del duro, puesto que en muchos puntos de observación se encontraron sobre piedras cubiertas de arena, incluidos en el SIG como fondos arenosos por ser éste el hábitat dominante.

4.3.4.14 Comunidades de fangos.

Se encontraron en las proximidades de la mayoría de las instalaciones portuarias importantes de la isla. Destaca las encontradas en el Puerto de S/C de Tenerife, que llega a ocupar unas 231 Ha. No obstante, al no estar explorados los ambientes clasificados como "Zona Portuaria", es muy posible que ocupen todos estos fondos muy resguardados y de gran sedimentación.

4.3.4.15 Comunidad de Caulerpa racemosa.

Ocupa solamente el 0,2 % del sustrato blando. Se distribuye en fondos arenosos de poca pendiente, a partir de los 17 m de profundidad, con un máximo de ocupación a los 35 m. La población mayor de esta comunidad se encuentra cerca de El Médano.

4.3.4.16 Comunidad de algas rojas filamentosas.

Solieron encontrarse en compañía de otras especies de algas, como las fotófilas, *Caulerpa prolifera* u otras comunidades algales. No presenta preferencias batimétricas en el rango estudiado.

4.3.4.17 Comunidad de Zoantídeos.

Se trata de una comunidad de animales coloniales que recubren piedras, cascajo y roca. La distribución de esta comunidad es peculiar, pues forma manchas de gran densidad de animales y recubrimientos próximos al 100 %.

Se cartografiaron cuatro manchas de estos corales blandos en todo el perímetro, la mayor de la cual fue objeto, por su importancia, de una comunicación en un congreso (Barquín *et al.*, 2004). Se encuentra sobre fondos de rodolitos en el marisco del Faro de Abona, entre los 28 y 60 m de profundidad, tiene unos 150 m de largo y 50 de ancho y ocupa 1,16 Ha.

5 A modo de conclusión

En la época de las guerras napoleónicas hubo quien dijo que el bando que tuviera el mejor mapa del campo de batalla tendría la victoria de su parte. Las ventajas que reporta un buen mapa son evidentes, incluso fuera del ámbito militar. No obstante, este proyecto no es tan ambicioso, pues no pretende ser sino una pequeña (aunque básica) contribución al conocimiento de la ecología de nuestras costas, aparte de proporcionar una potente herramienta de gestión.

Al haberse estudiado todo el litoral de una isla como Tenerife -la de mayor perímetro del Archipiélago-, se ha obtenido una gran cantidad de información, que, salvo la banda supramareal, en su mayoría es inédita y desconocida tanto para la Administración como para la comunidad científica. Solamente la batimetría de los fondos submareales, obtenida con gran rigor y con procedimientos modernos, perfectamente casada con la topografía terrestre ya existente, podría ser una herramienta de trabajo de grandes posibilidades para la gestión de muchos recursos litorales y para el simple goce de imaginar el paisaje sumergido de la isla como si fuera tierra firme.

La bionomía que se ha obtenido en el proyecto no sólo interesará a los organismos gestores del litoral tinerfeño sino también a la comunidad científica en general y a otros sectores de la sociedad, como a los educativos, formativos, productivos, etc. Por este motivo, el CIT ha de darle la máxima difusión a los resultados. El estudio del complejo medio marino canario tiene que avanzar por la vía de la difusión del conocimiento y el trabajo de rigor **constatable**, de forma que la información pueda ser corregida y ampliada por otros equipos de investigación, con otros medios y en otras épocas. Así, de igual forma que crece un edificio, podrán añadir su trabajo a lo ya construido.

5.1 Mantenimiento del SIG

Todos los especialistas en Sistemas de Información Geográfica consideran de gran importancia las labores de mantenimiento de un SIG, consistentes en actualizarlo, completarlo con nuevas capas y darle mayor utilidad, promoviendo la obtención de más datos que permitan su perfeccionamiento y crecimiento. Al ser la opción de disponer la información del SIG en la web una de las más adecuadas, habida cuenta la cantidad de información que contiene y ser prácticamente prohibitiva su publicación -total o parcial- en formato papel, hemos supuesto una organización mínima del personal encargado de las diversos aspectos relacionados con el mantenimiento del SIG, que supone la creación de tres equipos:

- **Equipo Director**, encargado del funcionamiento y mantenimiento del SIG y de seleccionar la información que va a ser difundida. Será el equipo responsable máximo del SIG.
- **Equipo Informático**, encargado de introducir la información en el SIG, corregirla y adecuarla para su mejor difusión en la red.
- **Equipo Asesor**, responsable del contenido del SIG, encargado de comprobar la validez científica de la información que se introduzca en el

SIG, obtener nueva información mediante campañas de recogidas de datos y comprobar las modificaciones sugeridas por los usuarios.

