
Las formaciones dunares de la Isla de Gran Canaria

Jesús Martínez Martínez
Diego Casas Ripoll
Ricardo Álvarez Espejo



UNIVERSIDAD DE LAS PALMAS DE GRAN CANARIA
Servicio de Publicaciones

2006

La edición de esta publicación ha sido posible gracias a la
colaboración de la Facultad de Ciencias del Mar de la
Universidad de Las Palmas de Gran Canaria

© del texto:

Jesús Martínez Martínez
Diego Casas Ripoll
Ricardo Álvarez Espejo

© de la edición:

Universidad de Las Palmas de Gran Canaria
Servicio de Publicaciones

Primera edición, 2006

Maquetación y diseño:

Servicio de Publicaciones de la ULPGC

ISBN: 84-96718-37-9

Depósito Legal: GC 35-2007

Impresión:

Compobell, S.L.

Impreso en España. *Printed in Spain*

Queda rigurosamente prohibida, sin la autorización escrita de los titulares del «Copyright», bajo las sanciones establecidas por las leyes, la reproducción parcial o total de esta obra por cualquier medio o procedimiento, comprendidos la reprografía y el tratamiento informático.

PRÓLOGO	9
INTRODUCCIÓN	11
 CAPÍTULO 1. LAS DUNAS LITORALES	13
1. Qué son las dunas litorales	15
2. Cómo se forman las dunas	15
3. Protocolo para determinar patrones de comportamiento morfodinámico en formaciones dunares	24
4. Métodos para la aplicación del protocolo	26
5. Interés de las dunas	30
 CAPÍTULO 2. LA DISTRIBUCIÓN EN EL TIEMPO DE LAS DUNAS LITORALES EN LA ISLA DE GRAN CANARIA	35
1. Caracterización de la Isla de Gran Canaria	37
2. Fuentes de aportes de arenas de las dunas de Gran Canaria	45
3. Sumideros de las arenas de las dunas	47
4. Campos de paleodunas: Tufia	49
 CAPÍTULO 3. LAS DUNAS DE MASPALOMAS	65
1. El marco geográfico	67
2. Patrón de comportamiento sedimentario de la Provincia morfodinámica de Morro Besudo - Faro de Maspalomas	67

3. Descripción, funcionamiento y evolución del Campo de Dunas . . .	70
4. La plataforma litoral de la Playa de Maspalomas y sus implicaciones en el Campo de Dunas de Maspalomas	74
 CAPÍTULO 4. IMPORTANCIA DE LAS DUNAS DE MASPALOMAS	87
1. Interés de las dunas litorales	89
2. Interés ambiental	90
3. Conservación, protección y restauración	94
4. El Centro de visitantes	98
 BIBLIOGRAFÍA	105

La Isla de Gran Canaria tiene por gracia de la Naturaleza un campo de dunas situadas al sur de la misma, un elemento singular a cuya permanencia contribuye la proximidad con el continente africano, *despensa* sedimentaria marina del paisaje idílico representado por la Dunas de Maspalomas.

Las Islas del Archipiélago Canario tienen cada una de ellas un elemento diferenciado como consecuencia del capricho de la Naturaleza. Sin lugar a dudas, a Gran Canaria se la conoce principalmente por las Dunas de Maspalomas, sin desmerecer ni priorizar otros caprichos o accidentes naturales, que a los gran canarios nos enorgullece como el *Roque Nublo*.

Ahora bien, desgraciadamente es un bien escaso y sensible y, como tal, digno de protección, pues un uso inadecuado de un bien tanpreciado se convierte en abuso, que termina degradando todo vestigio de su estado original, originando consecuencias irreparables. Por ello, todo trabajo didáctico y/o científico sobre las formaciones sedimentarias, en particular, de las Dunas de Maspalomas (Gran Canaria), además de necesario, se me antoja imprescindible en la medida que nuestras señas de identidad peligran.

Afortunadamente, las Dunas de Maspalomas se hallan sometidas a las influencias del Océano Atlántico y sus corrientes, también de los Alisios, los cuales quizás transportan, desde el continente africano, y cada año, una importante cantidad de *semillas* de arena que, en parte, mitigan las pérdidas por uso indebido del turismo, en sus distintas manifestaciones indebidas, que ha conseguido degradar su ecosistema.

Y los síntomas de degradación de nuestras Dunas de Maspalomas ya son constatables visual y científicamente, y nuestra comunidad tiene que actuar drásticamente, con una restricción de uso y con la conservación y mantenimiento de su ecosistema.

La importancia de las Dunas de Maspalomas es tal que, muy probablemente, la inigualable *Playa de Maspalomas* debe buena parte su hermosura gracias al aporte sedimentario de arenas eólicas, conformando un binomio perfecto que otrora (años 60) hizo comenzar la denominada industria turística, por entonces inexistente en nuestra tierra canaria, cuya foto y/o postal más característica de la Isla tiene como preferente las Dunas de Maspalomas, en su encuentro con la Playa.

Por tanto, no cabe sino felicitarnos por este libro, por varias razones: de una parte, por venir de un equipo científico dirigido por Jesús Martínez Martínez, Catedrático de la Universidad de Las Palmas, Departamento de Física, y de la otra, porque la obra tiene un carácter divulgativo. El rigor científico de la misma nos ayudara a conocer, respetar y, por tanto, preservar este paisaje idílico, representado por nuestras queridas, conocidas e incomparables DUNAS DE MASPALOMAS.

José Manuel Santana González
Diciembre 2006

Introducción

En esta publicación, se pretende hacer una labor divulgativa, donde se desarrollen conceptos, procesos y efectos morfodinámicos de las dunas de Gran Canaria, en un contexto simplificado, sin que se pierda rigor científico.

Por otra parte, se recoge la experiencia profesional de un equipo de trabajo, adquirida *a pie de playa y de duna*, y acumulada a lo largo de los últimos 30 años.

Desde 1986, con la publicación del libro *Las Dunas de Maspalomas*, editado por el Excmo. Cabildo Insular de Gran Canaria, el equipo de trabajo (de composición variable, aunque con un núcleo estable a lo largo del tiempo) viene aportando resultados, discusiones, conclusiones y recomendaciones, a partir de sus investigaciones, en relación con procesos y efectos del litoral grancanario:

- tanto en comunicaciones en congresos internacionales y nacionales
- como en documentos internos y para las administraciones públicas.

El conjunto de estos trabajos ha permitido la formulación de *patrones de comportamiento morfodinámico* de los campos de dunas en estudio.

Dentro de un contexto novedoso, y en cuanto al patrón de comportamiento morfodinámico de los campos de dunas de Gran Canaria, y como una futura línea de investigación, se relacionan, en un principio, las fuentes de arenas dunares con los transportes de larvas de gasterópodos, por los filamentos y remolinos de las corrientes marinas más superficiales, entre África y Canarias. Estos filamentos y remolinos han sido identificados por teledetección desde 1978, y analizados por Hernández-León y colaboradores desde 1984.

LAS DUNAS LITORALES

1. QUÉ SON LAS DUNAS LITORALES

Dentro de los procesos y efectos sedimentarios, en dominios de arenas eólicas, se encuentran las dunas. Éstas se pueden definir como montículos arenosos, con morfologías y estructuras sedimentarias características, a partir de alimentaciones de arenas por transportes eólicos.

Las dunas se pueden distribuir:

- como formas individualizadas
- como unidades de formaciones de arenas eólicas.

Las formaciones de arenas eólicas se subdividen, a su vez:

- en campos de dunas, y
- en cordones de dunas.

Hay un *campo de dunas* cuando la longitud tiene el mismo rango que la amplitud, mientras que en un *cordón dunar* predomina la longitud.

2. CÓMO SE FORMAN LAS DUNAS

En la formación de las dunas intervienen un conjunto de variables, que hacen referencia a las **fuentes** de arenas, a las condiciones de **transporte** y a la geometría de la superficie de **depósito**. En este contexto, la cartografía morfodinámica constituye un soporte fundamental.

Los valores granulométricos de las arenas de la playa alimentadora, que actúa como **fuentes de aportes sedimentarios**, pueden proporcionar información complementaria acerca de la susceptibilidad de estos depósitos para formar dunas. O dicho de otra manera, estos valores dicen en qué medida una playa puede representar disponibilidades de arena para que se dé una formación dunar.

Se dan estas susceptibilidades, o potencialidades de aportes, siempre:

- que estén ausentes obstáculos físicos, que impidan el transporte de las arenas
- que hayan unos vientos apropiados para el transporte de las arenas hacia tierra
- que la playa se encuentre en hiperestabilidad sedimentaria, con amplias superficies intermareales, que permitan la actuación efectiva del viento sobre arenas secas, y
- que las arenas de las playas tengan un rango de tamaño apropiado para el transporte eólico (aproximadamente entre 0.15 y 0.20 mm de diámetros medios).

En relación con el último aspecto, se han desarrollado los índices de Hé de Cailleux y Q_p de Krumbein, en relación con el carácter de un depósito de arena (de playa seca o de un desarrollo incipiente dunar), o para la identificación de paleo-depósitos de arenas.

Por otra parte, y también en relación con estimaciones de potencialidades de desarrollo de dunas, se diseña y se aplica el parámetro de *susceptibilidad de las playas para formar dunas*.

Este parámetro tiene como expresión:

$$I = (A_r \cdot A_h)^{1/2}$$

donde:

- I = parámetro de susceptibilidad.
- A_r = grado de ajuste del índice Q_p de Krumbein, a partir de la media aritmética espacial y temporal del muestreo en el depósito de arenas, respecto a un ambiente de montículos de arenas eólicas o de dunas.

- A_h = grado de ajuste del índice Hé de Cailleux, a partir de una media aritmética espacial y temporal, del muestreo en el depósito de arenas, respecto a un ambiente de montículos de arenas eólicas o de dunas.

Con la media geométrica, queda más restringida la amplitud de los desvíos, en función de la caída en uno de los grados de ajuste, con lo que se obtiene una estimación más resolutive.

En los ajustes, se utilizan escalas de 1 a 10, para las tendencias mínimas y máximas, respectivamente, a formar depósitos sedimentarios eólicos.

Se opera por separado para los ambientes de montículos eólicos y de dunas, en los histogramas de Q_p de Krumbein (figura 1.1) y del Hé de Cailleux (figura 1.2), y se toma el valor más alto de estos cálculos alternativos (Martínez, 1986).

Cuando el índice de susceptibilidad es igual a 1, para las arenas de la playa, ésta no representa una fuente de aporte para las dunas. En cambio, cuando este índice toma un valor de 10, la playa es una buena fuente de aportes de arenas para formar dunas, aunque no se formen a causa de otras variables:

- por falta de superficies para el depósito
- por la presencia de obstáculos topográficos
- por efecto pantalla tanto de la topografía como de las edificaciones, y/o
- por ausencia del vector transporte.

Este comportamiento de susceptibilidades se puede hacer:

- tanto en el tiempo (para distintas épocas de un ciclo sedimentario corto de la playa intermareal-seca)
- como en el espacio (para los distintos sectores de ésta, en un periodo dado, o en relación con la totalidad del ciclo sedimentario corto).

Se entiende por ciclo sedimentario corto, de una playa, el periodo de tiempo que transcurre entre dos erosiones sucesivas máximas, o de crecimientos (acreciones) extremos, en el depósito intermareal-seco. Normalmente, estos periodos abarcan un año, si se admiten unos límites amplios.

El parámetro de susceptibilidad carece de sentido en aquellas playas de arenas con diámetros que se separen, significativamente, de los valores óptimos, para el transporte eólico.

En relación con la composición de las arenas, resulta de interés la determinación de las características mineralógicas-petroológicas de los componentes terrígenos. Éstos, constituyen los aportes procedentes de la erosión de los relieves envolventes, emergidos o no, sometidos a la acción marina sin relación con las aportaciones de caparzones orgánicos desarrollados en las fuentes de alimentación sedimentaria.

Estas determinaciones son, en muchos casos, decisivas para identificar la zona de aportes de arenas. Al respecto, y para ciertos escenarios geográficos, quizás se precisen de cuadros de contenidos mineralógicos que discriminen la procedencia rocosa de las arenas. Aplicando la metodología de discriminaciones, Martínez (1986) deduce que los terrígenos de las Dunas de Maspalomas proceden de rocas fonolíticas y traquíticas, excluyendo la participación de rocas basáltica. Esto resulta de gran interés para delimitar la cabecera, en relación con la dirección de aproximación del oleaje dominante, de la provincia morfodinámica donde se encuentra el Campo dunar. Conforme con la cartografía geológica, y con estas determinaciones mineralógicas, la cabecera de esta provincia morfodinámica se localiza en Morro Besudo.

El viento responsable de este **transporte** debe de reunir tres condiciones favorables:

- dominancia, o cierto carácter de dominancia (reinantes significativos)
- intensidad de fuerte a media, y
- sequedad ambiental.

La magnitud que define una intensidad media del viento está en función de la granulometría de la arena, de la densidad de la misma y de la humedad ambiental, obviando otras variables como puede ser la *geometría fractal*, o la morfoscopia, en general.

Conforme con Martínez et al. (1986), en Canarias, y para el caso de las Dunas de Maspalomas:

- con una mediana granulométrica de 0,20 mm
- con una densidad media del árido en torno a 300 kg/m³, y
- con una humedad ambiental de un 65%.

La intensidad media del viento, tanto del dominante del NE y como del reinante significativo del SE, capaz de transportar arena, estaría comprendida entre brisa moderada a brisa fuerte (entre 20 y 40 km/h). El carácter de *dominante*, o de *reinante significativo*, lo da la frecuencia de los mismos.

Según los datos procesados por Martínez et al. (1986), de una serie temporal de datos no significativa (sólo de una primera aproximación), respecto a las Dunas de Maspalomas:

- Los vientos dominantes del NE, con velocidades iguales o superiores a 20 km/h, tienen una frecuencia media de 5 días por mes.

En estos días estadísticos, se medían velocidades superiores a 20 km/h al menos una vez, dentro de las tres observaciones diarias.

- Y los vientos reinantes significativos del SE, también con velocidades iguales o superiores a 20 km/h, adquieren una frecuencia media de 1.5 días por mes.

En estos otros días estadísticos, asimismo se medían velocidades superiores a 20 km/h al menos una vez, dentro de las tres observaciones diarias.

En relación con la incidencia de un viento dado, se definen los términos de barlovento y de sotavento. Barlovento traduce que se está frente al viento, mientras que el sotavento indica que queda resguardado del mismo (figura 1.3).

En el dominio de una duna, los desplazamientos se realizan por deflación en la vertiente de barlovento (la expuesta al viento), mientras que en la de sotavento (la resguardada), los transportes están regidos por superficies de corrimientos.

Se ha demostrado que, en acumulaciones de forma y tamaño constante, tanto la remoción como la deposición, en un punto dado, dependen del valor de la tangente del ángulo que forma la superficie con la horizontal (de la pendiente en ese punto). Por consiguiente, en la cima de una duna (donde la pendiente es nula, con una tangente de valor cero), no existe, teóricamente, ni remoción ni deposición. Se alcanzará el máximo de estos procesos en los puntos de mayor pendiente (es decir, en la zona de sotavento, próxima a la cima).

Cuando, por aportes desde barlovento, la parte superior de las caras de sotavento supere una pendiente 34° (pendiente de equilibrio del talud natural de la arena seca), se producirán avalanchas a lo largo de superficies de corrimientos, para restablecer superficies de estabilidad (con ángulos entre 32° y 33°).

Se pueden desarrollar pendientes superiores a la del talud natural, en la base de caras de sotavento, por remolinos, independientemente de los mecanismos anteriores.

Para que se originen **depósitos** de dunas, se tienen que cumplir cinco condiciones básicas:

- que haya un lugar con unas dimensiones adecuadas, para recibir la carga sedimentaria y para permitir su dinámica
- que soplen vientos desde potenciales fuentes de áridos, con capacidad para el transporte de arenas
- que llegue el viento cargado de arenas, desde las fuentes de aportes
- que el viento pierda su capacidad de transporte de arena, o que esta capacidad decaiga, ante una carga dada en transporte, por caída de la velocidad, y
- que se den variables envolventes apropiadas, en relación con la formación de acumulaciones de arenas eólicas.

En relación con las variables envolventes del lugar de depósito, toma especial relevancia el *efecto pantalla*, a causa de resaltes topográficos bruscos, o por la presencia de edificios altos, que se interpongan al transporte eólico de las arenas. Estos resaltes condicionan las formas de las dunas limítrofes y constituyen, en muchos casos, los límites internos efectivos de las formaciones dunares.

Estas *pantallas* determinan caídas, o anulaciones, de las velocidades del viento, conforme con la resultante vectorial del viento incidente y reflejado. La disminución de la velocidad del viento supone una menor capacidad de transporte, en las proximidades de barlovento, en las cercanías del resalte. Ello trae consigo que las formas de las dunas tengan menores alturas, ya que, para la formación de las mismas, habrá menor disponibilidad de arena.

En definitiva, las *pantallas* contribuyen a que haya una pérdida en la capacidad de almacenamiento de arenas eólicas, con todas sus implicaciones en

las despensas sedimentarias de las playas, con las que se encontrarán en interdependencia. De aquí que las edificaciones antrópicas, como las urbanizaciones, que se hagan en los límites internos de barlovento del campo, precisen tener diseños que no supongan *efectos pantalla*, para no interferir en la dinámica sedimentaria de las propias dunas y de sus playas solidarias.

Por otro lado, los *efectos pantalla*, que provoquen el relieve, y/o las edificaciones, implican que aparezcan determinados tipos de dunas, como son las denominadas *en eco*, *trepadoras* y otras.

Las deposiciones de las arenas eólicas pueden dar lugar a dunas de diferentes tamaños. Al respecto, se clasifican en:

- dunas menores (las alturas no sobrepasan los 20 metros)
- dunas intermedias (las alturas oscilan entre 20 y 100 metros), y
- grandes dunas (las alturas rebasan los 100 metros).

A modo de ejemplo, las Dunas de Maspalomas, por el valor medio de sus alturas (en torno a los cinco metros), se clasifican como formas menores, aproximándose algunas de ellas a intermedias.

El estudio de las formas geométricas de las dunas tiene su importancia porque permite descodificar las condiciones de formación del depósito cólico.

Las formas geométricas de las dunas se pueden deber a un conjunto de variables. Entre éstas, se encuentran:

- la topografía de contorno
- los vientos determinantes
- la humedad ambiental, y
- la cuantía de disponibilidad de arenas.

Se pueden identificar y denominar una gran variedad de formas geométricas dunares, recogidas por J. Martínez (1997), pero quizás las de más identidad en los litorales canarios sean:

1. Las *dunas de barlovento* son cuerpos de arenas depositados inmediatamente por delante de un resalte topográfico, con continuidad lateral, que hace frente al viento de transporte. A este tipo pertenecen las *dunas trepadoras* y las *dunas de eco*. Las primeras se apoyan directamente sobre

el resalte topográfico. Las segundas están separadas del resalte topográfico por un *surco* causado por el *efecto pantalla*.

El que se forme un tipo u otro depende de la altura del obstáculo y/o de la pendiente de la misma. A menor altura y pendiente, mayor posibilidad de que se forme una *duna trepadora*, porque se impide la reflexión del viento.

En relación con las *dunas trepadoras*, están las *dunas de caída*. Éstas son depósitos eólicos, localizados a sotavento de un resalte, cuyas arenas han remontado un escarpe, con mayor o menor pendiente. Hay un trasvase de árido desde barlovento a la vertiente de sotavento.

2. Las *dunas de sotavento* son cuerpos de arenas acumulados a sotavento de pequeños obstáculos aislados, por difracción del viento. La difracción conlleva una caída de la velocidad del viento, lo que implica una pérdida de capacidad de transporte de arenas. Estas dunas tienen interés para la interpretación del campo eólico de la zona en un momento dado (reinante o dominante), en los sectores externos de la formación dunar, o en formaciones dunares incipientes.
3. Las *dunas transversales* definen depósitos de arenas alargados, desarrollados perpendicularmente a un viento dominante, de intensidad media y constante en dirección y velocidad.
4. Los *barjanes* son acumulaciones parabólicas, en forma de media luna, con los *cuernos* alargados hacia el sentido de avance del viento. Se encuentran en escenarios con situaciones de frecuentes vientos fuertes.
5. Las *duna con morfología antibarján*, describen depósitos parabólicos con los *cuernos* dirigidos hacia la procedencia del viento. Se ubican en climas templados.
6. Las *dunas troncocónicas*. Se trata de depósitos de arenas con morfología conoide pero con las cimas truncadas y rematadas con depresiones. Describen un estado dunar juvenil avanzado, pero bloqueado, de forma prematura, por una vegetación.

En el marco geográfico de Gran Canaria, se encuentran muy bien desarrolladas las dunas transversales y los barjanes en el Campo de Dunas de Maspalomas (figura 1.4), donde se encuentran, además, *dunas trepadoras* y *de eco*, en relación con el escarpe de la llanura aluvial y/o con las edificaciones que soporta su límite más externo.

Las dunas troncocónicas se encuentran muy bien desarrolladas en el Campo de Dunas de Corralejo (Fuerteventura), sin descartar casos puntuales en el de Maspalomas (Cañada de La Penca, por ejemplo).

Las pequeñas dunas de sotavento se localizan, preferentemente, en la periferia externa de formaciones dunares (la enfrentada a la playa), o donde potencialmente se podrían desarrollar si se diesen un conjunto de variables favorables.

