

CAPÍTULO VI. DINÁMICA ACTUAL Y EVOLUCIÓN DE LA VEGETACIÓN ENTRE 1961 Y 2003

Este capítulo se divide en dos grandes bloques. Por un lado, se analiza la dinámica actual de la vegetación, especialmente su relación con los procesos sedimentarios eólicos activos. Por otro lado, se estudian los cambios experimentados por la vegetación en el periodo comprendido entre 1961 y 2003, intentando explicar el origen de los mismos. El conocimiento de las claves que rigen las transformaciones de la vegetación es crucial para entender el origen, y las consecuencias de los cambios ecológicos acaecidos en Maspalomas como por el desarrollo turístico.

6.1. Dinámica actual de la vegetación

Una vez que se conocen los factores ecoantrópicos que controlan la distribución de las comunidades vegetales, se analiza la dinámica de algunas de ellas existentes en las zonas activa y en proceso de estabilización en periodos temporales reducidos. Para ello se han empleado técnicas de campo (principalmente seguimiento de especies vegetales, inventarios de vegetación y seguimiento de parcelas de observación) y se ha analizado su evolución a medio plazo mediante la digitalización en pantalla de la superficie ocupada por la vegetación, o la localización de plantas aisladas sobre ortofotos digitales en el entorno de un Sistema de Información Geográfica.

El análisis de la dinámica de la vegetación abarca el estudio de la colonización vegetal, la evolución en relación con la dinámica dunar de diferentes comunidades, la colonización de superficies de deflación en la zona en proceso de estabilización y el estudio de la dinámica mediante la interpretación de los inventarios de vegetación.

6.1.1. Evolución de las plántulas marcadas

En este apartado se explica el seguimiento realizado para conocer el proceso de colonización de plántulas de dos especies vegetales presentes en la zona activa. Por un lado, el arbusto *Traganum moquinii* y, por otro lado, el árbol *Tamarix canariensis*, las cuales, como se ha indicado en capítulos y apartados anteriores, forman comunidades propias como especies dominantes.

6.1.1.1. Seguimiento de plántulas de *Traganum moquinii*

Se ha realizado el seguimiento de trece plántulas de *Traganum moquinii* localizadas en las dunas transgresivas bajas, concretamente en la zona sur de la playa del Inglés. Las características de las mismas se exponen en la tabla 6.1.

Todas las plántulas estudiadas han germinado en depresiones interdunares húmedas formadas a sotavento de la duna costera, donde se produce el contacto entre

las dunas transgresivas bajas y el primer cordón de dunas transgresivas altas. No se ha detectado la germinación de ninguna plántula sobre dunas.

Nombre	Coordenada UTM	Fecha en que fueron encontradas	Altura (cm)
A1	443713/3068398	5-05-2006	4
A2	443699/3068394	12-05-2006	2
A3	443704/3068382	26-05-2006	1
B1	443754/3068543	23-06-2006	2
B2	443754/3068543	23-06-2006	2
B3	443754/3068543	23-06-2006	1
B4	443754/3068543	23-06-2006	1
B5	443754/3068534	23-06-2006	17
C1	443667/3068394	23-06-2006	2,5
C2	443669/3068393	23-06-2006	7
C3	443672/3068392	23-06-2006	18
D1	443675/3068378	23-06-2006	6
D2	443677/3068378	23-06-2006	17

Tabla 6.1. Localización y altura de las plátulas de *Traganum moquinii*.

Conviene recordar que en esta zona se produce el tránsito de sedimentos, en forma de dunas barjanas y láminas de arena, desde la duna costera hacia el interior del sistema. Por la altura que presentan se puede interpretar que todas las plántulas, excepto la B5, la C3 y la D2, germinaron a lo largo del primer año de toma de datos (2006). Entre el 5 de mayo y el 23 de junio de 2006 el número de plántulas se incrementó; en la observación realizada el 14 de julio de 2006 se detectó un descenso en el número de estas plántulas, hecho que no se volvió a observar hasta el 5 de enero 2007. De las trece plántulas estudiadas, se ha podido constatar que al menos ocho desaparecieron por enterramiento, como consecuencia del avance de dunas.

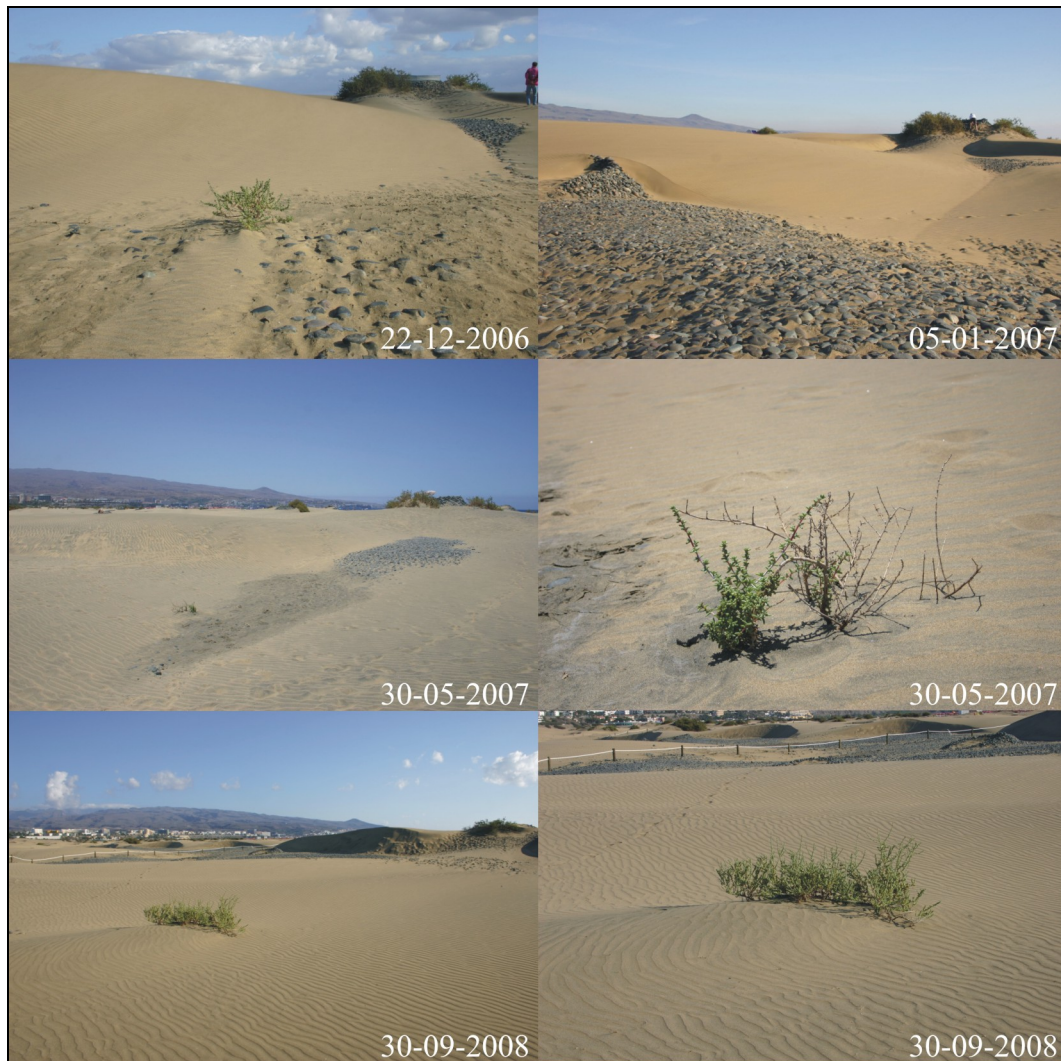


Figura 6.1. Evolución de la plántula B5 y avance de una duna. Detalle de la misma tras su reaparición.

Sin embargo, la plántula B5, que fue dada por desaparecida en la fecha anteriormente citada, se encontró nuevamente el 25 de mayo de 2007 (figura 6.1). Por lo tanto se deduce que esta plántula sobrevivió al enterramiento total ocasionado por el avance de una duna. Si bien presenta un aspecto general bastante deteriorado, debido a que parte de su follaje está totalmente seco (figura 6.1), algunas de sus partes aéreas indican una gran vitalidad. Se desconoce el tiempo exacto que esta plántula permaneció enterrada totalmente, pero se ha podido constatar que esta especie presenta cierta resistencia al enterramiento absoluto. A partir de este momento se ha recuperado de forma satisfactoria e incluso ha empezado a generar una pequeña duna.

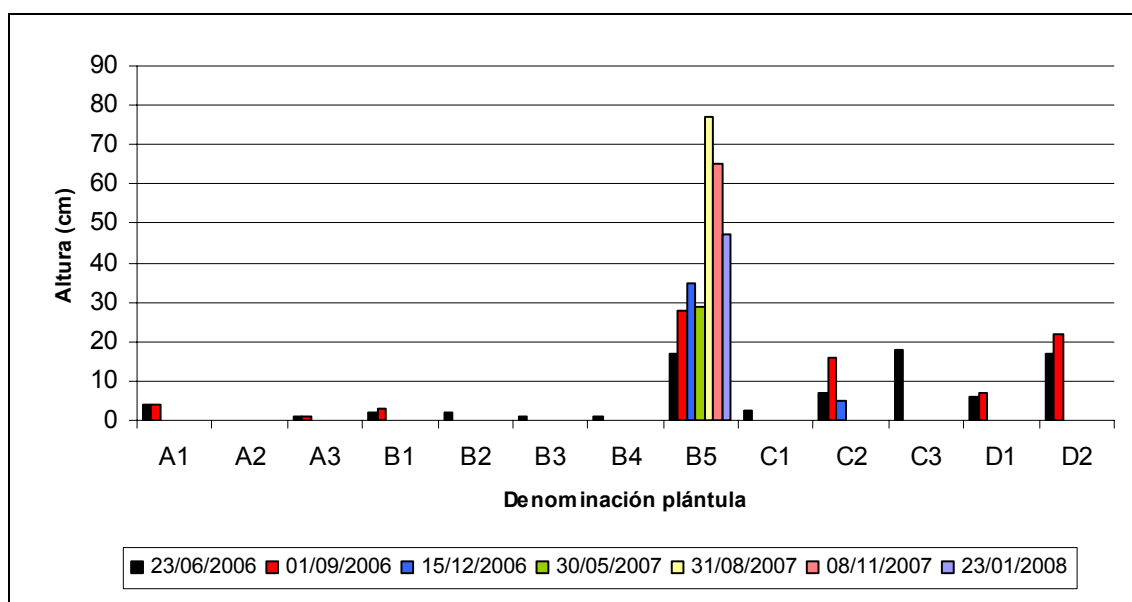


Figura 6.2. Evolución de la altura de las plántulas de *Traganum moquinii* estudiadas.

De las siete plántulas que pudieron ser medidas en la toma de datos siguiente a la inicial (1 de septiembre de 2006), cinco de ellas presentaron un incremento de la altura, mientras que las otras dos permanecieron sin cambios (figura 6.2). Las que registraron un aumento de la altura son la B1, la B5, la C2, la D1 y la D2. En diciembre de 2006 todas estas plantas desaparecieron, excepto la B5 y la C2. La primera continuó creciendo, mientras que la C2 disminuyó de tamaño debido a que fue enterrada parcialmente por la arena. En las fechas siguientes la única plántula existente fue la B5, la cual redujo su altura como consecuencia del avance de una duna, hasta desaparecer el 5 de enero de 2007. El enterramiento absoluto experimentado parece que reactivó el crecimiento de la planta, ya que a partir de su reaparición el incremento de la altura y de ambos diámetros se aceleró (figura 6.3). Sin embargo, posteriormente volvió a disminuir de tamaño como consecuencia de un nuevo enterramiento. Por su parte, ambos diámetros aumentaron de forma constante, a excepción del momento en que se produjo el enterramiento, así como en la última fecha, cuando disminuyeron. El notable incremento de los diámetros se prolongó más que la altura, para disminuir definitivamente.

Los resultados obtenidos ponen de manifiesto la alta tasa de mortalidad de las plántulas de *Traganum moquinii*, que asciende al 92,3%, y se debe tanto a causas antrópicas (pisoteo) como a la dinámica dunar (enterramiento). Asimismo, *Traganum moquinii* presenta una respuesta positiva al enterramiento por arena, ya sea parcial, o absoluto (aunque temporal), ya que cuando experimenta esta perturbación, acelera su crecimiento.

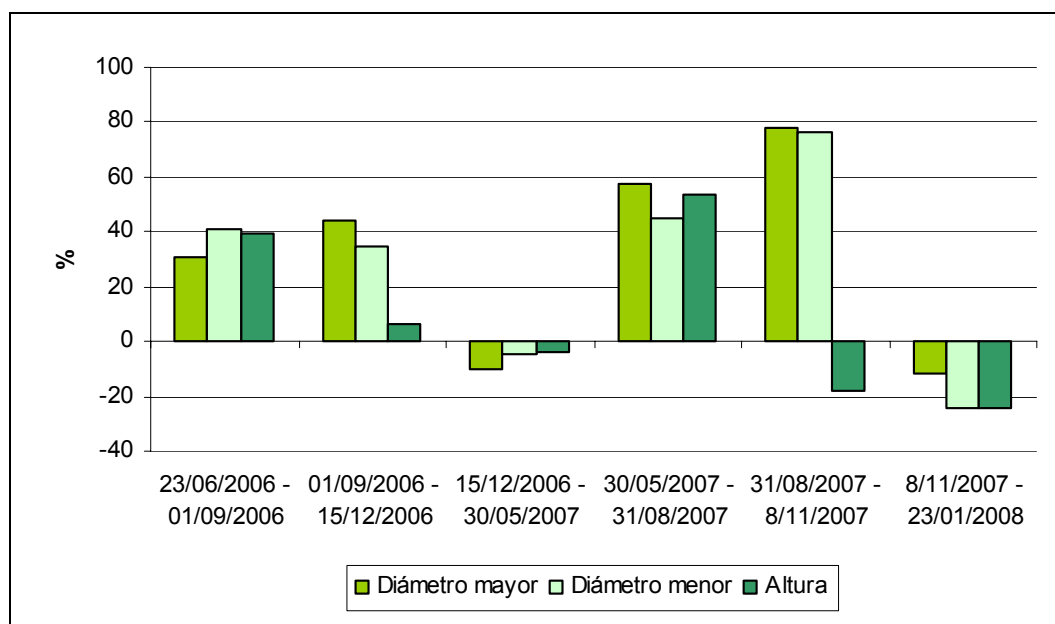


Figura 6.3. Evolución de la tasa de crecimiento en los diámetros y en la altura de la plántula B5.

6.1.1.2. Seguimiento de plántulas de *Tamarix canariensis*

También se realizó el seguimiento de siete plántulas y ejemplares juveniles de *Tamarix canariensis*, situados en las dunas transgresivas altas (tabla 6.2). Este entorno, pese a que como en el caso anterior se caracteriza porque las dunas se desplazan, presenta un volumen de sedimentos muy superior, al tratarse de dunas con mayores alturas. Todas las plantas estaban localizadas en una depresión interdunar húmeda, situada entre dos cordones de dunas. El cordón que avanzaba sobre la depresión donde se localizan las plantas tenía una altura aproximada comprendida entre 5 y 7 m. En este caso, aparte de las características morfológicas (altura, diámetro mayor y diámetro menor), se midió también la distancia de cada planta al pie de la duna. De esta forma, se pudo analizar la dinámica de esta especie vegetal con respecto al desplazamiento de las dunas.

Nº tamarix	Distancia duna (cm)	Altura (cm)	Diámetro mayor (cm)	Diámetro menor (cm)
T1	0	190	450	420
T2	0	190	350	320
T3	510	15	12	7
T4	790	110	87	66
T5	110	53	90	80
T6	208	74	80	70
T7	306	29	76	60

Tabla 6.2. Características de las plántulas de *Tamarix canariensis* estudiadas.

Entre el 15 de diciembre de 2005 y el 22 de diciembre de 2006 el número de plantas de *Tamarix canariensis* descendió de siete a cuatro ejemplares, quedando

únicamente T1, T2, T3 y T4 (figuras 6.4, 6.5 y 6.6). Es decir, se observó una tasa de mortalidad del 42,86%. Analizando los diferentes periodos de toma de datos, se comprueba que este descenso no fue sostenido. Entre el 15 de diciembre de 2005 y el 21 de julio de 2006 no desapareció ninguna plántula, periodo en el que las tasas de avance de las dunas oscilaron entre 3,2 y 0,11 m. Por el contrario, entre el 21 de julio de 2006 y el 22 de diciembre de 2006 se produjo la eliminación de tres plántulas por el avance de las dunas, registrándose para esa etapa una tasa media de desplazamiento de las dunas de 0,23 m. Entre el 22 de diciembre de 2006 y el 30 de marzo de 2007 desaparecieron todas las plántulas, excepto la T4, al tiempo que se registraba una tasa de desplazamiento de las dunas de más de 6 m. Este individuo, a partir del 30 de marzo de 2007, redujo drásticamente su altura, como consecuencia del enterramiento. Sin embargo, en la fecha siguiente, incrementó su tamaño, lo que sugiere que el enterramiento experimentado estimuló su crecimiento. Posteriormente desapareció definitivamente el 23 de enero de 2008.



Figura 6.4. Evolución de las plántulas T1 y T2.



Figura 6.5. Evolución de las plántulas T3 y T4.

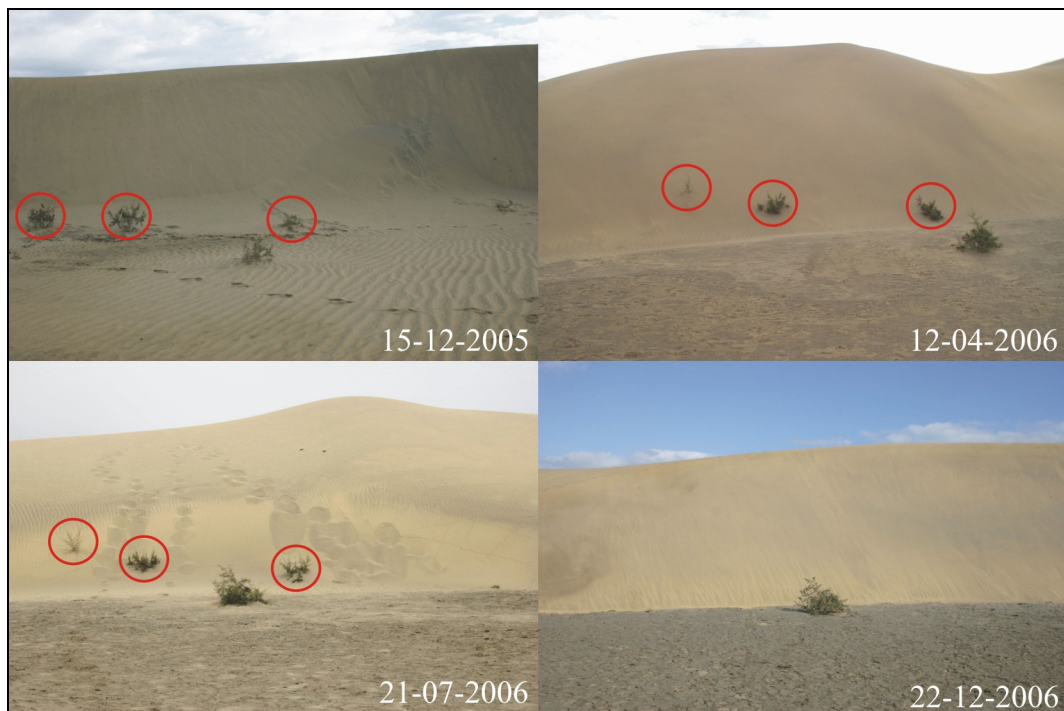


Figura 6.6. Evolución de las plántulas T5, T6 y T7.

De los datos anteriores se deriva que el desplazamiento de las dunas presenta una clara estacionalidad, y que ésta controla la dinámica de las plantas. La supervivencia de las mismas está relacionada, en un primer momento, con la distancia existente entre las plantas y el frente de la duna. Al principio de la toma de datos todas las plántulas, excepto la T1 y T2, estaban situadas a una distancia considerable del mencionado frente de la duna (figura 6.7). Por lo tanto, en los primeros meses, la

elevada tasa de desplazamiento de la duna registrada (media de 3,2 m) quedó compensada con la distancia de las plántulas a la misma. Dos son las razones que justifican la supervivencia de las cuatro plántulas citadas anteriormente hasta el día 22 de diciembre de 2006: en primer lugar, la distancia al frente de la duna. De hecho, dos de los mencionados ejemplares de *Tamarix canariensis*, que se corresponden con los enumerados como T3 y T4, estaban situados a la máxima distancia, es decir, a 5,10 y 7,90 m, respectivamente. El otro aspecto señalado es la altura de la propia planta (figura 6.8), de modo que los otros dos ejemplares de *Tamarix canariensis* supervivientes, identificados como T1 y T2, tenían la máxima altura de todas las plantas estudiadas, 1,90 m.

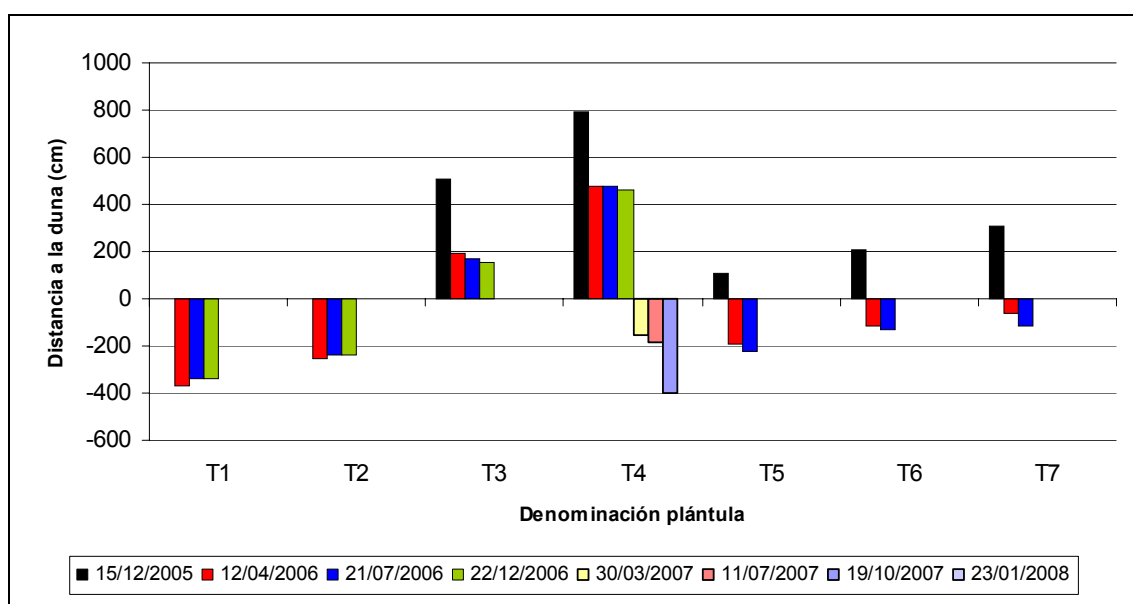


Figura 6.7. Evolución de los *Tamarix canariensis* en función de la distancia a la duna.

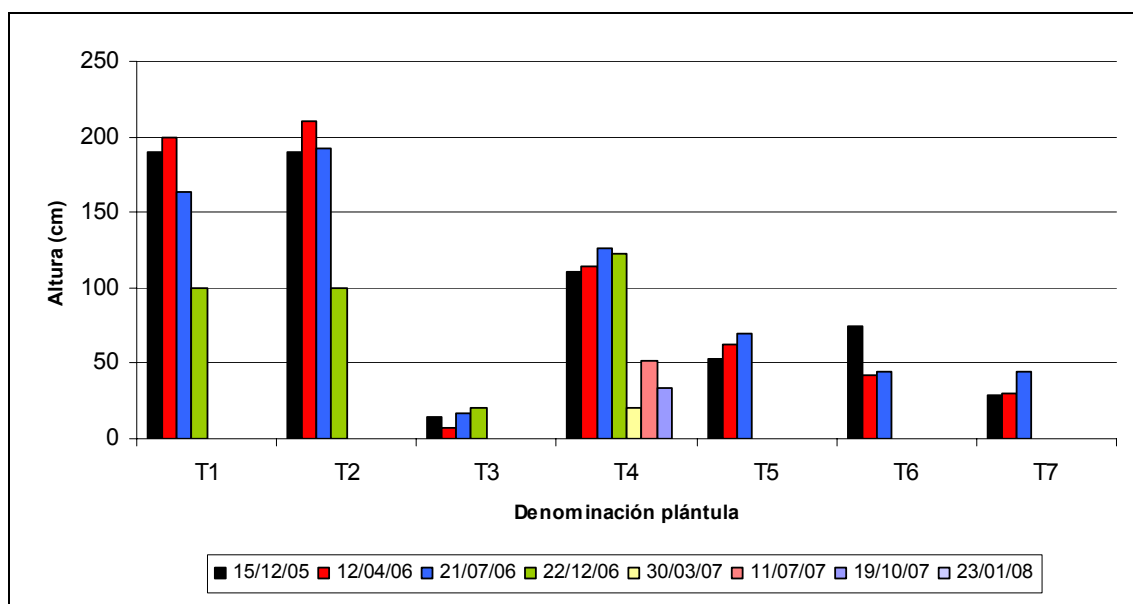


Figura 6.8. Evolución de la altura de los *Tamarix canariensis*.

La tasa de crecimiento de las plántulas de *Tamarix canariensis* presenta un ritmo diferente. Antes de que se vieran afectadas por el enterramiento, la altura, el diámetro mayor y el diámetro menor presentaban tasas poco significativas pero, una vez que experimentada esta perturbación, se incrementan de forma considerable, especialmente la altura (figuras 6.9, 6.10 y 6.11), por lo que parece que esta especie presenta una respuesta positiva al enterramiento. Esto se observa principalmente para la plántula T4, que logró sobrevivir al enterramiento en un primer momento. Sin embargo, las T1 y T2 no presentaron esta dinámica, sino que, por el contrario, redujeron paulatinamente sus características morfológicas.

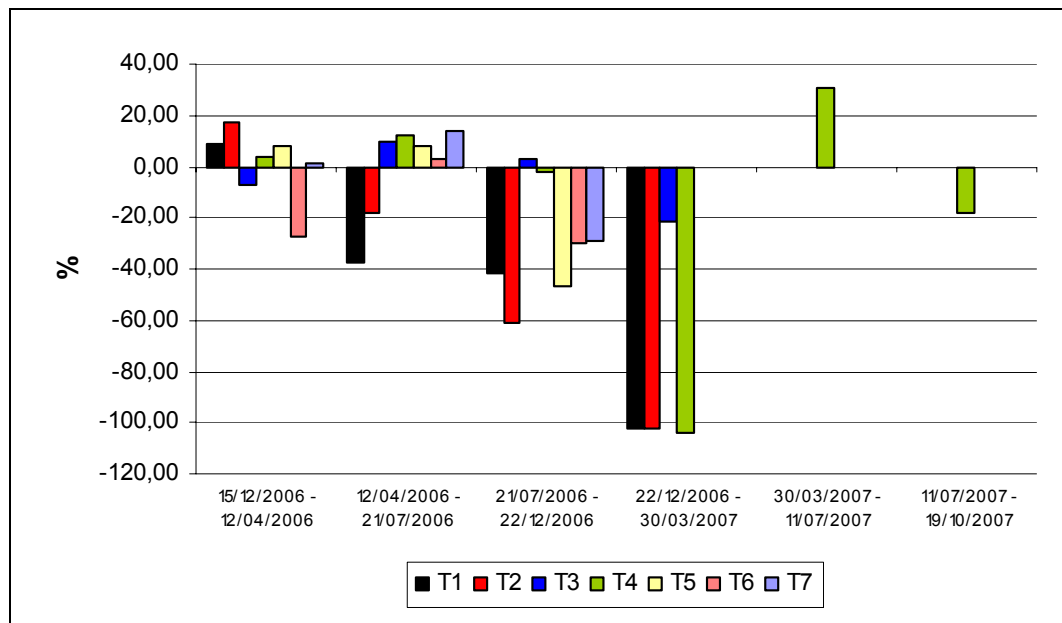


Figura 6.9. Evolución de la tasa de crecimiento en la altura de las plántulas de *Tamarix canariensis*.

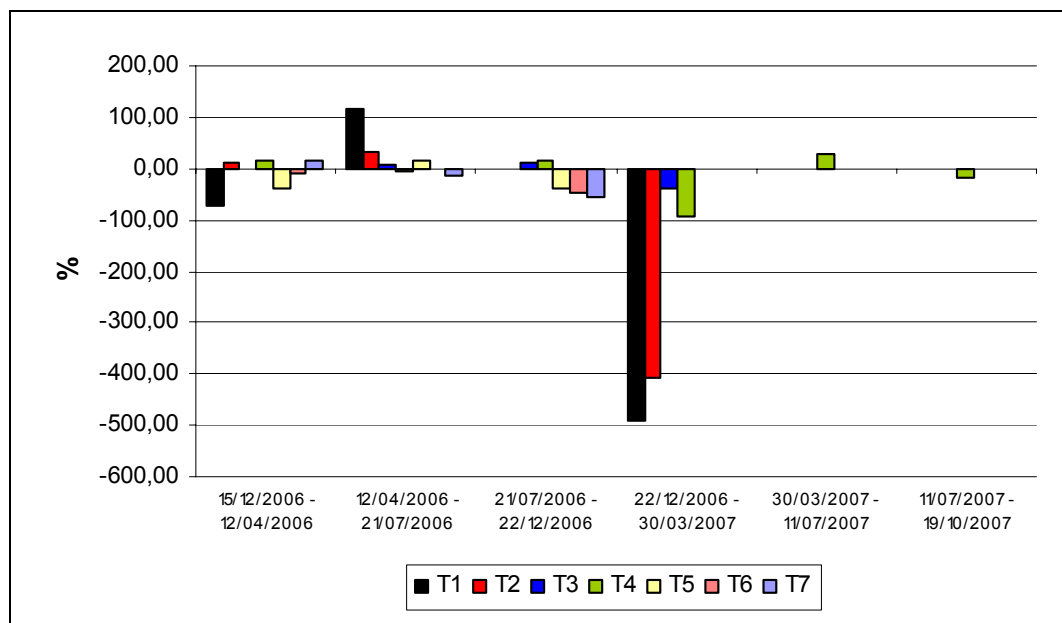


Figura 6.10. Evolución de la tasa de crecimiento en el diámetro mayor de las plántulas de *Tamarix canariensis*.

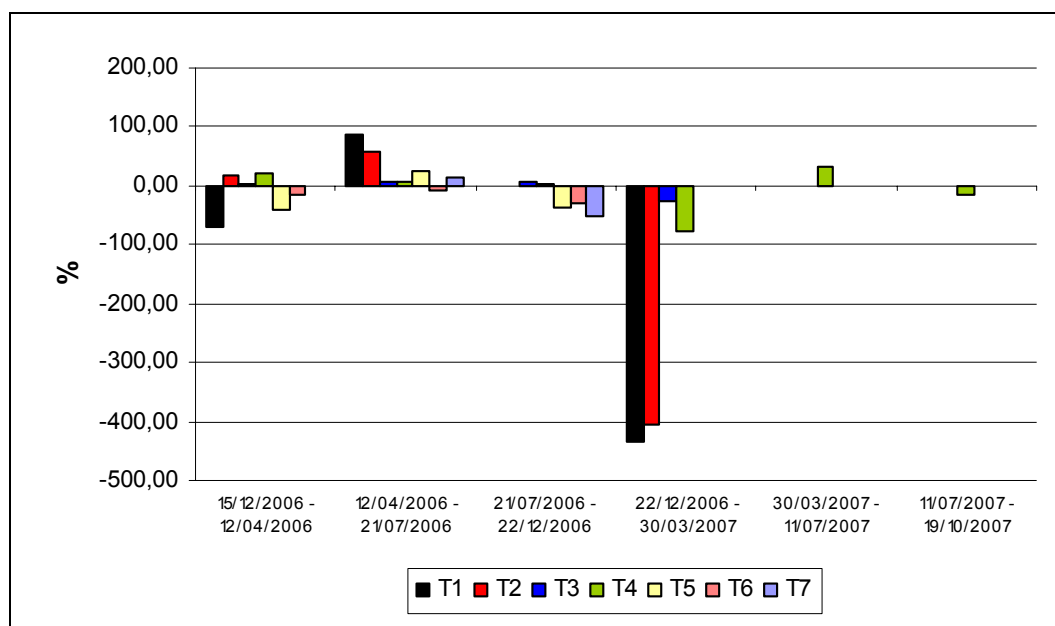


Figura 6.11. Evolución de la tasa de crecimiento en el diámetro menor de las plántulas de *Tamarix canariensis*.

Por lo tanto, se deduce que la supervivencia de los tarajales al efecto del enterramiento en el sector de las dunas transgresivas altas de Maspalomas está relacionada con la distancia al frente de dunas y con la altura que las plantas consigan alcanzar en el momento en que ambos interactúen. De todas formas, en el sector estudiado la tasa de mortalidad es del 100%. Es evidente considerar que también deben estar influyendo otros aspectos como, por ejemplo, la disponibilidad de recursos hídricos según la altura a la que se encuentre el nivel freático.

6.1.2. Dinámica de la vegetación en función del desplazamiento de las dunas

Se ha estudiado, mediante el análisis visual de ortofotos digitales integradas en el sistema de información geográfica, la dinámica que presentan varias comunidades vegetales en función de la movilidad de las dunas en la zona activa. Concretamente se han analizado las comunidades de *Traganum moquinii*, de *Tamarix canariensis*, de *Cyperus laevigatus* y de *Launaea arborescens*.

6.1.2.1. Comunidad de *Traganum moquinii*

Se ha estudiado la relación con la movilidad de las dunas de la comunidad de *Traganum moquinii*, considerando los dos tipos de dunas transgresivas diferenciadas en Maspalomas: las dunas transgresivas bajas y las dunas transgresivas altas.

En las dunas transgresivas altas el avance de los frentes dunares sobre la depresión interdunar donde se asienta la comunidad de *Traganum moquinii* va eliminando de forma gradual a la población existente en la misma (figura 6.12). De este

modo se puede observar cómo a finales del año 1995 existían 23 individuos de *Traganum moquinii*. El avance del frente dunar en 1998 eliminó parte de la población, reduciéndose la misma a 20 ejemplares. En el año 2003 el número de balancones volvió a reducirse, en este caso a 8 individuos. Este descenso progresivo de la población está relacionado con la tasa de avance de las dunas, así como con la presión antrópica, señalada más adelante. Entre 1995 y 1998 la tasa media anual de avance fue de 3,7 m/año mientras que entre 1998 y 2003 se incrementó a 4,05 m/año. De esto se puede deducir que el incremento de la tasa de avance de las dunas aumenta la vulnerabilidad de esta comunidad vegetal, conjuntamente con las causas citadas más abajo. Otro factor a tener en cuenta es la elevada presión antrópica que experimenta esta población de *Traganum moquinii*, ya que está situada en las cercanías de un quiosco de playa. En la figura 6.12 se puede observar que el ejemplar de *Traganum moquinii* situado más al oeste en el año 2003, ya no aparece. En este caso, su desaparición está relacionada con la utilización del mismo como improvisado urinario (Hernández Calvento, 2002). El uso continuo de estas plantas para acciones de micción, sin duda, no favorecen su capacidad de regeneración y, por el contrario, aumentan su vulnerabilidad.