Una vez creados estos equipos, los trabajos de mantenimiento serán los siguientes:

- El equipo director seleccionará la información que vaya a ser difundida por la red y su grado de accesibilidad (reservada, restringida, con clave de acceso, de uso público, en formato de alta o baja calidad, etc.).
- El equipo de asesores del contenido del SIG propondrá las modificaciones, ampliaciones o eliminación de la información al equipo director.
- El equipo informático propondrá las modificaciones de los formatos de los ficheros, su accesibilidad y, en general, todos los aspectos técnicos que mejoren la calidad de la información y su exposición en la web.
- El equipo director será el responsable de darle validación a las modificaciones que le propongan los otros equipos.
- Una vez aprobada la modificación, el equipo informático la incluirá en el SIG y la expondrá en la red.
- El equipo director promoverá las campañas de recogidas de datos que juzgue necesarias.
- La difusión del SIG será interactiva, de forma que los usuarios puedan sugerir cambios o correcciones, a través de los formularios específicos enviados por correo electrónico. El equipo director someterá a consideración estas peticiones y sugerencias a los demás equipos.
- Las actualizaciones se harán de forma periódica, en lapsos de tiempo nunca superiores a un año.
- La administración encargada del SIG (el Cabildo Insular de Tenerife en este caso), dispondrá del presupuesto necesario para llevar a cabo todas las acciones encaminadas a mantenerlo con vida.

5.2 Temas pendientes

Este proyecto ha abierto numerosos interrogantes, más de los que se han podido aclarar, y nos ha permitido comprender en dónde están los mayores vacíos por cubrir. Una asignatura pendiente en los temas relacionados con el medio marino canario es el poco conocimiento que se tiene de la **toponimia de la costa** relativa a los accidentes del terreno (acantilados, charcos, calas, bajas, bajones, bancos, pesqueros, piedras, callaos, burreras, veriles...), acumulada durante siglos por los pueblos del litoral y de gran interés social, cultural y etnográfico. Sorprende a los habitantes de tierra adentro la cantidad de nombres que utilizan los pescadores canarios para nominar a todos los accidentes del fondo que conocen, a pesar de que buena parte de ellos no se ven, y que constituyen los elementos del “SIG” que cada uno de ellos tiene del medio en donde se gana el sustento. La labor de rescate de estos topónimos, transmitidos de forma oral de padres a hijos, es urgente, pues los nombres se olvidan con el desuso y desaparecen en la medida en que lo hace también el colectivo de pescadores del litoral, o bien se eliminan de la tradición oral y se sustituyen por las posiciones de longitud y latitud que tan fácilmente se almacenan en los modernos GPSs. Una herramienta que puede contribuir a facilitar este trabajo etnográfico son los mapas del relieve

submarino, que dan una visión equivalente a cómo se vería el fondo marino si desapareciera el agua.

Otra vertiente bionómica en la que queda mucho trecho por recorrer la constituye la caracterización de las comunidades con criterios ecológicos rigurosos, apoyados por unos datos de campo fiables. Estos tipos de trabajos están basados en la realización de muestreos cuantitativos de las comunidades, con el número de réplicas y controles suficientes como para darle significación estadística a los resultados, por lo que suponen muchas horas de observación de buceo autónomo (a profundidades accesible a esta técnica) o mediante dragados sistemáticos u observaciones estandarizadas con la cámara submarina. Pero los estudios de caracterización de las comunidades se retroalimentan, pues darán lugar a una bionomía más precisa, la cual facilitará a su vez las caracterizaciones. Si lo importante es empezar, eso es lo que se ha hecho en este proyecto. El siguiente paso será profundizar en el conocimiento de las comunidades, para lo cual ya se cuenta con el mapa correspondiente.

5.3 Labores futuras

Los futuros trabajos de nuestro equipo de investigación van encaminados a la extensión de los SIG bionómicos a todo el archipiélago canario, ampliando el área de estudio hacia cotas más profundas (más allá de los 50 m de profundidad) y extendiendo el ámbito de aplicación a todas las Islas e islotes del Archipiélago sin excepción.