En la geometría descrita de los depósitos de arena, dan especial información las rizaduras (ripple-marks) que se observan, preferentemente, en las caras de barlovento. Éstas permiten obtener una primera radiografía, muy aproximativa, de los condicionantes eólicos. Con alguna frecuencia, las rizaduras permiten inferir las direcciones principales y secundarias de los vientos, que suelen coincidir con la de los dominantes y reinantes significativos.

Otras observaciones de este tipo (denominadas de estructuras sedimentarias) de interés, que también aportan información sobre la dinámica eólica, en un depósito de arenas, son, entre otras:

- Las *estratificaciones cruzadas* (cross bedding). Describen sucesiones de vientos con distintas direcciones de procedencia. En el campo de paleodunas de Tufia (prácticamente ya desaparecido por actuaciones antropogenética), en la Isla de Gran Canaria, existen ejemplos muy ilustrativos de este tipo de estructuras.
- Las peculiares deposiciones de los granos más densos, comúnmente oscuros, de menas metálicas. Pueden formar dibujos caprichosos por disecciones superficiales, u ocupar posiciones en la cresta y senos de las rizaduras. Numerosos ejemplos se observan en el Campo de Dunas de Maspalomas.
- Y las *lenguas de deslizamiento*, en las caras de sotavento de las formas dunares, y próximas a las crestas. Indican que esas caras, o sectores de las mismas, acaban de rebasar la pendiente de equilibrio o están en meta-equilibrio. En el caso de las Dunas de Maspalomas, las superficies de sotavento tienen pendientes de equilibrio en torno a los 23°, y a menudo presentan estas lenguas de deslizamiento.

Otro aspecto a considerar, en los depósitos dunares, son las formas de los granos de las arenas, que definen su morfoscopia, como uno de los

aspectos básicos texturales, junto con la granulometría (tamaño de las arenas).

En las Dunas de Maspalomas, como sucede en todas las formaciones eólicas, la morfoscopia mayoritaria es subesférica y, como ya se ha hecho referencia, la mediana de los granos de arena está en los 0.20 mm (Martínez et al., 1986a).

3. PROTOCOLO PARA DETERMINAR PATRONES DE COMPORTAMIENTO MORFODINÁMICO EN FORMACIONES DUNARES

Los patrones de comportamiento morfodinámicos son los modelos que rigen la evolución de un depósito sedimentario, en este caso, de una formación dunar.

La simulación de estos modelos precisa de una colaboración interdisciplinar. Para llegar a esta simulación, y a una aplicabilidad de la misma en una ordenación, planificación y manejo el territorio, se podría adoptar el siguiente esquema procedimental:

1. Diseño físico (el comportamiento descriptivo) del modelo sedimentario de las arenas, en su marco geográfico.
2. Toma y procesamiento de medidas eólicas.
3. Toma y procesamiento de datos sedimentarios de las arenas.
4. Tratamiento estadístico del ambiente sedimentario.
5. Modelización matemática e implementación del modelo en ordenador (simulación), conforme con las reglas de decisión válidas para la formación dunar en cuestión.
6. Discusión y conclusiones sobre la dinámica sedimentaria en la formación dunar y en las playas solidarias. Aquí se optará por el modelo adecuado a la física del problema.
7. Análisis de posibles impactos físicos por probables intervenciones antropogénicas, en la formación dunar y/o playas solidarias.

El tratamiento estadístico comprende los siguientes pasos:

- a. Estudio preliminar de las relaciones existentes entre la dinámica sedimentaria de la zona y las circunstancias ambientales de la misma:

- volumen de aportes de arena a lo largo del año
 - efectos del viento y de la topografía del terreno sobre el transporte de los áridos, y
 - pérdidas sedimentarias por la amortiguación de la erosión en las playas solidarias, a causa de los temporales, o por el avance del mar.
- b. Diseño de campañas de toma de datos sedimentarios. Se contemplará:
- punto de tomas de datos
 - número de observaciones a realizar en cada punto, y
 - frecuencia de la toma de datos.
- c. Estimación y predicción de series de datos sedimentarios para periodos largos, a partir de la información disponible de datos eólicos, y de otras variables, correspondientes a las observaciones llevadas a cabo.
- d. Estimación de los parámetros, y posibles correlaciones, de las diferentes funciones que intervienen en los procesos y efectos sedimentarios de una formación dunar. Una serie de estas funciones está recogida por Martínez (1997).
- e. Elaboración de los resultados obtenidos en los apartados anteriores, para su utilización en los modelos de simulación.

Las reglas de decisión serán específicas para cada formación dunar. En cuanto al campo de dunas de Maspalomas, se admiten las siguientes premisas:

1. Los barjanes traducen disponibilidades reducidas de arenas.
2. El desarrollo de dunas transversales implica buenas disponibilidades de arenas:
 - por aportes relativamente importantes, o
 - por aportes reducidos, pero de forma constante y durante largos periodos de tiempo.
3. La presencia de dunas transversales, sin una cobertura vegetal, permite deducir que la zona en la que se encuentran, está sometida, en principio, a unos procesos clímax de transporte y de deposición eólica de arenas (zonas activas).
4. Se identifica una zona de actividad incipiente cuando, a barlovento de la zona de actividad máxima (zona clímax), hay:

- depósitos de arenas en manto, o
 - dunas libres propias de modestas disponibilidades de áridos (presencia de barjanes y ausencias de dunas transversales).
5. Una zona de actividad sedimentaria amortiguada, tras la zona clímax, en el sentido de avance (hacia donde se dirige el viento), estaría constituida también por:
- depósitos de arenas en manto, o
 - dunas libres que indiquen llegadas reducidas de aportes de áridos.
6. Se identifica una zona de actividad terminal cuando concurren:
- la existencia de barjanes, como morfología dunares significativas, y
 - la fijación de la formación sedimentaria por la colonización vegetal.

En estos sectores, los transportes y las deposiciones de las arenas están muy limitados:

- por una fuerte caída de la capacidad de transporte de los vientos, que condicionan la dinámica sedimentaria de las arenas
- lo que a su vez conlleva a pocas disponibilidades de áridos, en estos sectores que definen los límites internos (hacia tierra) de las formaciones dunares.

La aplicación de estas reglas de decisión se hará en el capítulo correspondiente a la descripción detallada del Campo de Duna de Maspalomas.

4. MÉTODOS PARA LA APLICACIÓN DEL PROTOCOLO

Para formular patrones de comportamiento de las formaciones dunares, se precisa de una serie de metodologías apropiadas con sus tecnologías inherentes. De todas, las indispensables son:

1. Los mapas eólicos.

En el diseño de la dinámica sedimentaria específica de las formaciones dunares, se debe prestar especial atención a:

- las direcciones de desplazamiento de las formas de depósito
- y a las velocidades de los desplazamientos de estas formas.

Para ello se debe de disponer:

- de buenos mapas eólicos, de velocidades y de direcciones, y de comportamiento a largo plazo, tanto a ras de superficie como a distintas alturas, dentro de una franja altitudinal de unos pocos metros, y
- de un programa informático, que prediga las modificaciones de los mapas eólicos en función de la topografía.

En la obtención de mapas de simulación de vientos se sigue una metodología de modelización matemática, a partir de resoluciones numéricas de ecuaciones diferenciales.

En un estudio de aproximación, las direcciones y velocidades de los vientos, que intervienen en el desarrollo de las formaciones dunares, se pueden estimar:

- Mediante el análisis de series temporales de medida tomadas en estaciones meteorológicas próximas. Se debería de disponer de series significativas de más de once años. El viento es una variable de la meteorología y ésta depende de la evolución de las manchas solares, cuyos periodos de activación-desactivación es de 11 años, conforme con muchos autores.
- Con los pasillos de sombra eólica. Éstos definen *formas por ausencia de deposición sedimentarias* (antiformas). Presentan geometrías alargadas, entre depósitos eólicos, a sotavento de un obstáculo importante, como puede ser un kiosco playero. Traducen, de una forma empírica, la dirección promedio de los vientos dominantes (los de mayor probabilidad de presentación), y la distorsión, de sus efectos sedimentarios, por los vientos reinantes (vientos significativos, no ocasionales, sin llegar a ser los de mayor probabilidad de presentación).
- Y con la proyección de Smith, convenientemente adaptada. Consiste en la proyección estereográfica del conjunto de dunas de una formación. En este caso se representa la dirección y el buzamiento de las caras de sotavento (que son las mejores definidas) de las dunas observadas *in situ*, pero previamente analizadas y seleccionadas en un mosaico de fotografías aéreas. En la falsilla de proyección se obtienen nubes de puntos que se pueden englobar por curvas cerradas, no secantes entre sí. Cada curva, que delimita a una nube de punto,

representa a un porcentaje de formas dunares. La geometría de las diferentes curvas está en dependencia con la dirección del viento que ha originado las formas representadas.

2. Estimaciones de direcciones y de velocidades de desplazamiento de las dunas.

Estas estimaciones se obtienen:

- mediante el contraste de series de mosaicos de fotografías aéreas, ajustadas a una misma escala, y adecuadamente distanciadas en el tiempo, o
- con series de campañas topográficas de seguimiento *in situ*, diseñadas de acuerdo con las características de las variables de la dinámica dunar, principalmente las eólicas.

En relación con las campañas topográficas, Martínez (1997) recoge técnicas específicas para medir direcciones y velocidades de desplazamiento de dunas.

3. Experimentación en bancos de pruebas.

Con el empleo de bancos de pruebas, en relación con la dinámica de las arenas eólicas, las discusiones de los datos pueden estar centradas en establecer tentativas de correlaciones entre:

- velocidades de vientos y
- cantidades de arena, transportadas por reptación y/o saltación.

Las correlaciones permiten determinar, entre otras cosas, el rango de velocidades del viento para diferentes:

- condiciones ambientales (pendientes y humedades, sobre todo), y
- condiciones texturales (morfoscopías, granulometrías y densidades, entre otras) de los granos de arenas de playa, susceptibles de formar dunas.

Se estimarían umbrales específicos de la velocidad del viento, para diferentes tipos texturales de arenas y condiciones ambientales:

- Umbrales de mínimos, por debajo de los cuales no habría capacidad de transporte.

- Y umbrales de máximos, por encima de los que sólo habrá capacidad de transporte total, sin que se dé depósito.

Las arenas se depositarían *lejos* de la orilla de la playa fuente de los aportes, tierra adentro. Los depósitos eólicos de arenas no estarían en solidaridad con sus playas de origen.

Los bancos de pruebas dan, así mismo, la oportunidad de experimentar con las rizaduras, inherentes con un trasporte por saltación. Se determinarían cómo intervienen algunos de los condicionantes ambientales, y las características texturales de las arenas, tanto en las alturas como en los espaciados de estas estructuras sedimentarias.

No hay que olvidar que los resultados obtenidos con bancos de pruebas son meras aproximaciones a la realidad. Los desajustes que se detectaran se deberían a los efectos de los cambios de escala, independientemente de que se hayan controlado, o no, todas o partes de las variables intervinientes en los procesos y efectos.

4. Cartografía granulométrica.

Se levantan cartografías de acuerdo con las distribuciones de las medianas granulométricas, de muestreos tomados a barlovento y sotavento, a lo largo y ancho de la formación sedimentaria eólica.

Los muestreos se realizan inmediatamente después de periodos significativos de tiempo, en relación con la incidencia de vientos:

- tanto dominantes
- como reinantes.

Las pautas que se deduzcan estarán en coherencia con los condicionantes:

- eólicos y
- topográficos, incluidas las barreras físicas en general.

5. Cartografías de las relaciones intertexturales.

Aquí se juega:

- con granulometrías, y

- con otros aspectos texturales, tales como densidades y grados de redondeamiento y de esfericidad.

La metodología se encuentra descrita por Martínez (1997).

Conforme con resultados de laboratorio, a partir de muestras del Campo de Dunas de Maspalomas (Isla de Gran Canaria), se llega a las siguientes formulaciones:

- Ante una granulometría óptima, propia de este Campo, los granos leucocratos (minerales claros) no calcáreos, son más fáciles de transportar que los de melanocratos (minerales oscuros).
- Entre los melanocratos, las relaciones entre valores granulométricos y de redondeamiento y esfericidad miden su facilidad de ser transportados. En la cartografía se localizan los mayores grados de esfericidad y de redondeamiento en aquellas arenas que han alcanzado un mayor desplazamiento.
- Y tanto en los leucocratos como en los melanocratos, relacionando mediana granulométrica y grado de esfericidad y de redondeamiento, se discriminan los distintos grados de participación de cada modalidad de transporte (por reptación y por saltación). Los más esféricos y/o redondeados traducen una mayor participación de la reptación, donde se produce un mayor desgaste de vértice y de aristas.

5. INTERÉS DE LAS DUNAS

En la mayoría de los casos, las formaciones dunares representan las *despensas* sedimentarias de las playas que actúan como fuentes de aportes de arenas. Puede ocurrir, con relativa frecuencia, que el hipotecamiento de una formación dunar traiga consigo la degradación morfodinámica de su playa.

En este comportamiento de las dunas como despensas sedimentarias, los depósitos eólicos prestan arena a su playa cuando se encuentran sometidas a drásticos procesos de erosión, para que tienda a recuperar sus perfiles sumergidos de equilibrio. Y, además, con estas recuperaciones de los perfiles, aún reinando los temporales, decrecen las profundidades de las playas sumergidas, lo que hace que un oleaje erosivo disipe parte de su energía por rozamiento. La disipación de la energía de un oleaje conlleva una

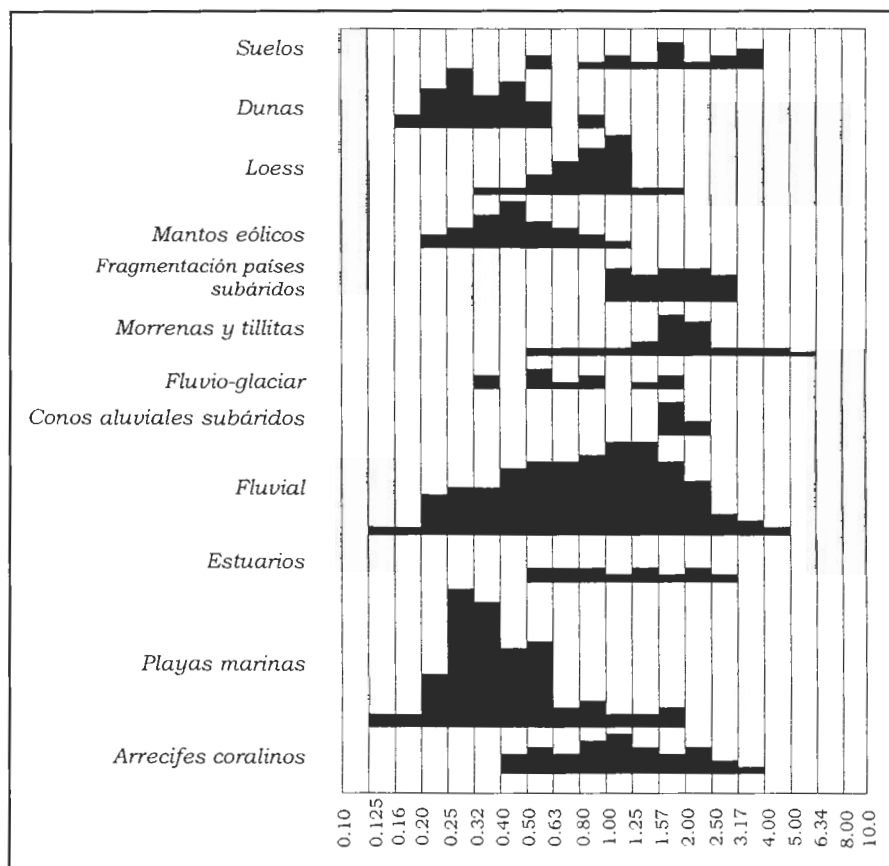
pérdida de capacidad de erosión, en el ambiente playero más interno (entre la orilla promediada y la *línea*, también promediada, de rotura del oleaje).

La devolución de arenas a las dunas tiene lugar cuando la playa se encuentre en situación de superávit (por encima de los perfiles de equilibrio), en sus sectores más internos

Dentro de este esquema de *préstamo-devoluciones* se encuentra la explicación del origen de series de cordones dunares paralelos. De acuerdo con Paskoff (1985), el cordón más interno (en situación disfuncional, en relación con la situación actual de la playa), se corresponde con la posición más progradante de ésta, que se formó con la elevación máxima del nivel medio del mar. Mientras que el cordón más externo está en dependencia con la dinámica actual de préstamos-devoluciones de la playa. Obviamente, los posibles cordones con posiciones espaciales intermedias, se corresponderían a las diferentes fluctuaciones del nivel medio del mar, en un periodo regresivo. Se hace la misma interpretación que para las paleo-playas levantadas.

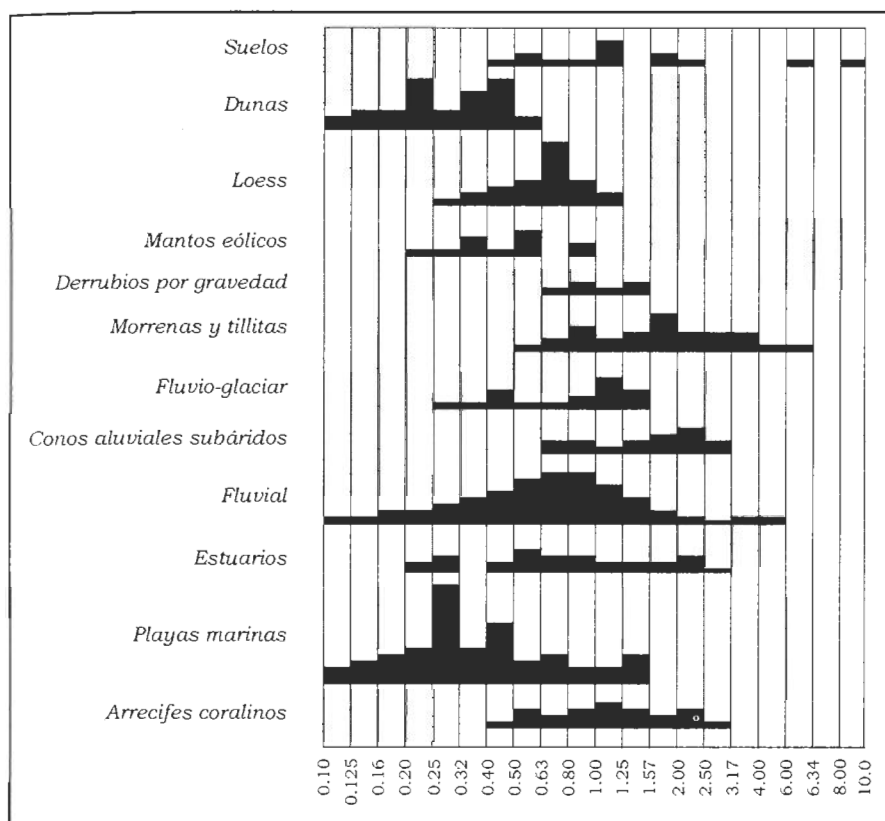
De aquí la importancia de dotar de medidas de protección a las formaciones de dunas, ya que su desaparición podría resultar determinante para que no se regeneren las playas alimentadoras, cuando pierdan arenas durante los temporales.

Figura 1.1. Histograma de Qp de Krumbein



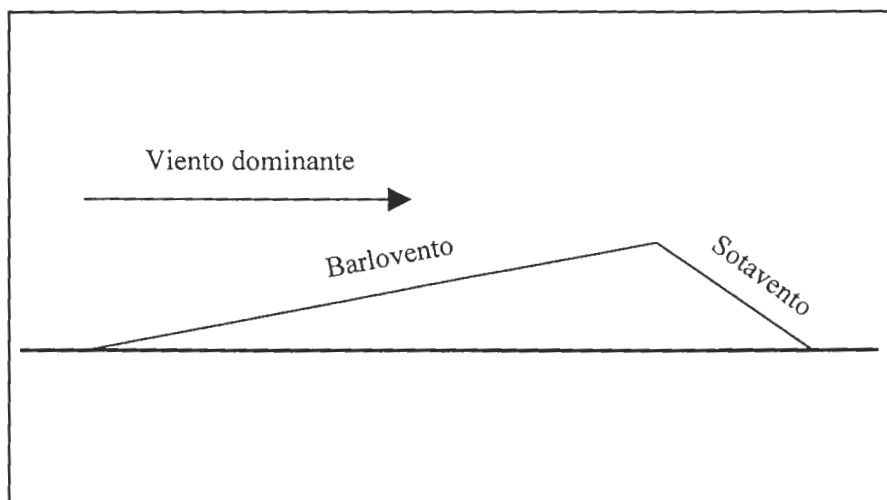
Fuente: Krumbein, W. C. (1934). *Size frequency distribution of sediments*. Jour Sedim. Petrol. 4, 65-77

Figura 1.2. Histograma de Hè de Cailleux



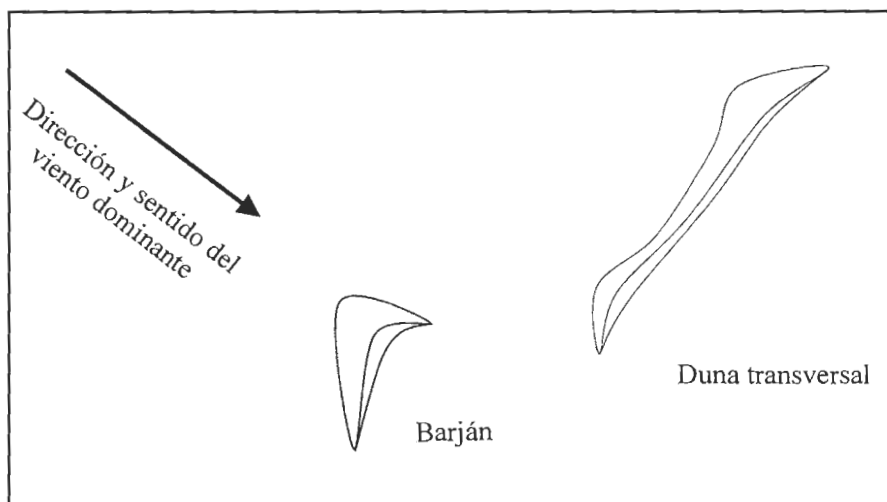
Fuente: Cailleux, A. (1943). Distinción de sables marins et fluviaux. Bull. Soc. Géol. Fr. 13, 125-138

Figura 1.3. Sección de una duna: caras de barlovento y de sotavento



Fuente: elaboración propia

Figura 1.4. Modelos básicos de dunas en la isla de Gran Canaria



Fuente: elaboración propia

LA DISTRIBUCIÓN EN EL TIEMPO DE LAS
DUNAS LITORALES EN LA ISLA DE
GRAN CANARIA

1. CARACTERIZACIÓN DE LA ISLA DE GRAN CANARIA

Gran Canaria (figura 2.1) es una de las dos islas capitalinas del Archipiélago Canario (España), que se localiza conforme con las coordenadas geográficas:

- Latitud: entre $28^{\circ} 11'$ y $27^{\circ} 43'$ N.
- Longitud: entre $15^{\circ} 22'$ y $15^{\circ} 50'$ al W de Greenwich.

