



Eduardo Portillo Hahnefeld



Arribazones de
ALGAS y PLANTAS MARINAS
en Gran Canaria

Características, gestión y posibles usos

Los resultados presentados en esta monografía corresponden a los trabajos desarrollados en el marco del **Proyecto CosCo**

“Regional Cycle Development through coastal co-operation – seagrass and algae focus”

Møn KOMMUNE, Miljø & Teknik
Storegade 56
4780 Stege. DK

“Desarrollo regional para la Cooperación en Costas del Ciclo de plantas marinas y concentración de algas”

Syd-Tek Teknologi- og Udviklingscenter
Maribovej 9
4960 Holeby. DK

Proyecto cofinanciado por la Iniciativa Comunitaria
INTERREG IIIC (2004-2007)
Código: 2N00251
<http://www.life-seegrass.de/cosco/index.htm>

Centre National de la Recherche Scientifique, Université
Bordeaux I
351, tours de la Liération
33405 Talence. FR

Jefe de Fila del Proyecto CosCo

Klützer Winkel Authority
Schloßstraße 1
23948 Klütz. Deutschland.

Ceremher
Route des salins, B.P. 107
34140 Meze. FR

Socios del proyecto CosCo

Institut für Holztechnologie Dresden gGmbH
Zellescher Weg 24
01217 Dresden. DE

Urząd Miasta Sopotu
Kosciuszki 25-27
81-704 Sopot. PL

Technische Universität Dresden, Institut für Holz und
Papiertechnik
Mommßenstrasse 13
01062 Dresden. DE

Instituto Tecnológico de Canarias, SA
Playa de Pozo Izquierdo, s/n
35119 Santa Lucía. ES

© Eduardo Portillo Hahnefeld

Fuentes mapas meteorológicos y de olas: Surfline.com

Edición: 1.ª Septiembre 2008

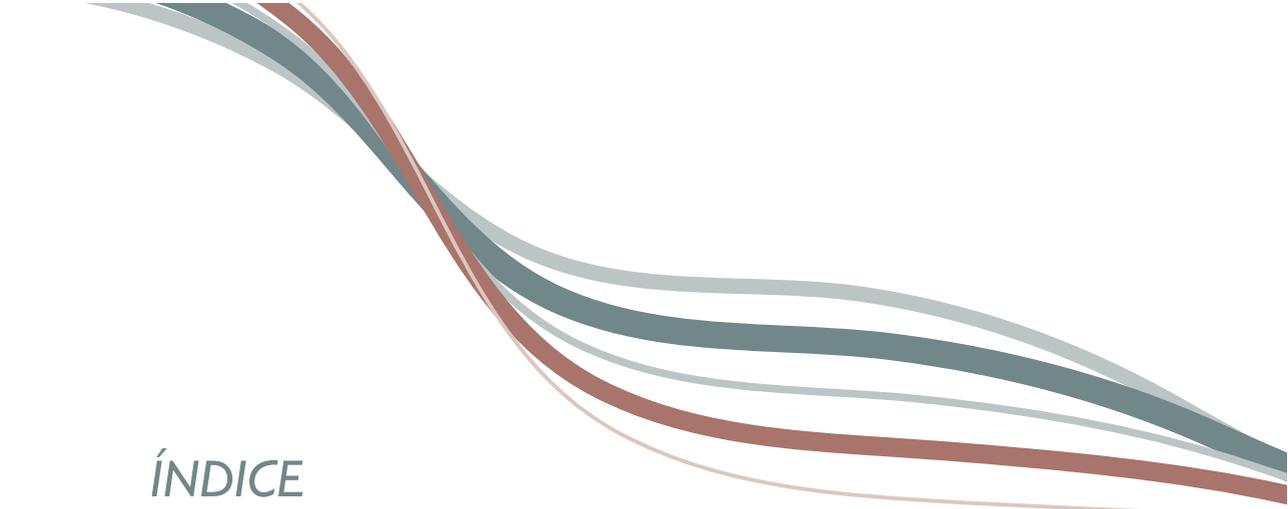
Internet: www.itccanarias.org

Edita: Instituto Tecnológico de Canarias, SA
División de Investigación y Desarrollo Tecnológico
Departamento de Biotecnología
Playa de Pozo Izquierdo, s/n
35119 Santa Lucía – Las Palmas

Impresión: Daute Diseño, S.L.
C/ Pastor, 21 - bajo - Polígono Industrial Salinetas
Telde - Las Palmas

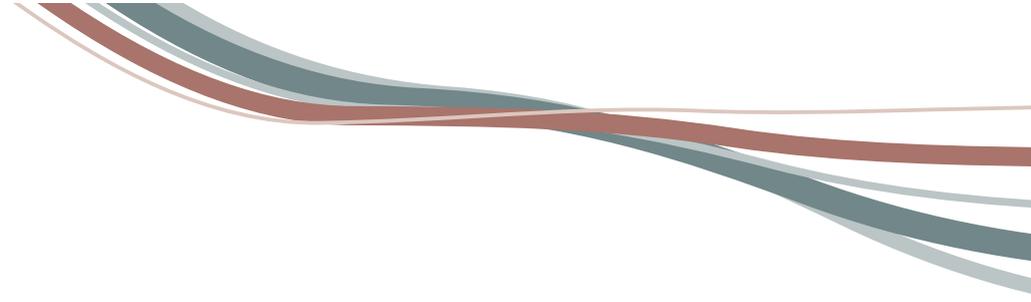
ISBN: 978-84-691-5105-1

D.L.: GC xxx-2008



ÍNDICE

AGRADECIMIENTOS	7
1. INTRODUCCIÓN	9
2. ANTECEDENTES	11
3. OBJETIVOS DE LOS TRABAJOS TÉCNICOS	15
4. METODOLOGÍA	17
4.1. <i>Oleaje</i>	17
4.2. <i>Arribazones retirados de macroalgas y plantas marinas</i>	18
5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	
5.1. <i>Principales áreas de incidencia de retirada de arribazones de algas y plantas marinas</i>	21
5.2. <i>Estacionalidad de los arribazones vegetales y su relación con condiciones oceanográficas</i>	22
5.3. <i>Estimación de la cantidad de arribazón vegetal retirado</i>	33
5.4. <i>Composición taxonómica del arribazón vegetal retirado y su relación con condiciones oceanográficas</i>	38
5.5. <i>Características físico-químicas del material retirado</i>	52
5.6. <i>Valorización bioquímica de la biomasa vegetal</i>	57
5.7. <i>Sistemas de gestión de retirada de los arribazones vegetales</i>	61
6. CONCLUSIONES	67
7. RECOMENDACIONES	71
8. ANEXOS	75
8.1. <i>Fotos de macroalgas y plantas marinas encontradas en los arribazones retirados</i>	75
8.2. <i>Fotos de arribazones de algas y plantas marinas en la isla de Gran Canaria</i>	79
8.3. <i>Mapa de la isla de Gran Canaria con las localizaciones citadas</i>	86
9. BIBLIOGRAFÍA	87



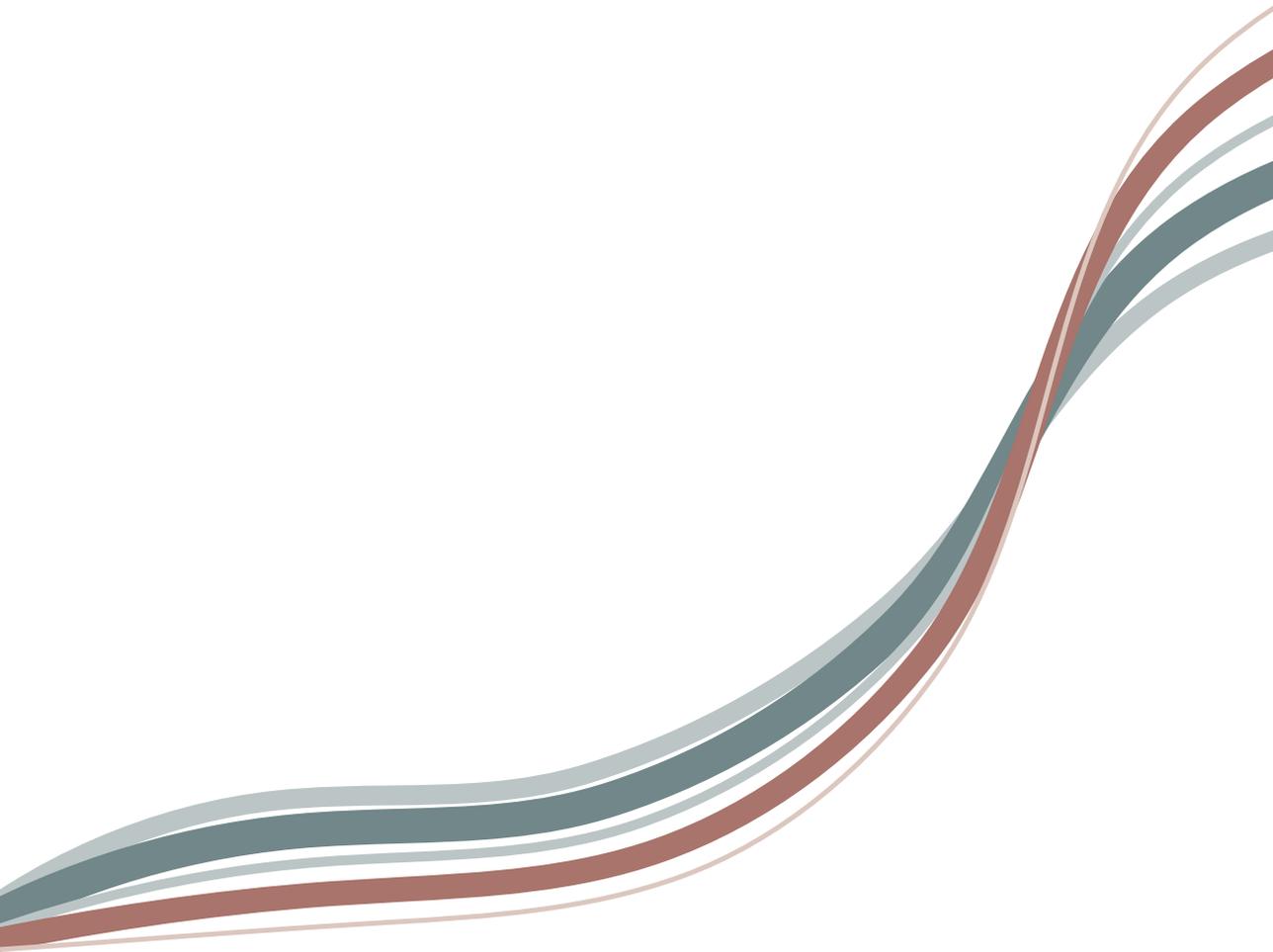


AGRADECIMIENTOS

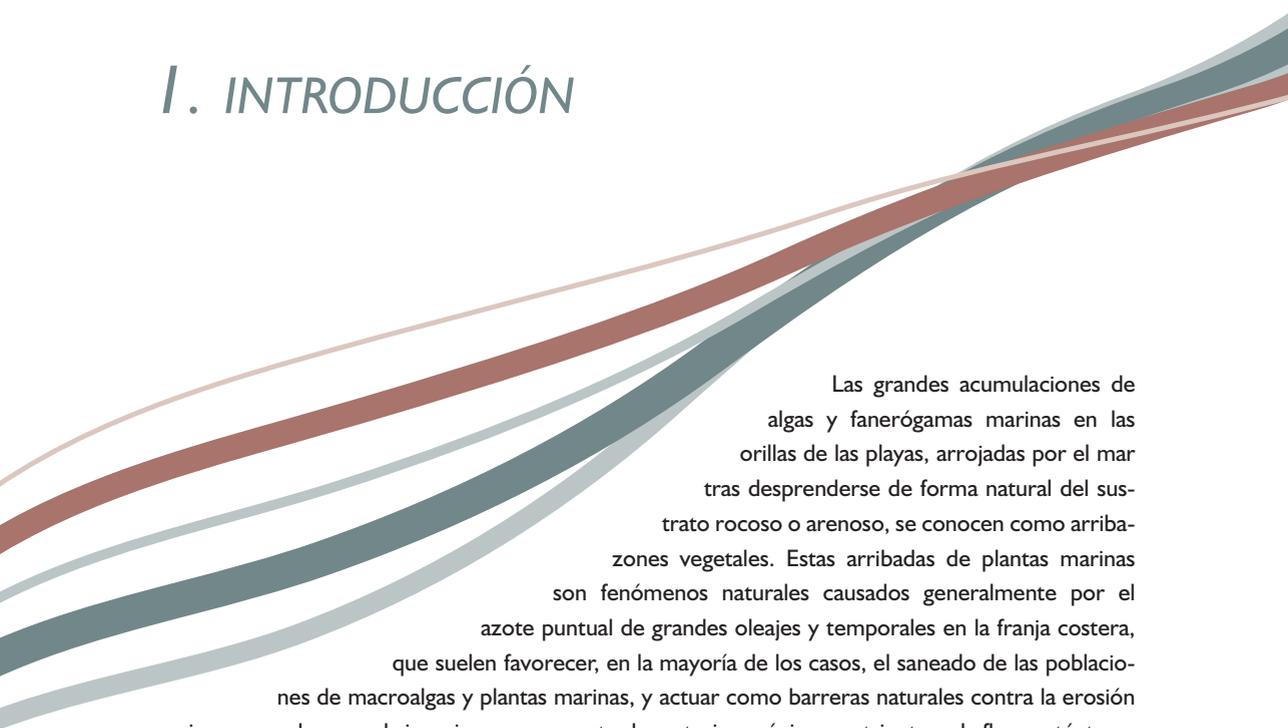
Quiero agradecer la inestimable labor de todo el personal técnico de trabajo de campo y laboratorio del Instituto Tecnológico de Canarias, SA que ha participado en el Proyecto CosCo y en particular a Héctor Mendoza, Adelina de la Jara, Patricia Assunção, Karen Freijanes, Laura Carmona, Antonio Suárez, Miled Morad, Marta Rodrigo, Vanessa Millán, Juana Rosa Betancort, Ricardo Díaz, María del Mar Bernal, Tomás Cambreleng y Gonzalo Piernavieja.

De igual manera agradecer a todas las personas de las distintas instituciones que han colaborado en el proyecto por su tiempo y dedicación, y en especial a:

Agustín Fuentes de Fomento de Construcciones y Contratas, SA, a Sebastián Rodríguez y Vidina Melini del Servicio de Playas del Ayuntamiento de Las Palmas de Gran Canaria, a Raúl Martínez de TECMED, SA, a Enrique Martín, Francisco Vega, Santiago García y Amado Ramos de URBASER, SA, a la Concejalía de Playas del Ayuntamiento de San Bartolomé de Tirajana, a Juan Santana y la Concejalía de Turismo y Playas del Ayuntamiento de Telde, a Benjamín Artiles, Andrés Pérez, Paco Álamo y la Concejalía de Turismo, Medio Ambiente y Playas del Ayuntamiento de Mogán, a Máximo Rivero del Ayuntamiento de Agüimes, a Juan Carmelo López de "MTI servicios de limpieza", a Modesto y la Concejalía de Mujer, Educación, Playas y Desarrollo Local del Ayuntamiento de Santa Lucía, a Nieves González e Inmaculada Santana del Instituto Canario de Ciencias Marinas, a Alejandro Gómez del Servicio de Residuos de la Consejería de Medio Ambiente del Gobierno de Canarias, a M^a Ascensión Viera de la Universidad de Las Palmas de Gran Canaria, a M^a del Carmen Jaizme, Tomás Alcoverro y Jose Antonio Haroun del Instituto Canario de Investigaciones Agrarias, a M^a Candelaria Gil-Rodríguez de la Universidad de La Laguna y a Irene Peñate y Justo Conde del Instituto Nacional de Meteorología, a Matt Folley de la School of Civil Engineering - Queens University Belfast, a James Cook de la Data Distribution Division - Fleet Numerical Meteorology and Oceanography Detachment Asheville, a Sean Collins de Surfline.com y a Agustín Portillo Doctor en Oceanografía.



I. INTRODUCCIÓN



Las grandes acumulaciones de algas y fanerógamas marinas en las orillas de las playas, arrojadas por el mar tras desprenderse de forma natural del sustrato rocoso o arenoso, se conocen como arribazonas vegetales. Estas arribadas de plantas marinas son fenómenos naturales causados generalmente por el azote puntual de grandes oleajes y temporales en la franja costera, que suelen favorecer, en la mayoría de los casos, el saneado de las poblaciones de macroalgas y plantas marinas, y actuar como barreras naturales contra la erosión marina, como dunas embrionarias, como aporte de materia orgánica y nutrientes a la flora autóctona, como soporte alimentario de muchos invertebrados que a la vez constituyen el alimento de juveniles de peces, insectos o aves marinas, etc.

En la actualidad, la recolección de estos acúmulos de algas y plantas marinas en las playas suele tener fines industriales (producción de agar, carragenatos y alginatos, alimento en el cultivo de *haliotis*, fertilizantes, aislantes, etc.) o agropecuarios, y su retirada, en la mayoría de los casos, está más relacionada con fines turísticos y recreativos, que hacen necesaria su limpieza. Los procesos de putrefacción asociados a la descomposición de estas grandes cantidades de material biológico que arriban en las playas pueden afectar a las condiciones del uso recreativo de la zona, así como causar un mal aspecto y olor. Las quejas, que transmiten la gran afluencia de turistas y usuarios (que desconocen la importancia ecológica y medioambiental de los mismos) en muchos de estos municipios costeros y turísticos, hacen inevitable por parte de la administración encargada de la gestión de la limpieza del litoral su retirada y transporte a vertederos y así garantizar las condiciones higiénico-sanitarias óptimas para el uso y disfrute de las mismas.

El carácter súbito y masivo de la aparición de estas arribadas de algas y plantas marinas en las playas plantea serios inconvenientes en relación a la planificación de los servicios adicionales de limpiezas necesarios para su eliminación. Además, su retirada incrementa la problemática ambiental existente en los sobrecapacitados vertederos, en los cuales no se ha establecido hasta el momento ningún protocolo o sistema de eliminación de los arribazonas de bajo impacto. Tampoco existe, a fecha de hoy, un sistema unitario y específico de retirada de estos arribazonas vegetales o un registro histórico que permita

el desarrollo de un plan de revalorización y aprovechamiento de este tipo de residuos. Por otro lado, los propios sistemas de retirada podrían estar planteando serios problemas en las playas, ya que pueden estar alterando la dinámica sedimentaria del litoral o los propios procesos naturales del mismo.

Por tanto, se hace indispensable llevar un control y valorar la necesidad y el efecto de la retirada de los arribazones de algas y plantas marinas, así como un sistema que nos permita predecir en tiempo y lugar su aparición, al objeto de poder llevar a cabo un plan de recogida efectivo y un posible aprovechamiento industrial. Por otra parte, los diferentes estudios del fenómeno natural de los arribazones vegetales sirven como bioindicadores del estado de las poblaciones naturales de las macroalgas y fanerógamas marinas, particularmente amenazadas por el crecimiento urbanístico en las zonas turísticas de las islas, así como de óptimos indicadores de la calidad ambiental del litoral.

A partir de esta problemática, anteriormente expuesta, nace el proyecto CosCo, que aglutina a diferentes instituciones de diferentes países que como interés común pretenden gestionar de forma efectiva el tratamiento de los arribazones vegetales en las franjas costeras de gran afluencia turística (Mar Báltico, Bahía de Vizcaya, Etang de Thau, Islas Canarias, etc.).

La participación del Instituto Tecnológico de Canarias (ITC) consistió en realizar una evaluación del fenómeno de los arribazones de algas y plantas marinas en el litoral canario y su impacto, proponiendo posibles alternativas a los sistemas tradicionales de gestión de estos residuos y aplicaciones.

Asimismo, como resultado del proyecto CosCo se ha planteado y valorado una serie de alternativas al vertido de los arribazones vegetales en vertederos como:

- ▶ su aprovechamiento y revalorización que lo convierta en un recurso y en una posible actividad empresarial, al mismo tiempo que se cumpla la normativa comunitaria en gestión de residuos,
- ▶ no retirarlos en determinadas playas para no alterar el proceso natural de la dinámica sedimentaria de la playa, como el de las fanerógamas marinas de *Cymodocea nodosa* (denominadas en Canarias “sebas”), que tras los primeros temporales de invierno podrían actuar como barreras naturales de protección contra la erosión marina, como dunas embrionarias, como captadores naturales de arena o como aporte de nutrientes necesarios para el desarrollo de las comunidades vegetales dunares
- ▶ o su posible deposición en zonas acondicionadas de la trasplaya para su descomposición natural y así recuperar las grandes cantidades de arena retiradas junto con el arribazón vegetal

así como proponer mejoras en las estrategias de gestión y sistemas de retirada.

Con todo ello, se trató de buscar un mayor beneficio social y medioambiental en los municipios afectados, así como servir de modelo a otras regiones con una problemática similar y sensibilizar a la población de la importancia ecológica de este fenómeno natural, las posibles consecuencias medioambientales de su retirada y la importancia de su reciclado cuando es inevitable la misma, resaltando la riqueza existente en estos acúmulos de algas y plantas marinas. Por otro lado, el intercambio de experiencias y tecnologías entre los diferentes socios de ámbitos geográficos y climáticos distintos favoreció y permitió una comprensión general del fenómeno, nuevas propuestas de modelos de gestión, la optimización de las tecnologías de retirada y procesado, posibles usos y aprovechamientos, etc.

El objetivo de este libro monográfico es exponer los resultados, conclusiones y recomendaciones de los trabajos técnicos desarrollados por el Departamento de Biotecnología del ITC en el marco del Proyecto CosCo.

2. ANTECEDENTES

Para el estudio del estado del arte en las Islas Canarias acerca del fenómeno de los arribazones de algas y plantas marinas en el litoral canario se contactó y presentó el proyecto a diferentes centros de investigación relacionados con el medio marino (Instituto Canario de Ciencias Marinas, Universidad de Las Palmas de Gran Canaria y Universidad de La Laguna), a centros relacionados con los posibles aprovechamientos (Instituto Canario de Investigaciones Agrarias) y a instituciones con competencias administrativas en este tema (Consejería de Medio Ambiente del Gobierno de Canarias, Dirección General de Calidad Ambiental-Servicio de Residuos).

Asimismo, se elaboró una búsqueda bibliográfica en la que se encontraron muchos trabajos y revisiones científicas relacionados con el fenómeno de la arribada y acúmulos de algas y plantas marinas en las costas, su importancia ecológica, usos y aprovechamientos, que se relacionan a continuación en el Listado I.

LISTADO I

Publicaciones científicas sobre el proceso de arribada y acúmulos de algas y plantas marinas en las costas, su importancia ecológica, usos y aprovechamientos.

- ▶ Alvarado, D., Buitrago, E., Solé, M., Frontado, K., 2008. Experimental evaluation of a composted seaweed extract as microalgal culture media. *Aquacult Int* 16:85-90.
- ▶ Anderson, R. J., Monteiro, P. M. S., Levitt, G. J. 1996. The effect of localised eutrophication on competition between *Ulva lactuca* (Ulvaceae, Chlorophyta) and a commercial resource of *Gracilaria verrucosa* (Gracilariaceae, Rhodophyta). *Hydrobiologia* 326/327: 291-296.
- ▶ Anderson, R.J., Rothman, M.D., Share, A., Drummond, H., 2006. Harvesting of the kelp *Ecklonia maxima* in South Africa affects its three obligate, red algal epiphytes. *Journal of Applied Phycology*, 18:3-5.
- ▶ Balestri E., Vallerini F., Lardicci C., 2006. Qualitative and quantitative assessment of the reproductive litter from *Posidonia oceanica* accumulated on a sand beach following a storm. *Estuarine Coastal and Shelf Science*, vol. 66, pp. 30-34.
- ▶ Blanche, K.R., 1992. Preliminary observations on the distributions and abundance of seaweed flies (Diptera: Coelopidae) on beaches in the Gosford district of New South Wales, Australia. *Aust. J. Ecol.* 17: 27-34.

- ▶ Borum, J., Duarte, C.M., Krause-Jensen, D., Greve, T.M., 2004. European seagrasses: an introduction to monitoring and management. ISBN: 87-89143-21-3. <http://www.seagrasses.org>
- ▶ Coupland, G.T., Duarte, C.M., Walker, D.I., 2007. High Metabolic Rates in Beach Cast Communities. Ecosystems, Volume 10, Number 8.
- ▶ Fourqurean, J.W., Rutten, L.M., 2004. The impact of Hurricane Georges on soft-bottom, back reef communities: site- and species- specific effects in south Florida seagrass beds. *Bulletin of Marine Science* 75, 239-257.
- ▶ Griffiths, C.L., Stenton-Dozey, J.M.E., Koop, K., 1983. Kelp wrack and the flow of energy through a sandy beach ecosystem. In: McLanhan, A., Erasmus, T. (Eds.), *Sandy Beaches as Ecosystems. Developments in Hydrobiology*, vol. 19, Junk, The Hague, pp. 547-556.
- ▶ Hansen, G. 1984. Accumulations of Macrophyte Wrack along Sandy Beaches in Western Australia: biomass, decomposition rate and significance in supporting nearshore production. Ph.D.Thesis, University of Western Australia, 93 pp.
- ▶ Josselyn, M.N., Cailliet, G.M., Niesen, T.M., Cowen, R., Hurley, A.C., Connor, J., Hawes, S., 1983. Composition, export, and faunal utilization of drift vegetation in the salt river submarine canyon. *Estuar. Coast. Shelf Sci.* 17, 447-465.
- ▶ Kirkman, H., Kendrick, G.A., 1997. Ecological significance and commercial harvesting of drifting and beach-cast macro-algae and seagrasses in Australia: a review. *Journal of Applied Phycology* 9: 311-326.
- ▶ Lavery, P., 1993. Perth Coastal Waters Study: Macroalgal processes. Project E3.3. Water Authority of Western Australia 1-62.
- ▶ Lemus, A., Balza, J., 1995. Composición estacional y biomasa de arribazones de macroalgas verdes en la península de Paraguana, Venezuela. *Bol. Inst. Oceanogr. Venezuela, Univ. Oriente* 34 (1&2): 87-93
- ▶ Lenanton, R.C.J., Robertson, A.I., Hansen, J.A., 1982. Nearshore accumulations of detached macrophytes as nursery areas for fish. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 9, 51-57.
- ▶ McLachlan, A., Elliot, I.G., Clarke, D.J., 1985. Water filtration through reflective microtidal beaches and shallow sublittoral sands and its implications for an inshore ecosystem in Western Australia. *Estuar. Coast. Shelf Sci.* 21, 91-104.
- ▶ Molloy, F. J., Bolton, J. J., 1995. Distribution, biomass and production of *Gracilaria* in Lüderitz Bay, Namibia. *Journal of Applied Phycology* Vol. 7, No. 4, 381-392.
- ▶ Ochieng, C.A., Erftermeijer, P.L.A., 1999. Accumulation of seagrass beach cast along the Kenyan coast: a quantitative assessment. *Aquatic Botany* 65, 221-238.
- ▶ Ortiz, V., Alvarez, R., 1998. Observaciones sobre arribazones de macroalgas en la Playa de Marbella, Cartagena, Colombia. *Caribbean Journal of Science*, Vol. 34, No. 3-4, 333-336.
- ▶ Preen, A.R., Lee Long, W.J., Coles, R.G., 1995. Flood and cyclone related loss, and partial recovery, of more than 1000 km² of seagrass in Hervey Bay, Queensland, Australia. *Aquatic Botany* 52, 3-17.
- ▶ Rotmann, K. W. G., 1999. The optimal utilization of kelp resources in the southern Cape of South Africa. *Hydrobiologia*, Volume 398-399, Number 0.
- ▶ Zemke-White, W. L., Bremner, G., Hurd, C. L. 1999. The status of commercial algal utilization in New Zealand. *Hydrobiologia* 398/399: 487-494.