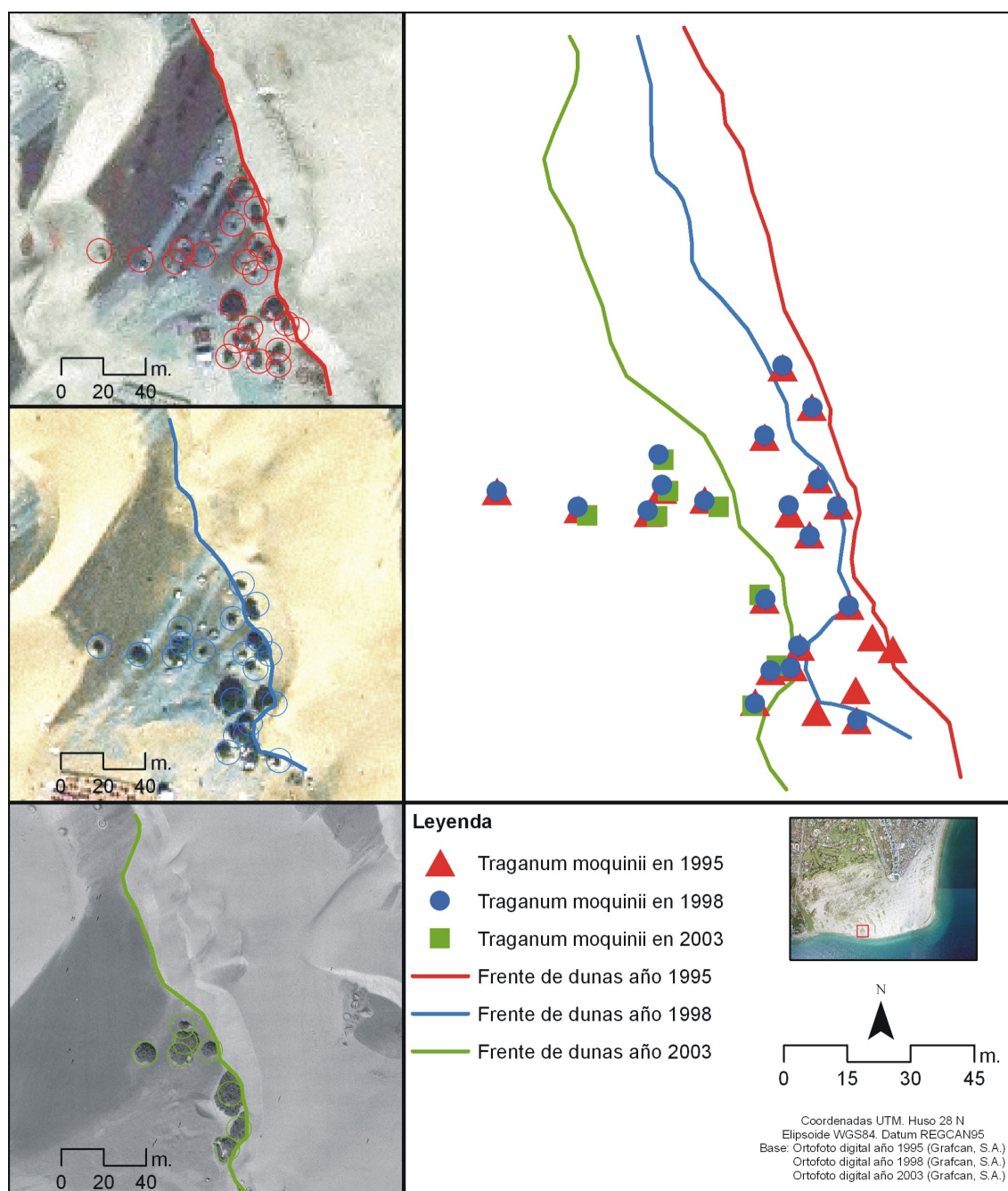


Figura 6.12. Dinámica de la población de *Traganum moquinii* en relación con el desplazamiento de las dunas (1995-2003).

Esta dinámica se puede constatar mediante las fotos de campo obtenidas entre los años 2004 y 2008 (figura 6.13). En el año 2004 existían en esta zona seis ejemplares de *Traganum moquinii*. A principios de 2005 el avance del frente dunar tuvo como consecuencia la desaparición de dos individuos. Además, otro ejemplar se encontraba enterrado casi totalmente, sobresaliendo únicamente una pocas ramas que alcanzaban una altura máxima de 56 cm. Cinco meses después, el día 8 de julio de 2005, este ejemplar parcialmente enterrado prácticamente había desaparecido, sobresaliendo solamente algunas ramas de la arena, con una altura máxima de 10 cm. En esta misma fecha se constató la existencia de únicamente tres ejemplares de *Traganum moquinii*,

dos adultos y uno juvenil. En marzo de 2007 quedaba un único ejemplar que finalmente desapareció enterrado por la duna a principios del año 2008.



Figura 6.13. Dinámica de la población de *Traganum moquinii* en las dunas transgresivas altas (2004-2008).

En las dunas transgresivas bajas también se produce eventos de mortandad como consecuencia del avance de las dunas. Se ha podido comprobar que, entre 1998 y 2003, han desaparecido por esta causa al menos 10 ejemplares de *Traganum moquinii* por esta causa (figura 6.14). Como se puede observar en la mencionada figura, los ejemplares de *Traganum moquinii* desaparecidos en el año 1998 se asentaban sobre depresiones interdunares y pequeñas dunas. En 2003 estas mismas zonas aparecían ocupadas por pequeños cordones dunares bien formados.

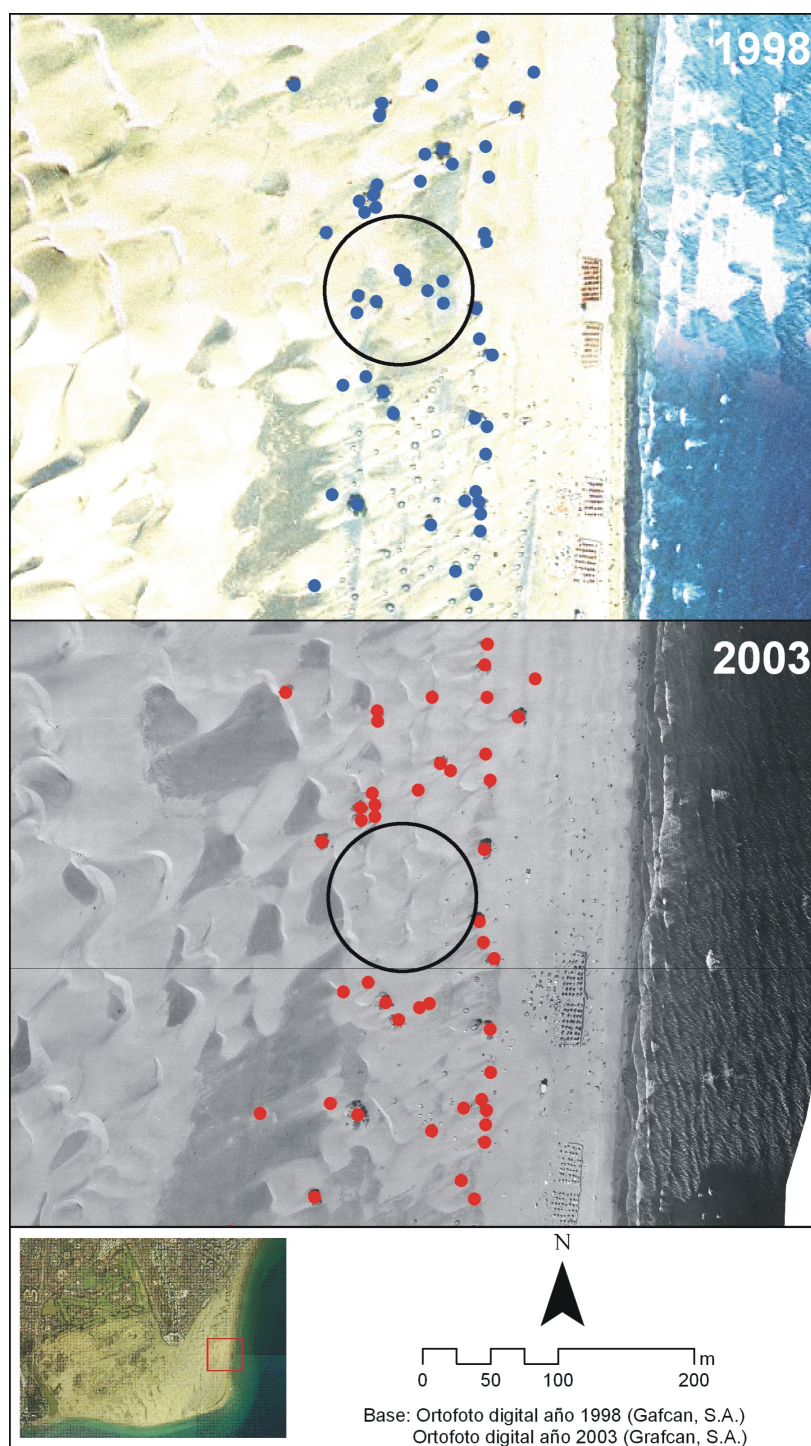


Figura 6.14. Dinámica de la población de *Traganum moquinii* en las dunas transgresivas bajas (1998-2003).

De todo lo expuesto anteriormente, se puede deducir que el desarrollo de la comunidad de *Traganum moquinii* está estrechamente ligado al volumen y movilidad de la arena. Sin embargo, se puede establecer una diferencia significativa en la incidencia del enterramiento sobre esta especie en función del volumen de sedimentos existente en las dunas transgresivas altas y las dunas transgresivas bajas. En el primer caso, se trata de dunas que normalmente superan los 4 m de altura, por lo que las consecuencias del avance de las mismas afectan tanto a los ejemplares adultos, como a los juveniles. Por el

contrario, en las dunas transgresivas bajas, la altura de las dunas está entorno a 1-3 m. Por lo tanto, el enterramiento normalmente no afecta de forma significativa a aquellos ejemplares adultos que tienen una altura superior a los 2 m. En cambio, las plántulas y ejemplares juveniles que tienen una altura inferior son muy vulnerables al enterramiento, produciéndose eventos de mortandad relacionados con este fenómeno.

6.1.2.2. Comunidad de *Tamarix canariensis*

Se han identificado diferentes ejemplares aislados de *Tamarix canariensis* existentes en los años 1995, 1998 y 2003, así como bosquetes formados en contacto con los frentes de las dunas (figura 6.15). Para el año 1995 se aprecian algunos individuos nuevos que se desarrollaban en la depresión interdunar, observándose un total de trece ejemplares de *Tamarix canariensis* asociados al frente de dunas estudiado. Conforme avanzaban las dunas, algunos de los *Tamarix canariensis* fueron enterrados, sobreviviendo en el año 1998 la mayoría de ellos, excepto uno. Sin embargo, en este año siguen existiendo trece ejemplares, debido a que hizo su aparición uno nuevo. En el año 2003 el número de plantas ascendió a veintidós, no observándose la desaparición de ningún ejemplar con respecto al año 1998.

Las plantas que sobreviven al enterramiento generan dunas en montículos y acumulaciones a sotavento. Cuando las acumulaciones a sotavento de dos *Tamarix canariensis* confluyen, se origina pequeñas dunas parabólicas, ya que la duna es fijada parcialmente en ambos extremos por las plantas, de forma que la parte central de la misma avanza, mientras que los extremos quedan estáticos. Esto tiene una consecuencia muy significativa en la dinámica del sistema de dunas: en 1995 el frente de dunas presentaba una configuración bastante rectilínea, con alguna sinuosidad, característica de un cordón barjanoide. Ya en el año 1998 se aprecia cómo este frente se va volviendo cada vez más sinuoso, lo cual se constata de forma más evidente en 2003. El aumento de la sinuosidad del frente de dunas se debe a que los *Tamarix canariensis* producen una retención del sedimento y, con ello, una disminución en la tasa de avance del frente, materializada en la parabolización del mismo, con una media de más de un metro, y con reducciones drásticas de las tasas máxima y mínima (tabla 6.3).

Periodo	Media (m/año)	Máximo (m/año)	Mínimo (m/año)
1995-1998	3,39	12,14	0,60
1998-2003	2,20	7,42	0,24

Tabla 6.3. Tasas de desplazamiento del frente de dunas asociado a la comunidad de *Tamarix canariensis* (1995-2003).

Esta reducción de la tasa de avance del frente de dunas posibilita la formación de un bosque de *Tamarix canariensis* en la depresión interdunar, hasta el momento desprovista de vegetación, que se desarrolla justamente en la zona del frente que queda ralentizada (figura 6.15). Esto se debe a que han sobrevivido un mayor número de los ejemplares que han germinado en la depresión. Probablemente el incremento del

número de individuos dispersos en el año 2003 también se debe a la disminución de la movilidad de las dunas. En la depresión situada más al norte, en 2003, aparecen numerosos ejemplares jóvenes, observándose una secuencia de edad decreciente entre la zona este y la oeste en ese año, lo que indica un claro patrón de colonización en este sentido.

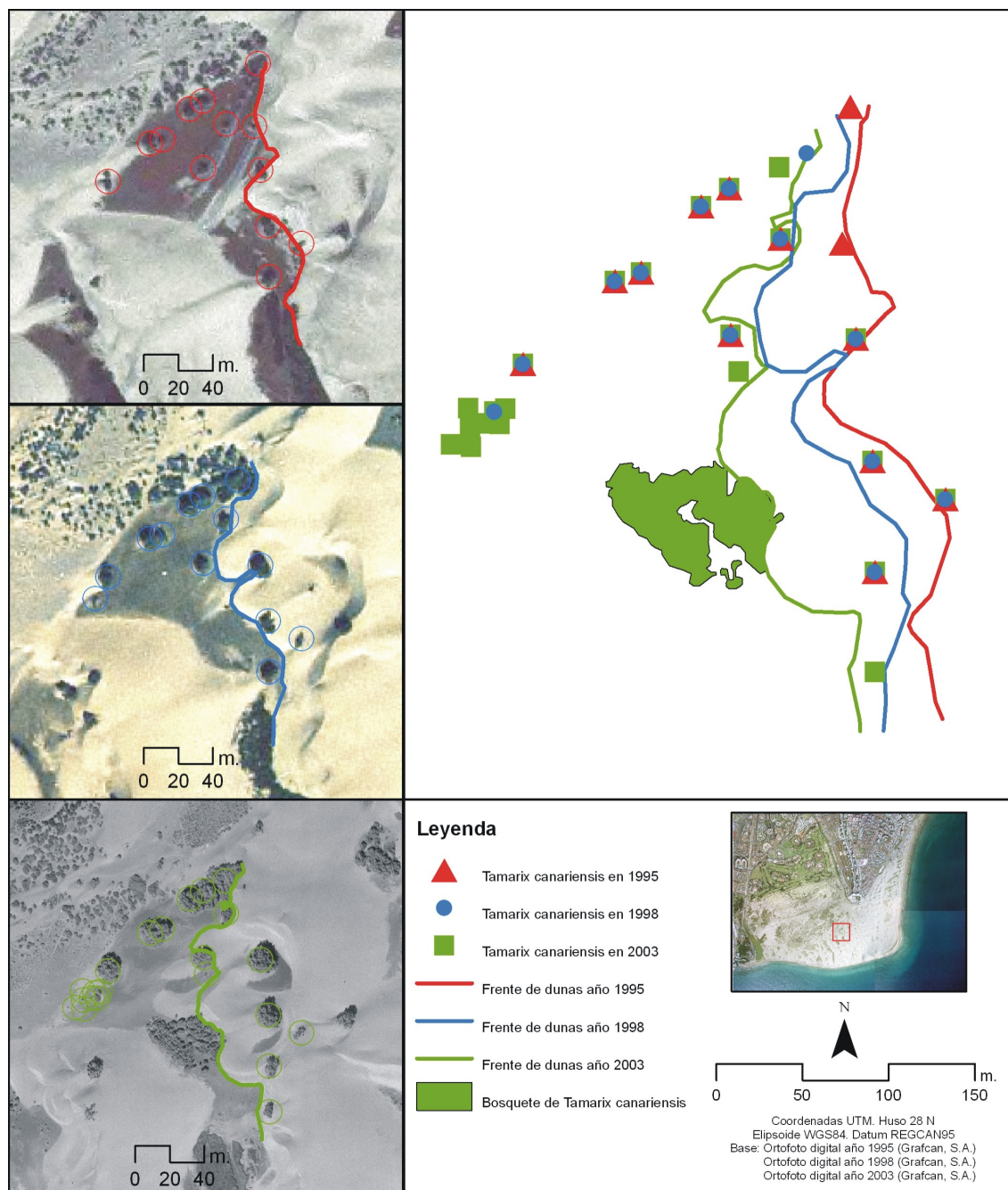


Figura 6.15. Dinámica de la comunidad de *Tamarix canariensis* en relación con el desplazamiento de las dunas (1995-2003).

Tamarix canariensis produce un evidente efecto sobre la dinámica del campo de dunas, ya que ralentiza el avance de las mismas mediante la transformación de frentes barjanoides en dunas parabólicas. A su vez la reducción de la movilidad de las dunas

favorece la colonización de nuevos ejemplares de *Tamarix canariensis*, tanto de forma aislada como en bosquetes.

6.1.2.3. Comunidad de *Cyperus laevigatus*

La dinámica de esta comunidad vegetal se estudió analizando su evolución entre los años 2002 y 2003, vinculada al avance de siete frentes de dunas.

Una de las características principales en la dinámica de esta comunidad vegetal fue el desplazamiento que presentó para los diferentes años, en consonancia con el avance de los frentes de dunas (figura 6.16). Es decir, las unidades de *Cyperus laevigatus* experimentaron un paulatino alejamiento en la misma dirección de avance del frente dunar, colonizando la depresión interdunar que se forma por delante del mismo.

Cada uno de los frentes presentó tasas de desplazamiento medias diferentes, debido a su localización en distintas partes del sistema de dunas, de modo que los más cercanos a la playa del Inglés mostraron mayores tasas de desplazamiento que los situados hacia al oeste. A continuación se procederá a analizar cada frente por separado:

El frente A, situado más al oeste, cerca de la charca de Maspalomas, presentó la menor tasa de desplazamiento (1,2 m/año de media). La superficie de *Cyperus laevigatus* vinculada con este frente en el año 2002 fue de 0,05 ha.

El frente B, localizado en una zona intermedia, presentó una de las mayores tasas de desplazamiento (3 m/año). En este caso la superficie de *Cyperus laevigatus* para el año 2002 fue de 0,15 ha.

En el frente C, con una tasa de desplazamiento de 1,8 m/año, la superficie de *Cyperus laevigatus* en el año 2002 fue de 0,009 ha.

Por su parte, el frente D presentó una tasa de desplazamiento intermedia (2,4 m/año), mientras que la superficie ocupada por *Cyperus laevigatus* en el año 2002 fue de 0,11 ha.

El frente E presentó con diferencia la mayor tasa de desplazamiento (8 m/año). La superficie ocupada por *Cyperus laevigatus* para el año 2002 fue de 0,02 ha.

El segundo frente que presentó la menor tasa de desplazamiento fue el F, calculada en 1,6 m/año. En este caso la superficie de *Cyperus laevigatus* en el 2002 fue de 0,006 ha.

Finalmente, el frente G presentó una tasa de desplazamiento de 2,7 m/año. La superficie de *Cyperus laevigatus* asociada al mismo en el año 2002 fue de 0,13 ha.

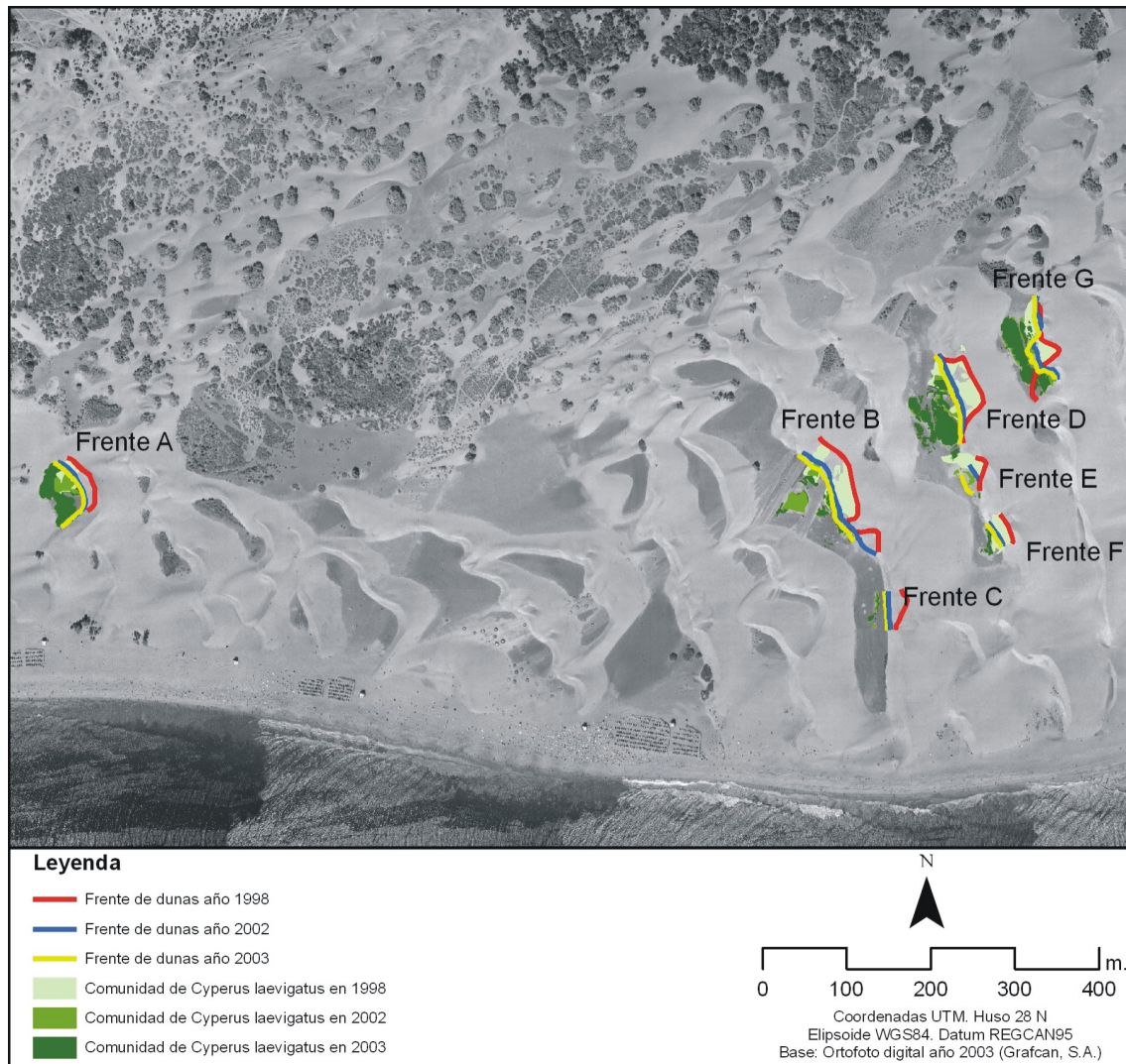


Figura 6.16. Dinámica de la comunidad de *Cyperus laevigatus* en relación con el desplazamiento de las dunas (1998-2003).

La figura 6.17 permite observar la relación existente entre las tasas de desplazamiento de las dunas y la evolución de la superficie ocupada por *Cyperus laevigatus*. Los resultados parecen indicar que la dinámica de esta comunidad vegetal está estrechamente vinculada al movimiento de las dunas. De este modo, se puede observar que una menor tasa de desplazamiento de las dunas equivale a un aumento de la superficie ocupada por *Cyperus laevigatus*.

El frente de duna A, que presentaba la menor tasa de desplazamiento, con 1,2 m/año es, a su vez, el que muestra el mayor incremento de la superficie ocupada por *Cyperus laevigatus*, calculado en un 300%. Los siguientes frentes en los que observan un mayor aumento de superficie de esta comunidad vegetal, son el F, D y G y, a su vez, son los que evidencian las menores tasas de desplazamientos con 1,6, 2,4 y 2,7 m/año, respectivamente. La superficie de ocupada por *Cyperus laevigatus* en cada uno de estos frentes aumentó un 233,3%, un 109,1% y un 46,2%, respectivamente. Por su parte, el frente C, con una tasa de desplazamiento de 1,8 m/año, no presentó variación en la superficie ocupada por esta especie. A partir de una tasa de desplazamiento de 3 m/año,

comenzó a disminuir la superficie ocupada por la vegetación, cuestión que sucedió en los frentes B y E. En el primero, el descenso de la vegetación fue de un 33,3%, mientras que en el frente D, con la máxima tasa de desplazamiento registrada (8 m/año), la disminución de la superficie de *Cyperus laevigatus* fue también la mayor, alcanzando un 95%.

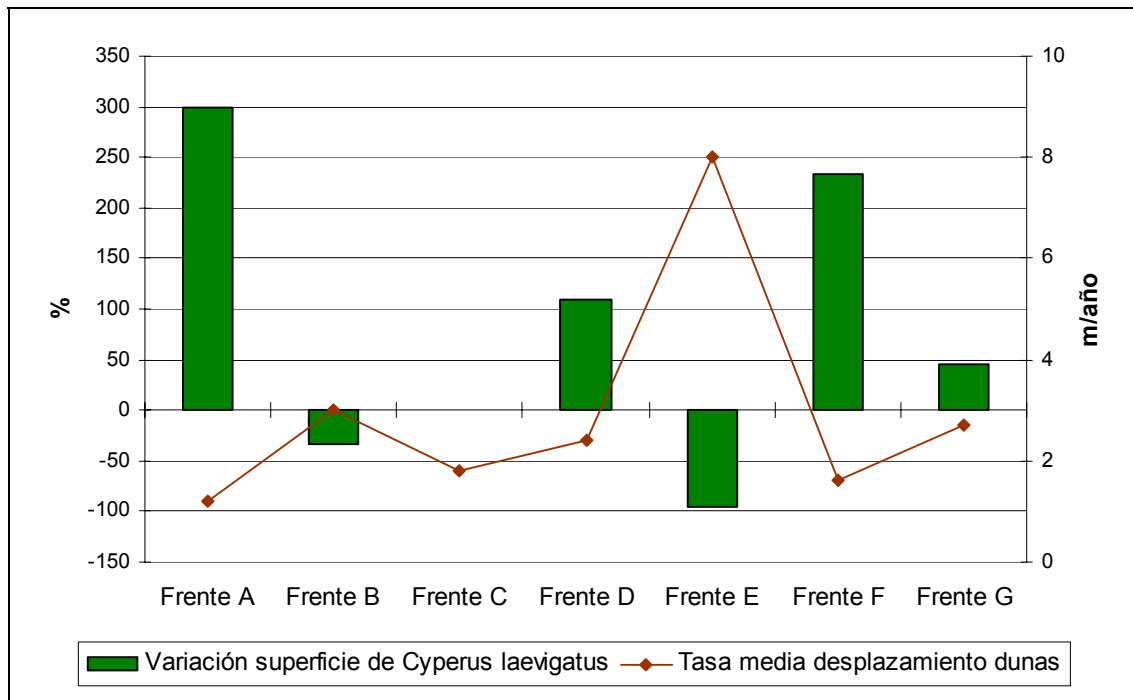


Figura 6.17. Dinámica de la comunidad de *Cyperus laevigatus* en relación con el desplazamiento de las dunas (2002-2003).

En definitiva, cuanto menor fue la tasa de desplazamiento, más altas fueron las posibilidades de supervivencia de esta comunidad vegetal. Probablemente esto se debe a que la capacidad de regeneración y expansión de *Cyperus laevigatus* se mantiene hasta determinados umbrales de tasas de desplazamiento. Cuando estos umbrales se superan (según los resultados obtenidos el umbral estaría en torno a 3 m/año), el desarrollo de esta comunidad vegetal se encuentra seriamente comprometido por el avance de las dunas.

También parece existir una relación muy estrecha entre la riqueza florística que presenta la comunidad de *Cyperus laevigatus* y la tasa de desplazamiento de las dunas. En la figura 6.18 se puede comprobar que cuanto menor es la tasa de desplazamiento, mayor es la riqueza florística. De este modo, los frentes A y D, con unas tasas de desplazamiento de 1,2 y 2,4 m/año, respectivamente, poseen una riqueza florística de 3 y 2 especies, respectivamente. Por el contrario, en los frentes B y G sólo está presente *Cyperus laevigatus*.

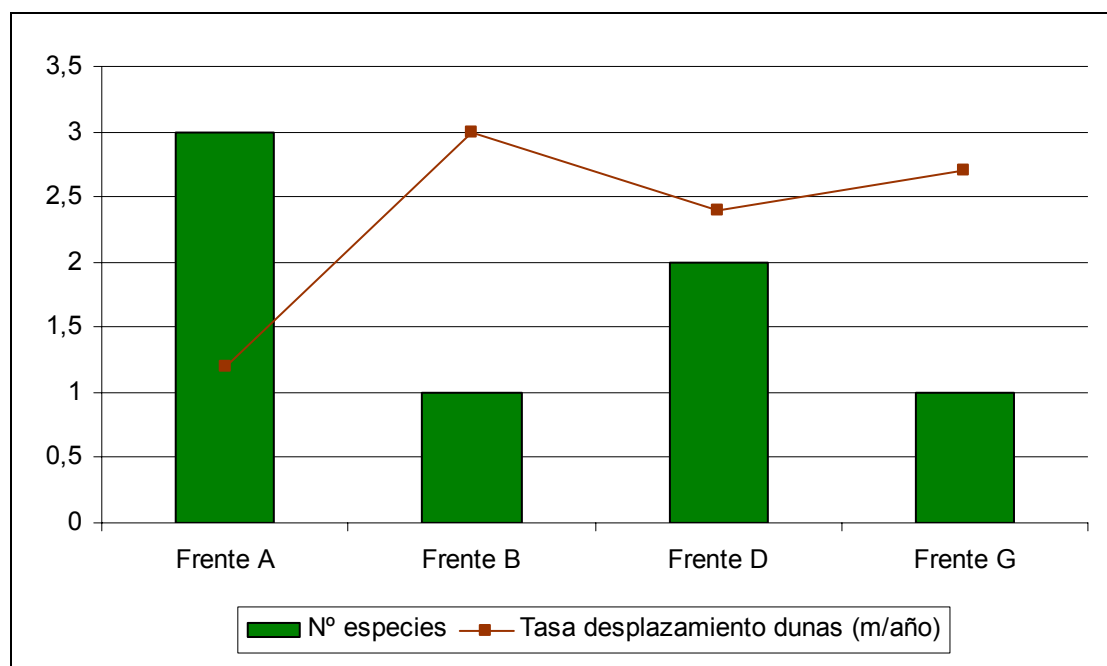


Figura 6.18. Relación entre la riqueza florística de la comunidad de *Cyperus laevigatus* y la tasa de desplazamiento de las dunas.

Por lo tanto, la composición florística de la comunidad de *Cyperus laevigatus*, normalmente reducida a la especie que define la comunidad, se enriquece en aquellas zonas donde la tasa de desplazamiento de las dunas es menor. En estas situaciones aparecen otras especies como *Juncus acutus*, *Tamarix canariensis* y, esporádicamente, *Suaeda mollis*, *Zygophyllum fontanesii*, *Launaea arborescens* y *Salsola kali*. Por lo tanto, la composición florística de esta comunidad vegetal se podría interpretar como un bioindicador de la dinámica de las dunas. La presencia exclusiva de esta especie indica la existencia de unas condiciones ambientales muy hostiles, donde la alta tasa de movilidad de las dunas determina la inexistencia de otros taxones. Por el contrario, en las zonas donde la movilidad es menor, como en las depresiones interdunares del sector occidental de las dunas transgresivas altas, aparecen otras especies incapaces de resistir el enterramiento o alejarse de él. Entonces se pueden encontrar las especies citadas anteriormente.

6.1.2.4. Comunidad de *Launaea arborescens*

Al igual que en la comunidad vegetal anterior, la dinámica de la comunidad de *Launaea arborescens* se analizó con respecto al desplazamiento de diferentes frentes de dunas, en este caso de tres, entre los años 2002 y 2003. En una primera aproximación, se observa que entre el año 2002 y 2003 las diferentes unidades de la comunidad de *Launaea arborescens* experimentan un alejamiento en el mismo sentido de avance de las dunas, colonizando las depresiones interdunares que se forma delante de las mismas (figura 6.19).

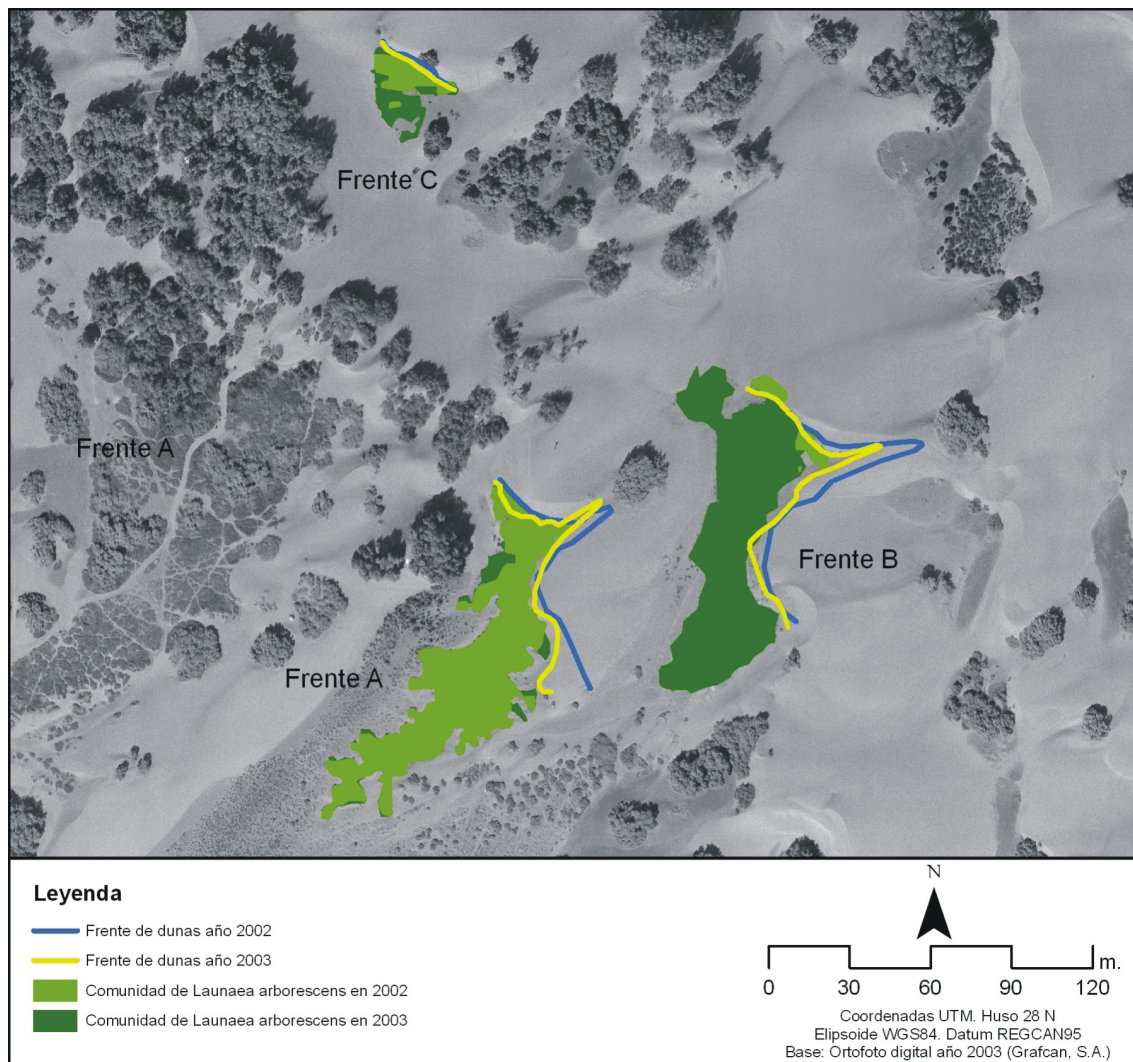


Figura 6.19. Dinámica de la comunidad de *Launaea arborescens* en relación con el desplazamiento de las dunas (2002-2003).

A continuación se exponen las características de cada uno de los frentes estudiados:

El frente A presentaba la mayor tasa media de desplazamiento, calculada en 2,2 m/año. La superficie de la comunidad de *Launaea arborescens* vinculada a este frente en el año 2002 era de 0,29 ha.

El frente B se sitúa al este del anterior y tenía una tasa de desplazamiento de 1,2 m/año. La comunidad de *Launaea arborescens* en el año 2002 se distribuía en tres pequeños núcleos separados entre sí, que ocupaban, en conjunto, una superficie de 0,02 ha.

El último frente estudiado, el C, es el que presentaba una menor tasa de desplazamiento, calculada en 0,43 m/año, y la superficie de la comunidad de *Launaea arborescens* asociada al mismo era de 0,02 ha.