La descripción de su marco geográfico se hace bajo los siguientes epígrafes:

a. Fisiografía

La Isla tiene una planta casi circular. El diámetro menor mide 47 kilómetros y el mayor 55. Su superficie es de unos 1532 kilómetros cuadrados. En perfil, describe un relieve en cono, con la cúspide (vértice) a 1964 metros de altitud, truncada por una gran caldera de erosión, en el centro de la Isla (Cumbres de Tejeda). Esta caldera tiene su eje mayor, de 14 kilómetros, en la dirección NE-SW. El eje menor mide 7.50 kilómetros. Delimita una superficie de unos 83 kilómetros cuadrados.

El relieve conoide de las laderas se halla diseccionado por una red radial de barrancos encajados. El drenaje superficial actual de las aguas de lluvia se superpone, en parte, a otros, referentes a diferentes generaciones de erosión, que se encuentran parcialmente fosilizados por deposiciones eruptivas posteriores.

A escala insular:

- el grado de encajamiento de los barrancos, que es avanzado
- las magnitudes considerables del arranque y transporte de materiales, que suponen la excavación de las dos grandes calderas de erosión, y
- las importantes formaciones *deltaicas*, en algunas desembocaduras traducen las huellas de una paleo-climatología diferenciada, en los macroprocesos de erosión.

El actual régimen de precipitaciones no puede labrar la topografía que presenta Gran Canaria, en un dominio climático meso-térmico, y frente a las características mecánicas de las rocas, que forman el edificio insular.

La morfodinámica del litoral de Gran Canaria muestra peculiaridades según la vertiente que se describa. Así:

1. El Este insular se identifica, significativamente, con un extenso glacis litoral. Conceptualmente, coincide esta unidad, en parte, con las plataformas de Hansen (1990), que las define como superficies relativamente planas-onduladas, suavemente inclinadas hacia la costa (con pendientes inferiores a un 5%), y relacionadas con terrenos ganados al mar, por erupciones volcánicas.
2. En el SW, predominan los cuchillos transversales a la orilla, con sus frentes terminales, en un relieve generalizado de laderas abruptas y acantilados.
3. En el W, destacan las laderas abruptas con cortadas con frentes en trapps o en andenes, sobre acantilados. El conjunto del relieve toma verticalidades y potencias espectaculares, que enriquecen el valor paisajístico de ocio del territorio. El techo del relieve, en algunos puntos, rebasa los 1000 metros.
4. Mientras que en la cornisa Norte, junto a una orilla que configura numerosas caletas y sub-caletas, hay un pequeño muestrario de unidades morfodinámicas, tales como:
 - el acantilado de Los Mármoles, en Guía
 - el paleo-acantilado de Bañaderos - San Andrés
 - las laderas abruptas-acantilados de la Cuesta de Silva
 - el glacis litoral de Piso Firme - El Juncal, en Gáldar, y
 - la rasa de San Felipe, en Guía.

Otras unidades morfodinámicas interesantes se pueden localizar en el litoral grancanario. Al respecto, se identifican:

- a. Las playas arenosas de grandes dimensiones: Playas de El Inglés-Maspalomas.
- b. Y los extensos depósitos eólicos de arenas:
 - Campo de Dunas de Maspalomas
 - Arenales de Arinaga
 - Paleo-Campo de Dunas de Tufia, y
 - los arenales ocupados por la Ciudad de Las Palmas.

Las Playas de El Inglés y de Maspalomas, y su Campo de Dunas se localizan en el Sur de la Isla. Y los Arenales de Arinaga y el Paleo-Campo de Dunas de Tufia están en la vertiente oriental, delimitados, internamente, por un glacis litoral.

El Paleo-Campo de Dunas de Tufia se encuentra, además, sobre una rasa levantada, a unos 20 metros de altitud, que tiene una fachada externa en acantilados. En realidad, para este ambiente, habrá que hablar en pasado, ya que ha sido prácticamente desmantelado. Soportó una explotación como cantera a cielo abierto, para la extracción de áridos, en las décadas de los años 60-70.

b. Introducción geológica

El vulcanismo canario se encuadra en series petrológicas del tipo alcalino sódico. Para las erupciones sub-aéreas, Fúster et al. (1968) describen tres ciclos, sin correspondencias cronológicas, en el conjunto del Archipiélago Canario:

- El primero de ellos, el más antiguo, determina rocas basálticas.
- El segundo, que no se encuentra en todas las islas, es traquibasáltico, traquítico, fonolítico e incluso basáltico.
- Y el tercero está representado por basaltos, de manera generalizada y, localmente, por rocas básicas-sálicas.

En la actualidad, algunos geólogos prefieren admitir solamente dos ciclos, además de un vulcanismo reciente (de pocos miles de años) e histórico (con fechas).

Cada uno de estos dos ciclos comprende erupciones basálticas, seguidas de otras sálicas (traquitas-fonolitas), por diferenciación magmática. Se da también la posibilidad de que, dentro de un mismo ciclo, estos dos tipos de erupciones sean contemporáneos, o que sólo existan las emisiones basálticas. En este último caso, el ciclo quedó parcial y geoquímicamente abortado, o no ha finalizado.

Aquí ya se establecen correspondencias cronológicas insulares:

- el primer ciclo se sitúa entre los 20 y 5.1 millones de años, y
- el segundo desde 5.1 millones de años hasta pocos miles de años.

A partir del esquema conceptual clásico, y con datos de Fúster et al (1968), Araña y Carracedo (1978) y Hansen et al. (1990), se presenta la siguiente secuencia de acontecimientos, de muro a techo (*de abajo a arriba*), en la Isla de Gran Canaria:

1. Formación de un horst tectónico (bloque levantado), con una cobertura de sedimentos marinos, hace aproximadamente unos 26 millones de años.
2. Erupciones de lavas submarinas.
3. Erupciones de basaltos antiguos, o de meseta (Serie Basáltica I). La edad de estas rocas está alrededor de unos -13 millones de años.
4. Inactividad volcánica e importante y prolongado episodio erosivo, entre -12 y -9 millones de años.
5. Erupciones predominantemente sálicas, en el lapso de tiempo comprendido entre -9 y -3.4 millones de años.
6. Inactividad volcánica y una segunda, importante y prolongada, etapa erosiva.
7. Erupciones de los basaltos recientes.

En la cartografía geológica, las rocas más antiguas (basaltos de la Serie I, traquitas y fonolitas) afloran, profusamente, en la mitad SW de la Isla. En la otra mitad (la NE), aparecen, mayoritariamente, los basaltos más modernos: Series II, III y IV. De aquí que se hable de una Paleocanaria y de una Neocanaria, separadas por una línea imaginaria, que uniera el Valle de Agaete

con el Barranco de Tirajana. Para Carracedo (1980), esa dirección y localización coincide con el eje estructural significativo de la Isla.

c. Climatología

Conforme con los datos de la página webs www.dis.ulpge.es de la Universidad de Las Palmas de Gran Canaria (consultada el 22/10/2002), para la franja litoral de la Isla, la más poblada, se obtienen los siguientes valores:

- temperatura media anual, a la sombra: 21.4° C
- pluviometría media anual: 11.48 mm
- media anual de las horas de sol diarias: 7.5
- humedad relativa media anual: en torno a un 60 %
- vientos: normalmente del NE (dominantes), que no superan los 20 km/hora (de calma a vientos flojos, en la Escala de Beaufort)
- temperatura media anual del agua del mar en la orilla: 20.7° C.

En relación con estos datos:

1. Las temperaturas y las horas de sol diarias se desvían, respecto a las medias, hacia valores más altos en la franja litoral meridional, disminuyendo en la septentrional.
2. Las precipitaciones y la humedad relativa se incrementan en la vertiente Norte, y disminuyen en la vertiente Sur.
3. La velocidad de los vientos del NE (del alisio) decae, habitualmente, de octubre a mayo. En la vertiente SE insular, la velocidad de los vientos se intensifica. Y la vertiente SW, por lo general, es una zona de calmas.

d. Biocenosis

Según David Bramwell (1974), la biodiversidad de la Isla de Gran Canaria es muy rica. En relación con la flora, se describe más de 2000 especies, de las cuales 700 son endemismos. Entre estos endemismos, 200 especies están en peligro de extinción, como es el caso del *Lotus kumkelii*, que se localiza en la Playa de Jinámar, en el litoral oriental.

En esta Isla, se distinguen dos áreas florísticas diferentes:

- área florística de la vertiente N-NE, en dependencia con los vientos del alisio, que tienen su dominancia, normalmente, entre mayo y octubre, y
- área florística de la vertiente S, resguardada de los vientos dominantes del N-NE.

Para la vertiente N-NE, se describe la siguiente secuencia de pisos de vegetación, desde la orilla a la cumbre:

1. Piso halófilo, hasta donde llega el spray marino.
2. Piso tabaibal – cardonal (de las euphorbias), que se solapa con el anterior piso, y que puede alcanzar los 400 – 500 metros de altitud.
3. Piso del monte verde (laurisilva y fayal-brezal), desde los 500 a los 900 metros de altitud, en la zona en que el mar de nubes del alisio choca con el relieve insular.
4. Pinar (*Pinus canariensis*), entre los 900 metros y los 1500 metros de altitud.
5. Y el matorral montano, donde destacan las retamas, desde unos 1200 metros hasta la cota de culminación de la Isla, a 1964 metros (Pico de Las Nieves).

En la vertiente Sur:

- el monte verde se encuentra sustituido por el sabinar, (*juniperus phoenicea*), y
- se localiza una excelente representación del tabaibal-cardonal en la zona de Los Pilacones (entre Ayagaures y Fataga).

En todo el perímetro insular, toma significado el bosque termófilo, siendo la especie de mayor interés, en protección, la palmera canaria (*phoenix canariensis*).

En realidad, y por lo general, estos pisos se encuentran degradados, y algunos, como son los casos de la laurisilva y del sabinar, están prácticamente destruidos.

En cuanto a la fauna, los vertebrados son poco significativos, a excepción de algunas especies de aves y de reptiles (lagartos).

e. Demografía residencial lugareña

Conforme con el censo del año 2001, sin considerar la carga turística (de algo más de 3 millones en ese año), la Isla de Gran Canaria tiene una población residente de 730 622 habitantes. Como la superficie insular es de 1532 km², se calcula una densidad de población de 477 residentes por km².

La distribución de la población estable no es homogénea en el conjunto de la Isla, sino que se presenta de forma irregular. La población se concentra, preferentemente:

- en la capital (Las Palmas de Gran Canaria), con 364 777 habitantes, y
- en los núcleos emergentes del SE insular, como ciudades dormitorio de los trabajadores del sector servicios, en dependencias con los grandes complejos turísticos del Sur de la Isla.

Otros núcleos importantes corresponden a los grandes complejos turísticos del litoral S-SW de Gran Canaria, con más de 135 000 camas, con una población transeúnte, en su mayoría.

De acuerdo con Cáceres (2002), estos núcleos se ajustan a un modelo de expansión, que se caracterizan:

- por una monofuncionalidad, en el sentido de que la explotación turística ha ido desplazando a lo que había con antelación
- por una simplicidad, entendida como ciudades elementales que “*crecen*” pero que no se “*desarrollan*”, al no generar actividades propias de la cultura urbana, y
- por corresponderse con estandarizaciones referentes tanto a la forma de construir (que se repite en todas partes), como a unos planteamientos similares de explotación de las plantas turísticas.

f. Atractivos turísticos

Por sus atractivos, Gran Canaria representa un destino turístico consolidado. Recibe unos 3 000 000 de turistas anuales, de acuerdo con un valor promedio para los últimos años.

Su turismo se basa en el disfrute de las playas de *sol y baño*, sin que se descarte el aprovechamiento de otros atractivos.

Como isla oriental de su Archipiélago, posee significativas playas arenosas, ligadas a campos de dunas, muy aptas para un uso de *sol y baño* por las características climáticas y oceanográficas de contorno. Sus grandes playas del Sur, están sometidas:

- a una temperatura atmosférica media anual de 25 grados centígrados aproximadamente
- a más de un 90 % de días soleados (sobre todo en el Sur), y
- a oleajes dominantes, que no inciden de forma directa.

La incidencia no directa del oleaje dominante, en estas playas, hace que no alcance, habitualmente, alturas inapropiadas para el uso del baño.

Estos atractivos básicos de *sol y baño*, que genera un turismo de masas, son:

- Playa de Las Canteras, en Las Palmas
- Playa de San Agustín (San Bartolomé de Tirajana)
- Playa de El Inglés (San Bartolomé de Tirajana), y
- Playa de Maspalomas (San Bartolomé de Tirajana)

aparte de otras playas arenosas artificiales, entre las que se encuentran, principalmente, la Playa de Puerto Rico, y la Playa de Amadores, ambas en el litoral del SW, en el Municipio de Mogán.

En este destino turístico, hay, además, otros atractivos, que pueden corresponderse, normalmente, con activos complementarios respecto al activo *sol y baño* de las playas, como son los paisajes recreacionales.

Los paisajes recreacionales más significativos de Gran Canaria se localizan:

- en la zona de Cumbres, y
- en la fachada marítima del NW.

2. FUENTES DE APORTES DE ARENAS DE LAS DUNAS DE GRAN CANARIA

Los relieves de la Isla de Gran Canaria, que están sometidos a la acción erosiva del mar, son de naturaleza volcánica, básicamente de basaltos, de traquitas y/o de fonolitas, y/o depósitos sedimentarios derivados de la erosión de estas rocas. Luego, sería de esperar que las playas arenosas de esta Isla estuvieran formadas por áridos procedentes de estas rocas, donde la composición carbonatada debiera ser muy minoritaria.

Sin embargo, las playas arenosas más significativas de esta Isla (Las Canteras, la Paleoplaya de Tufia, El Cabrón, las Playas de El Inglés y de Maspalomas, con su Campo de Dunas, y la Paleoplaya de Punta de las Arenas) son mayoritariamente biocarbonatadas, con un porcentaje superior al 35% en peso de carbonatos. Por ejemplo, se miden los siguientes contenidos promediados en carbonatos en muestras globales tomadas en franjas intermareales:

- 40.22 % en Las Canteras Norte
- 36.67 %, en Las Canteras Sur
- 40.02 % en El Cabrón, y
- 48.39 %, para el conjunto de Playa de El Inglés-Maspalomas.

Y en el Campo de Dunas de Maspalomas, la calcimetría promedio de arenas globales de barlovento-sotavento, proporciona un valor de 48.40 % en peso, de carbonatos.

Para explicar esta composición carbonatada de las arenas de las playas y dunas de Gran Canaria, se tiene que recurrir a fuentes de *aportes abundantes de bioclastos* en la plataforma insular, en dependencia con la convergencia de dos circunstancias:

- una actividad biológica propia del lugar
- más unos aportes excepcionales de bioclastos, relacionados con filamentos oceanológicos (figura 2.2),

sobre amplias y someras plataformas insulares, que sean sensibles a la dinámica del oleaje habitual. Estas plataformas definirían fondos activos, en dependencia con la altura promedio del oleaje dominante. El oleaje será el

agente de transporte que llevará a las arenas desde estas acumulaciones excepcionales hasta la orilla.

Se definen como filamentos oceanológicos las *lenguas de agua fría y alto contenido en materia orgánica, que se extienden hacia el Océano Atlántico desde África*, en la columna de agua más superficial, de acuerdo con líneas de investigación en teledetección oceanográfica (*Sección Gran Angular: España Submarina*, páginas 55-58, en *National Geographic*, versión en español, diciembre de 2004).

Estos filamentos transportan larvas, sin excluir formas juveniles, de gasterópodos (tanto bentónicos como pelágicos) y de otros organismos (como peces), según comunicación personal de Santiago Hernández Brito (2005). El desarrollo y la proliferación de éstos, en la plataforma insular, explican los aportes excepcionales de bioclastos carbonatados, por acumulación de caparazones.

De acuerdo con la cartografía morfodinámica de la Isla de Gran Canaria, que genera el cuadro 2.1, estas plataformas amplias y someras (de más de 5 kilómetros de amplitud y con pendientes inferiores a 1.5%) se localizan, de forma generalizada, en el Sur y SW de la Isla, y, de forma puntual, en sectores diversos, tales como en el Norte de la Bahía de El Confital.

En relación con estas plataformas susceptibles de acumular excepcionales depósitos de bioclastos (en el S-SW de Gran Canaria), se podría formular el siguiente esquema general de transportes sedimentario de bioclastos, para explicar la formación de campos de dunas:

- a. Se depositan los restos carbonatados de gasterópodos en la plataforma insular amplia y somera, que llegaron a favor de la dinámica de los filamentos oceanológicos.
- b. Las anteriores aportaciones excepcionales se suman a la producción local. De esta manera, se explica la presencia de acumulaciones abundantes de restos carbonatados, tanto en la plataforma S-SW de la Isla, como en otros sectores de la misma.
- c. En relación con las acumulaciones abundantes en la plataforma SE de la Isla, se dan dos dinámicas:
 - Con los oleajes dominantes del N-NE (del alisio), la fracción arena de los bioclastos se desplazan hacia el SW (hacia la Provincia Morfodinámica de Morro Besudo – Faro de Maspalomas), posibilitando la fuente de arenas para la Dunas de Maspalomas.

- Y con los oleajes reinantes del S-SE (del tiempo Sur), estos bioclastos se desplazan hacia el NW (hacia la paleoplaya de Las Salinetas – Punta de Silva, en el pasado, y/o hacia otras playas de la vertiente oriental de la Isla, como El Burrero).

3. SUMIDEROS DE LAS ARENAS DE LAS DUNAS

Los desarrollos de las dunas se pueden encontrar controlados por sumideros sedimentarios.

Los sumideros son los lugares por donde hay pérdidas definitivas de arenas, en relación con un ambiente litoral.

Estos sumideros se pueden localizar:

- en ambientes sumergidos, o
- en ambientes emergidos.

Los sumideros sumergidos definen a relieves negativos, a modo de *pequeños cañones*, que atraviesan los taludes litorales, desde playas sumergidas donde intervienen las alimentaciones temporales desde las dunas. Se identifican con las singularidades másicas negativas de las playas, según la clasificación genética de las mismas de Suárez Bores (1978).

En cuanto a los sumideros emergidos, en sentido literal, son las zonas por donde se produce una evacuación terrestre irreversible, hacia fuera del sistema dunar. Sea el caso de la evacuación de arena desde las dunas de Barlovento de Jandía (Isla de Fuerteventura, Islas Canarias) hacia las playas de Sotavento, a través del Barranco de Pecenescal. Este Barranco es, respecto a las Dunas de Barlovento un sumidero, mientras se comporta como una fuente de aportes de arenas para las Playas de Sotavento.

En relación con los sumideros sumergidos, un posible esquema de la dinámica de las arenas, que alimenten a dunas litorales, puede ajustarse al siguiente modelo de ocho pasos:

1. Formación de un depósito de arenas, en una plataforma litoral, como fuente de aportes sedimentarios a una playa.
2. Transporte de las arenas desde el depósito sumergido de la plataforma litoral a la playa en cuestión, por la dinámica oceanológica.

3. Depósito de las arenas en la playa.
4. Transporte eólico de las arenas a las dunas, si las variables concurrentes son las adecuadas (tamaño de grano, amplitud de la playa intermareal, vientos capacitados para el transporte y depósito de las arenas, espacio suficiente para el desarrollo de las dunas y ausencia de una topografía envolvente que determine efectos barreras y efectos pantallas).
5. Actuación de las dunas como despensa sedimentaria de playa, cuando ésta se encuentre en situación de erosión.
6. Transporte de la arena que está alimentando a la playa en erosión (haciendo que las pérdidas sedimentarias queden anuladas o mitigadas), a través de una playa sumergida, y conforme con la dinámica oceanológica que provoca la erosión.
7. Evacuación de la arena que ha intervenido en la alimentación de la playa en erosión a través de un *cañón* sumergido (sumidero o singularidad másica negativa).
8. Y llegada de la arena a fondos inactivos, a favor del sumidero.

