19. Los grandes campos de dunas actuales de Canarias

I. Alonso[1], L. Hernández[2], J. Alcántara-Carrió[3], L. Cabrera[1] y A. Yanes[4]

1. Introducción

Las formaciones eólicas de mayor envergadura de Canarias se localizan en las islas orientales. Gran Canaria contaba hasta hace unas décadas con dos campos de dunas móviles: Maspalomas y Guanarteme, situados en el sur y nordeste de la isla respectivamente. El primero de ellos es un campo de dunas funcional, a pesar de estar sometido a importantes cambios que afectan sustancialmente a su propia existencia, como se verá en el apartado correspondiente. Por el contrario, el campo de dunas de Guanarteme ha desaparecido por completo como consecuencia de la construcción de la ciudad de Las Palmas de Gran Canaria.

Fuerteventura cuenta con dos campos de dunas: Jandía y Corralejo. El primero de ellos se localiza en el istmo de Jandía, en la costa meridional de la isla. Es un área que enlaza los macizos de Betancuria y Jandía, con los que limita por el NE y SW respectivamente. En su mayor parte se trata de un sistema eólico fósil sobre el que se identifica una cierta dinámica eólica actual, si bien de carácter residual. Corralejo, por el contrario, es un campo de dunas móviles que se extiende en el extremo nordeste de la isla (Fig. 1).

Lanzarote también cuenta con un sistema eólico denominado El Jable. Se trata de un corredor de arenas que, impulsadas por los vientos alisios, atravesaban la isla de Norte a Sur. Hoy día este corredor ya no es funcional, salvo en el extremo NE, donde aún quedan algunas morfologías dunares.

El interés paisajístico, geológico y geomorfológico de estas formaciones es patente, como lo demuestra el hecho de que todos estos espacios (excepto ló-

1. Departamento de Física, Universidad de Las Palmas de Gran Canaria, *ialonso@dfis.ulpgc.es*, *lcabrera@becarios.ulpgc.es*

2. Departamento de Geografía, Universidad de Las Palmas de Gran Canaria, *lhernandez@dgeo.ulpgc.es*

3. Facultad Ciencias Experimentales, Universidad Católica de Valencia, *javier.alcantara@ucv.es*

4. Departamento de Geografía, Universidad de La Laguna, *ayanes@ull.es*

gicamente el de Guanarteme) están íntegra o parcialmente protegidos por la legislación territorial. Así, la Ley 12/1987, de 19 de junio, de Declaración de Espacios Naturales de Canarias, declaró las Dunas de Maspalomas como Paraje Natural de Interés Nacional, mientras que Corralejo, Jandía y Famara (extremo NE de El Jable) fueron declarados Parques Naturales en el ámbito de la Comunidad Autónoma Canaria. Esta Ley fue derogada por la Ley 12/1994, de 19 de diciembre, de Espacios Naturales de Canarias, la cual establece para Maspalomas la categoría de Reserva Natural Especial, mientras que Corralejo, Jandía y el norte de El Jable han mantenido la categoría de Parque Natural. Todos estos espacios son considerados, además, áreas de sensibilidad ecológica.

Por otra parte, la Decisión de la Comisión de 28 de diciembre de 2001 (DOCE 9/1/2002) por la que se aprueba la lista de Lugares de Importancia Comunitaria de la región macaronésica, integra los cuatro enclaves mencionados en la citada lista con las siguientes denominaciones: ES7010007, ES7010032, ES7010033 y ES7010045 para Maspalomas, Corralejo, Jandía y Archipiélago Chinito (integrando este último la zona norte de El Jable), respectivamente. La reciente actualización de la citada lista (Decisión de la Comisión de 25 de enero de 2008, DOCE 5/2/2008) mantiene estos cuatro enclaves.

Figura 1. Localización de los cuatro grandes sistemas eólicos actuales de Canarias en Gran Canaria (A), Fuerteventura (B) y Lanzarote (C). (Imágenes base tomadas de https://mapa.grafcan.es).

2. El campo de dunas de Maspalomas (Gran Canaria)

Maspalomas es el único campo de dunas móviles activo de Gran Canaria. Se ubica en el sur de la isla, en un ambiente cálido, seco y con un alto porcentaje de días soleados, como corresponde a un territorio a sotavento del mar de nubes del alisio. Ocupa una superficie de unos 3.5 km^2, colonizada por una vegetación fundamentalmente xerófila, halófila y psammófila. El campo de dunas se asienta en la desembocadura del barranco de La Data-Fataga (o de Maspalomas en su tramo final), que constituye su borde occidental; el oriental y meridional están

integrados por una playa de 6 km de desarrollo continuo. No obstante, en su sector de exposición sur la misma es conocida como Playa de Maspalomas y en el oriental como Playa del Inglés, mientras el espacio que media entre ambas se denomina Punta de La Bajeta. Por último, el área dunar se extiende hacia el interior hasta contactar con las urbanizaciones de El Inglés y Campo Internacional, que son el límite septentrional de esta formación (Fig. 2).

2.1. Caracterización geomorfológica

Maspalomas es un sistema muy complejo en razón de la confluencia de una gran variedad de medios, desde marino y eólico a lacustre y, ocasionalmente, fluvial. Desde un punto de vista geomorfológico, esa complejidad deriva de la presencia de terrazas y depósitos aluviales, laguna litoral, estructuras sedimentarias del campo de dunas y playas actuales y depósitos marinos fósiles.

Entre las geoformas señaladas sobresalen, en primera instancia, las plataformas sedimentarias que circundan dicho sistema. Una primera se sitúa en su flanco oeste y corresponde a un *fan-delta* recubierto en parte por sus arenas. De edad holocena, su origen remite a la actividad de la red de drenaje del barranco de La Data-Fataga, que evacua las aguas de una de las mayores cuencas hídrica de Gran Canaria. A este cono aluvial se asocia una laguna litoral permanente. La Charca o El Charco, como así se designa, se distingue en especial por su interés biótico, pues es lugar de refugio de distintas especies de aves, debido a la presencia de vegetación hidrófila en su entorno. A la terraza considerada se suman, por el Norte, otras dos pleistocenas dispuestas a 4-6 y más de 20 metros sobre el cero marino, según se trate de la Terraza Baja o de la Terraza Alta (Terraza del Inglés), respectivamente. Esta última destaca sobremanera por sus dimensiones y por el hecho de que su sector meridional se adentra en el campo de dunas en forma de cuña. Hasta 1965 la práctica ausencia de actividad turística en los alrededores del campo de dunas permitía que las arenas remontaran el obstáculo que supone la Terraza Alta, garantizando el necesario aporte sedimentario hacia el interior del sistema. Con independencia de su emplazamiento y cronología, las tres terrazas están integradas por sedimentos aluviales, cuya fracción gruesa está constituida principalmente por fragmentos de rocas volcánicas diferenciadas. Fruto de manifestaciones mio-pliocenas, su área fuente se sitúa aguas arriba de la cuenca hídrica de Fataga (Hernández & Mangas, 2004).

Por lo que respecta al campo de dunas actual, su origen se encuentra en un evento puntual acaecido hace unos 200 años (entre 1785 y 1838), que supuso la llegada masiva de un considerable volumen de arenas (MMA, 2008). Desde ese momento este complejo ha estado sometido a un constante proceso de pérdida

natural de sedimentos, que la acción humana ha acelerando. Las geoformas sedimentarias dominantes son dunas barjanas y cordones transversales (Martínez *et al.*, 1986). Las primeras se localizan en las proximidades del litoral, surgiendo a partir de dunas embrionarias por retención de arena a sotavento de la vegetación. Los segundos lo hacen en el interior de la franja costera, por acumulación de arenas a más de un centenar de metros de distancia del *backshore*. Con alturas entre 6 y 12 metros, su existencia denota un importante volumen sedimentario en tránsito, aunque en claro retroceso. De ahí que muchas dunas experimenten en la actualidad una disminución de su altura, al tiempo que el conjunto de estos cordones adquiere rasgos barjanoides y, en algunos enclaves, patrón en *aklé* (Hernández, 2006). Se constata, además, un incremento del número y dimensión de los espacios interdunares existentes entre ellos.

Figura 2. Vista general del campo de dunas de Maspalomas.

En cualquier caso, el origen eólico de estas geoformas es indudable, como evidencia la granulometría de sus arenas. En efecto, éstas son finas, moderadamente bien clasificadas y simétricas, aunque con leve tendencia a asimetrías negativas; a ello se une su distribución unimodal. La naturaleza del 60% de las mismas es, por término medio, carbonatada, correspondiendo su mayor parte a mallas de algas coralináceas (75%), mientras que el resto a moluscos (24%) y

foraminíferos y briozoos (1%). Los componentes terrígenos se reparten entre un 27% de fragmentos de rocas sálicas y un 8% de básicas, además de minerales ferromagnesianos (33%), leucocratos (11%) y vidrio volcánico y minerales opacos (21%) (MMA, 2008).

El medio marino se hace presente en el interior del campo de dunas a través no sólo del encharcamiento periódico de los espacios interdunares, con ocasión de temporales del SW, sino también de la existencia de depósitos fósiles. Se trata de cordones de cantos, en su mayoría fonolíticos, que afloran en los espacios interdunares de la mitad sureste de dicho campo. Se corresponden con paleobarras indicativas de niveles marinos holocenos (Fig. 3A). También en la playa de Maspalomas aparecen depósitos sedimentarios marinos, en los que la presencia de fósiles de *Strombus bubonius* ha permitido datar este nivel en el Último Interglaciar (Meco *et al.*, 2006; figura 3B).

2.2. Dinámica sedimentaria

Las relaciones entre el viento, el oleaje, las plataformas sedimentarias, el barranco y las propias arenas de las dunas, así como sus variaciones espacio-temporales, están en el origen de diversos procesos recientes y actuales en los que reside el peculiar funcionamientote este sistema.

La actividad del viento es determinante en la dinámica sedimentaria de Maspalomas. Por su situación geográfica al sur de Gran Canaria, los alisios, flujos del NNE dominantes durante la mayor parte del año, han de rodear la isla para acceder al campo de dunas. Como consecuencia de ello, presentan un rumbo ENE y otro W, componentes opuestas aunque equilibradas en cuanto a su dominio porcentual. No obstante, dado que las velocidades de los vientos procedentes del E-ENE son mayores, el movimiento efectivo de las dunas se produce hacia el Oeste (Pérez Chacón *et al.*, 2007).

