



UNIVERSIDAD DE LAS PALMAS
DE GRAN CANARIA

Maspalomas: claves científicas para el análisis de su problemática ambiental

EQUIPO INVESTIGADOR

Directora

Emma Pérez-Chacón Espino

Investigadores

Luis Hernández Calvento

Antonio Hernández Cordero

Pablo Máyer Suárez

Lidia Romero Martín

Ignacio Alonso Bilbao

José Mangas Viñuela

Inmaculada Menéndez González

Isora Sánchez Pérez

José Ojeda Zújar

Purificación Ruiz Flaño

Javier Alcántara Carrió





UNIVERSIDAD DE LAS PALMAS
DE GRAN CANARIA
Departamento de Geografía

MASPALOMAS: CLAVES CIENTÍFICAS PARA EL ANÁLISIS DE SU PROBLEMÁTICA AMBIENTAL

Junio 2007

Difusión de los resultados del proyecto de investigación “Modelización de los procesos naturales y análisis de las consecuencias ambientales inducidas por el turismo en la Reserva Natural Especial de las Dunas de Maspalomas (Gran Canaria, Islas Canarias)”, financiado a través de fondos FEDER y del Ministerio de Educación y Ciencia (REN2003-05947), en el marco del Plan Nacional I + D + I.

EDITORES

Emma Pérez-Chacón Espino
Pablo Máyer Suárez

AUTORES

Directora:

Emma Pérez-Chacón Espino. Departamento de Geografía de la Universidad de Las Palmas de Gran Canaria

Universidad de Las Palmas de Gran Canaria

Grupo de investigación de Geografía Física y Medio Ambiente, Departamento de Geografía: **Emma Pérez-Chacón Espino, Luis Hernández Calvento, Lidia Romero Martín, Pablo Máyer Suárez, Antonio Hernández Cordero, Isora Sánchez Pérez**

Grupo de investigación de Geología Aplicada y Regional, Departamento de Física: **José Mangas Viñuela, Ignacio Alonso Bilbao, Inmaculada Menéndez González**

Universidad de Sevilla

Departamento de Geografía Física y Análisis Geográfico Regional: **José Ojeda Zújar**

Universidad de Valladolid

Departamento de Geografía: **Purificación Ruiz Flaño**

Universidad Católica de Valencia

Facultad de Ciencias Experimentales: **Javier Alcántara Carrió**

ISBN: 978-84-690-6266-1

DEPÓSITO LEGAL: GC521-2007

© De los autores

Fotos de la portada: Maspalomas en 1960 (Archivo de fotografía histórica de Canarias FEDAC/Cabildo de Gran Canaria.) y Maspalomas en 2006 (Grupo de investigación de Geografía Física y Medio Ambiente)

Entidad colaboradora: Ayuntamiento de San Bartolomé de Tirajana

ÍNDICE

1. PRESENTACIÓN	2
2. MASPALOMAS ANTES DEL DESARROLLO TURÍSTICO	3
3. ORGANIZACIÓN Y FUNCIONAMIENTO ACTUAL DEL ECOSISTEMA	5
3.1. Elementos y factores ambientales	5
A. Las condiciones climáticas y el viento	5
B. Características generales del oleaje	7
C. El agua en el subsuelo	8
D. Características de los materiales sedimentarios	9
E. La dinámica sedimentaria	14
F. Características de la vegetación	18
G. El desarrollo turístico	22
3.2. Unidades ambientales	22
4. CONSECUENCIAS AMBIENTALES DE LOS CAMBIOS RECIENTES (1960-2006): EL DIAGNÓSTICO DE LA PROBLEMÁTICA AMBIENTAL	24
4.1. El déficit sedimentario	24
A. Reducción del volumen de arena en el sistema de dunas	24
B. Indicadores del déficit sedimentario en playa del Inglés	26
4.2. El impacto de la urbanización del Inglés	28
A. Consecuencias de la edificación de la terraza del Inglés	28
B. Estabilización de los sedimentos y colonización vegetal	28
C. Exhumación del sustrato y cambios en la vegetación	29
D. La erosión de la playa de Maspalomas	30
4.3. Transformaciones ecológicas inducidas por los usuarios	31
5. CONCLUSIONES	35
BIBLIOGRAFÍA GENERADA POR EL PROYECTO	37

1. PRESENTACIÓN

Con este documento pretendemos difundir las principales conclusiones de la investigación realizada, convencidos de que esta transferencia de resultados a la sociedad es también una parte esencial de nuestro trabajo. Maspalomas es uno de los escasos sistemas dunares que, a pesar de la intensa ocupación humana de nuestros litorales, ha pervivido en Canarias. Sin embargo, algunas evidencias muestran que Maspalomas se enfrenta hoy a una problemática ambiental significativa. Deseamos que este trabajo aporte un "granito de arena" que contribuya a conocerla mejor, a gestionarla con cordura.

El área estudiada (figura 1), la Reserva Natural Especial de las Dunas de Maspalomas, representa un sector de Gran Canaria donde confluyen numerosos intereses, tanto desde el punto de vista ecológico, como social y económico. A su vez, se trata de un espacio que ha experimentado una intensa transformación humana en las últimas décadas. Conocer las consecuencias ambientales de estos cambios recientes inducidos por la actividad turística, y elaborar un diagnóstico de su problemática ambiental, han sido los objetivos de esta investigación. El análisis se ha centrado exclusivamente en la parte emergida del ecosistema, dejando el sector sumergido para estudios posteriores.

Figura 1. Localización del área de estudio



La secuencia metodológica utilizada (figura 2) toma como punto de partida la definición del estado de este ecosistema antes de la intervención turística. En segundo lugar se estudian los factores y procesos naturales que determinan su organización y funcionamiento actual. En tercer lugar se compara la situación inicial con la actual, para detectar qué cambios se han producido y determinar cuáles han sido las consecuencias ambientales de estas transformaciones. Finalmente, los resultados obtenidos se sintetizan en un diagnóstico de su problemática ambiental.

La metodología empleada combina el estudio de los procesos naturales con el análisis de las modificaciones humanas que ha experimentado este ecosistema, tanto en el tiempo como en el espacio. El equipo que ha realizado el estudio es multidisciplinar, por lo que integra metodologías científicas de distintas ramas de las ciencias de la Tierra y de la vida: Geografía Física, Geología, Biología y Ciencias del Mar. Como herramienta de trabajo, las Tecnologías de la Información Geográfica han sido esenciales para integrar el gran número de datos generados.

Figura 2. Secuencia metodológica



2. MASPALOMAS ANTES DEL DESARROLLO TURÍSTICO

La intervención humana en este ecosistema fue poco significativa hasta la década de 1960, y las actividades tradicionales (pesca, pastoreo y agricultura) no modificaron la dinámica sedimentaria de forma sustantiva. Las principales unidades (figura 3) de este ecosistema litoral estaban poco alteradas, a excepción de las transformaciones generadas para instalar cultivos de tomates en las proximidades del campo de dunas. En la desembocadura del barranco (figura 4) existía un extenso palmeral y un sistema lacustre (El Oasis y La Charca); en el interior del campo de dunas, las tonalidades claras de la fotografía de 1962 (figura 3) indican la presencia de arenas móviles a sotavento de la terraza del Inglés; por su parte, las depresiones interdunares eran menos extensas que en la actualidad y, en el sector de las dunas móviles, las áreas de deflación ocupaban reducidas dimensiones. En las dos playas (El Inglés y Maspalomas) la ocupación humana se limitaba al faro, las "casa mata" y algunas casetas de veraneantes.

Figura 3. Fotografía aérea de Maspalomas en 1962

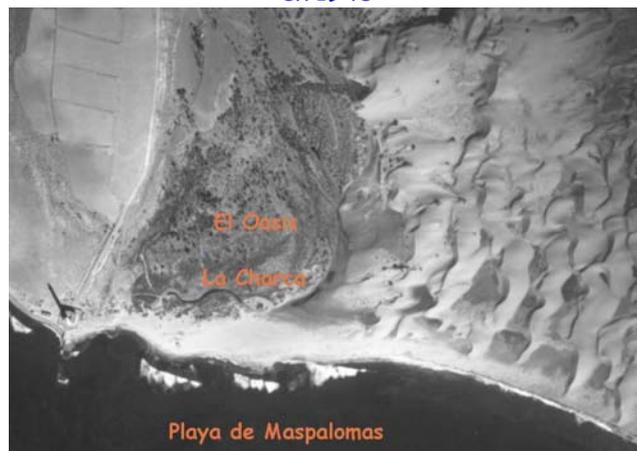


Fuente: Ayuntamiento de San Bartolomé de Tirajana

Aunque en los años previos al desarrollo turístico se instalaron cultivos en la superficie culminante de la terraza sedimentaria del Inglés (figura 5),

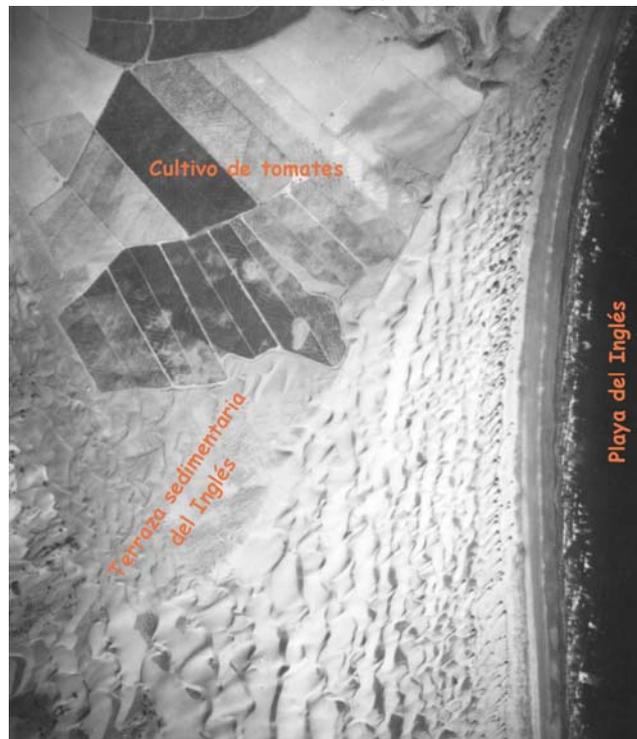
ese uso no impidió que el tránsito de las arenas se produjera de forma natural desde la playa del Inglés (figura 6), zona de entrada de sedimentos, hacia el interior del campo de dunas.

Figura 4. Desembocadura del barranco de Maspalomas en 1948



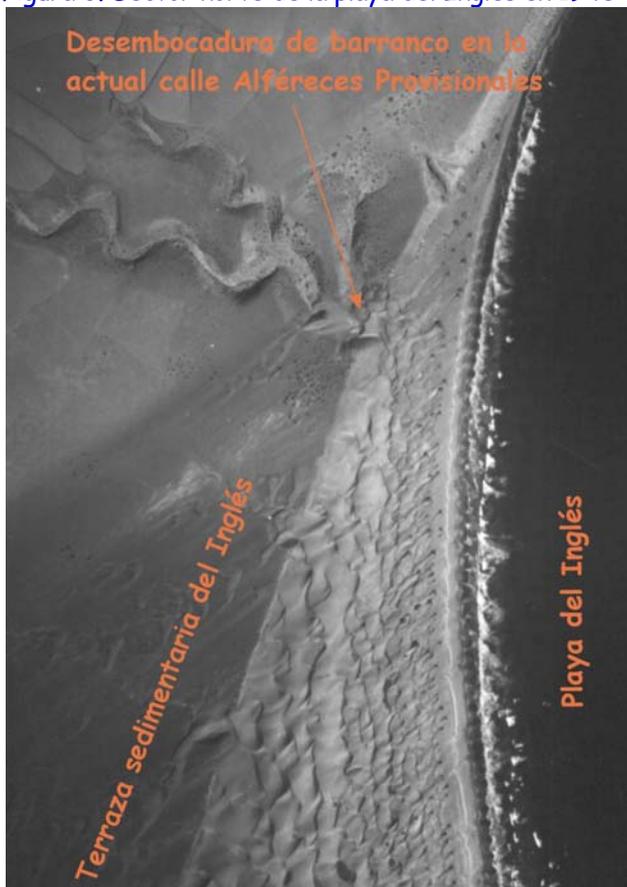
Fuente: Ministerio de Defensa

Figura 5. Terraza sedimentaria del Inglés y cordones dunares en 1961



Fuente: Geocart, S.A.

Figura 6. Sector norte de la playa del Inglés en 1948



Fuente: Ministerio de Defensa

Siguiendo la dirección de los vientos efectivos (NE, ENE y E), las arenas que circulaban por el norte de la playa del Inglés conseguían rebasar el obstáculo de la terraza sedimentaria. Los sedimentos la remontaban en forma de dunas rampantes, y su tránsito se resolvía mediante dunas barjanas y láminas de arena que, finalmente, acababan generando un cordón de caída por el talud de sotavento. De esta forma, se garantizaba el transporte de los componentes más ligeros de la arena hacia el interior del campo de dunas. Ya en él, se formaban dunas barjanas y cordones barjanoides, cuyas formas se iban adaptando a la vegetación existente. Tras circular por el interior del campo de dunas, las arenas alcanzaban la desembocadura del barranco de Maspalomas, desde donde eran

devueltas al mar. Por su parte, las arenas que accedían por el sur de la playa del Inglés adquirían, en menos de un centenar de metros desde la orilla, una disposición de cordones barjanoides, creados por coalescencia de las dunas barjanas formadas en la playa alta. Esta morfología se mantenía a lo largo de todo su recorrido hasta alcanzar el mar por la playa de Maspalomas.

Las interacciones entre la dinámica eólica y fluvial dieron lugar, en la desembocadura del barranco de Maspalomas, a un espacio lacustre de gran singularidad y riqueza natural (figura 7). La existencia de humedales favorecía el desarrollo de una vegetación hidrófila e higrófila que, a su vez, constituía el hábitat de aves acuáticas nidificantes y migratorias (patos, garzas, águila pescadora, etc.). Esta zona estaba formada por varios canales interconectados entre sí. Durante la estación seca el nivel de agua descendía, formándose lagunas aisladas. Mientras que en épocas de temporal, o de mareas vivas, la barra de arena que separaba este sistema del mar se rompía, permitiendo la penetración de agua salada hacia el interior.

Figura 7. Oasis de Maspalomas entre 1940-45



Fuente: Archivo de fotografía histórica de Canarias. FEDAC/Cabildo de Gran Canaria.

3. ORGANIZACIÓN Y FUNCIONAMIENTO ACTUAL DEL ECOSISTEMA

En Maspalomas se produce la confluencia de una gran variedad de sistemas naturales (marino, eólico, lacustre y, de forma ocasional, fluvial), cuyas constantes interferencias dotan a este espacio de una gran complejidad en su organización y en su funcionamiento. A todo ello se suma la incidencia de la actividad humana, tanto de las urbanizaciones e infraestructuras colindantes, como del tránsito y permanencia de visitantes en las playas y en el interior del campo de dunas. En este apartado, la investigación se ha centrado en el análisis de los principales factores naturales que inciden en la organización de este ecosistema, de sus interrelaciones, así como en la integración espacial de esa información a partir de la definición de unidades ambientales.

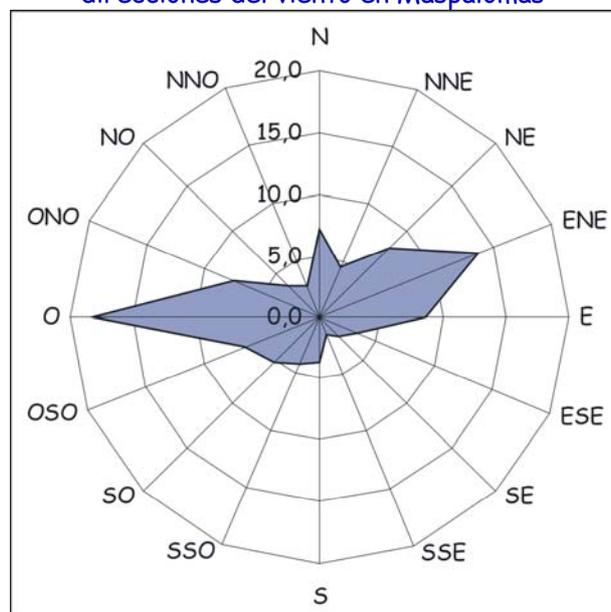
3.1. ELEMENTOS Y FACTORES AMBIENTALES

A. Las condiciones climáticas y el viento

Maspalomas se caracteriza por presentar un clima cálido y seco. La temperatura media anual es de 23,5°C, y las máximas absolutas oscilan entre los 18°C y 24°C en invierno y los 30°C y 44°C en verano. Las precipitaciones medias anuales se sitúan en 76 mm que, en promedio, caen en 14 días, lo que representa que sólo llueva un 4% de los días del año. Además tiene una acusada irregularidad interanual, con un coeficiente de variación de 76,5% y una desviación tipo de 58,6 mm. La cercanía al mar determina altas tasas de humedad relativa, con promedios que oscilan entre el 71% y 75% anual. La nubosidad media es de 261 días despejados al año, 89 nubosos y 15 cubiertos, concentrándose estos últimos en los meses de diciembre y marzo, mientras que los primeros se registran de junio a septiembre.