El modelo descrito concuerda con los procesos y efectos sedimentarios que se identifican en la provincia morfodinámica de Morro Besudo – Maspalomas (Sur de la isla de Gran Canaria), donde:

- a. La fuente de aportes de arenas se localiza en la plataforma insular del SE, que alimenta tanto a las playas del Sur como a las del Este, conforme con condiciones oceanológicas dominantes y reinantes respectivamente.
- b. Hay un transporte de arenas hacia la Playa de El Inglés con la oceanología dominante del NE (del alisio), desde la plataforma insular del SE.
- c. Se da un transporte eólico de las arenas hacia el Campo de las Dunas de Maspalomas.
- d. El Campo de Dunas de Maspalomas es la despensa sedimentaria de la Playa de Maspalomas, cuando ésta se erosiona con los temporales del S-SE, que transportan a las arenas erosionadas desde el Oeste al Este, hasta llegar a la Punta de La Bajeta.

- e. Y en el límite externo sumergido de la Punta de La Bajeta, se excava un sumidero, de dirección NNW-SSE, que atraviesa el talud insular y que hace que las arenas procedentes de la Playa de Maspalomas, durante las erosiones reinantes, abandonen la provincia morfodinámica hacia fondos inactivos.

La figura 2.1 localiza al Campo de Dunas de Maspalomas, que forma parte de la provincia morfodinámica de Morro Besudo – Faro de Maspalomas, en el extremo Sur de la Isla de Gran Canaria. Las descripciones detalladas, con sus ilustraciones, de los procesos y efectos morfodinámicos de esta Provincia, se encuentran recogidas por Martínez y Casas (1996).

Todas estas figuras son parte de los trabajos de campo, con sus procesamiento de datos, publicados desde 1982 por este equipo de trabajo.

4. CAMPOS DE PALEODUNAS: TUFIA

El Campo de paleodunas de Tufia (figura 2.3) se encuentra en la vertiente oriental de la Isla de Gran Canaria, dentro del término municipal de Telde, al Oeste de la caleta definida por la Punta de Silva y la Punta de Ojos de Garza.

La formación de arenas eólicas presenta una planta alargada, en la dirección N-S. La anchura media está en torno a los 250 metros. La longitud del yacimiento identificable alcanza unos 400 metros, aunque se prolonga hacia el Sur, en áreas hoy ocupada por explotaciones agrarias (invernaderos) y por las instalaciones del Aeropuerto de Gran Canaria.

Conforme con las muestras de la campaña del 19 de febrero de 2005, la descripción granulométrica de las arenas de estas dunas se condensan en los cuadros de los análisis granulométricos y de la caracterización granulométrica (cuadros 2.2 y 2.3).

De acuerdo también con las muestras de la campaña del 19 de febrero de 2005, las arenas de la paleodunas de Tufia son muy ricas en carbonatos (por encima de un 50% en peso), tanto por las aportaciones de caparazones de una fauna marina como por incorporaciones posteriores (una vez creado el ambiente playero-dunar) de caparazones de una fauna terrestre. Los resultados de las calcimetrías se recogen en el cuadro 2.4.

El campo de arenas de Tufia, en la década de los años 60, y parte de los 70, fue objeto de una explotación minera, para obtener áridos (básicamente en relación con el *boom* de la construcción turística), lo que provocó su práctica destrucción. Hoy sólo quedan restos de paleodunas en la periferia de la formación principal, que están muy afectados morfológicamente, dificultando el reconocimiento de las formas geométricas de las deposiciones sedimentarias (de las formas típicas de las dunas). Sin embargo, determinados cortes muestran las estructuras internas propias de dunas (como la estratificación cruzada). Además, se pueden medir las direcciones de capas de deposición de arenas, con los buzamientos propios de caras tanto de barlovento como de sotavento.

Por otra parte, y en este marco geográfico:

- a. Destaca la presencia generalizada de estructuras en arenas cementadas que recuerdan a formas vegetales, que se podrían identificar con moldes de raíces y tallos, con diámetros de hasta 30 centímetros, en la superficie y en el seno del cuerpo arenoso.
- b. Y entre niveles de deposiciones sedimentarias, correspondientes a periodos de calma de aportes y de deposición de arenas eólicas, se encuentran caparazones de *Trochoidea despreauxii* (d'Orbigny, 1839), junto a otros de *Panmacella auriculata*.

La *Trochoidea despreauxii*, de caparazones muy frágiles, es un gasterópodo terrestre actual de ambiente dunar, que se ha encontrado en las paleodunas canarias desde el Pleistoceno medio (Meco, 2004).

Esta fauna contenida en el seno de las Paleodunas de Tufia, por su lapso de existencia, permite datar a la formación sedimentaria eólica con una antigüedad no anterior al Pleistoceno medio. Esto no excluye que las dunas se hubieran formado durante esta época del Pleistoceno, dentro de la formulación de su Historia Geológica.

Como estos gasterópodos precisan de vegetación para su sustento, en cierta manera, sus restos apoyan la interpretación dada a las estructuras identificadas como las huellas de una vegetación.

La *Panmacella auriculata* es asimismo una especie terrestre, ya extinguida, que desarrollaba, en su dorso, un caparazón en forma de diente. Vivía, como la *Trochoidea despreauxii*, en un ambiente dunar. En este caso, la

especie matiza que en tal ambiente hubo periodos húmedos, en coherencia con las abundantes huellas de vegetación identificada en el afloramiento de arenas eólicas de Tufia.

Se puede llegar al patrón de comportamiento morfodinámico de estas paleodunas a partir de los siguientes puntos:

1. Como se recoge en el cuadro 2.2, desde las estaciones de muestreos representadas en la figura 2.4, hay una observación generalizada de pendientes de barlovento, aproximadamente entre 8 y 10°, buzando hacia el NW-NE, con situaciones extremas de pendientes tanto hacia el W como hacia el E.
2. Hacia el Norte (glacis de Las Salinetas - Punta de Silva), aparece una rasa marina a una cota de unos 20 metros, que pudo haber sido una amplia playa (?) pleistocena, conforme con los criterios altimétricos de Zeuner (1958) y en coherencia con la paleoplaya de la Punta de Arucas, y en compatibilidad con la presencia de la Trochoidea despreauxii, que se desarrolla desde el Pleistoceno medio hasta la actualidad.

La paleoplaya de Las Salinetas - Punta de Silva tuvo que haber representado a una fuente de arenas para las formaciones dunares del Campo de Tufia.

3. Los aportes de arenas hacia la paleoplaya procedían del Sur, desde la plataforma insular sobrealimentada con los aportes de gasterópodos relacionados con los filamentos oceanológicos, descritos anteriormente.
4. Unos vientos del Norte, en sentido lato, tomaban las arenas de la paleoplaya de Las Salinetas - Punta de Silva y las desplazaban hacia el Sur, también en sentido lato, formando el Campo de dunas sobre una zona emergida del territorio, a cota ligeramente superior.

La convergencia de la estratificación cruzada, observada en las paleodunas (estación número 1 y número 5, de la figura 2.4), confirma un transporte de arenas hacia el Sur, en sentido lato.

Una alternativa a la hipótesis referente a la zona de deposición de arenas eólicas, admitiría una amplia paleoplaya, que incluía a la actual zona de Tufia y que, tras una posterior retirada del mar, los vientos del Norte removerían la deposición de arenas de playa y formarían las paleodunas de Tufia.

La interpretación morfodinámica de los datos recogidos en el cuadro 2.3 de *caracterización granulométrica de las arenas del paleocampo de dunas de Tufía*, hace que se opte por la segunda alternativa.

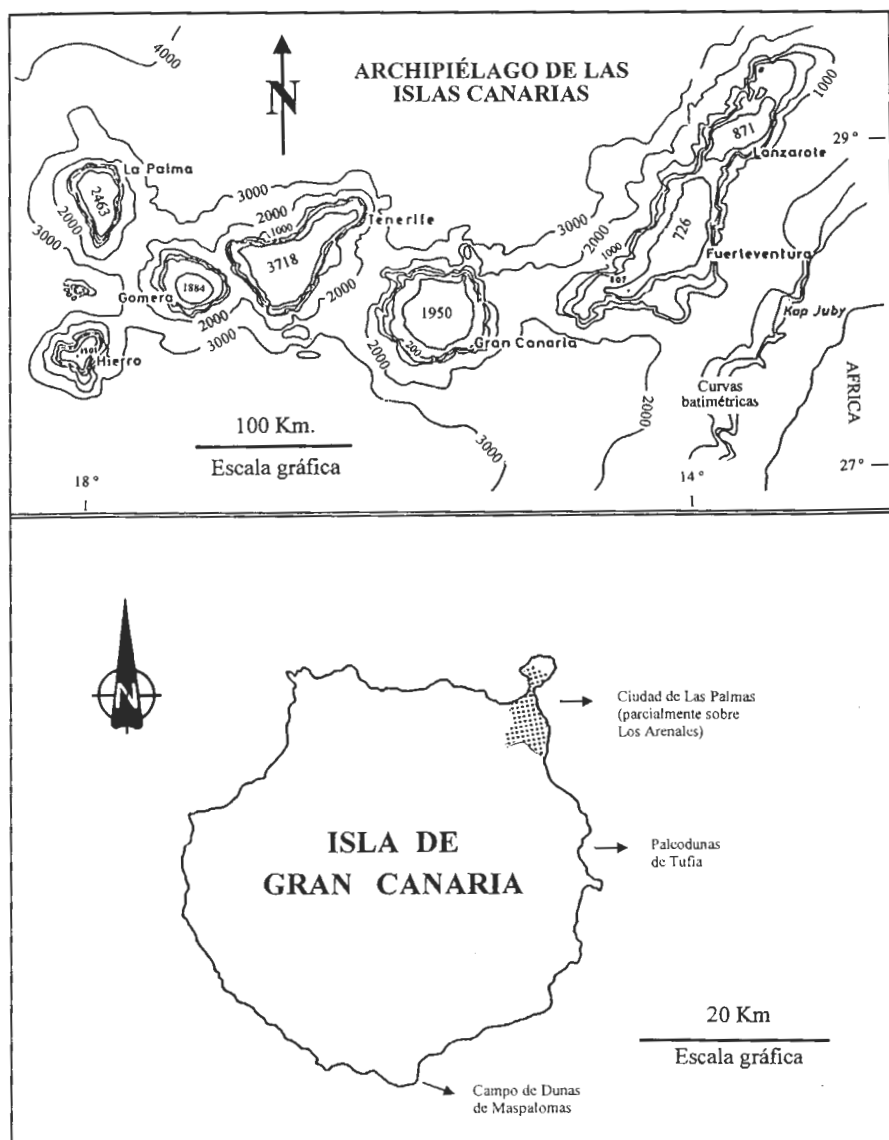
5. Coetáneamente con la formación dunar, y sobre ella, se desarrollaba una abundante vegetación, cuyas raíces y troncos quedaron *sepultados* por las arenas, lo que ha determinado la aparición de sus moldes.

Esta vegetación fue la que determinó, en principio, la fijación de las arenas para formar las dunas.

6. En una fase posterior, se produjo la retirada del mar y se labraron los actuales acantilados de los 20 metros de altura, por la erosión marina.
7. En la actualidad, se identifica una playa, la de El Burrero, cercana, pero más meridional, que se alimenta básicamente con arenas procedentes del Sur (con situaciones de tiempo Sur). La abundante alimentación de esta playa hace que se encuentre en hiperestabilidad (sobrealimentada). A partir de la misma, los vientos actuales del NE determinan que se forme un campo de arenas eólicas (obviamente hacia el sur). Este comportamiento puede ser, probablemente, parecido a lo que pudo haber acontecido en Tufía.
8. Como los hechos observados en el paleocampo de Dunas de Tufía se asemejan, en general, a las observaciones actuales que se pueden realizar en El Burrero, la hipótesis de partida podría ser considerada como un posible patrón de comportamiento morfodinámico, que definiría una continuidad, en los *tiempos recientes* (desde el Pleistoceno), de los efectos provocados por los procesos determinados por unas variables meteorológicas dominantes (en este caso reducidas a las variables eólicas).
9. Conforme con todo lo anterior, y en tiempos pasados, la plataforma insular del sureste de Gran Canaria (que actualmente alimenta a la Playa de El Inglés, para que ésta, a su vez, suministre a las Dunas de Maspalomas), fue también posibles fuentes de aportes de arenas para las playas y dunas de la fachada marítima oriental comprendida entre Las Salinetas y Tufía.

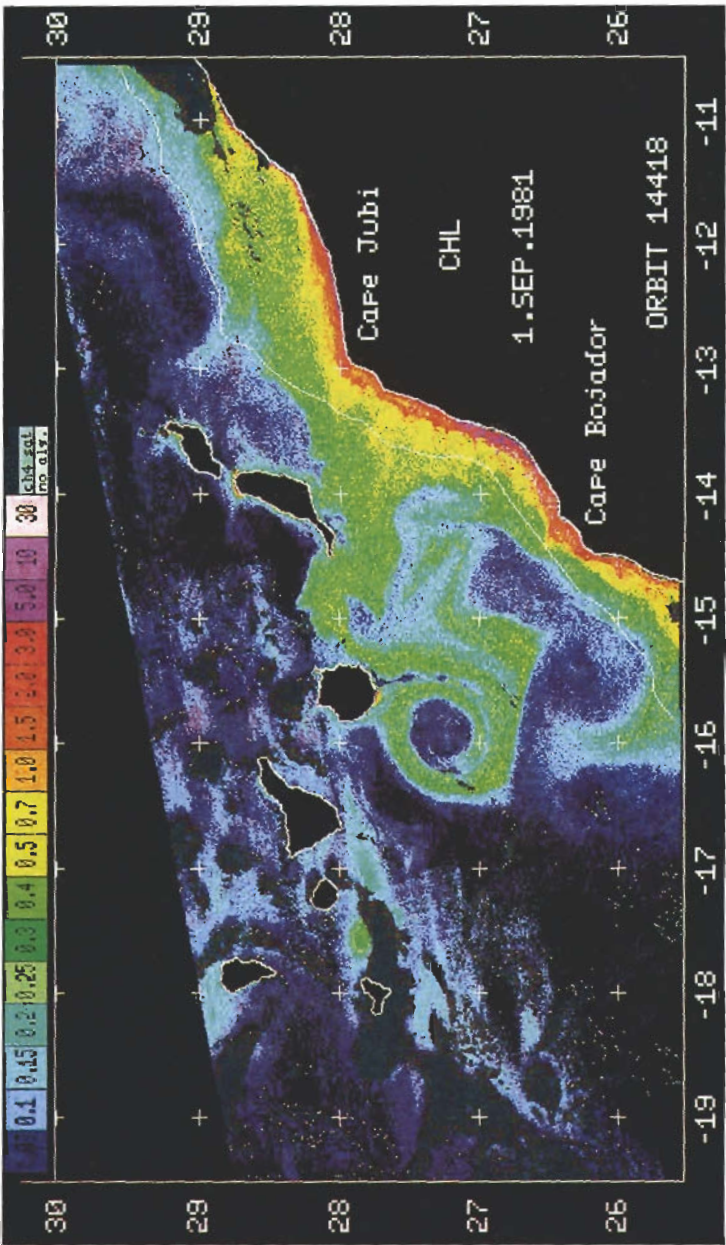
Las dunas de Maspalomas tienen una dinámica sedimentaria que podría recordar a la que tuvo las paleodunas de Tufía, conforme a las observaciones de campo realizadas en ambas formaciones sedimentarias.

Figura 2.1. Localizaciones de los depósitos significativos de arenas eólicas



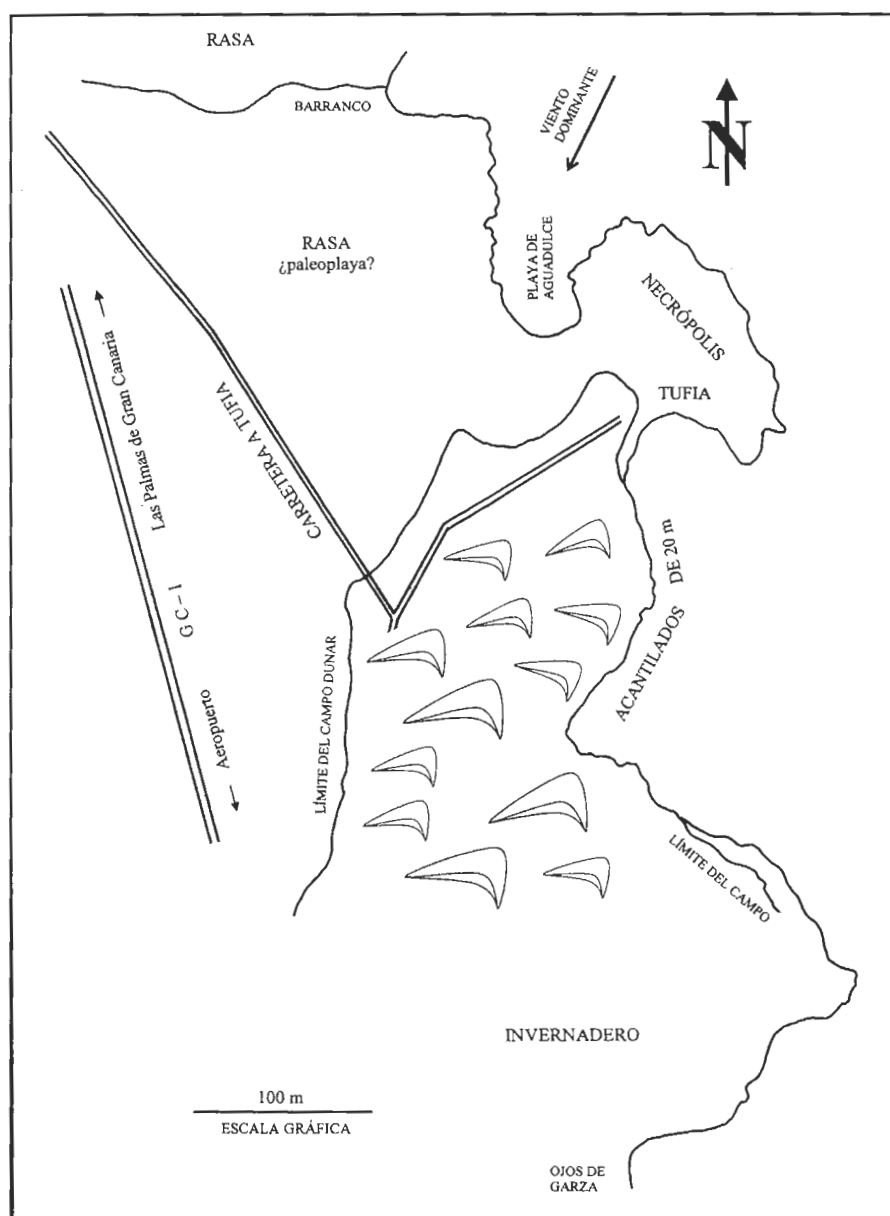
Fuente: elaboración propia

Figura 2.2. Filamentos en la Región Oceanográfica de Canarias



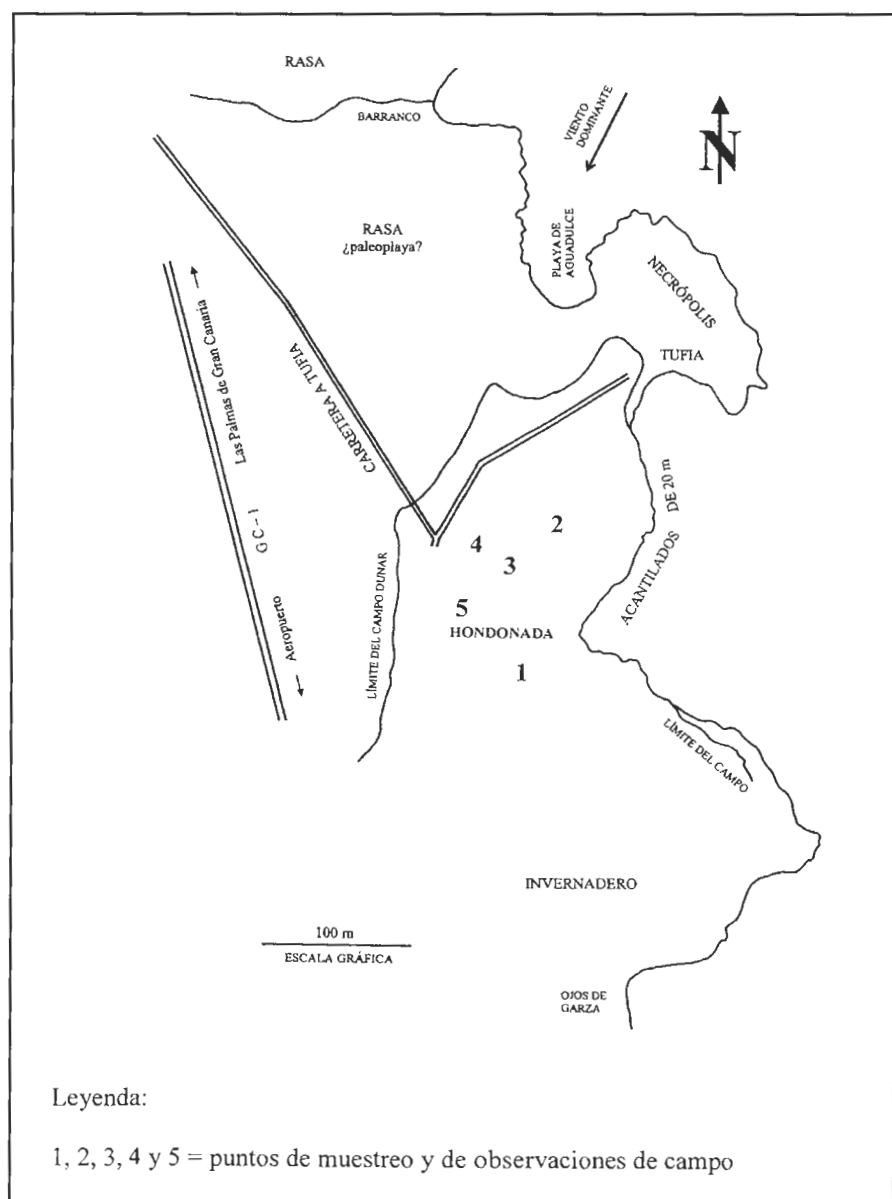
Fuente: Hernández Guerra y colaboradores (1993)