Por lo que respecta al oleaje, principal responsable de la morfología de las playas, cabe diferenciar entre el más frecuente del NE y el más energético asociado a temporales del SW. El primero se refracta por la batimetría de la zona, incidiendo con mayor altura de ola en la Punta de la Bajeta que en las playas aledañas. En estas ocasiones, esa punta se erosiona de forma considerable, desplazándose los sedimentos tanto hacia la playa del Inglés mediante una corriente por gradiente de sobreelevación, como hacia la de Maspalomas por deriva litoral (MMA, 2008; figura 4A).

El segundo comporta una fuerte denudación de esta última playa y de las dunas más próximas, al tiempo que determina el recrecimiento de la Punta de la Bajeta. A pesar de los aportes recibidos por el Oeste y del transporte de un

cierta cantidad de arenas hacia el Norte, el oleaje evacua durante los episodios de temporal un volumen apreciable de ellas hacia el talud existente frente a dicha punta (MMA, 2008; figura 4B). Tal pérdida supera con creces los aportes, de modo que el balance sedimentario neto es claramente deficitario. Este hecho se ha comprobado observando los cambios experimentados en la zona emergida mediante modelos digitales de elevaciones. Así, entre 1987 y 2003, el campo de dunas perdió aproximadamente 700.000 m^3, cifrándose la tasa anual en unos 44.000 m^3 (MMA, 2008).

Figura 3. Paleobarras holocenas (A) y nivel marino pleistoceno (B), indicativos de actividad marina en la zona de Maspalomas.

De la acción conjunta de viento y oleaje resulta, en última instancia, que la playa del Inglés constituye el área de entrada de las arenas en el sistema dunar. Las partículas, una vez secas, quedan a merced de los vientos efectivos, aunque los obstáculos humanos (hamacas, sombrillas y kioscos) y las labores de mantenimiento de la playa alteran la dinámica eólica, impidiendo la constitución de geoformas significativas. No obstante, en el *backshore* surge una *foredune* por la alineación de ejemplares de *Traganum moquinii*, especie propia de un matorral halófilo característico de estas latitudes. Ello posibilita la génesis y progresión de estructuras mayores, que dan paso a dunas barjanas hacia el interior del sistema.

Ahora bien, en el subsector norte de este sistema, las edificaciones turísticas construidas en la Terraza Alta o del Inglés impiden el avance de las dunas, al tiempo que modifican el flujo eólico. El mismo redirige la arena hacia el Sur, al tener que contornear el obstáculo que es en sí misma la terraza en cuestión. En cualquier caso, en su avance hacia el interior, las dunas barjanas originales se presentan coalescentes y conformando cordones barjanoides, que migran con velocidades entre 1 y 19 metros de avance anual, según sectores (Pérez-Chacón *et al.*, 2007), hasta su salida de nuevo al mar por La Charca y playa de Maspalomas. Este esquema es extensivo al subsector sur hasta el *backshore*, donde el porte más reducido y la mayor separación de los ejemplares de *Traganum moquinii* imposibilitan en la práctica la formación de la *foredune*. Estos hechos determinan una menor retención de arena y la constitución de geoformas de entidad más reducida. Se trata, por lo común, de láminas de arena y pequeñas dunas barjanas en torno a 1 metro de altura, que avanzan a una velocidad media de 14 m/año (si bien se han observado avances puntuales superiores a 34 m/año) sobre amplias áreas de deflación, caracterizadas por la presencia de arenas humedecidas o encostradas en superficie (Pérez-Chacón *et al.*, 2007). Estos depósitos terminan configurando un cordón de acumulación de unos 6 metros de altura media (MMA, 2008), cuyo frente de avance se desplaza a una velocidad de 11 m/año, alejándose exponencialmente del *backshore* (Hernández *et al.*, 2007). Los cordones interiores se unen a los provenientes del subsector norte y se desplazan hasta alcanzar la playa de Maspalomas, por donde las arenas son devueltas al mar.

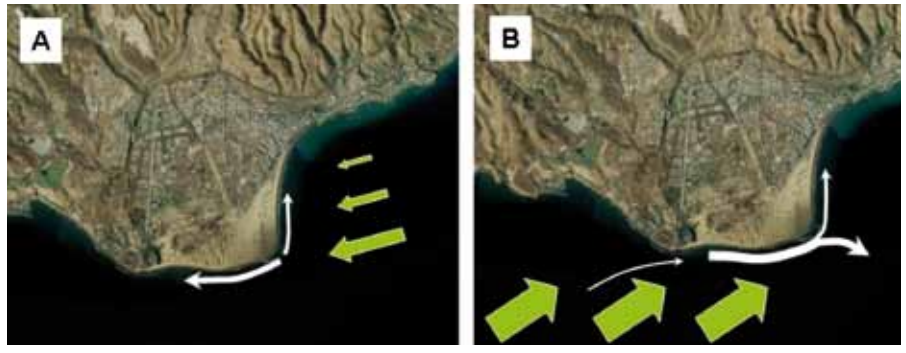

Figura 4. Funcionamiento de la dinámica litoral en la zona de Maspalomas en situación de alisios (A) y temporales del SW (B). Las flechas verdes indican la dirección e intensidad del oleaje y las blancas el transporte de sedimentos asociado.

En este contexto, la dinámica sedimentaria litoral puede alterarse, además, cuando el barranco de Maspalomas recobra su actividad. Este hecho acontece con ocasión de lluvias de gran concentración horaria que generan una escorrentía más o menos considerable. En estas ocasiones, el frente de La Charca suele abrirse mediante medios mecánicos, con el fin de proteger a los hoteles cercanos de las más que probables inundaciones (Mayer & Pérez-Chacón, 2006). La eliminación total o parcial de algunos depósitos dunares cercanos a la playa, reactiva el antiguo papel del barranco como límite occidental del campo de dunas.

2.3. Evolución natural y cambios de usos del suelo

Considerando el funcionamiento global del sistema dunar y el papel que desempeña la Terraza Alta o del Inglés en la dinámica de sus arenas, son tres las grandes áreas que se pueden distinguir en su seno (Fig. 5). La primera es la interior (sector C en la figura 5), ubicada a sotavento de la Terraza Alta, donde es claro el predominio de las dunas estabilizadas por la vegetación. En ella la dinámica sedimentaria es residual, pues, salvo en puntos aislados, la carencia de vientos efectivos ha conllevado el cese de la actividad eólica; hecho que ha facilitado, a su vez, la colonización vegetal y, por tanto, una estabilización mayor si cabe de las dunas. La evolución del complejo de dunas en las últimas décadas evidencia que la paralización de las geoformas de esta unidad es consecuencia, fundamentalmente, del efecto de sombra eólica generado por las urbanizaciones construidas sobre la Terraza del Inglés (Hernández, 2006; Hernández-Cordero *et al.*, 2006; MMA, 2008), así como del incremento de aportes de agua dulce procedentes del campo de golf y urbanizaciones colindantes.

La segunda área (Fig. 5, sector B) es la localizada en la zona intermedia del sistema eólico. La ausencia de aportes arenosos, aunque no de vientos efectivos, es su rasgo más destacado. Puede considerarse, por tanto, como un amplio *blowout*, cuyo origen está relacionado con el vértice sur de la Terraza del Inglés, si bien se amplía siguiendo la dirección marcada por los vientos efectivos. Las geoformas móviles aquí existentes se limitan a rizaduras y a algunas dunas con cierta actividad, dado el proceso colonizador que se está desarrollando en la unidad. En su avance, las arenas dejan al descubierto tras de sí los materiales sedimentarios que integran el basamento del sistema.

La última de estas áreas corresponde al ámbito de dunas móviles y playas (figura 5, sector A), integradas por los sedimentos que acceden al campo dunar por la playa del Inglés y retornan al mar por la de Maspalomas y La Charca, como ya se ha referido. Al igual que en las anteriores, la afectación de esta unidad por la urbanización de la Terraza del Inglés es significativa, porque, al acelerarse el

viento, la tasa de transporte eólico supera con creces a la de entrada de arenas por la playa del Inglés. Se comprende, entonces, que el primer cordón de acumulación se aleje exponencialmente del *backshore* (MMA, 2008).

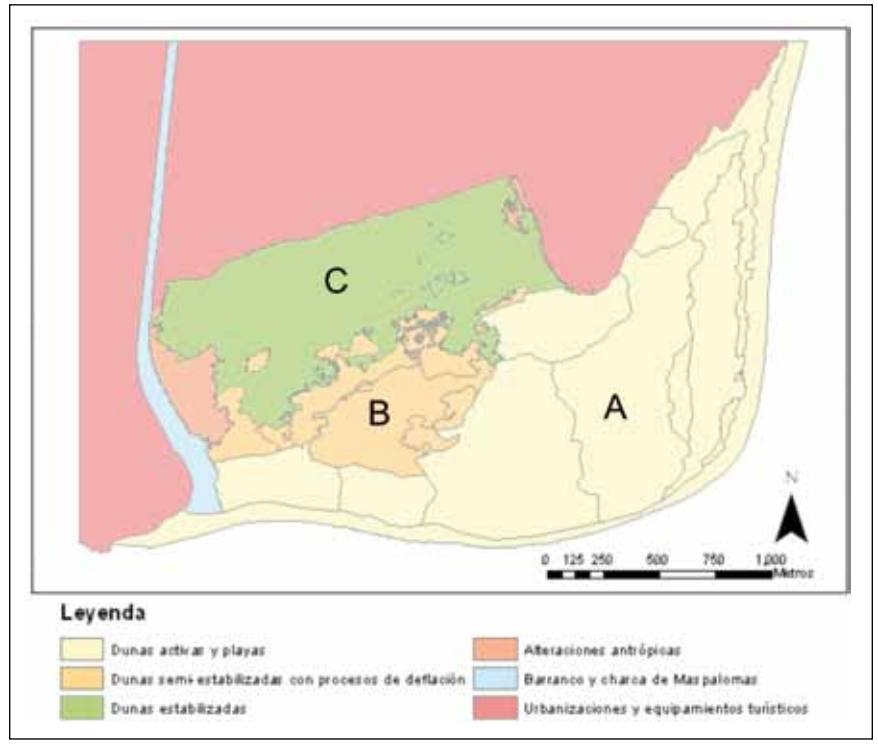

Figura 5. Sectorización del sistema de dunas en función de la dinámica eólica, las características de la vegetación y los usos del suelo.