Los trabajos de bionomía no tienen límite de profundidad. Si en este proyecto se ha impuesto la cota de los 50 m como la máxima profundidad, la siguiente franja a estudiar es la que abarca desde esta cota al borde del veril, situado, en líneas generales, a 150 m de profundidad. A partir de aquí comienzan los fondos inclinados del talud, los cuales deben de encerrar una biodiversidad asombrosa, toda vez que a diferencia del continente, el origen volcánico de las islas ha dado lugar a fondos abruptos de una gran variedad ambiental. Es precisamente en el borde del veril donde el mundo abisal y el litoral se encuentran, por lo que se debe de producir una interesante concentración de organismos procedentes de ambos ambientes.

Bajo el punto de vista metodológico, la exploración de esta franja de 50 a 150 m de profundidad no supondrá excesivas modificaciones, pues se puede observar con los mismos aparatos, embarcaciones y cámaras que los empleados en la franja ya estudiada, si bien en los límites de su alcance. No sería el caso del estudio del fondo más profundo que los 150 m, para el cual harían falta equipos más costosos y pesados, mover embarcaciones grandes provistas de ROVs (*Remoted operated vehicle*) preparados para trabajar a esas profundidades, así como emplear a más personal especializado; no obstante, aunque más lejano, ese sería el siguiente paso a dar después del que proponemos.

Por lo tanto, la siguiente etapa de los trabajos de bionomía ha de ser el estudio de esta interesante franja del fondo de 50 a 150 m de profundidad, en donde se encuentra el "primer gran escalón" y donde comienza el descenso sin apenas interrupción hasta los 3500 m de la **Llanura Abisal de Canarias**. Por lo que hemos podido observar en nuestras campañas, los fondos más allá de la cota de los 50 m son, bajo el punto de vista orográfico, la continuación de la franja más somera. En cuanto a la fauna que albergan se producen relevos graduales, desaparecen definitivamente las comunidades vegetales y aparecen

otras conforme se acerca el borde del veril, que es en donde se producen los mayores cambios.

5.4 El SIG marino de Canarias

Si tenemos en cuenta las enormes posibilidades que tienen los SIG y la notable evolución que está teniendo el software especializado en estos sistemas, es de suponer que, en un futuro no muy lejano, no solamente se tenga que integrar la bionomía de **todos los fondos marinos de Canarias en un único SIG**, sino también **toda la información georreferenciada relacionada con otros aspectos del medio marino**, como la ecología, la oceanografía y la conservación y gestión de los recursos, tanto los naturales (pesca, marisqueo, reservas marinas) como los derivados de la actividad humana (intervenciones en el litoral, emisarios submarinos), incluyendo no solamente a los fondos sino también **el mar que rodea al Archipiélago**. En general, toda la información del territorio que esté georreferenciada es susceptible de entrar en un SIG y ser gestionada, por lo tanto, con la mejor herramienta de la que se dispone en la actualidad.

La conclusión a la que se llega al observar de cerca la evolución de los SIGs es que, tarde o temprano, la integración de toda la cartografía bionómica de los fondos de Canarias **se hará**, por lo cual lo más sensato es comenzar cuanto antes esta ingente labor. El CIT debe de tener en cuenta esta tendencia hacia la unificación y promoverla. Como un primer paso en este proceso, la Mancomunidad de Cabildos de la provincia, podría acometer la creación de un SIG bionómico de las islas occidentales, ampliable a las demás islas e islotes en otra fase posterior. La labor es enorme pero el primer paso creemos que ya está dado.

En el inevitable proceso de unificación, un escollo difícil de salvar es la falta de uniformidad de la cartografía bionómica ya hecha en otras islas, puesta de manifiesto sobre todo en lo relativo a las leyendas, lo que imposibilita la aplicación de un mismo criterio para una única bionomía de toda Canarias. Para empezar con la labor de unificar los criterios bionómicos, nuestro equipo expuso en un simposio internacional y publicó en una revista científica de ámbito regional la lista de las comunidades encontradas en Tenerife, así como la descripción del método de prospección empleado para estudiar el submareal (Barquín *et al.*, 2003 y 2004).

Al margen de consideraciones de tipo administrativo y de la exclusividad de las competencias regionales, nacionales e internacionales, económicas y de soberanía de las aguas y fondos del Archipiélago Canario, la realidad obvia es que las Islas están unidas por el lecho marino y que los distintos mapas individuales de cada una se encontrarán cuando se incluyan los fondos que las rodean. Si se tiene la certeza de que esto va a ocurrir, lo que la lógica impone es **unificar los criterios cuanto antes**, en previsión de que las distintas cartografías sean incompatibles y no puedan casarse. Desde que el Buque Hidrográfico de la Marina "Tofiño" levantara, a principios del pasado siglo, las primeras cartas náuticas de Canarias con sondaleza y sextante, los levantamientos de cartas y mapas temáticos relativos al lecho marino que circunda a las islas no han hecho sino crecer, tanto en calidad como en cantidad. Cuanto más se demore esta unificación, más difícil será adaptar las distintas cartografías, pues el volumen de información habrá crecido y las divergencias se habrán acentuado.