Figura 2.3. Croquis de la distribución de las paleodunas de Tufia



Fuente: elaboración propia

Figura 2.4. Localización de las estaciones de muestreo y de toma de datos



Fuente: elaboración propia

Cuadro 2.1. Amplitudes y pendientes batimétricas de la plataforma insular de la Isla de Gran Canaria

VERTIENTE	LOCALIZACIÓN	TOPÓNIMOS	AMPLITUD HASTA 20 m.	AMPLITUD HASTA 50 m.	AMPLITUD HASTA 100 m.	AMPLITUD ENTRE 50 Y 100 m.	PENDIENTE HASTA 50 m	PENDIENTE HASTA 100 m	PENDIENTE DESDE 50 A 100 m
Norte	15° 34' W	El Pagador	0.75 km	2.25 km	2.50 km	0.25 km	2.2 %	4.0 %	20.0 %
Norte	15° 37.5' W	Las Canteras	0.75 km	2.70 km	4.70 km	2.00 km	1.8 %	2.1 %	2.5 %
Este	27° 58.5' N	Punta de Tufia	0.30 km	1.50 km	2.70 km	1.20 km	3.3 %	3.7 %	4.2 %
Sureste	15° 26' W	Punta de Tenefé	0.90 km	2.30 km	8.00 km	5.70 km	2.2 %	1.3 %	0.9 %
Sur	15° 35' W	Maspalomas	1.80 km	2.50 km	3.00 km	0.50 km	2.0 %	3.3 %	10.0 %
Sur	15° 39' W	Pasito Blanco	6.60 km	6.80 km	7.25 km	0.45 km	0.7 %	1.4 %	11.1 %
Suroeste	N 250°, desde Amadores	Amadores	0.70 km	4.25 km	9.00 km	4.75 km	1.2 %	1.1 %	1.1 %
Oeste	27° 55' N	Descojonado	0.30 km	0.70 km	6.70 km	6.00 km	7.1 %	1.5 %	0.8 %
Oeste	28° 0.5' N	Punta de La Aldea	0.25 km	3.00 km	6.20 km	3.20 km	1.7 %	1.6 %	1.6 %
Noroeste	N 315°, desde Punta Las Arenas	Punta Las Arenas	0.40 km	1.30 km	7.40 km	6.10 km	3.8 %	1.4 %	0.8 %
Noroeste	28° 6' N	Puerto Las Nieves	0.50 km	1.70 km	7.00 km	5.30 km	2.9 %	1.4 %	0.9 %
Observaciones:									
Datos tomados a partir de las Hojas Náuticas 509, 510 y 511, a escala 1:50 000, del año 1996. Instituto Hidrográfico de la Marina. Cádiz.									

Fuente: elaboración propia

Cuadro 2.2. Observaciones de las campañas de los días 15, 16 y 30 de enero de 2005, en el paleocampo de dunas de Tufía, y conforme con la Figura 2.4.

Estación de muestreo	Medidas de buzamientos en superficies de estratificación	Interpretación morfodinámica de los buzamientos, según criterios regionales actuales
Nº 1	36° hacia el N144° 25° hacia el N150° 25° hacia el N153°	Ladera de barlovento en dunas
Nº 2	16° hacia el N954° 7° hacia el N285°	Ladera de sotavento en dunas
Nº 3	6° hacia el N0° 9° hacia el N40°	Ladera de sotavento en dunas
Nº 4	10° hacia el N153° 8° hacia el N195° 3° hacia el N150° 9° hacia el N345° 10° hacia el N120°	Ladera de sotavento en dunas
Nº 5	6° hacia el N145° 16° hacia el N270°	Ladera de sotavento en dunas

Fuente: elaboración propia

Cuadro 2.3. Caracterización granulométrica de las arenas del paleocampo de dunas de Tufía

Siglas de la muestra	Localización	Parámetros granulométricos												Nomenclatura granulométrica	Interpretación morfodinámica
		P ₁₀	Q ₁	Q ₂	Q ₃	P ₉₀	M	M _T	Cl	An	As	Q _p	Hé		
1	Duna secundaria actual de remoción	0.41	0.28	0.21	0.17	0.14	0.17	0.22	0.05	0.20	0.01	0.35	0.30	Arenas medias con arenas finas	Arenas de playa con una fracción significativa susceptible al transporte eólico
2	Duna del afloramiento 1, donde hay capas de diferentes granulometrias	0.43	0.35	0.26	0.19	0.15	0.19	0.27	0.08	0.28	0.01	0.43	0.40	Arenas medias con arenas finas	Arenas tanto de playa como de duna
3	Duna del afloramiento 1, donde hay capas de similares granulometrias	0.40	0.30	0.22	0.17	0.14	0.17	0.23	0.06	0.25	0.01	0.38	0.30	Arenas medias con arenas finas	Arenas de playa con una fracción significativa susceptible al transporte eólico
Leyenda de las siglas de los parámetros granulométricos: P₁₀ = Percentil del 10 % acumulativo Q₁ = Cuartil grande (del 25 % acumulativo) Q₂ = Mediana Q₃ = Cuartil pequeño (del 75 % acumulativo) P₉₀ = Percentil del 90 % acumulativo M = Media aritmética del % simple M_T = Media de Trask Cl = Grado de clasificación An = Angulosidad de la distribución As = Asimetría. Q_p = Índice Q_p de Krumbein Hé = Índice Hé de Cailleux															

Fuente: elaboración propia

Cuadro 2.3.1. Granulometría de la muestra 1, del Campo de Paleodunas de Tufía Sotavento de una duna secundaria actual de *remoción*, en el borde SE de la formación sedimentaria, junto al acantilado, a unos 75 metros al NE del afloramiento 1 (19/02/2005)

GRANULOMETRÍA DE LA MUESTRA 1			
Diámetro del tamiz en milímetros	Peso en gramos	Porcentaje simple	Porcentaje acumulado
1.000	0.20	0.23	0.23
0.500	2.75	3.24	3.47
0.250	24.43	28.79	32.26
0.125	55.74	65.68	97.94
0.063	1.59	1.87	99.81
< 0.063	0.16	0.19	100.00
Sumatorias	84.87	100.00	

Fuente: elaboración propia

Cuadro 2.3.2. Granulometría de la muestra 2, del Campo de Paleodunas de Tufia
Sotavento de una paleoduna en el afloramiento 1, de un tramo con capas de
diferentes granulometrías, dentro de una estratificación cruzada (19/02/2005)

GRANULOMETRÍA DE LA MUESTRA 2			
Diámetro del tamiz en milímetros	Peso en gramos	Porcentaje simple	Porcentaje acumulado
1.000	0.04	0.04	0.04
0.500	1.46	1.51	1.55
0.250	51.27	53.25	54.80
0.125	43.34	45.01	99.81
0.063	0.17	0.18	99.99
< 0.063	0.01	0.01	100.00
Sumatorias	96.29	100.00	

Fuente: elaboración propia

Cuadro 2.3.3. Granulometría de la muestra 3, del Campo de Paleodunas de Tufia
Sotavento de una paleoduna en el afloramiento 1, de un tramo con capas de
similares granulometrías, dentro de una estratificación cruzada (19/02/2005)

GRANULOMETRÍA DE LA MUESTRA 3			
Diámetro del tamiz en milímetros	Peso en gramos	Porcentaje simple	Porcentaje acumulado
1.000	0.01	0.01	0.01
0.500	1.42	1.45	1.46
0.250	32.03	32.82	34.28
0.125	63.98	65.55	99.83
0.063	0.14	0.14	99.97
< 0.063	0.03	0.03	100.0
Sumatorias	97.61	100.00	

Fuente: elaboración propia

Cuadro 2.4. Calcimetrías de las muestras de la campaña del 19/02/2005

CONTENIDOS EN CARBONATOS	
MUESTRA	PORCENTAJES EN PESO
1	53.87
2	63.98
3	63.60

Fuente: elaboración propia

LAS DUNAS DE MASPALOMAS

1. EL MARCO GEOGRÁFICO

El Campo de Dunas de Maspalomas (figura 2.1) se localiza en el extremo Sur de la isla de Gran Canaria, dentro del término municipal de San Bartolomé de Tirajana.

La formación sedimentaria eólica cubre, en la actualidad, una superficie de unos 4 km². La longitud máxima (NE-SW) mide unos 3 km, en tanto que la anchura alcanza los 2 km.

El límite interno, de mayor entidad, lo constituye un escarpe casi vertical, de unos 25 metros de altura, correspondiente a una llanura de inundación que arranca desde una formación rocosa septentrional, de naturaleza fonolítica. El límite oriental queda definido por la Playa de El Inglés, mientras que el meridional lo hace la Playa de Maspalomas. La convergencia de estos dos límites configura la Punta de la Bajeta (o Punta de Maspalomas).

El Barranco y la Charca de Maspalomas determinan el límite occidental del campo dunar. El Barranco de Maspalomas se corresponde con el tramo terminal del Barranco de Fataga.

2. PATRÓN DE COMPORTAMIENTO SEDIMENTARIO DE LA PROVINCIA MORFODINÁMICA DE MORRO BESUDO - FARO DE MASPALOMAS

Conforme con Martínez y Casas (1992 y 2002), se puede describir el siguiente patrón de comportamiento sedimentario, ajustado a una secuencia de 7 episodios, que se pueden solapar entre sí:

1. La Playa de El Inglés recibe aportes sedimentarios significativos desde otros ambientes más septentrionales de su provincia morfodinámica. Entre estas fuentes, se encuentran playas y quizás bancos sumergidos de áridos, como efectos de otros episodios de la Historia Morfodinámica de la región.

En el transporte involucrado, son decisivas las corrientes próximas a la orilla, dependientes del oleaje dominante del NE (del alisio), que tiene su máxima probabilidad de presentación durante los meses de verano (junio, julio y agosto).

2. Desde la Playa de El Inglés, el viento dominante del NE (del alisio), transporta una parte de la arena al Campo de Dunas de Maspalomas.
3. A su vez, el Campo de Dunas “restaura”, con préstamos de arena, la Playa de Maspalomas, cuando en ésta inciden los temporales del “Tiempo Sur” (normalmente de noviembre a abril). Las pérdidas de arena, en los dominios más internos de la Playa de Maspalomas, quedan así amortiguados.

Indirectamente, es la Playa de El Inglés la que mitiga las pérdidas sedimentarias de la Playa de Maspalomas, en sus periodos de erosión.

La Playa de El Inglés podrá soportar el mantenimiento del Campo de Dunas y la atenuación de las pérdidas de arena en la Playa de Maspalomas mientras:

- mantenga una buena salud sedimentaria, y
 - no hayan intervenciones antropogénicas que interfieran la dinámica de los procesos y efectos morfodinámicos.
4. Durante las situaciones de alisios, y simultáneamente a la alimentación del Campo de Dunas, se desarrollan corrientes de deriva, que transportan arena, a lo largo del estrán (figura 3.1) de la Playa de El Inglés, hacia la Punta de Maspalomas (o de La Bajeta), donde, teóricamente, se inicia, o se acaba, la Playa de Maspalomas.

Estos aportes:

- por una parte, colmatan, progresivamente, al “lagoon” (abierto hacia el Este), que se suele formar en este tramo de playa, en dependencia con el desarrollo de flechas, y
- por otra, se pierden a través de un sumidero (una especie de cañón submarino), que se localiza en las inmediaciones de la Punta de Maspalomas.

5. Las flechas de la Punta de Maspalomas suelen aparecer anualmente, entre noviembre y abril, a costa de los aportes procedentes de la erosión de la Playa de Maspalomas.

En las fases constructivas, las morfologías de las flechas están muy condicionadas por la presencia del cañón submarino.

Con las situaciones de los alisios:

- las caras externas de las flechas se destruyen, y
- los recintos internos se colmatan con los aportes procedentes de la Playa de El Inglés.

La orilla, en avance hacia el dominio del mar, de este tramo de playa, es la resultante de la yuxtaposición de sucesivos restos de flechas colmatadas.

6. Con la erosión de la Playa de Maspalomas, cuando *reina* el “Tiempo Sur”, no solamente se forman flechas, sino que, además, una parte de las arenas se pierden a través del sumidero de la Punta de Maspalomas.

En la formación de las flechas, y en las pérdidas de arenas en general, durante la erosión de la Playa de Maspalomas, intervienen corrientes de deriva, con sentido de desplazamiento de Oeste a Este.

7. El esquema de entradas y salidas de arenas se completa con los transportes transversales, desde el estrán y las playas sumergidas, como respuestas a los comportamientos mayoritariamente disipativos de estos ambientes.

Quizás lo que da carácter emblemático, o simplemente relevante, a estas dos playas, sea la presencia del Campo de Dunas, que comparten.

El Campo de Dunas de Maspalomas, con su Charca anexa, y por sus peculiaridades y contenidos abióticos y bióticos, ha merecido ser clasificado como un “espacio en protección”, bajo la figura de “Reserva Natural Especial” (Orden de 12 de marzo de 1999, publicado en el Boletín Oficial de Canarias, Número 51, del 20 de abril de 1999).

3. DESCRIPCIÓN, FUNCIONAMIENTO Y EVOLUCIÓN DEL CAMPO DE DUNAS

La descripción de una formación dunar precisaría de un levantamiento de diferentes modalidades de cartografías temáticas (cartografías analíticas) de los procesos y efectos sedimentarios eólicos, que configurarían un mapa de síntesis.

Un mapa de síntesis recogería:

- el conjunto de descripciones (mapas temáticos)
- las cualificaciones (mapas donde se relacionan las distintas observaciones)
- las evaluaciones (mapas que indican las idoneidades de la formación dunar en relación con determinados usos)
- la representaciones de conflictos (mapas en los que se establecen los problemas entre los diferentes usos del campo dunar), y
- prescripciones (mapas que establecen las propuestas de usos permisibles y recomendaciones, en función de las cualificaciones, evaluaciones y conflictos).

Respecto a la cartografía temática, se levantarían las siguientes modalidades de mapas:

- mapas de distribución de las diferentes formas dunares
- mapas de la colonización vegetal de las dunas
- mapas de los condicionantes topográficos y de las barreras físicas
- mapas de esquematización cualitativa y cuantitativa de la dinámica eólica (de los procesos y efectos sedimentarios de la formación dunar, con representación de las trayectorias de los transportes de las arenas, a partir de los parámetros D_{50})
- mapas de evolución de los frentes externos dunares, y
- mapas de sectorización de la formación sedimentaria eólica, en relación con recomendaciones de gestión o propuestas de usos, en el propio espacio dunar, o en el conjunto del litoral implicado.

Estos mapas se obtendrían a partir:

- de análisis sistemáticos y de interpretaciones de mosaicos de fotografías aéreas, convenientemente separadas en el tiempo
- de análisis de series temporales significativas de datos meteorológicos, conforme con criterios estadísticos (climatología), y
- de análisis de observaciones sedimentarias *in situ* y de los datos obtenidos en laboratorio a partir de muestreos de arenas.

Con toda la información recogida en las diferentes modalidades de cartografía, se llegaría a patrones de comportamiento morfodinámicos, que serán los soportes:

- para predicciones y prescripciones, y
- para la modelización matemática e informática.

Los patrones de comportamiento morfodinámicos se diseñarían desde una doble perspectiva:

- patrones parciales, en relación con las interdependencias en los sistemas dunas-playas arenosas, y
- patrones globales respecto a la totalidad de procesos y efectos sedimentarios de las arenas, en el marco geográfico donde se encuentra el desarrollo de la formación dunar.

En los patrones de comportamientos globales, tomarían especial relevancia las cartografías de los diagramas de flujo, que describan:

- fuentes de aportes de arenas
- ambientes de deposiciones transitorias (playas alimentadoras de un campo de dunas que reciben los aportes de arenas por transportes marinos, parte de los cuales pasarán a las dunas)
- los transvases eólicos de arenas
- la dinámica de los escenarios propios de las dunas
- las alimentaciones de arenas, desde las dunas a playas en erosión, para amortiguar el retroceso de la orilla, o recuperar sus posiciones iniciales previa a temporales, y
- los sumideros de arenas.

En relación con el Campo de Dunas de Maspalomas, estos diferentes mapas se hallan recogidos por Martínez et al. (1986).

De estos mapas, se deduce que las formas más significativas (figura 3.2) son:

- barjanes del NE
- dunas transversales del NE
- barjanes del S-SE, y
- dunas transversales del S-SE.

Los barjanes del NE aparecen en la periferia del campo dunar. Esto trae que son formas de tránsito hacia las transversales, localizadas en ámbito dunar de actividad sedimentaria clímax, conforme con la interpretación que se dio, en su momento (capítulo 1), a este tipo de formas dunares.

Por otra parte, las dunas transversales y los barjanes del SE son minoritarios, a causa del papel secundario (entre otras variables) de los vientos procedentes del SE.

Las formas descritas están formadas por arenas:

- calcáreas, de procedencia orgánica, en un 48%, en peso (sin que se detecte una relación con los cambios en los valores de la mediana granulométrica), y
- por terrígenos sálicos (de traquitas y/o de fonolitas), en un 52 %.

La mediana granulométrica de estas arenas está entre 0.16 mm y 0.25 mm, siendo el valor promedio de 0.20 mm.

En la periferia externa oriental de este campo dunar, se formaron, en su momento, *pasillos de sombra eólica* (carencias de deposiciones de arenas), tras antiguos kioscos (ya desaparecidos). Las *formas negativas* definen la presencia de un viento dominante promedio de N67°E. Esta medida que se ajusta a la obtenida por proyección estereográfica de las dunas del NE, que dan un viento determinante de N81°E.

De acuerdo con Paskoff (1985), y dado que las dunas litorales se solidarizan con las playas a las que se encuentran asociadas, lo habitual es que las cartografías muestren que si desciende el nivel medio del mar (la orilla de la playa retrocede):

- quede atrás una serie de cordones dunares disfuncionales (como despensa sedimentaria), y
- se formen otros nuevos, más próximos a la orilla, ya funcionales.

En el caso de que la orilla avance, por una elevación del nivel medio del mar, destruirá estas despensas más próximas y se formarán otros cordones de dunas tierra adentro (siempre que se den las condiciones apropiadas).

Estos desplazamientos resultan necesarios para que las dunas cumplan sus funciones de despensas sedimentarias con respecto a sus playas. En caso contrario, se rompe el equilibrio físico en estos tipos de sistemas litorales.

En relación con el Campo de Dunas de Maspalomas, y a partir de la cartografía de la evolución de los frentes externos de las dunas, se deduce un comportamiento aparentemente anómalo en relación con lo esperado, según el esquema de Paskoff. Esto suele ocurrir en situaciones de formaciones dunares, que fueron en su momento expansivas (cuando el nivel del mar descendió), delimitadas internamente por una playa alimentadora y otra inestable (ante una situación actual de ascenso del nivel del mar), siendo esta última la beneficiaria del almacén sedimentario eólico. Esto sucede siempre y cuando se cumpla que los aportes desde la playa alimentadora (en este caso, Playa de El Inglés) sean menores que los requeridos por la beneficiaria (Playa de Maspalomas) para neutralizar su inestabilidad.

La figura 3.3 representa a la dinámica sedimentaria eólica del Campo de Dunas de Maspalomas, a partir de un mosaico de fotografías aéreas de 1962. Esta cartografía se ajusta sensiblemente con la levantada a partir del mosaico de fotografías aéreas de 1991 (figura 3.4).

El contraste revela, además:

- la coincidencia de orillas en la Playa de El Inglés (sobre todo en su tramo más septentrional), y
- un claro retroceso generalizado de la orilla de la Playa de Maspalomas.

En este contraste, se estima una transgresión marina neta de unos 200 metros, a lo largo de unos 30 años (desde 1962 a 1991), teniendo en cuenta las posibles situaciones oceanológicas imperantes durante los vuelos foto-

gramétricos. La transgresión estimada está de acuerdo con la inestabilidad sedimentaria atribuida a la playa en cuestión.

En el análisis comparado, se admiten unos constantes cambios de la orilla en la Punta de Maspalomas (o de La Bajeta), por las dinámicas que imponen su flecha y la proximidad de un pequeño cañón submarino, que actúa como sumidero de arenas. Este comportamiento está de acuerdo con Martínez (1989) y Martínez y Casas (1992).