Los hechos expuestos reflejan el protagonismo de la intervención antrópica en la actual configuración del complejo arenoso de Maspalomas. Se debe tener en cuenta, no obstante, que su papel ha variado de modo sustancial a lo largo del tiempo, en la medida en que han cambiando los usos del suelo. En efecto, el interés inicial se limitó en el pasado, fundamentalmente, al aprovechamiento de sus recursos hídrico y maderero. Por su parte, la cría de ganado en régimen de suelta, sobre todo dromedarios para labores agrícolas, fue habitual en la superficie dunar, mientras que el cultivo de cereales ocupó hasta mediados de 1950 a la mayor parte de los habitantes de la zona, allí donde los recursos hídricos de los alrededores y de suelos en las terrazas aluviales pleistocenas lo hicieron posible.

Los cambios realmente trascendentes en Maspalomas son los acontecidos a partir de la década de 1960, cuando se materializó uno de los mayores proyectos turísticos de Canarias, que se desarrolló tanto en sus inmediaciones como en el interior del propio campo de dunas. La proliferación de la actividad urbanizadora en la periferia de este espacio ha supuesto la alteración del régimen de vientos, proceso que ha incidido directamente sobre el transporte eólico, y por ello sobre la evolución de las geoformas, que han acelerado su tránsito por el campo de dunas. Fruto de todo ello es el déficit sedimentario que actualmente padece el sistema.

Las actividades de ocio y esparcimiento que tienen lugar en el marco de las playas y dunas de Maspalomas también inciden en la dinámica sedimentaria. En este sentido, la formación de dunas es inhibida en cierta medida por las labores de mantenimiento que se efectúan en las playas y por la ubicación de equipamientos diversos (kioscos, hamacas y sombrillas), que dificultan la normal circulación de los sedimentos (Fig. 6A). La construcción de estructuras cortaviento (*goros*) por parte de los usuarios para protegerse del viento y de la arena interfiere asimismo en la dinámica eólica, al originar pasillos de deflación a sotavento de tales obstáculos (Fig. 6B). Los impactos se acrecientan a partir del empleo de individuos de *Traganum moquinii* como elementos de apoyo en la construcción de tales estructuras. Pero es más: las condiciones naturales en que se desarrollan estos ejemplares vegetales son alteradas cada vez en mayor medida por otras prácticas llevadas a cabos por los usuarios, como la micción y pisoteo de plántulas. Estos especimenes, que desempeñan un papel fundamental en el sistema eólico y en la protección del campo de dunas de la erosión marina, precisan, por todo ello, de una intervención que posibilite su permanencia y desarrollo. Por su parte, las áreas más estabilizadas del interior del campo de dunas vienen siendo objeto también de agresiones diversas por parte de los visitantes, con repercusión negativa sobre su flora, fauna y dinámica de las arenas. Destaca entre ellas la dispersión de semillas de *Neurada procumbens*, planta norteafricana introducida por los dromedarios que realizaban labores agrícolas en el entorno de Maspalomas y que en la actualidad son utilizados como atractivo turístico.

En este contexto, la interacción entre las actividades antrópicas y la dinámica sedimentaria era inevitable, y, en consecuencia, el campo de dunas ha experimentado importantes transformaciones. En la actualidad la totalidad del sistema se encuentra en un momento crítico debido a la pérdida de sedimentos, proceso que ha marcado parcialmente muchos de los trabajos científicos recientes, que se han focalizado en determinar el volumen de arena que hay en el sistema. Así, Ojeda *et al*. (2007) dan el valor de 26,5 x10^6 m^3 de sedimentos totales utilizando datos de un vuelo LIDAR y tomando como base la cota 0 m. Fontán

et al. (2007) calculan 18,64 x10^6 m^3 de arena entre el basamento no arenoso (determinado mediante ensayos geofísicos de sísmica de refracción y tomografía eléctrica) y el techo de las mismas, obtenido mediante un MDE de detalle, realizado con base en un vuelo fotogramétrico. Por último, Pérez-Chacón *et al.* (2007) calculan en 5.56 x10^6 m^3 el volumen de arenas móviles, tomando como base la altura de los espacios interdunares y como techo un MDE calculado mediante estereocorrelación asistida. Basado en estas cifras, y considerando la evolución del volumen de materiales en el sistema, se ha estimado la práctica desaparición del campo de dunas móviles en menos de cien años (MMA, 2008). En su lugar se dibuja un escenario en el que el basamento del sistema irá quedando exhumado progresivamente, al tiempo que la vegetación experimentará un notable incremento, paralizando con ello los cada vez más escasos depósitos eólicos móviles. Además, la playa de Maspalomas pasará a ser de cantos y bloques debido a la práctica eliminación de los aportes de arena que hoy recibe.

Figura 6. La disposición de lotes de hamacas es prácticamente contínua a lo largo de la playa de El Inglés (A). Imagen de las estructuras cortavientos (*goros*) que hacen los usuarios para resguardarse del viento y la arena (B).

Si bien el campo de dunas, La Charca y la vegetación asociada a la desembocadura del barranco de La Data-Fataga tienen desde 1982 la consideración de Espacio Natural Protegido, el conflicto entre la conservación y el desarrollo ha exigido la adopción de medidas que hagan frente al panorama descrito. En la actualidad, las administraciones competentes en la gestión de este sistema se plantean la combinación de intervenciones de carácter estructural, como es la realización de aportes de arenas, y otras más blandas, desde el desarrollo de un proyecto específico para la protección y extensión de *Traganum moquinii*, hasta el control de los accesos al campo de dunas, pasando por la reducción de las hamacas y un cambio de usos de la maquinaria pesada en la limpieza de las playas (BOC, 2004; Pérez-Chacón *et al.*, 2007; MMA, 2008).

3. El depósito eólico de Jandía (Fuerteventura)

3.1. Características geográficas

El istmo de Jandía constituye unos de los ambientes eólicos más extensos de Canarias, con una superficie es de 54,2 km^2, cifrándose su longitud media en 10,5 km y su anchura entre 4,2 y 6,5 km (Fig. 7). A pesar de las transformaciones antrópicas que el turismo incrementa en las últimas décadas, este espacio muestra un marcado carácter natural, en el que destaca lo poco accidentado de su topografía, en comparación con la de los macizos de Betancuria y Jandía situados al NE y SW respectivamente, donde las alturas rondan los 700 m. Por el contrario, en el istmo de Jandía la altura media es de tan sólo 130 metros, limitándose la máxima altitud registrada a 322 metros (Lomas Negras). El relieve se caracteriza por el predominio de formas alomadas entre las que se intercalan valles cortos, poco encajados y no funcionales, siendo la Cañada del Río el paso más deprimido y estrecho entre sus vertientes costeras de barlovento y sotavento. El sustrato volcánico tan sólo aflora en los acantilados de la primera de esas vertientes y en algunas lomas del interior del istmo. La mayor parte de su superficie está recubierta por arenas biogénicas de origen marino, retrabajadas por el viento a partir de depósitos dunares antiguos, a techo de los cuales se han formado importantes costrones calcáreos.

El clima del istmo de Jandía puede calificarse de desértico cálido con tendencia a la aridez, debido a la escasez e irregularidad de las lluvias, que, con menos de 100 mm de media anual, se concentran en muy pocos días entre noviembre y febrero. Contribuyen a esa tendencia la fuerte insolación y la intensidad y persistencia de los alisios, que favorecen una alta evaporación. Estos vientos presentan un marcado comportamiento estacional. En efecto, su predominio es manifiesto entre los meses de abril y septiembre, siendo abordado

este sector de Fuerteventura por flujos con una componente NNW debido al efecto orográfico que imponen los macizos de Betancuria y Jandía. Durante el resto del año, los vientos son de mayor velocidad y una acentuada variabilidad direccional (Alcántara-Carrió *et al.*, 1996b). Por todo ello, la escasa vegetación está constituida, en lo esencial, por especies psammófilas y halófilas en las áreas litorales. Por acción del pastoreo, los matorrales xerófilos de sustitución no son desconocidos, aunque la existencia de un importante número de especies endémicas es notable.

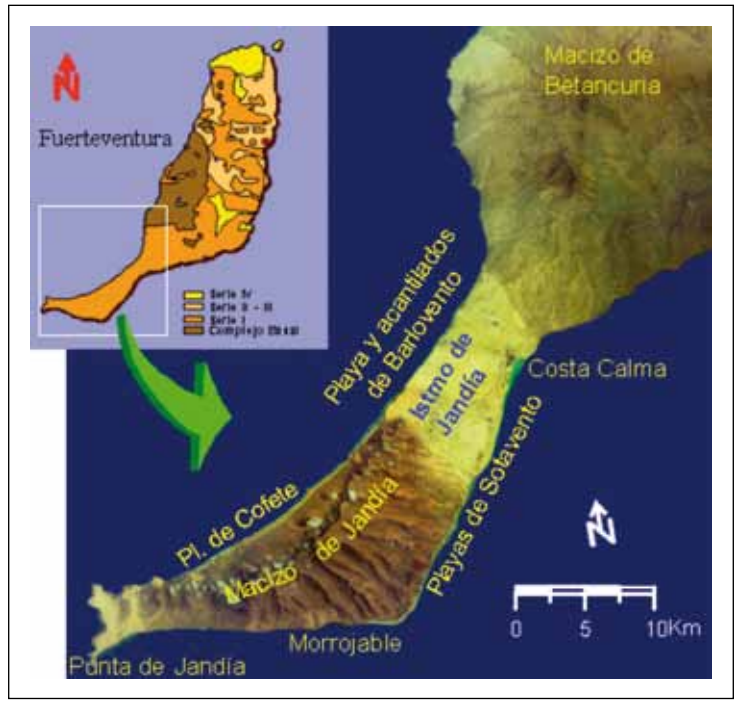

Figura 7. Localización del Istmo de Jandía en la isla de Fuerteventura.