En la revisión bibliográfica se encontraron algunas publicaciones donde se hacen alusiones específicas a arribazones vegetales en las Islas Canarias que quedan resumidas en la introducción del libro *Plantas Marinas de las Islas Canarias* (Haroun, R., Gil-Rodríguez, M.C. y Wildpret de la Torre, W.) tanto en el subapartado *Usos y Aplicaciones de las Plantas Marinas*, así como en *Los “sebadales” y los “arribazones”* en donde se comenta textualmente lo siguiente:

Usos y Aplicaciones de las Plantas Marinas

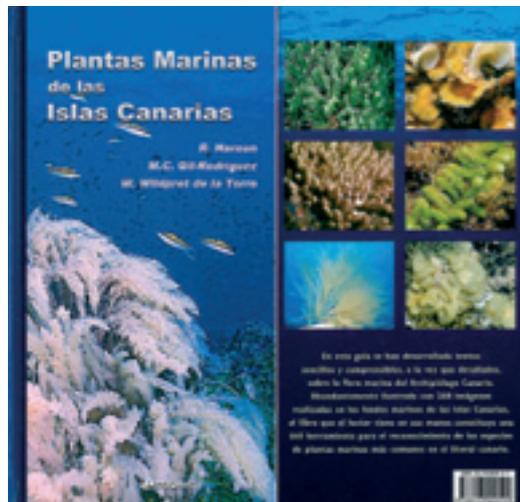
...En este sentido, merecen también destacarse diversos usos que el hombre canario ha realizado de las algas, hasta tiempo muy reciente. Además, debe consignarse como, durante la época de la autarquía española, en Canarias, entre los años 40 y 50 del siglo pasado, se trató de fomentar la recolección de algas rojas de los géneros *Gelidium* y *Pterocladia* para la obtención de agar. En la costa norte de Tenerife se recolectó **arribazón** y planta viva de “gelidio” (*G. canariense*) que tras su secado, se embarcaba hacia la Península Ibérica (Guadalajara, Burgos...) donde se procesaba. Su extracción, nada rentable, a pesar de la excelente calidad del producto obtenido de plantas canarias, por el alto coste del transporte y el escaso volumen de materia prima, hizo que concluyera su exportación desde Canarias. En la actualidad, dado lo reducido de sus poblaciones no son susceptibles de explotación.

Los “sebadales” y los “arribazones”

...En Canarias los “**arribazones**” arrojados por el mar a la playas, generalmente en primavera y en otoño, tanto de esta especie (haciendo referencia a los de *Cymodocea nodosa*) como los que se corresponden con otros taxones de alta presencia, tales como *Cystoseira abies marina*, *Sargassum spp.*, etc., a menudo mezclados con otras especies en menor cuantía, fueron utilizados en otros tiempos como fertilizantes y en el caso concreto de *Cymodocea nodosa* (“seba”), como material de relleno de colchones y almohadas.

En la actualidad, los **arribazones** han perdido esta pretérita utilidad, pero sin embargo sirven como bioindicadores, donde los estudios de la biología marina pueden realizar valoraciones indirectas, tanto cualitativas, de la variabilidad biológicas existente en las comunidades bentónicas.

Inicialmente se hizo una aproximación del fenómeno en las diferentes islas contactando con los municipios de mayor interés turístico costero. A todos ellos se les presentó de manera oficial el proyecto y se les solicitó información precisa sobre los arribazones de algas y plantas marinas y su gestión tanto a través de cuestionarios como entrevistas personales. Los municipios finalmente contactados fueron:



GRAN CANARIA:

- ▶ Las Palmas de Gran Canaria
- ▶ Telde
- ▶ San Bartolomé de Tirajana
- ▶ Mogán

TENERIFE:

- ▶ Santa Cruz de Tenerife
- ▶ Arona
- ▶ Adeje
- ▶ Guía de Isora
- ▶ Puerto de la Cruz

FUERTEVENTURA

- ▶ La Oliva
- ▶ Tuineje
- ▶ Pájara

LANZAROTE:

- ▶ Haría
- ▶ Teguisse
- ▶ Tías
- ▶ Yaiza

Tras la cumplimentación de los respectivos cuestionarios, las posteriores conversaciones telefónicas, entrevistas, visitas, reuniones, etc., podríamos concluir de manera resumida que:

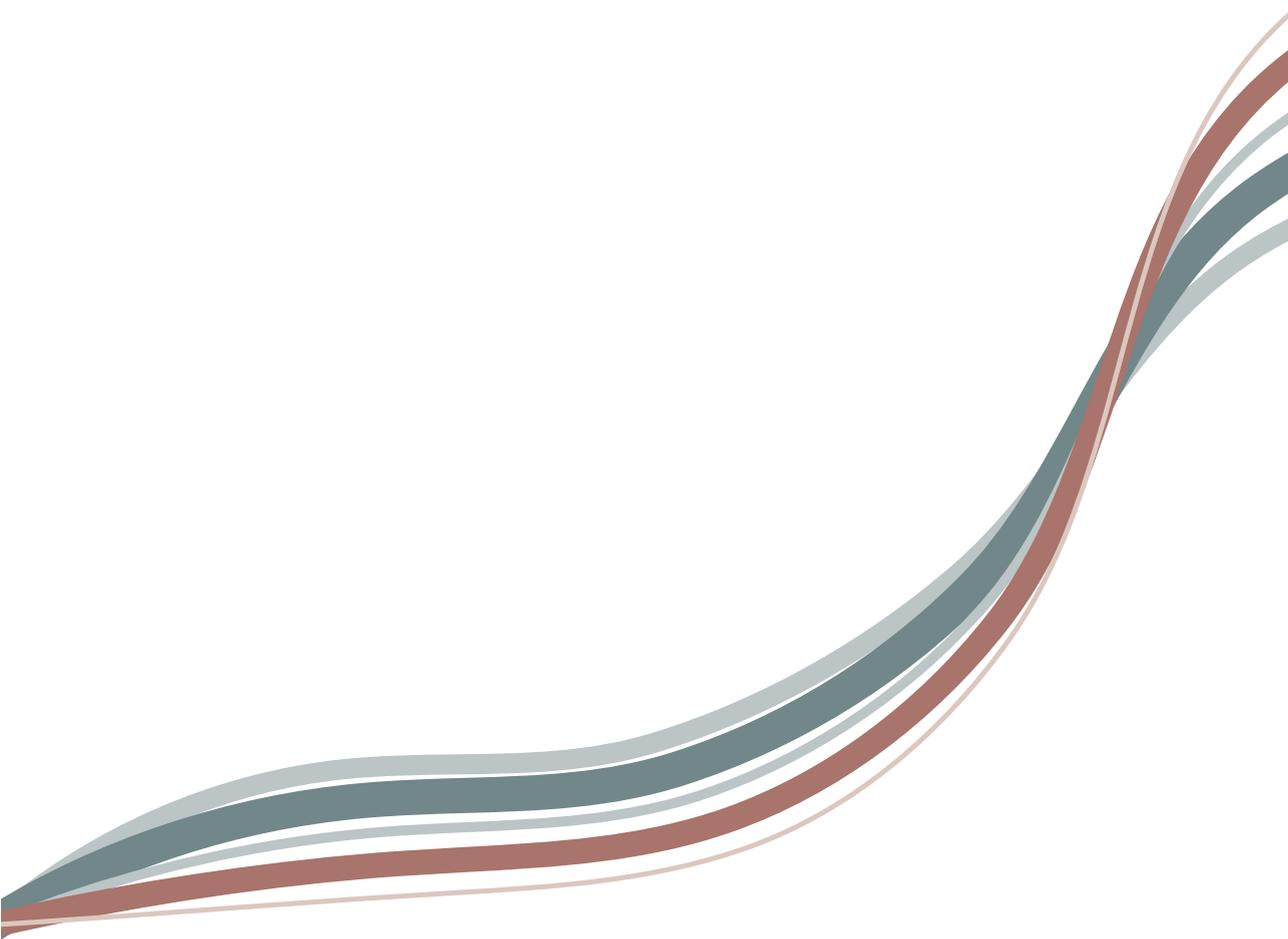
- ▶ Todos los municipios contactados tienen o han tenido puntualmente problemas de arribazones de algas o plantas marinas en sus playas.
- ▶ La gran diversidad en las características de sus playas (dimensiones, perfil y exposición, accesibilidad, usuarios, arena, cantos rodados o “*callaos*”, etc.), así como la propia diversidad de los arribazones vegetales (tipo de macroalgas o plantas marinas, cantidad, estacionalidad, etc.) implican una amplia variedad en la selección de estrategias y modos de gestión de los mismos.
- ▶ Ninguno de ellos tiene un registro histórico de retirada específica de algas y plantas marinas en las playas.
- ▶ Muchos de los municipios donde suelen aparecer los arribazones de *sebas* como el Ayuntamiento de San Bartolomé de Tirajana en Gran Canaria, el Ayuntamiento de Pájara en Fuerteventura y Ayuntamiento de Yaiza y Tías en Lanzarote, han observado una disminución drástica de dichas arribadas a sus respectivas playas en los últimos 20-25 años.

Para la evaluación de este fenómeno natural y su gestión, nos centramos en primer lugar en la isla de Gran Canaria por razones logísticas y porque se cumplían las diferentes condiciones necesarias: en todas las zonas de la isla existen playas de gran afluencia de usuarios (residentes y turistas) con sus servicios de limpieza respectivos y se suelen retirar grandes arribazones vegetales tras el paso de los diferentes eventos de oleajes considerables que alcanzan a las islas.

3. OBJETIVOS DE LOS TRABAJOS TÉCNICOS

Los objetivos de los trabajos técnicos durante el periodo del proyecto CosCo (2004-2007) fueron:

1. Determinación de las principales áreas de incidencia de retirada de arribazones vegetales, su estacionalidad, su relación con las condiciones oceanográficas y su predictibilidad.
2. Estimación de la cantidad potencial (cantidad de arribazón vegetal retirado/año).
3. Identificación taxonómica de las principales especies predominantes.
4. Caracterización físico-química (arena, piedras, humedad, salinidad, biomasa y otros residuos).
5. Valorización bioquímica de la biomasa.
6. Identificación de los sistemas de retirada, gestión y eliminación de residuos establecidas en las diferentes playas afectadas.



4. METODOLOGÍA

4.1. OLEAJE

La predicción de los mares de viento (oleaje de aspecto irregular que se está generando o sigue amplificándose a causa del viento presente) de temporales y anticiclones y mares de fondo (oleaje de aspecto más regular y ordenado que ya se ha alejado de su zona de generación) fueron realizadas a través del modelo numérico de predicción de oleaje de tercera generación WAVE-WATCHIII (WW3) desarrollado por la NOAA/NCEP y operado por Fleet Numerical Meteorology and Oceanography Center (FNMOC), así como a través del modelo WAM operado por la Agencia Estatal de Meteorología de España.

- ▶ <https://www.fnmoc.navy.mil/public/>
- ▶ <http://www2.aemet.es/web/toeppe/index.html>

Las características físicas del oleaje incidente se recogieron a través de los registros de medidas de la boya oceanográfica *Gran Canaria* situada a 28°11.4'N 15°48.6'W y *Tenerife Sur* situada a 28°N 16°34.8'W, pertenecientes ambas a la Red de Medidas de la Red de agua profundas de Puertos del Estado (Ministerio de Fomento).

- ▶ http://www.puertos.es/es/oceanografia_y_meteorologia/redes_de_medida/index.html

Los datos de oleaje registrados por la boya *Gran Canaria* son representativos del estado del mar que afecta a la zona norte, este-sureste, y oeste-suroeste, mientras que la boya *Tenerife Sur* lo es de los estados de mar que afectan a la zona sur en general. Como la boya *Tenerife Sur* no estuvo operativa el 28 de noviembre de 2005, durante el paso del ciclón Delta, la altura de ola se obtuvo del punto más cercano a Playa del Inglés (punto WANA 1017010) del conjunto de datos WANA (series temporales de parámetros de viento y oleaje procedentes del modelado numérico que Puertos del Estado ha desarrollado en colaboración con la Agencia Estatal de Meteorología).

- ▶ http://www.puertos.es/es/oceanografia_y_meteorologia/banco_de_datos/oleaje.html

Para la determinación de la relación de los arribazones vegetales con las condiciones oceanográficas nuestro personal se desplazaba a las áreas afectadas para su observación y detección de las posibles arribadas antes y después del azote de fuertes oleajes de diferentes características y magnitudes. Esta información se contrastaba con las comunicaciones orales, de los técnicos del servicio de limpieza de playas designados por los distintos ayuntamientos, sobre las incidencias de arribazones vegetales en sus costas, su retirada y cuantificación.

4.2. ARRIBAZONES RETIRADOS DE MACROALGAS Y PLANTAS MARINAS

Los distintos municipios costeros de Gran Canaria, con playas de gran afluencia de usuarios (residentes y turistas), designaron a un técnico del servicio de limpieza para informarnos sobre las incidencias de arribazones de algas y plantas marinas en sus respectivas costas, su retirada y gestión, así como para el suministro de muestras.

Las muestras se recogían aleatoriamente de los camiones del servicio de limpieza de playas hasta alcanzar un volumen de 1 m³ y se transportaban hasta las dependencias del Departamento de Biotecnología del ITC en Pozo Izquierdo para su caracterización físico-química, identificación taxonómica y valoración bioquímica.

Las muestras se lavaban en tanques de 1 m³ con agua salada con la ayuda de cernideras para retirar la arena del material biológico (macroalgas y plantas marinas), y se secaba en secaderos diseñados para aprovechar tanto el sol como el viento de la zona. Una vez secos se podía retirar con mayor facilidad las piedras y otros residuos (plásticos, maderas, restos de ropa, etc.), y se procedía a pesar los distintos componentes para calcular su contenido por separado en arena, piedras, biomasa (algas y plantas marinas) y otros residuos. El contenido en humedad se calculó como el porcentaje entre la diferencia de peso de la muestra (arena, piedras, biomasa y otros residuos) antes y después de secar.

Las macroalgas y plantas marinas se las volvía a lavar pero con agua dulce (recolectada por captadores de agua de lluvia) para eliminar la sal y se secaban nuevamente para estimar el contenido en sales solubles. La salinidad fue contrastada mediante un conductímetro en un extracto acuoso de la muestra seca en la proporción 1/5 (P/V).

El porcentaje de la composición taxonómica fue calculado a través de las sucesivas pesadas de sus respectivos contenidos presentes en 5 kg de peso fresco de muestra.

La estimación de la cantidad total de arribazón vegetal retirado se calculó posteriormente, tras la caracterización físico-química de las muestras (contenido en arena, piedras, biomasa, humedad y otros residuos), a razón del número y capacidad de los camiones utilizados en la retirada y por el pesaje de los mismos en los respectivos Complejos Medioambientales. Los servicios de limpieza de playas notificaban de los arribazones vegetales retirados de sus playas cuando solían superar una cantidad superior a una tonelada peso fresco (> 1 t PF).

En el caso concreto de Playa de Las Canteras, los arribazones vegetales retirados se mezclaban con los residuos urbanos recolectados de la limpieza de la playa en los camiones de transporte. Por esta razón, en este caso, se tuvo que estimar y tener en cuenta el porcentaje correspondiente a estos residuos urbanos, que aunque iban dentro de bolsas independientes dentro del camión, se pesaban conjuntamente con el arribazón vegetal retirado. Éste se calculó como la diferencia entre los datos de

pesada de los camiones del Complejo Medioambiental del Salto del Negro en la retirada del arribazón vegetal (más los residuos urbanos recolectados de la limpieza de la playa) y la cantidad estimada a razón del número y capacidad de los camiones utilizados en su retirada tras la caracterización físico-química de las muestras (contenido en arena, piedras, biomasa, humedad y otros residuos).

La valoración bioquímica se realizó en muestras secas y trituradas y las distintas metodologías utilizadas se detallan a continuación:

Parámetro	Metodología	Preparación de la muestra
Peso seco	Gravimetría: diferencia de peso tras secado en estufa a 105°C	-
N	TOC ¹	Digestión en microondas con ácido sulfúrico
P	Espectrofotometría con ácido ascórbico	
K	EAA ² (llama)	Digestión en microondas con ácido nítrico
Micronutrientes	EAA ² (llama)	Digestión en microondas con ácido nítrico
Fe	EAA ² (llama)	
Mn	EAA ² (llama)	
Cu	EAA ² (llama)	
Zn	EAA ² (llama)	
Metales		Digestión en microondas con ácido nítrico
Cd	EAA ² (llama)	
Cr	EAA ² (llama)	
Ni	EAA ² (llama)	
Pb	EAA ² (llama)	
Hg	EAA ² (llama)	

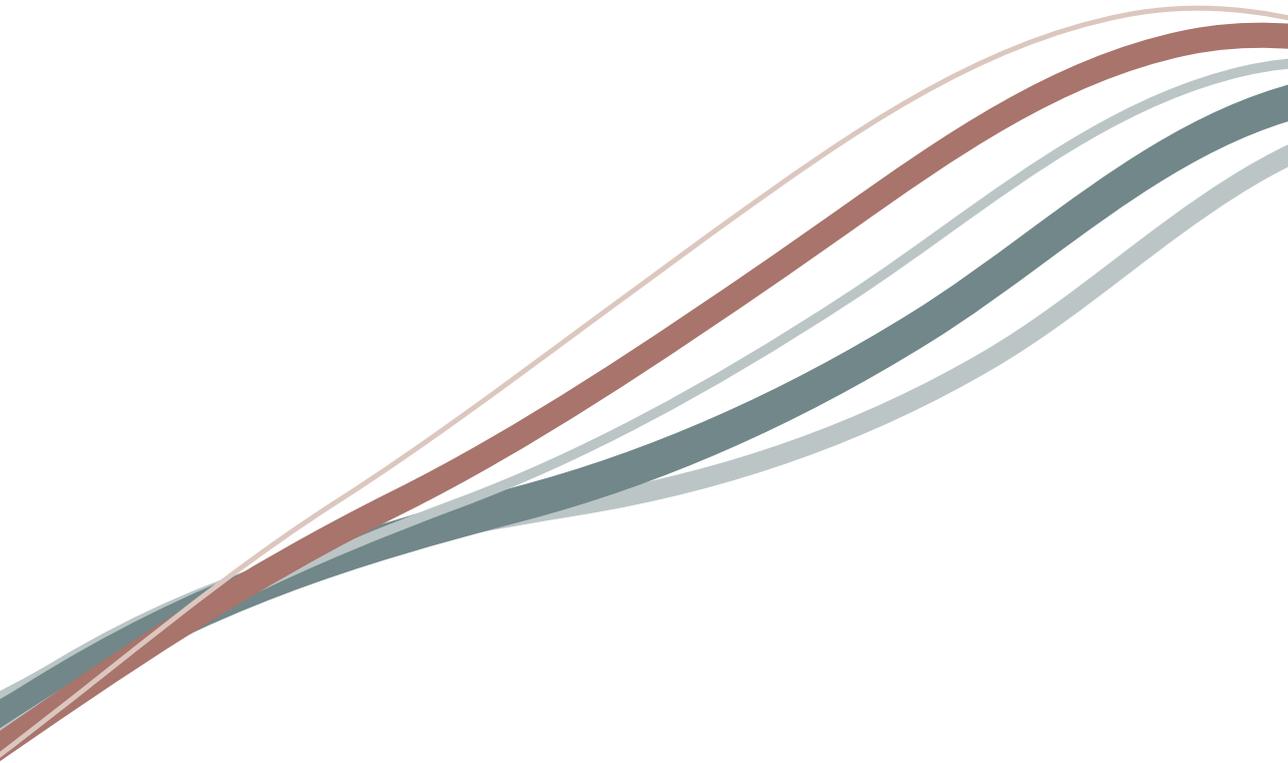
1. Analizador de Carbono Orgánico Total.

2. Espectrofotómetro de Absorción Atómica.

Se definió como hoja muerta de la muda de la planta de *Cymodocea nodosa* cuando el 99% de su cobertura presentó un color marrón y además no estaba sujeta al rizoma.

Se definió como planta entera de *Cymodocea nodosa* cuando el 95% de la cobertura de sus hojas presentaba un color verde intenso y además estaban sujetas al rizoma junto con las raíces.

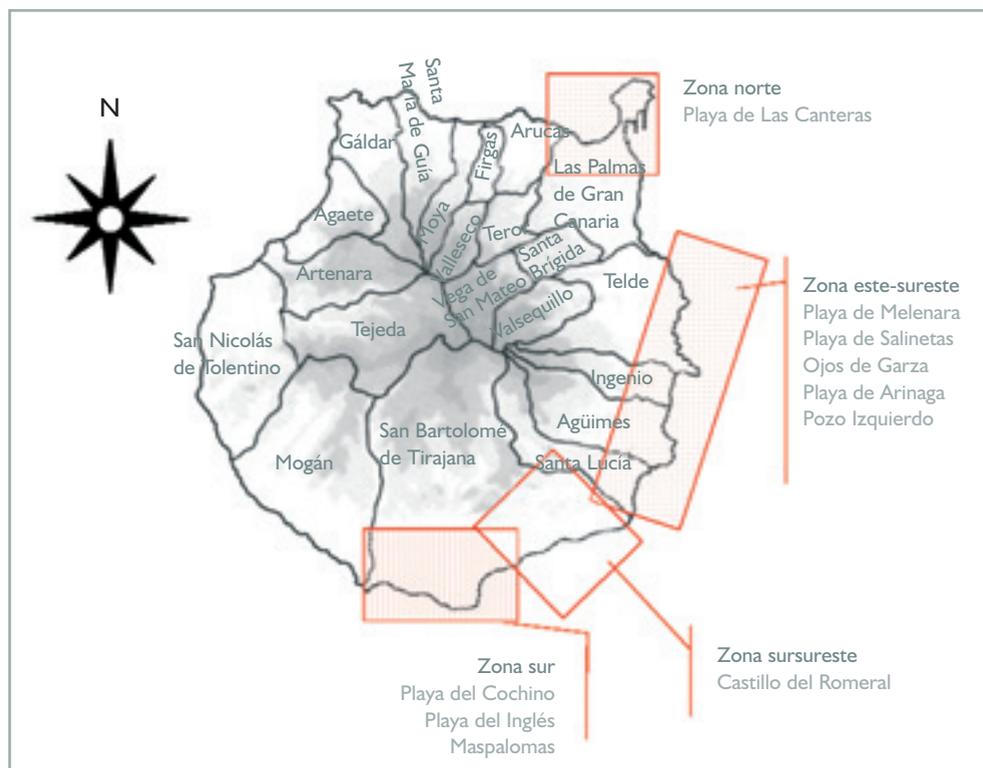
Para el cálculo de la relación del peso seco del material retirado de plantas enteras de *Cymodocea nodosa* por número de haces, se contó el número de haces presentes en 5 kilos peso seco de dicho material.



5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.1. PRINCIPALES ÁREAS DE INCIDENCIA DE RETIRADA DE ARRIBAZONES DE ALGAS Y PLANTAS MARINAS

Se detectaron cuatro grandes zonas de incidencia de retirada de arribazones de macroalgas y plantas marinas en la isla de Gran Canaria (Mapa I).



Mapa I

Mapa de la isla de Gran Canaria donde se representan las cuatro grandes zonas de incidencia de retirada de arribazones de macroalgas y plantas marinas.

Estas cuatro zonas, además de tener playas que requieren ser limpiadas por la gran afluencia de usuarios (turistas y residentes), presentan plataformas submareales amplias con ensenadas o playas que favorecen la acumulación de las algas y plantas marinas arrancadas de las zonas circundantes por el efecto de fuertes oleajes.

5.2. ESTACIONALIDAD DE LOS ARRIBAZONES VEGETALES Y SU RELACIÓN CON CONDICIONES OCEANOGRÁFICAS

Los arribazones de algas y plantas marinas aparecen en diferentes zonas de la isla en cualquier época del año, pero siempre y cuando haya acontecido previamente un episodio de oleaje considerable en la zona. Las cantidades de estos acúmulos suelen depender de la fuerza del oleaje incidente, si previamente ha ocurrido eventos similares o más fuertes, de la cobertura vegetal de la zona afectada en esa época del año y sobretodo, si las condiciones oceanográficas locales posteriores (corrientes, tipo de oleaje, marea, etc.) favorecen finalmente su arribada a las playas próximas o su deriva hacia áreas sumergidas.

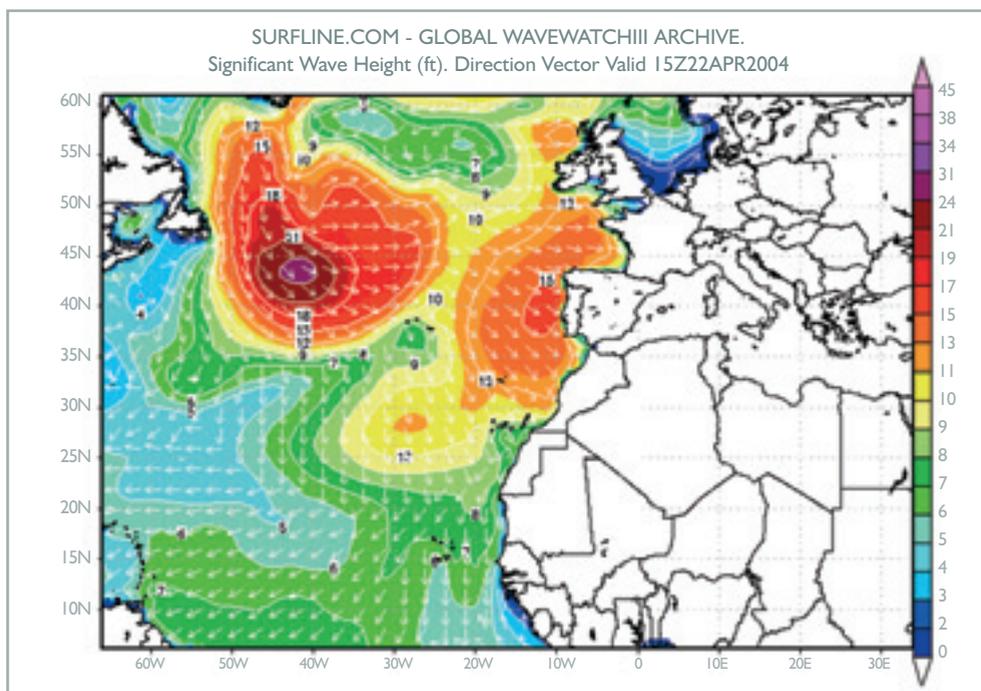
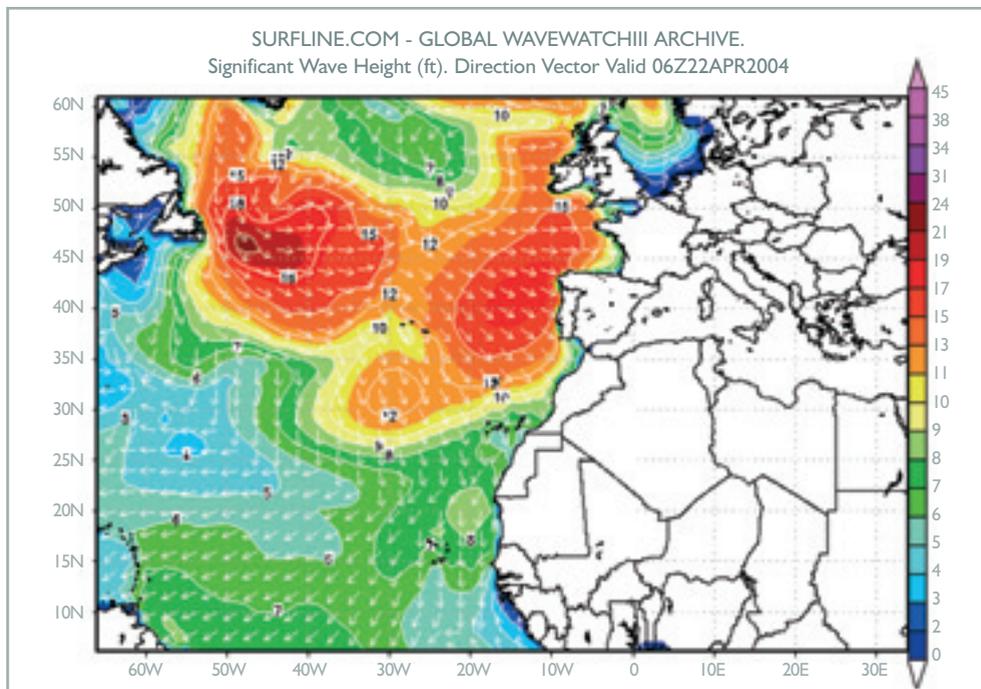
Los tipos de oleajes envueltos en estos fenómenos provienen ocasionalmente de profundas borrascas que se forman y evolucionan en las proximidades del archipiélago en determinadas épocas del año, sobretodo de noviembre a marzo. Estos temporales generan fuertes mares de viento pudiendo afectar a cualquier área costera dependiendo de su posición, dirección y evolución.