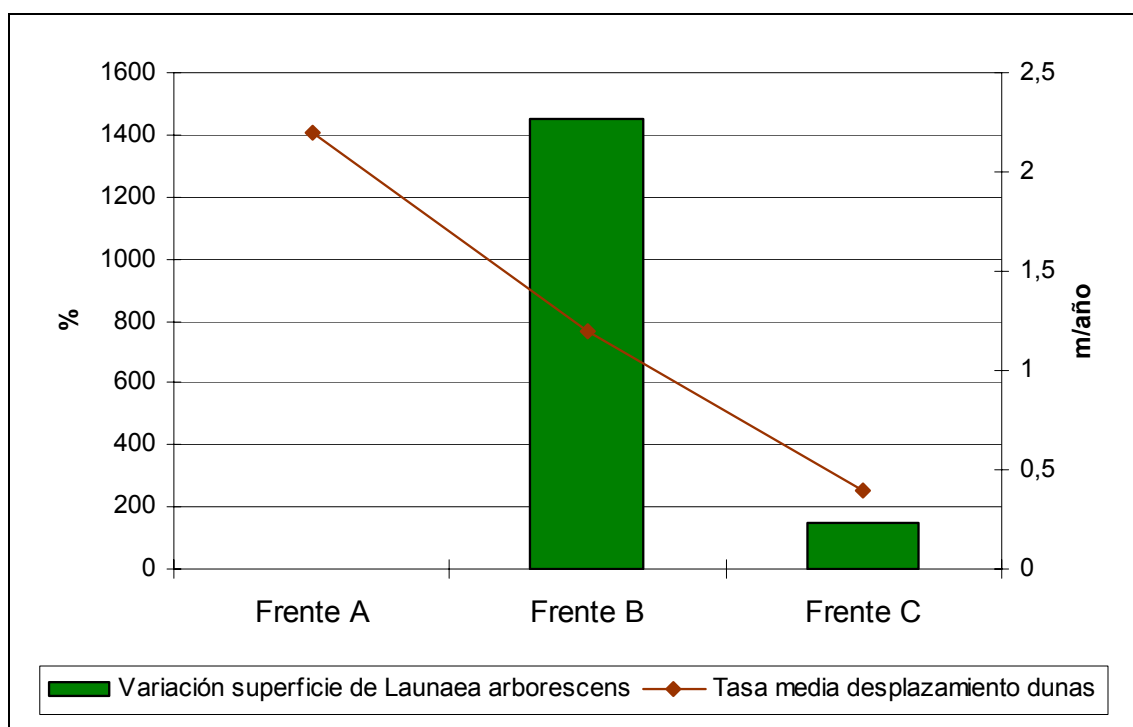


Figura 6.20. Dinámica de la comunidad de *Launaea arborescens* en relación con el desplazamiento de las dunas (2002-2003).

En líneas generales, la tendencia observada indica que a menor tasa de desplazamiento, mayor incremento de la superficie ocupada por la comunidad de *Launaea arborescens* (figura 6.20). Sin embargo, esta tendencia no es proporcional: en el frente A, con la mayor tasa de desplazamiento (2,2 m/año), es donde la superficie ocupada por la comunidad de *Launaea arborescens* no presentó ninguna variación. En el frente B, la superficie de la comunidad de *Launaea arborescens* se incrementó de forma muy significativa (1450%), lo cual se podría relacionar con una menor tasa de desplazamiento (1,2 m/año). Sin embargo, el frente C, que presentó la menor tasa de desplazamiento (0,43 m/año), experimentó así mismo un menor aumento de la superficie ocupada por la comunidad de *Launaea arborescens*.

La dinámica de esta comunidad vegetal en las dunas móviles está relacionada con el avance de las dunas. Normalmente, una mayor tasa de desplazamiento de las dunas implica una menor capacidad de regeneración. Sin embargo, la relación entre la tasa de desplazamiento de las dunas y el incremento de la superficie ocupada por la comunidad de *Launaea arborescens* no es proporcional. De este modo, una menor tasa de desplazamiento no lleva aparejado un mayor aumento de la superficie, como se ha podido observar en el frente C. Esto podría estar relacionado con otras causas, como la superficie apta de la que dispone la vegetación para la colonización, ya que la depresión interdunar asociada al frente B es mayor que la del frente C. Por otro lado, en ninguno de los frentes estudiados se produce un descenso de la superficie de la comunidad de *Launaea arborescens*, lo que podría indicar que en estos frentes no se han sobrepasado las tasas de desplazamiento que constituye el umbral crítico a partir del cual esta

comunidad no podría desarrollarse. Según los datos obtenidos, este umbral crítico se establecería a partir de los 2,2 m/año.

6.1.3. Relación de la vegetación con la formación de depresiones interdunares en la zona en proceso de estabilización

En la zona en proceso de estabilización, el progresivo dismantelamiento de las dunas, por la reducción de los aportes sedimentarios, han favorecido la formación de superficies de deflación, que como ya se indicó anteriormente, son consideradas, desde el punto de vista ecológico, como depresiones interdunares. La formación de estas depresiones interdunares ha favorecido la colonización de diferentes comunidades vegetales. Se pretende analizar los patrones de esta colonización.

6.1.3.1. Caracterización de las precipitaciones

En un primer análisis se observó que la colonización de las depresiones interdunares que se iban formando no presentaba una colonización vegetal sostenida en el tiempo. Tras evaluar las causas de esta dinámica se consideró que el régimen pluviométrico podía ser el motivo de las variaciones temporales de la evolución de la vegetación. La caracterización del régimen pluviométrico se abordó en el primer apartado de este capítulo, lo cual ha permitido obtener la media anual (81 mm) que se va a utilizar como indicativo de si cada año es “húmedo” o no, dependiendo de si las precipitaciones medias de un año determinado superan este valor, o si por el contrario son inferiores a éste.

En el periodo de estudio, 1995-2004, se diferencian dos etapas (figura 6.21): entre 1995 y 1999, donde alternan un año con precipitaciones superiores a la media anual, con otro donde éstas son inferiores a la misma. Para los años 90 se constata que dos años estuvieron por encima de la media anual (1996 y 1998) y otros tres por debajo (1995, 1997 y 1999). Por el contrario, el inicio del siglo XXI marca un cambio significativo, de tal forma que en el periodo 2000-2004 todos los años registran precipitaciones superiores a la media anual del área de estudio, y solamente el año 2003 está por debajo.

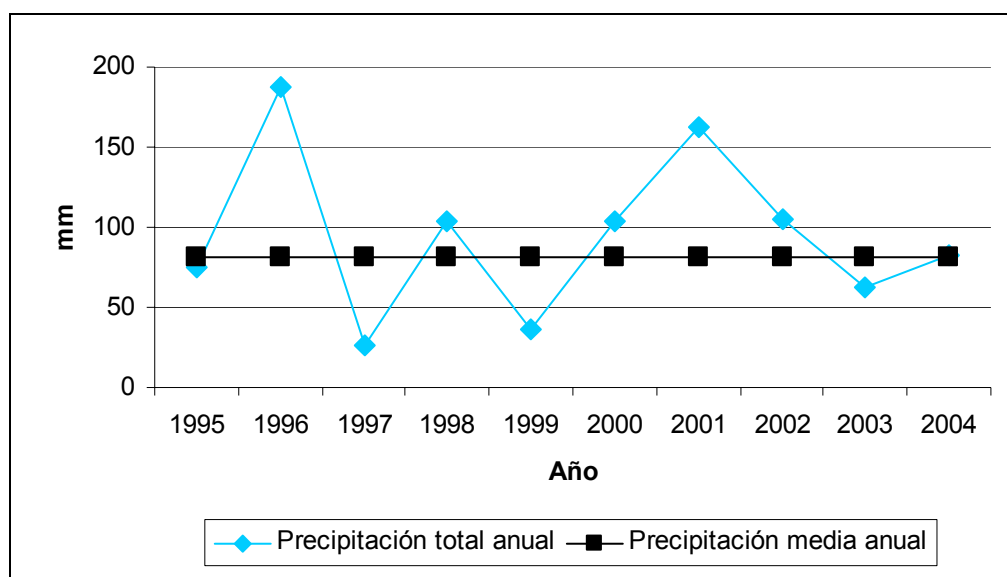


Figura 6.21. Precipitaciones totales anuales (1995-2004). Fuente: AEMET.

6.1.3.2. Evolución de la vegetación y las superficies de deflación

En las dos zonas analizadas, que se localizan en el sector centro-occidental del campo de dunas, se ha constatado un incremento de la extensión ocupada por las depresiones interdunares y por la vegetación entre 1995 y 2004.

La ampliación de estas depresiones, tal y como señalan Hernández Calvento *et al.* (2002) y Díaz y Hernández Calvento (2004), son el resultado del déficit de sedimentos que experimenta de forma generalizada el sistema. Éste se debe a una carencia progresiva de arenas en reducción de los aportes sedimentarios en la zona de entrada situada en la playa del Inglés. No obstante, a nivel local, también se supone que la construcción de una pantalla de edificaciones turísticas en la urbanización del Inglés, ha interrumpido la circulación de sedimentos hacia el interior del sistema.

En las depresiones interdunares, la reducción de arenas secas transportadas por acción del viento, permite que aflore el nivel freático a la superficie, por lo que esos sedimentos humedecidos tienden a estabilizarse (Melián *et al.*, 2005) y, a su vez, dejan de alimentar las zonas contiguas. En consecuencia, la progresión del área que ocupan, junto al incremento de la cobertura vegetal, que acentúa aún más la estabilidad de los sedimentos, es un indicador que corrobora el déficit sedimentario que está experimentando el conjunto del sistema.

La colonización vegetal en las superficies de deflación se ve favorecida por el incremento de la humedad edáfica y la progresiva estabilización de los sedimentos. En este contexto, el tipo de especies colonizadoras varía según las condiciones específicas de cada zona estudiada. Por su parte, tal y como indican los resultados obtenidos en el estudio realizado, los ritmos de la colonización vegetal varían en función de un factor esencial: las precipitaciones. Ello puede constatarse en la evolución que han seguido las dos zonas (A y B) analizadas.

Zona A

La depresión interdunar en esta zona comenzó a formarse a principios de la década de 1990, pues en la fotografía aérea de 1989 no aparece, mientras que ya es observable en la de 1991 (figura 6.22).

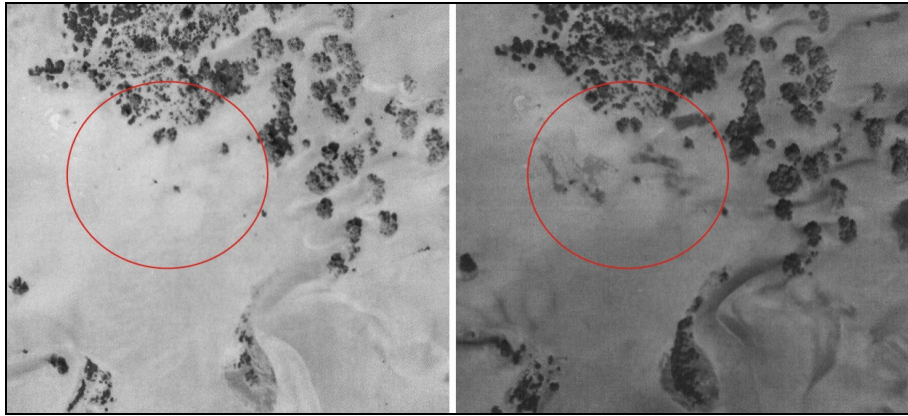


Figura 6.22. La imagen de la izquierda corresponde a la zona A en el año 1989 y la de la derecha a la misma zona en el año 1991 (Grafcan, S.A.).

Su extensión aumentó de forma continuada en el periodo estudiado (figura 6.23): mientras que en 1995 ocupaba 0,12 ha, ya en 2004 alcanzaba una extensión de 0,99 ha. Es decir, que en ocho años experimentó un incremento del 725%.

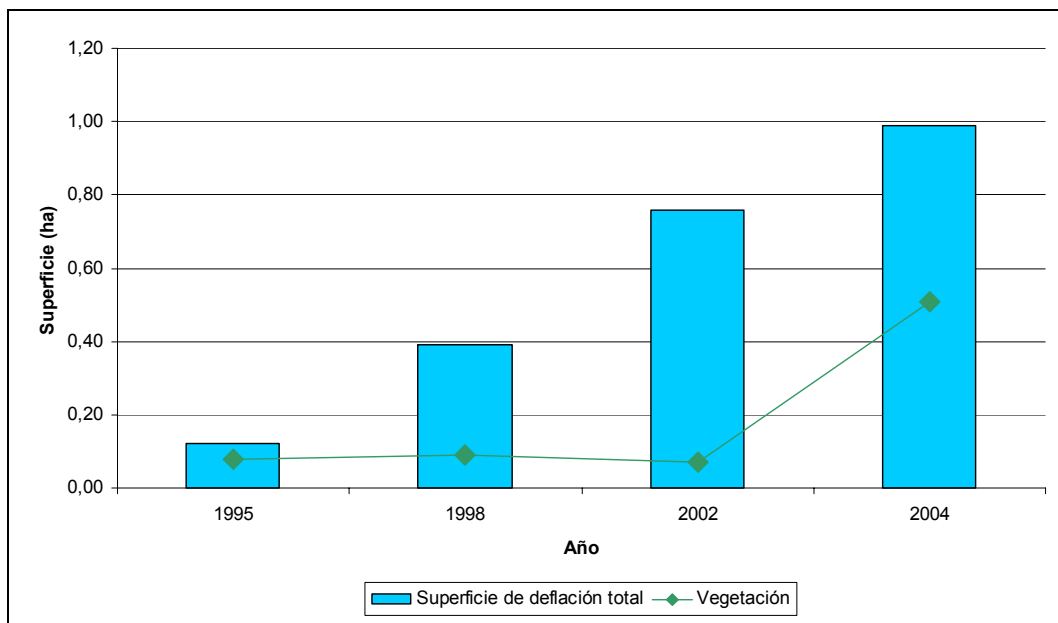


Figura 6.23. Evolución del área ocupada por la depresión interdunar y la vegetación en la zona A.

Por su parte, la cobertura vegetal se incrementó en ese mismo periodo un 537,5%, pero el ritmo al que lo hizo varió de forma sustancial entre los primeros y los últimos años de observación (tabla 6.4). Así, en 1995 la superficie ocupada por la vegetación fue de 0,08 ha, siendo la especie dominante el hemicriptófito *Juncus acutus*,

cuyo carácter netamente higrófilo denota que el nivel freático está próximo a la superficie. Sin embargo, pese al progresivo incremento de las depresiones interdunares (un 225% entre 1995-1998 y un 94,9% entre 1998-2002), la cubierta vegetal no aumentó en ese intervalo temporal, e incluso decreció ligeramente entre 1998 y 2002. En contrapartida, en el año 2002 se produjo un crecimiento espectacular de la vegetación, superando incluso el incremento que experimentó la depresión interdunar; de tal forma que, entre ese año y 2004, la vegetación aumentó un 628,6%, frente al 29,1% de la depresión interdunar. Es decir, que en tan sólo dos años la vegetación colonizó el área de forma acelerada, mientras que en los siete años anteriores su extensión era reducida, disminuyendo incluso ligeramente entre 1998-2002, como ya se comentó. Además de ampliar el área ocupada, la vegetación también se diversificó entre 2002 y 2004, pues aparecieron dos nuevas comunidades vegetales: comunidad de *Cyperus laevigatus* y jóvenes ejemplares de *Tamarix canariensis*, aunque en el conjunto siguió predominando *Juncus acutus*.

Periodos	Depresión interdunar (ha)	Vegetación (ha)
1995	0,12	0,08
1998	0,39	0,09
Variación 1995-1998	0,27 (225%)	0,01 (12,5%)
2002	0,79	0,07
Variación 1998-2002	0,37 (94,9%)	-0,02 (-22,2%)
2004	0,99	0,51
Variación 2002-2004	0,23 (29,1%)	0,44 (628,6%)

Tabla 6.4. Variaciones del área ocupada por la depresión interdunar y la vegetación en la zona A (1995-2004).

Zona B

La depresión interdunar se observa, aunque de forma todavía incipiente, en la fotografía aérea de 1977; en la actualidad tiene una extensión aproximada de 3,44 ha. Se caracteriza por presentar en superficie principalmente arenas humedecidas, pero también materiales aluviales que componen el basamento del *fan-delta*. La vegetación está formada por una comunidad halófila de *Zygophyllum fontanesii* en las zonas de arena humedecida, y por una comunidad de *Suaeda mollis* en los sectores donde predominan los depósitos aluviales.

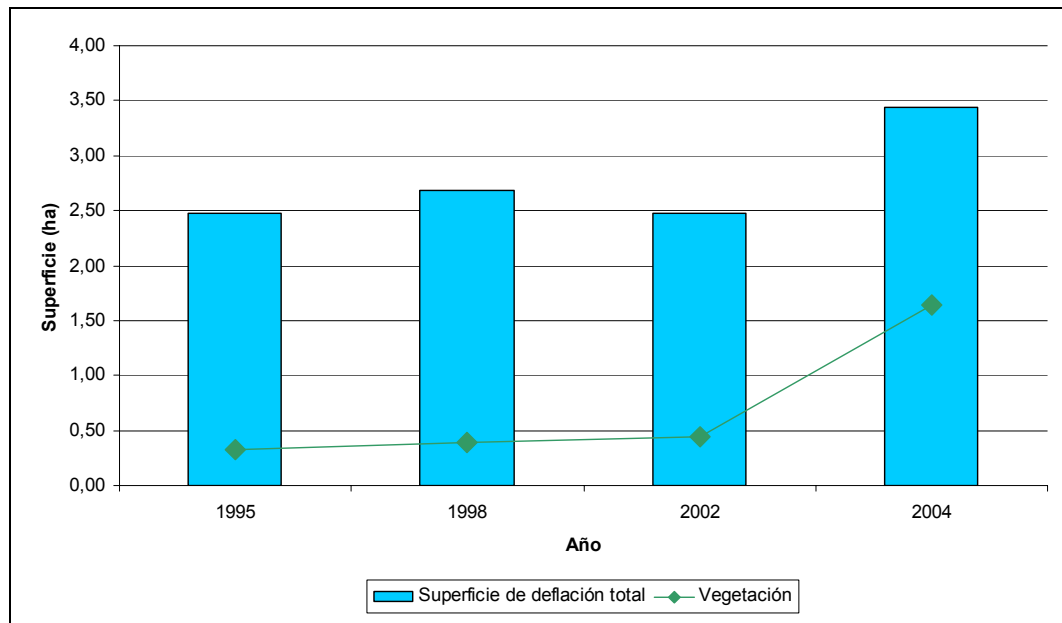


Figura 6.24. Evolución del área ocupada por la depresión interdunar y la vegetación en la zona B.

Al igual que sucedió en la zona A, el área de la depresión interdunar aumentó en el periodo estudiado (figura 6.24), aunque en este caso el incremento fue del 38,7%, pasando de las 2,48 ha que tenía en 1995 a las 3,44 ha que presentaba en 2004. Tan sólo disminuyó ligeramente su extensión entre 1998 y 2002, como consecuencia de la circulación ocasional de una duna móvil.

La superficie ocupada por la vegetación también se incrementó en este intervalo temporal, aunque lo hizo a un ritmo (412,5%) superior al aumento de la depresión interdunar. En 1995 el área ocupada por la vegetación era de tan sólo 0,32 ha, dominando entonces la comunidad de *Suaeda mollis*. Entre 1995 y 1998 la cobertura vegetal se incrementó solamente un 21,9%, pese al aumento que experimentó la depresión interdunar; y la comunidad de *Suaeda mollis* seguía predominando. Esta tendencia se mantuvo entre 1998 y 2002, pues tan sólo aumentó un 12,8%.

En contrapartida, el crecimiento del área ocupada por la vegetación fue espectacular entre 2002 y 2004: un 272,7%, frente al 39,3% de la depresión interdunar (tabla 6.5). Este hecho coincidió con la aparición de una nueva comunidad vegetal en el área, la de *Zygophyllum fontanesii*. La aparición de esta especie halófila es debida a la alta salinidad que presentan las aguas subterráneas (ver apartado 5.2.7 del capítulo V), pues hasta principios del año 2000 sólo existían algunos ejemplares aislados en el interior del campo de dunas (Esteve Chueca, 1968; Hernández Calvento, 2002). Por su parte, la comunidad de *Suaeda mollis* no se expandió significativamente, por lo que el incremento de la superficie ocupada por la vegetación se debió al incremento de la de *Zygophyllum fontanesii*. Al igual que ocurriera en la zona A, el aumento del área ocupada por la vegetación fue mucho mayor entre 2002 y 2004 que en los siete años anteriores (1995-2002) (figura 6.24; tabla 6.5).

Periodos	Depresión interdunar (ha)	Vegetación (ha)
1995	2,48	0,32
1998	2,69	0,39
Variación 1995-1998	0,21 (8,5%)	0,07 (21,9%)
2002	2,47	0,44
Variación 1998-2002	- 0,22 (- 8,2%)	0,05 (12,8%)
2004	3,44	1,64
Variación 2002-2004	0,97 (39,3%)	1,20 (272,7%)

Tabla 6.5. Variaciones del área ocupada por la depresión interdunar y la vegetación en la zona A (1995-2004).

6.1.3.3. Relación entre el aumento de la superficie ocupada por la vegetación y las precipitaciones

Al relacionar los datos de lluvias con la colonización vegetal (figuras 6.25 y 6.26) se observa un hecho significativo: en las dos zonas estudiadas, el aumento de la superficie ocupada por la vegetación, entre 2002 y 2004, se produjo tras tres años consecutivos (2000, 2001 y 2002) de precipitaciones con totales anuales superiores a la media anual de la zona. Aunque el inicio de la formación de las depresiones interdunares no coincidió temporalmente en ambas zonas (en la zona A comenzó a principios de la década de 1990, mientras que en la B lo hizo hacia el final de la de 1970), el incremento más significativo de la superficie ocupada por la vegetación si fue coetáneo, ocurriendo en ambas áreas a partir del año 2002.

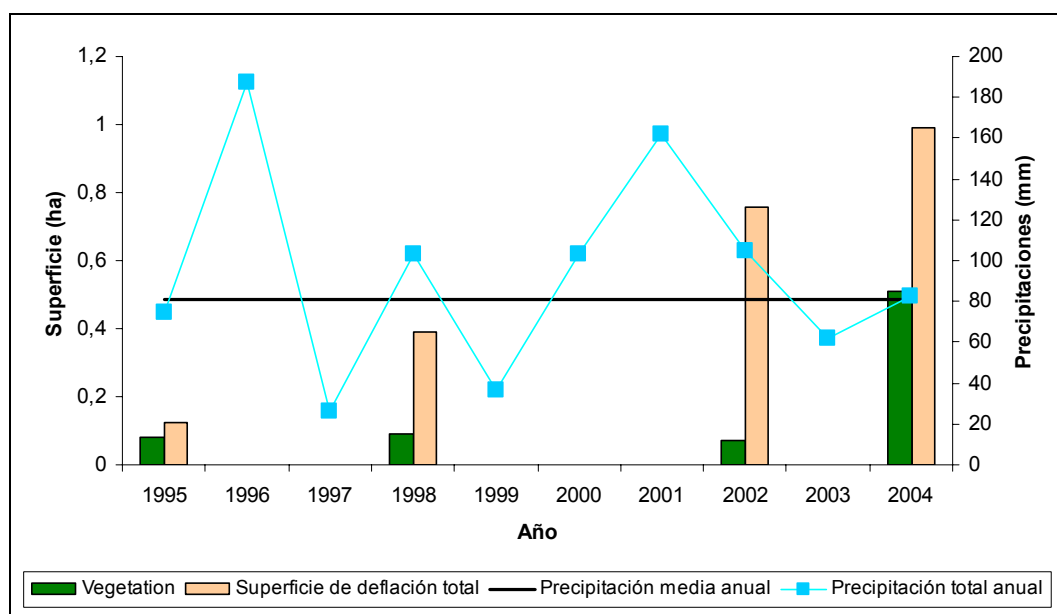


Figura 6.25. Relación entre las precipitaciones y la evolución de la vegetación en la zona A.

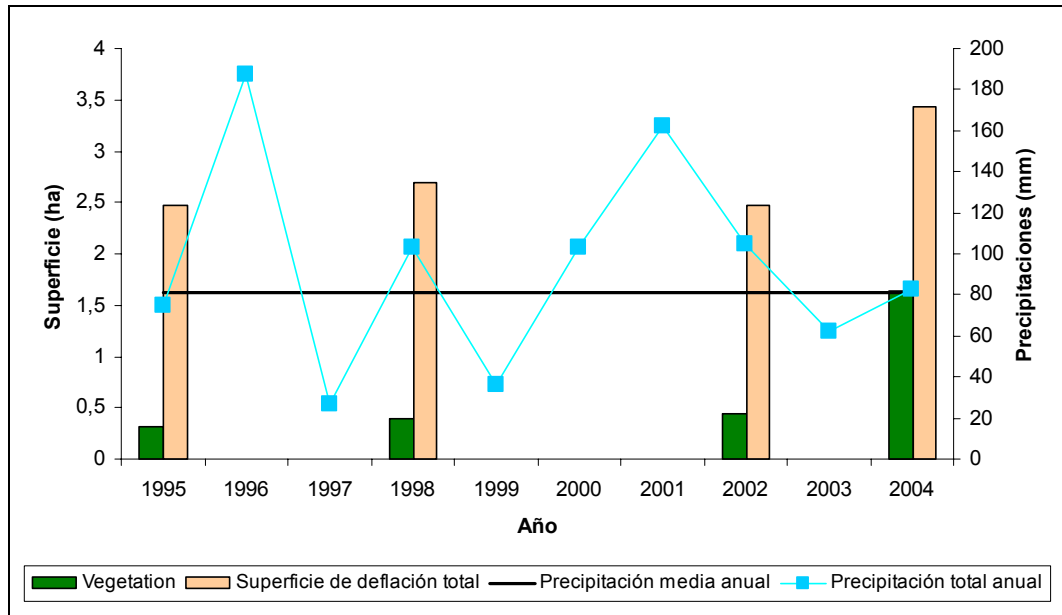


Figura 6.26. Relación entre las precipitaciones y la evolución de la vegetación en la zona B.

Esta coincidencia reafirma el papel que ejercen las precipitaciones en este tipo de medios, donde la irregularidad de los aportes hídricos secuencian los ritmos del crecimiento vegetal: la reiteración de años secos lo ralentiza, mientras que la sucesión de años húmedos lo activa de forma significativa.

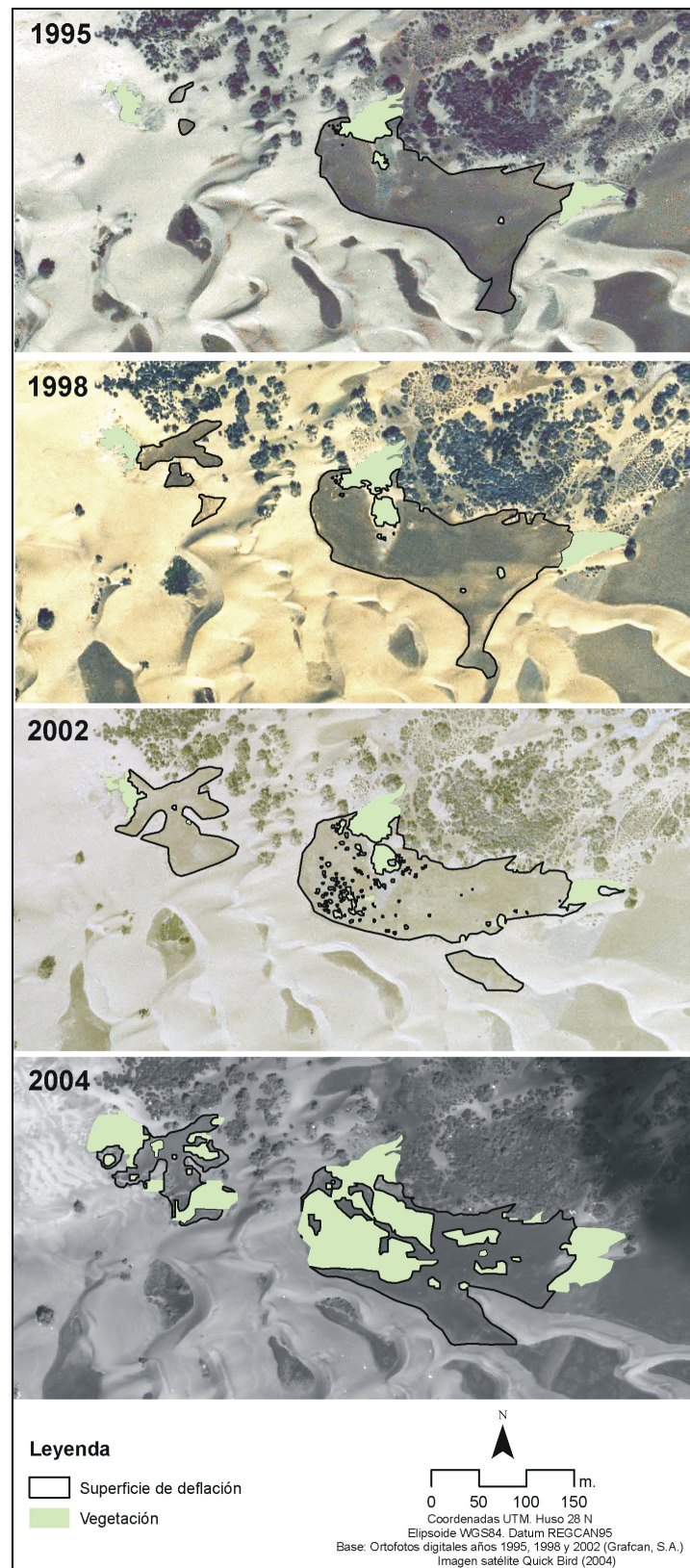


Figura 6.27. Evolución de la vegetación en las depresiones interdunares A (izquierda) y B (derecha) (1995-2004).

6.1.3.4. Evolución de la vegetación en las parcelas permanentes

Las parcelas del interior del campo de dunas presentan una colonización vegetal muy activa, observándose la germinación de una cantidad significativa de plántulas. Durante este estudio se ha podido realizar el seguimiento de las plántulas germinadas en la parcela de la comunidad de *Zygophyllum fontanesii*. Además, se realizaron tres levantamientos cartográficos de las parcelas de las comunidades de *Zygophyllum fontanesii* y de *Juncus acutus*, lo que ha permitido analizar las variaciones de cobertura de la vegetación de forma detallada.

Análisis demográfico de la comunidad de *Zygophyllum fontanesii*

En la parcela acotada han germinado dos especies: *Zygophyllum fontanesii* y *Suaeda mollis*. Se ha realizado el estudio demográfico de tres generaciones de estas dos especies vegetales.

La primera generación de *Zygophyllum fontanesii* presentó un incremento del número de individuos de forma constante entre el 24 de marzo y el 17 de abril de 2006. A partir de esa fecha, en un primer momento se estabilizó la población y, posteriormente, se inició un lento descenso. De *Suaeda mollis* únicamente germinaron 2 plántulas, de las cuales solamente sobrevivió 1. El número máximo de plántulas de *Zygophyllum fontanesii* y *Suaeda mollis* fue de 12 y 2, respectivamente. Por su parte, en la parcela abierta germinaron las mismas especies que en la parcela acotada, además de un individuo de *Frankenia boiserie*. *Zygophyllum fontanesii* presentó una evolución muy semejante a la parcela acotada, ya que se incrementó el número de individuos entre el 24 de marzo y el 17 de abril de 2006. De igual forma, a partir de mediados de abril, la población descendió de forma paulatina. Por su parte, los individuos de *Suaeda mollis* se mantuvieron prácticamente en un número estable. En esta parcela el número de plántulas máximo germinadas es mayor, siendo de 75 plántulas de *Zygophyllum fontanesii* y 12 plántulas de *Suaeda mollis*.

La segunda generación de la parcela acotada presentaba un mayor número de efectivos, 18 para *Zygophyllum fontanesii* y 14 para *Suaeda mollis*. La dinámica de las plántulas germinadas fue muy similar a la generación anterior, con un ascenso paulatino, un periodo de estabilización y otro de descenso, aunque este último, en el caso de *Suaeda mollis*, no se aprecia. Desde abril de 2007 la tasa de supervivencia de *Zygophyllum fontanesii* se mantuvo constante hasta el mes de julio, descendió ligeramente en agosto y, a partir de este mes, se estabilizó definitivamente. La curva de supervivencia de *Suaeda mollis* fue diferente, ya que la tasa de supervivencia presentó un único descenso hasta el mes de abril, a partir del cual se estabilizó definitivamente. A diferencia de lo sucedido en la parcela acotada, en la abierta la segunda generación estudiada tenía un menor número de plántulas de *Zygophyllum fontanesii*, un máximo de 17, pero por el contrario presentaba un mayor número de las de *Suaeda mollis*, con

un máximo de 26. La dinámica de esta especie fue prácticamente idéntica que la de la primera generación.

La tercera generación presentaba un número de plántulas aun más reducido, germinando un máximo de 4 y 1 para *Zygophyllum fontanesii* y *Suaeda mollis*, respectivamente. Las plántulas germinaron hasta el mes de abril, a partir del cual la tasa de supervivencia descendió y se estabilizó hasta el mes de agosto, cuando volvió a disminuir definitivamente. Al igual que ocurriera en la parcela acotada, en la abierta la tercera generación presentaba un escaso número de plántulas, con 4 para *Zygophyllum fontanesii* y 2 para *Suaeda mollis*. Asimismo, la dinámica es muy similar a la indicada para la parcela acotada, con la diferencia que los meses de descenso de la tasa de supervivencia fueron mayo y julio.

La tasa de supervivencia para ambas especies fue siempre mayor en la parcela acotada que en la abierta, a excepción de la primera generación, donde en el caso de *Suaeda mollis* es a la inversa (figura 6.28). La tasa de supervivencia presentó dos fluctuaciones principales, una estacional y otra interanual. En el primer caso la tasa de supervivencia descendió de forma más acusada en los primeros meses. A partir de los meses de verano esta tasa tendió a estabilizarse, debido a que la mortalidad se redujo de forma significativa. Sin embargo, en algunas ocasiones la tasa se volvió a reducir en noviembre. Asimismo, las tasas de supervivencia fueron diferentes para los distintos periodos analizados. Los dos primeros periodos presentaron una tasa de supervivencia similar para las dos parcelas y especies, pero la del periodo 2007-2008 tiende a ser mayor. La única excepción fue para las plántulas de *Suaeda mollis* de la parcela abierta. En el último periodo, 2008-2009, la tasa de supervivencia decreció de forma muy acusada para todas las parcelas y especies, incluso en ambas parcelas los pocos individuos germinados de *Suaeda mollis* no lograron sobrevivir.

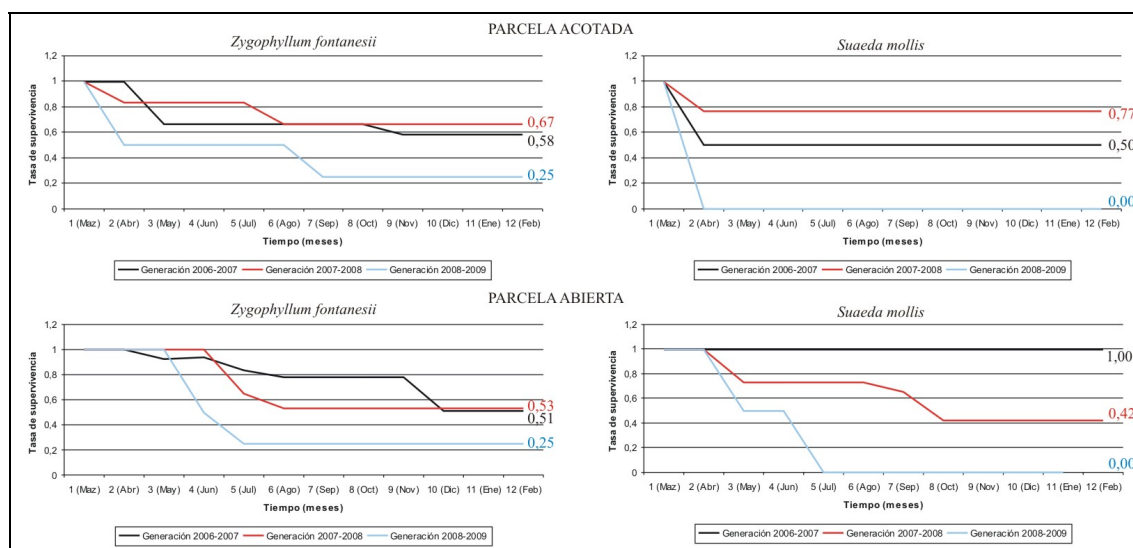


Figura 6.28. Tasas de supervivencia de las parcelas acotada y abierta.

Evolución de la cobertura de la comunidad de *Zygophyllum fontanesii*

Los datos de cobertura obtenidos mediante la cartografía de cada parcela en diferentes años han permitido analizar el desarrollo de la vegetación. En la tabla 6.6 y las figuras 6.29 y 6.30 se puede observar las variaciones experimentadas por la vegetación de cada parcela, constatándose un incremento muy significativo.