3.2. Evolución reciente y unidades de paisaje

El análisis de fotografías aéreas de 1963 y 1992 y el diseño de un SIG han permitido elaborar el mapa de unidades de paisaje del istmo de Jandía (Fig. 8 y Tabla 1), así como identificar los cambios habidos entre ambas fechas (Alcántara-Carrió *et al.*, 1996a; Alcántara-Carrió, 2003). Según dichos autores, este gran sistema eólico de aparente homogeneidad se encuentra formado por una gran variedad de ambientes. Entre ellos destacan los depósitos de arenas superficiales, que suponen el 40.1% de su extensión total. Están asociados a la ya residual

dinámica sedimentaria actual y por lo general se limitan a mantos eólicos, al ser reducida la disponibilidad de arenas en relación con el intenso viento. A ello se suma que más de la mitad de estos depósitos están estabilizados por la vegetación.

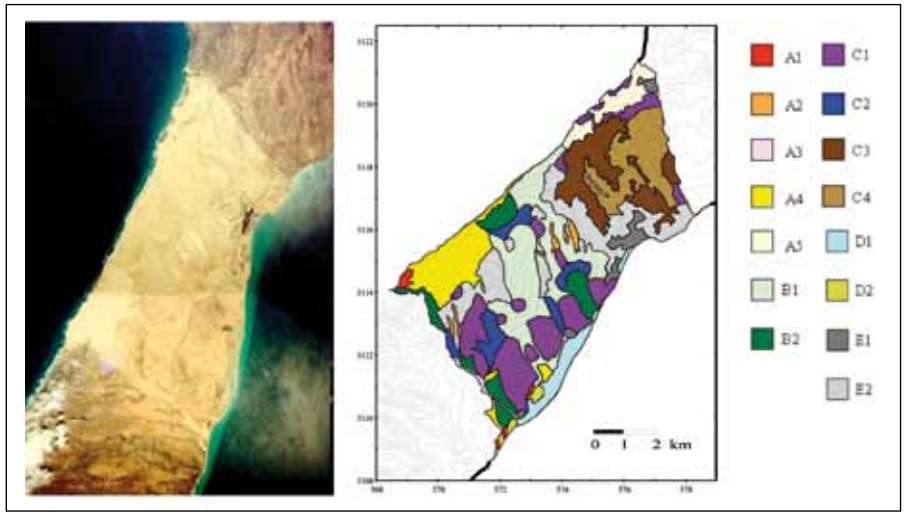

Figura 8. Fotografía aérea y mapa de unidades de paisaje del Istmo de Jandía (1992). Los códigos de la escala corresponden a los de la tabla 1 (Modificado de Alcántara-Carrió, 2003).

Las geoformas que los integran son de diverso tipo: hay dunas de sombra asociadas a la vegetación, una duna reversible en el límite sur de la vertiente de barlovento, y dos extensas dunas de caída en la de sotavento (Alcántara-Carrió, 2003), si bien éstas últimas están a punto de desaparecer (Alonso *et al.*, 2006). La granulometría de sus sedimentos revela la existencia de depósitos unimodales, propios de arenas móviles, pero también bimodales e incluso polimodales, característicos de áreas de deflación o de escasa movilidad eólica. En cuanto a su composición, las partículas muestran un contenido muy elevado en carbonatos y, aunque hay también fragmentos de basaltos, los materiales más densos sólo son significativos en las fracciones más finas.

Un segundo grupo de unidades está integrado por distintos tipos de afloramientos rocosos, que representan el 39.56 % de la zona, y el tercero en importancia son las unidades ligadas a la gran presencia antrópica, toda vez que ya en 1992 el 15,4% de este territorio reflejaba claros síntomas de alteración; en un principio, por las extracciones de áridos, escombreras y apertura de numerosas

Tabla 1. Superficie de las categorías cartográficas y unidades de paisaje de Jandía (1992)

Unidades de Paisaje	Superficie	
	km²	%
A. Depósitos eólicos de arenas móviles		
A1. Dunas litorales	0,58	1,07
A2. Superficies de pendientes suaves con arenas móviles	0,63	1,16
A3. Fondos de barranco con acumulaciones de arenas móviles	0,40	0,74
A4. Superficies de pendiente acusada y arenas móviles	4,91	9,06
A5. Acumulaciones de arenas móviles en vertientes alomadas	1,90	3,50
SUBTOTAL	8,42	15,53
B. Depósitos eólicos de arenas estabilizadas por la vegetación		
B1. Superficies de pendiente suave y arenas estabilizadas por la vegetación	9,62	17,74
B2. Laderas de pendiente acusada con arenas estabilizadas por la vegetación	3,72	6,86
SUBTOTAL	13,34	24,60
C. Sustratos rocosos		
C1. Afloramientos volcánicos con incisiones rellenas por arenas eólicas	7,50	13,83
C2. Lomas y laderas con encostramientos de carbonatos, paleosuelos y arenas compactadas	2,53	4,67
C3. Plataformas de carbonatos encostrados (caliches)	6,00	11,07
C4. Microcuencas encajadas en costra de caliche con barranqueras y arenas estabilizadas por la vegetación.	5,42	10,00
SUBTOTAL	21,45	39,56
D. Zonas intermareales		
D1. Llanura de marea y barra arenosa	2,20	4,06
D2. Saladar	0,44	0,81
SUBTOTAL	2,64	4,87
E. Ambientes antrópicos		
E1. Extracciones y/o desmontes sobre superficies de pendientes suaves y arenas estabilizadas por la vegetación.	7,09	13,08
E2. Urbanizaciones, edificaciones aisladas y parque eólico	1,28	2,36
SUBTOTAL	8,37	15,44
TOTAL	**54,22**	**100**

pistas y, de forma más reciente, por edificaciones y usos turísticos que han continuado expandiéndose hasta la actualidad, sobre todo en el flanco de sotavento del istmo. Consecuencia inmediata de esta situación es la importante alteración de la dinámica sedimentaria de este sector de Fuerteventura, como ha quedado de manifiesto en numerosos estudios. En este sentido, el medio físico sobre el que se asienta la industria turística del sur de la isla (las playas de sotavento), se dirige hacia una inestabilidad sedimentaria muy acusada y en la que cobra un protagonismo cada vez mayor la disminución, cuando no cese, de los aportes eólicos procedentes del istmo (Fernández, 1990; Alcántara-Carrió, 2003; Alonso *et al.*, 2006).

Ahondando en ello, la cartografía sedimentaria de Jandía pone de manifiesto la variabilidad espacial y estacional de los sedimentos superficiales. Los compuestos por arena media o fina, bien seleccionados, con asimetría positiva y elevado contenido en carbonatos, son los más susceptibles de ser removilizados por el viento (Alcántara-Carrió & Alonso, 2001). Aunque se han localizado en el área central del istmo, la mayor parte de estos sedimentos se encuentra en su extremo suroccidental, donde se asocian a las dunas más importantes en ambas vertiente costeras (Fig. 9).

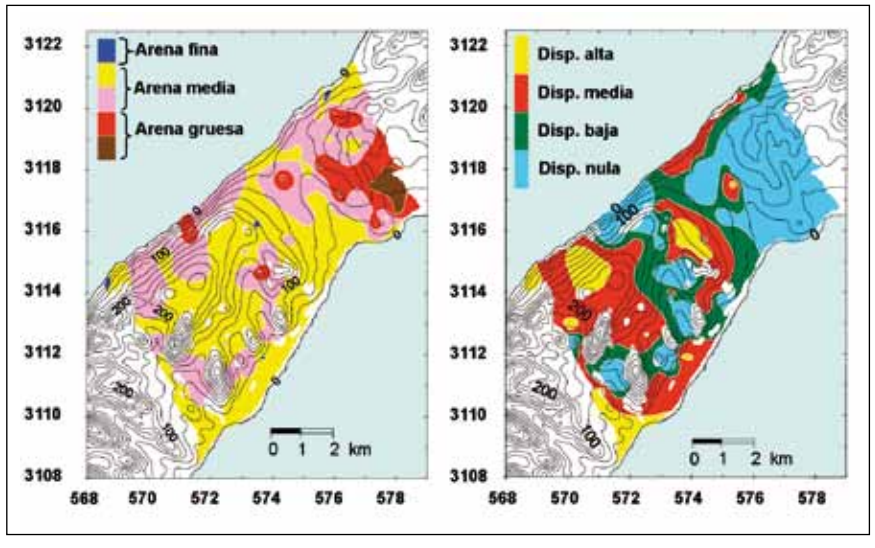

Figura 9. Distribución superficial del tamaño medio de grano (izda.) y disponibilidad de sedimentos susceptibles de ser transportados por el viento (dcha.).

3.3. Dinámica eólica

El estudio del contenido en foraminíferos, muy abundantes en las partículas eólicas actuales y antiguas, así como los análisis mineralógicos mediante difracción de rayos X (SEM), han permitido deducir que la fuente de sedimentos para la dinámica eólica actual es la erosión de los depósitos eólicos pleistocenos que recubren la superficie interior del istmo. De igual manera, Alcántara-Carrió (2003) determinó que no existen aportes desde las playas ni de los depósitos dunares que afloran en los acantilados de la fachada de barlovento.

En cuanto a la intensidad del transporte eólico, se ha procedido a su cuantificación a partir de mediciones simultáneas con una torre de anemómetros y trampas de sedimentos y evaluando diferentes ecuaciones que incluyen el efecto de la vegetación y la pendiente topográfica. Por último, con la ecuación que mejor se ajusta a los datos empíricos, considerando la granulometría del sedimento y partiendo de correlaciones estadísticas para predecir el viento a lo largo de todo el año en diferentes enclaves del istmo, así como otros factores ambientales, se han determinado las rosas de arena y el diagrama de flujos de transporte para el año 1998 (Fig. 10). Se advierte que el transporte hacia el SSE, en relación con los alisios, es predominante en la vertiente de sotavento del istmo. Por el contrario, en la de barlovento, con una fuerte pendiente, se genera un intenso transporte hacia el W debido a la mayor intensidad de esos vientos en invierno (Alcántara-Carrió & Alonso, 2002).