Con respecto a las características generales del viento, para este trabajo se han utilizado los datos de la estación meteorológica automática que el INM tiene instalada a escasos metros de la línea de costa y a una altura de 30 m. Comenzó a funcionar en 1997 y, hasta la actualidad, registra datos horarios de dirección y velocidad del viento. Con respecto al primer parámetro, Maspalomas muestra dos claras tendencias: por un lado los vientos que proceden del O, que suponen el 18,2% de la frecuencia de las direcciones anuales, y, por otro, los de componente ENE, que representan un 13,7% (figura 8). Si consideramos, en su conjunto, los distintos rumbos del viento más frecuente, las componentes OSO, O y ONO tienen un porcentaje del 36,2%, frente a las direcciones NE, ENE y E que representan el 28,8%.

Figura 8. Frecuencia anual de las direcciones del viento en Maspalomas



Fuente: INM

Tabla 1. Frecuencia mensual de las direcciones del viento en Maspalomas (1997-2005)

	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	AÑO
<i>N</i>	11,4	7,3	6,9	7,5	5,7	2,7	3,2	3,3	6,5	9,4	11,7	10,3	7,1
<i>NNE</i>	6,9	5,4	4,5	4,3	3,6	1,3	1,6	1,9	3,2	5,8	7,1	5,9	4,3
<i>NE</i>	16,1	13,7	7,8	6,1	4,2	2,7	2,2	2,1	5,7	6,7	13,9	14,6	8,0
<i>ENE</i>	24,2	27,6	16,2	11,3	9,6	4,1	2,4	3,4	6,8	14,3	21,5	22,8	13,7
<i>E</i>	15,1	13,9	11,2	6,1	6,5	3,4	1,7	4,6	7,0	10,7	11,3	11,6	8,6
<i>ESE</i>	3,8	2,8	3,6	3,9	4,6	3,5	1,2	2,1	3,9	4,5	3,6	2,9	3,4
<i>SE</i>	1,7	1,2	2,8	2,8	3,8	1,9	1,1	1,3	2,6	2,3	1,7	1,7	2,1
<i>SSE</i>	0,8	0,6	1,8	2,0	2,8	1,6	0,9	1,5	1,6	1,9	1,4	0,9	1,5
<i>S</i>	1,8	1,6	4,3	5,8	4,6	5,7	3,8	4,6	3,7	3,2	2,2	2,0	3,6
<i>SSO</i>	1,3	1,7	3,4	5,3	6,5	7,4	6,3	5,3	5,7	3,1	1,5	1,9	4,1
<i>SO</i>	2,2	2,6	4,5	6,3	7,8	8,7	8,1	6,9	6,9	3,5	2,2	2,9	5,2
<i>OSO</i>	2,3	3,8	4,5	6,9	8,6	10,3	11,0	9,2	8,2	6,2	3,2	3,3	6,5
<i>O</i>	6,7	10,5	16,2	18,6	19,2	27,3	32,4	30,8	21,8	16,9	8,9	9,5	18,2
<i>ONO</i>	2,6	3,9	6,5	6,2	6,5	10,6	13,5	13,6	9,6	5,9	5,2	4,5	7,4
<i>NO</i>	1,4	2,1	3,2	3,9	3,8	6,0	7,2	5,9	3,9	2,4	1,7	2,8	3,7
<i>NNO</i>	1,8	1,4	2,6	3,0	2,4	2,7	3,3	3,4	3,0	2,9	3,1	2,4	2,7
%	100,0												

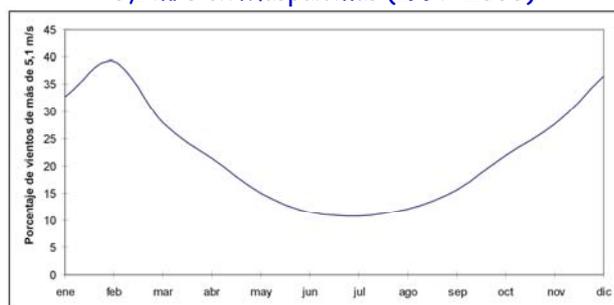
Fuente: INM

Las direcciones mensuales del viento muestran también esta alternancia: desde noviembre hasta febrero la componente ENE predomina sobre las demás, hasta que llega el mes de marzo en que esta dirección se iguala a la O. A partir de abril los vientos del O son los más frecuentes, hasta octubre en que prácticamente se iguala a la dirección ENE (tabla 1). Esta alternancia mensual en la dirección de los vientos es fundamental para entender el comportamiento de la dinámica sedimentaria eólica en Maspalomas, pues la persistencia en una o en otra dirección, según los meses, determina el movimiento final de los sedimentos.

Por lo que respecta a la velocidad del viento, las mayores intensidades se registran en invierno, especialmente en febrero (media de 4,9 m/s). Mientras que durante el verano la velocidad disminuye, pues los meses de junio, julio y agosto tienen un promedio de 3,1 m/s. Los vientos efectivos (velocidad superior a 5,1 m/s), con capacidad para movilizar los sedimentos, predominan durante el invierno. Tal y como se

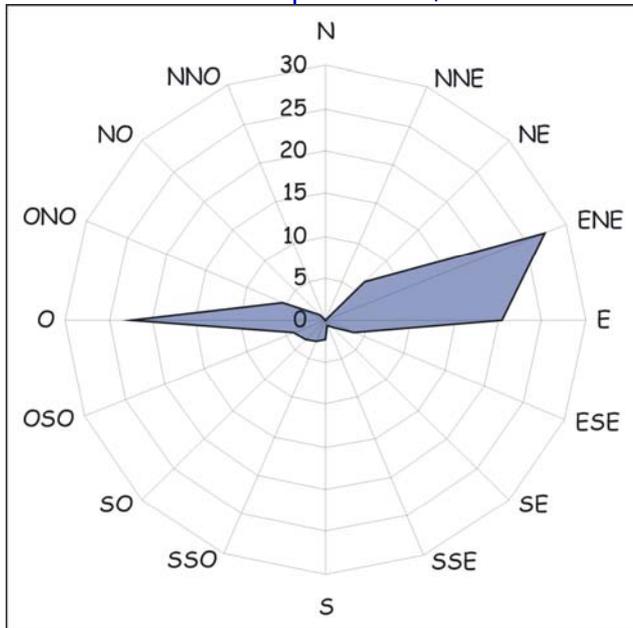
observa en la figura 9, a partir de noviembre la probabilidad de que se superen los 5,1 m/s es considerable y adquiere su máxima importancia en febrero (42,7%). Este porcentaje se reduce significativamente en los meses del verano, hasta alcanzar el mínimo del mes de julio (11,7%). En conjunto, este umbral representa el 27,4% del total de las frecuencias. Con respecto a la dirección de los vientos efectivos (figura 10), las componentes NE, ENE y E agrupan el 54,5% de los registros, mientras que las OSO, O y ONO representan el 30,8%.

Figura 9. Porcentaje mensual de los vientos de más de 5,1 m/s en Maspalomas (1997-2005)



Fuente: INM

Figura 10. Dirección del viento con velocidades superiores a 5,1 m/s



Fuente: INM

Por este motivo, entre otros, el desplazamiento de las dunas y su orientación es en la dirección más frecuente de los vientos efectivos, y su avance es más significativo durante el invierno, cuando éstos adquieren una mayor velocidad.

B. Características generales del oleaje

El oleaje predominante (tabla 2) es marcadamente del NE-NNE, con olas que tanto pueden ser de mar de viento (periodos en torno a 5 s), como de mar de fondo (periodos en torno a 9 s). Como segunda componente destaca el O, donde claramente se concentran los oleajes de mayor periodo, aunque de pequeña energía (altura de ola en torno a 1 m). Además, se consideran como característicos de oleajes de temporal tanto los provenientes del NE como del OSO, con periodos de pico de 9 s y alturas de ola que alcanzan los 3,5 o 4,0 m.

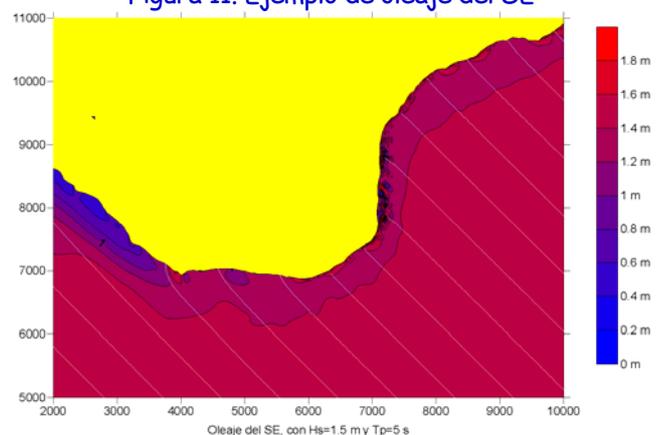
Tabla 2. Características del oleaje tipo en Maspalomas

Altura de ola (m)	Período (s)	Dirección	Frecuencia anual
1,5	5	NE-NNE	70
1,5	5	SE	1
1,0	13	O	7
3,5	9	NE	2
3,5	9	OSO	1

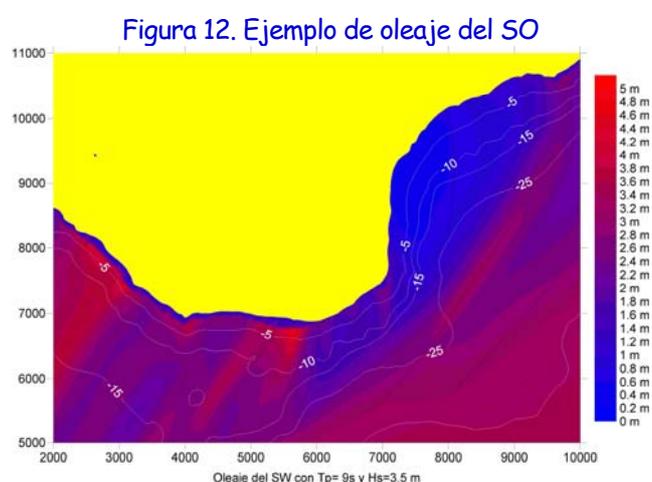
Para realizar los estudios de propagación, la batimetría se ha digitalizado a partir de la carta náutica de la zona.

En la figura 11 se muestra un ejemplo del oleaje del SE, con $T_p = 5$ s y $H_s = 1,5$ m. Se trata de mar de viento, generado por los vientos de la zona, pero que en este caso se corresponde con las condiciones de tiempo sur. En dichas condiciones, el oleaje se peralta más en la zona de la punta de la Bajeta, hasta que finalmente rompe. Las corrientes inducidas por el oleaje (corrientes de *setup*), y el transporte de sedimentos asociado, van desde la punta de la Bajeta hacia ambas playas, si bien, el transporte parece más intenso en la playa del Inglés.

Figura 11. Ejemplo de oleaje del SE



Por su parte, la figura 12, muestra un ejemplo de oleaje del SO con $T_p = 9$ s y $H_s = 3,5$ m. Se trata de un temporal con mar de fondo, independiente de las condiciones atmosféricas locales. Se puede observar un claro gradiente de energía entre la playa de Maspalomas, más expuesta al oleaje, la punta de la Bajeta, con una energía intermedia, y la playa del Inglés con una energía mucho menor.



C. El agua en el subsuelo

El comportamiento hidrológico de las capas freáticas varía sustancialmente antes y después de los períodos de lluvia. Según se observa en la figura 13, antes de las lluvias el flujo preferente se concentra hacia el punto de muestreo 1, probablemente condicionado por el descenso de nivel de agua de la charca de Maspalomas que está situada al oeste de ese punto.

Sin embargo, después de las lluvias, se produce un ligero ascenso del nivel medio

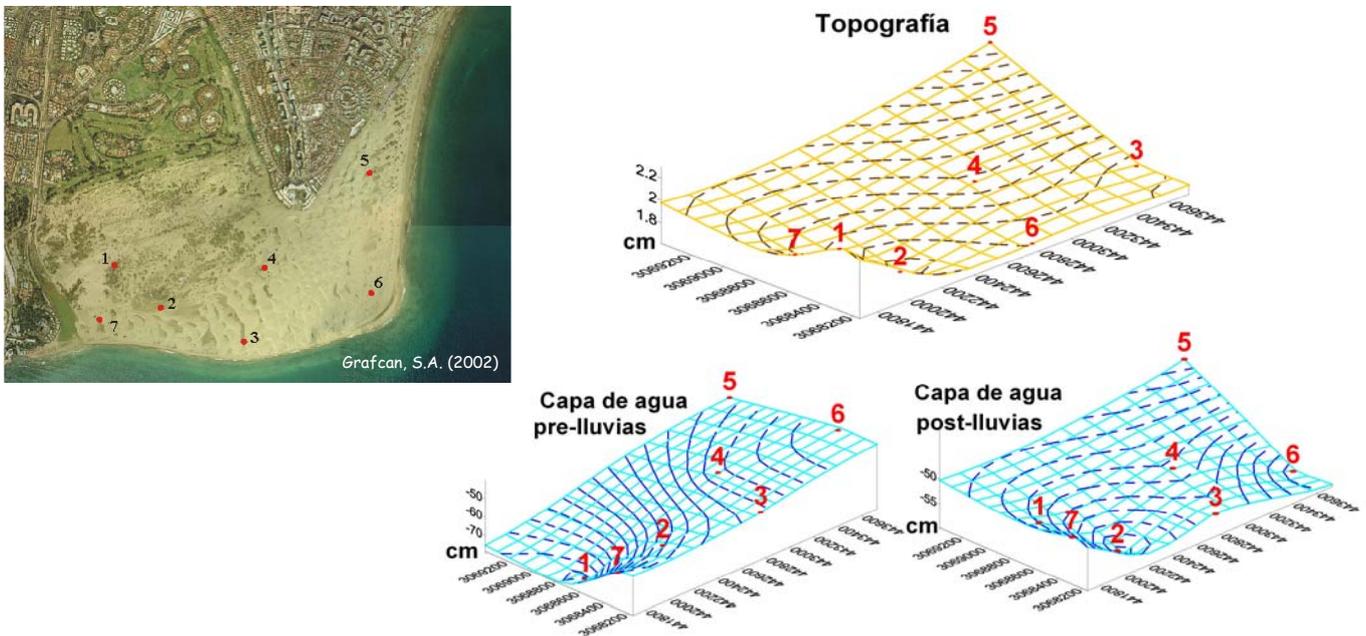
freático (~ 3 cm) y un cambio en los flujos de salida de aguas, que en este caso se orientan hacia la costa con dos salidas: una en el punto de muestreo 2 y la otra en el 6, adaptados a los patrones impuestos por la topografía.

La capa de agua está localizada a una profundidad media de unos 51 cm. Otra de las características de las aguas subterráneas es la diferente salinidad que presentan. Los umbrales de conductividad eléctrica media oscilan entre valores cercanos al agua de mar ($29,1 \text{ mScm}^{-1}$, en el punto de muestreo 2) y otros menos salinos ($5,7 \text{ mScm}^{-1}$, en el punto de muestreo 1). Los restantes puntos de muestreo presentan valores intermedios, que oscilan entre 7,2 y $15,6 \text{ mScm}^{-1}$.

La presencia de agua a escasa profundidad permite la existencia de comunidades vegetales exigentes en cuanto a sus requerimientos hídricos, como las higrófilas. Aunque la distribución de estas comunidades está relacionada con la salinidad de las aguas en los diferentes puntos. De modo general, en las zonas menos salinas predominan especies como *Juncus acutus*, y en las que tienen un mayor grado de salinidad especies halófilas como *Zygophyllum fontanesii*.

En definitiva se ha constatado la existencia de un manto freático en el subsuelo del campo de dunas a una profundidad de medio metro. Asimismo, el agua es un factor determinante para explicar la distribución espacial de las comunidades vegetales existentes en Maspalomas.

Figura 13. La imagen de la izquierda muestra la localización de los puntos de muestreo, mientras que la de la derecha indica el flujo de las aguas subterráneas antes y después del período de lluvias



D. Características de los materiales sedimentarios

Se han estudiado las características granulométricas, mineralógicas, petrológicas y paleontológicas de dos grupos de materiales sedimentarios: los arenosos, que son los materiales sueltos movilizados actualmente por el viento; y las rocas sedimentarias, que forman el sustrato sobre el que se asienta el campo de dunas actual.

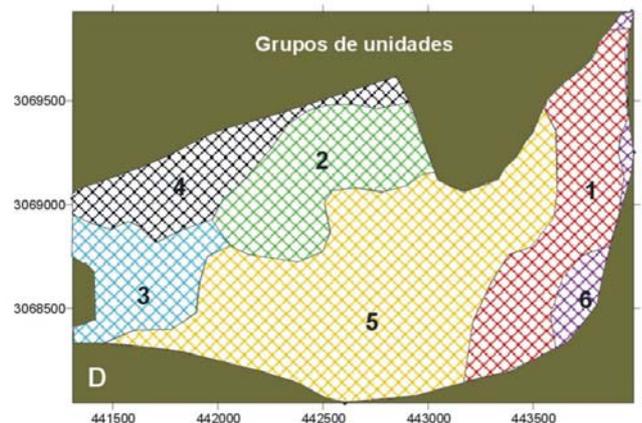
D.1. Sedimentos arenosos

- Características granulométricas

Mediante el análisis de las 81 muestras recogidas a lo largo del sistema de dunas de Maspalomas se ha podido sectorizar el espacio según las

características granulométricas de los sedimentos (figura 14).