Periodo	<i>Zygophyllum fontanesii</i> a	<i>Zygophyllum fontanesii</i> b
Cobertura (m ²) en 2006 (% parcela)	7,4 (18,5%)	5,7 (14,2%)
Cobertura (m ²) en 2007 (% parcela)	14,7 (36,7%)	27,2 (68%)
Cobertura (m ²) en 2008 (% parcela)	27,5 (68,7%)	35,8 (89,5%)
Cobertura <i>Z.f.</i> (m ²) en 2006	7,4	5,7
Cobertura <i>Z.f.</i> (m ²) en 2007	14,0	16,3
Cobertura <i>Z.f.</i> (m ²) en 2008	16,6	10,9
Cobertura <i>S.m.</i> (m ²) en 2006	0	0
Cobertura <i>S.m.</i> (m ²) en 2007	0,7	10,9
Cobertura <i>S.m.</i> (m ²) en 2008	5,8	3,5
Cobertura <i>Z.f.</i> y <i>S.m.</i> (m ²) en 2006	0	0
Cobertura <i>Z.f.</i> y <i>S.m.</i> (m ²) en 2007	0	0
Cobertura <i>Z.f.</i> y <i>S.m.</i> (m ²) en 2008	5,1	21,4

Tabla 6.6. Variación de la cobertura de la vegetación de las parcelas de *Zygophyllum fontanesii*.

En abril de 2006 en ambas parcelas únicamente estaba presente *Zygophyllum fontanesii*, ocupando el 18,5% en la acotada y el 14,2% en la abierta. En el año 2007 *Suaeda mollis* se consolidó, pero de forma más significativa en la parcela abierta. Debido a esto, y al incremento de *Zygophyllum fontanesii*, la superficie de la vegetación ascendió al 36,7% en la parcela acotada, y al 68% en la abierta. Asimismo, se puede observar como varias plantas aisladas de *Zygophyllum fontanesii* se agruparon, formando rodales uniformes, que dan la impresión de constituir un único individuo. En el año 2008 la cobertura de las parcelas acotada y abierta ascendió a casi el 70% y 90%, respectivamente. Se consolidó la estrategia de *Zygophyllum fontanesii* indicada anteriormente, es decir, el agrupamiento de varias plantas formando una densa población. Además, la expansión de *Suaeda mollis* ocupó áreas donde ya existían ejemplares de la otra especie, formándose manchas mixtas. Estas manchas tenían especial significación en la parcela abierta, ya que ocupaban una superficie muy importante. Mientras que en la parcela acotada el incremento de la superficie de las dos especies fue gradual a lo largo del periodo de estudio, en la abierta no ocurrió igual (tabla 6.6). Así, tanto *Zygophyllum fontanesii* como *Suaeda mollis* aumentaron su superficie en el periodo 2006-2007, pero disminuyeron en el 2007-2008. Por el contrario, la superficie ocupada por manchas mixtas ascendió de forma muy significativa, lo que verifica lo ya citado anteriormente sobre la mayor importancia de este fenómeno en la parcela abierta.

Con respecto a las variaciones de altura (tabla 6.7), se observan diferencias significativas entre las dos parcelas. Mientras que en la acotada, en el periodo 2006-

2007, las plantas de *Zygophyllum fontanesii* incrementaron su altura en un promedio del 211,9%, en el siguiente se redujo a un 81,3%. Por su parte, la parcela abierta presentó una dinámica inversa, es decir, en el segundo periodo la altura se incrementó de forma más significativa que en el primero. Las variaciones de *Suaeda mollis* no han podido ser calculadas debido a que esta especie apareció en el periodo 2007-2008 y porque la mayor parte de los ejemplares se mezclaron entre sí y con *Zygophyllum fontanesii*, lo que dificultaba la toma de los datos de altura al no poderse identificar cada individuo de forma clara.

Especie/periodo	Parcela acotada (A)			Parcela abierta (B)		
	Media	Máx.	mín.	Media	Máx.	mín.
<i>Zygophyllum fontanesii</i> 2006-2007	16,9 cm (211,9%)	28 cm	8 cm	6,8 cm (57,0%)	26 cm	-5 cm
<i>Zygophyllum fontanesii</i> 2007-2008	30,5 cm (81,3%)	52 cm	10,0 cm	23,3 cm (99,3%)	52 cm	7 cm

Tabla 6.7. Variaciones de la altura de las plantas en las parcelas de la comunidad de *Zygophyllum fontanesii*.

La aparición gradual de *Suaeda mollis* parece indicar que esta especie actúa como colonizador secundario en las superficies de deflación húmedas con un alto contenido de sal en las aguas freáticas, mientras que *Zygophyllum fontanesii* encabeza el proceso de sucesión ecológica. La vegetación presenta un desarrollo temporal que se puede dividir en tres etapas principales:

- 1) Incipiente: la especie primocolonizadora es *Zygophyllum fontanesii*. Se desarrolla a partir de la germinación de un gran número de plántulas. La cobertura vegetal es baja.
- 2) Consolidación: las plantas supervivientes se agrupan, de forma que la estrategia básica consiste en la formación de manchas aisladas de vegetación. Asimismo, se aprecia una incipiente colonización por parte de *Suaeda mollis* que también presenta pequeñas agrupaciones o individuos aislados. La cobertura vegetal crece de forma espectacular y ocupa una parte muy significativa del espacio.
- 3) Colmatación: las manchas se expanden y se unen unas con otras, formándose amplios rodales, hasta el punto de ocupar la mayor parte del espacio disponible. Se forman manchas mixtas de *Zygophyllum fontanesii* y *Suaeda mollis*.

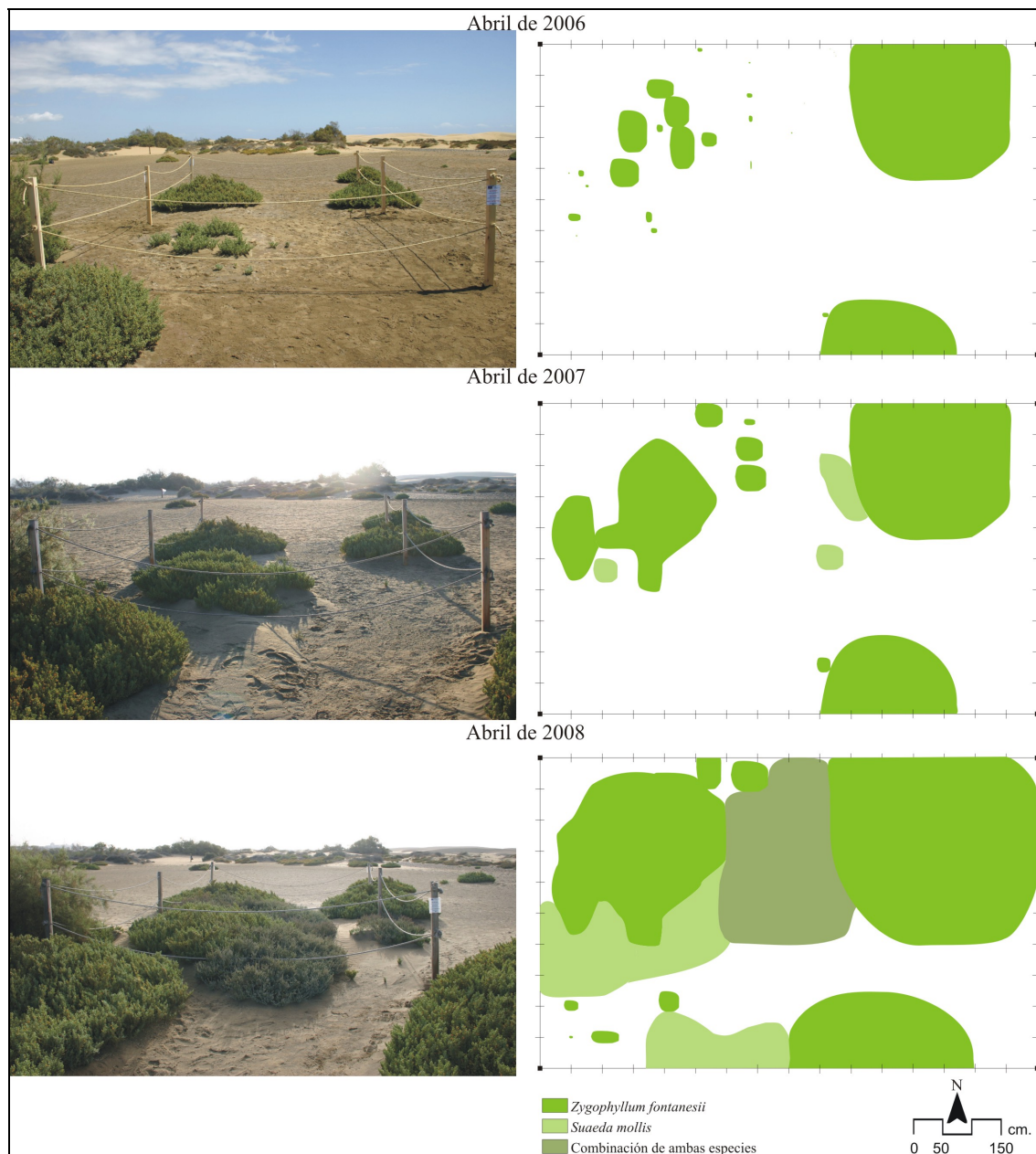


Figura 6.29. Evolución de la vegetación en la parcelas acotada de la comunidad de *Zygophyllum fontanesii*.

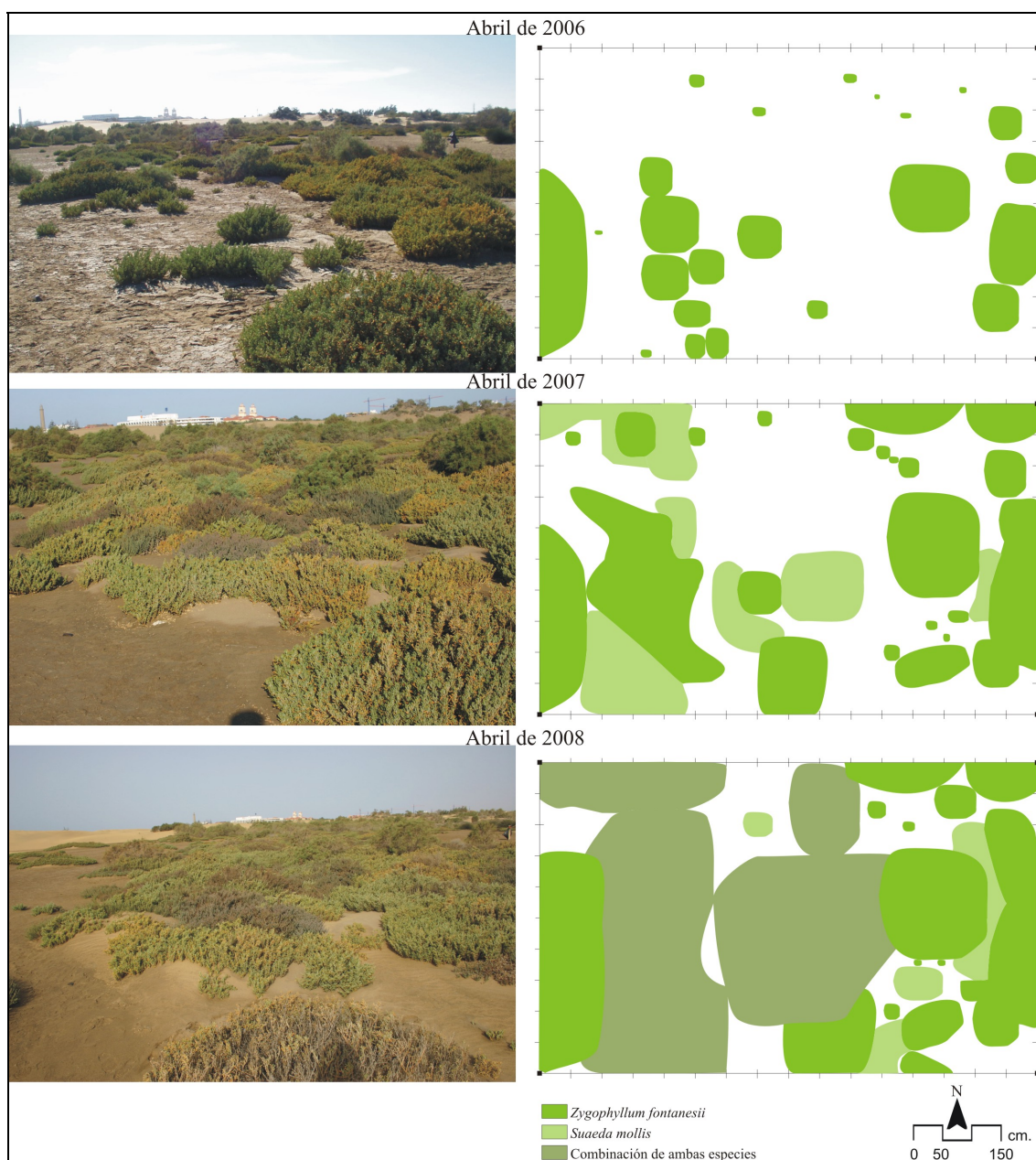


Figura 6.30. Evolución de la vegetación en la parcelas abierta de la comunidad de *Zygophyllum fontanesii*.

Evolución de la cobertura de la comunidad de *Juncus acutus*

Esta comunidad vegetal presenta una menor dinámica que la anterior (tabla 6.8, figuras 6.31 y 6.32). Entre los años 2006 y 2007 la cobertura se incrementó en ambas parcelas, aunque algo más en la acotada. Entre 2007 y 2008 se produjo un evidente estancamiento. En la parcela acotada, además de *Juncus acutus*, también hay algunos ejemplares juveniles de *Tamarix canariensis*. Esta última especie presentó un aumento de cobertura muy escaso entre los años 2006 y 2007, para estancarse entre 2007 y 2008. Por el contrario, *Juncus acutus* siempre presentó una incremento de la cobertura, aunque en el último periodo es muy reducido.

Periodo	<i>Juncus acutus</i> A	<i>Juncus acutus</i> B
Cobertura (m ²) en 2006 (% parcela)	7,9 (19,7%)	6,0 (15%)
Cobertura (m ²) en 2007 (% parcela)	12,6 (31,5%)	8,4 (21%)
Cobertura (m ²) en 2008 (% parcela)	13 (32,5%)	8,8 (22%)
Cobertura <i>J.a.</i> (m ²) en 2006	6,4	6,0
Cobertura <i>J.a.</i> (m ²) en 2007	10,6	8,4
Cobertura <i>J.a.</i> (m ²) en 2008	11,1	8,8
Cobertura <i>T.c.</i> (m ²) en 2006	1,5	-
Cobertura <i>T.c.</i> (m ²) en 2007	2,0	-
Cobertura <i>T.c.</i> (m ²) en 2008	1,9	-

Tabla 6.8. Variación de la cobertura de la vegetación de las parcelas de *Juncus acutus*.

Las especies presentes en las parcelas de esta comunidad tuvieron unas variaciones de altura muy reducidas (tabla 6.9). Así, en la parcela acotada, *Juncus acutus* presentó una variación media de altura del 27,6% en el periodo 2006-2007, mientras que en el segundo periodo se redujo al 8,7%. *Tamarix canariensis* tuvo un incremento de altura para el periodo 2006-2007 del 10,3% y en el 2007-2008 se redujo a un -1,3%.

Especie/periodo	Parcela acotada (A)			Parcela abierta (B)		
	Media	Máx.	mín.	Media	Máx.	mín.
<i>Juncus acutus</i> 2006-2007	9,6 cm (27,6%)	24 cm	-5 cm	11,6 cm (47,8%)	26 cm	-10 cm
<i>Tamarix canariensis</i> 2006-2007	3,7 cm (8,7%)	18 cm	-3 cm	-	-	-
<i>Juncus acutus</i> 2007-2008	3,9 cm (10,3%)	18 cm	-21 cm	6,9 cm (18,2%)	24 cm	-11 cm
<i>Tamarix canariensis</i> 2007-2008	-1 cm (-1,3%)	9 cm	-10 cm	-	-	-

Tabla 6.9. Variaciones de la altura de las plantas en las parcelas de la comunidad de *Juncus acutus*.

En la parcela abierta también se observa una reducción de la altura de las plantas, en este caso solamente de *Juncus acutus*, entre ambos periodos. Sin embargo, el incremento medio siempre es superior.

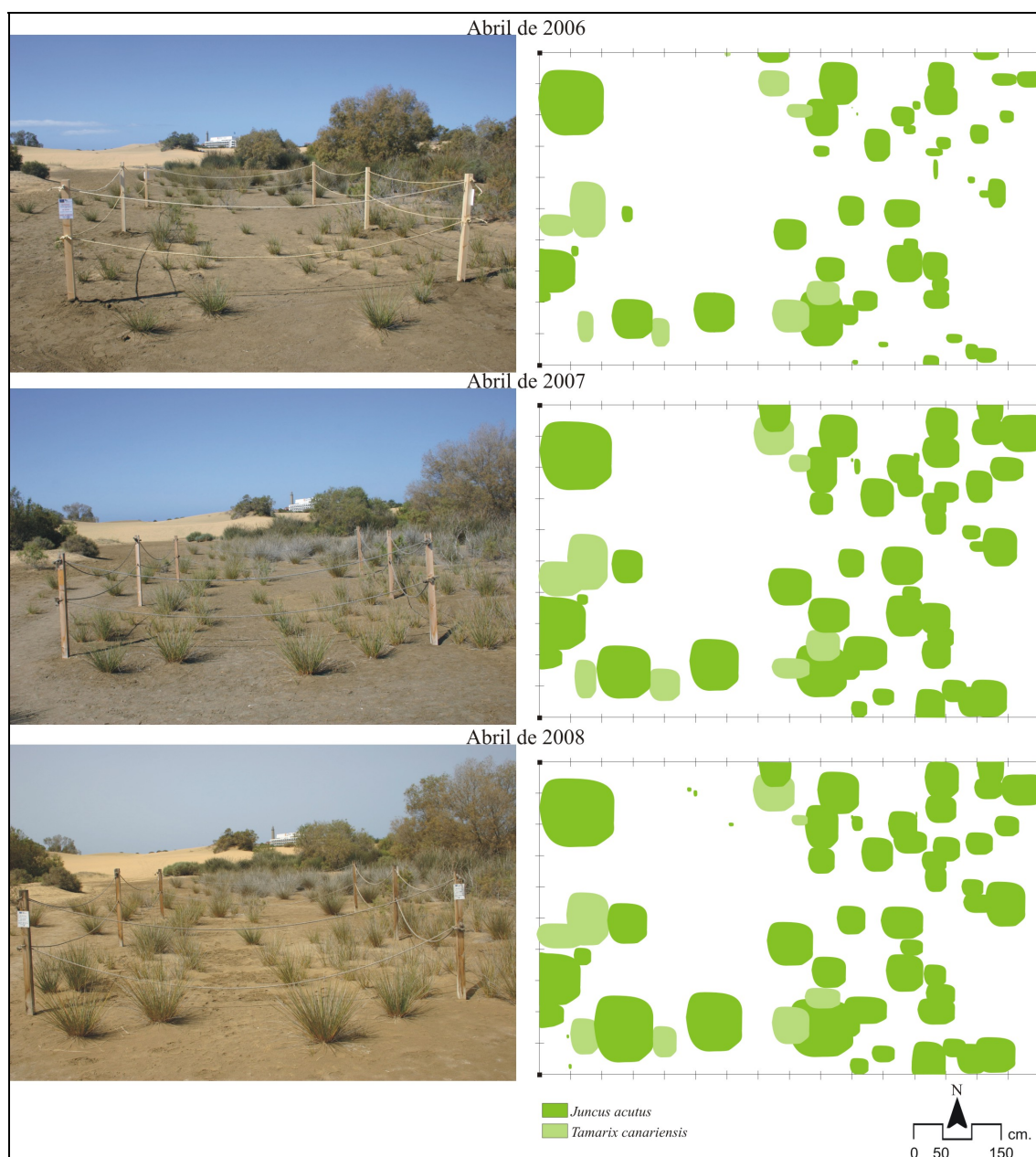


Figura 6.31. Evolución de la vegetación en la parcelas acotada de la comunidad de *Juncus acutus*.

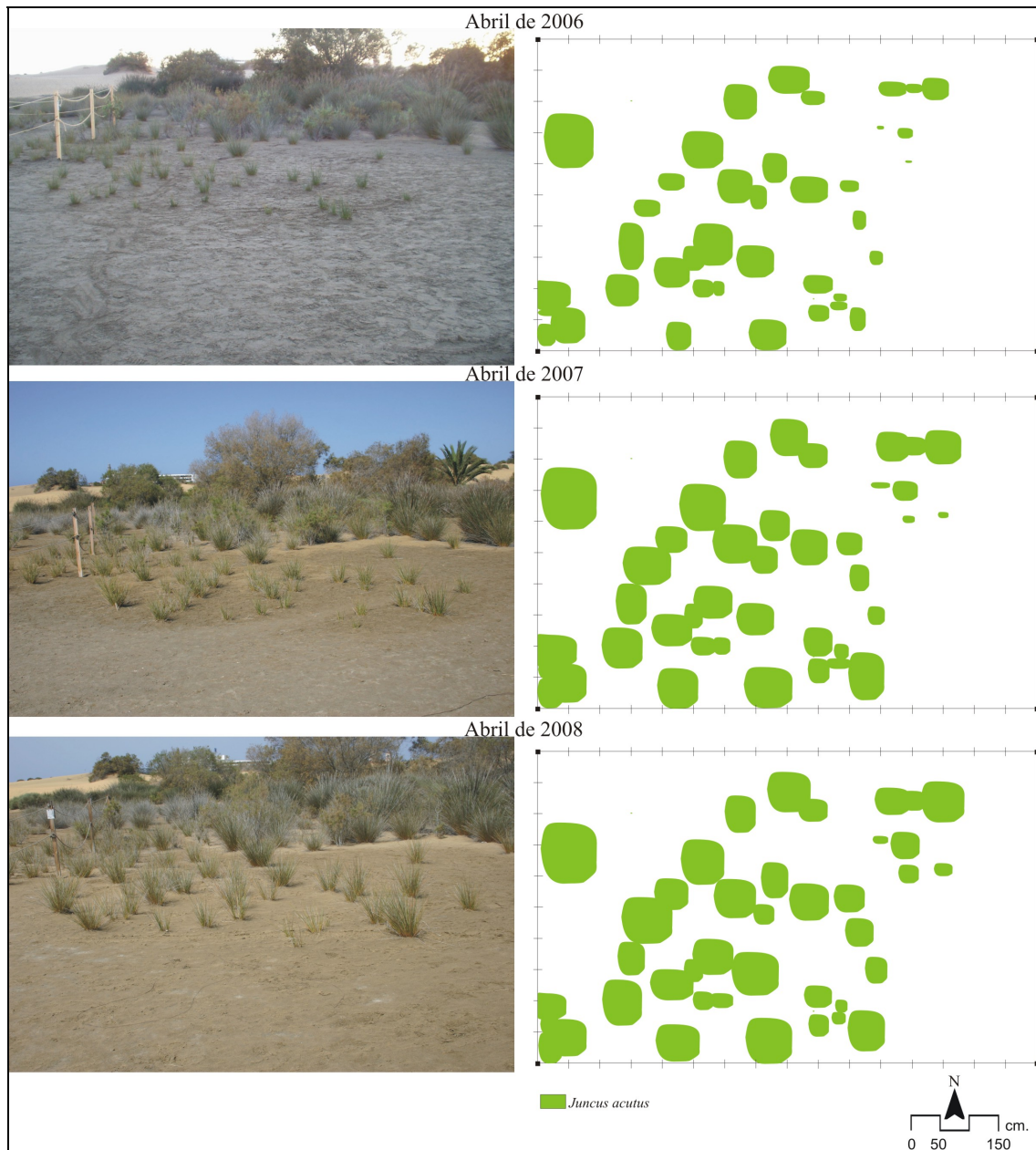


Figura 6.32. Evolución de la vegetación en la parcelas abierta de la comunidad de *Juncus acutus*.

Durante la recogida de datos se ha observado cierta incidencia de los conejos (*Oryctolagus cuniculus*) sobre las plántulas de *Juncus acutus* (figura 6.33). Así, algunas de ellas son ramoneadas por este mamífero, de forma que limitan su crecimiento. Además, se observan zonas excavadas dentro de la parcela acotada, lo que podría producir el desenterramiento de algunas plántulas. No se ha estimado el impacto del conejo en la dinámica de *Juncus acutus*, pero este roedor podrían tener una incidencia significativa sobre las plántulas de esta especie, sobre todo en años secos, cuando la vegetación herbácea escasea.



Figura 6.33. Efectos de los conejos (*Oryctolagus cuniculus*) sobre *Juncus acutus*. Excavaciones (izquierda) y ramoneo de plántulas (derecha).

Aunque con variaciones, tanto las parcelas acotadas como las abiertas de ambas comunidades vegetales presentan un crecimiento de la cobertura vegetal. Esto refleja que al menos en la zona analizada el pisoteo no representa un impacto significativo para estas comunidades vegetales.

Relación del régimen pluviométrico con la evolución de la vegetación de las parcelas

El régimen pluviométrico del periodo de seguimiento de las parcelas (2006-2008) está marcado por un descenso paulatino de las precipitaciones. Solamente el año 2006 registró unas precipitaciones superiores a la media (162 mm), mientras que los años 2007 y 2008 han estado por debajo, 46,6 y 33,7 mm respectivamente. Contrariamente, la cobertura de la vegetación de las parcelas de *Zygophyllum fontanesii* se incrementó progresivamente en el mismo periodo (figura 6.34).

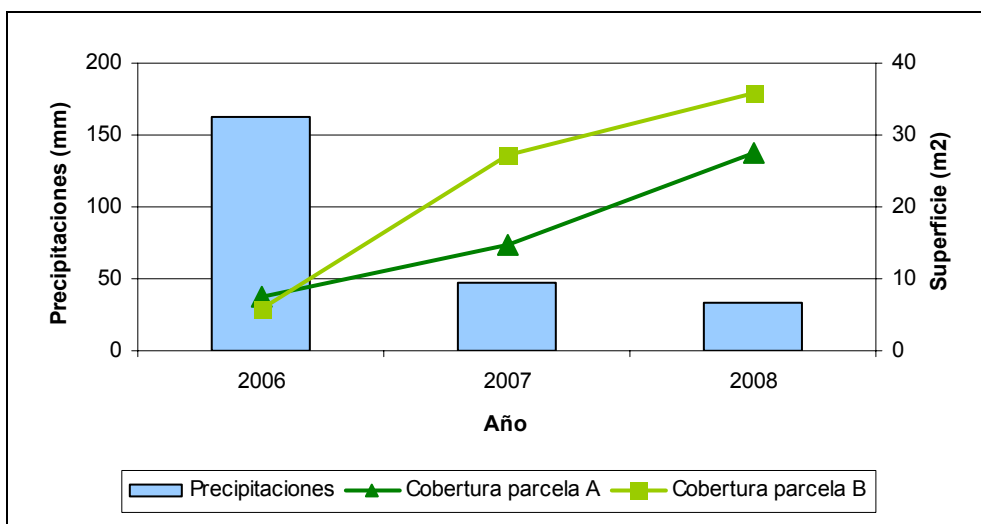


Figura 6.34. Evolución de la cobertura de las parcelas de *Zygophyllum fontanesii* en relación con las precipitaciones.

Con respecto a los índices de supervivencia, éstos presentan una dinámica diferente en función de las parcelas (figura 6,35). Así, en la parcela A, entre los años 2006 y 2007, estos índices de incrementaron, para descender entre 2007 y 2008. Por el contrario, en la parcela B, la disminución se produjo para los dos periodos. En las dos parcelas, las plántulas de *Suaeda mollis* correspondientes a la tercera generación (año 2008), no sobrevivieron, mientras que una parte de las de *Zygophyllum fontanesii* si lo hicieron en cada periodo.

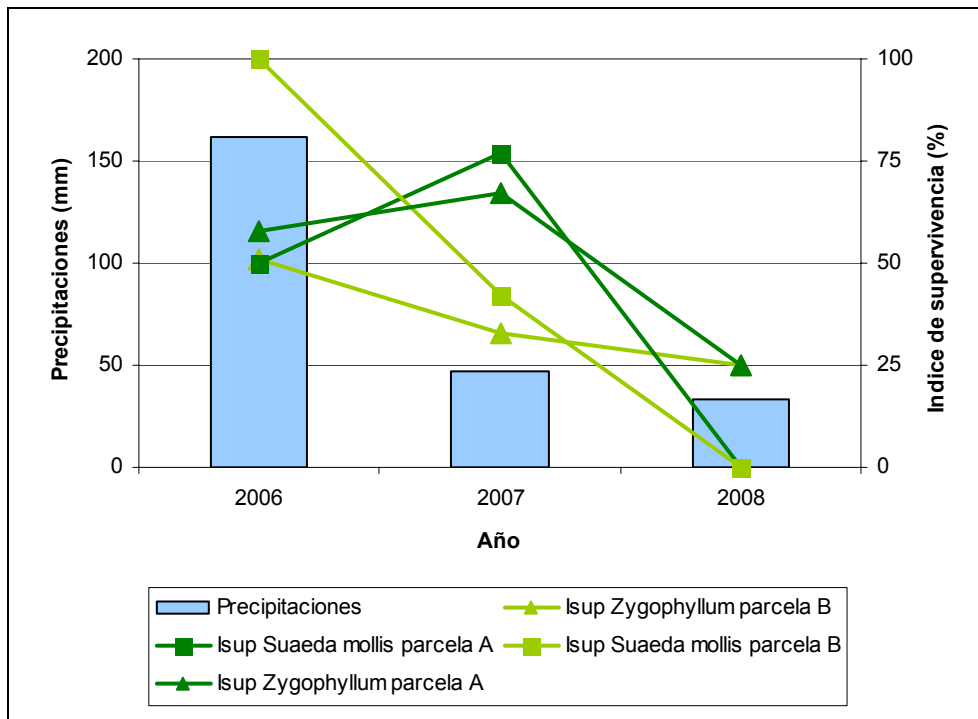


Figura 6.35. Evolución de los índices de supervivencia de las parcelas de *Zygophyllum fontanesii* en relación con las precipitaciones.

Los datos obtenidos se enfrentan claramente a los expuestos en los apartados anteriores, en cuanto que se desveló una relación entre el aumento de la superficie ocupada por la vegetación y la existencia de varios años seguidos con precipitaciones superiores a la media. La explicación a esta contradicción se encuentra en las diferencias existentes entre los procesos de colonización. Así, en los epígrafes anteriores se analizaba el incremento de la superficie de cada comunidad basado en un proceso de expansión de la misma, es decir, de colonización progresiva de nuevas áreas de las depresiones interdunares. En el caso de las parcelas de observación, el proceso colonizador se basa en la colmatación de los núcleos ya existentes, o lo que es lo mismo, de un crecimiento interior. Por lo tanto, los datos obtenidos indican que la colonización de nuevas áreas depende de varios periodos húmedos, mientras que la colmatación de las zonas ya colonizadas puede producirse con un año de precipitaciones por encima de la media seguido de otros secos. Esto se relaciona con la dinámica de las nuevas plántulas, que son incapaces de mantener una tasa de supervivencia más o menos significativa con años secos. En definitiva, en años secos la supervivencia de la

nueva generación de plántulas es escasa y, por lo tanto, no pueden colonizar nuevas áreas. En cambio, las plántulas que han sobrevivido a su primer año, debido a la existencia de precipitaciones suficientes, son capaces de incrementar su cobertura en los siguientes años secos y colmar los núcleos ya existentes. Esto seguramente se debe a que estas plántulas ya han alcanzado un desarrollo radicular suficiente para alcanzar la capa freática o zonas cercanas donde el contenido en humedad es significativo, que suele estar a unos 60 cm de profundidad, de forma que su supervivencia no depende totalmente de las precipitaciones, al menos a corto plazo.

Otro aspecto a valorar es la estrategia de colonización de *Zygophyllum fontanesii* y, en menor medida, de *Suaeda mollis*. Como se comentó en apartados anteriores, las plantas se agrupan formando rodales circulares, de forma que aparentan ser un único individuo. Esta estrategia posiblemente produzca un efecto de facilitación para los ejemplares jóvenes, mejorando las condiciones ambientales en cuanto a humedad, nutrientes, etc. De esta forma, las plántulas que se desarrollan alrededor de ejemplares adultos o subadultos pueden sobrevivir a periodos de escasez de precipitaciones. Por el contrario, en las nuevas zonas, donde no existen otros individuos, no se producen procesos de facilitación, lo que dificulta el asentamiento de las nuevas plántulas durante los periodos secos.

6.1.4. Dinámica de la vegetación mediante la interpretación de inventarios de vegetación

Los datos obtenidos a partir de los inventarios de vegetación, además de servir para caracterizar las comunidades vegetales, permiten analizar la dinámica de las mismas mediante la comparación de estados sucesionales diferentes, relacionados principalmente con los procesos sedimentarios eólicos, que como se pudo comprobar anteriormente, son los que controlan la dinámica del sistema de dunas. Por lo tanto, se han comparado los inventarios de aquellas comunidades vegetales que están presentes en varias de las zonas definidas en función de los procesos sedimentarios eólicos.

6.1.4.1. Comunidad de *Cyperus capitatus*-*Ononis serrata*

Esta comunidad vegetal se localiza fundamentalmente en la zona estabilizada y en proceso de estabilización, aunque también aparece en áreas alteradas de la zona activa, como se determinó en la primera parte de este capítulo. Presenta dos dinámicas principales, una estacional y otra sucesional.

La dinámica estacional está marcada por las precipitaciones, de forma que entre la estación lluviosa y la seca la estructura y composición florística de esta comunidad varía sustancialmente (figura 6.36). En la época de lluvias la cobertura es más elevada, están presentes todas las especies de terófitos, y el geófito *Cyperus capitatus* presenta un mayor porte. En la época seca los terófitos desaparecen y, en los años con precipitaciones escasa, también lo hace *Cyperus capitatus*, que únicamente mantiene sus

rizomas bajo la superficie de la arena. Sin embargo, en otras ocasiones esta especie se mantiene durante esta época, pero con un porte prácticamente rastrero.



Figura 6.36. Dinámica estacional de la comunidad de *Cyperus capitatus-Ononis serrata*. Estación húmeda (izquierda) y estación seca (derecha)

La composición florística varía de forma evidente en función de los procesos sedimentarios eólicos existentes (tabla 6.10). Así, en las dunas en proceso de estabilización, predomina el estrato herbáceo, siendo *Cyperus capitatus* la especie preponderante, tanto a nivel de frecuencia como por cobertura. En estas situaciones también es posible detectar otros taxones, como *Ononis serrata* y *Launaea arborescens*, pero con una abundancia escasa. Conforme las dunas se estabilizan, aumenta la frecuencia y cobertura de *Ononis serrata*, que en estas situaciones supera a *Cyperus capitatus*, y aparecen nuevas especies de arbustos. También se incrementan los índices de cobertura de *Launaea arborescens* y *Neurada procumbens*, y aparecen otras especies entre las que destacan *Mairetis microsperma* y *Heliotropium ramosissimum*. Al margen de esta dinámica, vinculada a la variación de los procesos sedimentarios eólicos, en las zonas alteradas por las actividades humanas se produce un cambio en la composición florística muy significativo. En el estrato herbáceo predomina *Ononis serrata*, con *Cyperus capitatus* y *Neurada procumbens* escasamente representados y normalmente ausentes, apareciendo numerosas especies ruderales (*Aizoon canariense*, *Mesembryanthemum crystallinum*, *Salsola kali* y *Malva parviflora*), aunque con una cobertura poco significativa.

Las diferentes abundancias y presencia de las especies marcan distintas etapas evolutivas en la colonización de las dunas. Algunas de estas etapas son permanentes, mientras que otras constituyen una etapa de transición en el proceso de sucesión vegetal.