6 Publicaciones científicas y comunicaciones en congresos derivadas de la realización de este proyecto (por orden cronológico y alfabético)

1. Aldanondo, A., R. González González & M. C. Gil-Rodríguez. **Acerca de *Cystoseira tamariscifolia* en Tenerife y La Palma (Islas Canarias).** *Rev. Acad. Canar. Cienc.*, XV (3-4): 115-128 (2004).
2. Barquín, J., G. González-Lorenzo, S. Domínguez-Álvarez y M.C. Gil-Rodríguez. **La bionomía del litoral canario: metodología empleada en el estudio del sublitoral.** Comunicación (Póster). Congreso Internacional de Fitosociología. XIX Jornadas de Fitosociología. "Biodiversidad y Gestión del Territorio". Libro de Resúmenes XIX Jornadas de Fitosociología, Biodiversidad y Gestión del Territorio. p. 142. Tenerife. Septiembre 2003.
3. Barquín Diez, J., G. González-Lorenzo y M. C, Gil-Rodríguez. 2003. **Un método de estudio de bionomía bentónica utilizado en las costas canarias para fondos poco profundos.** *Vieraea*, 31: 219-231.
4. Barquín Diez, J. G. González-Lorenzo & L. Martín. 2004. **Sobre la presencia de una población de zoantídeos en el litoral de Tenerife.** XIII Simposio Ibérico de Estudios del Bentos Marino. Las Palmas de Gran Canaria. Libro de resúmenes p. 144. Las Palmas de Gran Canaria. 21 a 24 de Septiembre de 2004.
5. Barquín, J., G. González-Lorenzo, L. Martín & M. C. Gil-Rodríguez. **Las comunidades de fanerógamas en el litoral de Tenerife.** Comunicación (Póster). XIII Simposio Ibérico de Estudios del Bentos Marino. Libro de resúmenes p. 144. Las Palmas de Gran Canaria. 21 a 24 de Septiembre de 2004.
6. Barquín Diez, J., M. C. Gil-Rodríguez, M. J. del Arco Aguilar, S. Domínguez-Álvarez, R. González-González, N. Aldanondo-Aritzizabal, M. Rodríguez-García del Castillo, M. A. Cruz-Reyes, G. Herrera-López, G. González-Lorenzo, A. Sancho-Rafel, T. Cruz-Simó, J. O'Dwyer Acosta, L. Martín García & S. Cansado Marrero. 2004b. **La cartografía bionómica del litoral de Tenerife: resultados preliminares.** XIII Simposio Ibérico de Estudios del Bentos Marino. Las Palmas de Gran Canaria. 21 a 24 de Septiembre de 2004.
7. Barquín Diez, J., G. González-Lorenzo, L. Martín García, M.C. Gil-Rodríguez & A. Brito Hernández. **Distribución espacial de las comunidades bentónicas submareales de los fondos someros de Canarias. I: Las comunidades de sustrato blando de las costas de Tenerife.** *Vieraea*, 33:435-448 (2005).
8. Domínguez, S., N. Aldanondo, M. C. Gil-Rodríguez. y J. Barquín. **Reserva Natural Integral de los Roques de Anaga, Tenerife.**

Cartografía bionómica del intermareal. Comunicación (Póster). XV Simposio de Botánica Criptogámica. Bilbao. 2005.

9. Gil-Rodríguez, M. C.; J. Barquín; M. del Arco; N. Aldanondo; S. Domínguez; L. Martín; R. González y G. González-Lorenzo. **Cartografía bionómica marina y terrestre litoral: métodos y aplicaciones a la ecología de la conservación y gestión.** Conferencia Invitada. VII Congreso de Ficología de Latinoamérica y El Caribe. Cuba. 2005.
 10. González-Lorenzo, G., L. Martín, & A. Brito. 2004. **Las comunidades de anguila jardinera en el litoral de Tenerife.** XIII Simposio Ibérico de Estudios del Bentos Marino. Las Palmas de Gran Canaria. 21 a 24 de septiembre 2004.
 11. Martín, L., C. Sangil, G. González-Lorenzo, K. Toledo & J. Barquín. 2006. **Estudio comparativo entre comunidades de blanquizal y fondos de algas erectas en la isla de La Palma (Islas Canarias).** XIV Simposio Ibérico de Estudios de Biología Marina. Barcelona, 12-15 de septiembre de 2006.
 12. Martín, L., J. Barquín, G. González-Lorenzo, K. Toledo & J. Núñez. 2004. **Sobre la presencia de *Bispira viola* (Polychaeta: Sabellidae) en Canarias.** XIII Simposio Ibérico de Estudios del Bentos Marino. Las Palmas de Gran Canaria, 21-24 de septiembre de 2004.
 13. Martín, L., J. Barquín-Diez, G. González-Lorenzo y K. Toledo. 2005. **Sobre la presencia de *Bispira viola* (Grube 1830) (Polychaeta: Sabellidae) en Canarias. Resultados preliminares.** *Rev. Acad. Canar. Cienc.*, XVI (Núm. 4), 117-123.
-