Figura 14. Croquis con la localización de las principales unidades según las características granulométricas de los sedimentos de Maspalomas



Los resultados obtenidos de los parámetros granulométricos correspondientes a cada uno de los grandes sectores, así como al total de las muestras, se presentan en la tabla 3.

Tabla 3. Características granulométricas de los sedimentos presentes en las diferentes unidades

Grupo unidades	N° muestras	Tamaño medio (mm)	Sorting	Asimetría
1	10	0,220	0,597	-0,021
2	14	0,156	0,458	-0,042
3	14	0,221	0,744	-0,109
4	11	0,181	0,581	-0,084
5	27	0,182	0,558	-0,043
6	5	0,179	0,513	-0,079
Total	81	0,187	0,590	-0,094

Estos resultados indican que la totalidad del campo de dunas de Maspalomas está cubierto por arenas finas moderadamente bien clasificadas y simétricas, aunque con cierta tendencia a asimetrías negativas. La distribución granulométrica es claramente unimodal, todo lo cual confirma el carácter eólico de estos materiales.

Las mayores diferencias entre sectores se producen entre los materiales ubicados al oeste de la terraza aluvial (unidades grupo 2), que son los más finos y más homogéneos, y los que están en la llanura de deflacción, situada a lo largo de la playa del Inglés y en el límite de la charca de Maspalomas (unidades grupos 1 y 3 respectivamente), que son los más gruesos y heterométricos.

Estas diferencias apuntan a que los materiales del grupo de unidades 2 se han depositado

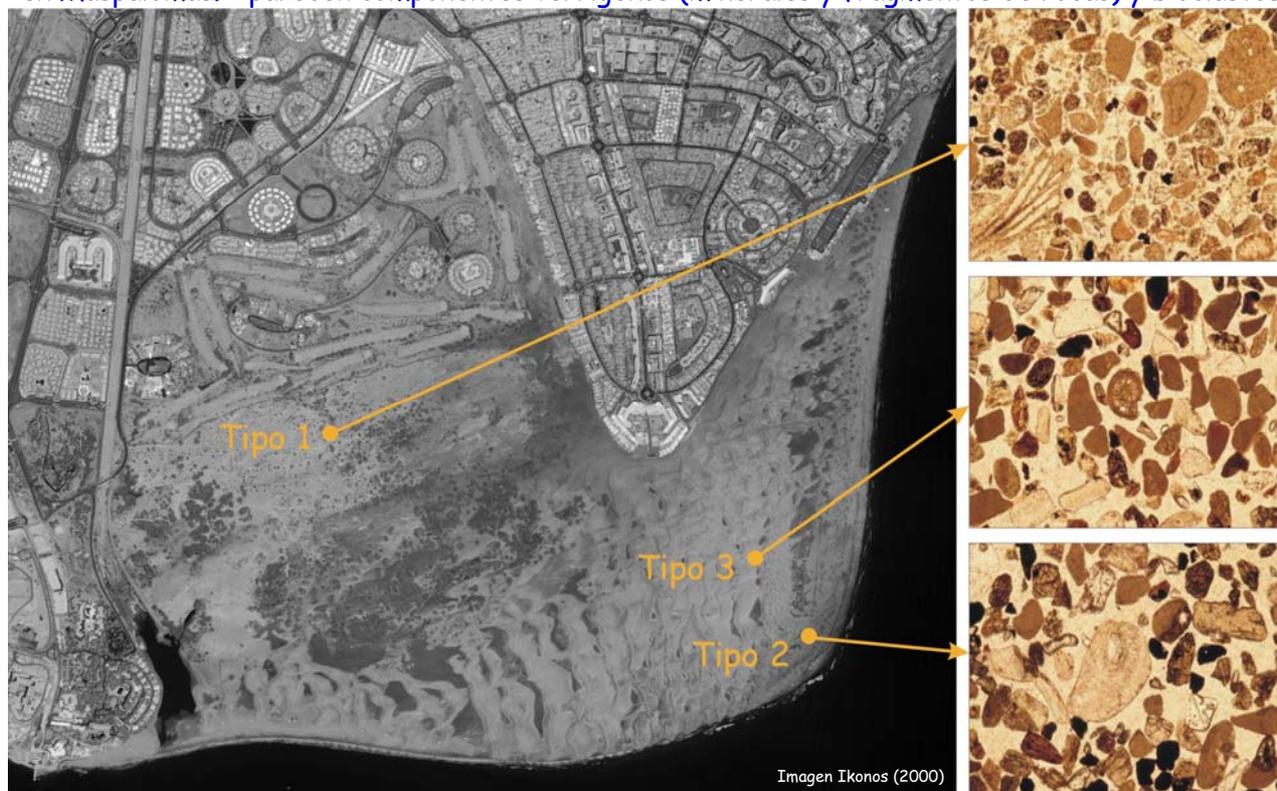
bajo condiciones menos energéticas, lo que se debe al efecto pantalla que genera la propia terraza y la urbanización turística que sobre ella se asienta. Por lo que respecta al mayor tamaño y heterogeneidad de los materiales del grupo de unidades 1, éste puede deberse a que esta zona está en su mayor parte ocupada por una amplia llanura donde aflora el sustrato propio de los espacios interdunares, ya que la cobertura de sedimentos eólicos es mínima.

Por último, la relativa alta heterogeneidad de los materiales del grupo de unidades 3 está determinada por la existencia de un 1,5% con sedimentos tamaño gravas y un 1,2% de limos y arcillas. Tanto unos como otros bien pudieran proceder de los restos de edificios derruidos radicados en esa zona. Los restantes tres grupos de unidades se localizan en la zona más interna del campo dunar (grupo de unidades 4), a lo largo de la playa del Inglés (grupo de unidades 5) y toda la zona de dunas móviles y playa de Maspalomas (grupo de unidades 6), y todos ellos presentan unas características granulométricas muy similares entre sí.

- Características texturales

Por otro lado, en función de sus características texturales se distinguen tres grupos de sedimentos, que representan tres ambientes sedimentarios diferentes dentro del campo de dunas (figura 15).

Figura 15. Localización y aspecto microscópico de los tres tipos de sedimentos arenosos estudiados en Maspalomas. Aparecen componentes terrígenos (minerales y fragmentos de rocas) y bioclastos



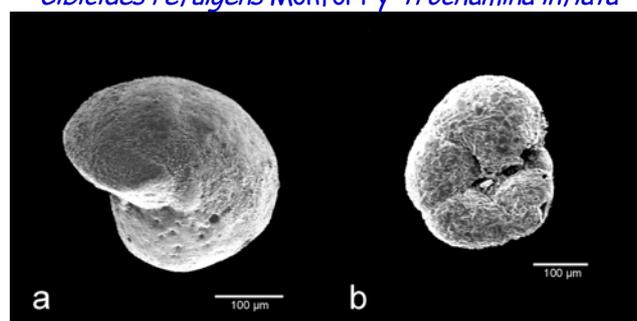
Los del primer grupo (tipo 1) se corresponden con zonas de acumulación y fijación de partículas poco clasificadas por tamaños; los del segundo grupo (tipo 2) están asociados a una zona de gran energía, pues predominan terrígenos densos (fragmentos de rocas y minerales), moderadamente clasificados; y los del tercer grupo (tipo 3) son los sedimentos eólicos típicos del campo de dunas, con granos de arena bien clasificados por tamaños, bien redondeados, y con pequeñas diferencias en los porcentajes de abundancia de terrígenos y bioclastos.

- Los foraminíferos

El análisis de los foraminíferos de los sedimentos permitió mejorar el conocimiento de este grupo taxonómico y su relación con los procesos

sedimentarios litorales de la zona. En las muestras, tanto de la franja de playa como de la plataforma adyacente, se identificaron individuos pertenecientes a 76 especies diferentes superando, en más del doble, a las 35 especies recogidas en el Banco de Datos de Biodiversidad de Canarias (2003).

Figura 16. Especies de foraminíferos característicos: *Cibicides refulgens* Monfort y *Trochammina inflata*



Algunas de las especies observadas tienen gran interés para los estudios de dinámica sedimentaria en la zona. Así sucede, por ejemplo, con *Lobatula lobatula* y *Cibicides refulgens* (figura 16a), especies cosmopolitas que viven en áreas caracterizadas por fuertes corrientes de fondo con transporte lateral de partículas orgánicas; o con *Trochammina inflata* (figura 16b) y *Eggerelloides scabrum*, propias de ambientes muy poco energéticos (marismas). Las especies del primer tipo se concentran en la plataforma situada frente a la playa de Maspalomas, mientras que las segundas lo hacen en la de playa del Inglés.

D.2. Rocas sedimentarias

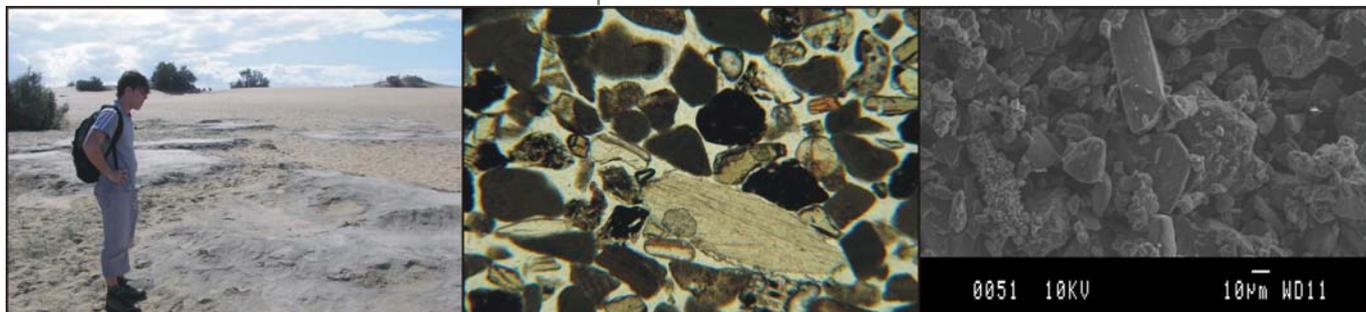
Por primera vez se estudió el basamento subyacente, pues ha estado cubierto de sedimentos eólicos hasta fechas recientes. Su extensión actual es un indicador del déficit sedimentario que experimenta Maspalomas: mientras que en 1960 tenía una extensión de unos 70.000 m², en la actualidad ocupa alrededor de 170.000 m². Este basamento aflora, de forma dispersa, en el interior del campo de dunas y en sectores intermareales. Siguiendo una secuencia, que va desde los materiales más recientes a los más antiguos, se diferencian los señalados en la figura 17.

Figura 17. Secuencia de los materiales que afloran en el interior del campo de dunas

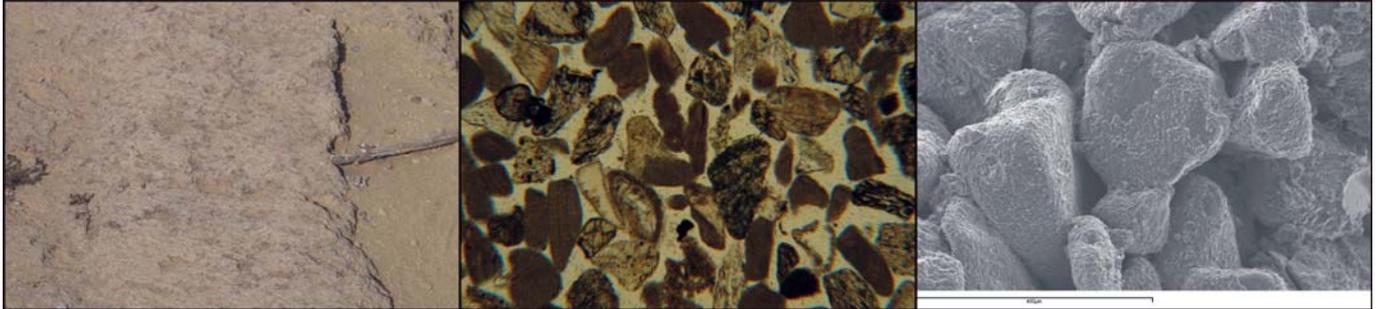
17.A. Barras marinas holocenas (<10.000 años), constituidas principalmente por cantos y bloques redondeados traquifonolíticos. Estas barras, alineadas en dirección NE-SO, indican antiguas líneas de costa.



17.B. Calcarenitas holocenas formadas por arenas finas poco cementadas, asociadas a la desecación de antiguas charcas de la desembocadura del barranco de Maspalomas.



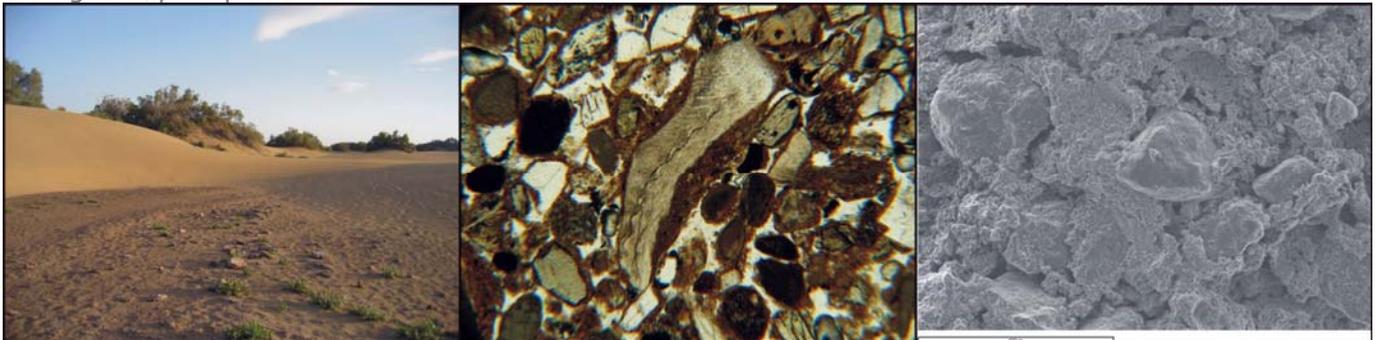
17.C. Eolianitas holocenas formadas por arenas medias eólicas poco cementadas. Presentan laminaciones que se corresponden con antiguas dunas.



17.D. Gravas aluviales pleistocenas (>10.000 años), con cantos traquifonolíticos redondeados y calcareníticos angulosos. En su techo aflora un paleosuelo con limos ricos en cuarzo.



17.E. Calcarenitas cementadas pleistocenas, con granos terrígenos y bioclásticos unidos por carbonato cálcico pobre en magnesio, y con procesos visibles de disolución.



Las características petrográficas de los componentes deposicionales (bioclastos, terrígenos y cementos) de los sedimentos arenosos y de las rocas sedimentarias son muy parecidas, aunque varían sus proporciones en cada tipo de material. Los bioclastos se habrían formado en ambientes litorales

someros (playa sumergida) o de plataforma de baja profundidad; los terrígenos procederían de la erosión fluvial o marina continua de las rocas aflorantes en los alrededores de Maspalomas; y los cementos se formarían a partir de aguas vadasas intergranulares.

E. La dinámica sedimentaria

Considerando los factores naturales, la circulación de los sedimentos sigue la siguiente secuencia: su acceso al sistema de dunas se produce por la playa del Inglés en forma de pequeñas acumulaciones, que adquieren mayor volumen conforme los vientos efectivos las desplazan hacia el SO. Su retorno al mar se produce por la playa de Maspalomas. Los temporales del SO erosionan estacionalmente esta playa, transportando de nuevo por deriva litoral parte del sedimento hacia la playa del Inglés. Esta secuencia, como veremos en el análisis de los cambios recientes, ha sido alterada por la actividad humana.

Para caracterizar la dinámica sedimentaria, se han estudiado el volumen de arena disponible en la parte emergida y la velocidad de desplazamiento de las dunas.

E.1. Estimación del volumen de los sedimentos en superficie

Este trabajo se realizó mediante un modelo digital del terreno (MDE), generado a partir de la información obtenida con un vuelo *lidar*, con resolución espacial inferior a un metro. El análisis de los datos permite evaluar el volumen de sedimentos, en superficie, de la totalidad del campo de dunas de Maspalomas en 24,50 Hm³. Esta cifra se obtiene al considerar como base la cota 0 metros sobre el nivel medio del mar. De este valor, las áreas interiores del sistema, ubicadas total o parcialmente a sotavento de la urbanización del Inglés, contienen, conjuntamente 14,40 Hm³ (el 58,47% del total). Por su parte, el actual campo de dunas móviles, que se extiende desde la playa del Inglés hasta

la de Maspalomas, contiene 12,10 Hm³ (el 41,23 % de todo el volumen sedimentario).

Para calcular el volumen de arenas móviles se aisló la superficie correspondiente al basamento del sistema, tomando como referencia los puntos altitudinales localizados en los espacios interdunares, restándose a las alturas correspondientes al MDE. De esta forma se obtiene un volumen de 5,56 Hm³ de arenas en tránsito por el campo de dunas móviles.