Los otros oleajes, que causan los arribazones vegetales en las cuatro grandes zonas de incidencia, son los mares de fondo y los grandes mares de viento provenientes de potentes anticiclones (Portillo y Mendoza, 2007). Los arribazones de algas y plantas marinas aparecieron en estas áreas, cuando estos oleajes, con las características que se detallan a continuación, azotaron previamente las costas cercanas:

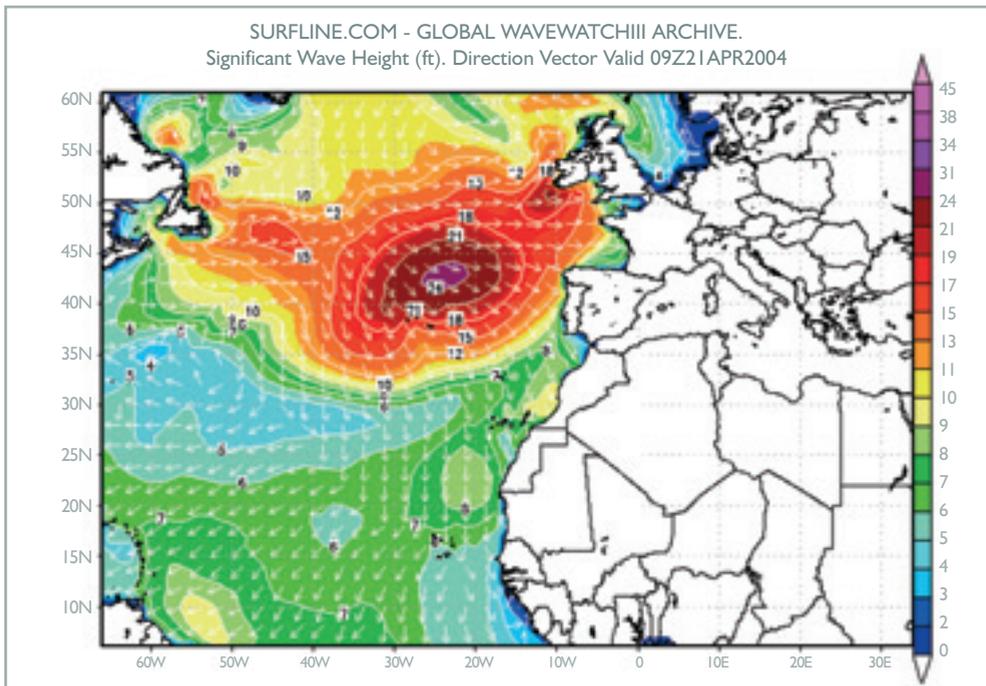
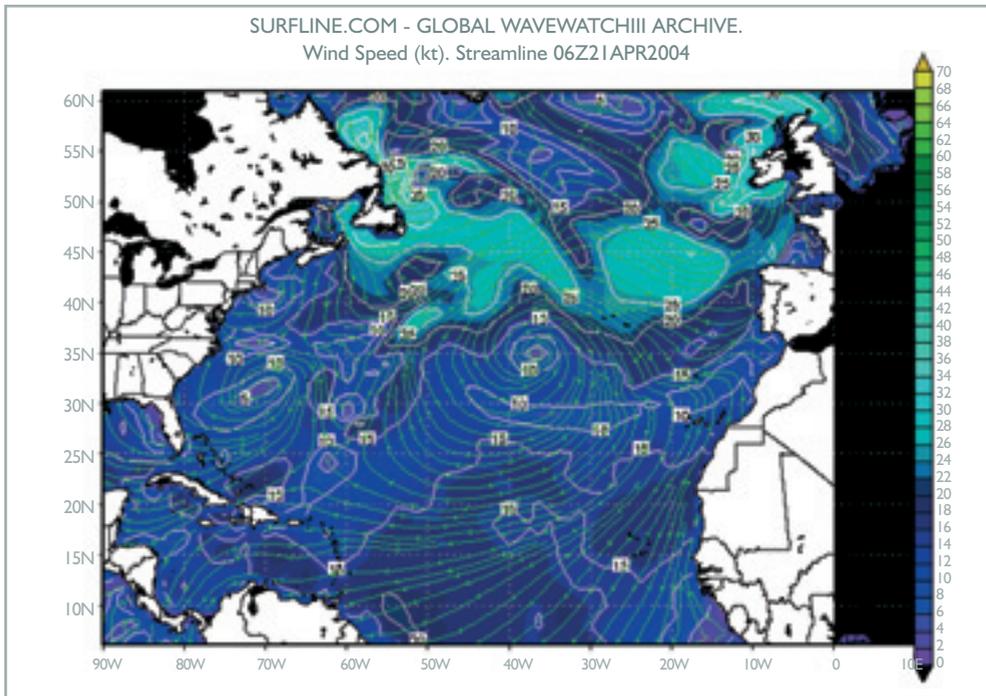
ZONA NORTE (PLAYA DE LAS CANTERAS)

En este área aparecieron grandes arribazones vegetales tras el azote de

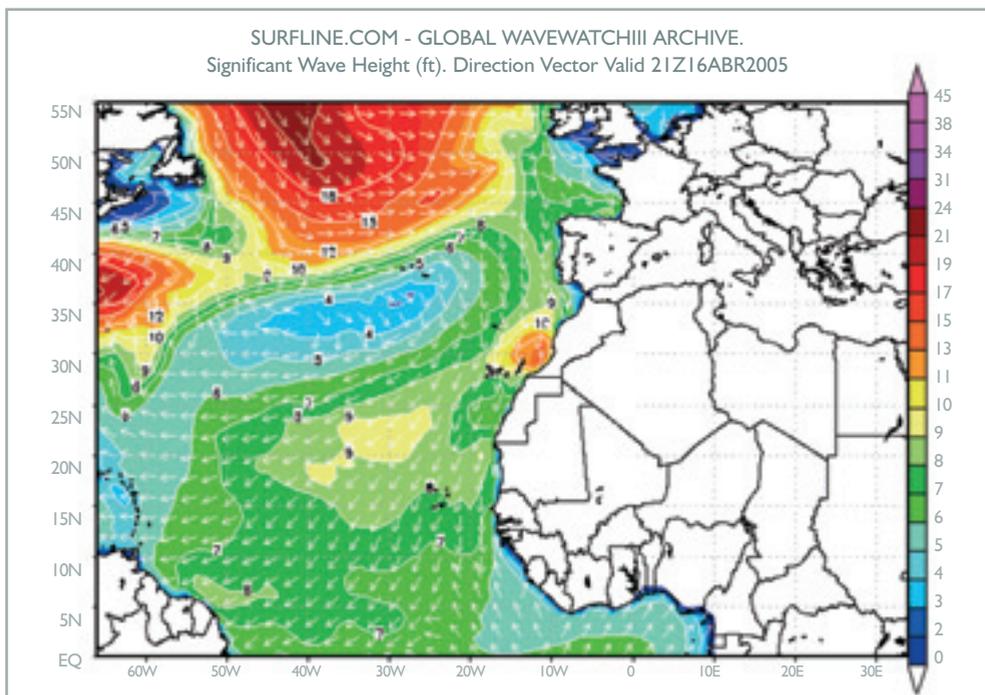
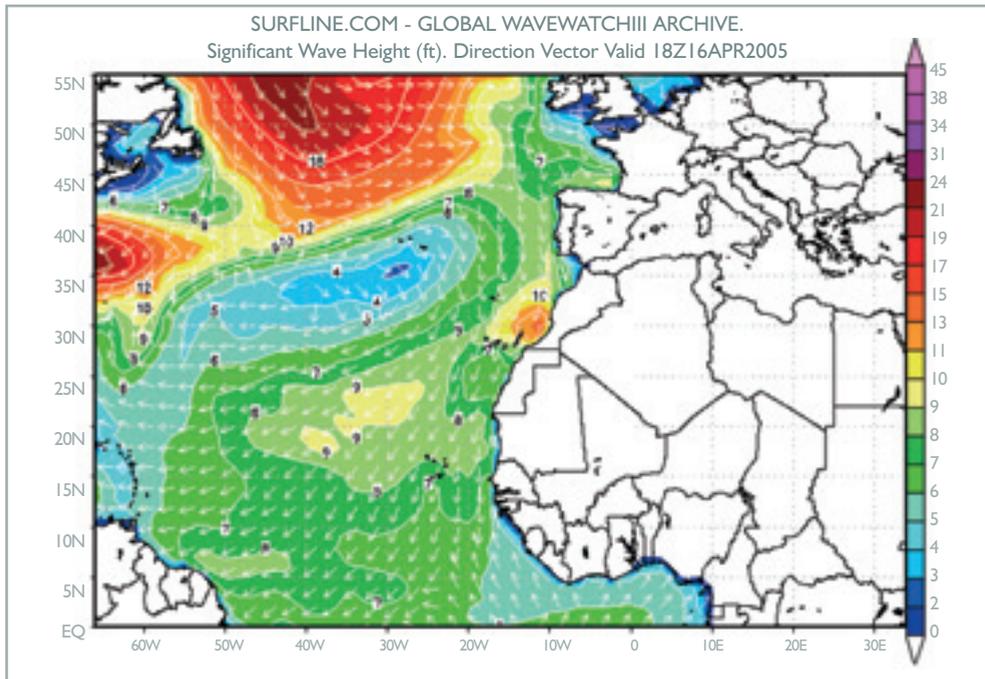
- mares de fondo de más de 2.5 m (8 pies) de componente preferentemente del WNW-N



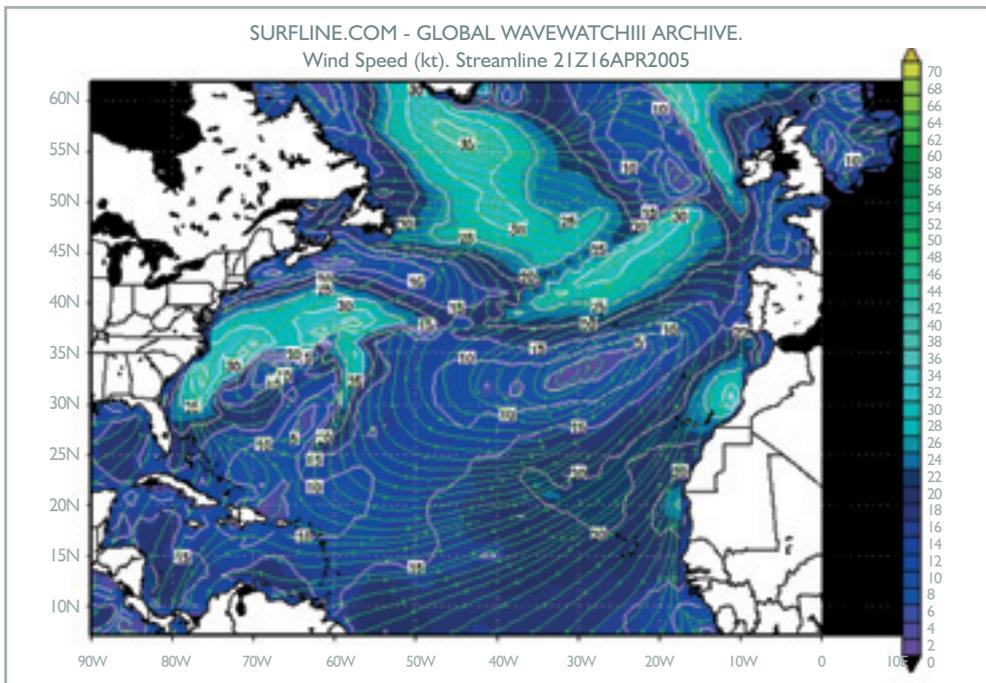
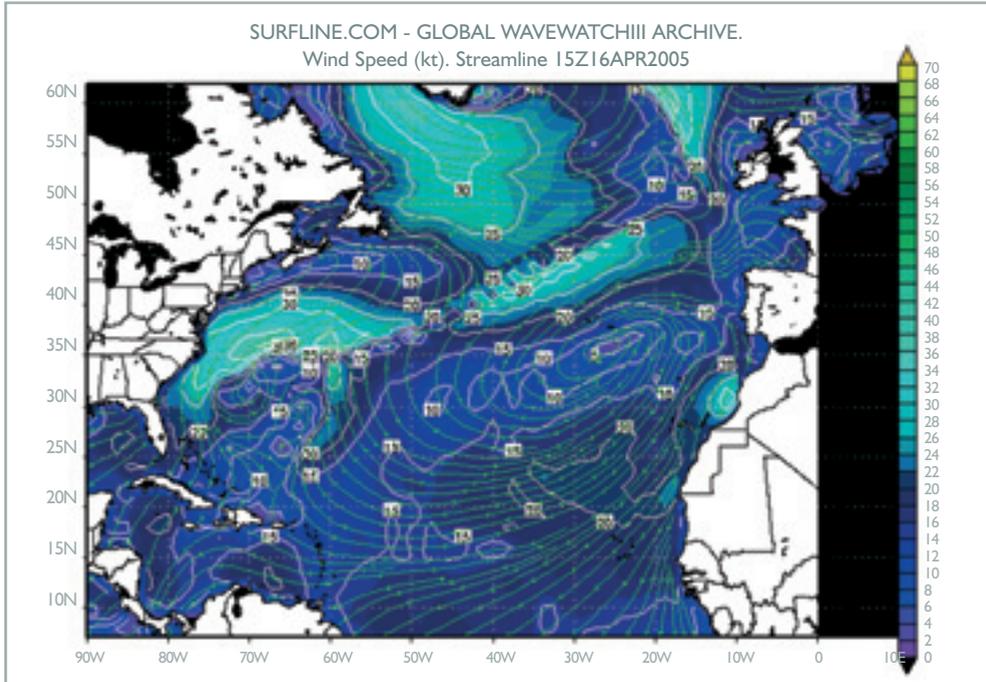
procedentes de profundas borrascas del Atlántico Norte (septiembre-mayo) o



- mares de viento de más de 2.5 m (8 pies) de componente N-NE



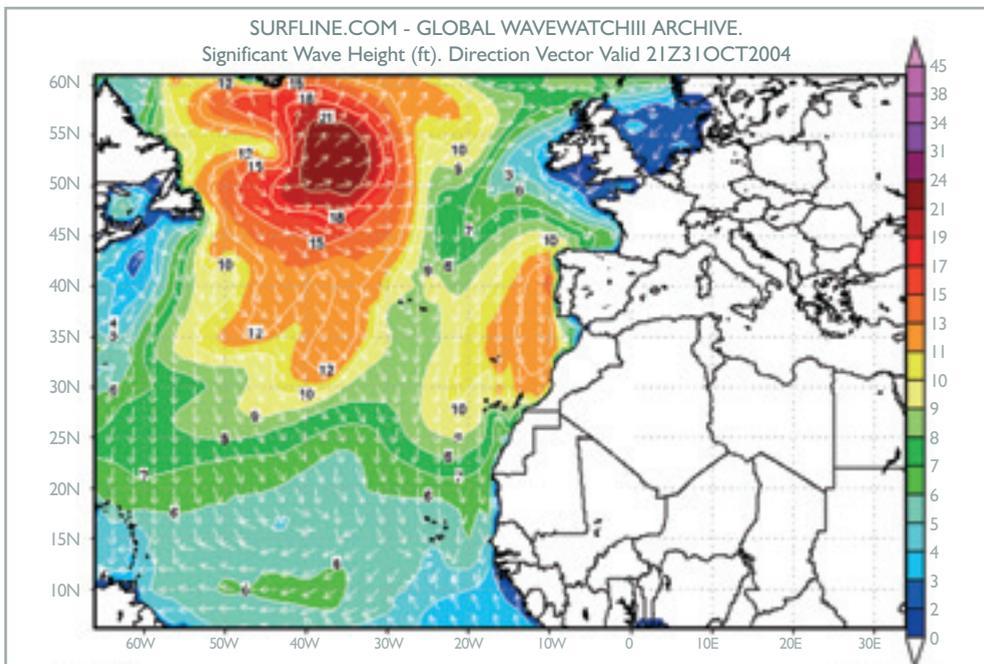
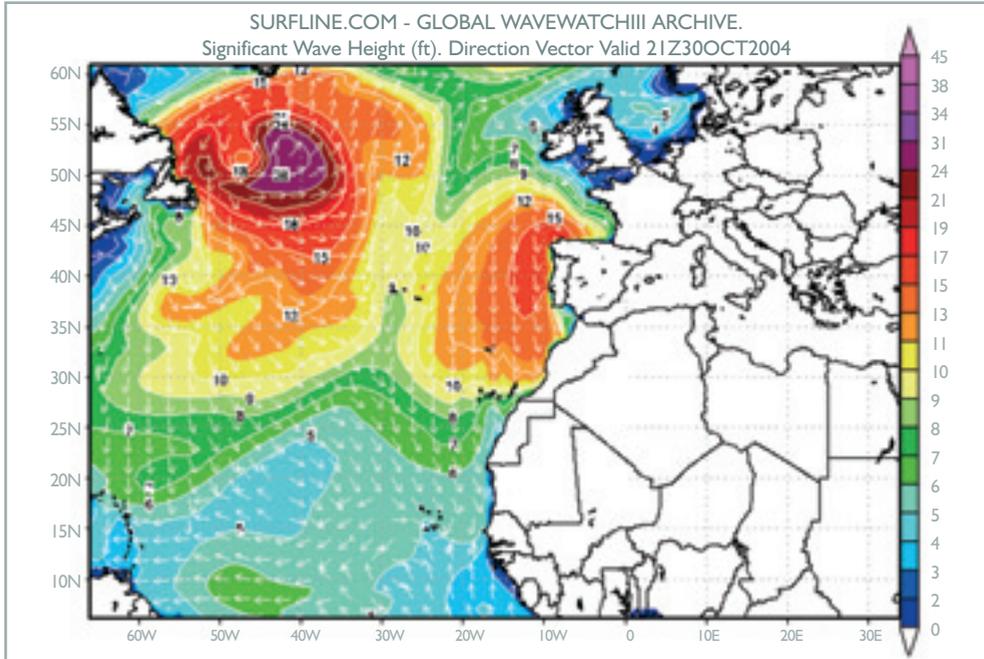
procedentes de persistentes y potentes anticiclones muy frecuentes a finales de primavera y verano.



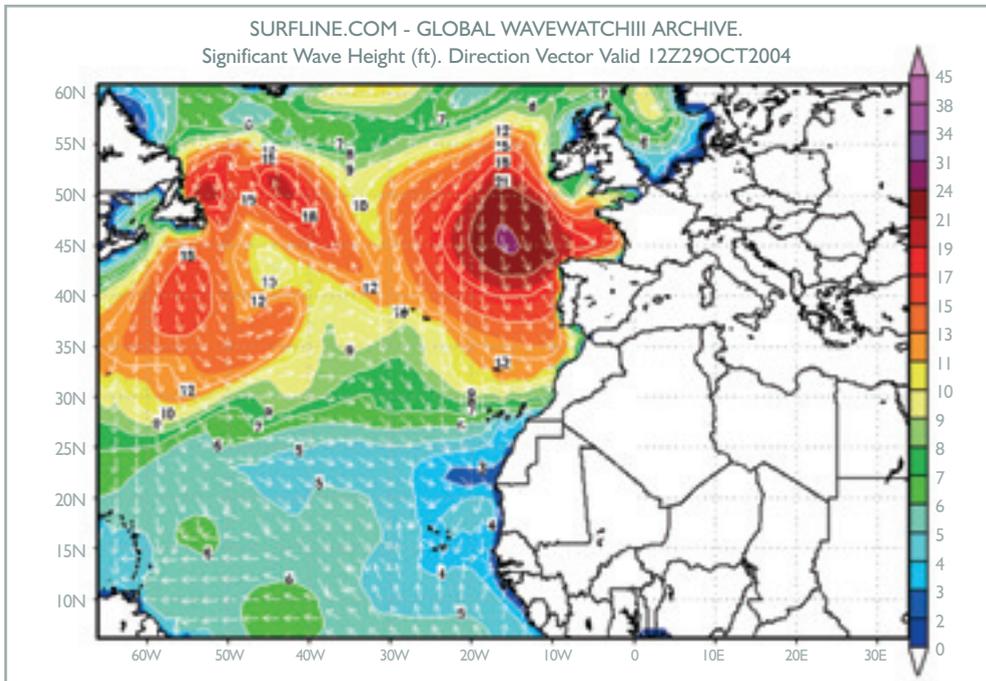
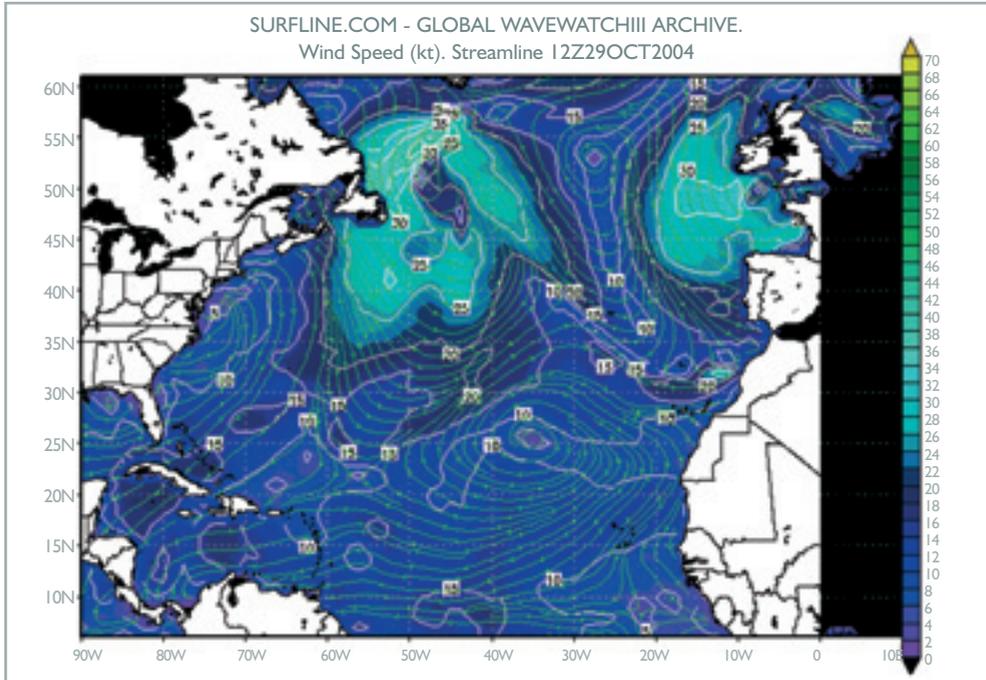
ZONA ESTE-SURESTE (PLAYA DE MELENARA - POZO IZQUIERDO)
Y ZONA SURSURESTE (CASTILLO DEL ROMERAL)

A esta zona arribaron grande acúmulos de macroalgas y plantas marinas tras la llegada de grandes

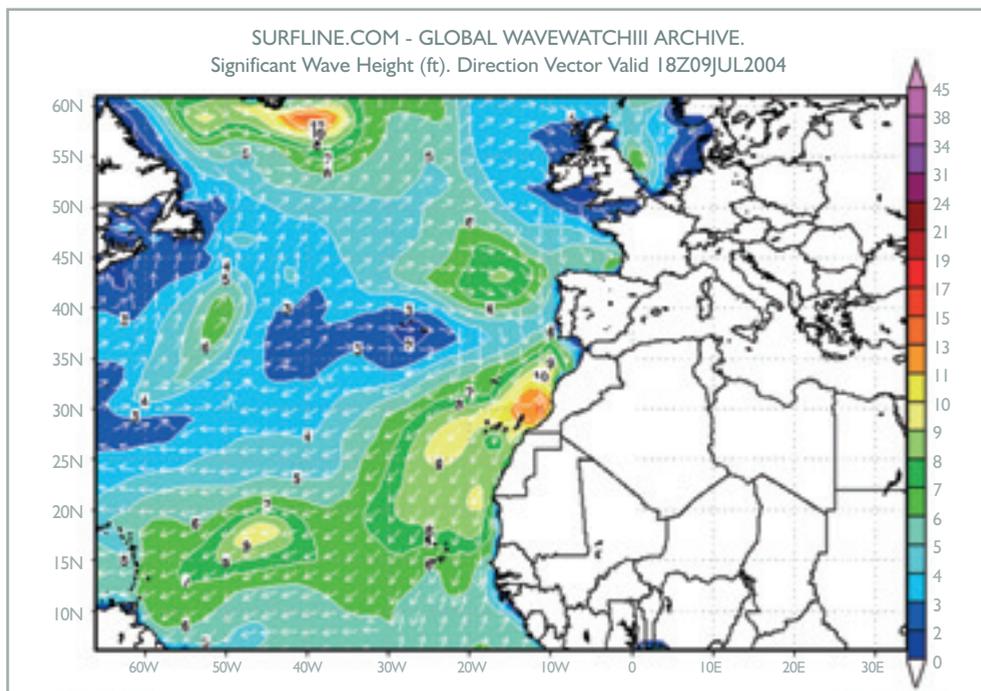
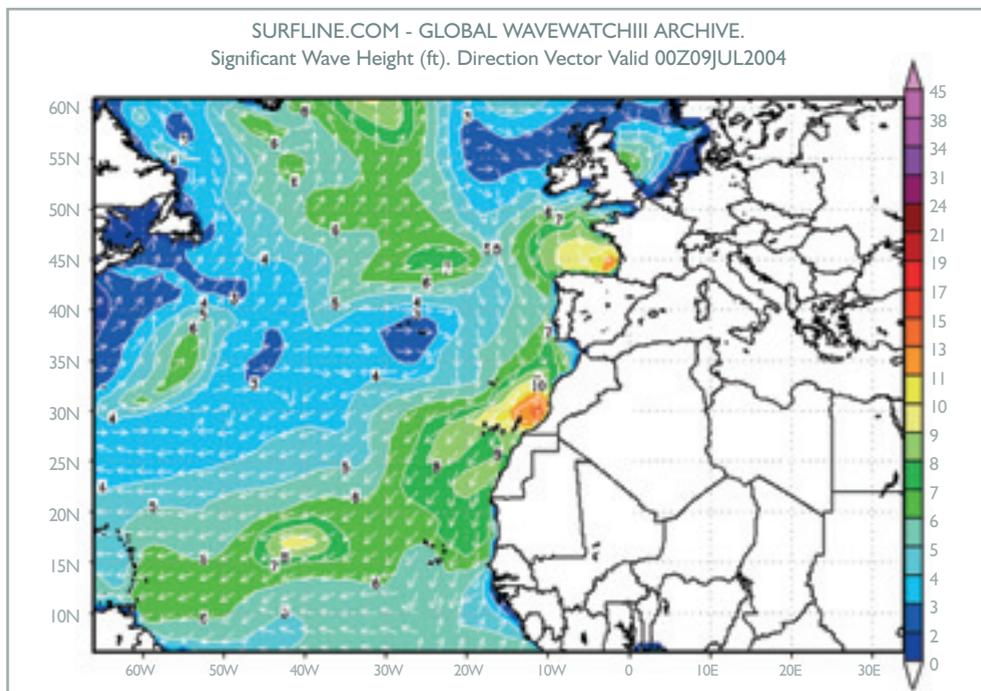
- mares de fondo que alcanzan la islas de más de 3 m (10 pies) de componentes NNW-N (tras experimentar los procesos de difracción y refracción correspondientes)