Desde hace una decada, la proliferación de las edificaciones turísticas en la costa de Sotavento ha anulado por completo el transporte eólico existente desde la zona central del istmo hacia las playas de Sotavento. Asimismo, la casi total desaparición de las dunas de caída en las últimas décadas, tal como ya alertó Höllermann (1990), pone de manifiesto que el flujo en el extremo sur es también nulo en la práctica. Ello puede deberse, con mucha probabilidad, al efecto de las intensas extracciones en la Degollada de Mojones y la obstrucción de la carretera. El aumento generalizado de la cobertura vegetal en todo el istmo es causa también del descenso del transporte de sedimentos por el viento. En definitiva, las playas de Sotavento han dejado de ser alimentadas por los aportes eólicos procedentes del istmo de Jandía (Alonso *et al.*, 2006, 2007).

4. El campo de dunas de Corralejo

4.1. Principales rasgos geográficos, geológicos y geomorfológicos

El complejo de dunas de Corralejo, ubicado en el extremo NE de la isla de Fuerteventura, ocupa una extensión de 17,7 km^2. Se trata de una franja costera

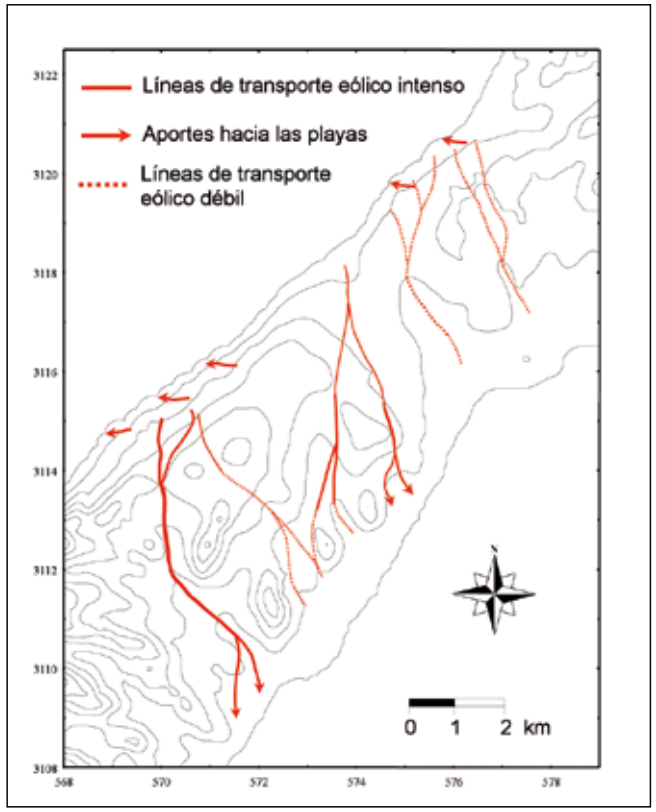

Figura 10. Líneas de flujos eólicos en el istmo de Jandía (1998).

de unos 8 km de largo por 2 km de ancho orientada prácticamente en sentido N-S. Los límites occidental y meridional son materiales volcánicos, al N y NW se encuentra la urbanización de Corralejo y todo el límite oriental está ocupado por la costa, en la que cabe diferenciar un sector norte con amplias playas, solo interrumpidas por un saliente rocoso sobre el que se asienta un complejo hotelero, un sector central donde hay pequeñas playas encajadas entre materiales rocosos, y un sector meridional donde la costa es rocosa (Fig. 11).

El campo de dunas en sí cuenta con diferentes ambientes contrastados. Entre ellos sobresale el integrado por arenas y dunas móviles, aunque apenas ocupa la mitad de la superficie total del mismo. El resto está constituido por áreas de arenas prácticamente estabilizadas por la vegetación y sectores donde afloran acumulaciones de areniscas de coloración rojiza y cierta consolidación, que constituyen lo que se denomina el *jable antiguo*. Con menor cobertura espacial se identifican asimismo zonas donde una fina capa de sedimentos eólicos recubre coladas próximas, espacios interdunares colonizados por la vegetación, así como playas y áreas adyacentes. Completa este corolario, por último, una urbanización turística y una carretera que atraviesa en sentido longitudinal este complejo dunar.

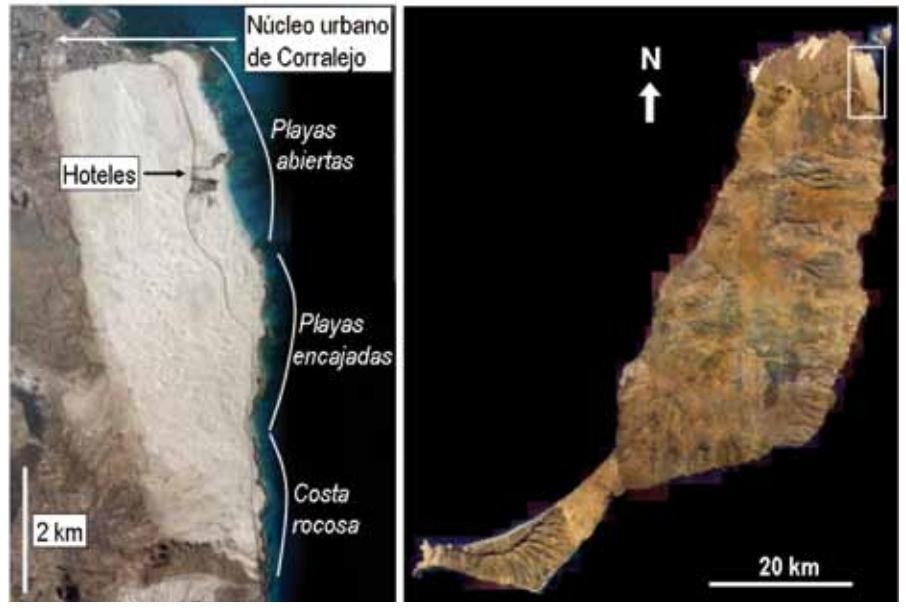

Figura 11.- Mapa de localización y vista general del campo de dunas de Corralejo.

Un valor adicional que concurre en Corralejo deriva de la existencia de depósitos marinos antiguos. En algunos tramos de su costa sur, asoman sobre basaltos del Pleistoceno Inferior fragmentos de un conglomerado marino con restos de *Patella*. Aparecen recubiertos en parte por coladas del Pleistoceno Superior y se relacionan con los depósitos del estadio isotópico 5e, que han sido datados en Matas Blancas (Jandía, sur de Fuerteventura) en 125 ka (Meco *et al.*, 1987). Además, en la costa norte, cerca de Punta Tivas, se han reconocido depósitos marinos holocenos (estadio isotópico 1), con una edad entre 3640±100 BP (Meco *et al.*, 1987) y 1770±70 (Criado *et al.*, 2004).

Desde un punto de vista geomorfológico, las dunas móviles de Corralejo son, en su mayor parte, de tipo barjana, aunque existen algunas dunas transversales y otras de frente sinuosos por coalescencia de barjanas. Todas ellas están integradas por arenas bioclásticas marinas, procedentes, sin duda, de la plataforma litoral que se extiende al norte y noreste de Fuerteventura. Una vez que el oleaje y corrientes costeras las depositan en las playas, los alisios las trasladan hacia el Sur formando las dunas, proceso que ha tenido lugar en distintas épocas del

Cuaternario (Criado *et al*., 2004). Es característica de estas dunas cierta variabilidad en su orientación, aunque la preferente es hacia el Sur, dado el predominio en este ámbito de los vientos del Norte. Variable es también su tamaño, pues si bien su altura media es de 6,7 m, pueden superar en ciertos casos los 17 m (Hidtma-Iberinsa, 2005). En cuanto a su tasa de desplazamiento, se calcula en 5,8 m/año de media (Jiménez *et al.*, 2006), siendo de 11,4 m/año el valor máximo medido. El sentido de su avance es hacia el Sur, tapizando de modo progresivo el malpaís del volcán de Los Apartaderos. Con todo, una gran cantidad de arena se pierde por el extremo sureste del campo dunar, al caer a la costa.

Junto a estas arenas móviles, el complejo dunar de Corralejo está integrado, además, por areniscas de colaboración terrosa, debido a su alto porcentaje de limos y arcillas. Estas areniscas constituyen el ya citado *jable antiguo*, que cuenta con una gran abundancia de fragmentos de gasterópodos terrestres y nidos de himenópteros, por lo que su distribución granulométrica es típicamente polimodal. El análisis granulométrico de sedimentos de las dunas actuales, del *jable antiguo* y de las playas contiguas evidencia que la fuente de la que derivan las arenas constitutivas de las primeras es la erosión de ese *jable antiguo* (Jiménez *et al.*, 2006).

4.2. Evolución del campo de dunas

En relación con la actual alimentación del campo dunar hay que considerar la incidencia del desarrollo turístico del núcleo urbano de Corralejo en las dos o tres últimas décadas (Fig. 12). Las transformaciones experimentadas en su límite septentrional evidencian, por un lado, que sus aportes sedimentarios se localizaban en la plataforma litoral adyacente y, por otro, que la expansión de la construcción es responsable de la pérdida de una parte importante de los mismos. No obstante, Jiménez *et al*. (2006) apuntan que la menor llegada de arenas se debe también al agotamiento de las fuentes de sedimentos marinos.

En esta línea, el estudio de Hidtma-Iberinsa (2005) pone de manifiesto que, a lo largo de la costa noreste de Fuerteventura, apenas hay bancos de arenas sumergidas que puedan alimentar al campo dunar. La disminución reciente de los aportes y la continuidad del movimiento de las dunas explican la pérdida de sedimentos del tercio septentrional del complejo eólico. Lo característico en él es un manto eólico estabilizado por la vegetación, en el que aflora el *jable antiguo* (Fig 13a), mientras que las dunas móviles comienzan a reconocerse aproximadamente al sur de las instalaciones hoteleras (Fig 13b).