Especie	Dunas en proceso de estabilización			Dunas estabilizadas			Zonas alteradas		
	Media	Máx.	mín.	Media	Máx.	mín.	Media	Máx.	mín.
Herbáceas (hemcriptófitos, geófitos y terófitos)									
<i>Ononis serrata</i>	8,9	25,0	0,0	36,6	100,0	0,0	49,6	100,0	10,0
<i>Cyperus capitatus</i>	21,7	25,0	10,0	23,2	50,0	0,0	9,6	50,0	0,0
<i>Neurada procumbens</i>	1,1	5,0	0,0	18,9	50,0	0,0	1,7	5,0	0,0
<i>Mairetis microsperma</i>				2,8	25,0	0,0	3,3	10,0	0,0
<i>Lobularia lybica</i>				0,8	25,0	0,0			
<i>Cenchrus ciliaris</i>				0,3	10,0	0,0			
<i>Cynodon dactylon</i>				0,9	25,0	0,0			
<i>Mesembryanthemum crystallinum</i>				0,1	5,0	0,0	0,4	5,0	0,0
<i>Anthoxanthum aristatum</i>				0,2	10,0	0,0			
<i>Salsola kali</i>							0,8	10,0	0,0
<i>Aizoon canariense</i>							0,8	10,0	0,0
<i>Volutaria canariensis</i>				0,1	5,0	0,0			
<i>Malva parviflora</i>							0,4	5,0	0,0
<i>Stipagrostis ciliata</i>				0,05	5,0	0,0			
<i>Plantago afra</i>				0,1	10,0	0,0			
<i>Eragrostis barrelieri</i>				0,1	10,0	0,0			
<i>Arundo donax</i>							0,4	5,0	0,0
Arbustivas (nanofanerófitos y caméfitos)									
<i>Launaea arborescens</i>	1,1	5,0	0,0	9,3	50,0	0,0	10,0	25,0	0,0
<i>Heliotropium ramosissimum</i>				3,4	25,0	0,0	9,6	25,0	0,0
<i>Nicotiana glauca</i>				0,3	10,0	0,0	0,8	5,0	0,0
<i>Suaeda mollis</i>							0,8	10,0	0,0
<i>Zygophyllum fontanesii</i>							0,8	10,0	0,0

Tabla 6.10. Estadísticos básicos de los índices de cobertura (%) de las especies vegetales presentes en la comunidad de *Cyperus capitatus*-*Ononis serrata*.

Se puede observar una secuencia sucesional en forma de bandas paralelas entre una zona de dunas semiactiva hasta otra estabilizada (figura 6.37 A). Las dunas semiestabilizadas son colonizadas en primera instancia por *Cyperus capitatus*, mediante individuos aislados o pequeños grupos, predominando la arena desnuda (figura 6.37 A1). A partir de estos primeros individuos, esta especie coloniza las dunas mediante sus rizomas, que los extiende por toda la superficie, contribuyendo de esta forma a su estabilización (figura 6.37 A2) y disminuyendo el porcentaje de arena desnuda. Se forma así el subtipo 1 de la subcomunidad de *Cyperus capitatus*-*Ononis serrata*. Cuando la arena queda casi o totalmente estabilizada se generaliza la presencia de *Ononis serrata*, dando una apariencia diferente a la comunidad, a la vez que sigue siendo muy significativa la presencia de *Cyperus capitatus* (figura 6.37 A3). De esta forma, aparece el subtipo 2 de la subcomunidad de *Cyperus capitatus*-*Ononis serrata*.

Esto también permite el aumento de la diversidad florística, apareciendo especies hasta entonces ausentes en esta comunidad vegetal, como el caso de *Mairetis micosperma*, *Neurada procumbens* y *Heliotropium ramosissimum*, entre las principales.

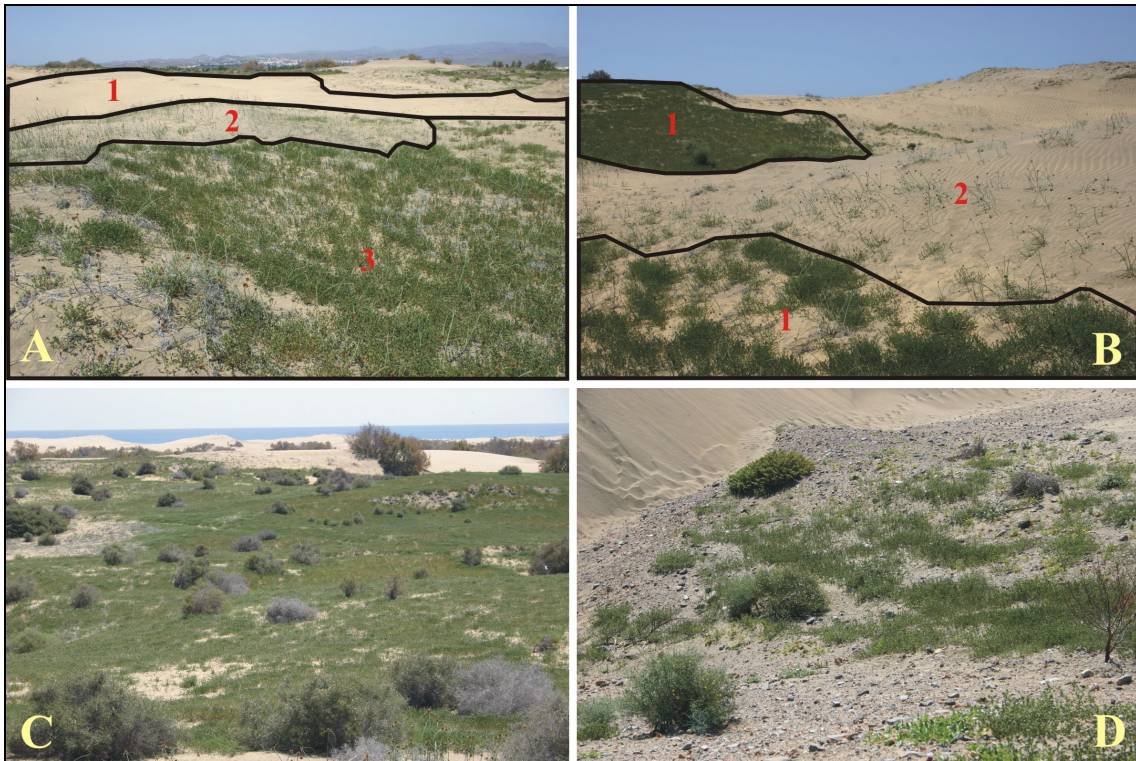


Figura 6.37. Dinámica sucesional de la comunidad de *Cyperus capitatus*-*Ononis serrata*.

Sin embargo, este esquema general se ve matizado por las características de la morfología del sustrato en cuestión. Cuando la geoforma es una duna, únicamente está presente *Cyperus capitatus* (figura 6.38). Sin embargo, en las láminas de arena o en aquellas dunas donde se forman pequeñas depresiones (*blowout*), se establece la siguiente estructura: *Cyperus capitatus* domina las zonas de mayor acumulación y movilidad de los sedimentos (caso de las caras y cresta de la duna; figura 6.37 B2), mientras que *Ononis serrata* domina las zonas más deprimidas y protegidas (figura 6.37 B1). En definitiva, la dominancia de una u otra especie está controlada por la acumulación de arena existente y la movilidad de la misma. En las zonas donde predomina la acreción (gran acumulación de arena) domina *Cyperus capitatus*, mientras que donde predomina la deflación es dominante *Ononis serrata*.



Figura 6.38. Comunidad de *Cyperus capitatus-Ononis serrata* colonizando una duna en proceso de estabilización. Se puede apreciar el predominio exclusivo de *Cyperus capitatus*.

En la zona estabilizada también se genera la subcomunidad de *Cyperus capitatus-Ononis serrata* con *Neurada procumbens* cuando este terófito introducido aparece de forma significativa. Es una especie de dispersión zoócora, ya que sus semillas presentan un sistema de anclaje a superficies de diferente naturaleza, incluidos los zapatos de los visitantes al campo de dunas de Maspalomas. De esta forma, se ha dispersado por gran parte de la zona estabilizada, alterando la estructura de esta comunidad vegetal. Efectivamente en las unidades de la zona noreste *Neurada procumbens* llega a ser dominante (figura 6.39), con la posibilidad que esté desplazando a otros terófitos como a *Ononis serrata*.



Figura 6.39. Detalle de una comunidad de *Cyperus capitatus*-*Ononis serrata* dominada por *Neurada procumbens* (de color verde más claro).

En situaciones concretas *Launaea arborescens* interviene en esta comunidad vegetal, mediante ejemplares aislados o pequeños rodales, generando un incipiente estrato arbustivo (figura 6.37 C), formándose la subcomunidad de *Cyperus capitatus*-*Ononis serrata* con *Launaea arborescens*. En las zonas alteradas (figura 6.37 D), donde la arena forma únicamente una capa superficial, la estructura de la comunidad varía de forma significativa, ya que desaparece *Cyperus capitatus* y predomina fundamentalmente *Ononis serrata* y algunos terófitos ruderales, como los citados anteriormente. Además, el caméfito *Heliotropium ramosissimum* en estas zonas presenta los mayores índices medios de cobertura.

6.1.4.2. Comunidad de *Launaea arborescens*

Consituye una de las pocas comunidades que está presente en las tres unidades geomorfológicas principales. Asimismo, está presente tanto en depresiones interdunares como en dunas, pero en este último tipo de geoforma únicamente se asienta en zonas estabilizadas. Por lo tanto, las unidades de este tipo de matorral ubicadas en depresiones interdunares son las que pueden dar las claves del proceso sucesional de esta comunidad vegetal.

En las depresiones de la zona activa el número de especies acompañantes es muy reducido y predomina el estrato arbustivo, destacando la presencia del caméfito *Heliotropium ramosissimum* y de *Nicotiana glauca* (tabla 6.11; figura 6.40). En la zona en proceso de estabilización la vegetación no presenta cambios significativos, excepto

porque la única especie existente es *Launaea arborescens*. Con la reducción de los procesos sedimentarios eólicos en la zona estabilizada se produce un cambio muy significativo en la composición florística y en la estructura. De esta forma, aparecen numerosas especies herbáceas, entre las que destacan *Cynodon dactylon* y *Cenchrus ciliaris* (figura 6.40), y se incrementa la cobertura de especies arbustivas como *Heliotropium ramosissimum*.

Con los resultados obtenidos se puede deducir que la comunidad de *Launaea arborescens* presente en las depresiones interdunares evoluciona desde una etapa pionera en la zona activa monoestrata, formada por plantas arbustivas y con un reducido número de especies, pero conforme se estabiliza el sistema, incrementa su riqueza florística y estratificación.



Figura 6.40. Dinámica sucesional de la comunidad de *Launaea arborescens*. Depresión interdunar en zona activa, donde el cortejo florístico es escaso y sólo existe el estrato arbustivo (arriba izquierda); depresión interdunar en zona estabilizada, con un estrato arbustivo y herbáceo bien desarrollado (arriba derecha); dunas estabilizadas con estrato herbáceo formado por especies psamófilas (debajo izquierda) y zona antropizada (antigua carretera) donde es frecuente el nanofanerófito *Schizogyne glaberrima* y el estrato herbáceo está formado por especies ruderales (debajo derecha).

Especie	Depresión en zona activa			Depresión en zona en proceso de estabilización			Depresión en zona estabilizada		
	Media	Máx.	mín.	Media	Máx.	mín.	Media	Máx.	mín.
Herbáceas (hemicriptófitos, geófitos y terófitos)									
<i>Ononis serrata</i>	2,8	25,0	0,0				5,5	25,0	0,0
<i>Cyperus capitatus</i>							9,3	25,0	0,0
<i>Neurada procumbens</i>							6,4	25,0	0,0
<i>Mairetis microsperma</i>							6,8	25,0	0,0
<i>Lobularia lybica</i>							0,2	5,0	0,0
<i>Cenchrus ciliaris</i>							10,0	50,0	0,0
<i>Cynodon dactylon</i>							13,0	50,0	0,0
<i>Mesembryanthemum crystallinum</i>							1,4	25,0	0,0
<i>Anthoxanthum aristatum</i>							2,5	10,0	0,0
<i>Aizoon canariense</i>							1,8	25,0	0,0
<i>Volutaria canariensis</i>							1,4	10,0	0,0
<i>Stipagrostis ciliata</i>							1,1	25,0	0,0
<i>Plantago afra</i>							1,6	25,0	0,0
<i>Eragrostis barrelieri</i>							1,1	25,0	0,0
<i>Juncus acutus</i>							1,1	25,0	0,0
<i>Pennisetum setaceum</i>							0,2	5,0	0,0
<i>Patellifolia patellaris</i>							0,2	5,0	0,0
<i>Avena</i> spp.							0,2	5,0	0,0
Arbustivas (nanofanerófitos y caméfitos)									
<i>Launaea arborescens</i>	62,2	100,0	10,0	100,0	100,0	100,0	42,2	100,0	10,0
<i>Heliotropium ramosissimum</i>	14,4	25,0	0,0				19,1	50,0	0,0
<i>Nicotiana glauca</i>	5,6	10,0	0,0				2,5	10,0	0,0
<i>Suaeda mollis</i>							2,3	25,0	0,0
<i>Opuntia dillenii</i>							0,2	5,0	0,0
<i>Schizogyne glaberrima</i>							0,5	5,0	0,0
<i>Austrocylindropuntia exaltata</i>							0,2	5,0	0,0
<i>Plocama pendula</i>							1,1	25,0	0,0
Árbóreas (macrofanerófitos)									
<i>Tamarix canariensis</i>	2,2	10,0	0,0				1,1	25,0	0,0

Tabla 6.11. Estadísticos básicos de los índices de cobertura (%) de las especies vegetales presentes en la comunidad de *Launaea arborescens* de depresiones interdunas.

Por otro lado, son destacables las diferencias de esta comunidad cuando se localiza en dunas estabilizadas (tabla 6.12) y en zonas alteradas por las actividades humanas. En el primer caso, *Launaea arborescens* está acompañada de forma muy significativa por especies herbáceas psamófilas como *Cyperus capitatus*, *Neurada*

procumbens y *Ononis serrata*. Además, especies que anteriormente tenían una cobertura significativa, como *Cynodon dactylon* y *Cenchrus ciliaris*, aquí son muy escasas. En las zonas alteradas las especies herbáceas psamófilas se reducen notablemente e intervienen terófitos ruderales, especialmente *Mesembryanthemum crystallinum* y *Patellifolia patellaris*, además de ciertos arbustos como *Schizogyne glaberrima*. También es reseñable la escasa diversidad de especies de la comunidad de *Launaea arborescens* presente en las dunas en proceso de estabilización, incluso está ausente su fiel acompañante *Heliotropium ramosissimum*. Probablemente esté relacionado con las características de las geoformas dunares, compuestas principalmente por láminas de arena de escaso espesor (el sustrato subyacente compuesto por calcarenitas se encuentra a pocos centímetros de la superficie), lo que podría limitar la aparición de plantas psamófilas. Probablemente la colonización de las dunas estabilizadas por parte de la comunidad de *Launaea arborescens* se produce a partir de la de *Cyperus capitatus*-*Ononis serrata*, pero esta cuestión será analizada de forma más pormenorizada en los apartados finales.

Especie	Dunas en proceso de estabilización			Dunas estabilizadas			Zonas alteradas		
	Media	Máx.	mín.	Media	Máx.	mín.	Media	Máx.	mín.
Herbáceas (hemicriptófitos, geófitos y terófitos)									
<i>Ononis serrata</i>				8,7	25,0	0,0			
<i>Cyperus capitatus</i>				17,4	25,0	0,0	8,3	25,0	0,0
<i>Neurada procumbens</i>				11,6	25,0	0,0			
<i>Mairetis microsperma</i>				1,0	25,0	0,0			
<i>Lobularia lybica</i>				0,5	10,0	0,0			
<i>Cenchrus ciliaris</i>				4,3	50,0	0,0	3,3	10,0	0,0
<i>Cynodon dactylon</i>				4,2	25,0	0,0	3,3	10,0	0,0
<i>Mesembryanthemum crystallinum</i>							8,3	25,0	0,0
<i>Anthoxanthum aristatum</i>				0,8	10,0	0,0			
<i>Aizoon canariense</i>				0,6	25,0	0,0	8,3	25,0	0,0
<i>Volutaria canariensis</i>				0,3	5,0	0,0	3,3	10,0	0,0
<i>Stipagrostis ciliata</i>				0,1	5,0	0,0			
<i>Mesembryanthemum nodiflorum</i>							3,3	10,0	0,0
<i>Pennisetum setaceum</i>							1,7	5,0	0,0
<i>Patellifolia patellaris</i>							8,3	25,0	0,0
<i>Hirschfeldia incana</i>							3,3	10,0	0,0
Arbustivas (nanofanerófitos y caméfitos)									
<i>Launaea arborescens</i>	83,3	100,0	50,0	55,2	100,0	25,0	45,0	100,0	10,0
<i>Heliotropium ramosissimum</i>				11,0	25,0	0,0	3,3	10,0	0,0
<i>Nicotiana glauca</i>				0,8	10,0	0,0			
<i>Forsskaolea</i>				0,1	5,0	0,0			

<i>angustifolia</i>									
<i>Opuntia dillenii</i>				0,1	5,0	0,0			
<i>Schizogyne glaberrima</i>				0,1	5,0	0,0	11,7	25,0	0,0
<i>Fagonia cretica</i>							1,7	5,0	0,0
<i>Plocama pendula</i>				0,3	5,0	0,0			
<i>Einadia nutans</i>				0,1	5,0	0,0	3,3	10,0	0,0
Arbóreas (macrofanerófitos)									
<i>Tamarix canariensis</i>	1,7	5,0	0,0						
<i>Phoenix canariensis</i>	1,7	5,0	0,0						

Tabla 6.12. Estadísticos básicos de los índices de cobertura (%) de las especies vegetales presentes en la comunidad de *Launaea arborescens* de dunas.

6.1.4.3. Comunidad de *Tamarix canariensis*

Junto a la comunidad de *Launaea arborescens* constituye la única que se localiza en las tres unidades geomorfológicas principales. Asimismo se ubica tanto en dunas como en depresiones interdunares y superficies de deflación.

Con respecto a los resultados de los inventarios realizados en dunas (tabla 6.13 y 6.14; figura 6.41) se puede apreciar como los índices de cobertura de las diferentes especies varían en función de la progresiva disminución de los procesos sedimentarios eólicos activos. En las dunas activas pocas especies forman parte del cortejo florístico de la comunidad de *Tamarix canariensis*, únicamente *Launaea arborescens*, *Cyperus capitatus* y *Nicotiana glauca*, pero con una cobertura muy escasa y presentes de forma ocasional. Normalmente constituye una comunidad monoespecífica y monoestrata. En las dunas en proceso de estabilización el número de especies es igual, interviniendo otras nuevas, como *Suaeda mollis*, en sustitución de *Nicotiana glauca*. Sin embargo, la abundancia de las especies también existentes en las dunas activas, *Launaea arborescens* y *Cyperus capitatus*, se incrementa, pero siguen siendo poco significativos y, además, no siempre están presentes. Cuando las dunas se presentan totalmente estabilizadas se produce un aumento muy sustancial de la cobertura y del número de especies vegetales. El efecto de la progresiva estabilización del sistema de dunas es muy claro en *Cyperus capitatus* en el estrato herbáceo y *Launaea arborescens* en el arbustivo, que incrementan su cobertura de forma paralela a la reducción de los procesos sedimentarios eólicos. Las restantes especies existentes en las dunas estabilizadas tienen unos índices de cobertura poco significativos, pero destaca la presencia de varias especies de terófitos y hemicriptófitos.

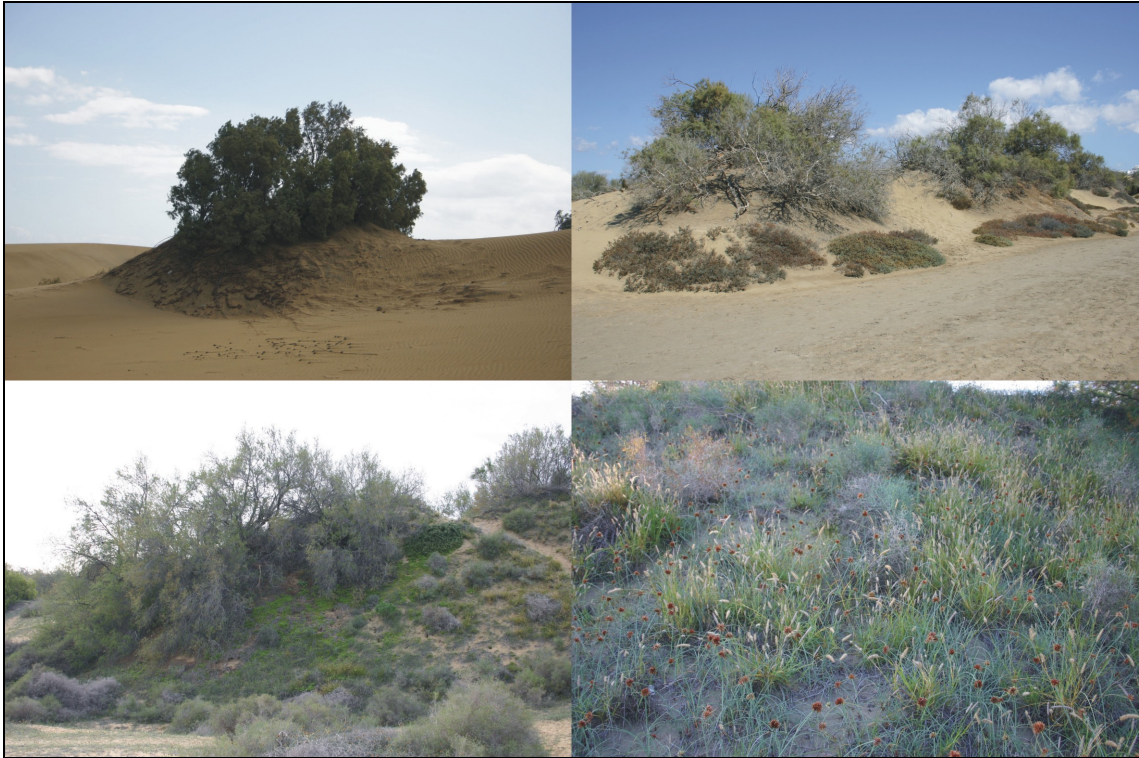


Figura 6.41. Dinámica sucesional de la comunidad de *Tamarix canariensis* en dunas: dunas activas sin cortejo florístico (arriba izquierda), dunas en proceso de estabilización con un incipiente estrato arbustivo (arriba derecha) y dunas estabilizadas con tres estratos, donde destaca una gran cobertura de herbáceas y algunos arbustos (abajo).

Especie	Dunas activas			Dunas en proceso de estabilización			Dunas estabilizadas			Zonas alteradas		
	Media	Máx.	mín.	Media	Máx.	mín.	Media	Máx.	mín.	Media	Máx.	mín.
Herbáceas (hemcriptófitos, geófitos y terófitos)												
<i>Ononis serrata</i>							6,1	25,0	0,0			
<i>Cyperus capitatus</i>	0,6	5,0	0,0	1,5	10,0	0,0	18,0	50,0	0,0			
<i>Neurada procumbens</i>							5,4	25,0	0,0			
<i>Mairetis microsperma</i>							1,1	25,0	0,0			
<i>Lobularia lybica</i>							0,6	10,0	0,0			
<i>Cenchrus ciliaris</i>							2,1	25,0	0,0			
<i>Cynodon dactylon</i>							1,5	25,0	0,0			
<i>Mesembryanthemum crystallinum</i>							2,3	25,0	0,0			
<i>Anthoxanthum aristatum</i>							2,1	10,0	0,0			
<i>Salsola kali</i>												
<i>Aizoon canariense</i>							0,2	5,0	0,0			
<i>Volutaria canariensis</i>							0,7	10,0	0,0			
<i>Plantago afra</i>							0,5	25,0	0,0			
<i>Patellifolia patellaris</i>							0,8	25,0	0,0	1,3	5,0	0,0
<i>Chenopodium murale</i>							0,5	5,0	0,0			

Tabla 6.13. Estadísticos básicos de los índices de cobertura (%) de las especies vegetales presentes en la comunidad de *Tamarix canariensis* de dunas.

Especie	Dunas activas			Dunas en proceso de estabilización			Dunas estabilizadas			Zonas alteradas		
	Media	Máx.	mín.	Media	Máx.	mín.	Media	Máx.	mín.	Media	Máx.	mín.
<i>Sonchus oleraceus</i>							0,7	10,0	0,0			
<i>Juncus acutus</i>							0,1	5,0	0,0	1,3	5,0	0,0
<i>Atriplex suberecta</i>							0,2	5,0	0,0			
Arbustivas (nanofanerófitos y caméfitos)												
<i>Launaea arborescens</i>	1,9	10,0	0,0	2,6	25,0	0,0	15,8	25,0	0,0			
<i>Heliotropium ramosissimum</i>							3,5	25,0	0,0	1,3	5,0	0,0
<i>Nicotiana glauca</i>	0,6	5,0	0,0				2,8	25,0	0,0	1,3	5,0	0,0
<i>Suaeda mollis</i>				2,2	25,0	0,0	0,1	5,0	0,0			
<i>Forsskaolea angustifolia</i>										1,3	5,0	0,0
<i>Opuntia dillenii</i>							0,6	25,0	0,0			
<i>Schizogyne glaberrima</i>							1,2	25,0	0,0			
<i>Plocama pendula</i>							0,2	5,0	0,0			
<i>Fagonia cretica</i>							0,1	5,0	0,0			
<i>Kleinia neriifolia</i>							0,2	5,0	0,0			
<i>Lycium intricatum</i>							0,3	5,0	0,0			
<i>Einadia nutans</i>							0,1	5,0	0,0			
Árbóreas (macrofanerófitos)												
<i>Tamarix canariensis</i>	93,8	100,0	75,0	69,4	100,0	25,0	67,0	100,0	25,0	87,5	100,0	75,0
<i>Phoenix canariensis</i>							0,1	5,0	0,0	25,0	75,0	0,0

Tabla 6.14. Estadísticos básicos de los índices de cobertura (%) de las especies vegetales presentes en la comunidad de *Tamarix canariensis* de dunas (continuación).

Por su parte, en las zonas alteradas, la comunidad de *Tamarix canariensis* tiene unas características parecidas a la de las dunas activas, debido al escaso cortejo florístico. Sin embargo, la presencia de algunos terófitos de naturaleza ruderal, como *Patellifolia patellaris*, o del caméfito *Heliotropium ramosissimum*, le conceden ciertas características diferenciadoras, aunque no siempre están presentes y su cobertura es poco significativa.

Especie	Depresión interdunar en zona activa			Depresión interdunar en zona en proceso de estabilización			Depresión interdunar en zona estabilizada		
	Media	Máx.	mín.	Media	Máx.	mín.	Media	Máx.	mín.
Herbáceas (hemicriptófitos, geófitos y terófitos)									
<i>Cyperus capitatus</i>							1,7	10,0	0,0
<i>Mairetis microsperma</i>							1,3	10,0	0,0
<i>Lobularia lybica</i>							0,8	10,0	0,0
<i>Cenchrus ciliaris</i>							1,3	10,0	0,0
<i>Cynodon dactylon</i>							1,7	10,0	0,0
<i>Mesembryanthemum crystallinum</i>							2,1	25,0	0,0
<i>Anthoxanthum aristatum</i>							0,4	5,0	0,0
<i>Volutaria canariensis</i>							4,2	25,0	0,0
<i>Plantago afra</i>							0,8	10,0	0,0
<i>Patellifolia patellaris</i>							0,8	10,0	0,0
<i>Chenopodium murale</i>							0,8	10,0	0,0
<i>Juncus acutus</i>	0,5	5,0	0,0	1,3	5,0	0,0	4,6	25,0	0,0
<i>Cyperus laevigatus</i>	3,5	25,0	0,0	0,6	5,0	0,0			
Arbustivas (nanofanerófitos y caméfitos)									
<i>Launaea arborescens</i>	0,5	5,0	0,0				4,2	10,0	0,0
<i>Heliotropium ramosissimum</i>							4,6	10,0	0,0
<i>Nicotiana glauca</i>							8,3	25,0	0,0
<i>Suaeda mollis</i>	0,5	5,0	0,0	7,5	25,0	0,0	3,8	25,0	0,0
<i>Zygophyllum fontanesii</i>	0,5	5,0	0,0						
<i>Schizogyne glaberrima</i>							1,3	5,0	0,0
<i>Einadia nutans</i>							0,8	10,0	0,0
Arbóreas (macrofanerófitos)									
<i>Tamarix canariensis</i>	97,5	100,0	75,0	71,9	100,0	50,0	95,8	100,0	75,0

Tabla 6.15. Estadísticos básicos de los índices de cobertura (%) de las especies vegetales presentes en la comunidad de *Tamarix canariensis* de depresiones interdunares.

En las depresiones interdunares (tabla 6.15), la comunidad de *Tamarix canariensis* también presenta un aumento tanto del número de especies vegetales, como de la estratificación y de la cobertura, conforme se estabiliza el campo dunas. Sin embargo, la cobertura de las especies vegetales en general es siempre bastante escasa. Destacan especies vinculadas a sustratos húmedos, como *Juncus acutus*, pero son especialmente significativos los nanofanerófitos y caméfitos, como *Launaea arborescens*, *Nicotiana glauca* y *Heliotropium ramosissimum*.

La comunidad de *Tamarix canariensis*, tanto la asentada en las dunas como en las depresiones interdunares, presenta un incremento gradual del número de especies vegetales acompañantes, de la estratificación y de la cobertura conforme se reducen los procesos sedimentarios eólicos. Se parte de una comunidad prácticamente monoespecífica y monoestrata en la zona activa, dominada por el árbol que define la comunidad, que en la zona en proceso de estabilización se vuelve biestrata, por la aparición de especies arbustivas, para presentar la máxima complejidad con tres estratos en la zona estabilizada.

Por otro lado, como se ha podido ver en el apartado 6.1.1.2 los nuevos individuos de *Tamarix canariensis* comienzan a colonizar las dunas a partir de depresiones interdunares. Sin embargo, para terminar de corroborar esta dinámica se analizaron los datos obtenidos en los inventarios de vegetación. De esta forma, se ha comparado las geoformas dunares y el grado de estabilización del sistema con la frecuencia que presenta *Tamarix canariensis* en diferentes intervalos de altura en todos los inventarios de vegetación donde esta especie ha sido registrada.

En la figura 6.42 se puede constatar que la totalidad de los ejemplares de *Tamarix canariensis* comprendidos entre el intervalo de altura de 0-50 cm, es decir, las plántulas de primer año, se localizan en las depresiones interdunares y superficies de deflación húmedas. En el siguiente intervalo, que se corresponde con una altura comprendida entre los 51 y 100 cm, la mayor parte de las plantas se localizan en dunas. Sin embargo, también existe un porcentaje muy significativo que se sitúan en depresiones interdunares húmedas. En los restantes intervalos de altura, sigue predominando la presencia de los *Tamarix* sobre las dunas, siendo también significativa su localización en depresiones interdunares húmedas. Asimismo, en los intervalos que oscilan entre los 101 y 300 cm, aparece también en depresiones interdunares secas, aunque de forma poco significativa.

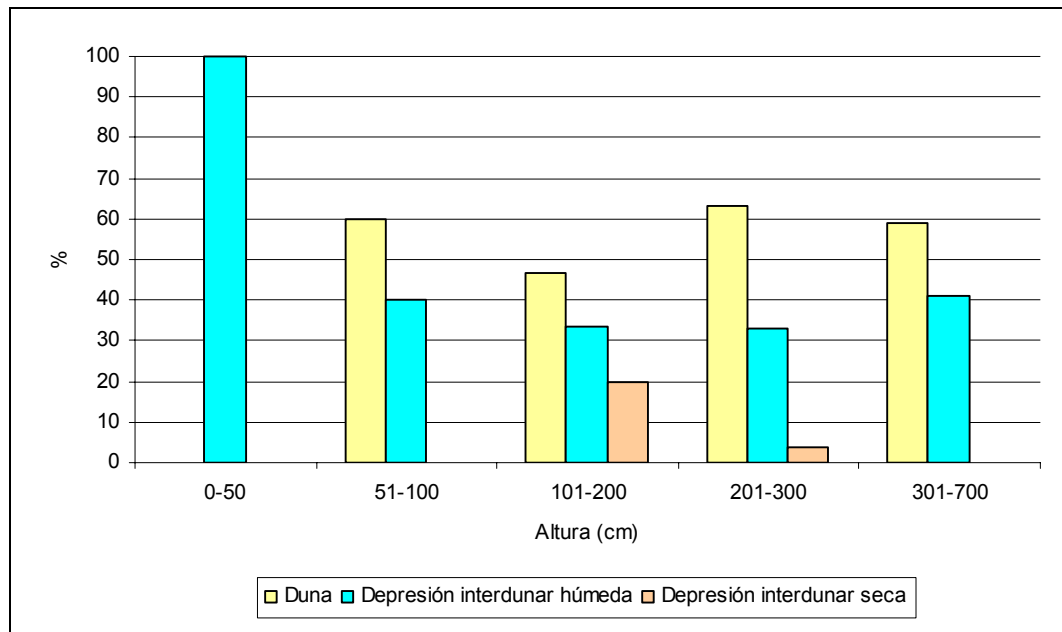


Figura 6.42. Distribución de *Tamarix canariensis* según su altura en función del tipo de geoforma.

Por lo tanto, se constata la preferencia de las plántulas de *Tamarix canariensis* por germinar y desarrollarse en depresiones interdunares húmedas. Su presencia principalmente sobre las dunas en los restantes intervalos, está relacionado con el desplazamiento de las dunas sobre las depresiones interdunares.

Otro aspecto a tener en cuenta en la dinámica de esta comunidad vegetal, está relacionado con los procesos sedimentarios eólicos de las diferentes zonas del sistema de dunas. Como se puede observar en la figura 6.43, la práctica totalidad de los *Tamarix* existentes en el intervalo de altura entre 0-50 cm se localizan en las zonas en proceso de estabilización. Un pequeño porcentaje se encuentra asociado a la zona activa. Por el contrario, en la zona estabilizada no se observan nuevos ejemplares de *Tamarix canariensis*. En los siguientes dos intervalos, 51-100 y 101-200, la mayor parte de las plantas continúan asociados a zonas en proceso de estabilización. Sin embargo, a partir de los 200 cm la mayor parte se localizan en zonas estabilizadas.

La preferencia de los ejemplares de esta especie vegetal de menor edad de ubicarse en zonas en proceso de estabilización y, en menor medida, en la zona activa parece estar relacionado con lo expuesto anteriormente, ya que en ambas zonas la formación de depresiones interdunares húmedas es muy significativa. Como ya se expuso, las plántulas de *Tamarix canariensis* necesitan de la existencia de estas geoformas para poder germinar y desarrollarse en sus primeros estadios de colonización. Por el contrario, en la zona estabilizada no se generan nuevas depresiones interdunares húmedas, lo que limita la aparición de nuevas plántulas. La mayor parte de los ejemplares adultos de este macrofanerófito se localizan en la zona estabilizada, debido probablemente a que se establecieron cuando este ambiente presentaba aún actividad sedimentaria eólica, por lo que corresponde a una colonización relativamente antigua. Por lo tanto, la población de *Tamarix canariensis* existentes en la zonas estabilizadas experimenta un proceso de envejecimiento bastante significativo.

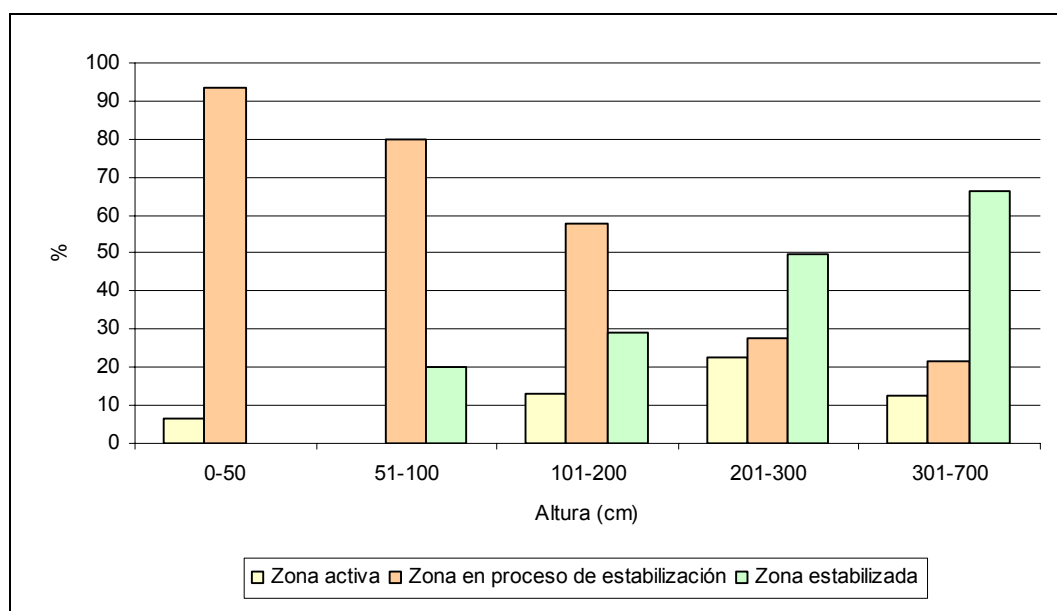


Figura 6.43. Distribución de *Tamarix canariensis* según su tamaño en función de las zonas definidas según los procesos sedimentarios eólicos.