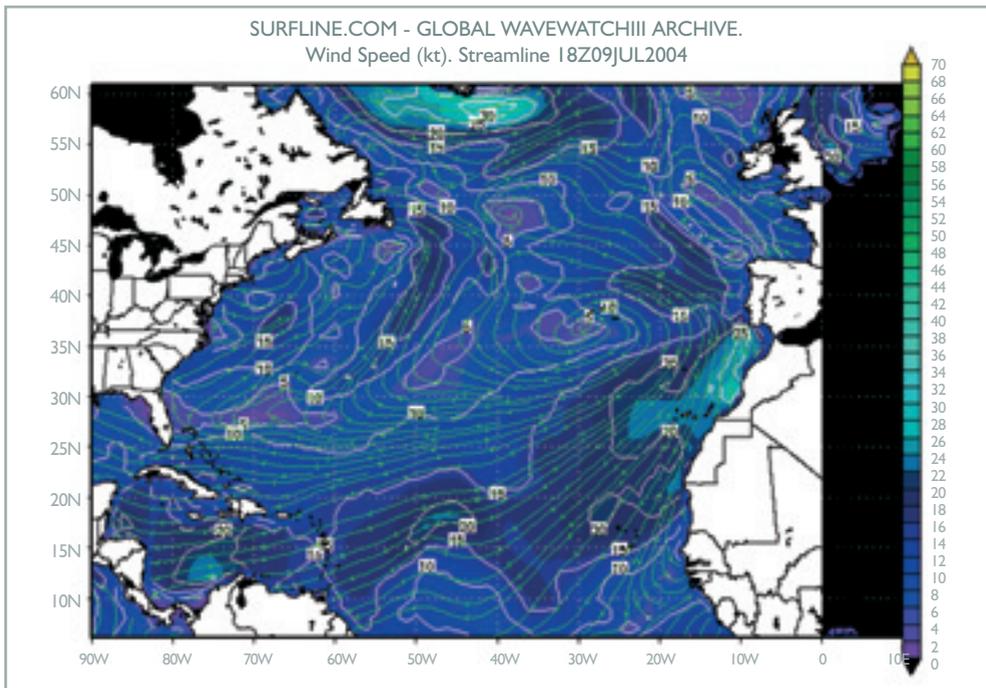
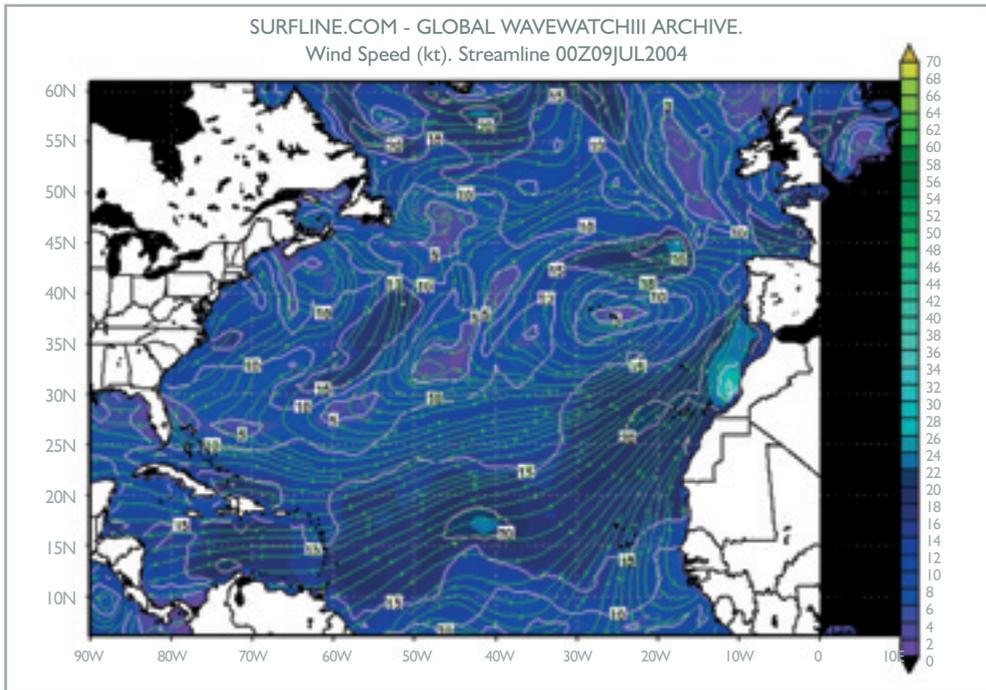
procedentes de profundas borrascas que suelen centrarse y desarrollarse habitualmente en la Península o un poco más al norte (octubre-mayo) o



- mares de viento de más de 2.7 m (9 pies) de componente NNE-E

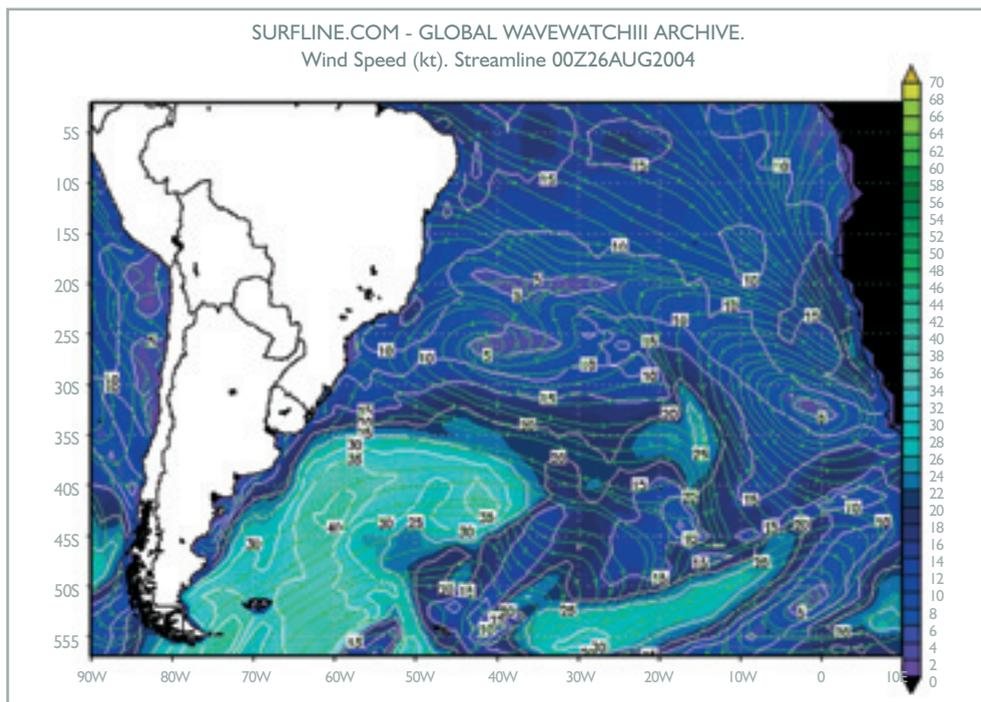


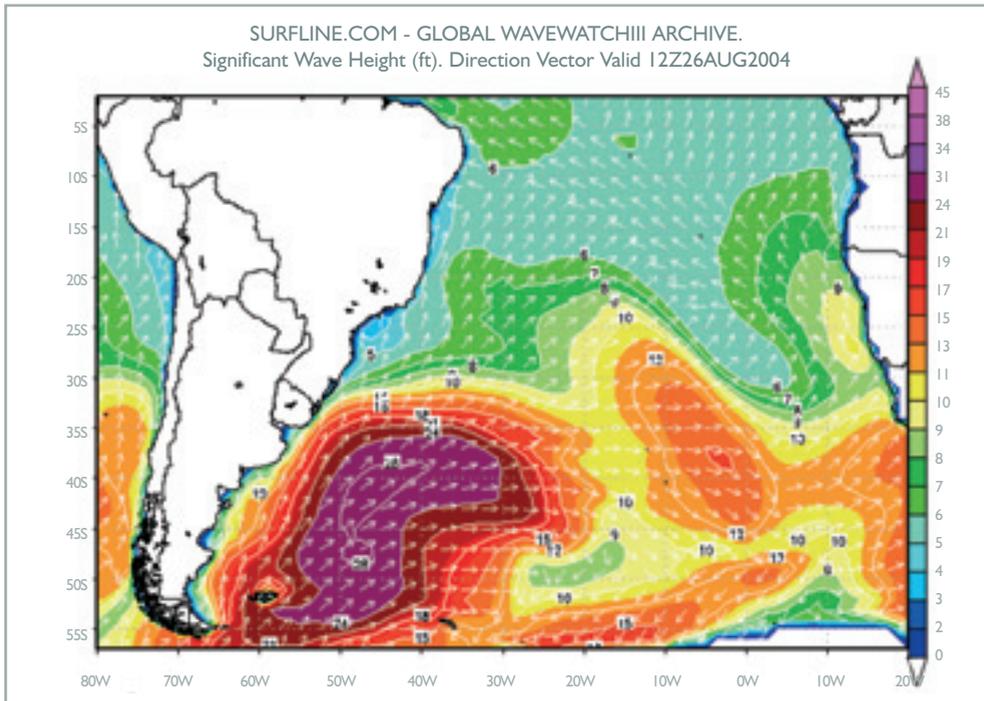
procedentes de persistentes y potentes anticiclones a finales de primavera y en verano.



ZONA SURSURESTE (CASTILLO DEL ROMERAL) Y ZONA SUR (PLAYA DEL COCHINO - MASPALOMAS)

A finales de primavera y verano, cuando esta zona turística de la isla no se ve afectada por los temporales o los mares de fondo del Atlántico Norte y cuando aparentemente se encuentra al resguardo de los mares de viento del régimen de los alisios, aparecen en sus playas grandes arribazones de hojas muertas (de la muda) de las plantas marinas de *Cymodocea nodosa*. El causante de estas grandes arribadas de *sebas* es el azote de un tipo de mar de fondo muy peculiar proveniente de potentes borrascas del Atlántico Sur que acontecen en el otoño e invierno austral (Portillo et al., 2007). Este oleaje consigue alcanzar nuestras costas siempre y cuando estas profundas depresiones consigan desarrollar campos de olas de más de 9 m en la zona de generación y con dirección hacia Canarias a través del pequeño pasillo existente entre el continente sudamericano y africano. Cuando estas olas llegan a las Islas Canarias, después de su largo recorrido de 6-8 días (4.000-5.000 millas náuticas) a través del Atlántico Sur y Norte, en la boya se suelen registrar alturas menores a 1.4 m pero con periodos de pico mayores a 15 s que conlleva a procesos de fricción de fondo en un mayor rango de profundidades que de costumbre. Estos procesos de fricción de fondo son los que consiguen desprender de las praderas marinas (denominadas en Canarias “sebadales”) las hojas muertas de los procesos naturales de muda (Portillo, E., 2007a; Portillo, en preparación).





Este tipo de oleaje, si alcanza a las islas con registros de alturas de olas mayores a 1.6 m y periodos de pico mayores a 17 s, puede llegar a afectar hasta la Bahía de Gando produciendo en ocasiones arribazones vegetales en Playa de Arinaga o en la zona de *callaos* de Pozo Izquierdo.

ZONA OESTE (ARGUINEGUÍN - PLAYA DE MOGÁN)

Durante el transcurso del proyecto no aparecieron en esta zona arribazones vegetales significativos, pero si tuvimos constancia, a través de la comunicación oral de técnicos de medio ambiente y del servicio de limpieza del Ayuntamiento de Mogán, de las épocas con mayor incidencia de dichos fenómenos. Los arribazones vegetales en esta zona suelen darse sobretodo en el invierno, después de episodios de temporales o grandes mares de fondo del oeste. Estos mares de fondo se originan a finales del invierno en la costa sureste norteamericana, desarrollándose y posicionándose de tal manera que el grueso del *fetch* (zona de generación del oleaje donde el viento sopla con la misma dirección e intensidad) queda por debajo del paralelo 38° N y orientado directamente hacia nuestras islas.

5.3. ESTIMACIÓN DE LA CANTIDAD DE ARRIBAZÓN VEGETAL RETIRADO

La estimación de la cantidad de arribazón de algas y plantas marinas retirado fue, para la mayoría de las zonas, orientativa, ya que estuvo en función de la información oral de los servicios de limpieza de playas, tanto en cuanto al número y capacidades de camiones empleados, como a la notificación de los servicios de retiradas realizados cuando solían superar una cantidad superior a una tonelada peso fresco (> 1 t PF) y a la estimación del porcentaje correspondiente a residuos urbanos en el pesaje en vertederos.

La cantidad total de arribazón vegetal retirado en las diferentes zonas se estimó como el peso fresco total en toneladas de algas y plantas marinas retiradas durante un año (t PF/año) en las diferentes playas de cada zona, descontando arena y piedras, así como otros residuos (Figura 1).

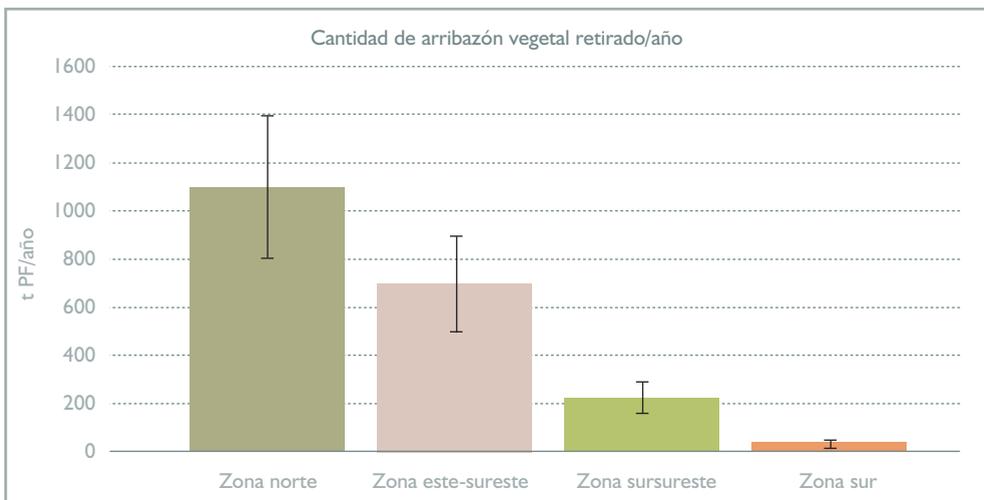


Figura 1
Media del peso fresco total (en toneladas) de algas y plantas marinas retiradas al año durante el proyecto (t PF/año) en las diferentes playas de cada zona de la isla de Gran Canaria.

La cantidad total de algas y plantas marinas en los arribazones retirados por los servicios de limpieza de los distintos municipios de la isla de Gran Canaria fue de 1.130-2.500 t PF/año (que equivalen a 2.000-4.500 t PF/año con arena, piedras y demás residuos).

Las grandes cantidades de arribazón vegetal retirado en la zona norte respecto a las demás zonas podrían tener relación con:

- ▶ una posible subestimación del porcentaje correspondiente a residuos urbanos, ya que sólo se calcularon para la retirada de arribazones vegetales considerables (> 1 t PF)
- ▶ la cuantificación de todos los arribazones vegetales retirados, grandes y pequeños (< 1 t PF), que se vierten en el Complejo Medioambiental del Salto del Negro
- ▶ la necesidad de su retirada por la afluencia masiva y constante de usuarios durante todo el año,
- ▶ el efecto amortiguador sobre el oleaje y corrientes que produce la barra natural que discurre paralela a la orilla de la Playa de Las Canteras (Varios Autores, 2003) y por tanto con la capacidad de captación y retención de las algas arrancadas.

En el resto de zonas, las retiradas de los arribazones vegetales fueron notificadas siempre y cuando dicha retirada fue considerable ($> 1 \text{ t PF}$), por lo que no se contabilizaban las frecuentes retiradas de pequeñas arribadas que no superaban dicho umbral.

Sólo el 3% de la cantidad total correspondió a los antaño abundantes arribazones de *sebas* procedentes de los *sebadales* de Playa del Cochino, Playa del Inglés y Maspalomas, un 27% correspondió a arribazones de *Cystoseira* provenientes de la zona este-sureste y el 70% restante a arribazones de una alta variedad de macroalgas (*Lobophora*, *Hypnea*, *Pterocladia*, *Ulva*, *Sargassum*, etc.).

Estas grandes cantidades de algas y plantas marinas que suelen arribar a las diferentes playas todos los años nos muestra la importancia ecológica que asumían cuando no eran retirados, actuando en muchos casos como barreras naturales contra la erosión del oleaje (McLachlan et al., 1985), como dunas embrionarias y aporte de materia orgánica y nutrientes a las comunidades vegetales dunares (Roig y Martín Prieto, 2005) o como soporte alimentario de muchos invertebrados que a la vez constituyen el alimento de juveniles de peces, insectos o aves marinas, etc (Lenanton et al., 1982; Griffiths et al., 1983; Ochieng y Erftermeijer, 1999).

La cantidad de arribazones vegetales varió según el año, pero en ningún caso $>40\%$ respecto a la media (Figura 1), y es que estas arribadas de algas y plantas marinas dependen en última instancia de las condiciones atmosféricas y oceanográficas que hayan acontecido durante ese período. Cada año difiere climatológicamente de sus antecesores y predecesores conformando ciclos meteorológicos que determinan finalmente distintas condiciones atmosféricas y oceanográficas que son las que en definitiva:

- ▶ generan tanto los oleajes que arrancan las algas y plantas marinas, como las condiciones oceanográficas posteriores que favorecen su alcance a las playas o su deriva al mar
- ▶ y pueden hacer variar las coberturas vegetales de la zona (temperatura del agua, corrientes, aporte de nutrientes, turbidez, etc.), todo ello sin contar con los factores antropogénicos que también tienen su influencia (vertido de aguas depuradas, de salmuera o incontrolados, artes de pesca, construcción de muelles o diques de abrigo, dragados, etc.).

Por tanto, para una estimación más precisa, además de registros reales de pesadas específicas de las algas y plantas marinas retiradas en vertederos controlados y legalizados, se requiere de un periodo más largo de estudio donde poder ajustar y cuantificar de forma más precisa sus medias y desviaciones y de esta forma poder cubrir diferentes ciclos meteorológicos. Basta citar, a modo de ejemplo, que una buena estimación del índice pluviométrico de las islas tampoco se tendría con sólo tres años de mediciones debido a esa variabilidad interanual entre las posibles épocas de sequía o de lluvias.

También hay que indicar que las algas y plantas marinas arribadas a la playa suelen representar solamente a una parte de todo el material biológico previamente arrancado de las costas.

Como ejemplo de las estimaciones de las cantidades de arribazones vegetales retirados adjuntamos dos tipos diferentes de registro facilitados por personal técnico de los servicios de limpiezas de playas respectivos: uno en relación al pesaje de camiones procedentes de la retirada de los arribazones vegetales de la Playa de Las Canteras (Tabla 1) y otro registro diferente en relación al número de camiones empleados en la Playa de Arinaga (Tabla 2).

mes/año	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000
ENE	131.707	85.900	120.600	92.700	78.800	85.500	61.500
FEB	112.004	80.150	93.200	60.600	56.300	43.500	55.800
MAR	179.680	126.950	100.300	92.800	87.600	23.000	68.400
ABR	219.580	179.750	104.000	91.400		109.600	105.800
MAY	410.442	207.600	122.000	83.600		117.300	175.400
JUN	327.748	221.950	144.000	161.900		154.000	55.100
JUL	409.748	237.300	175.000	241.200		226.400	86.100
AGO	427.997	232.650	272.800	304.900		183.100	153.400
SEP	348.150	249.300	228.800	255.600		131.200	121.000
OCT	303.272	154.400	116.500	206.900		134.600	108.600
NOV	158.966	131.050	137.200	93.400		90.100	121.820
DIC	98.588	114.850	90.500	83.400	102.900	83.900	16.840
Total	3.127.882	2.021.850	1.704.900	1.768.400	325.600	1.382.200	1.129.760

mes/año	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
ENE	19.270	92.300	52.600	35.840	44.350	89.550	49.000
FEB	13.760	63.070	48.420	39.580	84.800	71.830	30.800
MAR	39.640	114.176	58.089	61.750	100.820	55.970	173.480
ABR	33.368	69.331	92.190	97.417	115.420	54.900	152.120
MAY	78.280	103.500	106.088	111.080	106.860	64.120	220.200
JUN	113.960	127.632	130.821	87.672	148.880	48.200	190.492
JUL	117.330	171.240	175.521	155.800	165.240	106.160	237.382
AGO	167.500	148.830	152.551	217.858	212.460	162.840	316.532
SEP	98.856		138.713	190.630	211.180	110.300	253.198
OCT	224.690		248.768	123.200	74.980	61.220	119.920
NOV	149.830		192.526	71.390	81.780	68.120	178.685
DIC	69.690		88.663	126.960	49.450	49.900	144.990
Total	1.126.174	890.079	1.484.950	1.319.177	1.396.220	943.110	2.066.799

Tabla I

Pesaje en el Complejo Medioambiental del Salto del Negro de los camiones procedentes de la retirada de los arribazones vegetales de la Playa de Las Canteras (kg peso fresco).

Mes/año	2004	2005	2006	2007
ENERO	0	0	0	0
FEBRERO	0	0	0	0
MARZO	0	0	0	5
ABRIL	0	7	1	0
MAYO	0	7	13	1
JUNIO	0	0	0	3
JULIO	20	19	0	6
AGOSTO	3	6	3	2
SEPTIEMBRE	3	1	0	0
OCTUBRE	7	5	0	0
NOVIEMBRE	0	5	3	1
DICIEMBRE	0	0	2	0
Total	33	50	22	18

Tabla 2

Número de camiones empleados en el transporte de los arribazones vegetales retirados de la Playa de Arinaga.

En el registro representado en la Tabla 1 hay que destacar nuevamente que las cantidades reflejadas no sólo se corresponden con la retirada de los arribazones vegetales de la playa, sino también con los residuos urbanos entremezclados en el proceso de limpieza de la playa. Dichos residuos urbanos pueden llegar a alcanzar hasta un 10% del total del pesaje mensual y anual (comunicación personal del técnico del servicio de limpieza de playa). Esto último pudo ser corroborado con las estimaciones realizadas durante nuestro periodo de estudio en los arribazones vegetales retirados más significativos (> 1 t PF). Por esta razón estimamos que el registro de otros años podía ser tenido en cuenta a pesar de que estos valores no se corresponden con una recogida específica y selectiva de algas y que no se conoció ni se determinó su caracterización físico-química, ni se pudo corroborar dicha estimación del porcentaje del peso de residuos urbanos.

No obstante y en base a las consideraciones anteriormente expuestas, observamos una ligera estabilidad en el periodo representado (1994-2007) en relación con las cantidades anuales de arribazones que aparecen en la Playa de Las Canteras. De los años en los que se tiene el registro completo se observan sólo dos valores atípicos respecto a la media, un máximo de peso en el año 1994 con 3.127 toneladas y un mínimo de 943 toneladas en el 2006 (que se estimó en 700 t PF de algas tras su caracterización), manteniéndose el resto de años cercanos a la media. Para que estos registros sirvieran como buenos bioindicadores del estado de las poblaciones naturales de los ecosistemas marinos cercanos, tendrían que estar acompañados por un estudio de la variabilidad biológica existente, así como de su pesaje específico y caracterización físico-química.

El registro del número de camiones empleados en la retirada de arribazones vegetales de la Playa de Arinaga (Tabla 2) correspondió a 165, 200, 110 y 90 t PF/año para los años 2004, 2005, 2006 y 2007 respectivamente, que corresponde en una sola playa a casi un 30% del total retirado en la zona este-sureste.

De la zona sur y sursureste se nos hizo llegar por parte del servicio de limpieza de playas un registro histórico desde el año 1995 de la recogida de basura en las playas. En este caso no había una estimación precisa y diferenciada del porcentaje correspondiente a las algas y plantas marinas respecto al resto de residuos y las estimaciones realizadas durante nuestro periodo de estudio no se corroboraron con los pesos de dichos registros. Además, la mayoría de los camiones procedentes de las retiradas de los arribazones vegetales tanto de Playa del Inglés como de Maspalomas no vertieron el material retirado en el Complejo Medioambiental de Juan Grande, por lo que los datos de este registro no pudieron ser tomados como representativos.

Los grandes arribazones vegetales en la zona sursureste (120-260 t PF/año), en el Castillo del Romeral, comenzaron a tener relevancia hace unos 15 años coincidiendo con la construcción-ampliación del muelle, al quedar interrumpida parte de la dinámica natural de las corrientes costeras y favorecer la acumulación de las algas arrancadas de las zonas cercanas, sobretodo en la cara norte de dicho enclave pesquero. Estas grandes cantidades de acúmulos que arriban en esta zona podrían estar relacionadas con una alta tasa de crecimiento de las algas en las áreas costeras circundantes, debido fundamentalmente a la conjunción de dos factores muy importantes: por un lado la fertilización directa del medio por medio de las aguas residuales provenientes de la piscifactoría contigua (Alevines y Doradas, SA) y por otro el calentamiento del agua debido a la emisión de las aguas provenientes de los sistemas de refrigeración de la central térmica de Juan Grande (Compañía Unión Eléctrica de Canarias, SA). Sin embargo, en el último año y medio (enero 2007-junio 2008) se ha producido una reducción drástica de estas arribadas de algas a esta zona que podría estar relacionada con la disminución de los caudales de vertidos de aguas residuales provenientes de la piscifactoría tras el traslado de la mayor parte del engorde de peces a jaulas flotantes en mar abierto. Esta explicación es una posible causa que merecería de un estudio en mayor profundidad. También habría que analizar si en este tiempo ha habido un cambio en el sistema de vertido de las aguas provenientes de los sistemas de refrigeración de la central térmica de Juan Grande.

Por otro lado, la zona sur, es la parte de la isla más protegida de los frecuentes mares de viento y de fondo del Atlántico Norte con una plataforma submareal bastante amplia (Haroun et al., 2003; Tuya y Haroun, 2006) donde se asientan la mayoría de los grandes fondos arenosos de la isla. Son en estas costas abrigadas y semiexpuestas, donde se extienden por tanto los *sebadales* más importantes de la isla (Espino et al., 2003). Esta especie está declarada como sensible a la alteración de su hábitat en el Catálogo de Especies Amenazadas de Canarias (BOCAC., 2001) y al igual que las praderas marinas de *Posidonia oceánica* en la costa Mediterránea, se encuentran en su mayoría en estado de regresión por causas antropogénicas tras la excesiva presión urbanística y turística de muchas zonas del litoral. Este desarrollo insostenible ha provocado un incremento desmesurado de los vertidos al mar tanto de aguas residuales de depuradoras como de salmueras de desaladoras, que afectan negativamente a estos ecosistemas marinos (Einav et al., 2002; Ruiz, 2005).

Esta regresión ha propiciado lógicamente una reducción paulatina de estos arribazones de *sebas*, hecho que ha sido manifestado por todos los municipios donde suelen y solían aparecer (Ayuntamiento de San Bartolomé de Tirajana en Gran Canaria, Ayuntamiento de Pájara en Fuerteventura y Ayuntamiento de Yaiza y Tías en Lanzarote).

En el caso del Ayuntamiento de San Bartolomé de Tirajana, técnicos de los servicios de limpieza que estuvieron trabajando en las diferentes empresas de limpieza de playas del mismo municipio

(Urbaser, SA, Tecmed, SA, Onyx Itusa, SA, etc.) desde el año 1977 hasta la actualidad, nos atestiguan una disminución de las arribadas de hasta un 90% en los últimos 20 años. Esta reducción tan drástica se nos mostró con ejemplos como el de la Playa del Cochino, donde desde hace casi 15 años se requieren como máximo 2 camiones para la retirada de los arribazones, cuando en los años 70 y a principios de los 80 se necesitaban todos los veranos en torno a 20 y 30 camiones para esa labor. O como el caso de Playa del Inglés, donde nos comentaba que antaño la retirada de arribazones de *sebas* era una ardua tarea que les llevaba varios días de faena y sin embargo desde hace más de 10 años ese mismo trabajo les lleva una mañana e incluso con menos operativo y personal.

En la zona oeste cabe destacar la periódica retirada de arribazones vegetales de sus playas en la época de invierno, pero esta situación no aconteció de manera masiva ($> 1 \text{ t PF}$) durante el transcurso del proyecto por lo que no se llegó a cuantificarse dicha retirada en esta zona. Las playas más afectadas en esta cara de la isla suelen ser las de Arguineguín “La Charca”, La Marañuela y Costa Alegre donde se llegan a necesitar hasta 5 camiones para retirar los arribazones vegetales arrojados a las mismas. En otras playas como Amadores, Tauro o Playa del Cura suelen aparecer estas arribadas, pero de manera más esporádica y en menores cantidades.

5.4. COMPOSICIÓN TAXONÓMICA DEL ARRIBAZÓN VEGETAL RETIRADO Y SU RELACIÓN CON CONDICIONES OCEANOGRÁFICAS

Las 4 grandes zonas de incidencia se comportaron como grupos bien diferenciados en la composición taxonómica de sus arribazones y es que la diversidad de las especies encontradas en los mismos tiene una relación directa con la flora presente en las áreas circundantes donde el oleaje impacta. Esto no significa que los arribazones vegetales representen a la totalidad de las algas arrancadas, ya que son las diferentes propiedades físicas (densidad y flotabilidad, resistencia a la degradabilidad, etc.) de cada una de las especies presentes las que determinarán que algunas no deriven con y como el resto o que simplemente acaben descomponiéndose.