4. LA PLATAFORMA LITORAL DE LA PLAYA DE MASPALOMAS Y SUS IMPLICACIONES EN EL CAMPO DE DUNAS DE MASPALOMAS

Dentro de un ambiente de playa arenosa, el estrán está en dependencia directa con el perfil de equilibrio de su playa sumergida. Los cambios en estos perfiles de equilibrio tendrán repercusiones en las deposiciones sedimentarias de la playa más interna sometida a la dinámica marina. Cuando estas repercusiones supongan pérdidas de arenas, la erosión será anulada, o mitigada, por la formación dunar (su despesa sedimentaria).

Esta dinámica se explica mediante la Regla de Bruun (1962), y se mide con la Ecuación de Equilibrio de Dean (1977) para las playas sumergidas arenosas. Los desarrollos de estos conceptos se encuentran recogidos por Martínez, 1997 (Procesos y efectos geodinámicos marino-costeros).

Además, hay dependencias entre una playa sumergida y sus plataformas litorales. En los casos de que las plataformas litorales:

- sean arenosas
- se localicen aguas abajo de una playa en cuestión, en relación con corrientes litorales, y
- se unan directamente con la playa sumergida sin la interposición de resaltes rocosos

éstas actuarían a modo de contención, conforme con la Clasificación Genética de las Playas de Suárez Bores (1978).

Por otra parte, la batimetría de las plataformas litorales arenosas también se ajusta a situaciones de perfiles de equilibrio, de acuerdo con Martínez y Casas (1995) y Martínez (1997 a y 1997 b). En consecuencia, estos particu-

lares ambientes externos de las playas se comportarían como un *fondo activo*, que intentaría recuperar su perfil de equilibrio si se rompiera.

En el perfil de equilibrio de una plataforma litoral arenosa intervienen una serie de variables, tales como los aportes sedimentarios por corrientes litorales, pendientes, profundidades y características de los áridos (granulometrías y densidades, básicamente).

Se identifica y demuestra la presencia de un perfil de equilibrio en una plataforma litoral:

- de arenas sueltas, no encorsetadas por resaltes continuos de afloramientos rocosos
- a profundidades someras (por ejemplo, entre 15 y 30 metros)
- pero donde previsiblemente se puedan descartar los efectos hidrodinámicos de los oleajes, tanto sean dominantes como reinantes y ocasionales, conforme con los bancos disponibles de datos de series temporales significativas de variables oceanológicas,

cuando su batimetría se encuentre estabilizada, manteniéndose las profundidades (sin una reprofundización), a pesar de estar sometida a habituales corrientes litorales, capacitadas energéticamente para arrancar y transportar áridos sueltos del fondo.

La capacidad de una corriente litoral, para arrancar, transportar y depositar áridos, se puede diagnosticar con la utilización de determinadas gráficas, como la de Hjulström (1935), ampliamente aceptada.

Este perfil de equilibrio queda patentizado cuando en las proximidades, aguas abajo (de acuerdo con el sentido de las corrientes litorales), hay un importante sumidero sedimentario (por ejemplo, el talud de la plataforma litoral), que solicitaría la evacuación de los aportes sedimentarios.

En los fondos litorales arenosos con una batimetría estabilizada, la existencia de sectores formados por áridos relativamente consolidados, por costrificaciones, indicaría que no hay deposiciones *efectivas* actuales de áridos, por tener un lecho con una geometría en equilibrio, respecto a los procesos y efectos de la erosión, transporte y depósito sedimentario. Sin embargo, esto no impide que sean zonas de trasvases de arenas, hacia aguas abajo.

La observación de ripples marks, en estas plataformas arenosas litorales en equilibrio batimétrico, no necesariamente se debe interpretar como un efecto modelador del oleaje, que llegase, en situaciones inusitadas, a estas profundidades, aunque relativamente someras. Puede suceder que sean las propias corrientes litorales las causantes de estos ripples.

Si se rompe el perfil de equilibrio en una plataforma arenosa:

- ubicada aguas abajo de una playa determinada, en relación con las corrientes litorales dominantes y
 - cuando ésta actúa de contención del ambiente playero
- éste se recuperaría con la intervención de la playa sumergida.

En el supuesto de que la pérdida del perfil de equilibrio en la plataforma litoral defina un déficit sedimentario, ésta solicitará aportes de áridos a la playa sumergida, la cual compensará los préstamos de arena hacia la plataforma mediante las aportaciones sedimentarias desde la parte más interna, que se compensará, a su vez, con los préstamos concedidos desde las dunas.

En este funcionamiento, entrarían en juego las oscilaciones infragravitatorias, en el transporte transversal, hacia mar adentro, desde el estrán al límite más externo de la playa sumergida. Y las corrientes litorales, con capacidad de transportar arenas, serían el vector de transporte desde este límite, a la plataforma litoral en desequilibrio.

La anterior dinámica supondría que la formación dunar entraría en precariedad si el balance sedimentario se encontrara en una situación estable. Y si la formación sedimentaria eólica ya se encontrara en precariedad, se acentuaría esta situación.

Para deducir el papel morfodinámico del Campo de Dunas de Maspalomas en un cuadro de dependencias entre:

- la Playa de Maspalomas (de la que es despensa sedimentaria las Dunas de Maspalomas) y
- su plataforma litoral

se precisa realizar previamente una *descripción marco* de las variables involucradas. Entonces, se puede hacer una serie de deducciones *causas-efectos morfodi-*

námicos en cadena, conforme con el modelo general conceptual de comportamiento formulado para un sistema de:

- dunas
- playa beneficiada de la despena sedimentaria dunar
- plataforma litoral arenosa en contención.

Una primera *descripción marco* al respecto se resume como sigue:

1. Conforme con el *patrón de comportamiento morfodinámico* del Campo de Dunas de Maspalomas (véase el epígrafe anterior), la formación dunar:
 - se alimenta desde la Playa de El Inglés
 - sus frentes activos están en retracción ocupacional, y
 - actúa de despena sedimentaria de la Playa de Maspalomas.
2. Conforme con la Clasificación Climática de las Playas de Gran Canaria (Martínez et al., 1990), la Playa de Maspalomas (la beneficiaria de las Dunas de Maspalomas) es bioclimática, interviniendo en sus procesos y efectos:
 - el oleaje del NE (alisios), en cuanto a la acreción (primavera-verano), y
 - los temporales del Sur, en relación con los procesos de erosión (otoño-invierno).
3. Durante la erosión de la Playa de Maspalomas, se determina la existencia de oscilaciones infragravitatorias (Martínez, Casas et al, 1995), que están presentes a lo largo de todo el año, pero que se acentúan en este periodo del año. Estas oscilaciones transfieren arenas desde la parte más interna de la playa (pero sometida a la dinámica marina) hasta el límite externo de la misma, en un transporte transversal, en compatibilidad con otros de deriva. La tabla 3.1 describe situaciones promediadas (en el espacio y en el tiempo) disipativas de la Playa de Maspalomas, donde se desarrollan estas oscilaciones infragravitatorias.
4. A partir de Martínez, Casas et al. (1995), la plataforma litoral, y su prolongación hacia el Oeste, es somera (su límite externo sólo alcanza, de forma promediada, unos 20 m de profundidad), con una amplitud que oscila entre 1.8 km (frente a Maspalomas) y 6.6 km (frente a Pasito Blanco). Esta plataforma tiene, como límite externo, un talud (desde los 20 metros a los 100 metros de profundidad) con una pendiente de 5.3%.

5. El fondo de la plataforma litoral está formado por arenas gruesas, entre 0.22 y 1.03 mm, como recogen Martínez, Casas et al. (1995). En este escenario geográfico, los resaltes rocosos son accidentes puntuales.
6. Según Martínez, Casas et al. (1995), la plataforma litoral de la Playa de Maspalomas está sometida a corrientes litorales *dominantes* (del NE al SW en sentido amplio), con una velocidad que supera, a menudo, los 0.5 m/s. En la zona de Pasito Blanco, la resultante vectorial, de las velocidades medias, entre los 20 y 30 metros de profundidad, es de 0.24 m/s, hacia el WSW, conforme con medidas, en situaciones significativas, tomadas durante el año 1994. El fondo de arenas sueltas, de la plataforma, se encuentra dentro de este rango de profundidades, en la capa de mezcla.
7. Las anteriores corrientes están capacitadas para arrancar y transportar las arenas del fondo, conforme con el Diagrama de Hjulström (1935).
8. La ausencia de una continuada reprofundización del fondo de arenas, dentro del ámbito de influencia de las corrientes de la zona de mezcla, describe una situación de perfil de equilibrio, en la plataforma litoral en cuestión.

Asumidas las dependencias morfodinámicas entre:

- una formación dunar y
- las plataformas litorales de arenas sueltas, aguas abajo respecto a la playa interpuesta,

¿qué implica la descripción marco enunciada, respecto a la Playa de Maspalomas y a su contorno inmediato? ¿Estarán pasando actualmente factura las actuaciones pasadas?

Si se rompiera el perfil de equilibrio, en esta plataforma litoral, por causas naturales o antropogénicas, ¿qué pasaría?

La morfodinámica descrita hará que exista un transporte desde el límite externo de la Playa de Maspalomas hasta la zona afectada en desequilibrio, a través de las corrientes litorales del NE identificadas.

El anterior comportamiento requiere, a su vez, que haya un transporte desde la parte más interna del estrán hasta el límite externo de la playa, que

se obliga a donar arena. Y existen los mecanismos para este otro transporte: las oscilaciones infragravitarias constatadas.

Y si la playa más interna pierde su perfil de equilibrio, por las donaciones de áridos, intervendrán las dunas como despensas sedimentarias de la playa, para que lo restaure. Como el Campo de Dunas de Maspalomas mantiene sin modificaciones sensibles su alimentación sedimentaria desde la Playa de El Inglés, y dado que se ve obligada a dar progresivamente más arena (por la inestabilidad sedimentaria de la Playa de Maspalomas), la formación dunar entrará necesariamente en una creciente precariedad sedimentaria, si es que ya no lo está. Y la cartografía morfodinámica del campo dunar demuestra que ya se está en esta precariedad.

En definitiva, por una secuencia encadenada de causas-efectos, la rotura del perfil de equilibrio, en la plataforma litoral de la Playa de Maspalomas, se dejará sentir en el Campo de Dunas de Maspalomas.

Dentro de este contexto, quizás se esté actualmente detectando incrementos añadidos de precariedad en las deposiciones sedimentarias, tanto de la Playa como de las Dunas, a causa de actuaciones antropogenéticas pasadas en la plataforma litoral de Maspalomas. ¿Se estaría ante situaciones derivadas de las extracciones de áridos, en la zona de Pasito Blanco, realizadas a mediados de la década de los 90, sin obviar la incidencia de otras variables, como pueden ser los cambios en el nivel medio del mar?

La formación dunar descrita fosiliza a unas estructuras sedimentarias (paleobarras de cantos, correspondientes a zonas de roturas de oleaje), que permiten formular la evolución, en el espacio y en el tiempo, de las posiciones de las orillas de las playas de El Inglés y de Maspalomas. Esta evolución se encuentra recogida en la figura 3.5.

El modelo de la evolución de las posiciones de las orillas de playa, que describe la anterior figura, se dedujo a partir de Martínez (1986) y de Martínez y Casas (1992), y fue verificado por Losada (1995), aplicando técnicas de Ingeniería Hidráulica.

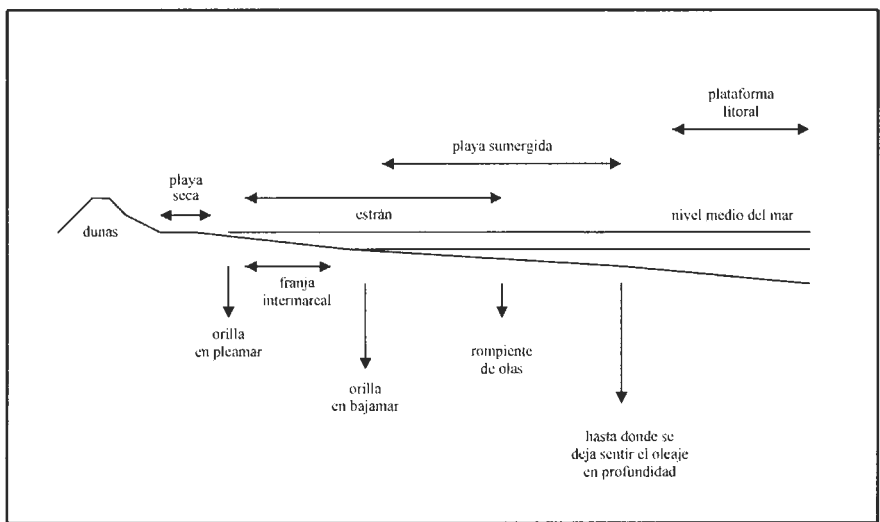
Este modelo de evolución morfodinámica se resume en tres episodios, dentro de un proceso generalizado de regresión marina:

1. Evolución de la paleo-línea de playa, en dependencia con el frente NW de la llanura aluvial, en sentido antihorario, hasta llegar a una posición próxima a N40°E, alineándose con la paleo-línea NE de la llanura aluvial.

2. Posterior evolución de toda la anterior paleo-línea en el sentido horario, hasta llegar a una orientación E-W.
3. Acreción transversal de las playas formadas, en sus frentes oriental (Playa de El Inglés) y meridional (Playa de Maspalomas).

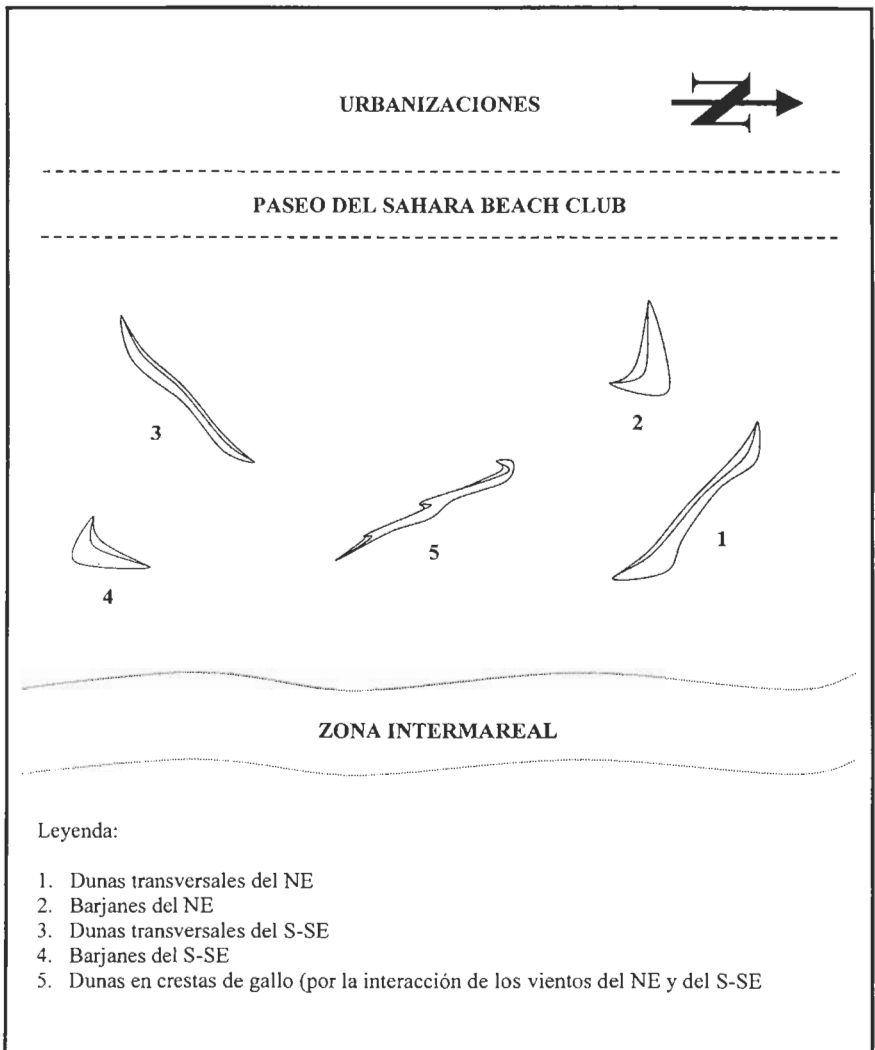
De esta manera, se creó el espacio para que se formara el Campo de Dunas de Maspalomas, desde la fuente de aportes sedimentarios de la Playa de El Inglés.

Figura 3.1. Perfil transversal tipo de una playa arenosa



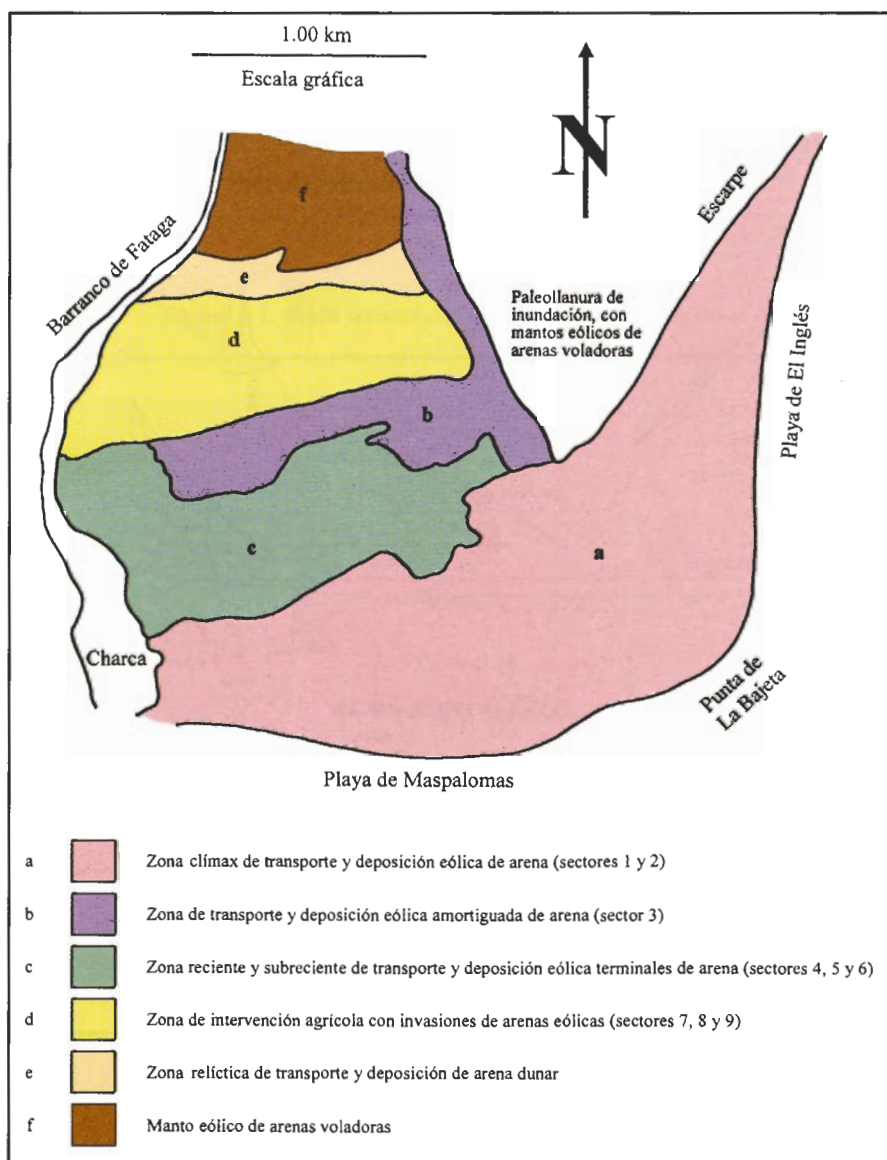
Fuente: elaboración propia

Figura 3.2. Croquis idealizado de las formas más significativas de las dunas de Maspalomas