6.1.4.4. Comunidad de *Juncus acutus*

La comunidad de *Juncus acutus* únicamente se localiza en depresiones interdunares húmedas, tanto en la zona en proceso de estabilización como en la estabilizada.

Especie	Depresión interdunar en zona en proceso de estabilización			Depresión interdunar en zona estabilizada		
	Media	Máx.	mín.	Media	Máx.	mín.
Herbáceas (hemicriptófitos, geófitos y terófitos)						
<i>Juncus acutus</i>	65,4	100,0	25,0	62,5	75,0	50,0
<i>Cynodon dactylon</i>				5,0	10,0	0,0
<i>Cyperus laevigatus</i>	0,8	10,0	0,0			
Arbustivas (nanofanerófitos y caméfitos)						
<i>Launaea arborescens</i>	2,3	25,0	0,0	17,5	25,0	10,0
<i>Schizogyne glaberrima</i>				12,5	25,0	0,0
<i>Frankenia boiserie</i>	4,2	25,0	0,0			
<i>Suaeda mollis</i>	3,8	25,0	0,0			
<i>Zygophyllum fontanesii</i>	0,4	5,0	0,0			
Árbóreas (macrofanerófitos)						
<i>Tamarix canariensis</i>	9,2	25,0	0,0	12,5	25,0	0,0
<i>Phoenix canariensis</i>	1,9	25,0	0,0	12,5	25,0	0,0

Tabla 6.16. Estadísticos básicos de los índices de cobertura (%) de las especies vegetales presentes en la comunidad de *Juncus acutus*.

Los datos obtenidos mediante la comparación de los inventarios han permitido completar la información obtenida a través de las parcelas de observación (tabla 6.16).

Se puede observar claramente como algunas especies incrementan su presencia desde la zona en proceso de estabilización a la zona estabilizada, destacando *Launaea arborescens* y *Phoenix canariensis*. Asimismo, se observa la aparición de otras especies, aunque de forma poco significativa, como es el caso de *Cynodon dactylon* y *Schizogyne glaberrima*. La desaparición en esta misma línea evolutiva de las plantas halófilas *Frankenia boiserie*, *Suaeda mollis* y *Zygophyllum fontanesii* no se relaciona con la sucesión ecológica según la actividad sedimentaria eólica, sino con las características específicas del sustrato que aflora, especialmente de la salinidad del mismo.

La aparición en zonas estabilizadas de *Launaea arborescens* puede estar relacionado con el incremento de la acumulación de arena seca en las depresiones interdunares durante el proceso evolutivo, ya que se ha comprobado que la presencia de esta especie no está relacionada con la disponibilidad de aguas freáticas.

6.1.5. Caracterización y dinámica de la duna costera

La duna costera es una geoforma de origen fitogénico, de forma que su morfología y dinámica está vinculada a la existencia de plantas, en el caso de Maspalomas de la presencia de ejemplares de *Traganum moquinii*.

La duna costera presenta una altura que varía entre 1 y 5 m, y está formada por ejemplares del nanofanerófito *Traganum moquinii*, que es prácticamente la única especie vegetal existente en la zona. Sin embargo, como ya se comentó en el capítulo IV, en las cercanías de la zona urbanizada de playa del Inglés existen otras especies, como *Heliotropium ramosissimum* o *Ononis serrata*, así como algunas otras exóticas, como *Cynodon dactylon* y plátulas de *Washingtonia sp.* Por ahora, parece que estas dos últimas especies vegetales no logran expandirse debido al enterramiento producido por el avance de las dunas.

El área de distribución de *Traganum moquinii* se reduce a la costa noroeste de África, desde las proximidades de Essaouira, en Marruecos, hasta el Cabo Timirist, en Mauritania (Charco, 2001), y a los archipiélagos de Canarias y Cabo Verde. En Canarias se localiza en las islas de La Graciosa, Lanzarote, Fuerteventura, Gran Canaria, Tenerife y La Gomera. Los ejemplares adultos de *Traganum moquinii* en Maspalomas presentan alturas que oscilan entre los 1,30 y 3 m, llegando algunos de ellos a los 5 m (figura 6.44).



Figura 6.44. Ejemplar de *Traganum moquinii* de aproximadamente 5 metros de altura.

En este epígrafe se pretende profundizar en el conocimiento de las características y la dinámica de la duna costera de Maspalomas, ya que representa un buen indicador de la relación entre la vegetación, los procesos geomorfológicos y la actividad humana.

6.1.5.1. Caracterización actual de la duna costera

El mapa geomorfológico realizado para el año 2006 muestra la existencia de varias geoformas asociadas a la duna costera (figura 6.45). En primer lugar está la playa, que constituye la zona de provisión de sedimentos a la duna costera y al resto del sistema. En algunas zonas de la playa alta se desarrollan dunas embrionarias libres en forma de cordones, normalmente menores de 1 m de altura, paralelos a la costa. Hacia el interior se genera una zona caracterizada por la interferencia de la vegetación con los procesos sedimentarios eólicos, a la que denominamos, de forma genérica, “duna costera”. Ésta está conformada por varias geoformas: por un lado, aparecen dunas en montículos por la acción de los ejemplares de *Traganum moquinii* existentes; a sotavento de estas dunas en montículos se desarrollan dunas parabólicas de escaso recorrido, lo cual se aprecia por la sinuosidad que presenta el límite de la duna costera marcado por esta geoforma. Entre las dunas en montículos que integran esta zona también se generan pequeñas depresiones interdunares, que varían espacial y temporalmente en función de la dinámica de los procesos sedimentarios eólicos activos.

Detrás de esta zona de duna costera se generan dunas transgresivas bajas, constituidas fundamentalmente por dunas barjanas, dunas en domo y láminas de arena, además de depresiones interdunares (superficies de deflación desde el punto de vista

geomorfológico). Finalmente, se configuran las dunas transgresivas altas, formadas por cordones de dunas principalmente de morfología barjanoide. Estas geoformas representan diferentes etapas evolutivas de las dunas entre la zona de entrada de arena y el interior, en función de la disponibilidad de sedimentos y la existencia de obstáculos al flujo eólico (como el caso de la vegetación).

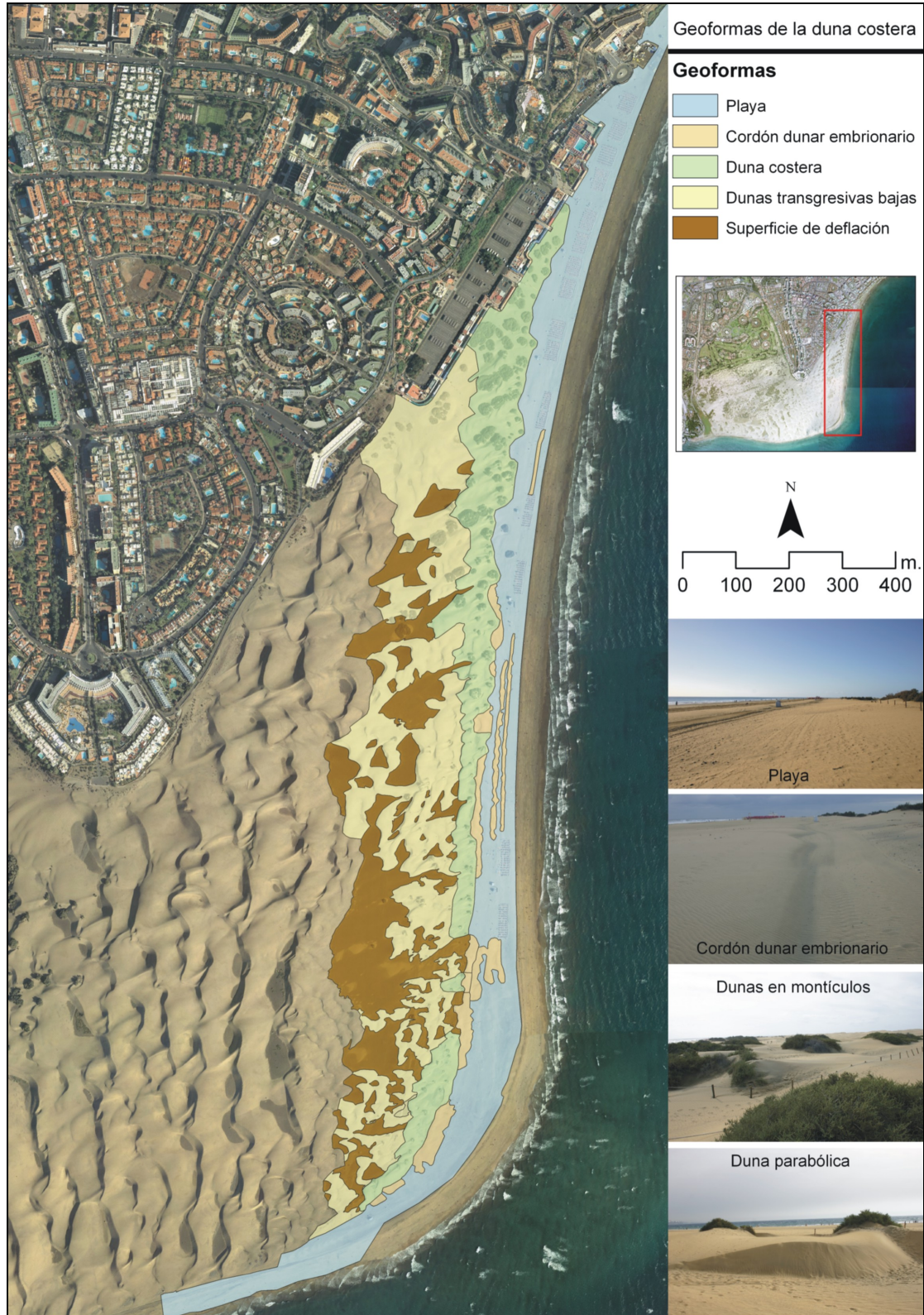


Figura 6.45. Geoformas asociadas a la zona de la duna costera.

Para estudiar la estructura de la duna costera se han realizado varios perfiles topográficos.

Perfiles topográficos

Se han realizado un total de 8 perfiles topográficos (figura 6.46), los cuales se analizan a continuación.

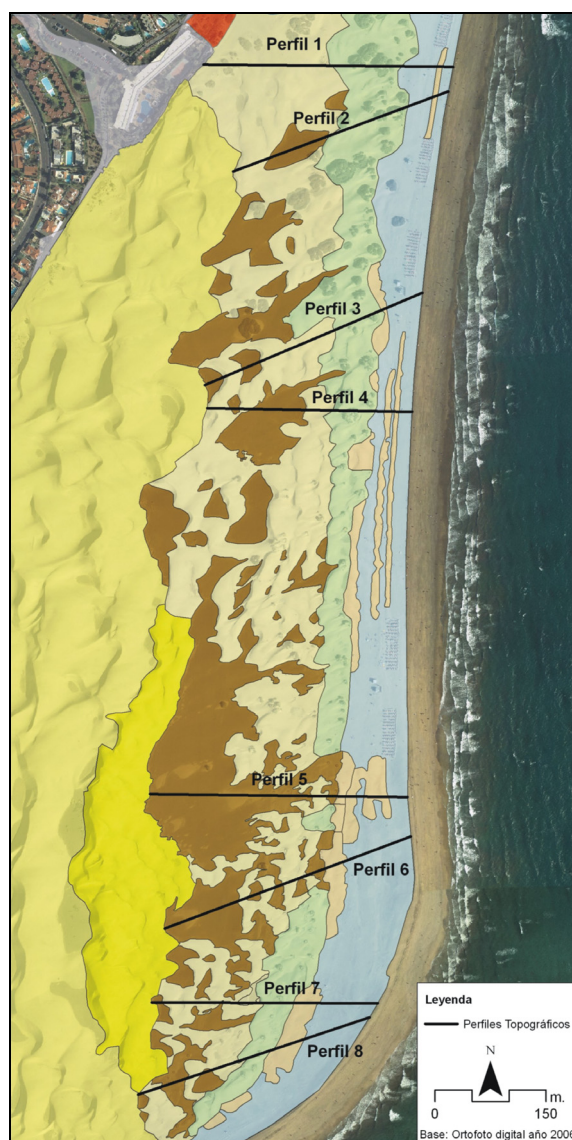


Figura 6.46. Localización de los perfiles topográficos.

El perfil 1 (figura 6.47) se dispone en sentido E-O. En él se puede observar la disposición perpendicular de las geoformas que conforman la duna costera. La primera geoforma es la playa, sobre la cual se forma un cordón dunar embrionario libre de aproximadamente un metro de altura. Tras esta duna embrionaria se muestra la planicie de la playa alta, tras la cual se genera la zona de la duna costera, integrada por dos dunas en montículos de 4,5 metros y 3 metros de altura, respectivamente, formadas por sendos

ejemplares de *Traganum moquinii* de gran tamaño. Detrás de estas dunas en montículos se forma una pequeña depresión. A partir de este punto se generan dunas libres que se acumulan en el borde la terraza alta del Inglés.

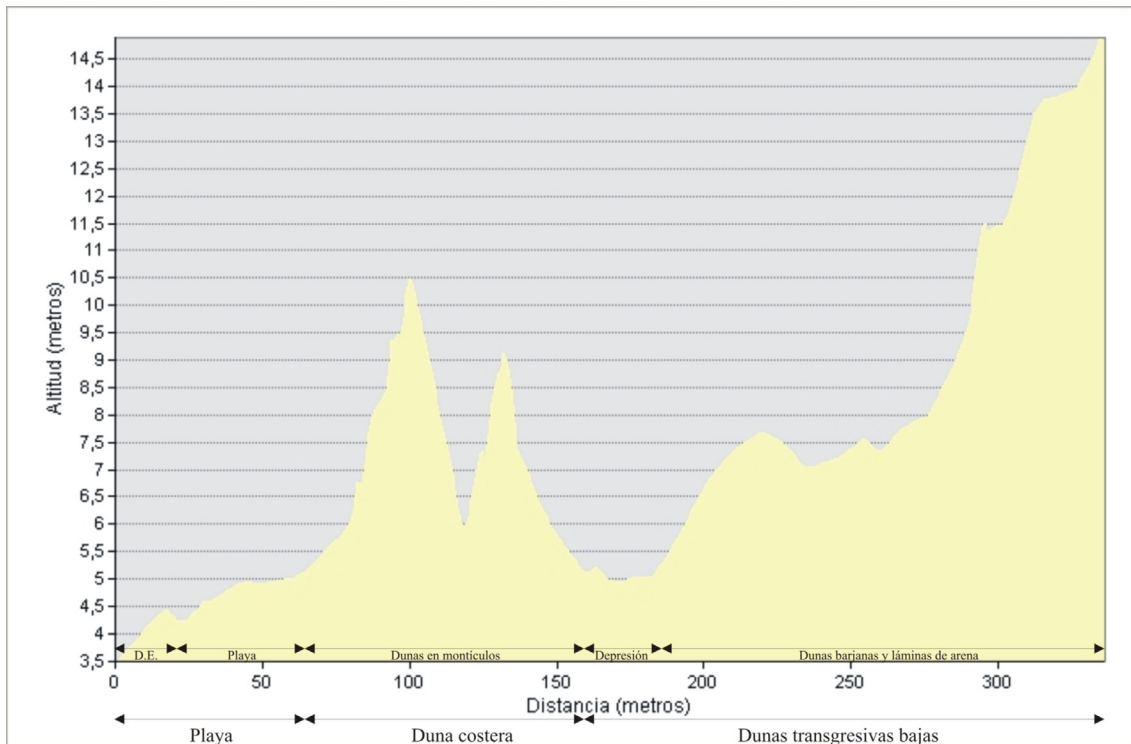


Figura 6.47. Perfil número 1.

El perfil 2 (figura 6.48) presenta una disposición NE-SO y tiene una configuración similar al anterior. Así, sobre la playa se forma un cordón dunar embrionario de menos de un metro de altura. Las dunas en montículos que conforman la duna costera tienen una altura de unos 4 metros y están formadas por sendos ejemplares de *Traganum moquinii* de gran tamaño. Detrás de las dunas en montículos se forma una duna parabólica, debido a la coalescencia de las acumulaciones a sotavento. A partir de esta geoforma se genera una depresión interdunar y detrás de esta última se forman dunas barjanas de unos 3 metros de altura.

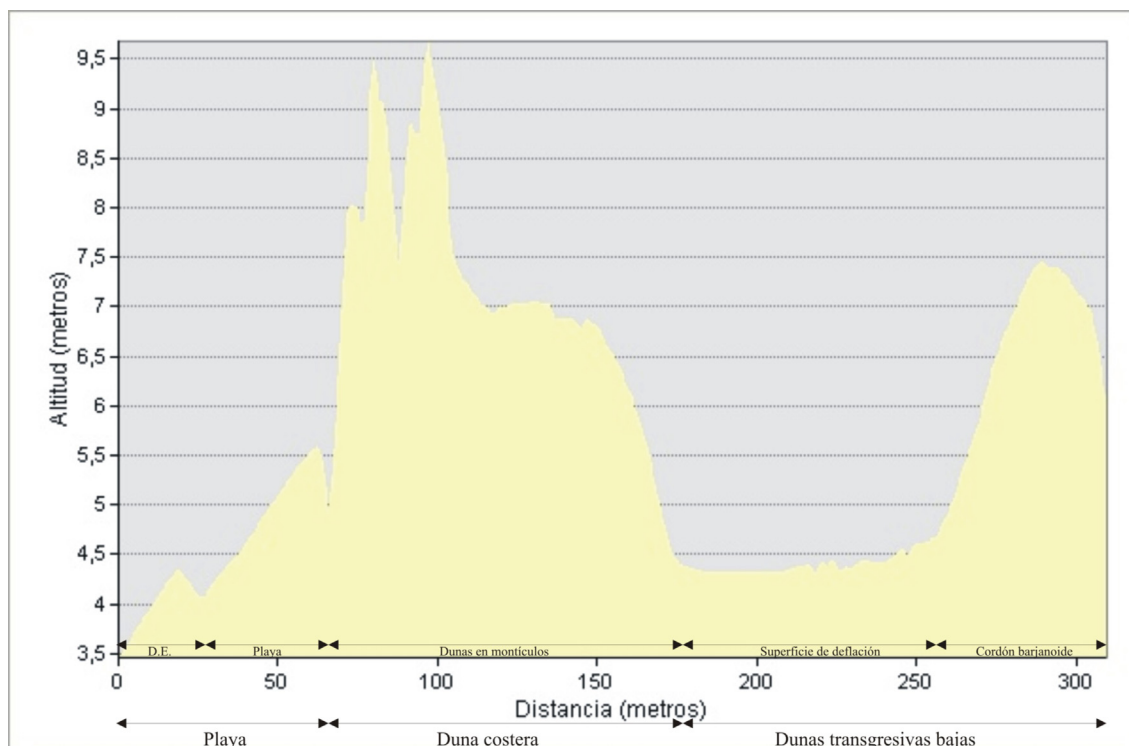


Figura 6.48. Perfil número 2.

El perfil 3 (figura 6.49) tiene una disposición NE-SO. La totalidad de la playa está formada por un cordón dunar embrionario. El contacto entre este cordón y las dunas en montículos se resuelve con una duna eco, la cual se puede observar perfectamente en el perfil, a través de la estrecha depresión que se localiza entre ambas geoformas. Las dunas en montículos están formadas por dos ejemplares de *Traganum moquinii* de tamaño mediano, que presentan una altura de aproximadamente un metro. Detrás de la duna costera se forman dunas barjanas con depresiones interdunares intercaladas con alturas que oscilan entre 1 y 3 metros.

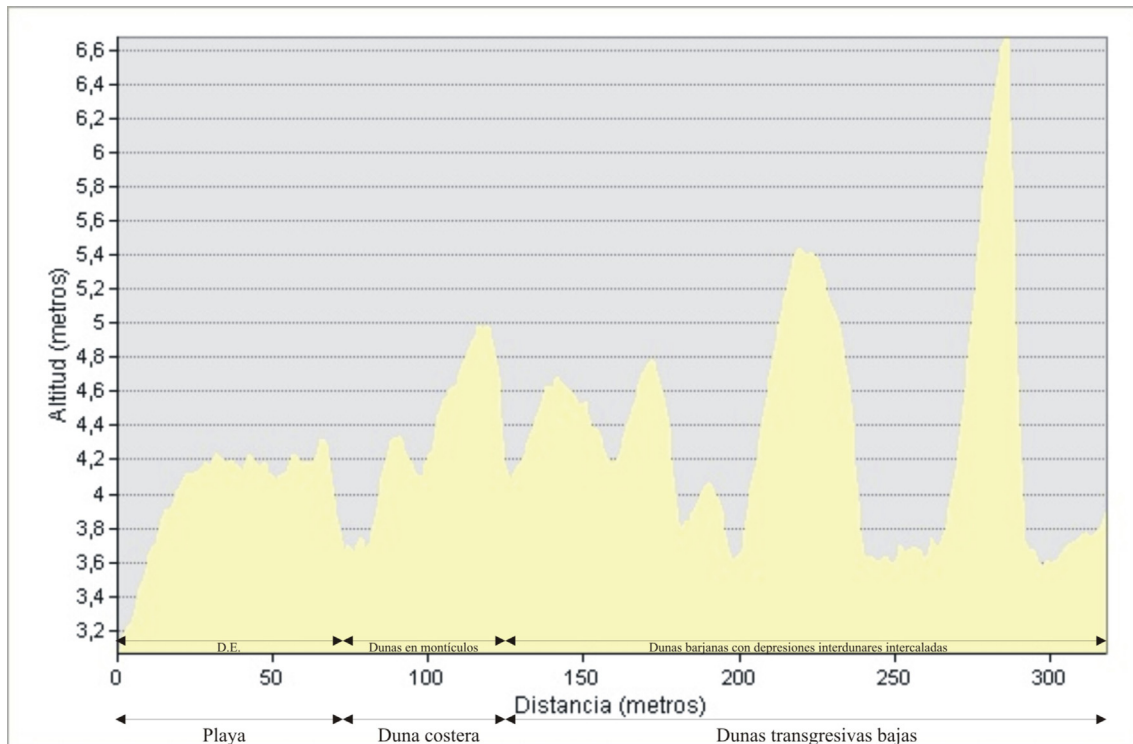


Figura 6.49. Perfil número 3.

En el perfil 4 (figura 6.50), que tiene una orientación E-O, se vuelve a una estructura muy similar a los perfiles 1 y 2. Sobre la playa se desarrollan dos cordones dunares embrionarios de un metro y medio de altura. La duna costera está formada por una duna en montículo, que presenta una altura de unos 3,5 metros y está generada por un ejemplar de *Traganum moquinii* de tamaño grande, y por una acumulación a sotavento de un individuo de *Traganum moquinii* cercano. Detrás de la duna costera se generan dunas barjanas de entre 1/2 y 2 metros de altura, con depresiones interdunares intercaladas.

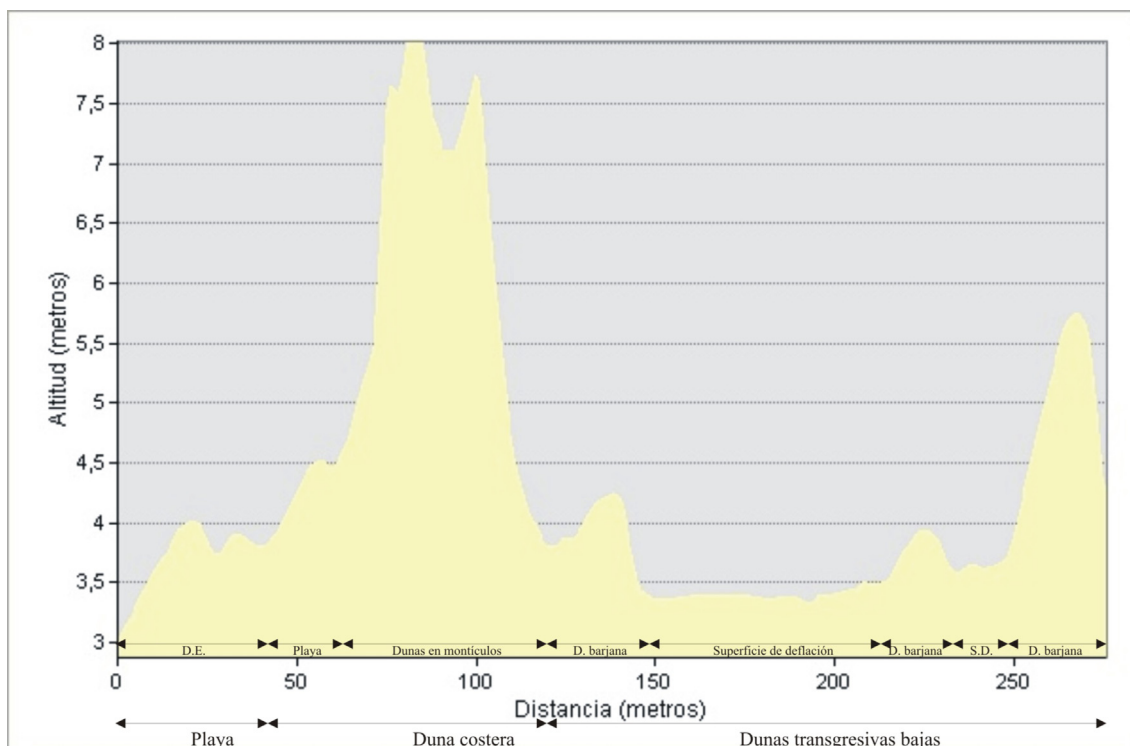


Figura 6.50. Perfil número 4.

La característica principal del perfil 5 (figura 6.51) es la ausencia de duna costera, debido a su vez a la inexistencia de vegetación. Sobre la playa se forman diferentes cordones dunares embrionarios. Seguidamente se forma una pequeña superficie de deflación (S.D.), detrás láminas de arena y, finalmente, una extensa depresión interdunar sobre la que se forman láminas de arena de carácter temporal.

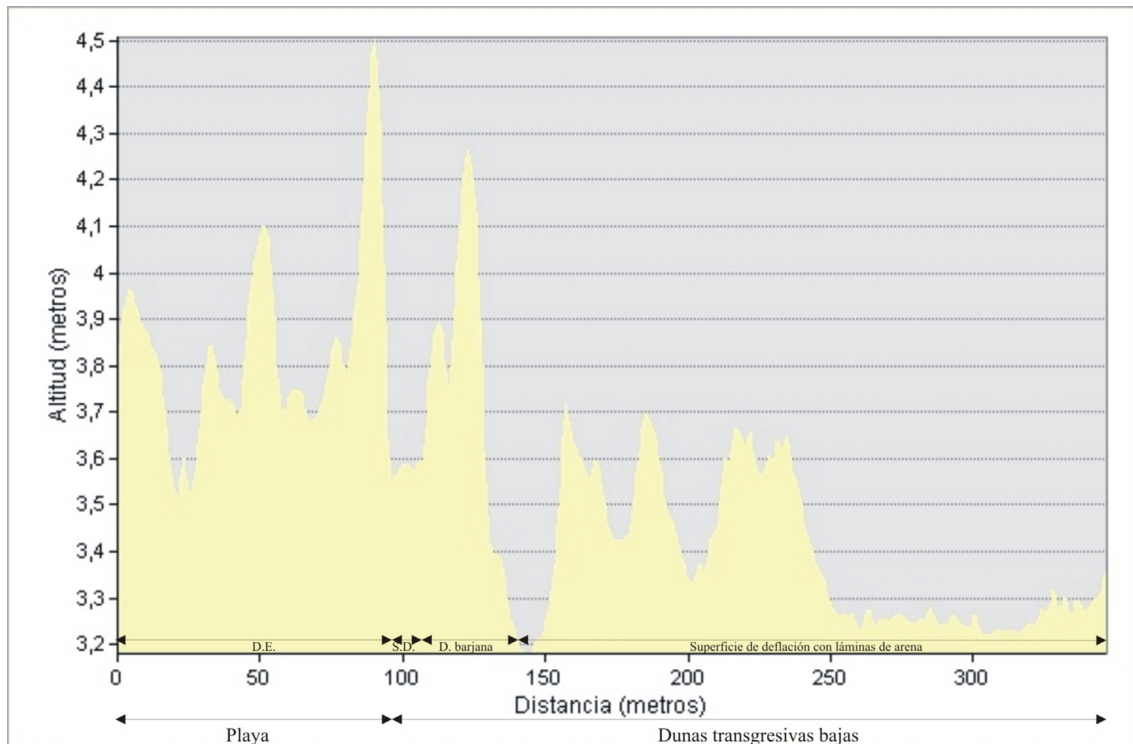


Figura 6.51. Perfil número 5.

El perfil 6 (figura 6.52), que se dispone en la dirección NE-SO, presenta una estructura similar al anterior. En primer lugar, también carece de duna costera, y las primeras geoformas son cordones dunares embrionarios de aproximadamente un metro de altura. A una distancia de unos 100 metros se forma una depresión interdunar, sobre la que se generan temporalmente dunas barjanas, de no más de un metro de altura, y láminas de arena.

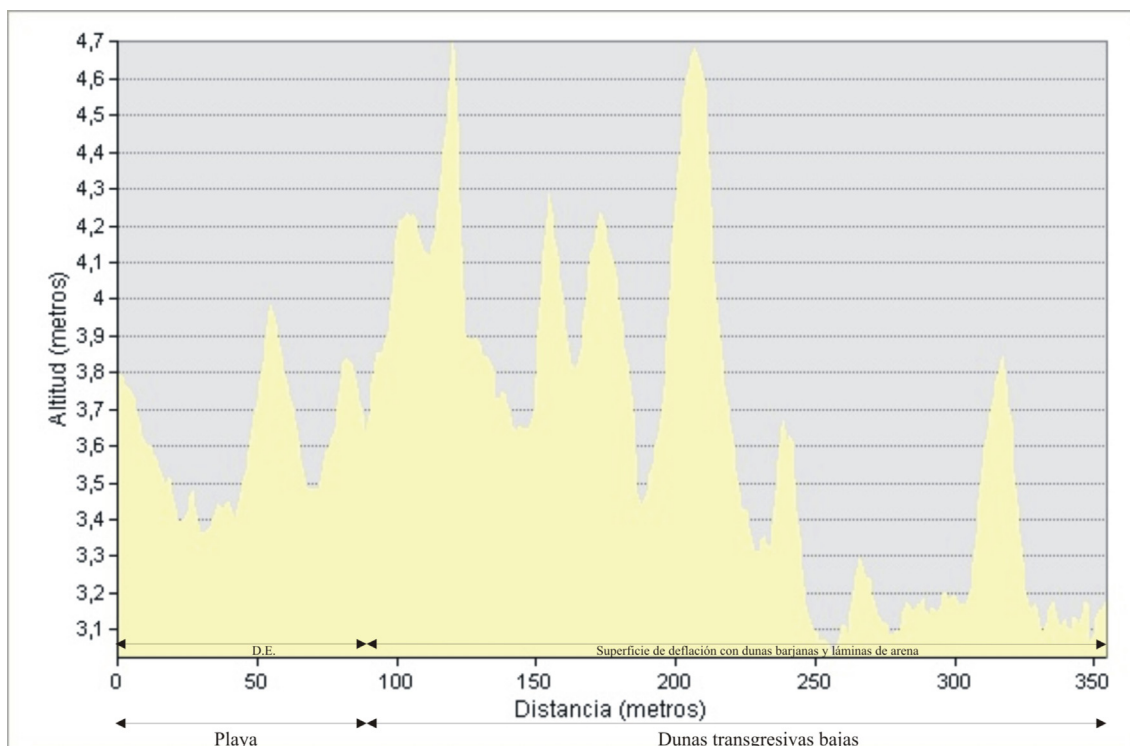


Figura 6.52. Perfil número 6.

El perfil 7 (figura 6.53) presenta nuevamente una estructura con presencia de la duna costera, con geoforma en montículos, antecedida de la playa y de un cordón dunar embrionario de menos de un metro de altura. La duna en montículos la forma un ejemplar de *Traganum moquinii* de pequeño tamaño, por lo que esta geoforma posee una altura de menos de 2 metros. Sin embargo, y a diferencia de otros perfiles, la duna costera se encuentra algo más retranqueada, apareciendo a partir de los 110 metros aproximadamente, cuando en las zonas situadas más al norte se localiza entorno a los 60-70 metros de distancia. Ello es debido a la curvatura de la costa en esta zona (punta de la Bajeta). Detrás de la duna costera aparecen dunas barjanas de menos de un metro de altura con algunas depresiones intercaladas.

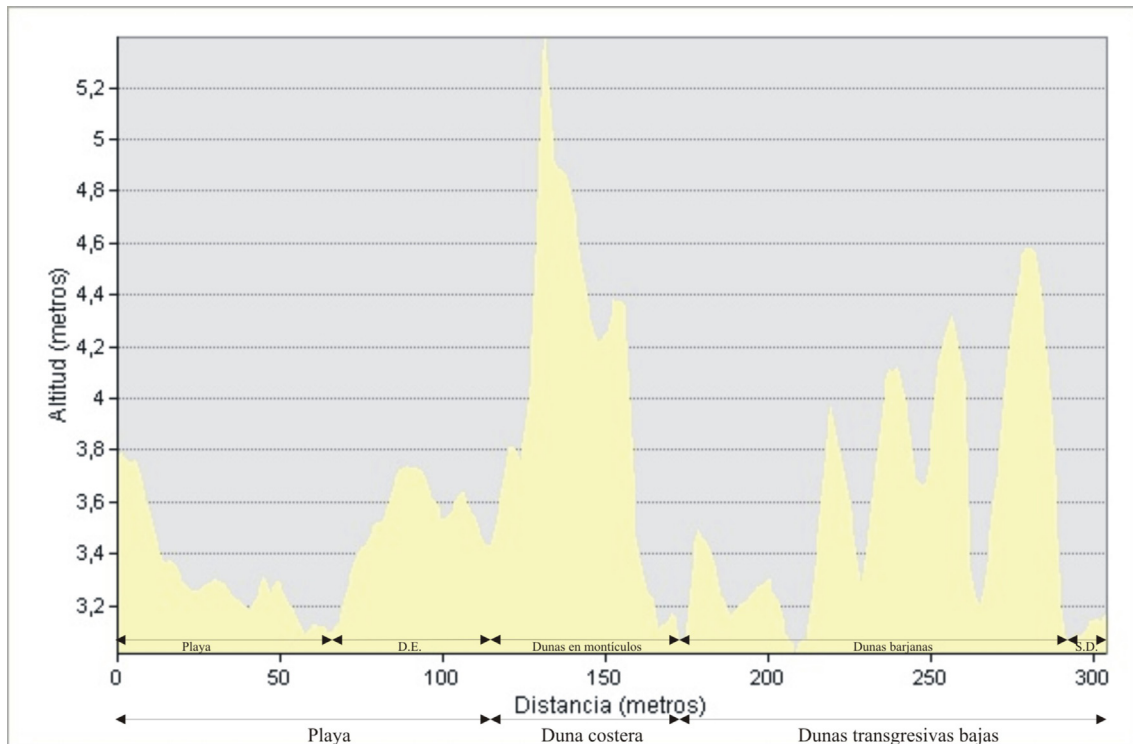


Figura 6.53. Perfil número 7.

El perfil 8 (figura 6.54) es el más meridional y presenta una configuración muy parecida al anterior. De esta forma, la duna costera se encuentra más hacia el interior que en las áreas más septentrionales, localizándose en este caso a partir de los 140 metros. Las geoformas que se sitúan más cerca del mar son la playa y un cordón dunar embrionario de menos de un metro de altura. La duna costera está formada por una duna en montículos formada por un individuo de *Traganum moquinii* de pequeño tamaño, por lo que esta geoforma tiene una altura de algo más de 2 metros. Detrás de la duna costera se disponen dunas barjanas con depresiones interdunares intercaladas.