En la **zona norte**, que queda restringida solamente a la Playa de Las Canteras, se observa como los arribazones vegetales retirados presentan una diversa y variada composición taxonómica a lo largo del año (Figura 2) debido a la gran riqueza de biotopos marinos presentes entorno a la playa en la Bahía del Confital (Varios Autores, 2003) (Foto 1).



Foto 1
Zona de La Puntilla en Playa de Las Canteras donde puede apreciarse la variedad de sustratos presentes en este litoral, que terminan conformando variados biotopos marinos.

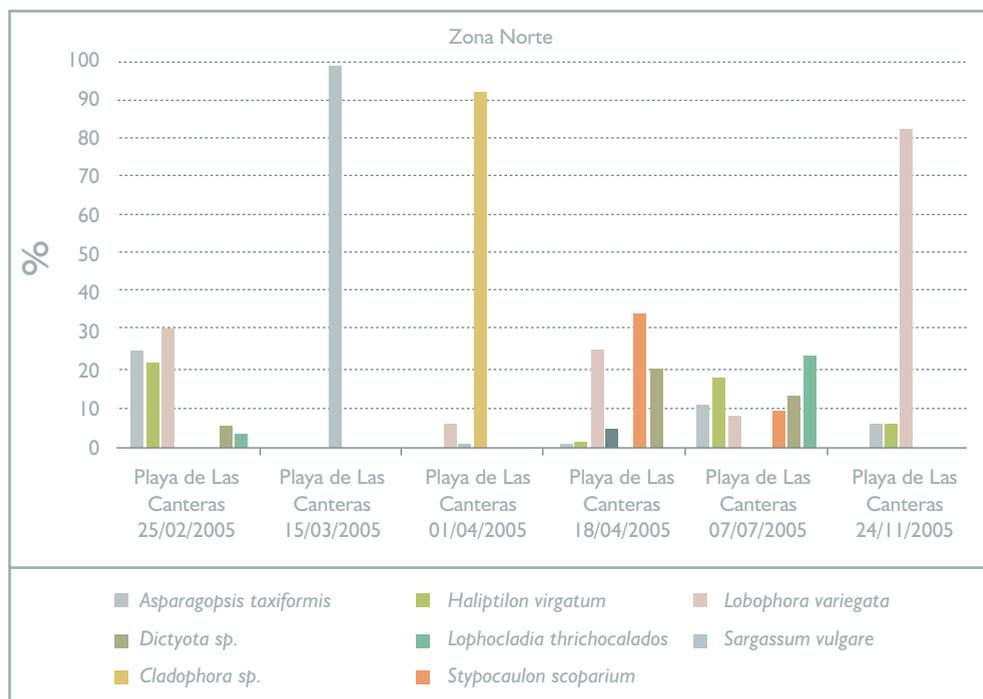
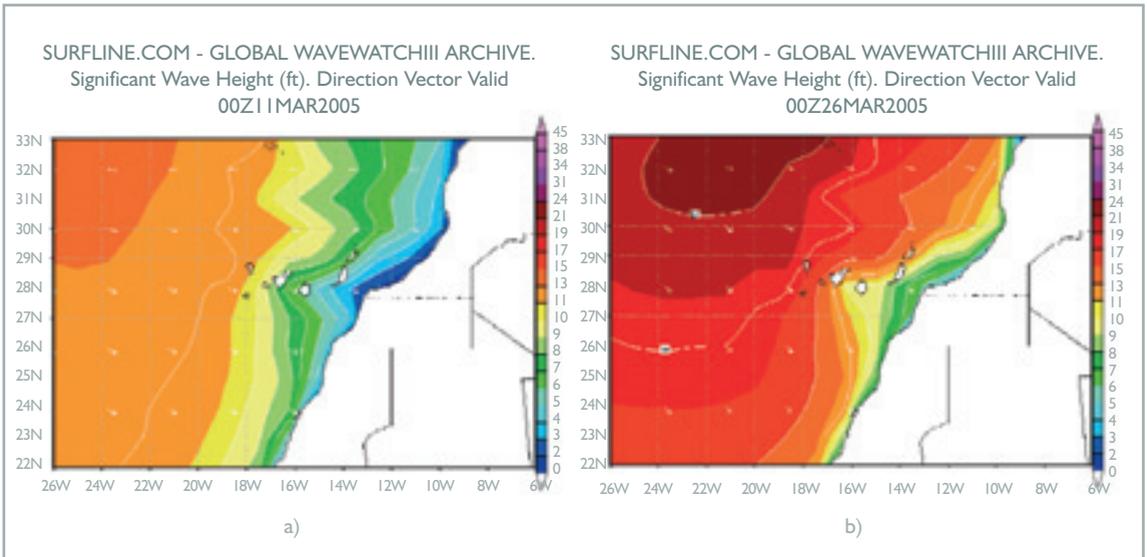


Figura 2

Porcentaje de la composición taxonómica de especies de macroalgas en los arribazones vegetales retirados en la zona norte (Playa de Las Canteras) de la isla de Gran Canaria. Sólo se indican las especies con un porcentaje mayor al 2%.

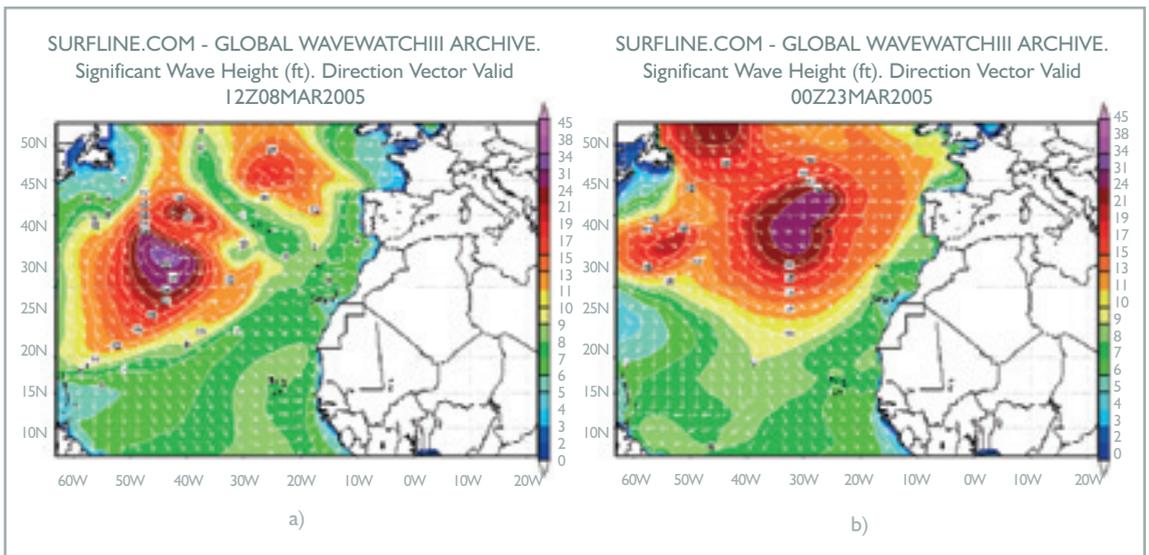
Además hay que tener en cuenta las posibles variaciones estacionales que se pueden producir en las distintas comunidades vegetales dominantes, así como las diferentes direcciones y magnitudes de los oleajes causantes de dichos arribazones. Por tanto los oleajes responsables impactaron en zonas y cotas muy distintas determinando en muchos casos dicha variabilidad en la composición taxonómica de las respectivas arribadas.

Existieron dos arribazones con un marcado carácter monoespecífico, el acontecido el 15 de marzo de 2005 con *Sargassum vulgare* (>99%) y el 1 de abril de 2005 con *Cladophora sp.* (>93%), tras sufrir ambos el azote de fuertes periodos de oleajes de marcada componente oeste los días 10 y 11 de marzo de 2005 y los días 25 y 26 de marzo de 2005 respectivamente (Mapa 2). Estos grandes mares de fondo provinieron de las profundas borrascas que se originan a finales del invierno en la costa sureste norteamericana y se desplazan con dirección a Canarias (Mapa 3). La especial capacidad de flotación de las especies anteriormente citadas, podría ser la causa de su separación y dispersión de las arrancadas en el mismo evento y del mismo biotopo.



Mapa 2

Mapas de predicción de olas (altura significativa en pies y dirección) del modelo WAVEWATCHIII del mar de fondo del WNW a su llegada a las islas. a) Campo de olas previsto para el día 11 de marzo de 2005 a las 00 UTC. b) Campo de olas previsto para el día 26 de marzo de 2005 a las 00 UTC.



Mapa 3

Mapas de predicción de olas (altura significativa en pies y dirección) del modelo WAVEWATCHIII de la zona de generación del oleaje causante de los arribazones de *Sargassum vulgare* el 15 de marzo de 2005 y de *Cladophora sp.* el 1 de abril de 2005. a) Campo de olas previsto para el día 8 de marzo de 2005 a las 12 UTC. b) Campo de olas previsto para el día 23 de marzo de 2005 a las 00 UTC.



Foto 2

Arribazón de *Lobophora variegata* en Playa de Las Canteras el 24 de noviembre de 2005.

En el resto de arribazones vegetales retirados destaca significativamente el alga parda *Lobophora variegata*, especie abundante en muchos de los biotopos marinos de las áreas circundantes, acaparando de esta forma los mayores porcentajes, con un 32% el 25 de febrero de 2005, un 26% el 19 de abril de 2005, un 6.5% el 7 de julio de 2005 y hasta un 82% el 24 de noviembre de 2005 (Foto2).

En la **zona este-sureste** aparece el alga parda *Cystoseira abies marina* como especie prácticamente única en todos los arribazones vegetales retirados, para cada una de las playas y periodo de estudio analizado (Figura 3).

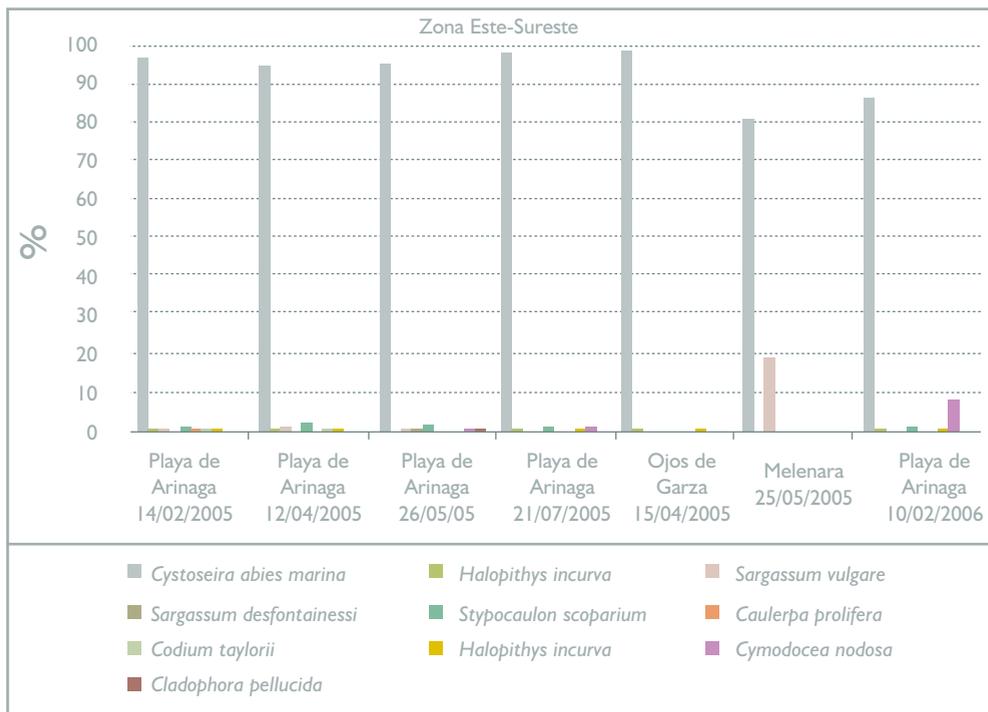


Figura 3

Porcentaje de la composición taxonómica de algas y plantas marinas en los arribazones vegetales retirados en la zona este-sureste de la isla de Gran Canaria.

Este alga parda es la especie dominante de toda esta zona desde el comienzo del sublitoral hasta los 8-10 m de profundidad, pudiendo representar, al igual que en los arribazones vegetales retirados, el 90% de la biomasa vegetal presente en dichos biotopos (Foto 3).

Por todo ello, el resto de especies presentes en estos arribazones no representa más de un 6% del porcentaje total, motivo por el que calificamos a los mismos como monoespecíficos de *Cystoseira* (>94%). Tan solo en Playa de Melenara, el 25 de mayo de 2005, y en Playa de Arinaga, el 10 de febrero de 2006, los porcentajes de *Cystoseira* fueron algo menores, del 80.5% y 86% respectivamente. En estas arribadas destacó el alga parda *Sargassum vulgare* con un porcentaje del 19% en Playa de Melenara y la fanerógama marina *Cymodocea nodosa* con un 8% en Playa de Arinaga (Foto 4).

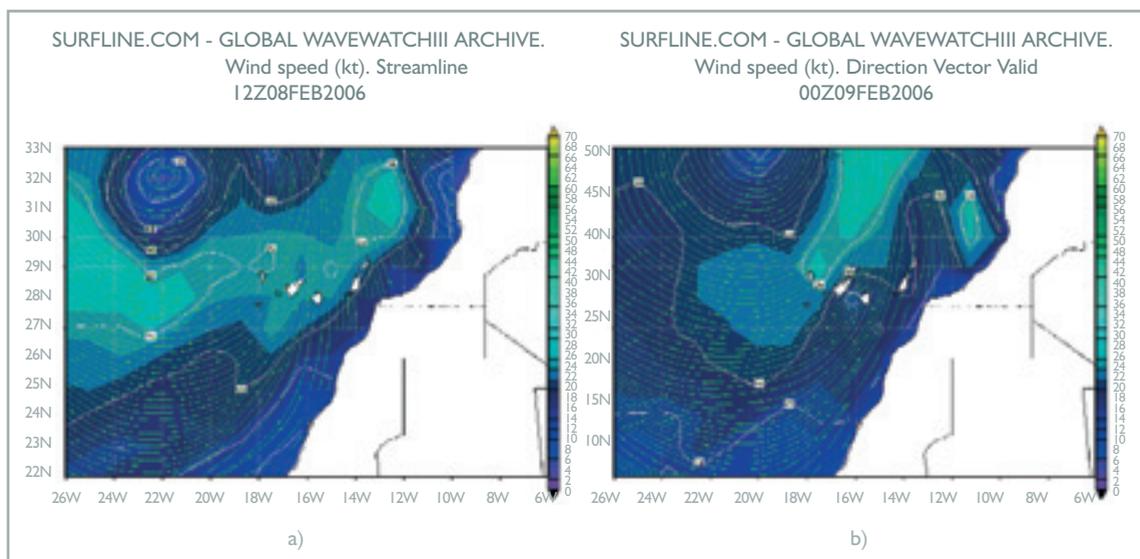
El tipo de oleaje responsable de este último arribazón provino de un potente temporal, que se centró en las islas el 8 y 9 de febrero de 2006 (Mapa 4) y desarrolló un fuerte mar de viento del sur en esta zona de la isla (Mapa 5), afectando a la franja de la bahía más resguardada del oleaje habitual del N-NE y donde se asienta uno de los *sebadales* más importantes de este sector, el de la Bahía de Arinaga (Espino et al., 2003).



Foto 3
Comunidad dominante de *Cystoseira abies marina* en la zona de Melenara.

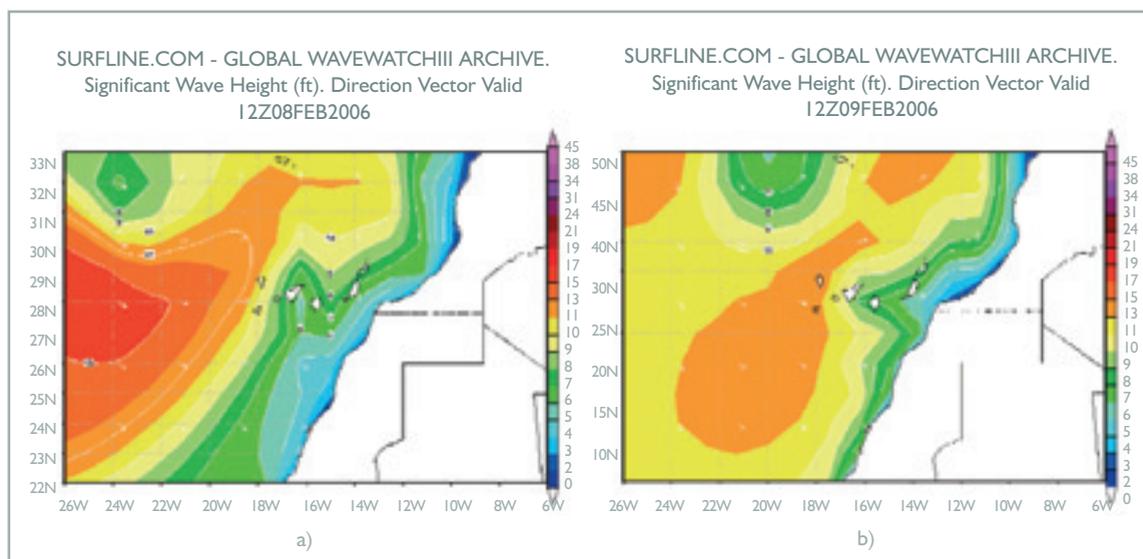


Foto 4
Arribazón en Playa de Arinaga el 10 de febrero de 2006 donde se puede observar los rizomas y raíces de *Cymodocea nodosa* junto con el alga parda *Cystoseira abies marina*.



Mapa 4

Mapas de velocidad de viento en nudos y flujos de dirección prevista por el modelo atmosférico GFS. a) Campo de vientos previsto para el día 8 de febrero de 2006 a las 12 UTC. b) Campo de vientos previsto para el día 9 de febrero de 2006 a las 00 UTC.



Mapa 5

Mapas de predicción de olas (altura significativa en pies y dirección) del modelo WAVEWATCHIII en las islas. a) Campo de olas previsto para el día 8 de febrero de 2006 a las 12 UTC. b) Campo de olas previsto para el día 9 de febrero de 2006 a las 12 UTC.

En la **zona sursureste**, en concreto en el Castillo del Romeral, los arribazones vegetales retirados presentaron 4 especies predominantes y que fueron alternando su porcentaje a lo largo del año (Figura 4).

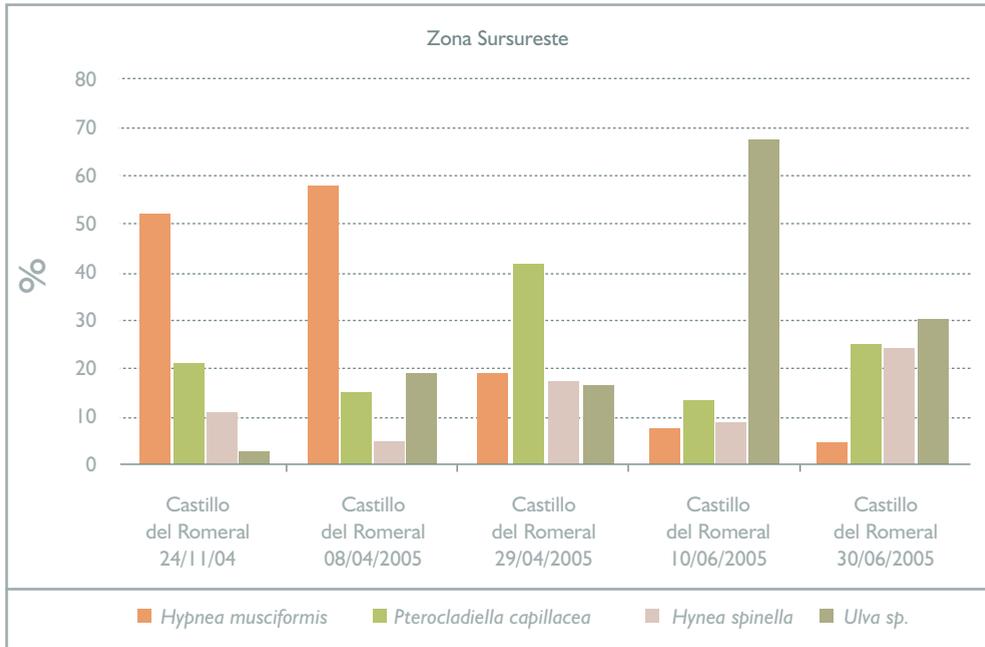


Figura 4

Porcentaje de la composición taxonómica de algas en los arribazones vegetales retirados en la zona sursureste (Castillo del Romeral) en la isla de Gran Canaria.

Entre los diferentes arribazones vegetales retirados se pudo observar como el porcentaje del 2.5% del alga verde *Ulva sp.* en otoño (24 de noviembre de 2005) fue aumentando considerablemente hasta la primavera, cuando justamente prolifera este alga, alcanzando su valor máximo de 67% el 10 de junio de 2005 y siendo con un 30% la especie predominante a principios de verano, el 30 de junio de 2005 (Fotos 5). Esto mismo sucedió a la inversa, pero con *Hypnea musciformis*, que pasó de ser mayoritaria tanto el 24 de noviembre de 2005 (52%) como el 8 de abril de 2005 (58%), para descender posteriormente en verano hasta representar sólo el 4%, en concreto el 30 de junio de 2005. Curiosamente, su homóloga *Hypnea spinella* alcanzaba su máximo porcentaje del 23% esa misma fecha y en cambio su menor proporción el 8 de abril de 2005 con un 4.7%. La última especie presente, *Pterocliadiella capillacea*, predominó en el arribazón retirado del 29 de abril de 2005 y el resto del año mantuvo siempre un porcentaje significativo y superior a un 13%.



a)



b)



c)



d)

Fotos 5

Arribazones en el Castillo del Romeral donde se puede observar el incremento de la especie de alga verde *Ulva* sp. en su composición en función de las épocas del año: a) el 24 de noviembre de 2004, b) el 8 de abril de 2005, c) 29 de abril de 2005 y d) el 10 de junio de 2005.

La **zona sur**, por otro lado, es la parte de la isla donde se asientan los *sebadales* más extensos de la isla entre los 5 m y 21 m de profundidad (Espino et al., 2003). Los arribazones de *sebas*, provenientes del azote del oleaje sobre estas praderas, presentaron una clara variación anual (Portillo, 2007b; Portillo, en preparación). En invierno, el oleaje proviene de potentes temporales que se desarrollan en las proximidades de las islas y generan fuertes vientos que azotan a esta zona provenientes del mar con componentes que varían de WSW hasta ESE (Bullón, F., 2003; Medina et al., 2007). El mar de viento que generan tiende a “sentir fondo” y a romper violentamente en un rango estrecho de baja profundidad, por lo que en la zona de rompiente y en las cotas anexas se suelen producir movimientos muy fuertes y turbulentos. Por esta razón este tipo de oleaje consigue arrancar las plantas de raíz (Preen et al., 1995; Fourqorean y Rutten, 2004; Balestri et al., 2006) y los arribazones resultantes suelen estar compuestos en su mayoría de la planta entera: raíces, rizomas y hojas.

Sin embargo, en verano, el oleaje causante de los arribazones de *sebas* proviene de mares de fondo formados en el Atlántico Sur. Este oleaje, tan filtrado por el largo trayecto que ha tenido que recorrer, si consigue finalmente alcanzar las costas canarias va a tener unas características muy diferentes al mar de viento de los temporales de invierno. Este oleaje contiene bajas alturas de olas en aguas profundas pero conserva largos periodos, por lo que consigue friccionar y sacudir ligeramente el fondo en un amplio rango de profundidades. De esta manera este mar de fondo consigue desprender de las praderas las

hojas muertas (de la muda) en zonas profundas, donde el mar de viento de tormentas apenas consigue interaccionar (Portillo, E., 2007a; Portillo, en preparación). Aunque este tipo de oleaje puede duplicar su altura en aguas someras por el proceso de peralte (Foto 9), la profundidad de rompiente suele ser menor que un mar de viento con alturas de olas incluso mayores (Sierra y Lo Presti, 1998). Por esta razón no suele afectar de manera turbulenta en las áreas donde se asienta el *sebadal*, por lo que los arribazones que acontecen tras las llegadas de estos mares de fondo del sur se componen en su mayoría por las hojas muertas (de la muda) de *Cymodocea nodosa*.

Foto 9

Oleaje de más 2.2 m de altura rompiendo en la Playa de San Agustín en la mañana del 4 de mayo de 2005. La boya de agua profunda de Tenerife Sur registró ese día a las 9:00 una altura significativa de 1.1 m, periodo de pico de 15,4 s y dirección 212° (SSW).



Los arribazones vegetales retirados por el servicio de limpieza en estas playas (Playa del Cochino, Playa del Inglés y Maspalomas) tuvieron por tanto una marcada composición monoespecífica durante todo el año (>80%) de esta fanerógama marina proveniente de estos *sebadales* (Figura 5). El resto de especies las conformaban las típicas algas que cohabitan estos *sebadales* (*Caulerpa racemosa*, *Caulerpa prolifera*, *Sporochnus pedunculatus*, etc.) o de los sustratos rocosos de las áreas circundantes (*Halopteris filicina*, *Liagora sp.*, *Halopithys incurva*, *Haliptilon virgatum*, *Jania rubens*, etc.).

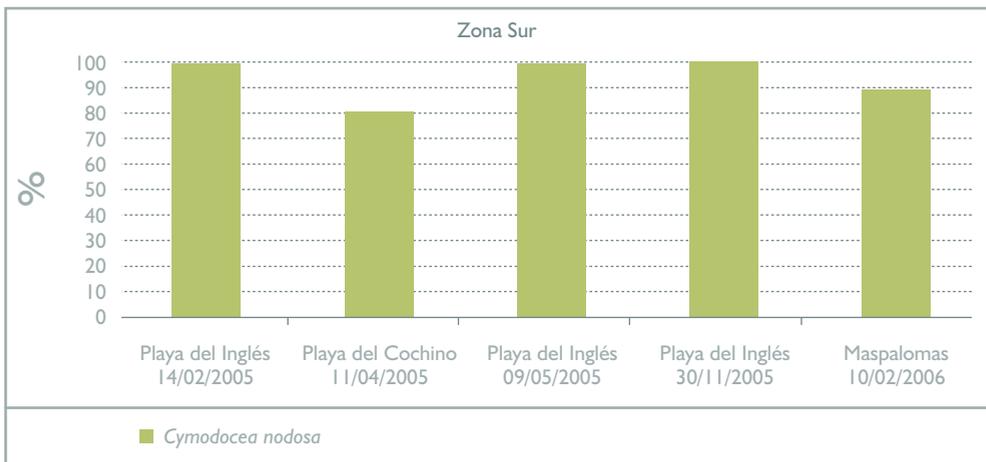
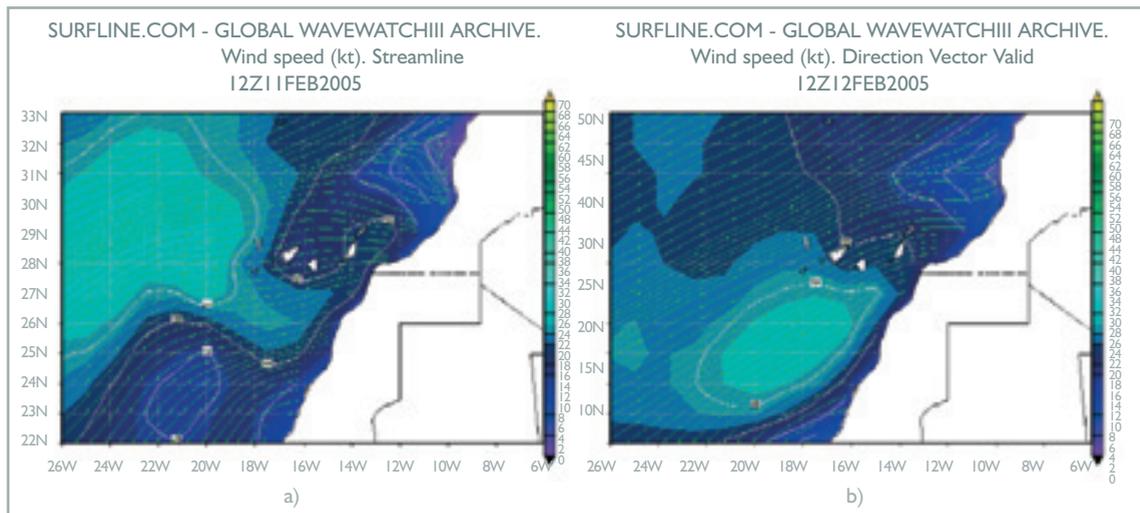


Figura 5

Porcentaje de *Cymodocea nodosa* en la composición taxonómica de los arribazones vegetales retirados de la zona sur de la isla de Gran Canaria.