E.2. La velocidad de desplazamiento de las dunas

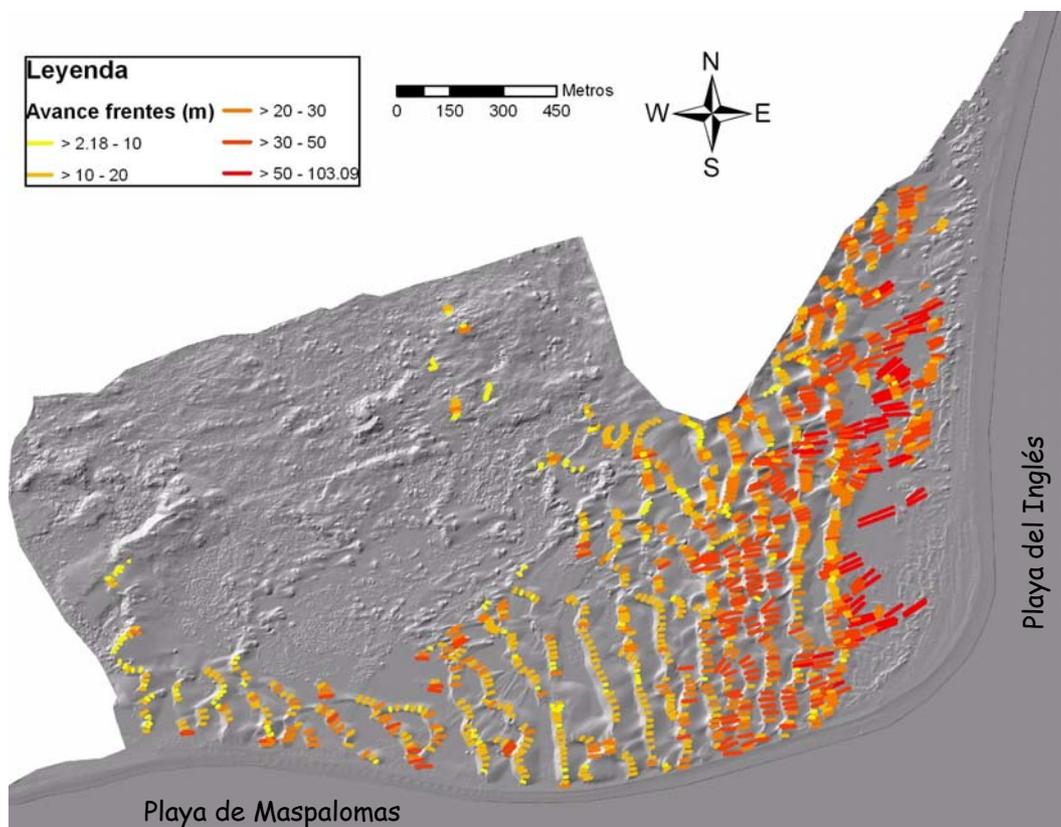
Este aspecto ha sido estudiado mediante la elaboración de dos MDE, correspondientes a finales de 2003 y finales de 2006; este último se obtuvo del vuelo *lidar* antes citado.

- Elaboración del modelo

El MDE generado para el año 2003 fue realizado mediante la restitución digital asistida del vuelo fotogramétrico, por estereocorrelación supervisada, considerando en las operaciones de restitución las líneas de contorno, las cotas altimétricas y las líneas de ruptura, con un paso de malla de 10 metros en los espacios interdunares, e intervalos de 1 metro en el resto de los elementos, y remuestreo posterior a 4 metros. De esta forma, se obtuvo un documento con la precisión necesaria para abordar el avance de los frentes de dunas, ya que éste se observa más claramente en los bordes de las dunas, correspondientes a la línea de ruptura superior de la pendiente del frente de avance.

Asimismo, la coincidencia estacional de ambos documentos garantiza una observación precisa, pues descarta posibles variaciones que pudieran producirse por cambios estacionales.

Figura 18. Distancias observadas entre los bordes de las dunas (2003-2006)



Una vez ajustados geoméricamente ambos documentos, se procedió a la digitalización de los bordes de las dunas, así como de los vectores de avance entre esos bordes (figura 18). Ambas tareas se desarrollaron de forma supervisada, pues precisaron de un trabajo previo de identificación visual de los rasgos de las dunas en cada documento.

Los datos relativos a la longitud de los vectores (la distancia entre los bordes), identificados en sus centroides, sirvieron de base para la generación del modelo de avance, a partir de la interpolación espacial de sus valores.

El modelo elaborado (figura 19) permite ampliar y complementar la escala espacial de las observaciones que, hasta ahora, se habían

realizado sobre áreas piloto. Los resultados obtenidos, considerando un muestreo de 1.319 puntos, permiten afirmar que, para todo el campo de dunas, las tasas de avance medias se sitúan en 7,93 m/año, con una desviación tipo de 4,56. Las menores tasas observadas, de 0,73 m/año, corresponden a un enclave de dunas móviles situado a sotavento de la terraza urbanizada del Inglés. Estos datos coinciden casi plenamente con las cifras estimadas en 2002, mediante observaciones de campo, para el período junio de 1999 - julio de 2000 (0,76 m/año). Por su parte, también coinciden en sus valores medios las tasas observadas en una zona central de la playa de Maspalomas, con las cifras obtenidas en ese mismo enclave mediante seguimiento con GPS diferencial entre 2005 y 2006 (entre 5 y 8 m/año, según sectores).

Si se consideran los distintos ambientes sedimentarios de Maspalomas (tabla 4), se puede afirmar que es en el área de entrada de las arenas al sistema, la playa del Inglés, donde se producen las mayores tasas de avance: con valores medios, entre 10,19 m/año para el sector norte, y 19,15 m/año para el sector sur. Este hecho se relaciona con el volumen de arena en tránsito por estos ambientes, que se caracterizan por la presencia de dunas barjanas de pequeño tamaño, inferiores a dos metros de

altura, y láminas de arena que circulan en dirección SO. Sin embargo, también en estos ambientes se identifica la mayor heterogeneidad en cuanto a las geoformas, cuestión que se aprecia en los datos relativos a las desviaciones tipos, y que también puede relacionarse con la presencia de ejemplares de *Traganum moquinii* en la playa alta, que retienen temporalmente el sedimento y contribuyen a la formación de dunas embrionarias.

Figura 19. Tasas de avance de las dunas entre 2003 y 2006 (metros/año)

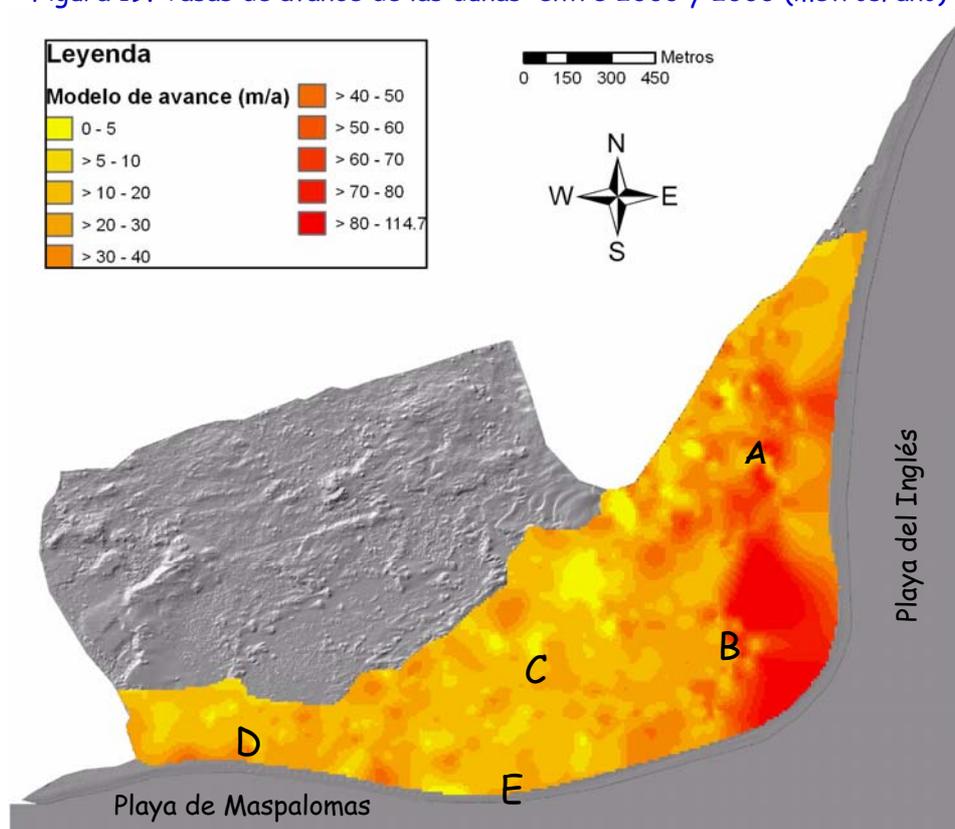


Tabla 4. Tasas de avance en los principales ambientes sedimentarios

Áreas/avance (metros/año)	Nº puntos de muestreo	Mínimo	Máximo	Media	Ds.
El Inglés norte (A)	278	1,60	27,35	10,19	5,01
El Inglés sur (B)	33	6,77	34,36	19,15	8,03
Área intermedia (C)	811	1,35	19,12	7,36	3,42
Playa Maspalomas (D)	123	1,14	14,55	5,66	2,79
Parcela GPS-D (E)	14	2,35	12,32	6,18	2,71

Especialmente interesante se muestra el sector sur de la playa del Inglés, debido a que presenta las tasas de avance más altas, si bien en esta área se cuenta con el menor número de mediciones realizadas. La primera cuestión se explica porque esta zona está más expuesta a los vientos efectivos, y, al mismo tiempo, en ella disminuye el número y porte de los ejemplares de *Traganum moquinii*. Con respecto al menor número de puntos de muestreo, éste se debe a que la alta velocidad de desplazamiento, en esta franja sur, dificulta la identificación de las dunas para el período analizado. Todo ello pone de manifiesto que esta zona representa un sector muy dinámico, en el que dunas barjanas de reducidas dimensiones, conjuntamente con láminas de arena, avanzan a gran velocidad.

Por su parte, el área caracterizada por la presencia de grandes dunas (dunas móviles) cuenta con cordones barjanoides y transversales, bien definidos morfológicamente, con alturas que pueden sobrepasar los doce metros. Al sur de este sector se localiza la parcela de seguimiento mediante GPS-D, cuyas tasas de avance medio (6,18 m/año) se asemejan a las obtenidas a través del trabajo de campo (entre 5 y 8 m/año).

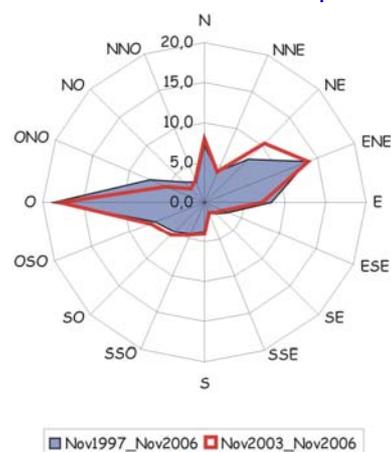
Por último, la playa de Maspalomas muestra tasas de avance más reducidas, pues se encuentra parcialmente a sotavento de la urbanización del Inglés y de todo el campo de dunas.

- Validación del modelo

La comparación de las características del viento (dirección y velocidad), entre el período analizado (2003-2006) y la totalidad de los datos disponibles (1997-2006), permite la validación del modelo, y su posible extrapolación a un período más amplio al caracterizado. Mediante esta

comparación se constata que, tanto la dirección como la velocidad del viento, presentan valores promedio muy similares entre el período 2003-2006 y el más amplio de 1997-2006, como se puede observar en la figura 20.

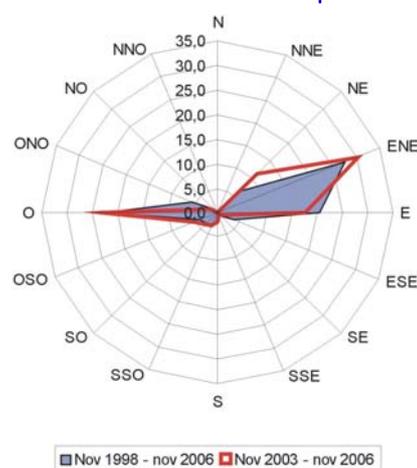
Figura 20. Comparación de los valores medios de la dirección del viento en dos períodos



Fuente: INM

De igual forma, la distribución de las frecuencias de las direcciones de los vientos efectivos presenta un alto grado de coincidencia en los dos períodos analizados, tal y como se muestra en la figura 21.

Figura 21. Comparación de la dirección de los vientos efectivos en dos períodos



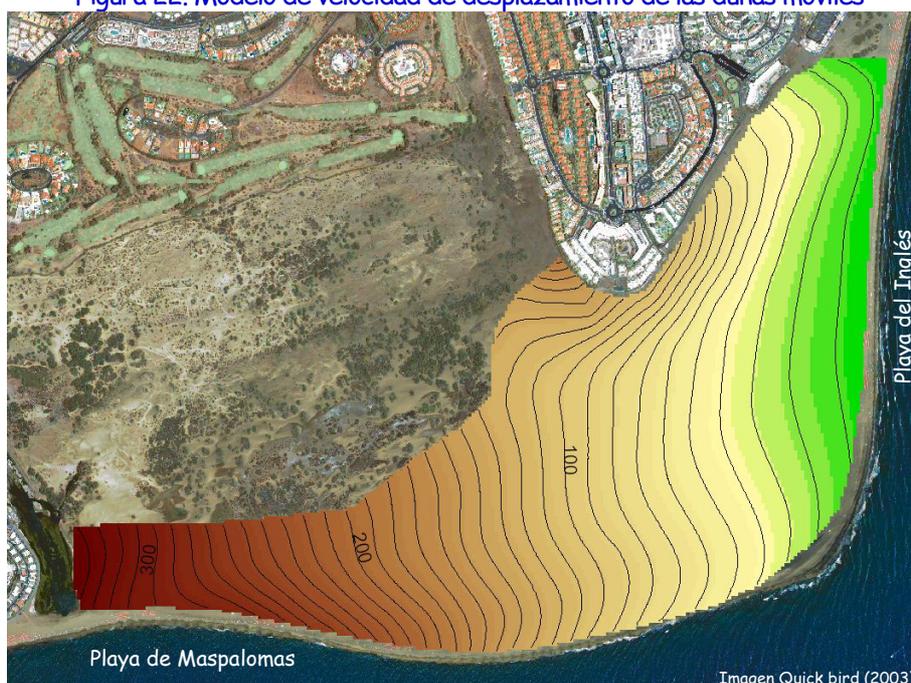
Fuente: INM

- Creación del modelo de velocidad de desplazamiento de las dunas móviles

Una vez obtenida la superficie de las tasas medias de avance, se procedió al diseño de un algoritmo de acumulación que, partiendo del cálculo de las direcciones, permite simular, mediante una cartografía de flujos, el recorrido de los frentes desde que dejan la playa del Inglés hasta que alcanzan el sector occidental de la playa de Maspalomas. Además se pudo estimar el tiempo (en número de años), que necesitan los frentes de avance para alcanzar cada tramo del sistema dunar. De la observación del modelo obtenido (figura 22)

se infiere el papel que juega la terraza urbanizada del Inglés en la retención de los sedimentos, con la generación de dunas eco y de vórtice en los alrededores de su vértice meridional. En el sector sur de la playa del Inglés, los frentes se adentran en el campo de dunas a velocidades considerables, recorriendo los primeros 500 metros en unos 30 años. A partir de esa distancia ralentizan su velocidad, debido al mayor volumen de arenas transportadas y a la menor disponibilidad de vientos efectivos. Las dunas de mayor volumen acceden de nuevo al mar, en el sector oriental de la playa de Maspalomas, en un período próximo a cien años desde su formación en el sistema.

Figura 22. Modelo de velocidad de desplazamiento de las dunas móviles



F. Características de la vegetación

El campo de dunas de Maspalomas posee una significativa diversidad de comunidades vegetales, sobre todo si consideramos la escasa superficie del mismo (menos de 4 km²). Esto se debe a la variedad de situaciones ecológicas existentes: dunas móviles, dunas estabilizadas,

afloramiento de materiales del basamento, depresiones interdunares con un nivel freático a escasa profundidad, zonas antropizadas, etc.

En la figura 23 se exponen las comunidades vegetales existentes en Maspalomas en la actualidad, haciendo especial referencia a su localización en el sistema de dunas.

Figura 23. Principales comunidades de vegetación presentes en Maspalomas

23.A. Matorral de *Traganum moquinii*. Constituyen una comunidad vegetal especializada en vivir en las dunas embrionarias, contribuyendo a su formación. **23. B. Pradera terofítica.** Tres son las especies que caracterizan esta comunidad vegetal: *Ononis serrata*, *Cyperus capitatus* y *Neurada procumbens*. Las praderas terofíticas se distribuyen principalmente en el sector norte de las dunas, en áreas estabilizadas. **23.C. Césped de *Cyperus laevigatus*.** Se distribuye exclusivamente en Maspalomas. Constituye una comunidad vegetal edafohigrófila que aparece en depresiones interdunares húmedas de las dunas móviles.