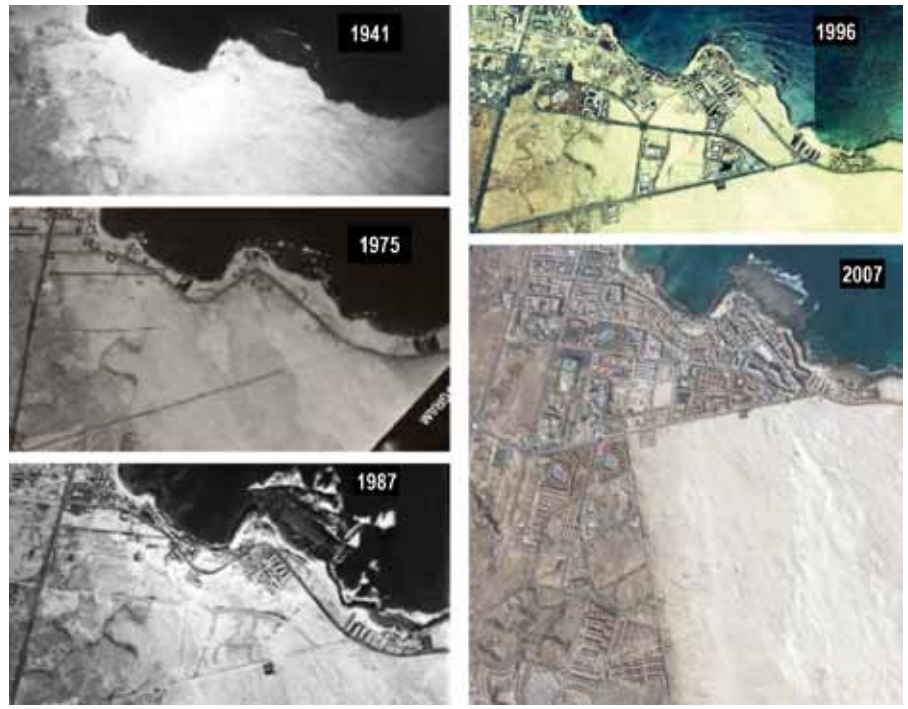

Figura 12. Desarrollo urbanístico del núcleo de Corralejo y su afección al campo de dunas.

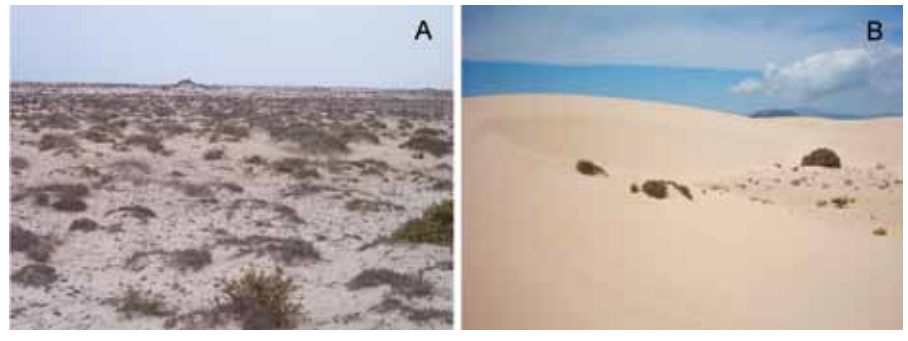

Figura 13. Vista del manto eólico recubierto de vegetación que ocupa el tercio norte del campo de dunas (A) e imagen de una de las dunas que caracterizan el resto del espacio (B).

Los estudios realizados sobre la evolución del campo de dunas hasta la fecha (Criado, 1990 y Jiménez *et al*., 2006) concluyen que el sistema sedimentario de Corralejo tiende a la desaparición progresiva de las dunas. En este sentido, Criado (1990) pone de manifiesto que entre 1975 y 1987 el ámbito ocupado por

las arenas móviles disminuyó en 125 ha, a costa de un incremento considerable de la superficie de arenas estabilizadas por la vegetación y de los enclaves en los que asoma el *jable antiguo*. Jiménez *et al.* (2006) apuntan, por su parte, que el ámbito ocupado por las dunas entre 1987 y 2002 ha crecido en 42 ha, debido sobre todo a su avance hacia el Sur. El desplazamiento medio sobre el malpaís inmediato es de unos 80 metros, equivalente a 5,3 m/año, valor muy similar a la tasa de desplazamiento media reseñada con anterioridad. No obstante, estos autores coinciden al señalar que "el aumento de superficie no puede ser considerado como una mejora de las condiciones del campo, ya que se trata de un crecimiento a partir del sedimento disponible y no de una entrada de nuevo material en la zona. Es decir, nos encontramos con un proceso de redistribución del material" (Jiménez *et al.*, 2006).

5. El sistema eólico de El Jable (Lanzarote)

De todos los grandes sistemas eólicos de Canarias, El Jable de Lanzarote es el que mejor refleja, con probabilidad, el estadío final de lo que fue hasta hace pocas décadas un importante campo de dunas. Con un área total en la actualidad de 90 km^2 y una anchura que varía entre 10 km en su límite septentrional (entre Caleta del Caballo y Caleta del Sebo-Playa de Famara, en el entorno de los Riscos de Famara, en el NW de la isla) y 4 km en el meridional (entre las playas encajadas de Matagorda, Playa Honda, de La Concha y del Cable, en el SSE), esta formación es un pasillo en el que se produce el transporte de arenas a lo largo de los 21 km que median entre ambos extremos de Lanzarote (Fig. 14).

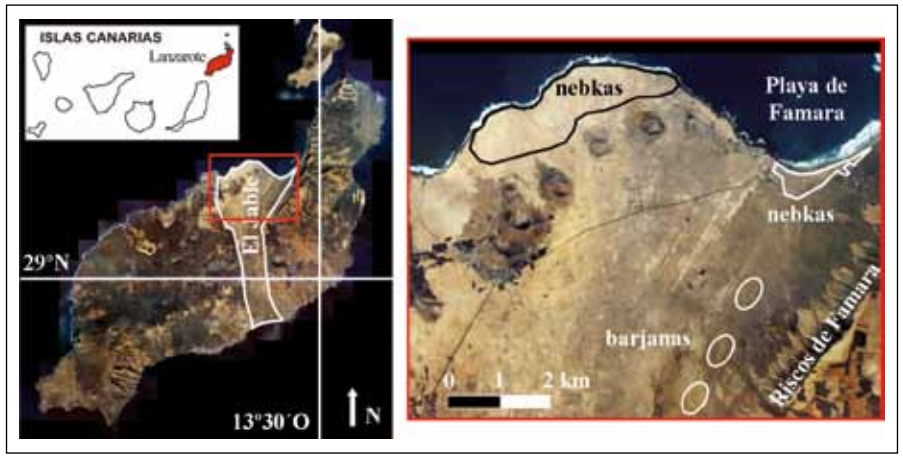

Figura 14. Localización de El Jable de Lanzarote y de los sistemas de dunas.

5.1. Caracterización geomorfológica y dinámica sedimentaria

El primer rasgo a destacar en El Jable es la escasa energía del relieve que presenta el basamento en el que se asienta, al estar integrado por amplias superficies de 1,2º de pendiente y altura máxima de 200 metros. En ellas sobresalen localmente, sin embargo, algunos edificios volcánicos, de cuyos productos resulta la formación de ese basamento. En efecto, la mayor parte de su extensión es fruto de la acumulación de coladas emitidas en el Pleistoceno Inferior por los volcanes en escudo de Mozaga, Guanapay y Lomo de San Andrés; a ellas se suman, en el Superior, las procedentes de Monte Mina y de Soo y, en período histórico, un brazo de lava de la erupción del Timanfaya (1730-1736) (Carracedo & Rodríguez Badiola, 1993).

Su caracterización geomorfológica exige distinguir, en segundo lugar, entre depósitos eólicos cementados, sólo susceptibles en la actualidad de procesos de meteorización, y acúmulos de arenas sueltas, cuyo avance hacia el interior de la isla es prueba de su funcionalidad, aún cuando ésta ha disminuido con el tiempo. En el caso de aquéllos, se trata de dunas de arenisca biogénica de color claro e intensa consolidación, entre las que se intercalan, en mayor o menor medida, materiales aluviales y/o coluviales y suelos muy encostrados con abundantes restos de moluscos terrestres y nidos de antophoras. Unas y otros constituyen el *jable antiguo*, al que recubre en gran medida un manto eólico de potencia variable, integrante, por su parte, del jable actual. Sus sedimentos son, en un alto porcentaje, arenas orgánicas marinas constituidas, en lo esencial, por algas calcáreas y fragmentos de conchas y foraminíferos; con ellas se mezclan pequeños aportes fruto de la erosión de los paleosuelos en áreas de deflación y sedimentos transportados en suspensión desde África (Cabrera *et al.*, 2005 y 2006). También se reconocen fragmentos líticos de origen volcánico, resultantes de la alteración de coladas submarinas, pero sobre todo de coladas y piroclastos de volcanes cercanos y de la erosión de los Riscos de Famara. En cualquier caso, predominan las arenas medias y finas, cuyo grado de selección es de moderado a bueno en su mitad septentrional y pobre en la meridional, salvo en las inmediaciones de su litoral, donde es bueno (Cabrera *et al.*, 2006). El contenido en carbonatos varía también localmente, pues, si bien en su extremo noroeste oscila entre 75 y 90%, decrece de forma gradual hacia el Este, debido a la menor cantidad de carbonato de los aportes marinos actuales y a la presencia de terrígenos fruto de la erosión de los Riscos de Famara. Hacia el Sur, la concentración de carbonatos es tan sólo del 20-25 %, lo que parece estar relacionado con el intenso uso agrícola a que ha estado sometida esta zona.

Las morfologías reconocibles en este ámbito son diversas, una vez que las arenas son retenidas por la vegetación, pudiendo tratarse de ejemplares de *Traganum moquinii* en el frente costero, sustituidos hacia el interior por individuos de *Launaea arborescens*, que, por su menor porte, origina geoformas de tamaño más reducido. Así, a lo largo de la costa norte de El Jable existen dos campos de nebkas, con marcadas diferencias entre sí. El ubicado cerca de la playa de Famara ocupa una suave depresión, desde la que los sedimentos marinos procedentes de esa playa penetran hacia el interior, alimentando a las formas eólicas que se encuentran hacia el Sur. Con un área aproximada de 0,45 km^2, las dunas que lo integran tienen de 1 a 15 m de ancho y, en ocasiones, hasta 3,5 m de alto. Allí donde la acumulación de arenas es mayor, se advierte la existencia de un cordón de dunas. Por su parte, el campo de nebkas localizado al norte de los volcanes de Soo tiene una superficie de 3,5 km^2, pero la escasa significación de los aportes de sedimentos marinos determina el pequeño tamaño de sus dunas y su práctica estabilidad (Fig. 15).