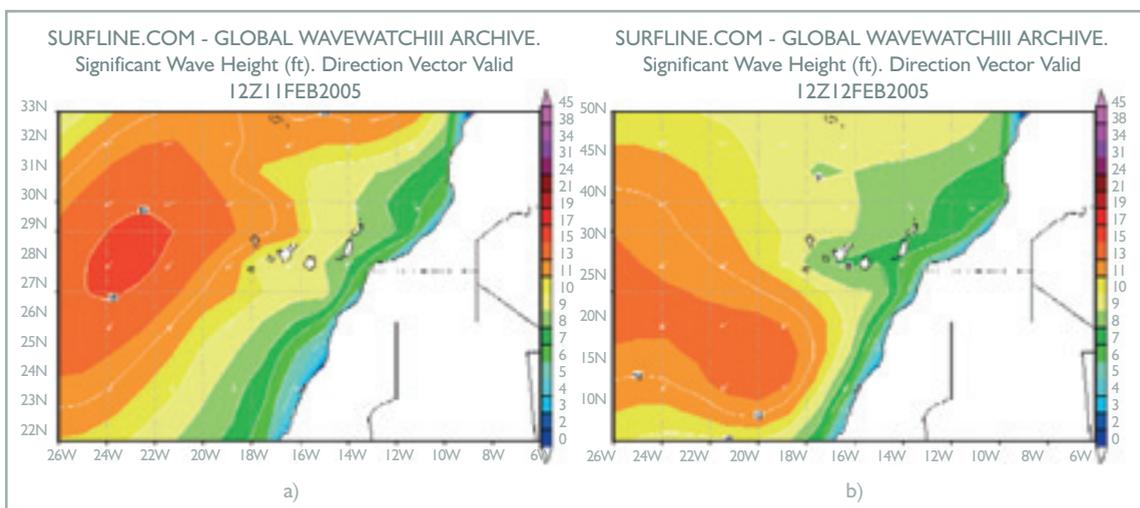
La variación anual en la composición de las *sebas* (arribazones de hoja muerta de muda o arribazones de planta entera: raíz, rizoma y hoja), anteriormente expuesta, se pudo correlacionar con el estudio de los diferentes arribazones causados por estos dos tipos de oleajes (Figura 6).

En invierno, tras los fuertes temporales del 11 y 12 de febrero de 2005 (Mapa 6 y 7) o el del 8-9 de febrero de 2006 (el mismo que afectó al *sebadal* de la Bahía de Arinaga) (Mapa 4 y 5), los arribazones resultantes consistieron en su totalidad (>98%) de la hoja viva de la planta de *Cymodocea* adherida a los rizomas y raíces (Fotos 6).



Mapa 6

Mapas de velocidad de viento en nudos y flujos de dirección prevista por el modelo atmosférico GFS. a) Campo de vientos previsto para el día 11 de febrero de 2005 a las 12 UTC. b) Campo de vientos previsto para el día 12 de febrero de 2005 a las 12 UTC.



Mapa 7

Mapas de predicción de olas en las islas (altura significativa en pies y dirección) del modelo WAVEWATCHIII. a) Campo de olas previsto para el día 11 de febrero de 2005 a las 12 UTC. b) Campo de olas previsto para el día 12 de febrero de 2005 a las 12 UTC.



a)



b)

Fotos 6

Procesado en las instalaciones del ITC en Pozo Izquierdo de un arribazón de sebas de Maspalomas tras el temporal del 8-9 de febrero de 2006, donde puede observarse la planta entera (raíces, rizomas y hojas), así como un mayor porcentaje de raíces y rizomas que hojas. a) Tanque de lavado. b) Secaderos.

Los servicios de limpieza de playas retiraron los días posteriores (14 de febrero de 2005 y 10 de febrero de 2006) las cantidades de 400 y 200 kilos peso seco (kg PS) de arribazón de sebas respectivamente (Figura 6), de los que prácticamente el 90% se correspondieron con rizomas y raíces.

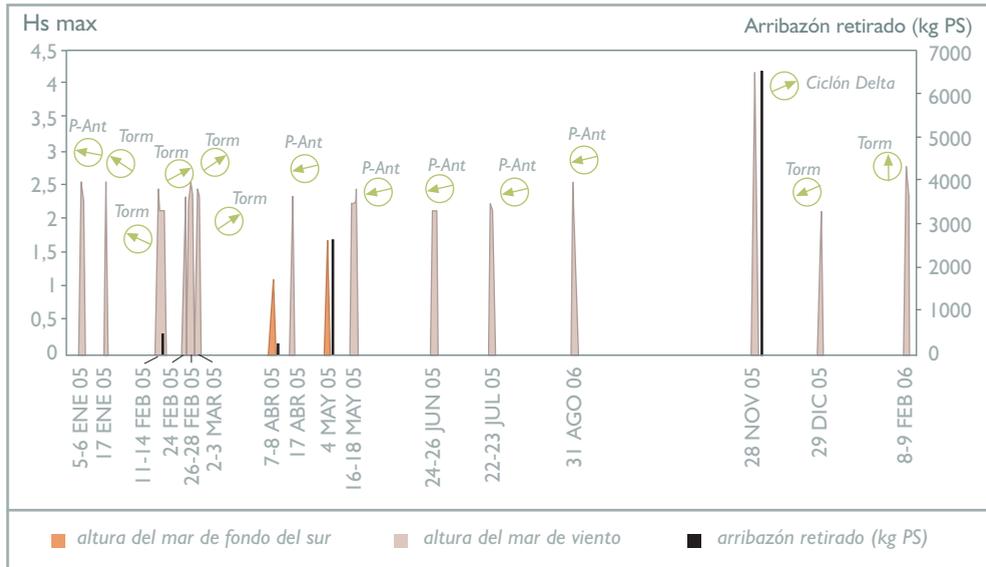
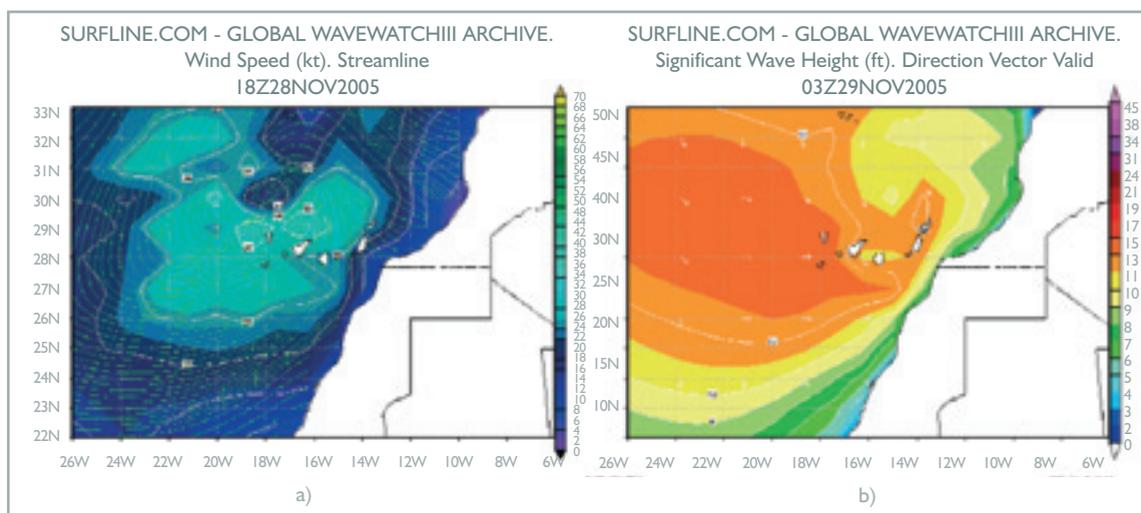


Figura 6

Cantidad de arribazón de sebas retirado por los servicios de limpieza en la zona sur de la isla de Gran Canaria (kilos de peso seco tras previo desarenado) y máxima altura de ola significativa registrada durante el día por la boya Tenerife Sur (Hs max) respecto al tiempo (eje x). En esta gráfica tan sólo se representaron las alturas de mar de viento mayores a 1,9 m y de mar de fondo del sur mayores a 1 m pero este último con periodos de pico superiores a 15 s. Se representa la procedencia del mar de viento (P-Ant: Potentes Anticiclones y Torm: Tormentas) y su dirección.

En la Figura 6 se puede observar como estos acúmulos de *sebas* aparecen siempre tras el paso de un temporal que haya logrado desarrollar un mar de viento con altura de olas mayores a 2.2 m (Hs max de 2.2 m el 12 de febrero de 2005 y 2.5 m el 8 de febrero de 2006), pero también hay que destacar que otros temporales de características similares e incluso con alturas de olas mayores, al igual que potentes anticiclones, no ocasionaron estas arribadas. Posiblemente, muchos de estos eventos pudieron afectar y arrancar plantas marinas de los *sebadales* de la zona, pero puede que las condiciones oceanográficas posteriores no favorecieran su arribada a las playas circundantes, o que simplemente la constatación de los eventos previstos a escala global difirieron finalmente de las condiciones locales reales.

Como fenómeno extraordinario cabe mencionar el paso del ciclón Delta por las Islas Canarias el 28 y 29 de noviembre de 2005, que causó en las islas cuantiosos daños materiales y personales, y que además afectó en gran medida al *sebadal* de Playa del Inglés y Maspalomas como consecuencia del mar de viento que generó. Al no existir valores reales de altura de olas para ese día, ya que la boya de *Tenerife Sur* dejó de estar operativa, se representó la altura de ola de 4 m estimada por el modelo WAM en el punto más cercano. Este modelo incorpora los campos de viento generados por el modelo HIRLAM (también operado por la Agencia Estatal de Meteorología) de predicción de viento superficial, quién estimó para el ciclón Delta velocidades de viento superficial de 20-30 nudos. Estas velocidades de viento y de altura de oleaje fueron muy similares a los también estimados por el modelo atmosférico GFS y de oleaje WAVEWATCHIII (Mapa 8). Estos parámetros de viento procedentes del modelo numérico fueron mucho menores que los datos reales de hasta 60 nudos de media registrados en mucho de los anemómetros tanto de la Agencia Estatal de Meteorología como de otras Instituciones y entidades particulares, por lo que las altas alturas de olas de 4 m que se predijeron para ese día fueron con toda probabilidad subestimadas.



Mapa 8

Mapas de predicción de viento y olas del ciclón Delta. a) Campo de vientos en nudos y flujos de dirección previstos por el modelo atmosférico GFS para el día 28 de noviembre de 2005 a las 18 UTC. b) Campo de olas (altura significativa en pies y dirección) previsto por el modelo WAVEWATCHIII para el día 29 de noviembre de 2005 a las 03 UTC.

Tras su paso se retiró en la punta de Playa del Inglés la mayor cantidad de arribazón de *sebas* consistente en plantas enteras para el periodo de estudio, que tuvo como resultado 6.400 kg PS y cuya retirada requirió de la asistencia de más de 17 camiones del servicio de limpieza (Foto 7). Basándonos en la densidad media de 1.100 haces/m² descritos para estos *sebadales* (Espino et al., 2003) y en el cálculo de la relación del peso seco del material retirado por número de haces (1 kg PS/2.175 haces), se estimó que el ciclón Delta pudo arrancar una pradera equivalente a 1.26 ha, lo que supone un 5% del tamaño de la población descrita para el *sebadal* de Playa del Inglés. Seguramente, la superficie real afectada fue muy superior, ya que el arribazón de *sebas* retirado, como hemos descrito anteriormente, representa solamente a una parte de las plantas arrancadas.

Por otro lado, en primavera-verano, tras los fuertes mares de fondo del sur, se pudo corroborar que los arribazones de *sebas* posteriores a estos eventos se componían en su mayor parte por las hojas muertas (de la muda). Como ejemplo citamos los oleajes del 7 y 8 de abril de 2005 con alturas máximas registradas de 1 m y el del 4 de mayo de 2005 con 1.5 m (Figura 6). Ambos eventos produjeron los días posteriores sendos arribazones de hojas muertas (de la muda) de *Cymodocea nodosa*, el 11 de abril de 2005 en Playa del Cochino (Foto 8) y el 9 de mayo de 2005 en Playa del Inglés (Foto 9).

La cantidad de arribazón retirado fue de 200 y 2.400 kg PS para los días 11 de abril y 9 de mayo de 2005 respectivamente, por lo que estuvo en clara relación con la magnitud del oleaje incidente generado por sendas borrascas del Atlántico Sur, las cuales desarrollaron extensos campos de olas de hasta 9 m con dirección a las islas (Mapa 9).

Por tanto se refrendó nuevamente la relación existente entre los arribazones con eventos de oleajes significativos como condición *sine qua non*, así como la variación anual en la composición de las *sebas* (en primavera-verano con arribazones de hoja muerta de los procesos de muda y en invierno con arribazones de planta entera: raíz, rizoma y hoja). Para una mejor predictibilidad de estas arribadas se requerirá en el futuro de su corroboración y contraste con registros de oleaje y tensión *in situ*, así como de la aplicación de modelos de predicción de alta resolución para Canarias.



Foto 7
Arribazón retirado de plantas enteras (raíces, rizomas y hojas) de *Cymodocea nodosa* en Playa del Inglés el 30 de noviembre de 2005 tras el paso del ciclón Delta.



Foto 8
Arribazón de hojas muertas (de la muda) de *Cymodocea nodosa* en Playa del Cochino el 11 de abril de 2005.



Foto 9

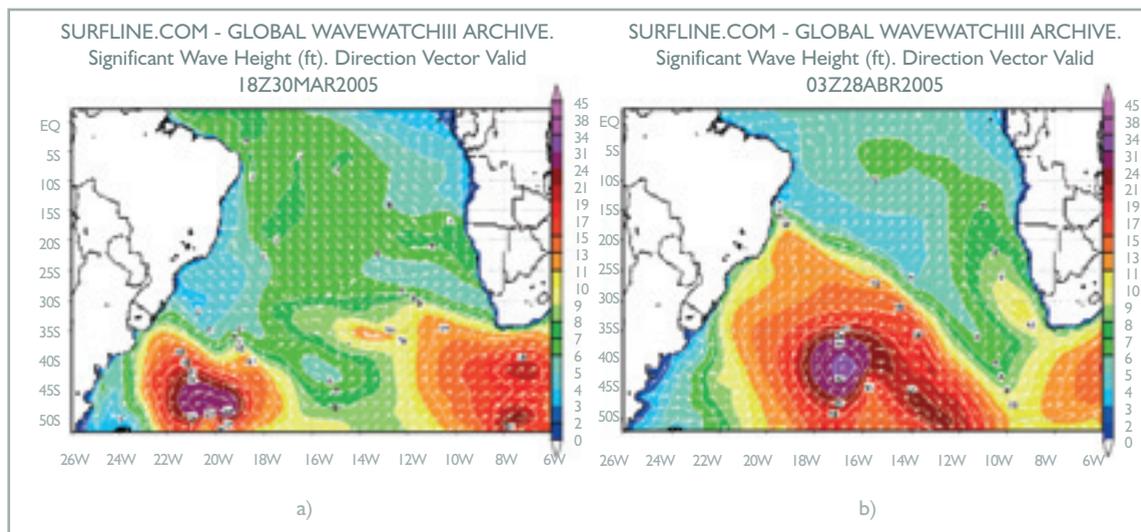
Arribazón retirado de hojas muertas (de la muda) de *Cymodocea nodosa* en Playa del Inglés el 9 de mayo de 2005.



Foto 10

Alta densidad y diversidad de fauna asociada a los arribazones observada en los procesos de lavado del material.

Finalmente, conviene tener muy en cuenta, que a pesar que en este trabajo no se incluyó el estudio de la fauna asociada a estos acúmulos de algas y plantas marinas, existe una alta e importantísima densidad y diversidad de invertebrados (anfípodos, isópodos, nemátodos, etc.) (Foto 10) y que el estudio de la misma ayudaría a un mayor conocimiento y comprensión del alto valor ecológico de este fenómeno natural.



Mapa 9

Mapas de predicción de olas (altura significativa en pies y dirección) del modelo WAVEWATCHIII. a) Campo de olas previsto para el día 30 de marzo de 2005 a las 21 UTC. b) Campo de olas previsto para el día 28 de abril de 2005 a las 06 UTC.

5.5. CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS DEL MATERIAL RETIRADO

Al objeto de poder reutilizar el material biológico de los arribazones vegetales retirados, se hizo preciso el estudio de su caracterización físico-química (contenido en arena y piedras, humedad, salinidad, biomasa y otros residuos) que fue muy variable dependiendo del tipo de arribazón, de las características y dinámicas de las playas, de los sistemas de retirada, etc.

De estos parámetros, el contenido en arena del arribazón vegetal retirado fue el factor más relevante y a tener en cuenta por las elevadas sumas encontradas. Estos altos porcentajes de arena suponen, con las actuales tecnologías de procesado, la inviabilidad de cualquier planteamiento de reutilización a nivel industrial del material biológico presente.

Asimismo fue necesario el cálculo del contenido en sales solubles que contiene la fracción algal, ya que las altas salinidades podrían suponer un serio problema en los suelos de las Islas Canarias si se utilizara dicho material como materia prima para fertilizantes, compost o enmienda orgánica. Este contenido en sales solubles se correlaciona con las relaciones peso seco y peso fresco (ps/pf) de las algas retiradas. Los valores bajos de la relación ps/pf suelen indicar un alto contenido interno del alga en agua y esto conlleva, tras el proceso de secado, que exista un mayor contenido en sales solubles.

El contenido en peso seco del material vegetal presente también se consideró como un factor a tener en cuenta dado el carácter tan puntual y masivo de este fenómeno natural. La única posibilidad de su aprovechamiento pasa por el almacenamiento del material biológico, por lo que se hace indispensable su previo secado que permita una óptima conservación posterior.

El contenido en otros residuos (plásticos, maderas, restos de ropa, etc.) fue siempre < 1% por lo que no fue contemplado en las tablas de caracterización físico-química de las diferentes zonas.

Al igual que en la composición taxonómica, las cuatro zonas de estudio se comportaron de manera diferenciada, tal y como describimos a continuación:

ZONA NORTE (PLAYA DE LAS CANTERAS)

En la zona norte, al igual que tuvimos una gran variabilidad en la composición taxonómica de los arribazones vegetales retirados, se observó una gran fluctuación en los contenidos de arena de los mismos (Tabla 3). Se obtuvieron valores muy altos de arena los días 1 de abril de 2005 y 18 de abril de 2005 con un 75% y 63% respectivamente, que descartaban cualquier posibilidad de reutilización del material biológico presente. En el resto de arribazones se tenían valores del 5% y 4%, que daban la posibilidad de su posterior aprovechamiento incluso sin ningún tipo de tratamiento, u otros con un 38% y 26% que sí que hubieran requerido de un procesado de desarenado previo.

Como se utilizó el mismo sistema de limpieza de playa en todas las retiradas llevadas a cabo, la variabilidad en los contenidos en arena se podría achacar a los diferentes estados de marea a la hora de su retirada y a la gran variabilidad en la composición taxonómica de los arribazones vegetales, con especies que presentan diferentes capacidades para adherirse a la arena. Este es el caso del arribazón vegetal con mayor contenido en arena, que se correspondió con el arribazón monoespecífico del alga *Cladophora* sp.. La estructura morfológica de esta alga, al formar una especie de césped en su hábitat de crecimiento, favorece la incrustación de la arena cuando es depositada por la marea en la orilla de la playa tras ser arrancada por el oleaje. Estos contenidos en arena fueron posiblemente mayores por la dificultad que presentó su eliminación en los sistemas de lavado, ya que gran parte de la arena permaneció prácticamente adherida a su estructura interna.

%	Playa de Las Canteras 25/02/2005	Playa de Las Canteras 15/03/05	Playa de Las Canteras 01/04/05	Playa de Las Canteras 18/04/05	Playa de Las Canteras 07/07/08	Playa de Las Canteras 24/11/05
Algas secas	22	14	5	7	37	20
Humedad	73	60	20	28	25	75
Arena	5	26	75	63	38	4
Piedras	0	0	0	2	0	1
TOTAL	100	100	100	100	100	100

Tabla 3

Porcentaje de algas secas, arena, humedad y piedras en los diferentes arribazones vegetales retirados con el mismo sistema de limpieza en la Playa de las Canteras en la isla de Gran Canaria.

Estas grandes fluctuaciones de arena, junto con la variabilidad taxonómica, determinaron los diferentes contenidos en algas secas de los diferentes arribazones estudiados. En las muestras de menor contenido en arena se presentaron los mayores contenidos en algas secas, así como en humedad y es que éste último depende tanto del contenido en algas y arena, como del alcance de la marea en el momento de su retirada.

En cuanto a la salinidad propia del material algal cabe destacar también su variabilidad por la diversidad taxonómica intrínseca de estos arribazones, obteniéndose valores del 28%, 32%, 30%, 20%, y 18.70% respectivamente.

ZONA ESTE-SURESTE (PLAYA MELENARA - POZO IZQUIERDO)

En la zona este-sureste se obtuvieron diferentes contenidos en arena (Tabla 4), que dependieron de la playa, del sistema y de la zona de retirada. Los arribazones vegetales retirados en esta área, a excepción del de Playa de Arinaga del 12 de abril de 2005, presentaron altos contenidos en arena (>46%), circunstancia que hubiera imposibilitado cualquier plan de aprovechamiento de la *Cystoseira* presente.

%	Playa de Arinaga 14/02/05	Playa de Arinaga 12/04/05	Ojos de Garza 15/04/05	Melenara 26/05/05	Playa de Arinaga 26/06/05	Playa de Arinaga 21/07/06	Playa de Arinaga 10/02/06
Algas secas	9	17	1	7	10	7	6
Humedad	40	69	10	33	44	45	37
Arena	51	8	89	60	46	47	54
Piedras	0	6	0	0	0	1	3
TOTAL	100	100	100	100	100	100	100

Tabla 4

Porcentaje de algas secas, arena, humedad y piedras en los diferentes arribazones vegetales retirados en la zona este y sureste (Playa de Melenara – Pozo Izquierdo) de la isla de Gran Canaria.

Los contenidos de arena más altos los encontramos en los arribazones vegetales retirados en el Municipio de Telde, en la playa de Ojos de Garza el 15 de abril de 2005 con un 89%, donde el contenido en algas secas no llegó a superar el 1% y en Melenara con un 60% y con sólo un 7% de algas. Ambos arribazones fueron retirados por los servicios de limpieza de playas del Ayuntamiento de Telde y, en este sentido, cabe destacar que ambos arribazones, sobre todo el de Ojos de Garza, permanecieron varios días en la orilla de la playa y a merced de las mareas hasta que fueron retirados. La propia dinámica de la playa, el oleaje residual y las propias mareas favorecieron que gran parte de las algas arribadas fueran enterrándose con cada cambio de marea, dificultando de esta forma y en gran medida su posterior retirada (Foto 11).

Por otro lado encontramos también grandes variaciones en las cantidades de arena de los arribazones vegetales retirados en la Playa de Arinaga. Se obtuvieron contenidos altos en arena en todos ellos, que oscilaron entre el 46 y 54%, a excepción del arribazón vegetal retirado el 12 de abril de 2005 con tan sólo un 8% de arena. Este bajo porcentaje de arena fue debido a que la mayor parte del arribazón se depositó en las cotas más altas de la playa, concretamente en la zona supralitoral, donde se encuentra la mayor parte de la zona de cantos rodados o *callaos* (Foto 12).



Foto 11

Tractor del servicio de limpieza de playas del Ayuntamiento de Telde tratando de retirar parte del arribazón de algas enterrado en Ojos de Garza el 15 de abril de 2005.



Foto 12

Limpieza el 12 de abril de 2005 del arribazón vegetal depositado en la zona supralitoral de la Playa de Arinaga donde se encuentra gran parte del *callao*.

Estas grandes cantidades de arena, que se retira, puede estar afectando aún más a la propia dinámica sedimentaria de estas playas, muchas de las cuales con déficit de arena en las épocas de invierno (Ojos de Garza, Playa de Arinaga, Pozo Izquierdo, etc.) y con restricciones en los aportes de arena de las zonas de trasplayas, ya que éstas han sido sustituidas por la construcción de avenidas o edificaciones.

Al igual que en la zona norte, la humedad dependió del contenido en algas (en este caso de *Cystoseira*), así como del contenido en arena del mismo. Los porcentajes de humedad en ambas fracciones estuvieron en función del coeficiente de marea en el momento de su retirada, así como de la cota de la playa en donde se encontraban, que determinó el grado de desecación tanto de la arena como de las algas.

En cuanto a la salinidad del material biológico, al tratarse de arribazones prácticamente monoespecíficos de *Cystoseira abies marina* (>94%), los porcentajes se mantuvieron prácticamente similares a la salinidad propia del alga, un 32%. La excepción la encontramos en la Playa de Melenara, donde se

obtuvo un valor más bajo de salinidad del 23% y en donde también destacaba en su composición taxonómica con un 19% el alga parda *Sargassum vulgare*, la cuál presenta una salinidad más baja que *Cystoseira*.

ZONA SURSURESTE (CASTILLO DEL ROMERAL)

Los arribazones vegetales en esta zona de la isla tendieron a acumularse tanto en la playa de arena del muelle del Castillo del Romeral como sobretodo en la playita de arena y *callaos* de la cara norte del mismo (Fotos 13).



a)



b)

Fotos 13

Zonas de acúmulos de los arribazones vegetales en el Castillo del Romeral. a) Playa de arena que se forma en la zona sur del abrigo del muelle. b) Playita de arena y *callaos* que se encuentra justo en la cara norte del muelle.

Los arribazones estudiados fueron retirados de la playita de la cara norte del muelle y sobre todo de la zona de *callaos*, por lo que encontramos contenidos bajos en arena (< 22%) y por esta misma razón aparecen algunas piedras como parte de su composición (Tabla 5). En este caso, los arribazones vegetales retirados del Castillo del Romeral hubieran sido fácilmente aprovechables para cualquier plan de reutilización de las algas presentes.

%	Castillo del Romeral 24/11/2004	Castillo del Romeral 08/04/2005	Castillo del Romeral 29/04/2005	Castillo del Romeral 10/06/2005	Castillo del Romeral 30/06/2005
Algas secas	9	15	18	16	15
Humedad	76	72	71	61	75
Arena	13	10	8	22	6
Piedras	2	3	3	1	4
TOTAL	100	100	100	100	100

Tabla 5

Porcentaje de algas secas, arena, humedad y piedras en los diferentes arribazones vegetales retirados en la zona sur-sureste (Castillo del Romeral) de la isla de Gran Canaria.

La salinidad más baja correspondió al arribazón retirado del 29 de abril de 2005 con un 20%, que se correspondió con la predominancia del alga roja *Pterocladia capillacea*. Los valores más altos con un 37% y 34% los encontramos el 24 de noviembre de 2004 y el 8 de abril de 2005 respectivamente que fue cuando prevealecía el alga roja *Hypnea musciformis*. Cuando el alga verde *Ulva* sp. fue mayoritaria sobre las demás en los arribazones retirados de junio de 2005 la salinidad se correspondió al 31% y 28% respectivamente, valores más cercanos a su salinidad específica.

ZONA SUR (PLAYA DEL COCHINO - MASPALOMAS)

En la zona sur fue donde encontramos los contenidos de arena más altos, siendo superior al 80% en todos los arribazones vegetales retirados de sus playas y en donde la fracción del material vegetal presente correspondió siempre a valores menores al 4% (Tabla 6). La estimación de la cantidad de arribazón vegetal retirado para esta zona fue en torno a 16-52 t PF/año de sebas por lo que el cálculo del volumen total de arena que se pierde al año en las retiradas de estos arribazones de las playas del sur podría ser en torno a 80-260 t PS/año (que corresponderían en torno a 50-160 m³ de arena al año).