23.D. Matorral de *Zygophyllum fontanesii*. En Maspalomas esta comunidad vegetal se comporta como freatófila, ya que ocupa las superficies de deflación donde la capa freática se sitúa cerca de la superficie. **23.E. Poblaciones y bosquetes de *Tamarix canariensis*.** Esta comunidad vegetal está presente en la mayor parte del campo de dunas de Maspalomas, excepto en la zona de entrada de sedimentos. **23. F. Juncal de *Juncus acutus*.** Esta comunidad vegetal está vinculada a depresiones interdunares y, a superficies de deflación de zonas totalmente estabilizadas, donde la capa freática se localiza a una escasa profundidad.



23.G. Carrizal de *Phragmites australis*. Comunidad helofítica que se localiza en los márgenes de la Charca de Maspalomas. Una unidad de esta comunidad se ubica en el interior de las dunas, cerca de la estación de los camellos. **23. H. Matorral de *Suaeda mollis*.** Ocupa normalmente superficies de deflación donde el sustrato está formado por depósitos aluviales, así como zonas que presentan un elevado grado de antropización. **23.I. Aulagar de *Launaea arborecens*.** Los aulagares pueden vivir en una gran variedad de biotopos (en zonas móviles y estabilizadas).



23.J. Matorral de *Plocama pendula*. Es una de las comunidades vegetales más escasas y localizadas de Maspalomas. Los ejemplares de *Plocama pendula* forman alineaciones, lo que podría deberse a que ocupa paleobarrancos que posteriormente fueron cubiertos por sedimentos eólicos. **23.K. Matorral de *Schizogyne glaberrima*.** Comunidad dominada por el salado (*Schizogyne glaberrima*), endémico de Gran Canaria. **23.L. Comunidad ruderal y de sustitución.** Ocupan las áreas del sistema de dunas que presentan importantes transformaciones físicas, siendo estas más intensas en las zonas de contacto con las urbanizaciones turísticas. Además, hay que señalar la presencia de unidades de vegetación denominadas de sustitución. Éstas se localizan en el interior del sistema de dunas y, están formadas por especies que no se encontraban ahí antes del desarrollo turístico de la zona.

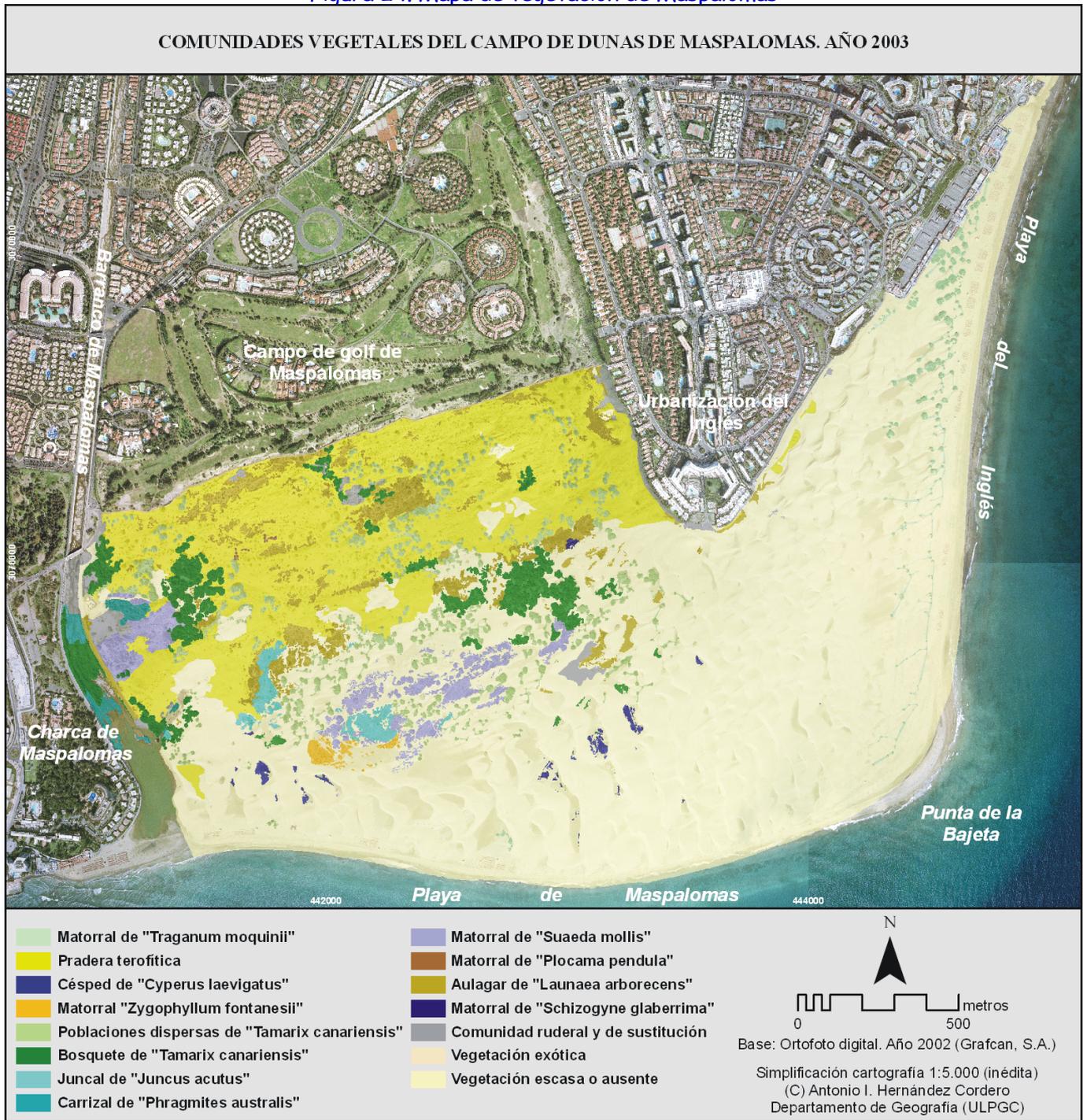


En la figura 24 se presenta el mapa de vegetación de Maspalomas. En él se puede observar que la disposición de la vegetación responde a dos estructuras básicas: en zonación y en mosaico. La primera está relacionada con el gradiente en la movilidad y el volumen de la arena existente entre la playa del Inglés y el interior del sistema de dunas. De esta forma, la vegetación se dispone en bandas paralelas a la costa este. Las comunidades vegetales que presentan esta estructura espacial son el matorral de *Traganum moquinii* y la pradera terofítica. La estructura en mosaico está relacionada principalmente con la existencia de depresiones interdunares y superficies de deflación. Estas geoformas diversifican las condiciones ambientales existentes debido al afloramiento del basamento o a la disminución

de la profundidad del nivel freático, de tal forma que se generan nuevos hábitats.

Esto permite la existencia de diferentes comunidades en función de las características del sustrato que aflora: freatófilas y edafohigrófilas (juncales de *Juncus acutus*, césped de *Cyperus laevigatus*, poblaciones y bosquetes de *Tamarix canariensis* y matorral de *Zygophyllum fontanesii*), halófilas (matorral de *Suaeda mollis*) y xerófilas (aulagar de *Launaea arborecens*, matorral de *Schizogyne glaberrima* y matorral de *Plocama pendula*). Por otro lado, en aquellas zonas que presentan un alto grado de transformación por las actividades que se derivan del desarrollo turístico, aparecen distintas comunidades ruderales y de sustitución.

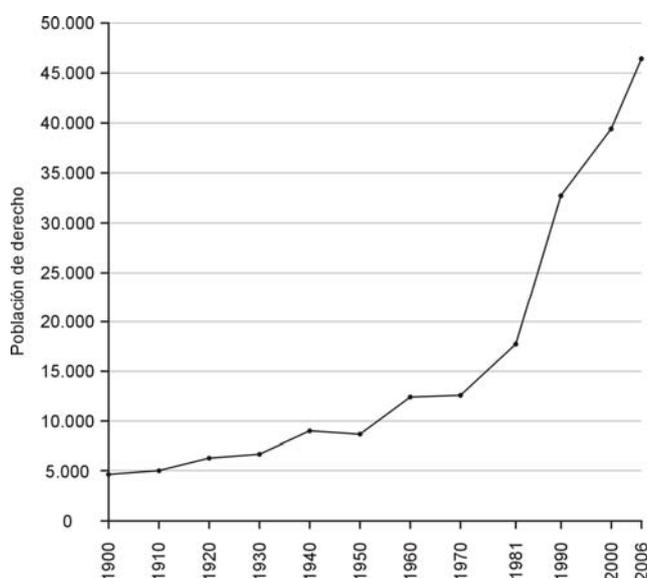
Figura 24. Mapa de vegetación de Maspalomas



6. El desarrollo turístico

Tanto las características orográficas, como las climáticas y agrícolas del sur y oeste de Gran Canaria, determinaron su aislamiento socioeconómico hasta bien entrado el siglo XX. En San Bartolomé de Tirajana las grandes fases de expansión demográfica son recientes, y discurren paralelas a las etapas de desarrollo económico. Tal y como se observa en la figura 25, a partir de la década de 1970 es cuando se produce el mayor crecimiento demográfico debido, por una parte, a la agricultura pero, sobre todo, a las actividades turísticas iniciadas en la década precedente.

Figura 25. Evolución de la población de derecho en San Bartolomé de Tirajana (1900-2006)



Fuente: ISTAC

Con respecto al crecimiento urbano de Maspalomas, éste no ha sido fruto del azar, sino que es el resultado de una sucesión de proyectos y planes urbanísticos (figura 26) iniciados en 1961, con el concurso de ideas que promueve la empresa Maspalomas Costa Canaria para desarrollar el turismo en el sur de Gran Canaria.

Figura 26. Fases de desarrollo urbano de Maspalomas según la aprobación de los planes urbanísticos entre 1962 y 2000



Fuente: Hernández, J.A. y Parreño, J.M. (Coords.) (2001)

Ahora bien, entre lo planificado y lo ejecutado posteriormente hay notables diferencias: es evidente que los criterios ambientales no fueron precisamente los que guiaron -en la práctica- las diferentes actuaciones que se fueron sucediendo. El resultado final es que las edificaciones han cercado literalmente el ecosistema dunar, modificando, por una parte, la desembocadura natural del barranco de Maspalomas y, por otra, interrumpiendo la entrada natural de las arenas hacia el campo de dunas, al crear en la terraza del Inglés una pantalla de edificaciones perpendicular al flujo del viento dominante. Sólo la protección del espacio, catalogado actualmente como Reserva Natural Especial, ha permitido minimizar los efectos ambientales negativos del modelo de desarrollo turístico adoptado.

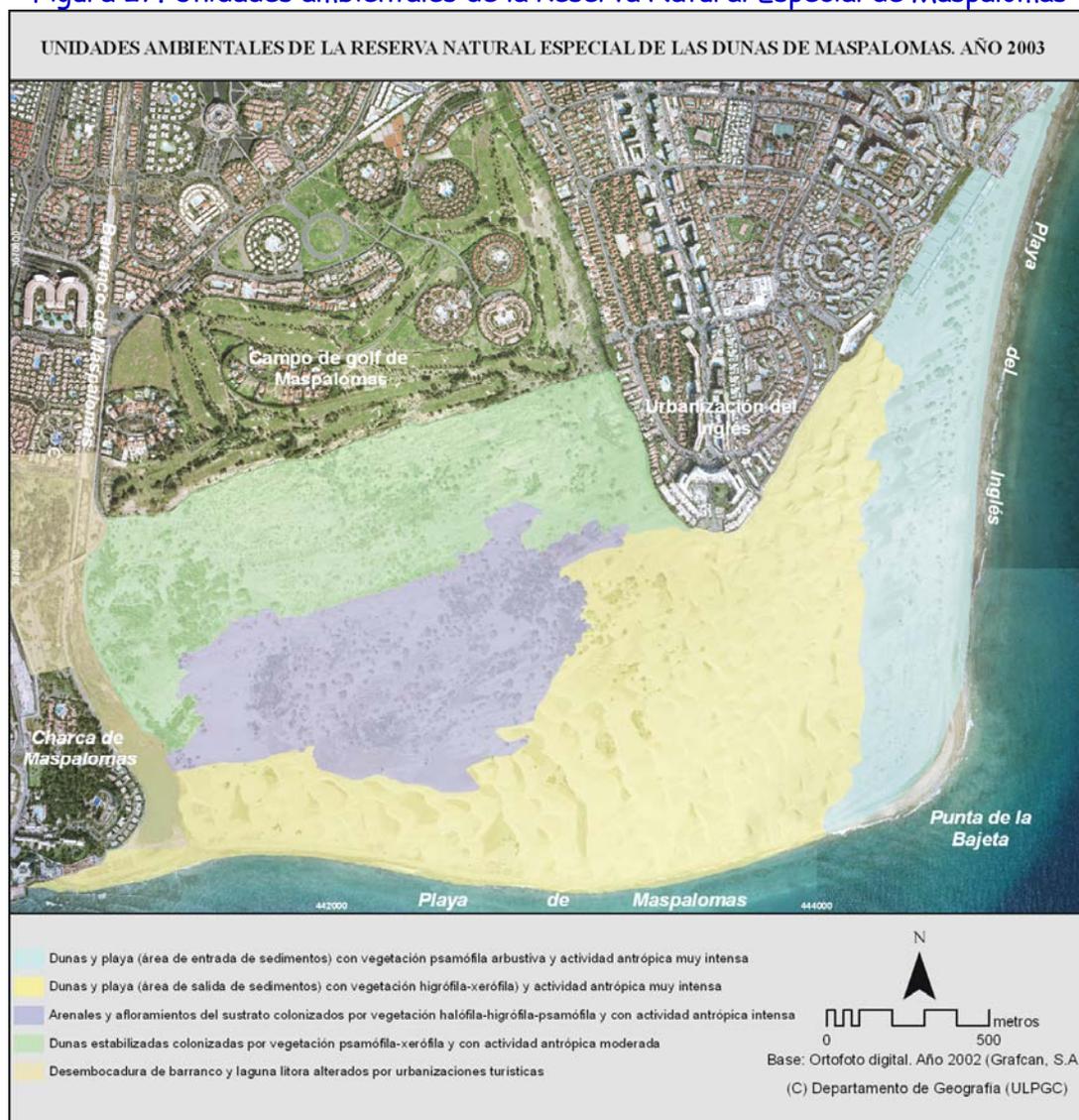
3.2. UNIDADES AMBIENTALES

Las interacciones entre los diferentes factores ecoantropicos se expresan espacialmente en unidades ambientales. En una escala detallada se han delimitado 62 unidades, que han sido caracterizadas a partir de una ficha de inventario y cartografiadas a E 1:10.000. El

número de unidades descripto pone de manifiesto una característica singular de Maspalomas: pocos campos de dunas presentan una diversidad tan alta en apenas 4 km². Estas 62 unidades se han agrupado en otras 5 de rango superior (figura 27), que sintetizan la organización y funcionamiento general de este espacio. Son las siguientes:

- Dunas y playa (área de entrada de sedimentos) con vegetación psamófila arbustiva y actividad antrópica muy intensa
- Dunas y playa (área de salida de sedimentos) con vegetación higrófila-xerófila y actividad antrópica muy intensa
- Arenales y afloramientos del sustrato colonizados por vegetación halófila-higrófila-psamófila y con actividad antrópica intensa.
- Dunas estabilizadas colonizadas por vegetación psamófila-xerófila y con actividad antrópica moderada.
- Desembocadura de barranco y laguna litoral alterados por urbanizaciones turísticas.

Figura 27. Unidades ambientales de la Reserva Natural Especial de Maspalomas



4. CONSECUENCIAS AMBIENTALES DE LOS CAMBIOS RECIENTES (1960-2006): EL DIAGNÓSTICO DE LA PROBLEMÁTICA AMBIENTAL

Las principales transformaciones de este ecosistema se inician a principios de la década de los sesenta del pasado siglo y se prolongan hasta la actualidad, coincidiendo con el desarrollo turístico que se produce en su entorno. Durante este período los aportes sedimentarios experimentan un déficit progresivo, que afecta prácticamente a todo el campo de dunas.

Al mismo tiempo, la edificación de la terraza del Inglés (figura 28) es, sin duda, uno de los cambios más significativos que se produce en este espacio, pues origina variaciones importantes en la dinámica sedimentaria eólica. A ello se suma la sustancial modificación que experimenta el entorno de la desembocadura del barranco de Maspalomas, en especial la laguna litoral y el palmeral; así como su área próxima, donde se instala un campo de golf y una amplia urbanización (Campo Internacional). Ya en el último decenio, tras la urbanización de Meloneras, el sistema de dunas queda definitivamente cerrado por edificaciones (figura 29).

Por otro lado, también se ha producido la ocupación de las playas por distintos equipamientos (kioscos, hamacas y sombrillas) destinados a satisfacer las necesidades de los turistas. A su vez, el tránsito y la permanencia de visitantes en el interior del campo de dunas inciden, aunque a otra escala, en la transformación de los sistemas naturales de la Reserva.