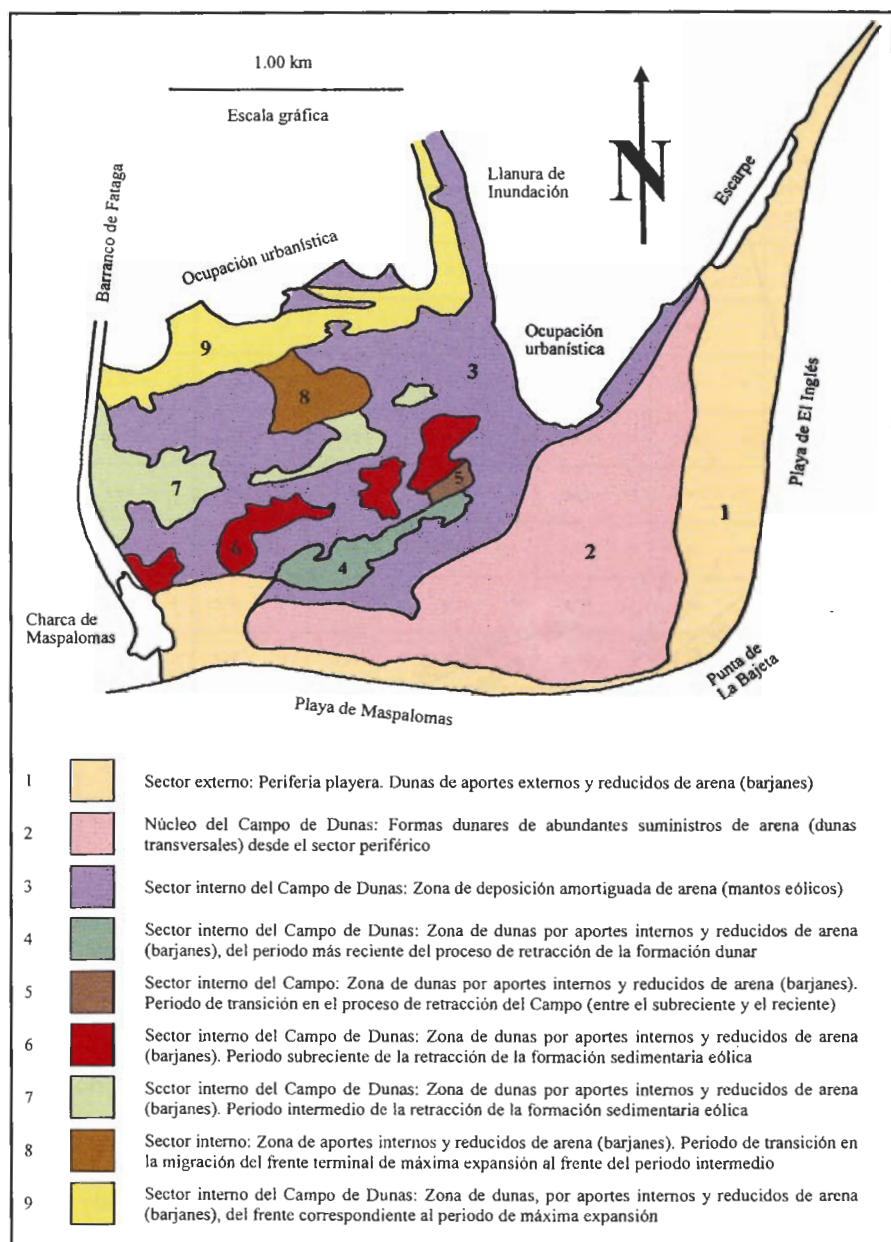
Fuente: elaboración propia

Figura 3.3. Cartografía del Campo de Dunas de Maspalomas (Gran Canaria, España), a partir de un mosaico de fotografías aéreas (marzo de 1962): sectorización de las formas dunares y de los mantos eólicos



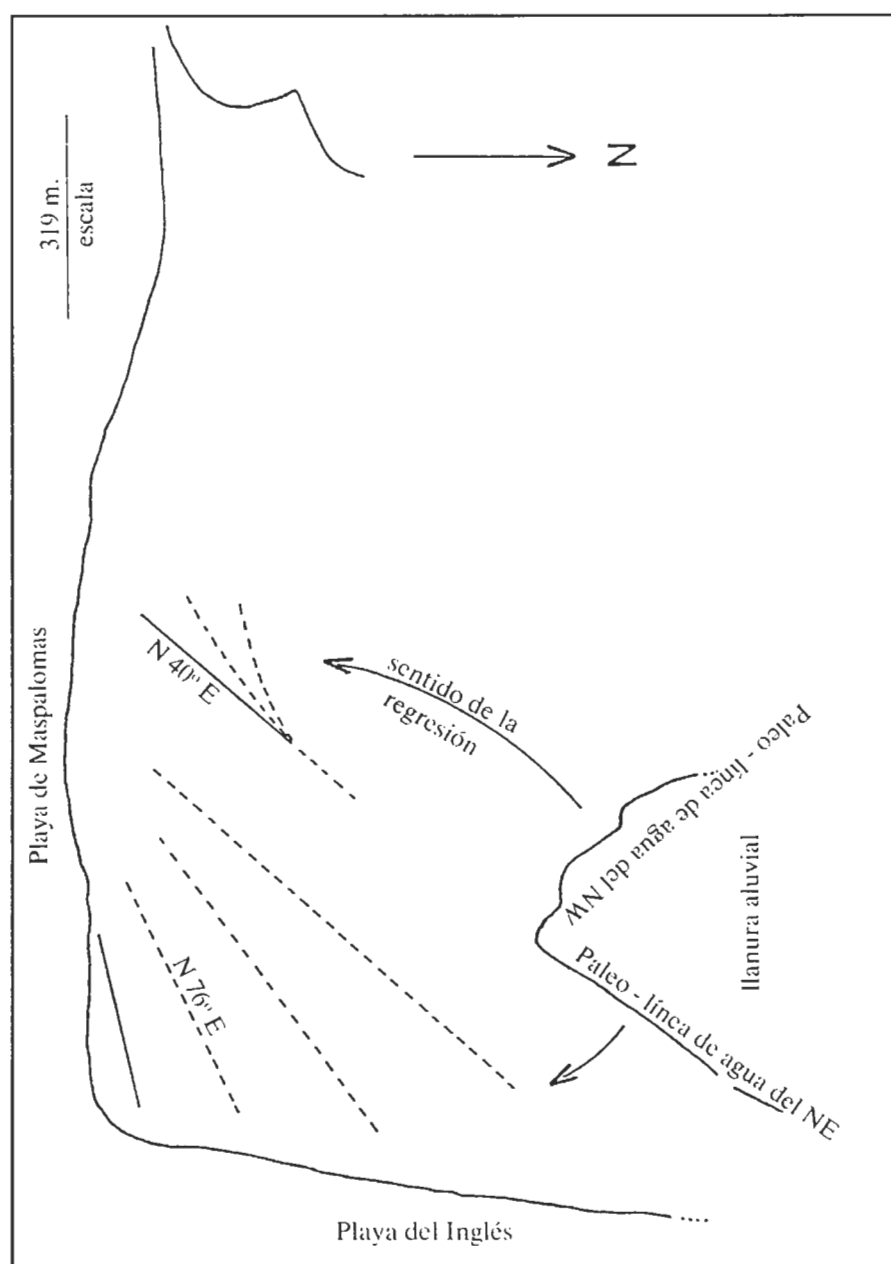
Fuente: elaboración propia

Figura 3.4. Cartografía del Campo de Dunas de Maspalomas (Gran Canaria, España), a partir de un mosaico de fotografías aéreas (enero de 1991): sectorización de las formas dunares y de los mantos eólicos



Fuente: elaboración propia

Figura 3.5. Esquema de la evolución deposicional de las paleo-barras marinas de Maspalomas



Fuente: elaboración propia

Tabla 3.1. Playa de Maspalomas: medidas topográficas intermareales e interpretación morfodinámica

Fecha	Perfil 13 (en las cercanías de la Punta de la Bajeta)		Perfil 14		Perfil 15		Perfil 16		Perfil 18		Perfil 19 (en las mercancías de la Charca de Maspalomas)		Conjunto	
	P (%)	I	P (%)	I	P (%)	I	P (%)	I	P (%)	I	P (%)	I	P (%)	I
12/82	2.23	5	3.43	5	3.53	5	3.66	5	5.26	3	3.93	4	3.67	5
01/83	2.13	5	3.96	4	4.90	4	4.33	4	5.23	4	7.26	2	4.63	4
02/93	0.00	5	0.80	5	0.53	5	3.16	5	4.46	4	2.60	5	1.92	5
03/93	1.76	5	4.53	4	2.66	5	5.93	3	4.63	4	3.86	4	3.89	4
04/93	2.66	5	5.20	4	4.13	4	6.16	3	5.23	4	5.73	3	4.85	4
05/93	4.53	4	3.33	5	1.80	5	4.80	4	4.63	4	2.30	5	3.56	5
06/93	7.96	2	5.96	3	5.90	3	7.56	2	5.33	3	4.46	4	6.19	3
07/93	5.40	3	5.66	3	5.73	3	6.86	2	4.70	4	6.16	3	5.70	5
08/93	5.86	3	3.46	5	5.93	3	6.33	3	4.40	3	6.06	3	5.34	3
09/93	6.46	3	1.80	5	7.33	2	5.60	3	5.26	3	4.26	4	5.11	4
10/93	9.80	1	5.33	3	9.00	1	6.33	3	4.46	4	5.06	4	6.66	3
11/93	5.40	3	4.06	4	9.60	1	6.46	3	5.73	3	1.40	5	5.44	3
P = pendiente intermareal I = interpretación morfodinámica: 1 = situación reflectiva 2 = situación intermedia, tendente a reflectiva 3 = situación intermedia en sentido estricto 4 = situación intermedia, tendente a disipativa 5 = situación disipativa														

Fuente: elaboración propia

IMPORTANCIA DE LAS DUNAS DE MASPALOMAS

1. INTERÉS DE LAS DUNAS LITORALES

Las formaciones dunares de un litoral tienen interés desde varias consideraciones:

- ambiental
- científica
- educativa
- como activo de ocio, y
- como activo económico por sus atributos ambientales y como recurso de explotación de áridos.

En primer lugar, las dunas de un litoral tienen un interés ambiental porque de ellas pueden depender las permanencias de otros activos (como flora, fauna y acervos culturales antropogenéticos), que puedan estar protegidos.

Ante el papel ambiental de las dunas, importa conocer los patrones de comportamiento de las mismas y las relaciones de dependencias a partir de ellas. Y esto está justificando un interés científico en el conocimiento y comprensión:

- de los procesos y efectos morfodinámicos, que dan lugar a la formación de los depósitos sedimentarios eólicos en ambientes litorales, y
- de cómo los cambios en estos procesos y efectos repercuten en otros activos ambientales.

Admitidas las anteriores importancias ambiental y científica, las formaciones sedimentarias eólicas pueden ser el soporte (como un Aula de la Naturaleza) que permita el desarrollo de una educación ambiental, para respetarlas (interés educacional).

Si se respetan las dunas, se puede disponer de unos atractivos recreacionales peculiares (interés como activos de ocio para el esparcimiento de los lugareños y como atractivos turísticos), siempre que reúnan unas cualidades apropiadas de vocaciones de destino, que justifiquen determinados destinos de uso de ocio.

Y, por último, las dunas litorales tienen interés económico:

- En cuanto que pueden contribuir en los precios hedónicos (de los complejos habitacionales) de sus marcos geográficos, por los atributos ambientales que representen.
- La promoción del destino turístico de la Isla de Gran Canaria en particular, y de las Islas Canarias en general, en parte se hace con la *imagen* de las Dunas de Maspalomas, y esto provoca que sus plazas alojativas (hoteleras y extrahoteleras) tengan un precio añadido (o que se prefieran ante otras ofertas), por la incidencia *escénica ambiental* del Campo de Dunas.
- Y en cuanto que pueden suponer recursos de áridos, para diversos usos del hombre.

Pero ante un destino de uso como recursos de áridos (minería), la explotación de las dunas supondría la pérdida del soporte de los anteriores aspectos enunciados de interés.

2. INTERÉS AMBIENTAL

En los sistemas playas – dunas, pueden ocurrir tres circunstancias de dependencias morfodinámicas:

- a. Que las dunas sean la despensa sedimentaria de la playa, cuando ésta se encuentre en situaciones energéticas de erosión.
- b. Que las dunas no repercutan en los procesos y efectos sedimentarios de una playa en continuidad, en tanto que sí lo hagan en otras alejadas, aunque dentro de su provincia morfodinámica.

- c. Que las dunas no repercutan en los procesos y efectos sedimentarios de ninguna playa de su provincia morfodinámica.

El **primer supuesto** sucede en la mayoría de los casos. Y aquí se encuentran las dependencias entre la Playa de Maspalomas y el Campo de Dunas de Maspalomas (Isla de Gran Canaria, España), conforme con las descripciones del Capítulo 3.

Si se perdiera el Campo de Dunas de Maspalomas, se aceleraría la desaparición de la Playa de Maspalomas, que ya se encuentra en inestabilidad sedimentaria a causa de variables diversas (la elevación del nivel medio del mar, por ejemplo).

Y se da la coyuntura de que el Campo de Dunas de Maspalomas ya está en un proceso de precariedad sedimentaria, y esto tendrá sus repercusiones negativas en la playa, al no disponer esta de una buena despensa sedimentaria que contrarreste la inestabilidad de su depósito de arenas.

El **segundo supuesto** se puede ilustrar con el ejemplo de las Dunas de Barlovento de Jandía (Fuerteventura, España). La posible degradación sedimentaria (natural o antropogenética) de éstas no provocaría efectos morfodinámicos negativos en la playa en continuidad (Playa de Barlovento), mientras que afectaría sensiblemente a la Playa de Sotavento, en no vecindad, pero comunicada sedimentariamente:

- por trasvases a favor de barrancos tanto transversales como paralelos a la línea de costa de El Istmo, como el Barranco de Pecenescal (figuras 4.1 y 4.2), que actúan a modo de pasillos de transporte eólico, y
- por transportes eólicos difusos, desde el Norte, en sentido lato, sobre el sector septentrional de la Península (sector del Jable de La Pared).

Y se dan las circunstancias adicionales de que las Playas de Sotavento de Fuerteventura representan a uno de los activos turísticos relevantes de la Isla. La pérdida de este activo playero conllevaría, en principio, significativas repercusiones socioeconómicas negativas.

El **tercer supuesto** se puede ejemplificar con el caso de las Dunas del Jable de Cervantes (Fuerteventura, España), en el interior del sector septentrional del *Valle Central* de Tindaya, separada del litoral por un campo de lavas escoriáceas. Una hipotética degradación de esta formación sedimentaria

eólica no repercutiría en los procesos y efectos sedimentarios de las playas arenosas del litoral próximo.

Desde **otra perspectiva ambiental**, las dunas suelen ser el soporte físico de una vegetación samófila (de apetencias de arena), en coincidencia, en muchos casos, con características xerófilas (de climas áridos o semiáridos). Y entre esta vegetación puede haber especies protegidas, sean o no endémicas (locales y/o regionales).

Y la vegetación de una formación dunar puede dar, a su vez, cobijo a una fauna protegida.

Para las Dunas de Maspalomas, su territorio se encuentra cartografiado como Reserva Natural Especial (Ley 12/1994, del 19 de diciembre, publicado el 3/2/95 en el Boletín Oficial del Estado).

A partir del Plan Director de esta Reserva Natural Especial (redactado por la Viceconsejería de Medio Ambiente, de la Consejería de Política Territorial del Gobierno de Canarias):

- a. Se catalogan las siguientes especies protegidas de la flora (conforme con la Orden de 20 de febrero de 1991, sobre la protección de especies de la flora vascular silvestre de la Comunidad Autónoma de Canarias, recogida en el B.O.C. nº 35 de 18 de marzo de 1991):
 - *Limonium tuberculatum* (Siempre viva rosada)
 - *Arthrocnemum glaucum* (Salado)
 - *Traganum moquini* (Balancón)
 - *Neochamaelea pulverulenta* (Leñabuena)
 - *Zygophyllum fantanesii* (Uva de mar)
 - *Ruppia maritima* L.
 - *Phoenix canariensis* (Palmera canaria)
 - *Tamarix canariensis* (Tarajal)

De este listado, algunas de las especies ya no están presentes, como la Siempre viva rosada y el Salado, quizás por gestiones deficientemente acertadas de este territorio.

Además, se debería de haber incluido, en el anterior inventario, la presencia de la *Schizogyne glaberrima* (muy abundante), que representa a un endemismo local.

Dentro de este contexto botánico de las Dunas de Maspalomas, su Plan Director recoge, localiza y describe someramente 10 comunidades vegetales, diferenciadas según las condiciones específicas de su hábitat (páginas 8, 9 y 10 del Documento de Trabajo, 1998). Estas comunidades son:

- matorral halonitrófilo de balancón
- matorrales de *Suaeda vermiculata*
- matorrales con *Juncus acutus*, *Schizogyne glaberrima* y *Launaea arborescens*
- comunidades cespitosas de *Cyperus laevigatus*
- bosquetes de tarajales
- comunidades helofíticas propias de áreas encharcadas
- praderas xerofíticas con *Cyperus kalli*, *ononis serrata* y *Neurada procumbens*
- comunidad de vegetación acuática salobre con *Ruppia maritima*
- comunidad de algas flotantes con *Cladophora vadorum* y *Cladophora vagabunda*, y
- comunidades ruderal-nitrófilas.

b. Y se describe el establecimiento de una gran diversidad de grupos faunísticos.

De esta fauna, destacan:

- la avifauna de especies nidificantes en Canarias y de otras migratorias, que dan lugar a un listado en torno a unas 52 especies, y
- la entomofauna, especialmente los Artrópodos, muy rica en especies y de alto valor faunístico.

Dentro de los invertebrados, los insectos conforman la Clase mejor representada, respecto a diversidad y biomasa. Para este lugar, se citan 13 órdenes de insectos, que contienen a más de 25 endemismos insulares y canarios, entre los que sobresalen las especies:

- *Arthrodeis subcostatus*
- *Apion calcaratum*, y
- *Agdistis salsolae*.

Las especies exclusivas de insectos son:

- *Nomioides canariensis* y
- *Pimelia albohumeralis*.

En relación con la Clase de los Reptiles, la *Gallotia stehlinii* toma especial significado en este ambiente, por representar a un endemismo grancanario.

Algunos mamíferos también se hallan representados en este ambiente dunar, pero sin que se encuentren inventariadas especies protegidas.

3. CONSERVACIÓN, PROTECCIÓN Y RESTAURACIÓN

Se entiende por **conservación** la delimitación de un territorio por sus activos ambientales significativos (que determinen interés), y la definición de usos compatibles con esos activos.

La **protección** se centra en la planificación y manejo:

- a. Que impida la desaparición de los activos significativos de un territorio dado, por usos inadecuados.
- b. Y que mantengan:
 - la calidad de los activos en cuestión, ante una posible degradación natural y/o antropogenética, y
 - la idoneidad de usos en función de los activos definidos como significativos.

La planificación se corresponde con el diseño de medidas, y el manejo con la aplicación de las medidas diseñadas.

En este contexto, una **restauración** se refiere a planificaciones y manejos encaminados:

- a. A la restitución de unos activos significativos que ya no existan en su ámbito territorial.
- b. O a la mitigación o, mejor, a la desaparición, de una degradación en los activos que interesan conservar.

Una desaparición, o degradación de un activo ambiental se puede deber:

- tanto a causas naturales
- como a actuaciones antropogenéticas.

Aquí, la restauración no incluye una recalificación de usos del territorio, como se contempla en la recuperación de los espacios mineros agotados.

Por otra parte, esta restauración implica una decisión política de querer conservar y proteger un territorio por unos activos determinados propios.

Estos tres conceptos genéricos, aplicados al Campo de Dunas de Maspalomas, se desarrollan como sigue.

En cuanto a la **conservación**, ¿por qué interesa delimitar el Campo de Dunas?

La respuesta estaría en el interés ambiental ya descrito para este marco geográfico, que se fundamenta:

- tanto en los contenidos geológicos (en las dunas)
- como en los de flora y de fauna.

Y estos contenidos hacen que representen a atributos de paisajes de ocio, que enriquecen:

- a un Aula de la Naturaleza, como recurso de educación ambiental, y
- a un patrimonio de la biodiversidad.

Ante el anterior posicionamiento de conservar el Campo de Dunas de Maspalomas de Gran Canaria, se crea la necesidad de tener unos planteamientos y manejos de protección, tanto para el biotopo como para su biocenosis.

Respecto a la **protección** del biotopo (de las dunas propiamente dichas, en términos geomorfológicos), se tienen que tomar medidas de salvaguardia:

- tanto para el Campo de Dunas delimitado
- como para el marco geográfico envolvente, que posibilita la existencia del activo dunar.

En relación con el propio Campo de Dunas, las medidas de protección se deben encontrar encaminadas a evitar perturbaciones en el transporte y deposición de arenas, y de los contenidos de su *Historia Geológica* (paleobarras). En este sentido:

1. Quedaría totalmente prohibido el tránsito rodado (incluido el de servicio de vigilancia policial y de limpieza, que se harían con otros medios).
2. Habría un tránsito exclusivamente peatonal, a través de senderos diseñados en concordancia con la estabilidad de las formas dunares y de la biocenosis que puede contener. Se entiende que en el tránsito peatonal queda excluido el uso de animales.
3. Y habría una vigilancia extrema que evitara la destrucción de paleobarras, por la extracción de cantos, para construir *gorros*.

En cuanto a la protección de la biocenosis del Campo de Dunas de Maspalomas, las medidas de planeamiento y manejo se centrarían en otros tres puntos:

- a. Se diseñarían senderos que no dañaran al contenido de la biota, y que pudieran ser aprovechables como itinerarios en un Aula de la Naturaleza, o Ambiental.
- b. Se regularía la contaminación lumínica, en la medida de lo posible, frente a un desarrollo urbano intensivo envolvente, para que no se viera afectada la avifauna del territorio.
- c. Y se prohibiría llevar animales domésticos, como mascotas, por parte de los transeúntes. De esta manera, se evitaría, en gran medida, la llegada y proliferación de especies exóticas, a través del acceso de *vectores de transmisión*.

El territorio envolvente, que condiciona el Campo de Dunas de Maspalomas, se identifica con su Provincia Morfodinámica, que incluye su correspondiente dominio sumergido (Provincia de Morro Besudo – Pasito Blanco).

En consecuencia, estarán muy evaluadas y controladas las actuaciones que pueda soportar este contorno. Entre estas actuaciones, se encuentran básicamente:

- obras marítimas, aguas arriba, como puertos deportivos, por ejemplo

- extracciones de áridos tanto emergidos como sumergidos (por supuesto para la generación y/o recuperación de playas, conforme con la legislación vigente)
- levantamiento de edificios que actuaran como *efecto pantalla* y *efecto barrera*, en relación con el transporte y deposición eólica de las dunas
- ubicación de tumbonas (las mal llamadas hamacas), y ubicación de quioscos playeros.