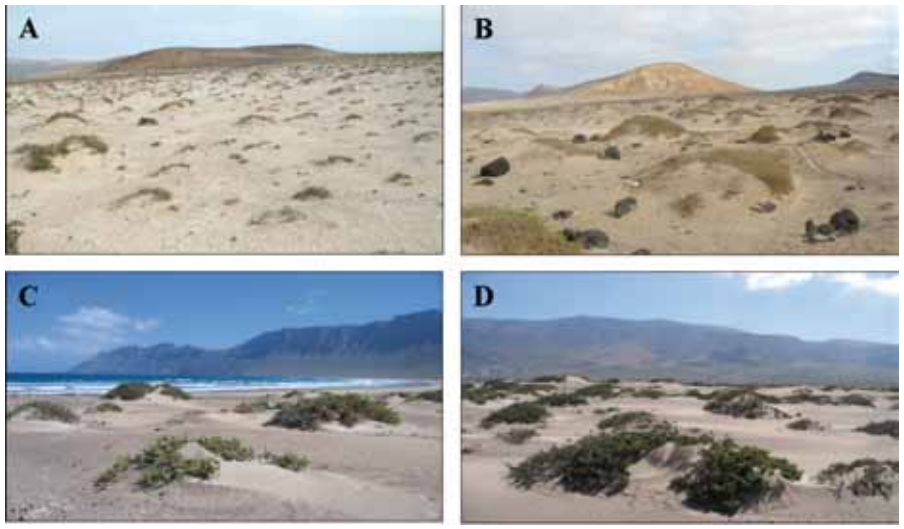

Figura 15. Nebkhas en la costa norte (A y B) y en las proximidades de la Playa de Famara (C y D).

A ambos campos se suman tres dunas aisladas de morfología barjana, situadas a 3 km al sur de la playa de Famara. Alineadas de NE a SW y con una distancia entre ellas de 1 km, tienen un tamaño medio de 70x40 m y una altura de entre 4 y 5 m. Es de destacar, asimismo, que en su entorno se forman pequeñas nebkas, que se nutren de los sedimentos procedentes de las mismas (Fig. 16).

Sobre la dinámica de estas dunas cabe resaltar su alta tasa de movilidad, ya que se desplazan a razón de 23 m/año, aunque las fluctuaciones al respecto son notables en respuesta a la estacionalidad de los alisios (Cabrera & Alonso, 2006). Dado el predominio de estos vientos de primavera a otoño, con una velocidad media de 20 km/h, que en ocasiones puede llegar a 60-70 km/h, el desplazamiento de las dunas se incrementa de forma apreciable en verano, mientras permanecen estables el resto del año, sobre todo en invierno debido a las variaciones de intensidad y dirección de dichos vientos.

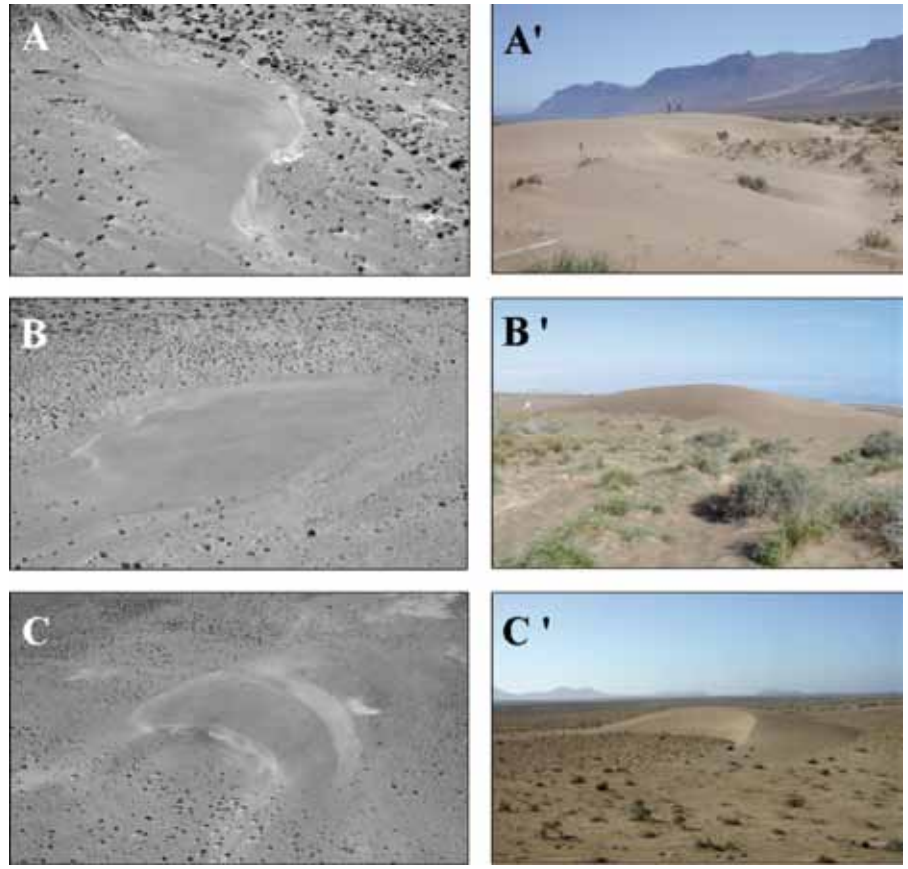

Figura 16. Imágenes de las tres dunas barjanas al sur de la Playa de Famara: fotografías aéreas (A, B y C) y desde tierra (A', B' y C').

5.2. Evolución histórica

La formación de concreciones calcáreas y paleosuelos, la disposición de productos volcánicos sobre potentes depósitos eólicos y la vegetación explican la

estabilización del campo de dunas, que debió formarse en Lanzarote durante el Pleistoceno Medio (Meco *et al.*, 2006). Sin embargo, no puede entenderse la situación actual de El Jable sin considerar los grandes cambios históricos experimentados en función de actividades agrarias y extractivas, como consta en diversos documentos de los siglos XVII, XVIII y XIX. Lejos quedan relatos como el del obispo Murga, cuando en el siglo XVII decía que *"en aquella isla hay unos grandísimos montones de arena que van corriendo entre dos mares y es tan grande la altura de la arena que se podrían hundir a partes seis hombres"* (Perera, 2004). En sentido similar puede valorarse la información aportada, por Hernández-Pacheco, quien en 1907 describía El Jable como *"…una ancha banda blanquecina que partiendo de la Bahía de Penedo avanza hacia el Sur hacia la costa de levante, a perderse en el mar por bajo de Arrecife"*; o al señalar en la misma cita la existencia de una duna de 100 m de longitud, de entre 14 y 16 m de altura en la carretera de Arrecife a Yaiza, en la zona sur de El Jable, a la vez que apunta que la anchura de éste último es de 5 km. (Hernández Pacheco, 2002).

A pesar de la importancia del cultivo de cereales, leguminosas y tubérculos y el desarrollo de una ganadería caprina en régimen extensivo, la extracción de áridos ha sido la práctica más agresiva de las llevadas a cabo históricamente. Habitual en la mitad septentrional de este campo dunar, sus impactos sobre su manto eólico y paleodunas subyacentes son notables, considerando que el volumen de arenas extraídas es de unos 2.000.000 m^3 y algunas de las excavaciones efectuadas tienen una media de 5 metros de profundidad, caso de las existentes al sur de los volcanes de Soo (Fig. 17).

Lesiva ha sido, también, la tala de vegetación en el norte de El Jable, hasta el punto de casi desaparecer entre 1800 y 1830, período en el que se recurre a ella ante la escasez de combustible para los hornos de cal. El arranque de los arbustos ocasionó, entonces, la desestabilización del sustrato, el transporte de arenas hacia el Sur y la esterilidad de las vegas de los pueblos de los alrededores, hasta el punto que, en 1822, los ayuntamientos de San Bartolomé y Teguise emitieron ordenanzas para impedir que *"el río de arena"* siguiera haciéndose cada vez más ancho (Perera, 2004).

Frente a estas actividades, hoy predominan las residencial y turística, concentradas en la costa norte y sur de El Jable. En el primer caso, en el entorno del pequeño núcleo urbano de La Caleta de Famara y de la urbanización Famara, localizados ambos muy próximos a la playa del mismo nombre. En el segundo, el continuo urbano que se extiende desde el aeropuerto internacional de Lanzarote a las urbanizaciones turístico-residenciales de Playa Honda, La Concha y El Cable. A éstas siguen, a distancia, la agricultura, hoy en retroceso pues en el municipio de Teguise, que engloba la mayor parte de El Jable, la superficie cultivada ha pasado de 999 ha, en 1968, a poco más de 100 ha, en 1990 (Betancort & González, 1990); también, la ganadería, aunque en el centro de este ámbito dunar se encuentra el complejo agroindustrial de Teguise y la quesería El Faro.

Figura 17. Zona de extracciones al NW de El Jable. El círculo rojo señala un camión dedicado al transporte de áridos, que sirve de escala.

Por todo ello la situación de nebkas y dunas de El Jable actual es crítica, puesto que los aportes no son suficientes para mantener el equilibrio sedimentario, a lo que se suma la falta de una gestión ambiental eficiente. Confirma este particular su evolución desde 1966, año a partir del que se dispone de fotografías aéreas, hasta la actualidad. La consulta de los fotogramas de ese primer vuelo permite identificar diecinueve dunas barjanas, que en 1998 se reducen a tres. Se observa, además, que ya en 1966 no aparecen más dunas móviles en el resto de El Jable, salvo dos aisladas a 1,5 km hacia el sur de las anteriores. En esos momentos, los materiales acumulados durante el Pleistoceno prácticamente se han agotado, al tiempo que la irrelevancia de los nuevos aportes es manifiesta, debido en parte a la existencia de una urbanización en el entorno de la playa de Famara, que actúa como pantalla eólica. La menor llegada de arenas acentúa el retroceso de las barjanas, que de forma "natural" van perdiendo su volumen. A este hecho contribuyen, por un lado, la existencia de un barranco en las inmediaciones de la barjana más septentrional, que es erosionada durante episodios lluviosos, y, por otro, la retención de arenas por la vegetación de los alrededores y el obstáculo que supone a la dinámica eólica los restos de una urbanización frustrada.