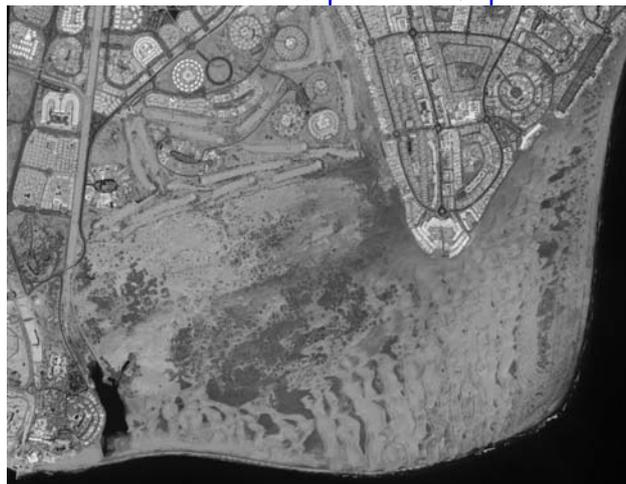
Para analizar estos cambios, y sus consecuencias ambientales, se ha recurrido a la interpretación de imágenes aéreas comprendidas entre la segunda mitad del siglo pasado y la actualidad. Para ello se han empleado diferentes tecnologías de información geográfica y diversas técnicas de trabajo de campo. A continuación se sintetizan los principales problemas ambientales detectados.

Figura 28. Edificaciones turísticas en la terraza del Inglés



Fuente: ELMASA

Figura 29. Urbanizaciones turísticas en el entorno de la Reserva Natural Especial de Maspalomas



Fuente: Imagen del satélite Ikonos (2000)

4.1. EL DÉFICIT SEDIMENTARIO

A. Reducción del volumen de arena en el sistema de dunas

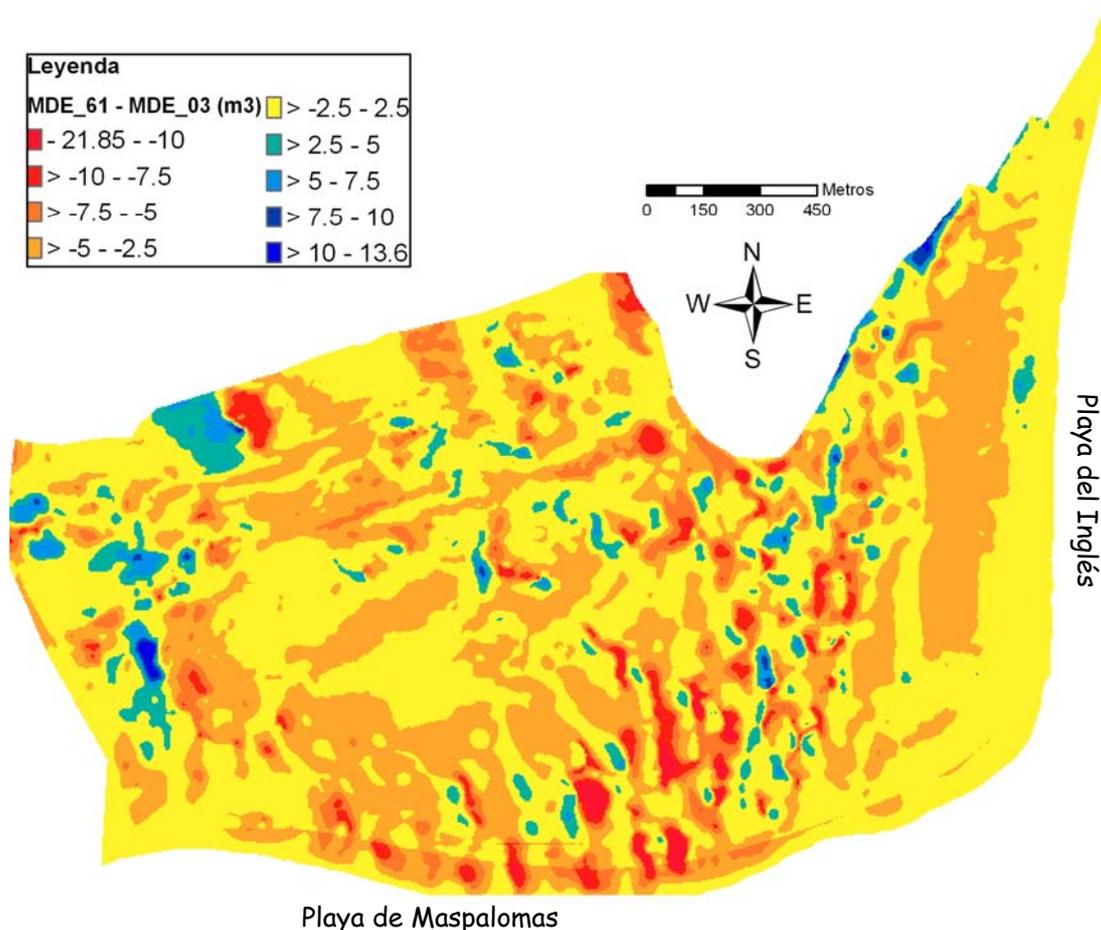
Para conocer cómo ha variado el volumen de arena, en el intervalo temporal considerado, se han elaborado tres modelos digitales de elevaciones del terreno (MDE), que se corresponden con los siguientes años: 1961, 1987 y 2003. El primero de ellos se considera únicamente indicativo, pues se ha realizado a

partir de la interpolación de las curvas de nivel y puntos altimétricos de la cartografía del Cabildo de Gran Canaria, previamente digitalizados, tras la realización de ajustes geométricos. No obstante, la observación de las geformas presentes en aquella época permite afirmar que el modelo generado estima a la baja los volúmenes de arena. Los otros dos modelos han sido realizados, mediante la restitución digital asistida de dos vuelos fotogramétricos, por estereocorrelación semiautomática supervisada y restitución clásica 3D (líneas de contorno, cotas altimétricas y líneas de estructura).

Al comparar los resultados de los tres modelos elaborados se constata una reducción progresiva de sedimentos en Maspalomas, pues la altura

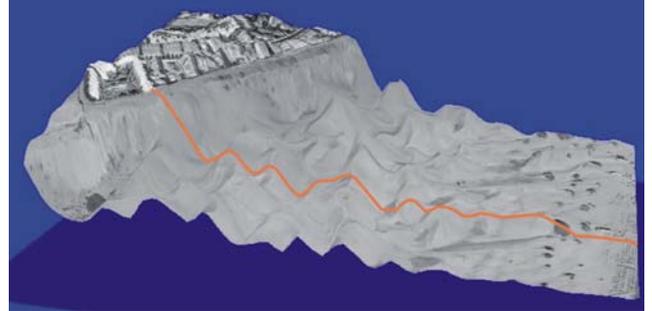
media del campo de dunas era de 6,8 m en 1961, de 5,13 m en 1987, y de 4,95 m en 2003. Considerando los valores extremos, se observa una reducción media de $1,87 \text{ m}^3/\text{m}^2$. Esta tasa rectifica al alza los $4.000.000 \text{ m}^3$ calculados, con métodos menos precisos, para el período 1960-2000; pues ahora, tras aplicar la nueva metodología, la pérdida de sedimentos en el sistema de dunas se sitúa en $7.480.000 \text{ m}^3$. En la figura 30 se muestran las diferencias entre los volúmenes de arena de 1961 y 2003: las tonalidades azules indican las áreas donde éstos se han incrementado, mientras que las rojizas muestran las zonas en las que se ha reducido. En este sentido, es especialmente notable la desaparición de algunas dunas móviles que, en 1961, alcanzaban alturas superiores a los 20 m.

Figura 30. Diferencias de los volúmenes de arena (m^3) entre los MDE de 1961 y 2003



Este déficit sedimentario afecta a todo el campo de dunas, si bien es muy significativo en la playa del Inglés, pues se trata del área por la que acceden los sedimentos al campo de dunas. Como ejemplo, se ha trazado el mismo perfil altitudinal (figura 31), desde la urbanización del Inglés hasta la playa, para los documentos relativos a 1987 (figura 32) y 2003 (figura 33). Al compararlos se observa la notable disminución de la altura de las dunas, sobre todo en el sector intermedio, entre las primeras acumulaciones de arena, apoyadas en los ejemplares de *Traganum moquinii* (balancones), y el pie de la terraza.

Figura 31. Sector norte de la playa del Inglés, donde se indica la localización de los perfiles de las figuras 32 y 33



B. Indicadores del déficit sedimentario en la playa del Inglés

Figura 32. Altura de las dunas en el perfil de 1987

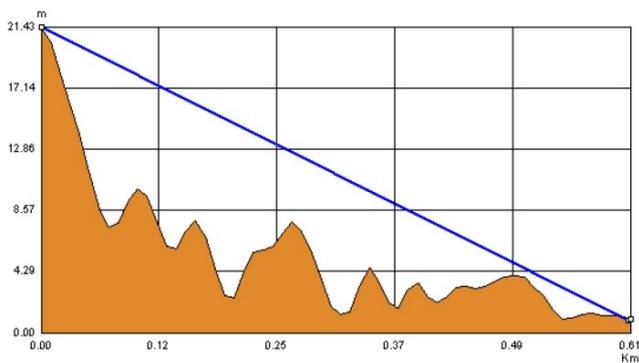
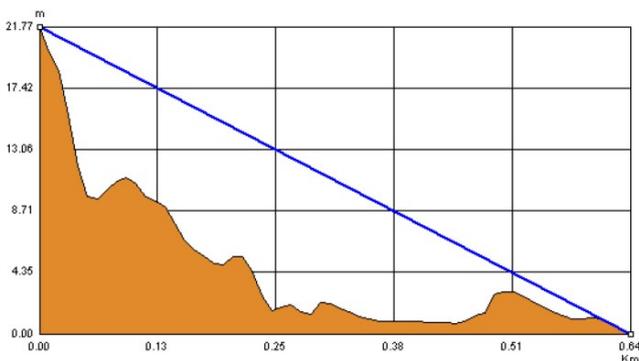


Figura 33. Altura de las dunas en el perfil de 2003

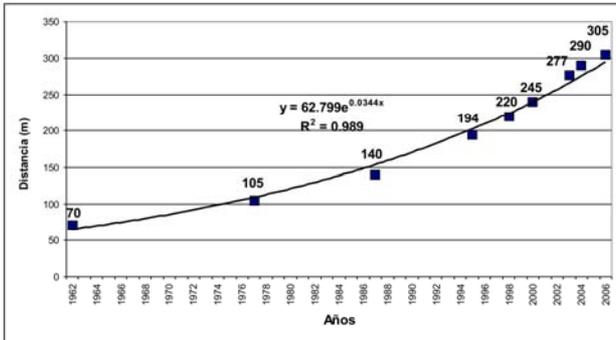


B.1. Retroceso del cordón de acumulación

Otra evidencia del déficit sedimentario es el retroceso que experimenta el cordón de acumulación de arena al sur de la playa del Inglés. Esta geoforma constituye el área donde los sedimentos, procedentes de la playa alta, se acumulan. Ahí se forman dunas barjanas y láminas de arena que, progresivamente, van originando un cordón barjanoide. Éste, siguiendo la dirección de los vientos efectivos, avanza alimentando el campo de dunas.

Desde los años sesenta del S.XX este cordón de acumulación ha experimentado importantes variaciones morfológicas pero, sobre todo, resultan muy significativas las cifras que se obtienen midiendo la distancia a la que se sitúa de la playa alta (figura 34). Este dato ha permitido constatar que la distancia aumenta de forma exponencial en los últimos 10 años, lo que corrobora el déficit sedimentario que el sistema experimenta en la actualidad.

Figura 34. Evolución de la distancia del cordón de acumulación con respecto a la playa alta del Inglés



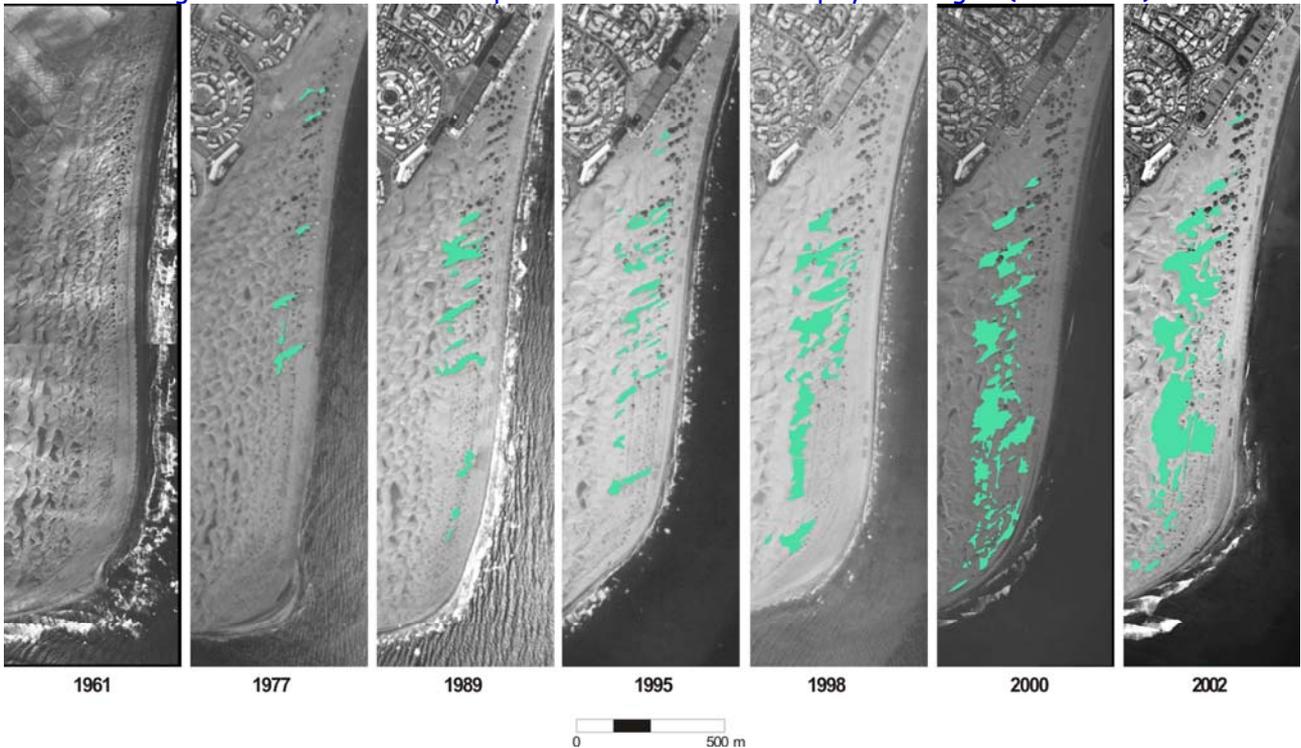
B.2. Aumento de las superficies de deflación a lo largo del tiempo

El espacio situado entre la playa alta y el primer cordón de acumulación está ocupado, actualmente, por superficies con arenas humedecidas por capilaridad y antiguas barras de cantos y gravas redondeados, indicadoras de antiguas líneas de costa. Estas superficies, que hemos definido como "de deflación", también se

observan en el sector norte de la playa alta del Inglés, justamente detrás de las poblaciones de *Traganum moquinii*. El análisis de su evolución (figura 35) desvela que, si bien se iniciaron a partir de algunos pasillos de deflación generados a sotavento de antiguos kioscos de playa, su extensión se ha ampliado exponencialmente en los últimos años: mientras que en 1961 era imposible localizar estas geoformas, en 2002 ya ocupaban, en esta playa alta, 95.931 m².

Estacionalmente, cuando se producen entradas generalizadas de sedimentos al sistema, estas superficies quedan cubiertas por dunas barjanas y láminas de arena, que progresan desde la playa del Inglés, con alturas inferiores a dos metros. Sin embargo, estos aportes no son suficientes para invertir la tendencia observada, lo que corrobora, de nuevo, el déficit de sedimentos en esta zona.