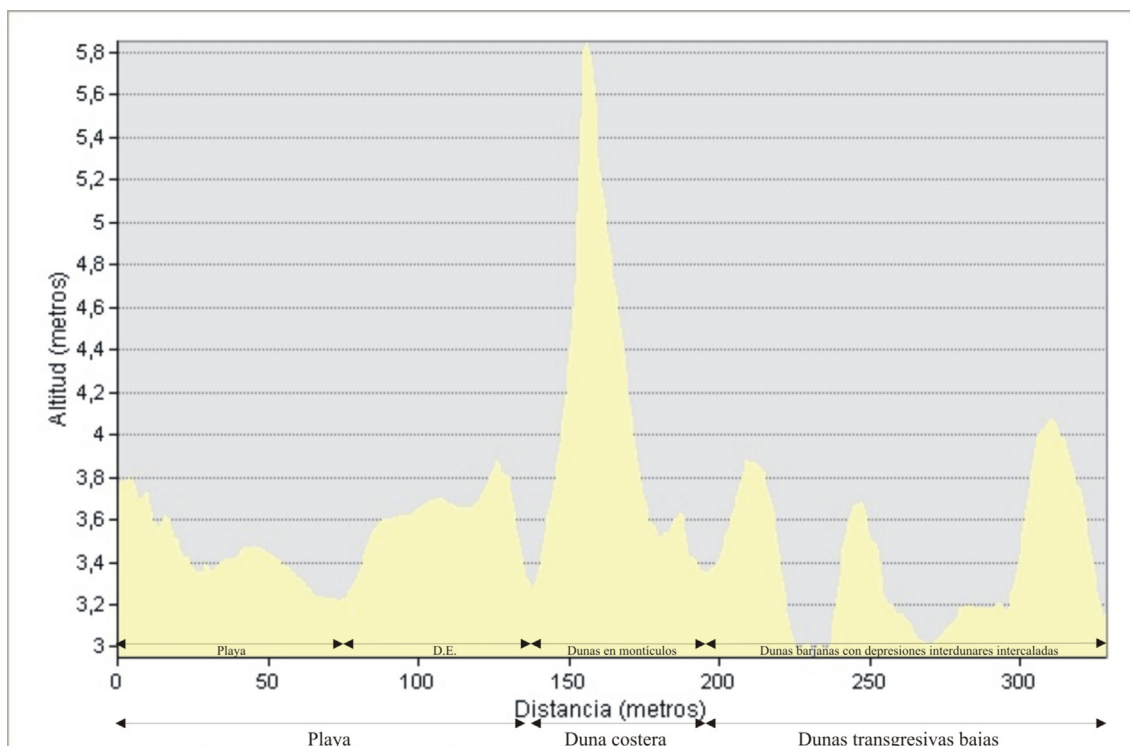


Figura 6.54. Perfil número 8.

El análisis de los perfiles topográficos muestra que la duna costera existente en Maspalomas no forma un cordón, sino que está compuesta por dunas en montículos (tipo *hummock*). Otro aspecto peculiar es que las dunas embrionarias no se generan por la acción de las plantas, sino que se forman cordones dunares embrionarios libres.

La duna costera de Maspalomas juega un papel muy significativo en la regulación del tránsito de sedimentos en el sistema de dunas, ya que su presencia o ausencia marcan estructuras geomorfológicas dispares.

Cuando la duna costera está presente, debido a la existencia de ejemplares de *Traganum moquinii*, las dunas en montículos generadas por esta especie juega un papel central al destacarse como la geoforma que normalmente presenta una mayor altura, de forma que modifica la dinámica eólica y, por lo tanto, el tránsito de sedimentos. El esquema básico de la duna costera de Maspalomas es el siguiente: sobre la playa alta se generan cordones de dunas embrionarias, más hacia el interior las dunas en montículos coronadas por los individuos de *Traganum moquinii*, detrás de éstos acumulaciones a sotavento y dunas parabólicas. A partir de aquí se genera una amplia depresión interdunar (superficie de deflación) sobre la que transitan dunas libres, formadas principalmente por dunas barjanas y láminas de arena.

La ausencia de duna costera produce una estructura geomorfológica diferente. De esta forma, de los cordones dunares embrionarios que se forman en la playa alta dan paso a una depresión interdunar (superficie de deflación), justo en la zona donde se forma la duna costera, sobre la que se forman dunas libres, principalmente láminas de arena. Más hacia el interior se generan dunas barjanas.

Las diferentes geoformas asociadas a la duna costera son indicativas del funcionamiento de la misma. De esta forma, se puede plantear un esquema básico y teórico de la dinámica de la duna costera: los sedimentos depositados en la orilla por el mar, una vez secos, son movilizados por el viento del noreste o este y forman las dunas embrionarias libres, en forma de cordones paralelos a la línea de costa. Estos cordones avanzan hacia el interior hasta que, una vez que contactan con los ejemplares de *Traganum moquinii*, se forman varias geoformas acumulativas, debido a la modificación del flujo eólico que producen las plantas. Delante del ejemplar de *Traganum moquinii* se genera una duna eco, alrededor de la misma una duna en montículos y acumulaciones a sotavento detrás de ellas. Posteriormente, las acumulaciones a sotavento progresan hacia el interior y, cuando se unen dos de ellas, entonces se genera detrás de las plantas una duna parabólica. La duna parabólica así formada progresa hacia el interior del sistema de dunas y, una vez que desaparece la influencia de la vegetación, se convierte en una duna barjana o en una lámina de arena.

Por lo tanto, la presencia de la duna costera actúa con un regulador del tránsito de sedimentos. De esta forma, la arena se desplaza hacia el interior del sistema de forma sucesiva, permitiendo la formación de dunas de diferentes tipologías.

6.2. Zonación de la vegetación del campo de dunas de Maspalomas

La disposición de las comunidades vegetales del sistema de dunas de Maspalomas está controlada por los factores ecoantrópicos, que determinan su distribución espacial y regulan su composición florística y su estructura. A la escala del sistema de dunas existen tres ambientes definidos por la actividad sedimentaria eólica: la zona activa, la zona en proceso de estabilización y la zona estabilizada. A una escala de análisis más detallada, dentro de cada ambiente existen otros factores que determinan la existencia de diferentes hábitats que marcan la zonación de la vegetación (figuras 6.55, 6.56 y 6.57). Hay que destacar que la mayor parte de las comunidades vegetales se distribuyen en varios ambientes, siendo pocas las restringidas a alguno en concreto, pero presentan variaciones estructurales y florísticas en función de la zona donde se desarrollen. En general, se observa una clara tendencia al aumento de la estratificación y número de especies de las diferentes comunidades y subcomunidades con la progresiva estabilización del sistema, de forma que la vegetación parten de estructuras monoestratas y escasa diversidad florística en la zona activa a otras más estratificadas y diversas en la zona estabilizada. Sin embargo, también se producen excepciones, de forma que en áreas completamente estabilizadas se pueden desarrollar subcomunidades idénticas a otras zonas más activas. Esto se debe a que de forma muy local otros factores ambientales, como las características edáficas o la antropización están operando para compensar las diferencias de los procesos sedimentarios eólicos predominantes. La disposición de la vegetación entre la zona de entrada de sedimentos al sistema (playa del Inglés) y el interior presenta el siguiente esquema:

A. Zona activa: en este ambiente las tasas de desplazamiento de las dunas, la salinidad ambiental, el tipo de geoforma, la litología, la profundidad de la capa freática, la salinidad de las aguas subterráneas y la antropización son los factores que determinan la existencia de diferentes hábitats y, por lo tanto, la zonación de la vegetación. Las comunidades vegetales son predominantemente monoestratas y con una escasa diversidad florística, pero aparecen comunidades definidas por especies herbáceas, arbustivas y arbóreas. Predominan los tipos de vegetación de naturaleza higrófila, vinculadas a las depresiones interdunares húmedas. Dentro de este ambiente se distinguen tres subambientes: la duna costera, las dunas interiores activas y las zonas antropizadas.

A.1. Duna costera: formada por dunas fitogénicas en montículos generadas por la comunidad arbustiva de *Traganum moquinii*. Detrás de la duna costera propiamente dicha se generan dunas parabólicas de escaso recorrido, como resultado de la ralentización del avance de las dunas que produce esta especie vegetal, las cuales constituyen geoformas de transición hacia las dunas interiores activas. *Traganum moquinii* es prácticamente la única especie existente en este ambiente. Sin embargo, en las áreas aledañas a las urbanizaciones turísticas, donde se presenta la subcomunidad con *Cynodon dactylon*, se caracteriza por la presencia de algunas especies acompañantes, como *Heliotropium ramosissimum*, *Launaea arborescens* y la propia *Cynodon dactylon*, además de *Salsola kali*, *Patellifolia patellaris* y *Ononis serrata*. Esta zona es la que presenta una mayor superficie continua de vegetación de la zona activa. La gran acumulación de arena y el spray marino dificultan la colonización de otras especies vegetales, debido a lo cual en las zonas no alteradas esta comunidad carece de cortejo florístico. Pero hay que tener en cuenta que desde el año 2009 se han detectado algunos ejemplares de *Cyperus capitatus* en la duna costera, lo que puede evidenciar cambios en los procesos de entrada de arena. En este sentido, hay que destacar la ausencia de vegetación en la playa, a excepción de algún individuo aislado de *Traganum moquinii*.

A.2. Dunas interiores activas: en este subambiente el tipo de geoforma se convierte en un factor clave en los patrones de distribución de la vegetación, donde las depresiones interdunares actúan como ejes estructurantes en la localización de las diferentes comunidades vegetales. De este modo, la vegetación presenta una zonación en función de la alternancia entre las depresiones interdunares y las dunas (figura 6.56). Otros factores que matizan la zonación son la tasa de desplazamiento de las dunas, la litología, la profundidad de la capa freática, la salinidad de las aguas subterráneas y la salinidad ambiental. Está compuesta por dunas transgresivas que avanzan en dirección NE-SO, y responden a dos tipologías principales.

Por un lado, detrás de la duna costera se diferencia las dunas interiores activas bajas, donde se desarrollan amplias depresiones interdunares húmedas, resultado del déficit sedimentario que experimenta en los últimos años el sistema (Hernández

Calvento, 2002; 2006), sobre las que se desplazan dunas barjanas y láminas de arena. La única comunidad vegetal que se desarrolla en esta zona es la formada por *Traganum moquinii*. Esto está relacionado con la alta tasa de desplazamiento que tienen las dunas barjanas y láminas de arena, lo que impide el asentamiento de otras comunidades vegetales.

La otra zona está formada por las dunas interiores activas altas, que responden principalmente a cordones de dunas transversales y barjanoides con depresiones interdunares móviles, intercaladas y asociadas (se denominan así porque estas depresiones presentan un desplazamiento progresivo junto con los cordones de dunas asociados a las mismas). Estas depresiones se convierten en espacios singulares y muy vulnerables (debido a su reducido tamaño y al carácter temporal de muchas de ellas), donde las plantas existentes son especialistas en este tipo de hábitats, hasta el extremo de que constituyen el único espacio vital de todo el sistema dunar donde se pueden desarrollar. En un primer tramo las depresiones interdunares son muy escasas y las dunas alcanzan las mayores alturas y tasas de desplazamiento, estando la vegetación prácticamente ausente. Conforme la tasa de desplazamiento disminuye y se incrementa el número de depresiones interdunares, se produce un aumento paralelo de la vegetación, aunque en general sigue siendo escasa y muy dispersa. Las comunidades vegetales se localizan principalmente en las depresiones interdunares, diferenciándose siete tipos diferentes:

Comunidad de *Traganum moquinii*: restringida a las depresiones interdunares húmedas más cercanas a la costa. Sus características son prácticamente idénticas a las situadas en la duna costera y las dunas activas interiores bajas, donde destaca su carácter monoespecífico. En Maspalomas presenta una naturaleza higrófila, ya que, como se ha podido comprobar, tanto la germinación de las plántulas, como el desarrollo posterior de los ejemplares de *Traganum moquinii*, están vinculados a la presencia de la capa freática cerca de la superficie.

Comunidad de *Cyperus laevigatus*: al igual que la anterior, se localiza únicamente en las depresiones interdunares húmedas, en este caso donde las dunas presentan tasas de desplazamiento significativas (1-6 m/año, aunque su óptimo está entre 1-3 m/año) y las aguas subterráneas tienen niveles de salinidad superiores a las restantes comunidades. Por lo tanto, se trata de una comunidad vegetal de carácter higrófilo.

Comunidad de *Tamarix canariensis*: es una de las más adaptables ya que se puede localizar tanto en las depresiones interdunares húmedas, formando bosquetes, como en la cima de las dunas, en el caso de las poblaciones. En ambos casos, el sistema radicular de *Tamarix canariensis* está asociado a la presencia de aguas subterráneas. Se desarrollan en zonas con niveles de movilidad similares a la comunidad anterior, aunque su óptimo está en tasas algo inferiores (1-2 m/año). Las aguas subterráneas tienen unos

niveles de salinidad intermedios. Tanto las poblaciones como los bosquetes representa la subcomunidad de *Tamarix canariensis*, caracterizada por la ausencia de especies vegetales acompañantes. También se trata de un tipo de vegetación higrófila, ya que la germinación de nuevos ejemplares de *Tamarix canariensis* y su posterior desarrollo está vinculado a la presencia de una capa de agua cerca de la superficie.

Comunidad de *Launaea arborescens*: se localiza principalmente en las depresiones interdunares secas, donde afloran depósitos aluviales. La subcomunidad con *Launaea arborescens* es la presente en este ambiente y se caracteriza por una escasa diversidad florística y estructura monoestrata, siendo las especies acompañantes principalmente *Heliotropium ramosissimum* y *Nicotiana glauca*.

Comunidad de *Heliotropium ramosissimum*: la única unidad existente en la zona activa se localiza en una depresión interdunar seca, donde de forma contigua existe una comunidad de *Launaea arborescens*, por lo que aparentemente ambas comunidades están relacionadas. Además, presentan una composición florística muy similar, donde únicamente varía la abundancia de una u otra de las especies que definen cada una de ellas. Su existencia se asocia a procesos de ramoneo selectivo de los conejos sobre los ejemplares jóvenes de *Launaea arborescens*, lo cual favorece el predominio de *Heliotropium ramosissimum*.

Comunidad de *Suaeda mollis*: muy escasa en este ambiente y vinculada a depresiones interdunares donde afloran depósitos aluviales. Suele carecer de especies acompañantes.

Comunidad de *Salsola kali*: aparece de forma escasa en algunas depresiones interdunares cercanas a la terraza alta del Inglés.

A.3. Zonas antropizadas: la presencia de áreas alteradas por las actividades humanas desencadena la presencia de comunidades que de otra forma no estarían presentes debido a los factores ambientales restrictivos, principalmente la movilidad de las dunas. Las comunidades presentes son las siguientes:

Comunidad de *Cyperus capitatus-Ononis serrata*: dentro de la zona activa únicamente se localiza en las zonas periféricas, donde se han producido importantes alteraciones ambientales, tanto en los bordes de la terraza alta del Inglés, como en el margen oriental de la charca de Maspalomas. Se localiza sobre depósitos antrópicos con arena, resultado de los sedimentos que se han depositado, procedentes de las dunas interiores activas. También aparecen sobre taludes con depósitos antrópicos. Corresponde a la subcomunidad de *Cyperus capitatus-Ononis serrata*, donde destaca el predominio de *Ononis serrata* y la escasez o ausencia de *Cyperus capitatus*.

Comunidad de *Launaea arborescens*: solamente se localiza en las áreas antropizados de los bordes de la terraza alta del Inglés, consituidas por taludes con depósitos antrópicos que marcan la zona de contacto entre esta geoforma y las dunas.

Comunidad de *Salsola kali*: también limitada a las zonas antropizadas consituidas por taludes con depósitos antrópicos que conforman la zona de contacto entre la terraza alta del Inglés y las dunas. No aparece en ninguna otra zona del sistema de dunas.

B. Zona en proceso de estabilización: representa una etapa intermedia entre las dunas interiores activas y las estabilizadas. Asimismo, no presenta una continuidad espacial. La disminución de los procesos sedimentarios eólicos activos, especialmente el aporte de sedimentos, permite que las plantas también colonicen las dunas. El tipo de geoforma es muy importante en la distribución de la vegetación, ya que determina la existencia de comunidades estrictamente ligadas a las dunas y otras ligadas a las depresiones interdunares. Otros factores que intervienen en la zonación son la litología, las características químicas del sustrato, la profundidad de la capa freática y la salinidad de las aguas subterráneas. La vegetación presenta una mayor complejidad que en la zona activa, incrementando el número de especies y estratos.

B.1. Dunas interiores semiactivas: se corresponden con dunas parcial o totalmente desconectadas de la zona activa, formada por dunas libres, principalmente barjanas y láminas de arena, y otras condicionadas por la vegetación, como las dunas en montículos que aun mantienen procesos sedimentarios eólicos activos.

Comunidad de *Cyperus capitatus-Ononis serrata*: se desarrolla exclusivamente sobre las dunas. Predomina la subcomunidad de *Cyperus capitatus-Ononis serrata* específicamente en sus etapas neocolonizadoras donde predomina la primera especie que define la subcomunidad.

Comunidad de *Tamarix canariensis*: predomina la estructura de poblaciones, siendo representada por la subcomunidad de *Tamarix canariensis*, pero con la aparición de un estrato arbustivo representado principalmente por *Suaeda mollis* o *Launaea arborescens*.

B.2. Depresiones interdunares: en este ambiente las depresiones existentes son desde el punto de vista geomorfológico superficies de deflación resultantes del déficit sedimentario que experimenta el sistema de dunas. La existencia de estas depresiones interdunares produce un cambio ecológico muy significativo, apareciendo nuevos hábitats. Estos hábitats están determinados por la existencia de aguas subterráneas cerca de la superficie, por el afloramiento de depósitos aluviales y por el grado de salinidad del sustrato.

Comunidad de *Juncus acutus*: se localiza en aquellas depresiones interdunares húmedas cuyas aguas subterráneas tienen un menor grado de salinidad. Están presentes las tres subcomunidades identificadas. La subcomunidad con *Frankenia boiserie*, caracterizada por la presencia de especies halófilas como *Suaeda mollis* y la propia *Frankenia boiserie*, la subcomunidad con *Launaea arborescens* y la subcomunidad de *Juncus acutus*, que no suele tener especies acompañantes. Es una comunidad de marcado carácter higrófilo.

Comunidad de *Zygophyllum fontanesii*: su único hábitat lo constituye las depresiones interdunares húmedas con aguas subterráneas con una alta salinidad. Por lo tanto, en Maspalomas se comporta como una comunidad higrófila vinculada a la presencia de una capa freática cerca de la superficie.

Comunidad de *Suaeda mollis*: se localiza en depresiones interdunares secas, donde la capa de agua se localiza a más de un metro de profundidad o afloran depósitos aluviales. Sin embargo, también se desarrollan en zonas con depósitos aluviales humedecidos debido a la cercanía de la capa de agua. Las condiciones ambientales en estas situaciones son muy restrictivas, debido al alto grado de compactación del sustrato, lo que favorece el encharcamiento y la asfixia radicular en las plantas.

Comunidad de *Tamarix canariensis*: se ubica principalmente en depresiones interdunares húmedas donde forma bosquetes. Está representada por la misma subcomunidad existente en la zona activa, aunque con la diferencia que de forma ocasional puede aparecer *Suaeda mollis* o *Juncus acutus*.

Comunidad de *Cyperus laevigatus*: escasamente representada en este ambiente, se localiza únicamente en depresiones interdunares húmedas y en una única zona de escasa superficie.

Comunidad de *Launaea arborescens*: también tiene una presencia reducida, limitada a aquellas depresiones interdunares húmedas con una capa de arena seca en superficie. Únicamente está presente esta especie, por lo que no existe acompañamiento florístico.

C. Zona estabilizada: los procesos sedimentarios eólicos activos son prácticamente inexistentes debido a que la vegetación ocupa la casi totalidad del espacio. Existe un claro patrón de distribución de las diferentes comunidades y subcomunidades en función del tipo de geoforma heredada de su antigua actividad sedimentaria eólica (figura 6.57). Otros factores que controlan la distribución de la vegetación son la litología, la profundidad de la capa freática, las características químicas del sustrato, el volumen de arena y la antropización. Las comunidades vegetales alcanzan en esta zona su mayor estratificación y diversidad florística.

C.1. Dunas interiores estabilizadas: Aparecen grandes dunas, correspondientes a antiguas dunas transversales, y a dunas de menor tamaño producto del aplanamiento de antiguas dunas barjanas por el proceso de estabilización. El volumen de arena es el factor clave de la presencia de las diferentes comunidades vegetales. Existen pocas comunidades vinculadas a las dunas:

Comunidad de *Cyperus capitatus-Ononis serrata*: es la que ocupa una mayor superficie, cubriendo amplias extensiones de gran continuidad espacial en aquellas zonas aplanadas con mayor volumen de arena. En esta situación presenta una mayor diversidad florística y estratificación que en los otros ambientes presentes, donde junto a las especies herbáceas comienzan a ser significativa la presencia del nanofanerófito *Launaea arborescens* conformando una subcomunidad específica.

Comunidad de *Tamarix canariensis*: constituye la segunda comunidad en cuanto a superficie ocupada, estableciéndose principalmente sobre los antiguos cordones de dunas móviles. Abarca diversas subcomunidades, predominando con *Cyperus capitatus*, con *Neurada procumbens* y con *Cenchrus ciliaris*.

Comunidad de *Launaea arborescens*: es la tercera comunidad que ocupa una mayor superficie, pero de forma más fragmentada. Está representada por la subcomunidad con *Cyperus capitatus*, donde el cortejo florístico está formado principalmente por especies herbáceas psamófilas.

Comunidad de *Plocama pendula*: su presencia es testimonial y se reduce a tres unidades de escasa superficie.

Comunidad de *Suaeda mollis*: aparece de forma marginal cerca del barranco de Maspalomas. Está constituida por la subcomunidad con *Mesembryanthemum crystallinum*. La zona donde se ubica constituye un área aleada al camino por donde se realizan los paseos turísticos con dromedarios.

Comunidad de *Volutaria canariensis*: esta comunidad herbácea aparece de forma muy localizada, solamente en dos unidades, en la zona central del sistema de dunas. Está constituida por la subcomunidad con *Lobularia lybica*.

Comunidad de *Eremopogon foveolatus*: solamente aparece una unidad de esta comunidad, cerca del límite entre el campo de golf y el campo de dunas.

C.2. Depresiones interdunares: son el resultado de los antiguos procesos sedimentarios eólicos, ya que en la actualidad no se generan nuevas depresiones

interdunares debido a la inexistencia de los mismos y a la amplia cobertura vegetal. Las comunidades presentes son:

Comunidad de *Tamarix canariensis*: está representada principalmente por bosquetes, como la subcomunidad con *Nicotiana glauca*, con *Tamarix canariensis* (donde normalmente aparece un estrato arbustivo formado principalmente por *Heliotropium ramosissimum*, *Launaea arborescens* y/o *Suaeda mollis*, además de un estrato herbáceo donde pueden aparecer *Cenchrus ciliaris*, *Cyperus capitatus*, *Volutaria canariensis*, entre otras) y, en menor medida, poblaciones de *Tamarix canariensis* con *Volutaria canariensis*.

Comunidad de *Juncus acutus*: en la zona estabilizada esta comunidad se restringe a las depresiones interdunares, donde alcanza la mayor diversidad florística y estratificación (subcomunidad con *Launaea arborescens*). Aparecen especies de arbustos como *Schizogyne glaberrima* y *Launaea arborescens* que no se detectan en otros ambientes vinculados a esta comunidad, además de especies herbáceas como *Cynodon dactylon* y el endemismo de porte arbóreo *Phoenix canariensis*.

Comunidad de *Schizogyne glaberrima*: la única unidad de esta comunidad vegetal aparece en una depresión interdunar de la zona estabilizada. Probablemente se deba a un predominio local de *Schizogyne glaberrima*, por la existencia de unas condiciones edáfica muy específicas, ya que sus características florísticas son muy similares a la comunidad de *Juncus acutus* que se desarrolla en estas situaciones.

Comunidad de *Launaea arborescens*: está constituida principalmente por las subcomunidades con *Cynodon dactylon* y *Cenchrus ciliaris* y, en menor medida, con *Cyperus capitatus*. En el primer caso, se trata de una subcomunidad con un estrato herbáceo muy desarrollado, donde predominan las dos especies que la definen, además de otras, como *Volutaria canariensis*, *Mairetis microperma*, etc. El estrato arbustivo, evidentemente también bien desarrollado, está constituido, aparte de por *Launaea arborescens*, por *Heliotropium ramosissimum*, *Nicotiana glauca* y *Suaeda mollis*, entre otras.

Comunidad de *Volutaria canariensis*: esta comunidad se desarrolla en las depresiones interdunares con cierto volumen de arena seca. La composición florística de esta comunidad, representada por la subcomunidad con *Lobularia lybica*, está conformada por una mezcla de especies ruderales, como *Aizoon canariense*, y psamófilas como *Lobularia lybica*, *Ononis serrata* y *Mairetis microperma*. También aparecen arbustos como *Heliotropium ramosissimum* y *Launaea arborescens*.

Comunidad de *Heliotropium ramosissimum*: es una comunidad de escasa transcendencia en las depresiones interdunares de la zona estabilizada, respondiendo a

circunstancias ambientales muy locales y específicas. Las especies acompañantes más significativas son *Cynodon dactylon* y *Mesembryanthemum crystallinum*.

C.3. Zonas antropizadas: la actividad humana ha generado espacios nuevos, muy diferentes a las condiciones originales del sistema de dunas, donde predominan los sustratos removidos y el vertido de escombros. Sin embargo, algunas de estas zonas antropizadas se han visto afectada por la dinámica dunar, por lo que algunas de ellas están cubiertas parcial o totalmente por arena seca. En estas zonas antropizadas las comunidades vegetales existentes son las siguientes:

Comunidad de *Launaea arborescens*: se localiza fundamentalmente sobre depósitos antrópicos y cubetas de extracción de arena. La subcomunidad predominante es la de *Launaea arborescens* con *Cynodon dactylon* y *Cenchrus ciliaris*.

Comunidad de *Tamarix canariensis*: en las zonas más antropizadas esta comunidad se ubica principalmente en las cubetas de extracción de arena situadas en el margen oriental de la charca de Maspalomas y, en menor medida, sobre depósitos antrópicos. Probablemente esto se debe a que en estas situaciones *Tamarix canariensis* es capaz de alcanzar capas freáticas que son indispensables para su subsistencia. La subcomunidad predominante es la de *Tamarix canariensis* (grupo 5), que se caracteriza por constituir bosquetes con un escaso o nulo sotobosque.

Comunidad de *Volutaria canariensis*: principalmente está asociada a cubetas de extracción de arena y a depósitos antrópicos, donde está representada por la subcomunidad de *Volutaria canariensis*. El cortejo florístico está constituido principalmente por especies ruderales.

Comunidad de *Juncus acutus*: la única unidad de esta comunidad vegetal presente en zonas antropizadas se localiza en una cubeta de extracción de arena colindante con un brazo de la charca de Maspalomas. Por lo tanto, se trata de un área con unas condiciones de humedad edáfica ideal para especies higrófilas como *Juncus acutus*. La subcomunidad presentes es la de *Juncus acutus* con *Frankenia boiserie*.

Comunidad de *Suaeda mollis*: se encuentra asociada principalmente a depósitos antrópicos y, en menor medida, a una cubeta de extracción de arena. La subcomunidad presente es la de *Suaeda mollis* con *Mesembryanthemum crystallinum*.

Comunidad de *Phragmites australis*: La existencia de esta comunidad de carácter hidrófilo se debe a la presencia de cubetas de extracción de arena donde aflora el nivel freático.

Comunidad de *Cenchrus ciliaris*: la única zona donde se localiza esta comunidad es en la cubeta de extracción de arena situada cerca de la terraza alta del Inglés, donde ocupa las laderas de la misma.

Comunidad de *Aizoon canariense*: al igual que la comunidad anterior, está estrictamente asociada a las zonas antropizadas, en concreto a cubetas de extracción de arena y a depósitos antrópicos.

Comunidad de *Mesembryanthemum crystallinum*: exclusivamente vinculada a los depósitos antrópicos y a los taludes con depósitos antrópicos.

Comunidad de *Cyperus capitatus-Ononis serrata*: en las zonas antropizadas esta comunidad se localiza sobre los depósitos antrópicos que han sido cubiertos parcial o totalmente de arena. En esta situación la especie predominante es *Ononis serrata*, siendo muy significativa la presencia del caméfito *Heliotropium ramosissimum*. Por el contrario, *Cyperus capitatus* es muy escaso.

Comunidad exótica: se localiza en la cubeta de extracción de arena del margen oriental de la charca de Maspalomas, donde está compuesta fundamentalmente por individuos de *Casuarina equisetifolia*.

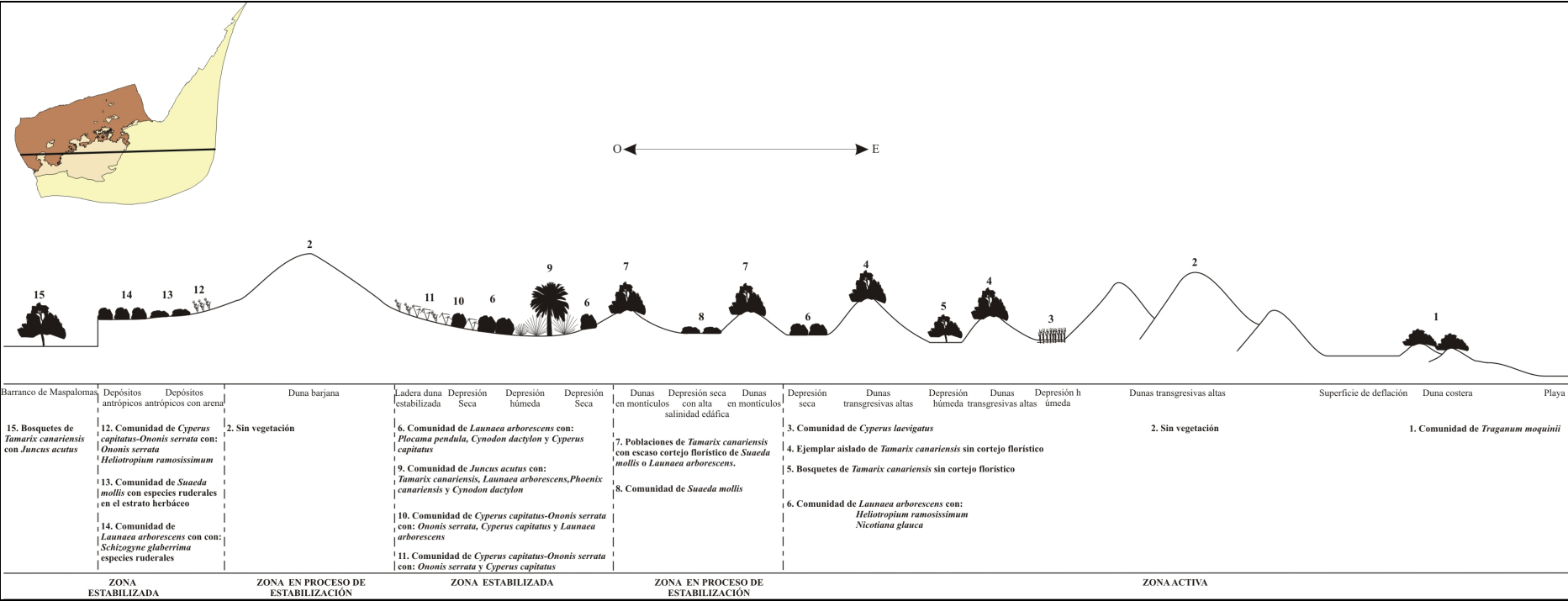


Figura 6.55. Zonación de la vegetación del campo de dunas de Maspalomas.

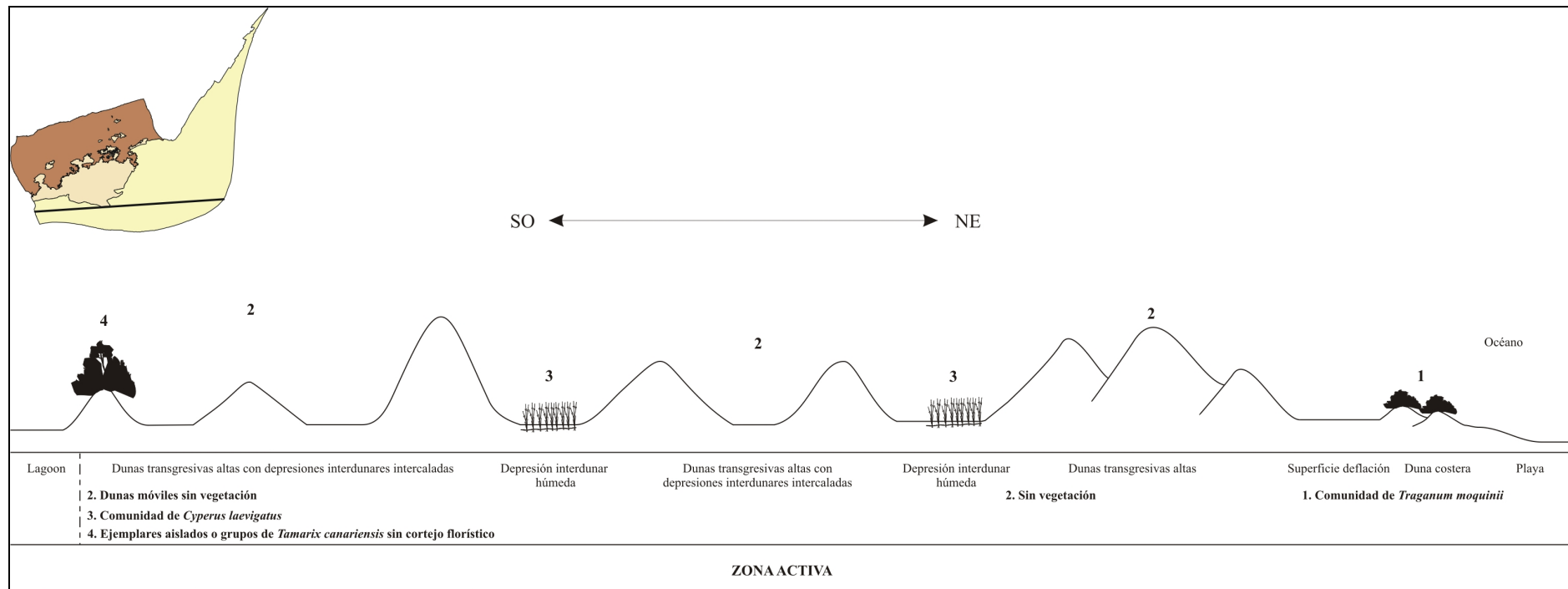


Figura 6.56. Zonación de la vegetación en la zona activa del campo de dunas de Maspalomas.

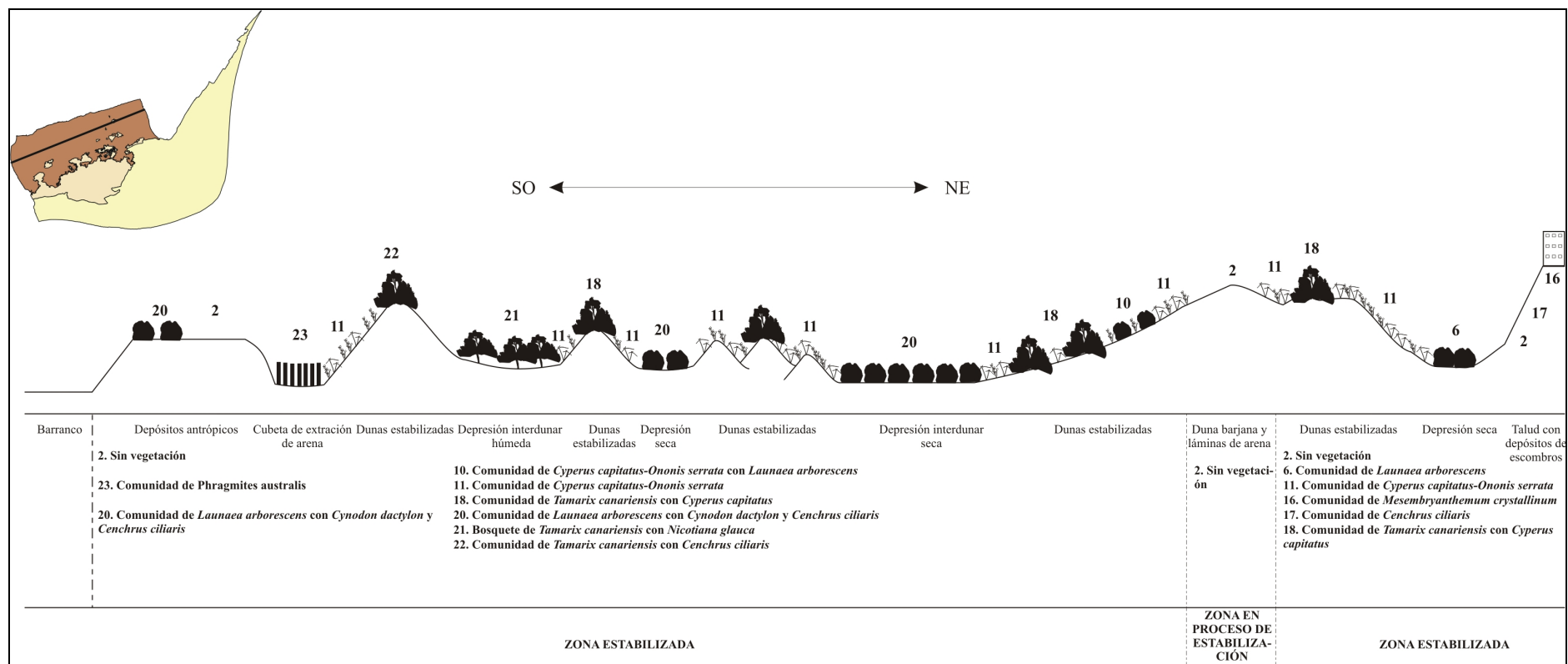


Figura 6.57. Zonación de la vegetación en la zona estabilizada del campo de dunas de Maspalomas.