Referencias

Alcántara-Carrió, J. (2003). *Dinámica sedimentaria eólica en el Istmo de Jandía (Fuerteventura). Modelización y cuantificación del transporte*. Ed. Cabildo de Gran Canaria, 288 pp.

Alcántara-Carrió, J. & Alonso, I. (2001). Aeolian sediment availability in coastal areas defined from sedimentary parameters. Application to a case study in Fuerteventura. *Scientia Marina,* 65 (Suppl. 1), 7 – 20.

Alcántara-Carrió, J. & Alonso, I. (2002). Measurement and prediction of aeolian sediment transport at Jandia isthmus (Fuerteventura, Canary Islands). *Journal of Coastal Research*, 18(2), 300 – 315.

Alcántara-Carrió, J., Alonso, I., Hernández, L., Pérez-Chacón, E. & Romero, L.E. (1996a). Landscape evolution and human alterations of the aeolian dynamics in the Jandía Isthmus (Fuerteventura, Spain). En: *Partnership in Coastal Zone Management* (Taussik, J. & Mitchell, J., eds.). Samana Publishing Ltd., Cardigan, 283 – 290.

Alcántara-Carrió, J., Alonso, I., Ojeda, M.A., Hernández, L., Pérez-Chacón, E. & Romero, L.E. (1996b). Estudio del campo de vientos y del transporte eólico de sedimentos en el Istmo de Jandía (Fuerteventura). *Geogaceta*, 20 (2): 300 – 302.

Alonso, I., Jiménez, J.A. & Valdemoro, H.I. (2006). *Estudio del estado actual de los sistemas dunares de Corralejo y Jandía (Fuerteventura). Identificacion de problemas y propuestas de actuación. Informe II, Jandía.* Dirección General de Costas, Ministerio de Medio Ambiente.

Alonso, I., Cabrera, L., Jiménez, J.A., Valdemoro, H.I. & Sánchez, I. (2007). Ejemplo de evolución de una costa con barrera litoral e intenso transporte longitudinal: las playas de sotavento en Fuerteventura. En: *Investigaciones recientes (2005-2007) en geomorfología litoral* (Gómez-Pujol, L. & Fornós, J.J., eds.). Universidad de las Islas Baleares, IMEDEA, SHBN, SEG. Palma de Mallorca, 51 – 54.

B.O.C. (2004). Plan Especial de las Dunas de Maspalomas. *Boletín Oficial de Canarias*, 245, 20 de diciembre de 2004.

Betancort, A.R. & González A. (1990). Evolución reciente y estado actual de las estructuras agrarias de la isla de Lanzarote. *II Jornadas de Historia de Lanzarote y Fuerteventura***.** Cabildo Insular de Lanzarote. Tomo II, 49 – 86.

Cabrera, L.L., Alonso, I. & Alcántara-Carrió, J. (2005). Caracterización sedimentológica de "El Jable", Lanzarote. En: *Tendencias actuales en Geomorfología Litoral* (Hernández, L, Alonso, I., Mangas, J. & Yanes, A., eds.). Las Palmas de Gran Canaria, Ed. ULPGC, 137 – 141.

Cabrera, L. & Alonso, I. (2006). Geomorfología eólica del sector NE del Jable de Lanzarote: pasado y presente. En: *III Jornadas canarias de Geología* (Mangas, J., Lomoschitz, A. & Yepes, J. eds.). Libro de Resúmenes y Guía de las excursiones. Univ. Las Palmas de Gran Canaria, 21 – 37.

Cabrera, L.L., Alonso, I. & Alcántara-Carrió, J. (2006). Spatial changes in surface sediments derived from the different sediment sources and land uses at "El Jable" (Lanzarote, Spain). *Journal of Coastal Research***.** Spec. Iss. 48, 28 – 34.

Carracedo, J.C. & Rodríguez Badiola, E. (1993). Evolución geológica y magmática de la isla de Lanzarote (Islas Canarias). *Revista de la Academia Canaria de las Ciencias*, 5 (4), 25 – 58.

Criado, C. (1990)**.** Dinámica de dunas, paleosuelos y torrencialidad en el Pleistoceno reciente y Holoceno de Fuerteventura (Islas Canarias). *I Reunión Nacional de Geomorfología.* (Gutiérrez, M., Peña J.L. & Lozano, M.V., eds), SEG e Instituto de Estudios Turolenses, Teruel, 245 – 254.

Criado, C., Guillou, H., Hansen, A., Lillo, P., Torres, J.M. & Naranjo, A. (2004). Geomorphological evolution of parque natural dunas de Corralero (Fuerteventura, Canary Islands). En: *Contribuciones recientes sobre geomorfología* (Benito, G. & Díez Herrero, A., eds.). SEG y CSIC, 291 – 297.

Fernández, J. (1990). *Informe sobre el transporte eólico de arenas a través del Istmo de Jandia y su relación con la formación de playas en la costa de Sotavento (Fuerteventura).* Demarcación de Costas de Canarias. MOPU. 9 pp + planos.

Fontán, A., Alcántara-Carrió, J., Poveda, J.M. & Peña, M.A. (2007). Aplicación de técnicas de GPS diferencial, fotogrametría y geofísica a la cuantificación de procesos erosivos y balances sedimentarios en playas y dunas costeras. *Actas del XII Congreso de la Asociación Española de Teledetección.* Mar del Plata (Argentina).

Hernández, L. (2006). *Diagnóstico sobre la evolución del sistema de dunas de Maspalomas (1960-2000)*. Ed. Cabildo de Gran Canaria, 361 pp.

Hernández, L. & Mangas, J. (2004). Caracterización de los materiales sedimentarios aflorantes en el sistema de dunas de Maspalomas (Gran Canaria, Islas Canarias). En: *Procesos geomorfológicos y evolución costera* (Blanco, R., López, J. & Pérez, A., eds.). Universidad de Santiago de Compostela, Santiago de Compostela, 67 – 81.

Hernández, L., Alonso, I., Sánchez-Pérez, I., Alcántara-Carrió, J. & Montesdeoca, I. (2007). Shortage of sediments in Maspalomas dune field (Gran Canaria, Canary Islands) deduced from analysis of aerial photographs, foraminiferal content and sediment transport trends. *Journal of Coastal Research*, 23(4), 993 – 999.

Hernández-Cordero, A., Pérez-Chacón, E. & Hernández, L. (2006). Vegetation colonisation processes related to a reduction in sediment supply to the coastal dune field of Maspalomas (Gran Canaria, Canary Islands, Spain). *Journal of Coastal Research,* Spec. Iss. 48, 69-76.

Hernández-Pacheco, E. (2002). *Por los campos de lava.* Ed. Fundación César Manrique, Lanzarote, 337 pp.

Hidtma-Iberinsa (2005). *Estudio ecocartográfico del litoral de la isla de Fuerteventura*. Dirección General de Costas, Ministerio de Medio Ambiente.

Höllermann, P. (1990). Zur geoökodinamik von dünen: eine fallstudie aus süd-Fuerteventura (Kanarische Inseln). *Geoökodinamik*, 11 (2-3), 213 – 240.

Jiménez, J.A., Valdemoro, H.I. & Alonso, I. (2006). *Estudio del estado actual de los sistemas dunares de Corralejo y Jandia (Fuerteventura). Identificación de problemas y propuestas de actuación. Informe I: Corralejo.* Informe técnico. Dirección General de Costas, Ministerio de Medio Ambiente.

Martínez, J., Carpio, P., Gómez, M., Hernández, T. & Mena, A. (1986). *Las Dunas de Maspalomas: Geología e impacto del entorno*. Ed. Cabildo de Gran Canaria y Universidad Politécnica de Canarias, 151 pp.

Mayer, P. & Pérez-Chacón, E. (2006). Tourist activity and floods on the southern coast of Gran Canaria. An induced risk?. *Journal of Coastal Research,* Spec. Iss. 48, 77 – 80.

Meco, J., Pomel, R.S., Aguirre, E. & Stearns, C.E. (1987). The recent marine Quaternary of the Canary Islands. *Trabajos sobre Neógeno-Cuaternario*, CSIC, Madrid, 10, 283 – 305.

Meco, J., Ballester, J., Betancort, J.F., Cilleros, A., Scaillet, S., Guillou, H., Cariacedo, J.C., Lomoschitz, A., Petit-Maiere, N., Ramos, A.J.G., Perera, N. & Meco, J.M. (2006). *Paleoclimatología del Neógeno en las Islas Canarias***.** Ministerio de Medio Ambiente, Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. 204 pp.

Ministerio de Medio Ambiente (2008). *Estudio integral de la playa y dunas de Maspalomas*. Informe Técnico. Dirección General de Costas, Madrid, 698 pp.

Ojeda, J., Vallejo, I. & Hernández, L. (2007). Utilidades de la tecnología LIDAR en la caracterización morfométrica de sistemas dunares: El caso de Maspalomas (Gran Canaria, Islas Canarias). En: *Investigaciones recientes (2005-2007) en geomorfología litoral* (Gómez-Pujol, L. & Fornós, J.J., eds.). Universidad de las Islas Baleares, IMEDEA, SHNB, SEG. Palma de Mallorca, 113 – 117.

Perera, F.M. (2004). Aportación al problema de El Jable a principios del siglo XIX. En: *X Jornadas de Historia sobre Lanzarote y Fuerteventura.* Ed. Cabildo Insular de Lanzarote y Cabildo Insular de Fuerteventura I, 205 – 212.

Pérez-Chacón, E., Hernández, L., Hernández, A., Mayer, P., Romero, L., Alonso, I., Mangas, J., Menéndez, I., Sánchez, I., Ojeda, J., Ruiz, P. & Alcántara, J. (2007). *Maspalomas: claves científicas para el análisis de su problemática ambiental.* Universidad de Las Palmas de Gran Canaria, Las Palmas de Gran Canaria, 38 pp.