En el *Estudio integral de la Playa y Dunas de Maspalomas* (Medina et al., 2007) se cuantifican las pérdidas de arena del sistema de dunas de Maspalomas en una media de 44.000 m³ al año, por lo que en la actualidad las pérdidas de arena por retiradas de arribazones corresponden solamente a un 0.4% del total de esa pérdida de arena (valor próximo al ocasionado por una posible afluencia de 19 millones de usuarios al año). A tenor de las informaciones y testimonios orales sobre la posible disminución de hasta un 90% de estas arribadas en los últimos 20 años, la pérdida de arena por este tipo de gestión pudo ser en torno a 500-1.600 m³ al año, que representaría hasta el 4% de la pérdida anual de arena estimada del sistema de dunas de Maspalomas durante muchos años y además sin ninguna posibilidad de retorno. También hay que tener en cuenta que durante el estudio no se contabilizaron las pequeñas retiradas de restos de algas y demás desperdicios de la orilla (< 1 t PF) que fueron casi diarios, así como el retirado por la máquina cribadora de uso diario.

Aunque este tipo de gestión no produzca *a priori* elevadas pérdidas de arena respecto al total, si que podría estar afectando en la evolución del sistema de dunas de Maspalomas, ya que, además de destruir las antedunas tanto por las maniobras como por estas extracciones, se están eliminando las barreras naturales contra la erosión del oleaje que proporcionan todos los inviernos dichos arribazones o su posible interacción en la formación de protodunas y con las comunidades vegetales dunares (Roig y Martín Prieto, 2005).

En cuanto al contenido en piedra no se encontró presencia alguna de piedras, ya que en ambas playas y en las zonas donde arribaron los acúmulos de sebas, Playa del Inglés y Playa del Cochino, el sustrato era exclusivamente arenoso.

%	Playa del Inglés 12/02/2005	Playa del Cochino 11/04/2005	Playa del Inglés 26/05/2005	Playa del Inglés 30/11/2005	Playa del Inglés 26/05/2005
Algas secas	3	4	4	4	2
Humedad	11	12	16	16	10
Arena	86	84	80	80	88
Piedras	0	0	0	0	0
TOTAL	100	100	100	100	100

Tabla 6

Porcentaje de algas secas, arena, humedad y piedras en los diferentes arribazones vegetales retirados en la zona sur (Playa del Cochino - Maspalomas) de la isla de Gran Canaria.

Al igual que en la zona este-sureste los arribazones vegetales del sur fueron prácticamente mono-específicos en su totalidad, en este caso de sebas, por lo que la salinidad del material biológico presente se mantuvo prácticamente constante, con un 13.6%, 14.9%, 14%, 15.2% y 14.7% respectivamente. Estos valores representan contenidos mucho menores en sal que las macroalgas, ya que suelen tener un menor contenido en humedad y por tanto en sal.

5.6. VALORIZACIÓN BIOQUÍMICA DE LA BIOMASA VEGETAL

En este apartado se realizó una valoración bioquímica de los arribazones vegetales retirados con vistas a evaluar su posible uso comercial, valorándose su posible potencial como fertilizante o como enmienda orgánica, determinándose para ello la presencia también de metales pesados (Tabla 7 y 8). Cada muestra se procesó de diferentes maneras, con secuencias de tratamientos (secado y endulzado) alternas, con el fin de determinar la idoneidad de cada procesado.

Las muestras se representaron en las Tablas 7 y 8 con el siguiente código XX-000000-ABCD:

XX	iniciales de la playa	PLC	Playa de Las Canteras
00000	fecha (día/mes/años)	OG	Playa de Ojos de Garza
ABCD	secuencia de procesado	AR	Playa de Arinaga
D	desarenado	CR	Castillo del Romeral
S	secado	PC	Playa del Cochino
E	endulzado	PI	Playa del Inglés

	N, P, K			Micronutrientes			
	N (% ps)	P (% ps)	K (%ps)	Fe (% ps)	Mn (mg/kg ps)	Cu (mg/kg ps)	Zn (mg/kg ps)
CR-241104-DSES	5,23	0,18	0,75	0,48	149,17	17,00	73,69
CR-241104-DES	5,24	0,23	2,70	0,26	111,06	14,92	69,57
AR-140205-DES	2,39	0,05	2,36	0,06	12,43	5,65	52,62
AR-140205-DES	2,34	0,08	3,36	0,09	16,89	6,53	51,00
AR-140205-DSES	2,60	0,06	2,25	0,04	10,82	6,55	52,61
PI-140205-DES	1,78	0,12	2,55	0,10	27,26	3,84	26,31
PLC-250205-DES	1,57	0,08	0,11	0,56	193,32	22,15	53,55
PLC-250205-DSES	0,72	0,08	0,19	1,37	512,86	65,93	<6,64
PLC-150305-DSES	2,57	0,07	1,60	0,55	121,78	15,59	30,68
PLC-010405-DES	1,03	0,07	0,22	1,35	488,26	63,83	103,73
CR-080405-DES	3,33	0,15	1,17	0,68	241,50	57,29	68,94
CR-080405-DSES	4,26	0,12	0,53	0,41	178,24	23,33	66,92

Tabla 7

Contenido en los nutrientes principales, nitrógeno (N), fósforo (P) y potasio (K) como porcentaje de su peso seco (% ps) y micronutrientes, hierro (Fe), manganeso (Mn), cobre (Cu), zinc (Zn) como miligramos por kilo de materia seca (mg/kg ms) de los arribazones vegetales retirados.

	N, P, K			Micronutrientes			
	N (% ps)	P (% ps)	K (%ps)	Fe (% ps)	Mn (mg/kg ps)	Cu (mg/kg ps)	Zn (mg/kg ps)
PC-I10405-DS	1,48	0,08	0,58	0,72	209,24	16,25	52,80
PC-I10405-DSES	1,52	0,05	0,22	0,27	88,00	11,11	43,93
AR-I20405-DS	1,98	0,07	5,44	0,23	41,91	9,37	27,06
AR-I20405-DSES	2,24	0,04	2,02	0,10	23,85	5,47	43,56
OG-I50405-DS	1,93	0,06	2,01	0,42	73,80	11,17	62,89
OG-I50405-DSES	2,20	0,07	2,92	3,29	144,61	26,63	79,98
PLC-I80405-DES	1,30	0,09	1,25	0,84	275,33	29,41	70,86
PLC-I80405-DS	1,20	0,09	2,76	0,74	227,15	23,85	66,25
CR-290405-DES	3,92	0,17	1,66	0,31	132,85	13,48	80,28
CR-290405-DS	3,46	0,16	2,37	0,25	92,93	10,36	65,58
CR-290405-DSES	4,03	0,16	1,52	0,29	116,78	12,59	70,00

Tabla 7. Continuación.

	Metales pesados					
	Cd (mg/kg ps)	Cr (mg/kg ps)	Ni (mg/kg ps)	Pb (mg/kg ps)	Hg (mg/kg ps)	Humedad (%)
CR-241104-DSES	<0,20	8,80	14,92	15,28	<0,0078	8,16
CR-241104-DES	<0,21	<2,19	12,04	9,83	<0,0082	9,15
AR-140205-DSES	0,53	<2,23	7,07	<6,69	0,0098	11,35
AR-140205-DES	0,48	<2,18	7,70	<6,54	0,0104	9,57
AR-140205-DSES	0,51	<2,19	6,63	<6,57	0,0132	10,53
PI-140205-DES	<0,21	<2,20	<6,63	<6,59	0,0120	9,29
PLC-250205-DES	<0,19	7,07	22,04	10,83	<0,0075	3,51
PLC-250205-DSES	<0,19	15,18	44,02	16,53	0,0136	0,92
PLC-150305-DSES	0,54	5,77	11,68	<6,44	<0,0081	9,30
PLC-010405-DES	0,15	18,27	41,59	32,73	0,0146	1,43
CR-080405-DES	<0,19	8,33	30,77	7,99	<0,0077	5,81
CR-080405-DSES	<0,20	4,18	18,42	6,77	<0,0079	6,17

Tabla 8

Contenido en metales pesados, cadmio (Cd), cromo (Cr), níquel (Ni), plomo (Pb) y mercurio (Hg) como miligramos por kilo de materia seca (mg/kg ms) y contenido en humedad expresado en porcentaje en masa (%) de los arribazones vegetales retirados.

	Metales pesados					
	Cd (mg/kg ps)	Cr (mg/kg ps)	Ni (mg/kg ps)	Pb (mg/kg ps)	Hg (mg/kg ps)	Humedad (%)
PC-I10405-DS	<0,19	7,80	36,52	<6,13	<0,0077	4,47
PC-I10405-DSES	<0,20	<2,11	12,25	<6,34	0,0089	7,05
AR-I20405-DS	0,26	<2,14	14,43	<6,40	0,0152	7,53
AR-I20405-DSES	0,44	<2,18	8,23	<6,55	0,0137	8,79
OG-I50405-DS	0,20	3,44	27,45	<6,45	0,0113	7,74
OG-I50405-DSES	0,24	9,94	61,89	11,14	0,0107	7,43
PLC-I80405-DES	0,25	8,82	29,89	9,12	<0,0079	4,85
PLC-I80405-DS	0,24	7,61	24,96	7,53	<0,0078	4,98
CR-290405-DES	<0,20	4,56	14,22	<6,35	<0,0079	6,09
CR-290405-DS	<0,20	2,73	12,18	<6,38	<0,0080	7,16
CR-290405-DSES	<0,20	4,46	12,65	<6,47	<0,0081	7,47

Tabla 8. Continuación.

Las concentraciones de los nutrientes principales, nitrógeno, fósforo y potasio, así como de micronutrientes detectadas, nos indican la idoneidad del posible uso de estos arribazones como materia prima para fertilizantes, abonos orgánicos o enmiendas orgánicas.

En cuanto al proceso de deshidratación para una posterior conservación y almacenaje óptimo, los sistemas de secadero diseñados para tal fin (que aprovechaban el sol y viento de la zona) redujeron la humedad por debajo del contenido máximo permitido según la normativa española y europea en materia de productos fertilizantes (REAL DECRETO 824/2005).

También se pudo observar las pocas variaciones existentes entre las diferentes secuencias de procesado tanto en los nutrientes principales, en micronutrientes, metales pesados, como en el contenido en humedad. De esta manera la secuencia de procesado más idónea para una buena conservación del material para su uso como materia prima en las islas sería la de DES (desarenado, endulzado y secado) antes que el DS (desarenado y secado solamente). En la secuencia desarenado y secado, la alta salinidad del material almacenado (en sacos de fibra vegetal) absorbió con el tiempo parte de la humedad del ambiente superando en breves semanas los contenidos máximos de humedad permitidos. La secuencia DSES (desarenado, secado, endulzado y secado) también se descartó por la gran cantidad de lixiviados y pérdida de materia orgánica que se producían en los procesos de endulzado con respecto a DES y por su mayor complejidad técnica.

Los contenidos en metales pesados, cadmio, cromo, plomo y mercurio no superaron el límite máximo establecido por la normativa nacional y europea para productos fertilizantes. Sólo el caso del níquel, con un límite máximo de concentración de 25 miligramos por kilo de peso seco (mg/kg ps), fue superado en varias de las muestras pertenecientes a playas diferentes (Playa de Las Canteras, Castillo del Romeral, Playa del Cochino y Ojos de Garza). Curiosamente en estos arribazones vegetales se presentaban también los valores más altos del resto de metales pesados.

En dos de las muestras que excedieron este límite máximo, Playa de Las Canteras el 25 de febrero y el I de abril de 2005, se detectó alquitrán tanto en los procesos de tratamiento del material como en

los procesos de identificación taxonómica. Este alquitrán al proceder del petróleo contiene valores altos de níquel además de otros metales pesados como el cobre y el cromo, los cuales se verificaron también en estas muestras. En el arribazón retirado del 25 de febrero de 2005 se analizaron dos muestras de la misma arribada pero con diferentes secuencias de tratamiento y en una de ellas, aunque no se superó el límite máximo, si se detectó también un valor alto, de 22.05 mg/kg ps, muy cercano al límite.

En los arribazones vegetales retirados tanto de Ojos de Garza, Playa del Cochino y Castillo del Romeral, los cuales superaron también los límites máximos permitidos de níquel, no se detectó la presencia de alquitrán, que pudieran justificar dichos valores tan altos y se encontró además contenidos altos de plomo y cromo con respecto al resto de arribazones. En Ojos de Garza, Playa del Cochino y Castillo del Romeral, así como en la mayoría de las playas de la isla, existen tanto vertidos controlados como incontrolados de aguas residuales, de rechazo de desaladoras, procedentes de piscifactorías, de refrigeración de la central térmica, etc., que podrían ser los causantes de esos contenidos altos en dichos metales pesados.

En cuanto a los nutrientes secundarios, como potasio, calcio, magnesio y sodio, el Instituto Canario de Investigaciones Agrarias realizó una analítica de nuevos arribazones vegetales retirados (Tabla 9), cuyas muestras estuvieron almacenadas durante un año en sacos de fibra vegetal. Los resultados volvieron a reflejar nuevamente la potencialidad de su aplicabilidad en productos fertilizantes, abonos y enmiendas orgánicas, así como su capacidad de conservación en condiciones óptimas para dichos usos tras su endulzado y secado posterior. También se pudo comprobar los altos contenidos en potasio, calcio, magnesio y sodio respecto a otros vegetales terrestres (lechuga, escarola, espinaca, etc.).

	CR-300605-DES	PI-301105-DES	AR-210705-DES	PLC-070705-DES	PLC-241105-DES
Humedad (%)	13,02	14,08	13,51	3,95	10,28
Peso seco (%)	86,98	85,91	86,48	96,05	89,72
pH E-1:5	6,75		6,57	7,98	6,91
pH E-1:10		7,14			
P (% ps)	0,17	0,10	0,05	0,15	0,15
K (% ps)	1,85	4,73	0,28	1,29	3,80
Ca (% ps)	2,05	0,75	2,56	16,69	5,14
Mg (% ps)	1,38	1,11	0,98	1,95	1,09
Na (% ps)	2,76	3,96	3,34	0,68	1,52
C (oxidación)	35,78	38,19	34,97	12,74	35,38
MO (calcinación)	75,46	75,86	76,76	27,75	65,10
ceniza %	24,53	24,13	23,24	72,25	34,90
N %	2,90	1,01	1,63	0,80	1,33
N-NH4 ppm	99,84	0,64	1,82	1,87	10,09
N-NO3 ppm	25,86	13,40	4,44	8,18	9,00

Tabla 9

Analítica realizada por el Instituto Canario de Investigaciones Agrarias de muestras almacenadas durante un año donde se incluyen los nutrientes secundarios, potasio (K), calcio (Ca), magnesio (Mg) y sodio (Na) como porcentaje de su peso seco (% ps) de los arribazones vegetales retirados.

5.7. SISTEMAS DE GESTIÓN DE RETIRADA DE LOS ARRIBAZONES VEGETALES

Los sistemas de gestión, retirada y transporte de los arribazones vegetales que aparecen en las playas son muy diversos dependiendo del municipio en cuestión y de la playa a limpiar, y son llevados a cabo por los distintos ayuntamientos, bien con medios propios o mediante contratistas privadas.

Estos sistemas de gestión de los arribazones fueron diferentes según los municipios presentes en las zonas de estudios, tal y como describimos a continuación:

MUNICIPIO DE LAS PALMAS DE GRAN CANARIA. PLAYA DE LAS CANTERAS

El sistema de limpieza de arribazones vegetales se basa en una recogida manual con rastrillos y cepillos por cuadrillas de personal del servicio de limpieza de playas en las primeras horas de la mañana (Fotos 14). Cuando las mareas bajas coinciden con las primeras horas de la mañana, la retirada de los arribazones suele ser más fácil ya que las algas quedan depositadas en la arena de la orilla, mientras que en marea alta quedan suspendidas nuevamente en el mar dificultando la tarea de retirada.



Fotos 14

Recogida manual del arribazón vegetal en Playa de Las Canteras con rastrillos y cepillos.

Tras el rastrillado se acumulan en hileras y montones (Fotos 15) que posteriormente se introducen en capazos y cestas para llevarlos hasta la pala del tractor (Fotos 16).



Fotos 15

Acumulación de las algas en hileras y montones en la orilla de la playa.



Fotos 16

Transporte del arribazón vegetal en capazos y cestas hasta la pala del tractor.

Este sistema se va repitiendo secuencialmente por tramos a lo largo de toda la playa (Fotos 17).



Fotos 17

Limpieza de la playa por tramos.

La pala del tractor se descarga en un camión conforme se va llenando y el tractor suele también servir de apoyo para las zonas de mayores acúmulos en donde puede actuar directamente (Foto 18).

El camión transporta finalmente el arribazón vegetal hasta el Complejo Medioambiental del Salto del Negro junto con el resto de residuos urbanos retirados de la playa que son depositados en bolsas independientes.



Foto 18

Actuación directa de la pala del tractor sobre una zona de la playa con grandes acúmulos de algas.

MUNICIPIO DE TELDE. PLAYA DE MELENARA, PLAYA DE SALINETAS Y OJOS DE GARZA

En las tres playas se suelen retirar los arribazones vegetales con la pala de un tractor que actúa directamente sobre las algas depositadas en la arena (Foto 19, 20 y 21) y con la ayuda de personal de a pie con rastrillos y horcas.



Foto 19
Recogida del arribazón de algas con tractor en Playa de Salinetas el 22 de agosto de 2005.



Foto 20
Amontonamiento del arribazón de algas con el tractor en la Playa de Melenara el 25 de mayo de 2005.

En los aledaños, zonas de roca y pedregal, los arribazones vegetales suelen ser retirados manualmente con horcas e introducidos en bolsas de plástico por cuadrillas del servicio de limpieza de playas hasta su posterior descarga en el camión (Foto 22).



Foto 21
Tractor retirando de la arena el arribazón de algas en la playa de Ojos de Garza el 15 de abril de 2005 y depositándolo en el camión.



Foto 22
Cuadrilla del servicio de limpieza de playas retirando manualmente el arribazón de algas depositado en los aledaños de Playa de Melenara el 25 de mayo de 2005.

Fuera de los periodos estivales es usual que en esta zona se espere al comienzo del fin de semana para retirar los arribazones vegetales que hayan aparecido durante la semana.

MUNICIPIO DE AGÜIMES. PLAYA DE ARINAGA

La Playa de Arinaga y sus áreas colindantes, donde arriban estos grandes acúmulos de *Cystoseira*, se componen tanto de zonas de arena y *callaos* como de zonas de pedregal y rasas eulitorales. Por tanto el procedimiento de limpieza y retirada de los arribazones vegetales dependen de la zona y cota de la playa de arribada de los mismos. En todos los casos se realiza con la ayuda de la pala de un tractor junto con el apoyo de una cuadrilla del servicio de limpieza de playas y un camión de carga (Fotos 23, 24 y 25).



Foto 23

Tractor del servicio de limpieza de playas retirando el arribazón de algas de la orilla en la Playa de Arinaga.



Foto 24

Agrupamiento del material vegetal en pilas con el tractor en la Playa de Arinaga.



Foto 25

Descarga al camión del material retirado en la Playa de Arinaga.

El personal del servicio de limpieza de playas se encarga de la recogida manual con orcas y rastriillos en las zonas donde la pala del tractor no es operativa (*callao*, pedregal y rasas) y donde no existen grandes acúmulos de material. Así mismo se encargan del amontonamiento del material para así facilitar su recogida por la pala del tractor (Foto 26 y 27).



Foto 26
Recogida manual con orcas del arribazón de algas y su deposición en la pala del tractor en Playa de Arinaga.



Foto 27
Recogida manual con rastrillo del material vegetal sobrante tras el paso de la pala del tractor en Playa de Arinaga.

MUNICIPIO DE SANTA LUCÍA. POZO IZQUIERDO

Las zonas de arribada de algas en este municipio abarcan prácticamente toda la costa pero las áreas donde se hace necesario su retirada queda reducida solamente a las áreas próximas al pueblo de Pozo Izquierdo: en la zona de *callaos* frente a la Avenida de Las Gaviotas y en la playita de arena y *callaos* que queda al abrigo de ambos muellitos.

La zona de *callaos* se limpia manualmente con orcas y el material apilado es izado al camión a través de una grúa con el sistema de agarre denominado “pulpo” (Foto 28).

Sin embargo, en la playita de arena y *callaos*, los arribazones de algas depositados en la orilla en marea baja son retirados manualmente por cuadrillas de personal del Ayuntamiento con la ayuda de un tractor o minicargadora (Foto 29) y los que se depositan en la zona de *callaos* se recogen nuevamente mediante el camión grúa con el sistema de agarre *pulpo* (Foto 30).



Foto 28
Izada del arribazón de algas apilado en la zona de *callaos* frente a la Avenida de Las Gaviotas en Pozo Izquierdo mediante una grúa con el sistema de agarre pulpo.



Foto 29
Retirada del arribazón de algas de la playita que se encuentra al abrigo de ambos muelles frente al pueblo de Pozo Izquierdo con la ayuda de una minicargadora. Al fondo se puede observar el camión grúa con el sistema de agarre pulpo retirando los arribazones de algas de la zona de *callaos*.

Foto 30

Retirada del arribazón de algas mediante grúa con sistema de agarre "pulpo" de la zona de *callaos* de la playita que se encuentra al abrigo de ambos muelles frente al pueblo de Pozo Izquierdo.



MUNICIPIO DE SAN BARTOLOMÉ DE TIRAJANA. CASTILLO ROMERAL - MASPALOMAS

En el Municipio de San Bartolomé de Tirajana, al igual que el de Santa Lucía, los arribazones vegetales aparecen prácticamente a lo largo de toda la costa pero sólo son retirados de las playas más turísticas (Playa de San Agustín, Playa de Las Burras, Playa del Cochino, Playa del Inglés y Maspalomas), así como de las playas próximas a áreas poblacionales como la del Castillo del Romeral.

En el caso del Castillo del Romeral, los arribazones vegetales son retirados por medio de la actuación directa de un tractor que apila el material en hileras para posteriormente depositarlo al camión que finalmente lo descarga y vierte en el Complejo Medioambiental de Juan Grande (Foto 31).

Los arribazones de *sebas* de las playas del sur (Playa del Cochino - Maspalomas) son retirados a primera hora de la mañana por la pala de un tractor y con la ayuda del personal del servicio de limpieza de playas (Foto 32).



Foto 31

Tractor manipulando con la pala la retirada del arribazón vegetal del Castillo del Romeral.



Foto 32

Tractor con pala y remolque con cribadora de arena en la playa de Maspalomas.

6. CONCLUSIONES

A la vista de los resultados obtenidos y tras analizarlos en su conjunto, destacamos las siguientes conclusiones:

- ▶ Los arribazones de algas y plantas marinas aparecen en las distintas playas de la isla de Gran Canaria en cualquier época del año, siempre y cuando haya tenido lugar en las áreas circundantes episodios previos de oleaje significativos.
- ▶ Las principales zonas de retirada de arribazones vegetales se corresponden con cuatro zonas (norte, este-sureste, así como el sursureste y sur de la isla), que además de tener playas que requieren ser limpiadas por la gran afluencia de usuarios (turistas y residentes), presentan plataformas submareales amplias con ensenadas o playas que favorecen la acumulación de las algas y plantas marinas arrancadas de las zonas circundantes por el efecto de fuertes oleajes.
- ▶ Estos oleajes que arrancan y desprenden tanto a las algas como a las plantas marinas del sustrato rocoso y/o arenoso proceden de fuertes mares de viento (de temporales o potentes anticiclones cercanos a las islas) o de grandes mares de fondo, que se originan lejos del Archipiélago Canario, tanto en el Atlántico Norte como en el Atlántico Sur.
- ▶ Se refrendó la relación de la aparición de los arribazones vegetales con oleajes significativos como condición *sine qua non*, pero puede ocurrir que oleajes de características similares e incluso con alturas de olas mayores no ocasionen dichas arribadas. La llegada masiva de arribazones de algas y plantas marinas a la costa está además en función de:
 - > si previamente han ocurrido eventos similares o más fuertes que ya hayan actuado sobre la zona,
 - > la cobertura vegetal de la zona afectada en esa época del año
 - > si las condiciones oceanográficas locales posteriores (corrientes, tipo de oleaje, marea, etc.) favorecen finalmente su arribada a las playas próximas o su hundimiento y deriva hacia áreas sumergidas.
- ▶ Para predecir de manera óptima la arribada de estos acúmulos de algas y plantas marinas en las playas, se requiere de la aplicación de modelos de predicción de alta resolución para Canarias, así como de la corroboración y contraste con registros de oleaje y tensión *in situ* y de esta forma ser capaces de ajustar los eventos previstos con las condiciones reales de cada zona.
- ▶ Se estimó que el total de arribazón vegetal retirado por los servicios de limpieza de los distintos municipios de la isla de Gran Canaria osciló entre 2.000-4.500 t PF/año, incluyendo en

dicho peso, además de las algas y plantas marinas, la arena, piedras y otros residuos.

Esta estimación fue orientativa ya que estuvo, en la mayoría de los casos, en función de la información oral de los servicios de limpieza de playas tanto en cuanto al número de camiones empleados como a la notificación de los servicios de retiradas realizados.

- ▶ Del total de arribazón vegetal retirado por los servicios de limpieza de los distintos municipios de la isla de Gran Canaria, sólo un 56% se correspondió con algas y plantas marinas, por lo que la cantidad total de algas y plantas marinas retiradas osciló entre 1.130-2.500 t PF/año.
- ▶ Las cantidades de arribazones de algas y plantas marinas retirados por los servicios de limpieza se distribuyeron por zonas de la siguiente manera:
 - > Zona norte: entre 700-1.500 t PF/año.
 - > Zona este-sureste: entre 300-700 t PF/año.
 - > Zona sursureste: entre 120-260 t PF/año.
 - > Zona sur: entre 16-52 t PF/año.
- ▶ Las grandes cantidades de arribazones vegetales retirados en la zona norte respecto a las demás zonas podría tener relación con:
 - > una posible subestimación del porcentaje correspondiente a los residuos urbanos entremezclados con el arribazón retirado,
 - > la cuantificación de todos los arribazones retirados, grandes y pequeños (< 1 t PF),
 - > la necesidad de su retirada por la afluencia masiva y constante de usuarios durante todo el año,
 - > la capacidad de captación y retención de las algas arrancadas.

En el resto de zonas no se contabilizaban las frecuentes retiradas de pequeñas arribadas que no superaban 1 t PF.