En definitiva, la protección supone realizar una evaluación de las sensibilidades del Campo de Dunas, de acuerdo con el biotopo y su biocenosis, ante determinadas actuaciones del hombre.

Según una primera evaluación de las sensibilidades del Campo de Dunas de Maspalomas (Martínez y Casas, 2002), debe de haber un área *tampón* entre:

- el espacio en conservación, con sus medidas apropiadas de protección, y
- el territorio envolvente susceptible de desarrollos sostenidos social y/o económicamente, pero obviamente sustentables.

A su vez, dentro del área *tampón*, las actuaciones antropogénicas estarán restringidas en función de la conservación del Campo de Dunas (de sus activos y de sus usos).

La **restauración** se basaría:

- en el derribo de edificios altos en el espacio geográfico *tampón*
- en la destrucción de los *goros*
- en la reconstrucción de paleobarras, con los cantos de los *goros*
- en la reintroducción de especies endémicas locales, que se conserven en laboratorios o en bancos de semillas, de jardines botánicos y en centros zoológicos, y
- en la repoblación de especies endémicas regionales que se daban en el lugar.

Se descartan actuaciones de recuperación en los perfiles batimétricos degradados, por causas diversas, que influyan en la morfodinámica de las playas relacionadas con el Campo de Dunas, por las repercusiones negativas

que pudieran provocar los sedimentos en suspensión (por las intervenciones), en las praderas de Fanerógamas (normalmente cobijo de una rica diversidad). En el entorno envolvente sumergido de las Dunas de Maspalomas, estas Fanerógamas son sebaales.

4. EL CENTRO DE VISITANTES

El Centro de Visitantes del Campo de Dunas de Maspalomas, se justifica por el carácter de *Aula de la Naturaleza* de este paraje.

Para evaluar la eficiencia y la eficacia de este centro, tanto de sus recursos humanos como de sus instalaciones, con sus equipamientos, se debe de tener un modelo que sirva de referencia (*el centro ideal*).

Una propuesta de idealización de un centro de visitantes (de un Parque o de un Aula de la Naturaleza, o Ambiental) reuniría las siguientes secuencias de exigencias priorizadas:

I. Bloque de circunstancias de contorno:

- 1.1. Vías de acceso (para vehículos y peatones).
- 1.2. Aparcamientos para transportes colectivos, conforme con la demanda.
- 1.3. Aparcamientos para vehículos privados, conforme con la demanda.

II. Bloque de infraestructuras y de servicios generales:

- 2.1. Infraestructuras básicas (amplias salas de recepción, servicios higiénicos-sanitarios y botiquines).
- 2.2. Horario de apertura conforme con las posibilidades de uso del territorio, incluso en días festivos (feriados).
- 2.3. Información general gratuita de contenidos, dentro de su marco geográfico, en soportes válidos para manejo de campo de los usuarios (folletos, mapas y otros, que permitan la localización de los senderos y que describan sus aspectos más relevantes).
- 2.4. Infraestructuras accesorias (cafetería y puntos de venta de recuerdos).

III. Bloque de información de contenidos:

- 3.1. Banco de datos que contenga información suficiente y actualizada de contenidos.
- 3.2. Salas de exposiciones de paneles y de maquetas.
- 3.3. Salas de proyecciones *multimedia* de documentación.
- 3.4. Salas con simuladores interactivos en relación con los procesos y efectos de los contenidos del territorio en cuestión.

IV. Bloque de servicios específicos:

- 4.1. Guías cualificados para atender a salidas gratuitas de grupos, en número conforme con la demanda.
- 4.2. Guías cualificados para salidas personalizadas, conforme con la demanda.
- 4.3. Puntos de venta de material especializado adicional

El Centro de Visitantes de las Dunas de Maspalomas (llamado de *Información*) se halla ubicado, prácticamente, en dependencias anexas del Hotel Riu Palace de Playa de El Inglés (debajo de una de sus piscinas). Se abrió al público el 21 de marzo de 1994 y está gestionado por la Consejería de Medio Ambiente del Cabildo de Gran Canaria, a través del Centro de Interpretación de la Reserva.

En una superficie de 125 m² hay:

- una pequeña recepción - oficina
- una sala de audiovisuales, convertible en multiusos, y
- una sala de exposiciones, con su área de servicios.

Sobre el papel, estas instalaciones se encuentran atendidas por dos monitores, de lunes a sábado, en horario laboral de mañana y tarde:

- que reciben a los visitantes y
- que actúan como guías a colegios y a otros colectivos en rutas diseñadas por el interior de la Reserva.

En cuanto a ciertas infraestructuras básicas y accesorias (tales como servicios higiénicos-sanitarios, botiquines y cafeterías, entre otros), se beneficia de los del establecimiento hotelero, cuyas instalaciones anexas le da cobijo.

A día de hoy (inicios de 2006):

- a pesar de su existencia física
- independientemente de sus infraestructuras generales y especializadas, que satisficieran a las exigencias de los contenidos, y
- de la eficiencia de sus escasos recursos humanos

se puede afirmar, sin riesgos de equivocación, que el Centro carece de funcionalidad, durante la mayor parte de su *tiempo útil de servicio*, dado que permanece prácticamente cerrado, por causas diversas (quizás por no estar dotado de un mínimo personal especializado, indispensable para que diera al Centro una eficacia aceptable).

Si se contrasta todo lo anterior con la descripción del *Centro Ideal de Visitantes*, de un activo ambiental de interés, se puede asumir, globalmente, el calificativo de ineficaz para el Centro de Visitantes de las Dunas de Maspalomas.

En dependencia con este Centro de Visitantes, el Campo de Dunas de Maspalomas debería tener un régimen de visitas controlado, con la ayuda de guías y/o autoguiado.

Se evitarían muchos daños en los contenidos significativos, del atractivo ambiental, con unas visitas controladas de forma efectiva, a través de senderos operativos, donde se respetaran los balizamientos, debidamente mantenidos (circunstancias que actualmente no concurren).

El cumplimiento de un tránsito controlado permitiría un aprovechamiento maximizado del activo ambiental, y el impacto que se produjera sería mínimo (obviamente no hipotecante) y asumible.

El tránsito indiscriminado de *paseantes* por las Dunas provoca, de acuerdo con apreciaciones de campo, una serie de problemas que desembocan en la alteración del ecosistema en cuestión, en su conjunto.

Presumiblemente, los problemas se resolverían, y se optimizaría el uso del atractivo ambiental:

1. Con la utilización obligada de los tres senderos balizados en su momento (mediante estacas de madera y cuerdas), conforme con el Plan Director de 1998, en el sentido de frenar “la dispersión de sendas y de trayectos existentes, que fragmentan al ecosistema y agreden a las poblaciones de especies más sensibles, especialmente a las de los invertebrados”.
2. Colocando, a lo largo de los senderos, paneles de señalización, de interpretación y de sensibilización.

Éstos últimos, advertirían a los usuarios de los daños que se originan:

- en la composición paisajística de las Dunas (por la rotura de la geometría de las estructuras de los depósitos de arena y por las huellas impactantes) y
- en la biocenosis, si se transita libremente por todo el espacio del Campo.

3. Fijando:

- los horarios de acceso
- el número máximo de transeúntes por las dunas, en un momento dado, conforme con la fluidez en los senderos.

4. Posibilitando el cumplimiento de las limitaciones que se hubieran establecido.

5. Y dotando a la Reserva de una contundente vigilancia.

Otras actuaciones complementarias, en relación con el aprovechamiento del Campo de Dunas de Maspalomas, como un atractivo de ocio, se podrían concretar con el trazado de una pasarela *blanda*, sobre pivotes, que bordeara la formación sedimentaria eólica, a lo largo de su perímetro interno (septentrional), uniendo el paseo de la Playa de El Inglés con el del margen occidental de la Charca de Maspalomas.

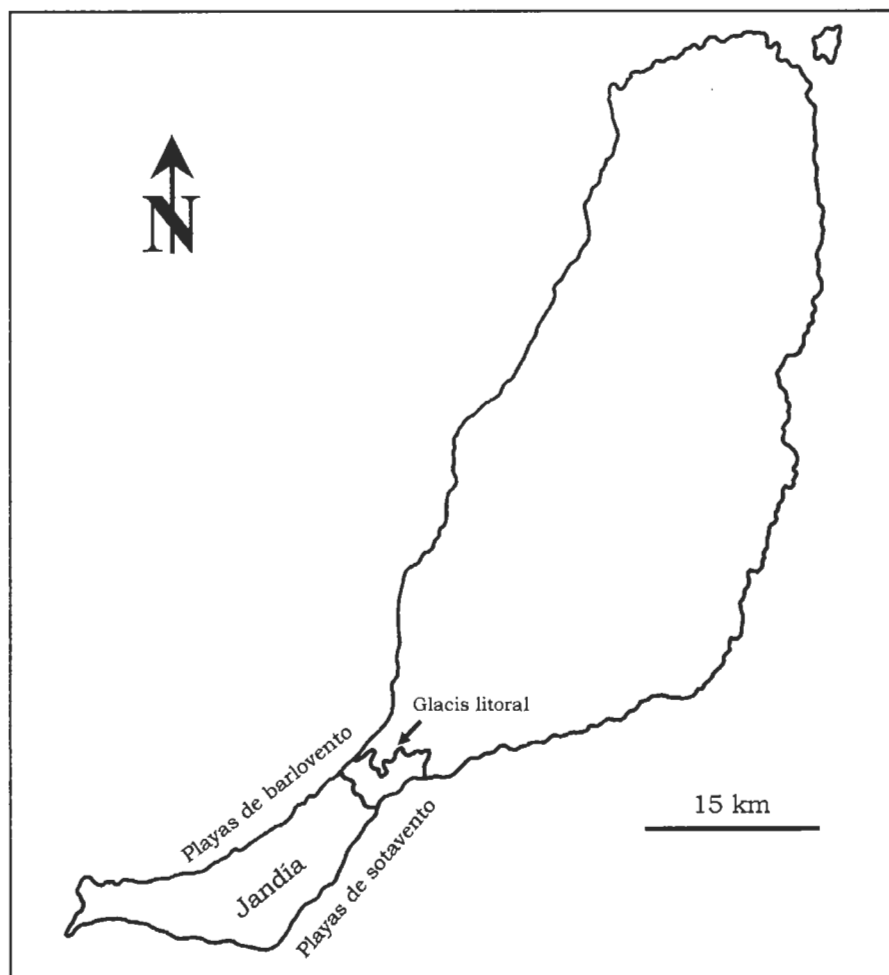
Convendría que esta pasarela estuviera dotada:

- con bancos, a lo largo de todo su recorrido
- con paneles de interpretación, en lugares estratégicos y

- con pérgolas (que protejan del sol, en contemplaciones prolongadas), en aquellos puntos significativos que pudieran representar a los miradores más significativos de este paisaje dunar.

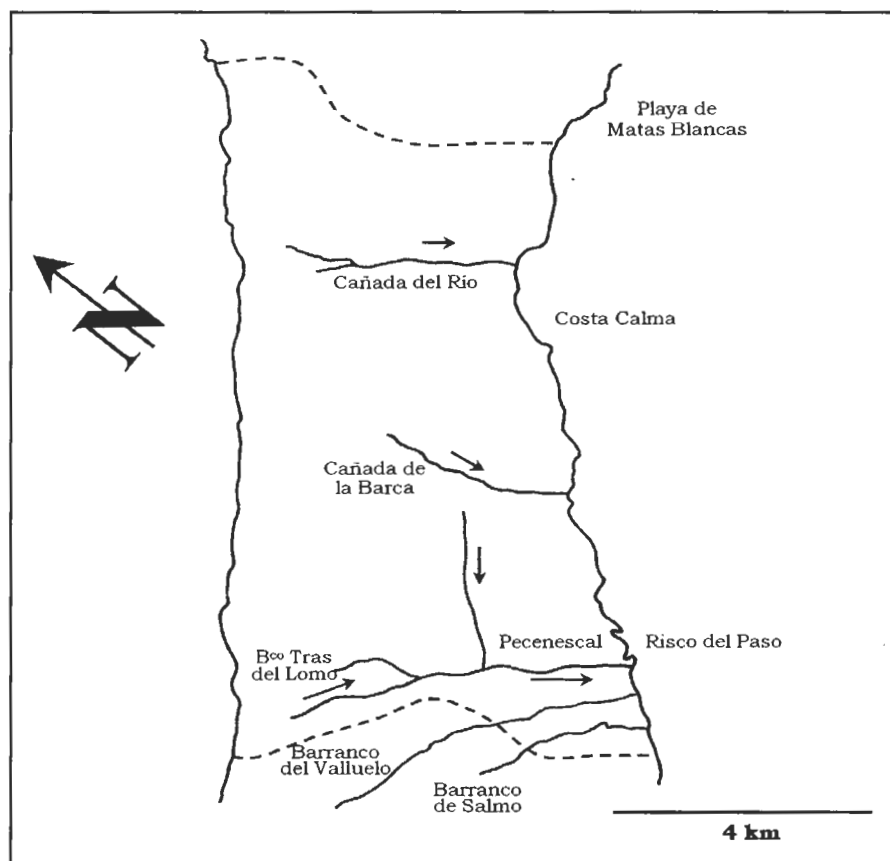
En los miradores, habrían mesas de interpretación, donde se delimitaran las diferentes cuencas visuales y se incluyeran sus contenidos más relevantes.

Figura 4.1. Localización geográfica de las arenas eólicas (Jable) en el Istmo de Jandía (Isla de Fuerteventura, España)



Fuente: elaboración propia

Figura 4.2. Localización geográfica de los pasillos de transporte eólico de las arenas, en el Istmo de Jandía (Isla de Fuerteventura, España)



Fuente: elaboración propia

BIBLIOGRAFÍA

- Araña, V. y Carracedo, J. C. (1979). *Los volcanes de las Isla Canarias: III. Gran Canaria*. Madrid: Editorial Rueda. 175 páginas.
- Bramwell, D. y Bramwell, Z. (1974). *Flores Silvestres de las Islas Canarias*. Las Palmas de Gran Canaria: Cabildo Insular de Gran Canaria – Jardín Botánico “Viera y Clavijo”. 284 páginas.
- Bruun, P. (1962). Sea Level rise as a case of shore erosion. Páginas 117-130. In: *Proc. ASCEJ*. Waterways Harbors.
- Cáceres, E. (2002). *Génesis y Desarrollo del Espacio Turístico en Canarias*. Las Palmas de Gran Canaria: Servicio de Publicaciones de la Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. 177 páginas.
- Carracedo, J. C. (1980). Mapa Geológico de Gran Canaria. Páginas 24-25, in: Martínez de Pisón, E. (asesor). *Atlas Básico de Canarias*. Santa Cruz de Tenerife: Editorial Interinsular Canaria. 80 páginas.
- Dean, R. G. (1977). Equilibrium Beaches Profiles: U.S. Atlantic and Gulf Coast. *Tech. Rep.* Number 12. University of Delaware. Newark.
- Equipo de Investigación del Proyecto RODA (2004). Sección Gran Angular: Canarias, un mundo aparte. In: *Nacional Geographic España*. Diciembre 2004. Páginas 55-58.
- Fúster, J. M. et al. (1968). *Geología y volcanología de las Islas Canarias: Gran Canaria*. Madrid: Instituto Lucas Mallada. C.S.I.C. 243 páginas.
- Hansen, A. et al. (1990). *Mapa de las formas del relieve de Gran Canaria*. Las Palmas de Gran Canaria: Excmo. Cabildo Insular de Gran Canaria.
- Hernández-Guerra, A. et al. (1993). Phytoplankton pigment patterns in the Canary Islands area as determined using Coastal Zone Colour Scanner data. *Int. J. Remote Sens*, 14, 1431-1437.

- Hernández-León, S., Llinás, O. y Braun, J. (1984). Nota sobre la variación de la biomasa del mesozooplankton en aguas de Canarias. *Investigaciones Pesqueras*, Número 48. Páginas 495-508.
- Hjulström, F. (1935). Studies of the morphological activity of rivers as illustrated by River Fyris. *Upsala Univ. Geol. Inst. Bull.*, 25. Páginas 221-527.
- Martínez, J. (1985). Dunas de Maspalomas (Gran Canaria, España): Los parámetros morfoscópicos-granulométricos. *Boletín Geológico y Minero*. 96 (5). Madrid. Páginas 486-491.
- Martínez, J. et al. (1986a). *Las Dunas de Maspalomas*. Las Palmas de Gran Canaria: Excmo. Cabildo de Gran Canaria. 151 páginas.
- Martínez, J. (1986b). Dunas de Maspalomas (Gran Canaria): Naturaleza petrológica de sus arenas. *Anuario de Estudios Atlánticos* (Patronato de la Casa de Colón, Madrid – Las Palmas de Gran Canaria). Volumen 32. Páginas 785-794.
- Martínez, J. y Cárdenes, M. (1987). Cambios topográficos y sedimentológicos en las playas arenosas de El Inglés y de Maspalomas (Gran Canaria, España). *Actas*. Páginas 223-226. *7ª Reunión sobre el Cuaternario*. Santander. Asociación Española para el Estudio del Cuaternario.
- Martínez, J. (1988). Accretion-erosion in the beaches of the Canary Islands (Spain). Páginas 2738-2752. In: Edge, B.L. (editor) *21^a Coastal Engineering Conference*. Vol 3, Capítulo 203. American Society of Civil Engineers. New York.
- Martínez, J., Del Rosario, M. y Cárdenes, M. (1989). La evolución morfodinámica de la Punta de La Bajeta, en la Playa de Maspalomas (Isla de Gran Canaria, España). *Actas de las Jornadas*, páginas 335-343. *IX Bienal de la R.S.E.H.N.* Sevilla.
- Martínez, J. et al. (1990a). Clasificación Climática de las Playas Arenosas de Gran Canaria. 1996. *Oceanografía y Recursos Marinos en el Atlántico Centro - Oriental* (Las Palmas de Gran Canaria, 1990). Páginas 539 -568. ICCM. Las Palmas de Gran Canaria.
- Martínez, J. (1990b). La provincia morfodinámica de Morro Besudo – Faro de Maspalomas (Isla de Gran Canaria, España): Conocimiento y comprensión de sus procesos geomorfológicos y sedimentarios para la planificación y gestión de este litoral. Libro de la Reunión, páginas 351-363. *Primera Reunión Nacional de Geomorfología*. Teruel.

- Martínez, J. y Casas, D. (1992). La dinámica sedimentaria del litoral meridional de Gran Canaria (Islas Canarias, España). Libro de Ponencias, páginas 218-242. *I Jornadas Españolas de Costas y Puertos*. E.T.S. de Ingenieros de Caminos, C. y P. Universidad de Cantabria. Santander.
- Martínez, J. (1994). Cartographic characterization of the littoral camps of dunes. Coastal Dynamics' 94 (Proceedings of an International Conference on the Role of the Large Scale Experiments in coastal Research, Universitat Politècnica de Catalunya, Barcelona). Publicado por la American Society of Civil Engineers. New Cork. Páginas 462-475.
- Martínez, J., Casas, D., Pelegrí, J. L. Sangrá, P. y Martínez, A. (1995). Metodología Verificada en el Estudio de Dunas Litorales. *Terceras Jornadas Españolas de Ingeniería de Costas y Puertos* (Valencia, 1996). Páginas 667-688. Volumen III. Valencia: Servicio de Publicaciones de la Universidad Politécnica de Valencia.
- Martínez, J. y Casas, D. (1996). La Dinámica Sedimentaria del Litoral Meridional de Gran Canaria. In: *I Jornadas Españolas de Ingeniería de Costas y Puertos* (Santander, 1992). Páginas 215-238. Volumen I. Valencia: Servicio de Publicaciones de la Universidad Politécnica de Valencia.
- Martínez, J. (1997a). *Los Procesos y Efectos Geodinámicos Marino-Costeros*. Las Palmas de Gran Canaria: Servicio de Publicaciones de la Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. 214 páginas.
- Martínez, J. (1997b). *Geomorfología Ambiental*. Las Palmas de Gran Canaria: Servicio de Publicaciones de la Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. 196 páginas.
- Martínez, J. y Casas, D. (2002). *Recursos Ambientales*. Las Palmas de Gran Canaria: Servicio de Publicaciones de la Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. 402 páginas.
- Meco, J. et al. (2004). Cambios del clima, durante los últimos cinco millo- nes de años, observados en el África Atlántica (Islas Canarias). In: Baquedano, E. y Rubio Jara, S. (Editores). Misceláneas en homenaje a Emiliano Aguirre. *Zona Arqueológica* 4, Vol. I Geología, pp. 92-104. Museo Arqueológico Regional de la Comunidad de Madrid. Madrid.
- Paskoff, R. (1985). *Les littoraux: impact des aménagements sur leur évolution*. Paris: Masson. 189 pp.

- Suárez Bore, P. (1978). Shore Classification – Simple Forms Costeras Prevailing Wind Wave Action. Páginas 150-69. In: *Proceedings the III International Congress I.A.E.G.*, Sec. I. Vol. 2. Madrid.
- Viceconsejería de Medio Ambiente (1998). *Plan Director de la Reserva Natural Especial de las Dunas de Maspalomas* (Documento de Trabajo). Santa Cruz de Tenerife – Las Palmas de Gran Canaria: Consejería de Política Territorial del Gobierno de Canarias. 65 páginas.
- Zeuner, F. (1958). Líneas costeras del Pleistoceno en las Isla Canarias. *Anuario de Estudios Atlánticos*. Las Palmas de Gran Canaria. Volumen 4. Páginas 9-16.