7 Personal

7.1 Investigadores Principales y Responsables:

Prof. Dra. M^a Candelaria Gil-Rodríguez

e-mail: mcgil@ull.es
Departamento de Biología Vegetal (BOTÁNICA)
Universidad de La Laguna
38071- La Laguna
Tenerife

Prof. Dr. Jacinto Barquín Diez

e-mail: jbarquin@ull.es
Departamento de Biología Animal (ZOOLOGÍA)
Universidad de La Laguna
38071- La Laguna
Tenerife

7.2 Investigadores

Prof. Dr. Marcelino J. del Arco Aquilar

e-mail: marco@ull.es
Departamento de Biología Vegetal (BOTÁNICA)
Universidad de La Laguna
38071- La Laguna
Tenerife

Lcda. Susana Domínguez Álvarez

e-mail: sdominal@ull.es
Departamento de Biología Vegetal (BOTÁNICA)
Universidad de La Laguna
38071- La Laguna
Tenerife

Lcdo. Ricardo González González

e-mail: rglezg@ull.es
Departamento de Biología Vegetal (BOTÁNICA)
Universidad de La Laguna
38071- La Laguna
Tenerife

Lcdo. Gustavo González Lorenzo

e-mail: jggolo@ull.es
Departamento de Biología Animal (CIENCIAS MARINAS)
Universidad de La Laguna
38071- La Laguna
Tenerife

Lcda. Laura Martín García

e-mail: lmargar@ull.es
Departamento de Biología Animal (ZOOLOGÍA)
Universidad de La Laguna
38071 - La Laguna
Tenerife

Lcda. Naroa Aldanondo Aristizabal

e-mail: garoa_ull@yahoo.es
Departamento de Biología Vegetal (BOTÁNICA)
Universidad de La Laguna
38071- La Laguna
Tenerife

7.3 Colaboradores

Lcdo. Manuel Alejandro Cruz Reyes

e-mail: acruzreyes@yahoo.es
Departamento de Biología Vegetal (BOTÁNICA).
Universidad de la Laguna.

38071 - La Laguna
Tenerife

Lcdo. Sergio Cansado Marrero

Departamento de Biología Animal (ZOOLOGÍA)
Universidad de La Laguna
38071 - La Laguna
Tenerife

Lcdo. Tomás Cruz Simó

e-mail: tomasacruz@hotmail.com
C/Alemania16, 1º izq (Edf. Gaviota)
38612 El Médano (Granadilla)
S/C de Tenerife

Lcda. Guacimara Herrera López

e-mail: guacimara@netscape.net
Departamento de Biología Vegetal (BOTÁNICA)
Universidad de la Laguna.
38071 - La Laguna
Tenerife

Lcda. Jaqueline O'Dwyer

e-mail: joacosta@ull.es
Departamento de Biología Vegetal (BOTÁNICA)
Universidad de La Laguna
38071- La Laguna
Tenerife

Lcda. Myriam Rodríguez García del Castillo

e-mail: mrodriguez@ull.es
Departamento de Biología Animal (ZOOLOGÍA)
Universidad de La Laguna
38071 - La Laguna
Tenerife

Lcdo . Alejandro Sancho Rafel

e-mail: alsancho@ull.es
Departamento de Biología Animal (CIENCIAS MARINAS)
Universidad de La Laguna
La Laguna
Tenerife

7.4 Patrones de las embarcaciones

- **Humberto Aguirre** (*Santa Águeda*, Candelaria)
- **Marcelino Rodríguez Marichal** (*Cima Canarias S.L.*, La Laguna)
- **Francisco González Díaz** (*Yanó*, Buenavista)
- **Pedro Teruel** (*Solo Buceo*, Playa San Juan)
- **Gustavo González Lorenzo** (*Jacío*, Garachico)