Figura 35. Evolución de las superficies de deflación en la playa del Inglés (1961-2002)



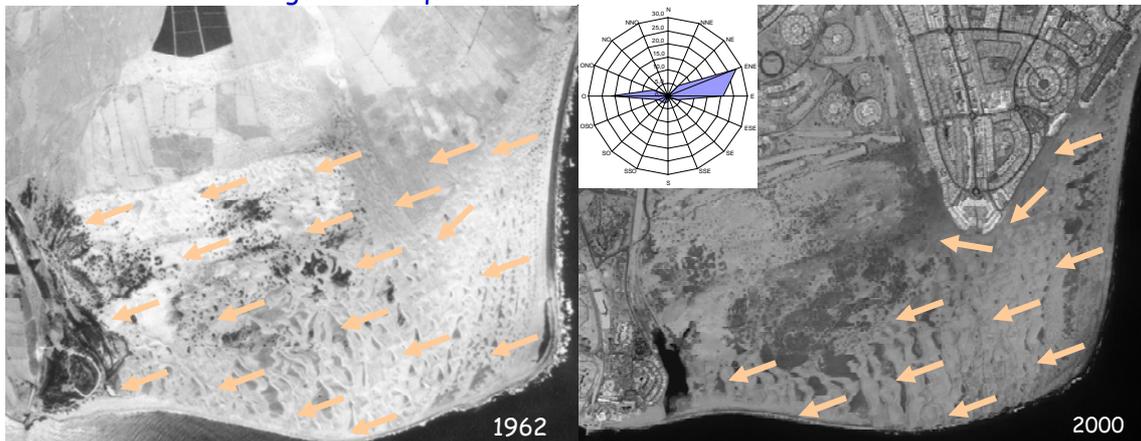
4.2. EL IMPACTO DE LA URBANIZACIÓN DEL INGLÉS

A. Consecuencias de la edificación de la terraza del Inglés

La creación de una pantalla de edificios en la terraza del Inglés ha tenido una consecuencia directa: alterar la circulación de los vientos efectivos (figura 36) y, con ello, bloquear el transporte de los sedimentos por la parte culminante de la terraza. Al mismo tiempo, se ha

reforzado el carácter de obstáculo de la terraza, por lo que las arenas ahora se redirigen parcialmente hacia el sur, adaptando su recorrido al talud oriental de la terraza. La transformación inducida afecta también a las geoformas, pues la mayor retención de arenas al pie de ese talud origina la formación de dunas eco, al tiempo que en el vértice sur de la terraza se generan dunas de vórtice, de escaso recorrido, que adquieren progresivamente una disposición transversal a la dirección SE-NO.

Figura 36. Esquema de la dinámica sedimentaria eólica



Fuentes: Ayuntamiento de San Bartolomé de Tirajana (1962) e imagen Ikonos (2000)

B. Estabilización de los sedimentos y colonización vegetal

Dada la imposibilidad de las arenas para remontar la parte superior la terraza, se ha bloqueado el transporte de los sedimentos hacia el interior del campo de dunas. De hecho, toda el área situada a sotavento de la urbanización se ha convertido en una zona de sombra eólica. Por ello, las geoformas dunares tienden a estabilizarse, lo que da oportunidad a la vegetación para extenderse. Por ello, algunas especies de porte herbáceo, como *Ononis serrata*, y otras de mayor porte, como *Launaea arborescens* o *Tamarix canariensis*, experimentan un amplio

desarrollo, proceso que incide aún más en la estabilización de los sedimentos (figura 37).

Figura 37. Estabilización de los sedimentos y colonización vegetal en el interior del campo de dunas

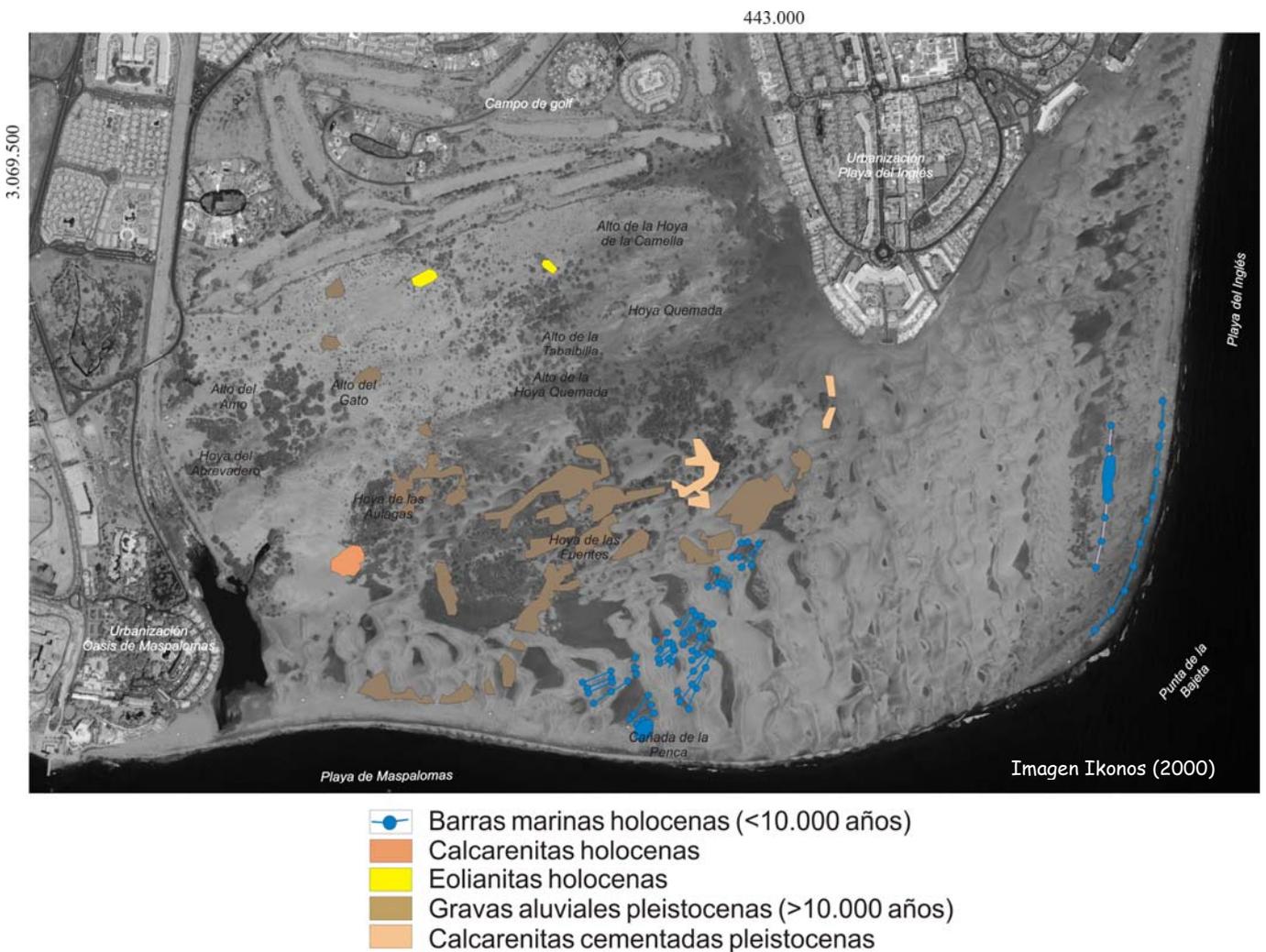


C. Exhumación del sustrato y cambios en la vegetación

En la zona de transición, situada entre el sector a sotavento de la terraza del Inglés y el área de dunas móviles que se desplazan hacia la playa de Maspalomas, también se ha reducido el volumen

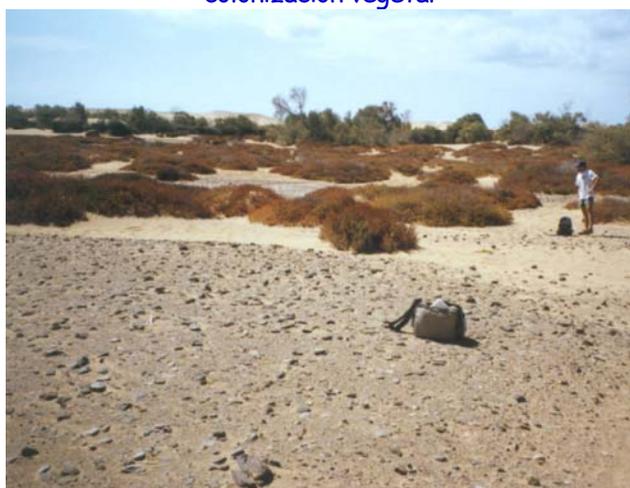
de arena en tránsito. Muchas dunas se han estabilizado, tras ser colonizadas por ejemplares de *Tamarix canariensis*. En paralelo, alrededor de estas dunas vegetadas se ha producido la exhumación del sustrato (figura 38), que hasta tiempos recientes permanecía oculto bajo las arenas.

Figura 38. Depósitos de materiales sedimentarios exhumados en el campo de dunas



Este hecho ha generado, a su vez, cambios en los procesos de colonización vegetal. Por ejemplo, algunas especies, como *Suaeda mollis*, experimentan una notable expansión, por su mejor capacidad de adaptación a este nuevo hábitat (figura 39).

Figura 39. Deflación, exhumación del sustrato y colonización vegetal



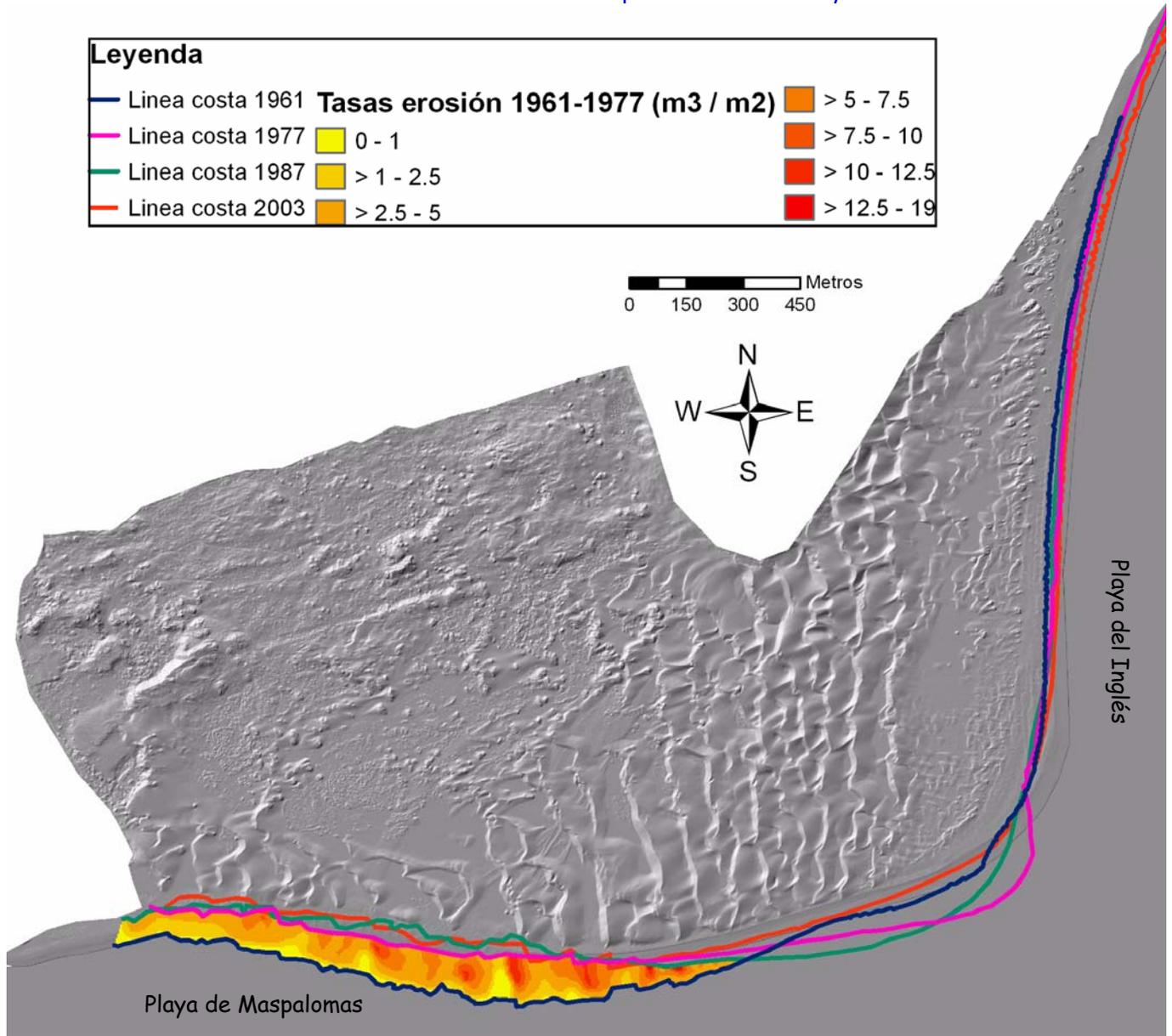
D. La erosión de la playa de Maspalomas

El entorno de esta playa, que constituye el área de salida de los sedimentos al mar, también experimenta una importante transformación durante el período analizado. El déficit sedimentario, que afecta a todo el sistema, junto con el bloqueo producido por la urbanización de la terraza del Inglés, determinan que lleguen menos sedimentos a esta playa. Este déficit se constata en un hecho muy significativo: la erosión del sistema playa-duna en el sector medio de la playa.

La línea de costa ha sufrido notables variaciones durante los últimos decenios (figura 40), siendo menos significativas las que se han identificado en la playa del Inglés y en la punta de la Bajeta, pues obedecen a la dinámica estacional de los procesos de erosión y progradación de las playas. Sin embargo, no ocurre lo mismo con la playa de Maspalomas. El seguimiento plurianual realizado, considerando la línea que separa el sistema de dunas de la playa, ha permitido identificar un proceso erosivo que tuvo su máxima expresión entre 1961 y 1977. En ese intervalo temporal el campo de dunas se redujo, en el sector medio de la playa de Maspalomas, en una superficie de 142.710 m². Aunque algunas dunas alcanzaban cotas superiores a los 18 m, la altura media de la superficie erosionada era de 4,59 m, por lo que se estima que el volumen de sedimentos que se perdieron ascienden a 656.353,71 m³.

En ese mismo sector de la playa de Maspalomas, entre 1977 y 1987 se perdieron, por erosión marina, 17.516 m² del campo de dunas. Este proceso alcanza, en ese momento, el frente de los depósitos aluviales del basamento del sistema, más resistentes a la erosión. Por ello, desde finales de los años ochenta, y hasta la actualidad, la línea de costa en este sector ha permanecido relativamente estable. Sin embargo, las dunas litorales contiguas han continuado reduciendo sus volúmenes, lo que explica que en temporales recientes, desaparecida la protección de las dunas, el agua del mar consiga penetrar con mayor frecuencia en el interior del campo de dunas.

Figura 40. Evolución de la línea de costa (contacto playa-duna) y volumen de arena erosionado en el litoral de Maspalomas entre 1961 y 1977



4.3. TRANSFORMACIONES ECOLÓGICAS INDUCIDAS POR LOS USUARIOS

El desarrollo de actividades humanas en el interior, y en la periferia del sistema de dunas, tiene una incidencia negativa para el medio natural, y es consecuencia directa del desarrollo turístico. Estos efectos negativos no sólo se

derivan de la proliferación de edificaciones, sino que también están relacionados con la concentración de usuarios y equipamientos en determinados sectores.

Entre los problemas detectados destacan los siguientes:

- La ubicación de equipamientos (kioscos, hamacas y sombrillas) en la playa alta, que interceptan los sedimentos y generan formas de deflación y acumulación, como pasillos de sombra eólica.

- La construcción, por parte de los usuarios de la playa, de estructuras amuralladas de cantos (goros) para protegerse del viento y que, al igual que en el caso anterior, produce alteraciones en la dinámica de los sedimentos, especialmente al sur de la playa del Inglés, lugar vulnerable pues por él acceden sedimentos al campo de dunas (figura 41). Además los goros se realizan con cantos fonolíticos que forman parte de las paleobarras (antiguos niveles marinos), de tal forma que deterioran estas estructuras con valor científico.

Figura 41. Goros en la playa alta del Inglés



- Las actividades que realizan los usuarios en el interior del campo de dunas, y que inciden fundamentalmente en la alteración de la flora y de la fauna, suponen acciones como la micción reiterada sobre las plantas (figura 42), llegando en algunos casos a provocar la muerte de ejemplares, la tala de especies protegidas o el abandono de basuras.

Figura 42. Micción sobre un ejemplar de *Traganum moquinii* en la playa de Maspalomas



También hay que señalar, por su importancia ecológica, el traslado de semillas de especies invasoras, como las de *Neurada procumbens*. Esta planta foránea cuenta con un amplio sistema radicular, y está adaptada para desarrollarse en este ámbito, por lo que su expansión contribuye, aún más, a la estabilización de los sedimentos (figura 43). Asimismo existen indicios de que esta especie está desplazando a otras propias del área como, por ejemplo, *Ononis serrata* y *Cyperus capitatus*.

Figura 43. Dispersión de semillas de *Neurada procumbens* por el calzado



Entre el conjunto de las alteraciones que las actividades turísticas han producido en la vegetación, resulta especialmente significativo lo que ha sucedido con las poblaciones de balancones (*Traganum moquinii*), pues se trata de una de las comunidades que ha experimentado un mayor retroceso entre 1961 y la actualidad.

El balancón es un arbusto que ejerce un papel ecológico fundamental, ya que contribuye a la formación de las dunas embrionarias. Asimismo protege el litoral de la erosión marina (figura 44).

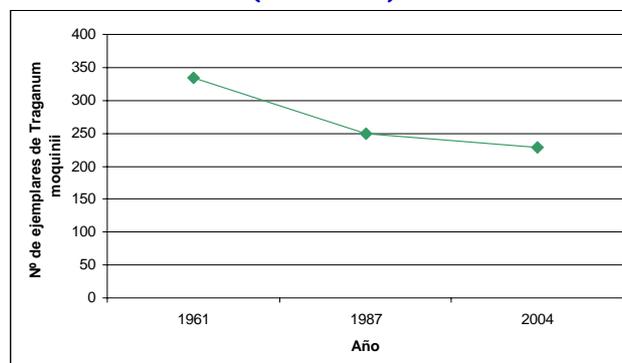
Figura 44. Balancón (*Traganum moquinii*)



A su importancia ecológica añade su singularidad, pues se trata de una especie con un área de distribución muy limitada. Solamente se localiza en Canarias, Cabo Verde y noroeste de África (desde el sur de Marruecos hasta Mauritania), y su hábitat está restringido a los campos de dunas costeros.