- ▶ Sólo el 3% de la cantidad total de los arribazones vegetales retirados correspondió a los antaño abundantes arribazones de *sebas* procedentes de las praderas marinas más importante de la isla, un 27% correspondió a arribazones de *Cystoseira* provenientes de la zona este y sureste y el 70% restante a arribazones de una alta variedad de macroalgas (*Lobophora*, *Hypnea*, *Pterocladia*, *Ulva*, *Sargassum*, etc.).
- ▶ Estas grandes cantidades de algas y plantas marinas que suelen arribar a las diferentes playas todos los años nos muestra la importancia ecológica que tenían cuando no eran retirados y actuaban como barreras naturales contra la erosión, como dunas embrionarias, como aporte de materia orgánica y nutrientes a la flora autóctona o como soporte alimentario de muchos invertebrados que a la vez constituyen el alimento de juveniles de peces, insectos o aves marinas, etc. Por tanto su retirada sólo se justifica cuando se hace imprescindible garantizar unas condiciones higiénico-sanitarias óptimas para el uso y disfrute de las playas.
- ▶ Actualmente, los arribazones retirados de las playas por los diferentes servicios de limpieza suelen contener porcentajes de arena considerables generando por tanto un impacto medioambiental además de imposibilitar cualquier planteamiento de reutilización del material biológico presente. La mayoría de los sistemas actuales de retirada contemplan la actuación directa de maquinaria pesada no específica (tractores con pala cargadora estándar) en las que no se contempla ningún ajuste de accesorios (pinza o grapa agrícola) para una retirada selectiva y óptima de los arribazones vegetales de sus playas.
- ▶ En la zona sur, la cantidad de arena en los arribazones de *seba* retirados llegó siempre a representar más del 80%, por lo que la estimación del volumen total de arena que se pierde al año

- en las retiradas de estos arribazones correspondería en torno a 50-160 m³. Este tipo de gestión que se lleva realizando más de 30 años, aunque *a priori* no produzca elevadas pérdidas de arena respecto al total de las cuantificadas en el *Estudio integral de la Playa y Dunas de Maspalomas (Gran Canaria)* de la Dirección General de Costas, si que podría estar afectando en la evolución del sistema de dunas de Maspalomas. En los procesos de limpieza y retirada de los arribazones de *sebas*, además de destruir las antedunas, se están eliminando las barreras naturales que proporcionan dichos arribazones contra la erosión marina o su posible interacción en la formación de dunas embrionarias y con las comunidades vegetales dunares.
- ▶ En la zona este-sureste también se recoge una gran cantidad de arena (>46%) junto con los arribazones vegetales retirados pudiendo afectar aún más a la propia dinámica sedimentaria de sus playas, muchas de las cuales con déficit de arena en las épocas de invierno (Ojos de Garza, Playa de Arinaga, Pozo Izquierdo, etc.) y con restricciones en los aportes de arena de las zonas de trasplayas, ya que éstas han sido sustituidas por la construcción de avenidas o edificaciones. El problema del contenido en arena en esta zona se suele agravar cuando los arribazones aparecen a principios de semana y son retirados justo antes del fin de semana, ya que se retira también la parte del arribazón que ha quedado enterrada.
 - ▶ Los arribazones vegetales retirados de la zona sursureste, en el Castillo del Romeral, presentaron contenidos bajos en arena (siempre menores del 22%) posibilitando un plan de reutilización posterior. Curiosamente en esta zona, donde se estimó una gran cantidad de algas presentes en los arribazones retirados (150-300 t PF), se ha producido una reducción drástica de estas arribadas. Este hecho podría estar relacionado con la disminución de los caudales de vertidos de aguas residuales provenientes de la piscifactoría contigua (Alevines y Doradas, SA) tras el traslado de la mayor parte del engorde de peces a jaulas flotantes en mar abierto. También habría que analizar si en este tiempo ha habido un cambio en el sistema de vertido de las aguas provenientes de los sistemas de refrigeración de la central térmica de Juan Grande.
 - ▶ Existe un alto contenido en sales solubles presentes en los arribazones de algas y plantas marinas. Generalmente superiores a un 20% de su peso. Estos elevados contenidos en sal hacen necesario una desalación previa en el caso que se quisiera aprovechar los arribazones vegetales (retirados por los servicios de limpieza) como materia prima para fertilizantes, abonos orgánicos o enmiendas orgánicas.
 - ▶ Dado el carácter masivo y puntual de los arribazones de algas y plantas marinas se hace necesario secar el material retirado, tras los procesos de endulzado, para permitir un óptimo almacenamiento y conservación que garantice un plan de reutilización posterior.
 - ▶ Los sistemas de secado testados en el proyecto a través de energías renovables, que aprovechan las condiciones ambientales de las islas (sol y viento), redujeron la humedad de los arribazones procesados por debajo del contenido máximo permitido según la normativa española y europea en materia de productos fertilizantes.
 - ▶ Se verificó, tras el análisis de muestras almacenadas durante un año en sacos de fibra vegetal, su capacidad de conservación en condiciones óptimas para dichos usos tras su endulzado y secado posterior.
 - ▶ La secuencia de procesado de los arribazones vegetales retirados más idónea fue la siguiente: desarenado, endulzado y secado.
 - ▶ Se tendría que tener en cuenta las posibles contaminaciones de las algas (de los arribazones retirados) con restos de alquitrán o con vertidos incontrolados, ya que eliminaría muchas de las posibilidades de ser aprovechados como materia prima para fertilizantes, abonos orgánicos o enmiendas orgánicas por los altos contenidos en metales pesados.



7. RECOMENDACIONES

- ▶ Este estudio preliminar se debería llevar a cabo en el resto de islas con playas de gran afluencia de usuarios (residentes y turistas) y por tanto, donde se haga necesario la retirada de las grandes arribadas de algas y plantas marinas en sus costas.
- ▶ Cada municipio debería llevar un registro específico de los arribazones vegetales retirados en sus playas (fecha, peso, tipo de maquinaria empleada, tipo de algas y plantas marinas, etc.), así como su transporte a vertederos legalizados.
- ▶ Entre los municipios afectados, instituciones competentes (Servicios de Medio Ambiente y Patronatos de Turismo de los Cabildos y Consejerías de Sanidad, Turismo y Medio Ambiente del Gobierno de Canarias) y centros de investigación convendría valorar la necesidad y el efecto de la retirada de los mismos en cada caso concreto, así como desarrollar un sistema que nos permitiera predecir en tiempo y lugar su aparición, al objeto de poder llevar a cabo un plan de recogida efectivo, en el caso que fuese necesario, y un posible aprovechamiento industrial. De esta manera se podría contemplar una adecuada gestión que incluyera una reducción de los residuos en los sistemas de retirada, así como una reutilización, reciclado y valorización de los productos contenidos en los mismos.
- ▶ Para que los arribazones vegetales pudieran ser utilizados como bioindicadores del estado de las poblaciones naturales de los ecosistemas marinos cercanos, deberían ir acompañados del estudio de la variabilidad biológica existente, así como del fenómeno en sí.
- ▶ Para minimizar la cantidad de residuos generados se recomienda el ajuste de accesorios (pinza o grapa agrícola) cuando se utilicen maquinarias pesadas (tractores) para una recogida más selectiva y óptima de los arribazones en sus playas, así como para su aprovechamiento en el sector agrícola (Fotos 33).



a)



b)

Fotos 33

Tractores con grapa agrícola. a) Para la retirada de los arribazones de fanerógamas marinas en las playas del sur de Dinamarca. b) Para la recolección del *Gelidium* en las playas del Cantábrico.

- ▶ Para las zonas de menores acumulaciones, así como tras la actuación del tractor, sería de gran utilidad el apoyo de cuadrillas de personal a pie de playa que ayude en las tareas de recogida, agrupando el material en hileras y montones con rastrillos y cepillos.
- ▶ En las zonas donde se suelen retirar los arribazones vegetales justo antes del fin de semana, se recomienda recoger solamente el material suelto que no ha llegado a enterrarse y de esta manera dejar que el material vegetal enterrado siga conformando un almacén natural contra los procesos erosivos marinos.

Los arribazones, que se recolectan en diferentes partes del mundo con una aplicación industrial o agropecuaria (como las algas del género *Gelidium* en el norte de España para la obtención de agar), se intentan recoger de la manera más cuidadosa y selectiva, al objeto de tener el menor contenido posible en arena y piedras y de esta manera no interferir y dificultar los procesos de aprovechamiento y reutilización posterior. Como ejemplo curioso tenemos la invención de un sistema para la recolección de *Gelidium* de arribazón en Francia que se basa en un tractor al que se le han instalado dos brazos hidráulicos que articulan un sistema de red de cerco, que al introducirlo en el mar atrapa las algas suspendidas en el agua y, por tanto, con muy poca arena (Artola, 1996).

En la actualidad, se están desarrollando diversas tecnologías de retiradas de arribazones vegetales que reduzcan en la medida de lo posible la extracción de arena para minimizar el impacto de su limpieza (Roig y Martín Prieto, 2005) y poder garantizar una posible reutilización del material vegetal retirado (Fotos 34).

- ▶ En el Municipio de San Bartolomé de Tirajana y bajo la supervisión del Servicio de Medio Ambiente del Cabildo de Gran Canaria (Reserva Natural Especial de las Dunas de Maspalomas) y demás instituciones competentes, se proponen dos tipos de acciones que podrían servir de complemento a las recomendaciones, criterios y líneas de actuación que se exponen en el *Estudio integral de la Playa y Dunas de Maspalomas (Gran Canaria)* de la Dirección General de Costas:
 1. El acondicionamiento y adecuación de una zona en la trasplaya de Maspalomas donde depositar los arribazones de *sebas* que son retirados en las épocas de verano (hojas muertas de los procesos de muda de los *sebadales*) para su descomposición natural, que favorezca por

una parte, el enriquecimiento del suelo en beneficio de la vegetación autóctona presente, y por otra, permita la recuperación final de la arena.

2. Sin embargo, con los arribazones de invierno de la Punta de Playa del Inglés, donde las *sebas* se componen en su mayoría de la planta entera (raíces, rizomas y hojas), se propone como acción piloto el estudio y evaluación de dejarlos en la misma orilla de la playa. De esta manera pueden conformar como antaño, tras la acción de varias mareas, auténticas barreras y armazones naturales que eviten los procesos erosivos marinos propios de la época. Además estos arribazones vegetales podrían favorecer el desarrollo natural de las protodunas, así como actuar como captadores de arena y aportar los nutrientes necesarios para el desarrollo de las poblaciones de *Traganum moquinii* y demás comunidades vegetales dunares, que son los que garantizan la permanencia y desarrollo de las mismas.

Ambas actuaciones deberían acompañarse por sendas campañas informativas, que incluyeran una serie de carteles y trípticos explicativos sobre la importancia ecológica de este fenómeno natural, así como las posibles consecuencias medioambientales de su retirada cuando no es necesaria la misma. Se trata con todo ello de sensibilizar a la población, de generar un mayor beneficio social y medioambiental en la playa, así como servir de modelo a otras regiones con problemas similares. El conocimiento de los valores ambientales y ecológicos que proporcionan dichos arribazones podría hacer recapacitar y plantear nuevas directrices de gestión turística y litoral en los diferentes municipios afectados.



a)



b)

Fotos 34

Sistema versátil de limpieza de playas para un mismo vehículo (www.algensauger.de). a) Para la retirada de los arribazones vegetales en la arena a través de un sistema de enganche y cribado del alga. b) Para la retirada de los arribazones vegetales directos del mar a través de un sistema de bombeo donde sólo se acopian las algas succionadas y el agua vuelve a retornar.

Este tipo de actuaciones se está empezando a contemplar con acciones pilotos en muchas playas del Mediterráneo con grandes problemas erosivos y de pérdidas de arena como: en la acción denominada *Posidune: Interaction of Sand and Posidonia Oceanica with the environment of Natural Dunes* contemplada en el marco del Proyecto InterregIIC-Beachmed (www.beachmed.eu), en las playas de Grau y s'Olla en Menorca dentro del Plan de Gestión Integral del Litoral (Roig y Martín Prieto, 2007), en Ghajn Tuffieha (Xenxija – Malta) como política medioambiental del gobierno, etc.

- ▶ Se hace indispensable valorar la necesidad y el efecto de la retirada de los arribazones de *sebas* en los propios procesos erosivos de la Playa del Inglés y Maspalomas, así como el efecto de la posible reducción de estos *sebadales* al actuar éstos como amortiguadores del oleaje, compactadores y estabilizadores del sedimento (Koch et al., 2006). Una reducción tan drástica de estas praderas marinas en los últimos 25 años, como nos atestiguaban los técnicos de los servicios de limpieza (por los arribazones retirados), podría tener una incidencia directa en la aceleración de los procesos de pérdidas de arena. Sería conveniente intentar estimar el tamaño y extensión de la población de dichas praderas marinas antes de los distintos y variados efectos antropogénicos a los que se vieron sometidos estos *sebadales* (como el vertido directo sobre las praderas tanto de aguas depuradas como de salmuera, determinadas artes de pesca, construcción de diques de abrigo, dragados, etc.), así como apoyar las medidas que garanticen su conservación y recuperación. Hay que tener en cuenta que durante muchos años se vertieron las aguas residuales con tratamientos de depuración defectuosos y que en la actualidad se siguen vertiendo directamente sobre el *sebadal* unos 20.000 m³/día de salmuera y unos 6.000 m³/día de aguas depuradas.
- ▶ La utilización de macroalgas y fanerógamas marinas de arribazón para la elaboración de compost (uno de los usos más tradicionales de los vegetales marinos) se está evaluando en la actualidad en el marco del Proyecto COMPOST cofinanciado por el Programa Nacional para la Transferencia de Resultados Científicos y Tecnológicos – PETRI junto con el Instituto Canario de Ciencias Marinas, Instituto Canario de Investigaciones Agrarias, URBASER, SA, ELMASA MEDIOAMBIENTE, SA, y distintas Cooperativas Agrícolas. La expansión de una agricultura fuertemente tecnificada e intensiva había propiciado el abandono de estas prácticas, pero sin embargo el retorno a una agricultura sostenible basada en los principios de agricultura ecológica ha permitido un importante renacer de la misma. La agricultura ecológica no sólo constituye una firme alternativa a una agricultura intensiva y depredadora en un territorio tan frágil como el de las islas, sino que supone una válida opción económica para un sector primario que pierde capacidad competitiva con los cultivos de exportación de otras áreas geográficas. La agricultura biológica o ecológica representa un salto de calidad para la agricultura canaria hacia un mercado en expansión en Europa, el de los productos ecológicos, pudiendo constituir en sí misma un verdadero y nuevo reclamo turístico, en un mercado cada vez más concienciado con la conservación del medio natural.
- ▶ Con los arribazones vegetales retirados de de la zona este-sureste, que rondan entre 300-700 t PF/año y que prácticamente se componen del alga parda *Cystoseira abies marina*, se debería realizar un *screening* (exploración o rastreo) de posibles compuestos bioactivos, sus caracterizaciones y propiedades biológicas, así como desarrollar y optimizar las tecnologías y procesos de su extracción y estandarización. La posibilidad de extraer un compuesto bioactivo de alto valor comercial de los arribazones retirados de *Cystoseira* podría incrementar el valor añadido del producto final (el compostaje con el material restante) y de esta manera poder rentabilizar los costes de los procesos de tratamientos (desarenado, desalinizado y secado).

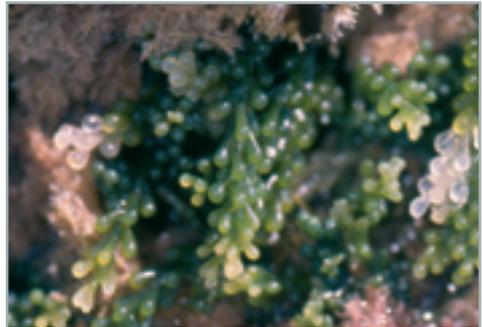
8. ANEXOS

8.1. FOTOS DE MACROALGAS Y PLANTAS MARINAS ENCONTRADAS EN LOS ARRIBAZONES

ALGAS VERDES



Cladophora sp



Caulerpa racemosa



Caulerpa prolifera



Ulva sp.



Codium taylorii



Cladophora pellucida

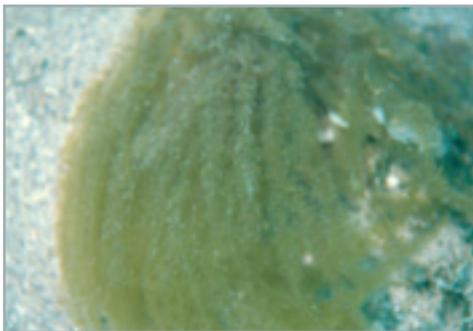
ALGAS PARDAS



Stypocaulon scoparium



Dyctiota sp.



Sporochnus pedunculatus



Cystoseira abies marina



Lobophora variegata



Padina pavonica



Sargassum desfontainesii



Halopteris filicina

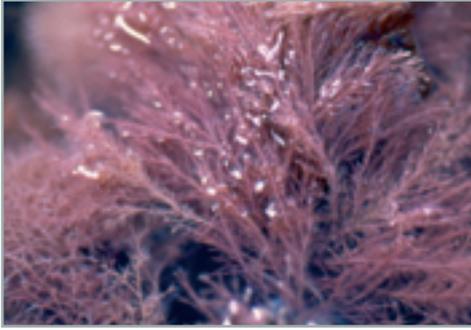
ALGAS ROJAS



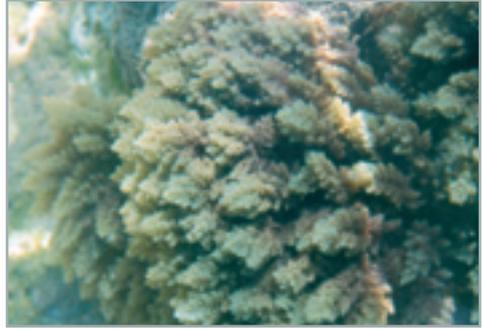
Jania rubens



Liagora sp.



Haliptilon virgatum



Asparagopsis taxiformis



Hypnea spinella



Lophocladia trichoclados



Halopithys incurva



Pterocladia capillacea

FANERÓGAMAS MARINAS



Cymodocea nodosa

8.2. FOTOS DE ARRIBAZONES EN LA ISLA DE GRAN CANARIA



Montaña Arena (23/05/04)



El Pajar (23/05/04)



Playa de Arinaga (13/07/04)



Pozo Izquierdo (14/07/04)



Pozo Izquierdo (14/07/04)



Playa de Arinaga (12/10/04)



Playa de Arinaga (12/10/04)



Pozo Izquierdo (02/11/04)



Pozo Izquierdo (15/11/04)



Castillo del Romeral (24/11/04)



Castillo del Romeral (24/01/05)



Pozo Izquierdo (24/01/05)



Playa del Inglés (14/02/05)



Playa de Arinaga (14/02/05)



Castillo del Romeral (08/04/05)



Playa del Cochino (11/04/05)



Playa de Arinaga (11/04/05)



Ojos de Garza (11/04/05)



Playa del Inglés (09/05/05)



Playa de Arinaga (10/05/05)



Playa de Melenara (25/05/05)



Playa de Arinaga (26/05/05)



El Altillo (07/06/05)



Castillo del Romeral (10/06/05)



Playa de Arinaga (26/07/05)



Playa de Salinetas (22/08/05)



Playa de las Canteras (24/11/05)



Playa del Inglés (30/11/05)



Playa de Arinaga (10/02/06)



Maspalomas (10/02/06)



Pozo Izquierdo (08/08/06)



Playa del Cochino (12/09/06)



Playa del Inglés (16/01/07)



Playa del Inglés (29/01/07)



Arguinegún "La Charca" (25/02/07)



El Altillo (27/06/07)

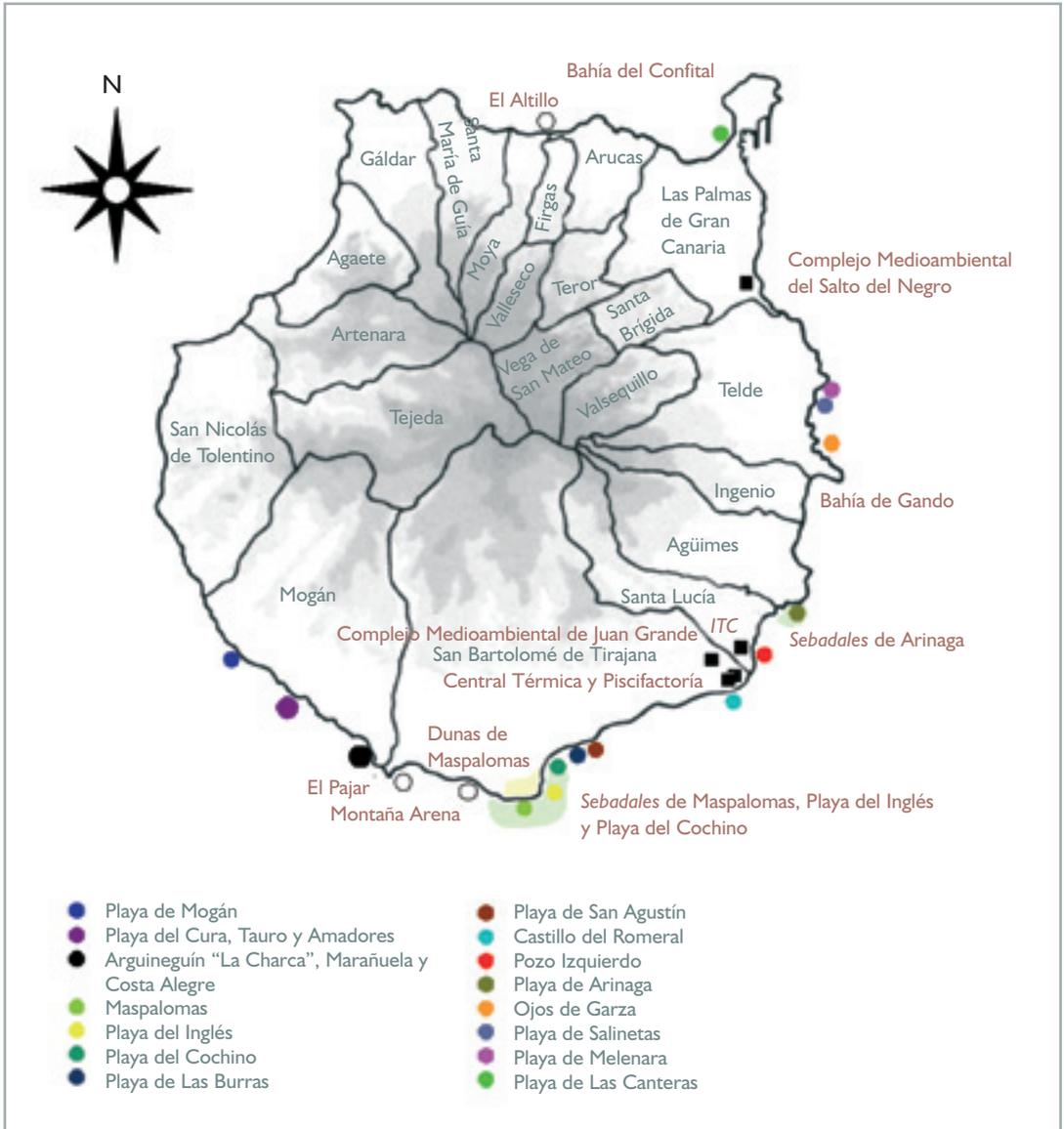


Playa de San Agustín (11/06/08)



Maspalomas (14/06/08)

8.3. MAPA DE LA ISLA DE GRAN CANARIA CON LAS LOCALIZACIONES CITADAS



9. BIBLIOGRAFÍA

Artola, M., 1996.

Patente nº FR272
7822. Dispositif pour la
recorte d'algues marines
et procede pour la mise en
oeuvre de ce dispositif (Unit for
collecting marine algae).

Balestri E., Vallerini F., Lardicci C.,

2006. Qualitative and quantitative assessment
of the reproductive litter from *Posidonia oceanica* accumulated
on a sand beach following a storm. Estuarine Coastal and Shelf Science, vol. 66, pp. 30-34.

Bullón, F., 2003. Meteorology of the La Palma Airport. Western Canary Islands CMT. Centro de
Publicaciones de la Secretaria General Técnica del Ministerio de Medio Ambiente. 31 páginas.
ISBN: 84-8320-225-5. NIPO: 310-03-010-X.

BOCAC., 2001. Boletín Oficial de la Comunidad Autónoma de Canarias Decreto 151/2001 de 23 de
julio, por el que se crea el Catálogo de Especies Amenazadas de Canarias.

Einav, R., Harussi, K., Perry, D., 2002. The footprint of the desalination processes on the environ-
mental. Desalination 152, 141-154.

Espino, F., Herrera, R., Garrido, M., Tavio, O., 2003. Seguimiento de poblaciones de especies
amenazadas. Gesplan. Consejería de Medio Ambiente y Ordenación Territorial. Dirección General
del Medio Natural.

Fourqurean, J.W., Rutten, L.M., 2004. The impact of Hurricane Georges on soft-bottom, back reef
communities: site- and species- specific effects in south Florida seagrass beds. Bulletin of Marine
Science 75, 239-257.

Griffiths, C.L., Stenton-Dozey, J.M.E., Koop, K., 1983. Kelp wrack and the flow of energy through
a sandy beach ecosystem. In: McLanhan, A., Erasmus, T. (Eds.), Sandy Beaches as Ecosystems.
Developments in Hydrobiology, vol. 19, Junk, The Hague, pp. 547-556.

Haroun, R., Gil-Rodríguez, M.C., Wildpret de la Torre, W., 2003. Plantas Marinas de las Islas
Canarias. Canseco Editores, SL. ISBN: 84-932095-9-7

Koch, E.W., Sanford, L.P., Chen, S., Shafer, D.J., Smith, J.M., 2006. Waves in Seagrass Systems:
Review and Technical Recommendations. System-Wide Water Resources Program and Submerged
Aquatic Vegetation Restoration Research Program. Engineer Research and Development Center.
ERDC TR-06-15. U.S. Army Corps of Engineers.

Lenanton, R.C.J., Robertson, A.I., Hansen, J.A., 1982. Nearshore accumulations of detached
macrophytes as nursery areas for fish. Mar. Ecol. Prog. Ser. 9, 51-57.

McLachlan, A., Elliot, I.G., Clarke, D.J., 1985. Water filtration through reflective microtidal bea-
ches and shallow sublittoral sands and its implications for an inshore ecosystem in Western
Australia. Estuar. Coast. Shelf Sci. 21, 91-104.

**Medina, R., Camus, P., Requejo, S., Luque, A., Hernández, L., Alonso, I., Hernández, A.,
Sánchez, I., Martín, J.A., Hernández, H., Sentís, M., Bustos, R., 2007.** Estudio Integral de la
Playa y Dunas de Maspalomas (Gran Canaria). Chapter 6. Dirección General de Costas. Secretaría
General para el Territorio y la Biodiversidad. Ministerio de Medio Ambiente.

- Ochieng, C.A., Erftermeijer, P.L.A., 1999.** Accumulation of seagrass beach cast along the Kenyan coast: a quantitative assessment. *Aquatic Botany* 65, 221-238.
- Portillo, E., 2007a.** Southern swells associated with massive seagrasses (*Cymodocea nodosa*) losses in Gran Canaria. Comunicación en formato Póster. I Simposio Internacional de Ciencias del Mar / Simposio GLOBEC-IMBER Valencia-España.
- Portillo, E., 2007b.** Variación en la composición de los arribazones de *Cymodocea nodosa* en el sur de Gran Canaria según el tipo de oleaje incidente. Comunicación en formato Póster. VII Conferencia Atlántica de Medio Ambiente. Fuerteventura.
- Portillo, E., Mendoza, H., 2007.** Beach cast macroalgae and seagrasses in Gran Canaria island. Comunicación en formato Póster. 4th European Phycological Congress. Oviedo.
- Portillo, E., Peñate de la Rosa, I., Conde Criado, J., 2007.** Mar de fondo en las islas canarias procedente del atlántico Sur. La importancia de incorporar las condiciones de contorno del modelo WAM al Atlántico Sur. NT.CMT.CAOR. Ministerio de Medio Ambiente/Instituto Nacional de Meteorología. ISBN: 978-84-8320-411-5.
- Portillo (en preparación).** Relationship between type of wave exposure and massive seagrasses (*Cymodocea nodosa*) losses in the south of Gran Canaria.
- Preen, A.R., Lee Long, W.J., Coles, R.G., 1995.** Flood and cyclone related loss, and partial recovery, of more than 1000 km² of seagrass in Hervey Bay, Queensland, Australia. *Aquatic Botany* 52, 3-17.
- Roig, F.X., Martin Prieto, J.A., 2005.** Efectos de la retirada de bermas vegetales de *Posidonia oceanica* sobre playas de las islas Baleares: consecuencias de la presión turística. *Investigaciones Geográficas, Boletín del Instituto de Geografía, Universidad Nacional Autónoma de México.* ISSN 0188-4611, Núm.57, pp. 40-52.
- Roig, F.X., Martin Prieto, J.A., 2007.** The use of dead leaves of *Posidonia oceanica* as a tool for dunar recovery in the island of Menorca. Comunicación en formato Póster. I Simposio Internacional de Ciencias del Mar / Simposio GLOBEC-IMBER Valencia-España.
- Ruiz, J.M., 2005.** Impacto ambiental de las desaladoras sobre las comunidades bentónica marinas. *Ingeniería y Territorio*, ISSN 1695-9647, N° 72, 40-47.
- Sierra, J.P., Lo Presti, A., 1998.** Estudio comparativo de criterios de rotura del oleaje regular. *Ingeniería del Agua*. Vol.5. N° 1.
- Tuya, F., Haroun, R.J., 2006.** Spatial patterns and response to wave exposure of shallow water algal assemblages across the Canarias Archipiélago: a multi-scaled approach. *Marine Ecology Progress Series*. Vol.311:15-28.
- Varios Autores (2003).** *Libro Blanco: Las Canteras y Bahía de El Confital*. Cabildo de Gran Canaria, Consejería de Obras Públicas e Infraestructuras.

Fuentes Fotográficas

Agustín Fuentes Cepeda de "Fomento de Construcciones y Contratas, SA": Fotos 14, 15, 16 y 17.
 Urbaser, SA: Foto 32 y Arribazón Maspalomas 14-06-08 (Amado Ramos).
 Eduardo Portillo Hahnefeld, las fotografías restantes.