El análisis realizado sobre la evolución de estas poblaciones (figura 45) muestra que, entre 1961 y 2004, el número de individuos se ha reducido en un 31,9%. Este decremento es más acusado entre 1961 y 1987, alcanzándose valores cercanos al 30%, mientras que entre 1987 y 2004 es tan sólo del 8,4%.

Figura 45. Evolución de las poblaciones de balancón (1961-2004)



Una de las posibles explicaciones de este descenso poblacional podría estar vinculada a la construcción de los goros (figura 46). Estas estructuras, además de influir en la dinámica eólica, parecen incidir también de forma negativa en el desarrollo de los balancones.

Figura 46. Construcción de un goro sobre un balancón



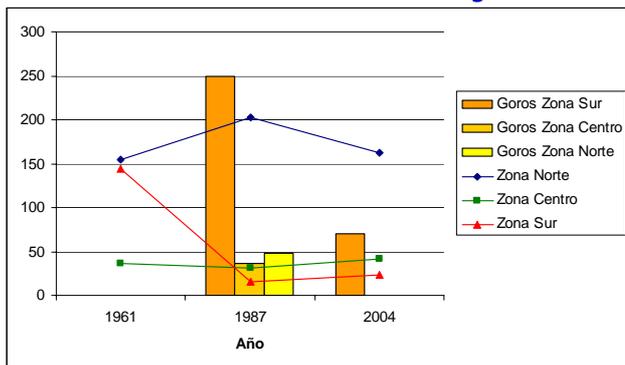
Esta relación ha sido analizada en tres sectores de la playa del Inglés (figuras 47, 48 y 49), observándose que el descenso de las poblaciones de *Traganum moquinii* no se produce de la misma forma en todo el litoral: es mucho más acusado en el sector sur de la playa, donde los ejemplares se reducen en un 88,8 % entre 1961 y 1987.

Figura 47. Cartografía de la evolución de las poblaciones de balancón (1961-2004)



Fuente: Geocart, S.A. (1961), Grafcan S.A. (1987) y Aurensis (2004).

Figura 48. Evolución de las poblaciones de balancones en relación con la existencia de goros



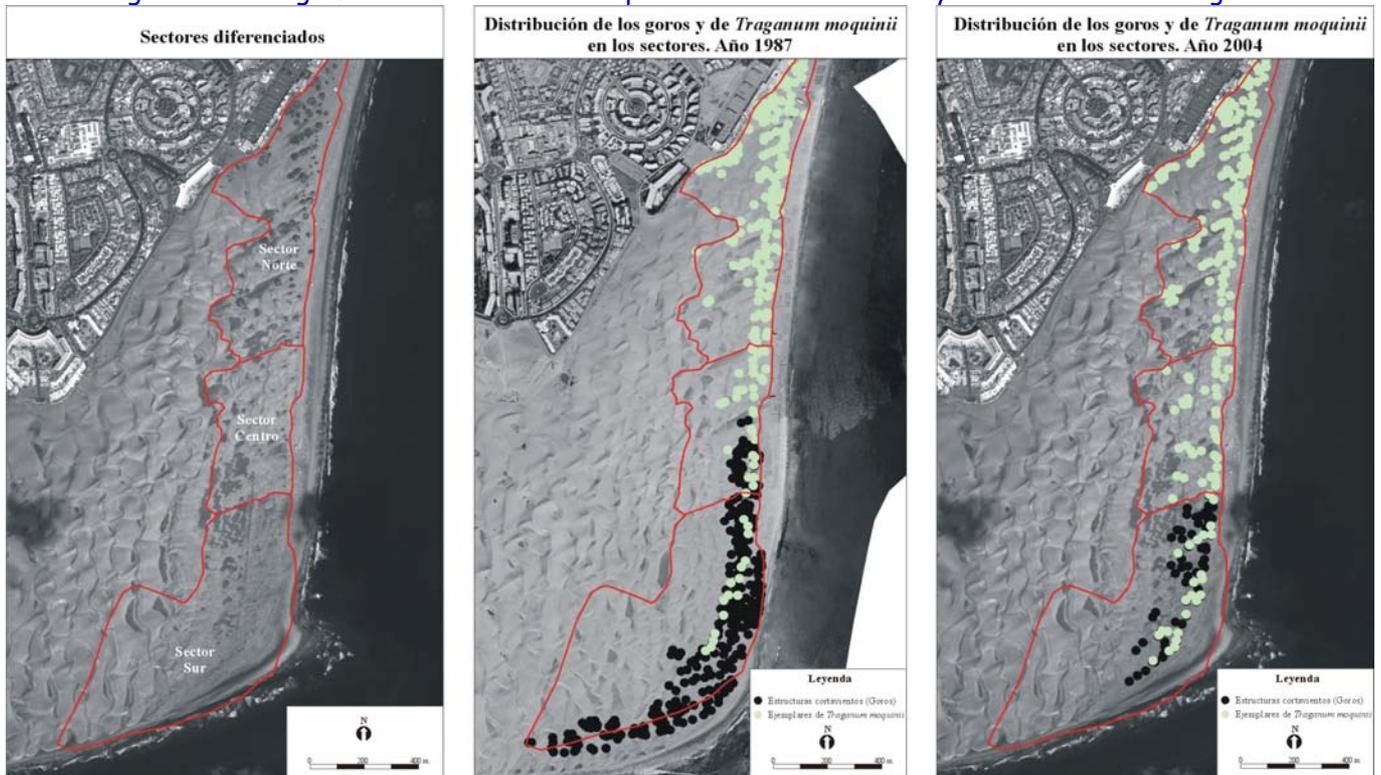
Por su parte, en el sector central de la playa el descenso es más atenuado, mientras que en el norte la población presenta una tendencia positiva entre 1961 y 1987. Este incremento puede estar vinculado a dos factores: el descenso del volumen de arena, y el aumento de

los aportes hídricos vinculados a las instalaciones turísticas.

Entre 1987 y 2004 en el sector norte el número de balancones desciende. Por el contrario, en los sectores sur y centro se incrementan, lo cual coincide con el descenso del número de goros.

Al impacto directo de la construcción de los goros sobre los balancones, se suma el tránsito indiscriminado de personas que, a su vez, ocasiona el pisoteo de las plántulas de balancón y reduce las posibilidades de colonización de esta especie. Junto a las causas indicadas, pueden existir otras que estén afectando al desarrollo de las poblaciones de balancón, cuestión que está actualmente en estudio.

Figura 49. Cartografía de la evolución de las poblaciones de balancones y de la construcción de goros



Fuente: Aurensis (2004) y Grafcan S.A. (1987).

5. CONCLUSIONES

Se ha confirmado que el campo de dunas de Maspalomas experimenta un déficit sedimentario progresivo, y que sus playas muestran una baja capacidad para recuperarse de la erosión. Asimismo, las transformaciones inducidas por el turismo han supuesto una alteración sustancial del funcionamiento ecológico, por lo que la supervivencia de este ecosistema requiere la adopción de medidas urgentes de gestión que garanticen su pervivencia.

El diagnóstico ambiental pone de manifiesto que el sistema de dunas de Maspalomas es muy frágil y se encuentra en crisis. Su problemática ambiental está directamente relacionada con el uso turístico que ha soportado en las últimas décadas, y se manifiesta de forma diferenciada en cada sector:

- En la playa del Inglés ha disminuido la altura de las dunas, las geoformas activas se han transformado en áreas de inactividad (superficies de deflación y exhumación del sustrato) por déficit sedimentario progresivo, las poblaciones de balancones se han reducido, y se identifican interferencias en la dinámica sedimentaria eólica por actividades y equipamientos turísticos.

- Hacia el interior del campo de dunas se ha bloqueado la entrada de sedimentos, por el "efecto pantalla" de las edificaciones turísticas de la terraza del Inglés. Ello ha favorecido la colonización vegetal, lo que redundará a su vez en una mayor estabilización de los sedimentos. También se identifican alteraciones ecológicas producidas por el tránsito y permanencia de los turistas en esta zona.

- En el área de transición, entre el interior de las dunas y la playa de Maspalomas, también se constata un déficit sedimentario generalizado, la progresión de la superficie donde aflora el sustrato subyacente o arenas humedecidas, y la aparición de nuevos procesos de colonización vegetal. De igual forma, el tránsito y permanencia de usuarios en esta zona producen alteraciones ecológicas significativas.

- En el área de las dunas móviles, éstas han reducido su altura por el déficit sedimentario. Por su parte, el sector central de la playa de Maspalomas se ha erosionado, y las dunas litorales contiguas han reducido sus volúmenes de forma notable, por lo que resulta muy vulnerable ante los temporales.

En conclusión, los indicios de los que partió esta investigación se han transformado en evidencias, que demuestran cómo el modelo de desarrollo turístico adoptado en Maspalomas compromete seriamente su funcionamiento natural. Los sistemas dunares son, por principio, dinámicos: no basta con proteger los componentes "visibles" del ecosistema, es necesario garantizar que no se altere el circuito de entrada y salida de arenas, tanto en la parte emergida como en la sumergida.

Las medidas de gestión deberían articularse en torno a los siguientes ejes:

- La paralización cautelar de todas aquellas nuevas intervenciones que, en el área emergida o sumergida, puedan alterar la entrada de sedimentos y su redistribución por el campo de dunas.

- El control de la permanencia y del tránsito indiscriminado de turistas por las áreas con mayor problemática ambiental.

- La elaboración y gestión de un plan de conservación de las poblaciones de balancones, pues éstas ejercen un papel fundamental: proteger de la erosión marina y favorecer la formación de dunas embrionarias.

- La ejecución de campañas de sensibilización para implicar a todos los sectores involucrados en el uso sostenible de este espacio.

- La definición de un protocolo de seguimiento periódico para evaluar la progresión del déficit sedimentario y de la erosión de las playas que, en su caso, sirva para alertar sobre la necesidad de adoptar las medidas oportunas.

- La realización de estudios científicos para conocer la dinámica marina en la zona, y cómo se producen actualmente los aportes de sedimentos desde el mar.

AGRADECIMIENTOS

Esta investigación ha sido posible gracias al proyecto I+D+I (REN2003 - 05947/GLO), financiado a través de fondos FEDER y del Ministerio de Educación y Ciencia, cuyas aportaciones reconocemos. También deseamos agradecer el apoyo logístico proporcionado por el Ayuntamiento de San Bartolomé de Tirajana y, en especial, por el personal del Centro de Interpretación Dunas de Maspalomas. Asimismo agradecemos a la asociación de empresarios GETASA el apoyo e interés mostrado en este proyecto; así como a los empresarios de los quioscos de la playa, y a la dirección del Hotel Riu Palace Maspalomas, por las facilidades prestadas para la instalación de instrumental en sus dependencias, y al Observatorio Dunas de Maspalomas.

BIBLIOGRAFÍA GENERADA POR EL PROYECTO

Díaz, G. y Hernández Calvento, L. (2004): Análisis de la evolución de las áreas de deflación eólica en la Playa del Inglés (Gran Canaria, Islas Canarias) mediante técnicas de fotointerpretación y teledetección (1960-2002). En: Conesa, C.; Álvarez, Y. y Martínez, J.B. (Eds.): *Medio Ambiente, recursos y riesgos naturales. Análisis mediante tecnología SIG y teledetección*. Universidad de Murcia, Murcia, 177-187 pp.

Hernández Calvento, L. (2005): Costa sur: Maspalomas. En: Hernández-Calvento, L.; Alonso, I.; Mangas, J. y Yanes, A. (Eds.), *Tendencias actuales en Geomorfología Litoral*. Universidad de Las Palmas de Gran Canaria, Las Palmas de Gran Canaria. 149-153 pp.

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

Hernández Calvento, L., Ojeda, J., Sánchez, N. y Máyer, P. (2007): Aproximación al análisis del desplazamiento de las dunas de Maspalomas (Gran Canaria, Islas Canarias). En: Gómez-Pujol, Ll. y Fornós, J. (Eds.), *Investigaciones recientes en Geomorfología Litoral*. Universidad de Les Illes Balears, Palma de Mallorca. 107-111 pp.

Hernández Calvento, L., Ruiz, P., Pérez-Chacón, E., Suárez, C., Ruiz, P. y Romero, L. (2003): Alteraciones de la vegetación inducidas por la actividad humana en la Reserva Natural Especial de las Dunas de Maspalomas (Gran Canaria, Islas Canarias). En: Arozena, M., Beltrán, E. y Dorta, P. (Eds.), *La Biogeografía: ciencia geográfica y ciencia biológica*. Universidad de La Laguna, La Laguna (S/C de Tenerife). 265-275 pp.

Hernández Calvento, L., Ruiz, P., Pérez-Chacón, E., Alonso, I., Alcántara, J. y Suárez, C. (2005): Transformaciones ambientales en ecosistemas dunares producidas por el desarrollo turístico: el ejemplo de Maspalomas (Gran Canaria, Islas Canarias). En: Sanjaume, E. y Mateu, J.F. (Eds.), *Geomorfología litoral y Cuaternari*. Universitat de Valencia, Valencia. 203-214 pp.

Hernández Cordero, A.; Hernández Calvento, L.; Pérez-Chacón, E.; Máyer, P.; Romero, L.; Alonso, I.; Sánchez, I.; Martín, M.; Medina, S. y Miranda, y. (2006): Seguimiento de la dinámica de dunas litorales en la playa de Maspalomas (Gran Canaria, Islas Canarias, España). *IX Reunión Nacional de Geomorfología*. Santiago de Compostela. Santiago de Compostela.

Hernández Cordero, A.; Pérez-Chacón, E. y Hernández Calvento, L. (2006): Evolución de las poblaciones de *Traganum moquini* en el campo de dunas de Maspalomas (Gran Canaria, Islas Canarias, España): una aproximación mediante Sistemas de Información Geográfica. *IV Congreso Español de Biogeografía*. Ávila.

Hernández Cordero, A.; Pérez-Chacón, E. and Hernández Calvento, 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*, SI 48: 69-76.

Mangas, J.; Hernández Calvento, L.; Pérez-Chacón, E.; Menéndez, I.; Gauraz, A.L. y Hernández-Cordero, A. (2007): The outcrop of the underlying substratum of the Maspalomas dune field (Gran Canaria, Canary Islands): a sign of a sedimentary deficit. *International Symposium of Marine Sciences (ISMS07)*. Valencia, p. 55.

Máyer, P. y Pérez-Chacón, E. (2005): Actividad turística e inundaciones en el litoral del sur de Gran Canaria: ¿Un riesgo inducido? En: Hernández, L.; Alonso, I.; Mangas, J. y Yanes, A. (Eds.), *Tendencias actuales en Geomorfología Litoral*. Universidad de Las Palmas de Gran Canaria, Las Palmas de Gran Canaria. 81-85 pp.

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

Melián, B.; Hernández Cordero, A.; Menéndez, I.; Mangas, J.; Martín, M. y Sánchez-Pérez, I. (2005): Evolución freática de los espacios interdunares de Maspalomas (Gran Canaria, Islas Canarias): resultados preliminares. En: Hernández, L.; Alonso, I.; Mangas, J. y Yanes, A. (Eds.), *Tendencias actuales en Geomorfología Litoral*. Universidad de Las Palmas de Gran Canaria, Las Palmas de Gran Canaria. 143-147 pp.

Ojeda, J., Vallejo, I. y Hernández Calvento, L. (2007): Utilidades de la tecnología lidar en la caracterización morfométrica del sistema de dunas de Maspalomas. Gran Canaria, islas Canarias. En: Gómez-Pujol, Ll. y Fornós, J. (Eds.), *Investigaciones recientes en Geomorfología Litoral*. Universidad de Les Illes Balears, Palma de Mallorca. 113-117 pp.

Sánchez-Pérez, I.; Alonso, I. y Usera, J. (2004): Estudio y aplicaciones de los foraminíferos en Maspalomas (Gran Canaria-Islas Canarias). *XX Jornadas de la Sociedad Española de Paleontología*. Alcalá de Henares.

Sánchez-Pérez, I.; Alonso, I. and Usera, J. (2005): Determination of the sediment inputs from the upper shelf towards the beaches and dunes of Maspalomas (Gran Canaria) by foraminifera analysis. *Journal of Coastal Research*, SI 49: 46-51.

Sánchez-Pérez, I.; y Alonso, I. (2006): Modelo de transporte en Maspalomas deducido a partir del estudio de foraminíferos, Gran Canaria. *III Jornadas Canarias de Geología*. Las Palmas de Gran Canaria.

Sánchez-Pérez, I.; Usera, J.; Alonso, I.; Menéndez, I.; Cabrera, L. and Mangas, J. (2006): Study of sedimentary dynamics by means of foraminiferal analysis in Gran Canaria (Canary Islands-Spain). *Anuario do Instituto de Geociencias*, 29: 295-297.