6.3. Modelo de colonización y sucesión de la vegetación del sistema de dunas de Maspalomas

Los resultados obtenidos mediante la caracterización sistemática de las comunidades vegetales, el análisis de los factores ecoantrópicos que controlan su distribución y el estudio de su dinámica actual, tanto a través de trabajo de campo, como mediante la utilización de tecnologías de la información geográfica, permiten plantear un modelo de procesos de colonización y sucesión vegetal (figura 6.58). Las relaciones se establecen tanto entre comunidades y ambiente físico como entre ellas mismas.

Este espacio geográfico presenta distintos grados de sucesión vegetal, los cuales son consecuencia de las condiciones ecológicas existentes, las alteraciones ambientales ocasionadas por la actividad humana y el grado de evolución del sistema. Las especies pioneras en la colonización de las dunas son diferente en función de estos mismos factores. Existen cinco líneas principales de colonización vegetal: la asociada a la duna costera, la vinculada a la formación de depresiones interdunares en las dunas transgresivas, la asociada a dunas en proceso de estabilización, la colonización de dunas estabilizadas y los resultantes de procesos de antropización del espacio. En definitiva, los factores que controlan la colonización vegetal son fundamentalmente el volumen y movilidad de la arena, las geoformas, la profundidad de la capa freática, la litología y el grado de antropización.

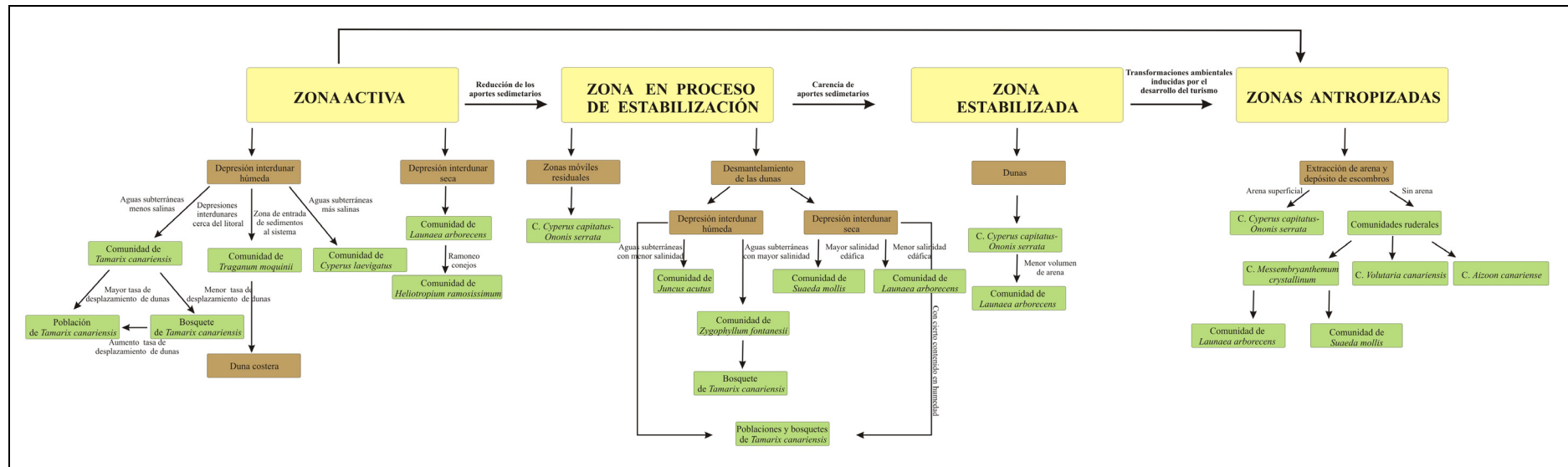


Figura 6.58. Dinámica de la vegetación en el sistema de dunas de Maspalomas.

6.3.1. Colonización asociada a la formación de la duna costera

Aunque no se ha estudiado de forma específica la dinámica de la comunidad de *Traganum moquinii* existente en la duna costera, a partir del seguimiento de esta comunidad vegetal en las dunas transgresivas bajas y en las dunas transgresivas altas, además de la caracterización de la duna costera y del análisis de la relación de la misma con esta especie vegetal, se puede proponer un modelo hipotético de colonización y formación de la misma. La preferencia de esta especie de colonizar depresiones interdunares húmedas, es decir, zonas donde el nivel freático se encuentra cerca de la superficie, y el hecho de que este arbusto es la única especie capaz de colonizar la zona inmediata al área de entrada de sedimentos al sistema, parecen indicar que la colonización de esta comunidad se inicia a partir de este tipo de geoforma.

Las depresiones interdunares húmedas que se originan entre las dunas en montículos permite la colonización de los nuevos ejemplares de *Traganum moquinii*. Estas plántulas retienen parte de los sedimentos transportados, de tal forma que generan dunas en montículos. Además, su respuesta positiva al enterramiento por arena le permite no sólo sobrevivir al mismo, sino que produce un mayor crecimiento de la planta. Conforme crece la planta aumenta el tamaño de la duna formada. Como se puede ver en la figura 6.59, detrás de las primeras dunas en montículos, la zona donde aflora la arena húmeda es colonizada por plántulas de *Traganum moquinii*, que conforme va creciendo generan nuevas dunas en montículos. Probablemente las dunas en montículos formadas por los ejemplares adultos de *Traganum moquinii* protegen a las plántulas de los efectos del viento y también disminuyen el enterramiento de las mismas mediante la ralentización del avance de las dunas, produciendo un proceso de facilitación que favorece el desarrollo de las plántulas.



Figura 6.59. Plántulas de *Traganum moquinii* colonizando una depresión interdunar húmeda situada detrás de las primeras dunas en montículos de la duna costera. Obsérvese que las plántulas ya comienzan a generar pequeñas acumulaciones de arena a sotavento.

La supervivencia de las plántulas depende del volumen de sedimentos y de la rapidez con la cual se acumulan, además de las actividades humanas asociadas al uso turístico de la zona. También es muy probable que las variaciones de la profundidad del nivel freático puedan condicionar su supervivencia. Las dunas en montículos generadas por las plantas van conformando la duna costera de Maspalomas, constituyendo un conjunto de dunas permanentes, en el sentido en que estas geoformas siempre están presentes en aquellas zonas donde existen ejemplares de *Traganum moquinii* (figura 6.60). Como ya se comentó anteriormente, se encuentra fragmentada en tres zonas. En las zonas sin duna costera los sedimentos avanzan más rápidamente, dificultando de forma significativa la colonización de las plántulas de *Traganum moquinii*, originándose superficies de deflación, así como dunas de menor altura que transitan de forma temporal sobre las mismas. Al contrario que las dunas generadas por *Traganum moquinii*, éstas últimas, al no estar condicionadas por la vegetación, son dunas estacionales que en determinados periodos no están presentes y, por lo tanto, se aumenta la vulnerabilidad del sistema, ya que en los momentos de ausencia de estas dunas, la erosión marina y la penetración de agua de mar durante los temporales puede ser más significativa.



Figura 6.60. En primer plano, áreas sin presencia de *Traganum moquinii* ocupadas por superficies de deflación y láminas de arena. Al fondo se puede observar la duna costera formada por dunas en montículos con ejemplares de *Traganum moquinii*.

La importancia de la duna costera como barrera natural y como reservorio de sedimentos se pone de manifiesto durante los periodos erosivos (figura 6.61). Así, durante los temporales de viento los sedimentos son removilizados de forma masiva, quedando únicamente retenidos los que son fijados por el sistema radicular de los ejemplares de *Traganum moquinii*. Esta erosión eólica genera un perfil erosivo de las dunas en montículos de la duna costera, formándose dunas residuales que se caracterizan por la exhumación de las raíces de los ejemplares de *Traganum moquinii* y la formación de una duna eco delante de las dunas en montículos.



Figura 6.61. Perfil acumulativo de la duna costera el 30-06-2006 (izquierda) y perfil erosivo de la duna costera el 2-02-2007 (derecha) con la duna residual mantenida por *Traganum moquinii* y delante una duna eco.

Por lo tanto, las dunas con vegetación son menos vulnerables a la erosión, protegiendo al sistema de los temporales y administrando el tránsito de sedimentos.

6.3.2. Procesos de colonización vegetal vinculados a la formación de depresiones interdunares en las dunas transgresivas

La colonización vegetal en aquellas zonas que presentan una mayor movilidad y volumen de arena, y donde el tránsito de sedimentos es continuo, es decir, en las dunas transgresivas, está estrechamente vinculado a la formación de depresiones interdunares. Como se ha podido comprobar en los apartados anteriores, la dinámica de las comunidades vegetales que se desarrollan en las áreas móviles (comunidad de *Traganum moquinii*, comunidad de *Tamarix canariensis*, comunidad de *Cyperus laevigatus* y comunidad de *Launaea arborescens*) están estrechamente vinculadas a la formación de estas geoformas. Por lo tanto, las depresiones constituyen los ejes principales de colonización de las especies vegetales en las zonas que presentan movilidad de la arena, y son el origen de estas comunidades vegetales en el sistema de dunas de Maspalomas. Las plantas comienzan a colonizar las dunas a través de las depresiones interdunares que se intercalan entre las dunas transgresivas, ya que son zonas donde el asentamiento y desarrollo de las mismas es más favorable debido a los siguientes factores: el afloramiento de materiales aluviales, la disminución de la profundidad del nivel freático, la reducción de las perturbaciones ocasionadas por el enterramiento de las partes aéreas, la estabilidad del sustrato, la mayor disponibilidad de tiempo para desarrollarse antes de ser afectadas por el avance de las dunas (lo que permite el poder florecer y fructificar, garantizando, de esta forma, la existencia de una nueva generación) y por la incapacidad de las especies vegetales existentes en Maspalomas para colonizar directamente las dunas en aquellas zonas de mayor movilidad y volumen de sedimentos seguramente vinculado a las escasas precipitaciones.

Los procesos de colonización vegetal vinculados a las depresiones interdunares existentes dependen de las características litológicas de las mismas. En las depresiones húmedas, resultado de la cercanía de la capa freática a la superficie, la colonización está encabezada por comunidades de carácter higrófilo como la de *Tamarix canariensis*, la de *Cyperus laevigatus* y la de *Traganum moquinii*. Las especies que identifican a estas comunidades están perfectamente adaptadas a la dinámica dunar. La presencia de una u otra comunidad viene definida por el grado de salinidad de las aguas existentes en el manto freático, la tasa de desplazamiento de las dunas y la distancia a la línea de costa.

6.3.2.1. Comunidad de *Tamarix canariensis*

En el caso concreto de la comunidad de *Tamarix canariensis*, su presencia tanto en dunas como en depresiones interdunares, está vinculada a la existencia de una estrecha relación entre el avance de las dunas móviles y la capacidad de esta especie

para desarrollarse en condiciones de enterramiento, ya que responde de forma positiva al mismo, incrementando sobre todo su altura.

Como se pudo comprobar en el apartado correspondiente, las plántulas de *Tamarix canariensis* germinan preferentemente en zonas donde aflora arena húmeda y, en menor medida, sobre depósitos aluviales con cierto contenido en humedad, como consecuencia de la existencia de un nivel freático a escasa profundidad (figura 6.62a y 6.62b). Este inicio de la colonización ocurre principalmente en la zona activa, que es donde únicamente se producen estas condiciones, debido a que los procesos sedimentarios eólicos activos se encuentran en su plenitud, por lo que se forman constantemente nuevas depresiones interdunares. A partir de este momento, se establece una carrera contra reloj, en la cual las plántulas deben alcanzar una altura suficiente como para ser capaces de resistir el enterramiento ocasionado por el avance de las dunas (figura 6.62c y 6.62d). Si en el momento en que la duna alcanza a la planta, esta posee una altura similar o superior a la misma, entonces garantiza su supervivencia (figura 6.62e y 6.62f). En caso contrario, parece sepultada por la duna. Las plantas tienen mayores posibilidades de alcanzar una altura adecuada para su supervivencia conforme más alejado se encuentre del frente de avance de la duna, ya que en este caso dispone de mayor tiempo para desarrollar la altura necesaria para su supervivencia. Asimismo, cuanto mayor sea la tasa de desplazamiento de la duna, menores serán las posibilidades de supervivencia. En este caso, el resultado final es la formación de poblaciones de *Tamarix canariensis*, ya que de todas las plántulas germinadas, normalmente una pequeña proporción logran sobrevivir al avance de la duna. Por el contrario, sobre aquellas depresiones interdunares sobre las cuales no se produce el avance de dunas durante un periodo de tiempo más o menos largo, debido a que la tasa de desplazamiento es relativamente reducida, se forman bosquetes de esta especie, debido a la mayor tasa de supervivencia de las plántulas. Los bosquetes pueden transformarse en poblaciones de *Tamarix canariensis* por un aumento en la tasas de desplazamiento de las dunas.

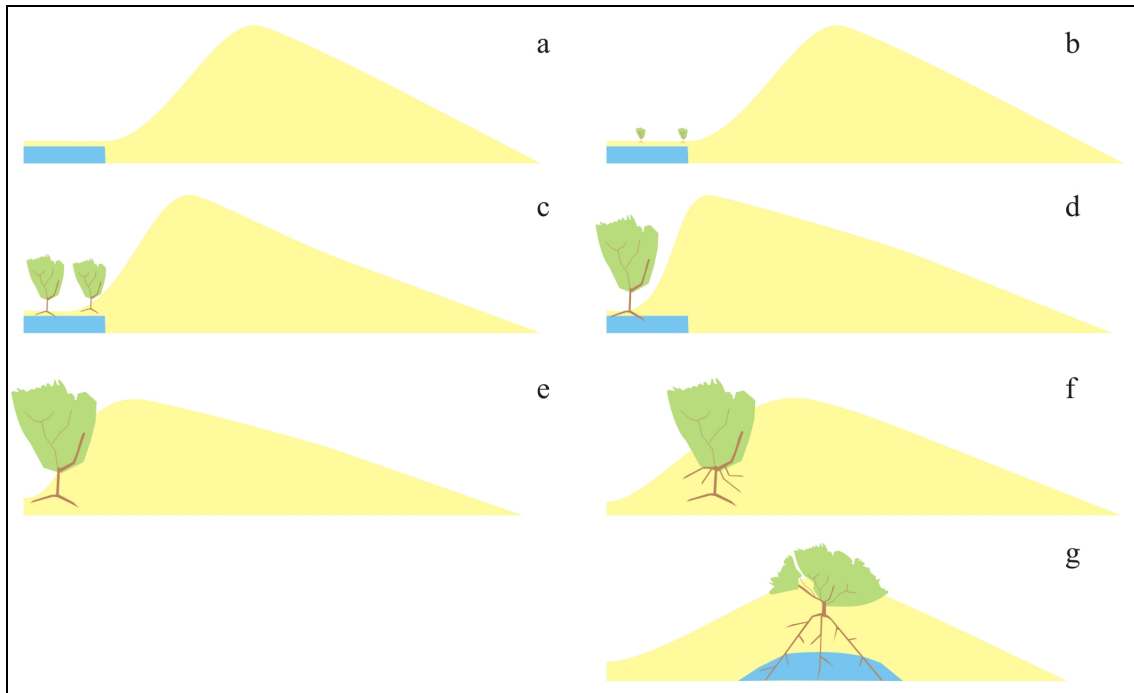


Figura 6.62. Proceso de formación de dunas con *Tamarix canariensis*.

Por lo tanto, existe una primera fase, que se puede denominar de asentamiento, en la cual, la planta o grupo de ellas ha conseguido asegurar su supervivencia.

A partir de aquí se establece una secuencia evolutiva de las poblaciones de *Tamarix canariensis* de la siguiente forma:

1) La fase de asentamiento se resuelve en la existencia de un *Tamarix canariensis* coronando una duna o un cordón de dunas (figura 6.62g). En el caso en que la cantidad de sedimentos en tránsito sea menor se puede generar dunas en montículos. En esta primera fase, las dunas están mantenidas por el árbol, pero se siguen produciendo procesos sedimentarios eólicos activos, como la erosión y la acumulación de arena, debido a nuevos aportes (figura 6.63). Así, en periodos de fuerte viento, los sedimentos más superficiales pueden ser movilizados, de tal forma que parte de las raíces quedan exhumadas, formándose estructuras de dunas residuales. Esta primera fase configura la subcomunidad de *Tamarix canariensis* (grupo 2), caracterizada por su estructura monoestrata y su carácter monoespecífico debido a la inexistencia de especies vegetales acompañantes. Se localiza principalmente en las dunas transgresivas altas.



Figura 6.63. Ejemplar de *Tamarix canariensis* sobre un cordón de dunas (derecha) y ejemplar de *Tamarix canariensis* coronando una duna en montículos erosionada (izquierda).

2) Conforme disminuyen los aportes de sedimentos, y por lo tanto, las dunas se estabilizan, comienza a incrementarse la diversidad florística, conformándose un estrato arbustivo, que coloniza principalmente las laderas de la duna (figura 6.64). Se corresponde con la subcomunidad de *Tamarix canariensis* (grupo 2) con estrato arbustivo que sobre todo se localiza en la zona en proceso de estabilización.



Figura 6.64. Ejemplar de *Tamarix canariensis* con estrato arbustivo en la zona en proceso de estabilización.

3) La etapa final viene definida por la estabilización absoluta de la arena debido a la ausencia de procesos sedimentarios eólicos activos. En este caso la diversidad florística es la máxima, de tal forma que se configuran tres estratos, el herbáceo y el arbustivo, además del arbóreo (figura 6.65). De esta forma, se establece la

subcomunidad de *Tamarix canariensis* con *Cyperus capitatus* que se ubica fundamentalmente en la zona estabilizada.



Figura 6.65. Ejemplar de *Tamarix canariensis* con estrato herbáceo y arbustivo en la zona estabilizada.

En el caso de los bosquetes de *Tamarix canariensis*, la secuencia expuesta anteriormente es similar. Los bosquetes, que se originan en las depresiones interdunares de la zona activa, van aumentando su composición florística y su estratificación conforme aumenta la estabilización de las dunas. De esta forma, se alcanza la subcomunidad de *Tamarix canariensis* con *Nicotiana glauca* que se desarrolla principalmente en la zona estabilizada.

Las seis subcomunidades existentes de la comunidad de *Tamarix canariensis* marcan una secuencia evolutiva en el proceso de sucesión ecológica, desde la colonización de las dunas móviles, hasta la progresiva paralización de estas dunas colonizadas, que terminan por transformarse primero en dunas en proceso de estabilización y, finalmente, en dunas estabilizadas. Aunque la estabilización de las dunas es un proceso vinculado a cambios ecoantrópicos, la comunidad de *Tamarix canariensis* tiene la capacidad de modificar a escala local los procesos sedimentarios eólicos, de forma que al alterar el flujo de vientos también produce cambios en las geoformas dunares. Así, en determinadas áreas de la zona activa, los cordones barjanoides son transformados en dunas parabólicas por la ralentización del avance de los mismos como consecuencia de la presencia de ejemplares adultos de *Tamarix canariensis*. Esto, a su vez, incrementa las posibilidades de supervivencia de las plántulas que germinan a sotavento de las dunas. De esta forma, esta comunidad vegetal va paralizando de forma progresiva el sistema de dunas.

Esta paralización de la arena lleva aparejada una mejora de las condiciones ambientales, lo que permite a su vez un aumento de la riqueza florística. En primer lugar, disminuye el enterramiento de las plantas, principal factor limitante del asentamiento y desarrollo de las mismas. Además, progresivamente se va enriqueciendo el sustrato por la descomposición de las hojas y ramas del propio *Tamarix canariensis*. Esta especie también protege a otras plantas de la acción del viento. Todo esto permite el asentamiento de especies más vulnerables a la dinámica dunar. En definitiva, esta comunidad vegetal evoluciona de una etapa primaria, caracterizada por la ausencia de especies acompañantes, donde las condiciones ambientales se caracterizan por la movilidad de la arena y las constantes perturbaciones ocasionadas por este proceso. Conforme se reducen los aportes de arena, disminuyen las perturbaciones, lo que a su vez permite la aparición de algunos nanofanerófitos, aunque normalmente presentan una escasa cobertura. Finalmente, la absoluta estabilización del sistema tiene como consecuencia la diversificación estructural, que se manifiesta en la presencia de tres estratos (arbóreo, arbustivo y herbáceo), y florística, con el aumento del número de especies vegetales acompañantes.

Este macrofanerófito en ocasiones coloniza las áreas previamente ocupadas por *Cyperus laevigatus*, desplazando al geófito. Esto se debe al proceso de “invasión” de *Tamarix canariensis*, durante el cual ocupa las zonas donde se desarrolla la comunidad de *Cyperus laevigatus*.

6.3.2.2. Comunidad de *Cyperus laevigatus*

La dinámica de la comunidad de *Cyperus laevigatus* está condicionada por el avance de los cordones de dunas de la zona activa. Las dunas móviles, en su desplazamiento, sepultan las depresiones interdunares donde se desarrollan esta comunidad, produciendo su desaparición, al mismo tiempo que se va formando una nueva depresión interdunar. La estrategia de supervivencia de *Cyperus laevigatus* consiste en emitir rizomas reptantes en todas las direcciones posibles. A través de estos rizomas, van creciendo nuevos ejemplares, formándose alineaciones de clones de *Cyperus laevigatus* por toda la depresión interdunar (figura 6.66). Aquellos ejemplares que han crecido en la misma dirección de avance del frente de la duna, tienen mayores probabilidades de supervivencia, ya que se aleja de él (figura 6.67). Su supervivencia depende de un rápido crecimiento que le permita alejarse de la duna antes de que ésta consiga sepultarla totalmente, y tener el tiempo suficiente como para reproducirse, de forma que pueda garantizar la continuidad de la comunidad. Asimismo, este tipo de reproducción la combina con otra sexual, que le permite colonizar otras áreas más alejadas. Además, las posibilidades de continuidad de esta comunidad están relacionadas con la tasa de desplazamiento de las dunas. En las zonas donde esta tasa es superior a los 3 m/año su permanencia se ve seriamente comprometida. Se trata por tanto de una comunidad vegetal “temporal”, su supervivencia depende del movimiento de las dunas y de su capacidad para ir colonizando las nuevas depresiones interdunares

formadas, y alejarse de la duna que avanza, ya que *Cyperus laevigatus*, debido a su porte herbáceo, no es capaz de soportar el enterramiento, como otras especies, caso de *Tamarix canariensis* y, parcialmente, *Traganum moquinii*.



Figura 6.66. Estrategia de expansión de *Cyperus laevigatus*.

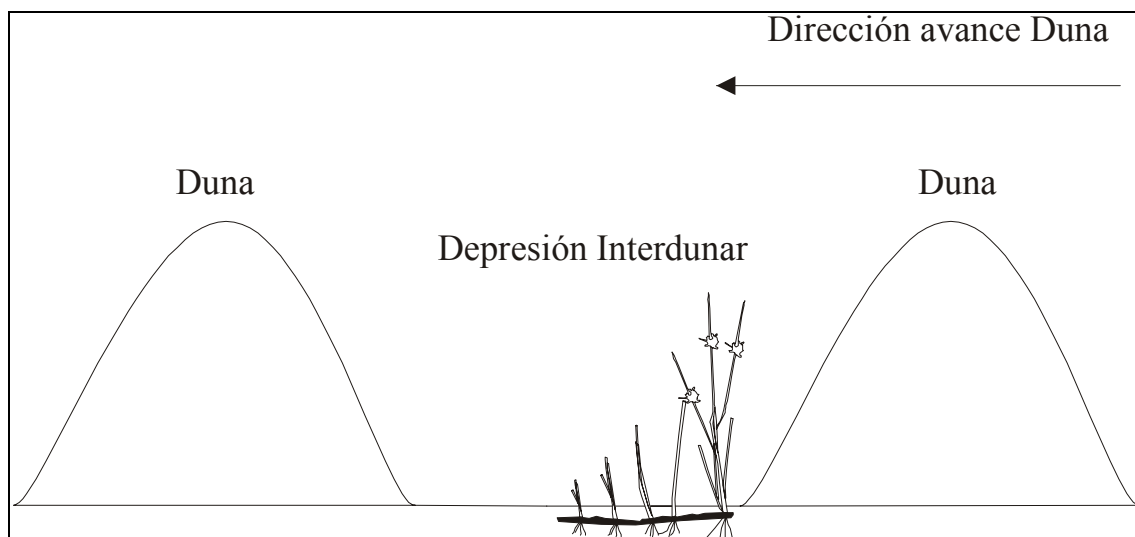


Figura 6.67. Esquema de la estrategia de supervivencia de la comunidad de *Cyperus laevigatus* en las depresiones interdunares de la zona activa.

La comunidad de *Cyperus laevigatus* se extiende tanto en la zona activa como en la zona en proceso de estabilización, pero en la primera ocupa una mayor superficie. Este hecho puede estar relacionado con la ventaja competitiva que le proporciona sus adaptaciones a la dinámica dunar activa, que en la zona en proceso de estabilización no tienen efecto. En definitiva, las adaptaciones al movimiento de las dunas le confieren ventajas, debido a que otras comunidades que ocupa el mismo hábitat no tienen capacidad para resistir el enterramiento o “huir” de éste. Un ejemplo de este aspecto los constituye con la potencial competencia que podría tener con *Juncus acutus*. En una depresión interdunar del extremo oeste de las dunas transgresivas altas esta especie es bastante abundante, aunque la comunidad dominante es la de *Cyperus laevigatus*. Sin embargo, las dunas de esta zona presentan tasas de movilidad bastante menores a otras donde *Juncus acutus* no está presente. Por lo tanto, conforme estas tasas vayan disminuyendo, posiblemente *Juncus acutus* se convertirá en la especie dominante, ya que presenta un tamaño mayor.

La importancia y supremacía de esta comunidad vegetal en las depresiones interdunares húmedas en aquellos sectores donde las dunas presentan las mayores tasas de movilidad, dentro de los umbrales compatibles con la existencia de la vegetación, podría estar relacionada con la ventaja competitiva que le proporciona el tener dos sistemas de reproducción diferentes. De este modo, su capacidad para poder reproducirse, tanto de forma sexual como asexual, le permite competir de forma más eficaz en la lucha por el espacio, con respecto a otras comunidades vegetales. Otras especies no son capaces de asentarse en las depresiones interdunares húmedas (exceptuando a *Tamarix canariensis*), ya que no son capaces de soportar el enterramiento o “huir” de él.

6.3.2.3. Comunidad de *Traganum moquinii*

La comunidad de *Traganum moquinii*, además de localizarse en la duna costera, también se desarrolla en las dunas transgresivas altas y bajas. En ambos casos, se encuentra asociado a las depresiones interdunares húmedas existentes entre los cordones de dunas en las zonas más cercanas a la línea de costa. Se puede establecer una diferencia significativa entre el fenómeno del enterramiento sobre esta especie en las dos unidades geomorfológicas. En el primer caso, se trata de dunas que normalmente superan los 4 metros de altura, por lo que las consecuencias del avance de las mismas afecta tanto a los ejemplares adultos como juveniles. En este sentido, se puede afirmar que todos los individuos que se desarrollan en este ambiente terminan pereciendo, de forma inexorable, por el avance de los cordones de dunas. Por lo tanto, la permanencia de esta comunidad vegetal en estas situaciones viene marcada por garantizar la formación de una nueva generación de *Traganum moquinii* en el mismo sentido de avance de las dunas. Por el contrario, en las dunas transgresivas bajas, la altura de las dunas está en torno a 1-3 metros. Por lo tanto, el enterramiento normalmente no afecta de forma significativa a aquellos ejemplares adultos que tienen una altura superior a los

2 metros. En este caso, los ejemplares de *Traganum moquinii* que colonizan las depresiones interdunares retienen parte de los sedimentos en tránsito, formándose dunas en montículos. En cambio, las plantas que tienen una altura inferior son muy vulnerables, estando su desarrollo y supervivencia relacionada con este factor.

6.3.2.4. Comunidad de *Launaea arborescens*

La comunidad de *Launaea arborescens* coloniza las depresiones interdunares secas. Su estrategia consiste en el nacimiento de nuevas plántulas por delante del frente de avance de las dunas (figura 6.68). De esta forma, la comunidad se regenera por delante de la duna, a la vez que las plantas más cercanas al frente de la misma van desapareciendo conforme este avanza. Según los datos obtenidos, parece que esta comunidad se desarrolla mejor en aquellas zonas donde la tasa de avance de las dunas no supera los 2,2 m/año.



Figura 6.68. Estrategia de expansión de la comunidad de *Launaea arborescens*. Obsérvese como existe una gradación decreciente en la edad de las plantas conforme se alejan de la duna. Los nuevos ejemplares de *Launaea arborescens* se sitúan en las áreas más alejadas del frente de dunas, de forma que reemplazarán a los individuos de mayor edad cuando la duna los sepulte.

La comunidad de *Launaea arborescens* puede derivar en la comunidad de *Heliotropium ramosissimum*. Esto se produce cuando el ramoneo de conejos es significativo, ya que se alimenta de los brotes tiernos y ejemplares jóvenes de *Launaea arborescens*, mientras que este mamífero no consume a *Heliotropium ramosissimum*.

Una vez analizada cada una de las comunidades vegetales que se desarrollan en la zona activa, se llega a la conclusión de que la colonización de las dunas móviles se basan en dos estrategias fundamentales: horizontales y verticales.

Las estrategias horizontales, seguidas por la mayoría de las comunidades vegetales capaces de colonizar las dunas móviles, consisten en el alejamiento progresivo de las nuevas generaciones de las plantas en el mismo sentido de avance del frente de dunas. De esta forma, los ejemplares más antiguos estarían más cercanos al frente dunar y los más jóvenes estarían más alejados. Así las posibilidades de supervivencia de la comunidad aumentan. A su vez, las estrategias horizontales se pueden subdividir en dos tipos: la basada en el crecimiento asexual a través de rizomas reptantes, que es la estrategia utilizada por *Cyperus laevigatus*; y el crecimiento sexual de nuevos individuos en la dirección de avance de las dunas. Esta última estrategia es la que utilizan la comunidad de *Launaea arborescens* y la comunidad de *Traganum moquinii*.

Por su parte, las estrategias verticales, llevada a cabo únicamente por *Tamarix canariensis*, consisten en el crecimiento en altura del ejemplar en cuestión. De esta forma, su supervivencia va a depender de la altura que posea cuando la cresta de la duna alcance la parte más alta de la planta. Si esta altura supera a la de la duna o es igual, entonces el *Tamarix canariensis* sobrevivirá. En caso contrario, morirá sepultado por la duna.

6.3.3. Colonización vegetal asociada a dunas en proceso de estabilización

La reducción de los aportes de arena, tanto derivados de procesos naturales como inducidos por causas antrópicas, supone el descenso en el volumen de arena transportado. De esta forma, las dunas en tránsito no son sustituidas por otras de iguales proporciones, al detenerse parcial o totalmente el flujo de sedimentos. Así se producen dos procesos fundamentales, que están relacionados con el volumen de arena existente y la cobertura vegetal. Por un lado, en aquellas áreas donde el volumen de arena y la cobertura vegetal es menor, tiene lugar el desmantelamiento de las dunas por la acción del viento, ya que el volumen de arena removilizada no es sustituido por otro equivalente. De esta forma, se produce el afloramiento de sustratos hasta ahora ocultos bajo la misma. Por otra parte, en las zonas donde existe un mayor volumen de arena, permanecen sectores móviles residuales, constituidos principalmente por dunas barjanas y láminas de arena. Las comunidades vegetales que colonizan estas áreas están menos adaptadas a la dinámica dunar, por lo que los procesos de colonización son encabezados por otras especies.

El desmantelamiento de las dunas se manifiesta en la formación de amplias superficies de deflación que presentan una disposición este-oeste, al contrario que las depresiones interdunares asociadas a las dunas transgresivas altas, que tienen una disposición norte-sur. Sin embargo, ya se ha comentado que estas superficies de deflación, desde el punto de vista ecológico, son similares a las depresiones interdunares, por lo que la denominaremos de esta última forma. Las depresiones

interdunares pueden ser húmedas o secas. En las secas, donde afloran depósitos aluviales con una elevada salinidad edáfica o la capa freática está situada a una profundidad superior al metro, la colonización la encabezan las comunidades de *Suaeda mollis* y de *Launaea arborescens*. El dominio de una u otra comunidad está asociado al grado de salinidad edáfica. *Suaeda mollis* predomina en las zonas más salinas, mientras que *Launaea arborescens* hace lo propio en las de menor salinidad. En cambio, las húmedas, donde aflora arena húmeda debido a la cercanía de la capa de agua, la colonización corresponde a comunidades con altos requerimientos hídricos, como la de *Zygophyllum fontanesii* y la de *Juncus acutus*. La presencia de una u otra está asociada al grado de salinidad que presentan las aguas subterráneas. Cuando éstas poseen un alto grado de salinidad, son colonizadas por *Zygophyllum fontanesii*. En cambio, en aquellas zonas donde la salinidad es menor, es *Juncus acutus* la comunidad predominante. Entre ambas comunidades se forman zonas de transición donde las dos especies conviven.

En las depresiones interdunares húmedas y, en menor medida, en las secas, la comunidad de *Tamarix canariensis* también puede constituirse como una comunidad primocolonizadora, aunque con un menor potencial que en la zona activa. Esto probablemente está relacionado con el mayor grado de competencia interespecífica existente. Hay que tener en cuenta que en las zonas en proceso de estabilización el enterramiento producido por las dunas se reduce ostensiblemente, de tal forma que *Tamarix canariensis* ya no tiene la ventaja competitiva que supone el ser capaz de resistirlo. Asimismo, esta comunidad también puede evolucionar a partir de otra existente. Es el caso de algunas unidades de la comunidad de *Zygophyllum fontanesii*, que paulatinamente se están convirtiendo en un bosque de *Tamarix canariensis* (subcomunidad de *Zygophyllum fontanesii* con *Tamarix canariensis*).

En definitiva, estas geoformas, donde aflora el basamento o arena humedecida por el nivel freático, proporcionan nuevos hábitats para las especies vegetales, sobre todo para aquellas que no son estrictamente psamófilas (especies higrófilas y halófilas, principalmente), y un ambiente más estable donde las perturbaciones ocasionadas por el avance de las dunas y el consecuente enterramiento es menos significativo y frecuente. Todo esto permite la colonización vegetal, constituyendo estas zonas sin sedimentos en tránsito las más dinámicas del campo de dunas. También es muy importante la reducción de las perturbaciones ocasionadas por el enterramiento de la arena, ya que permite el desarrollo y, por lo tanto, el aumento de la complejidad de las comunidades vegetales existentes en las dunas móviles.

Por otro lado, la sucesión vegetal también está vinculada a la existencia de zonas móviles residuales, formadas principalmente por láminas de arena y dunas barjanas. En este caso, la tasa de desplazamiento de las dunas es menor que en la zona activa, y la comunidad vegetal pionera es la de *Cyperus capitatus-Ononis serrata* (grupo 1), donde *Cyperus capitatus* constituye la especie principal. *Ononis serrata* en estas situaciones normalmente está ausente. Sin embargo, este esquema general se ve matizado por las características de la geoforma dunar en cuestión. Cuando la geoforma es una duna, únicamente está presente *Cyperus capitatus*. Sin embargo, en las láminas de arena o en

aquellas dunas donde se forman pequeños *blowout*, se establece la siguiente estructura: *Cyperus capitatus* domina las zonas de mayor acumulación y movilidad de los sedimentos (caso de las laderas de la duna y del *blowout*), mientras que *Ononis serrata* domina las zonas más deprimidas y protegidas. En definitiva, la dominancia de una u otra especie está controlada por la acumulación de arena existente y la movilidad de la misma. En las zonas donde predomina la acreción (gran acumulación de arena) domina *Cyperus capitatus*, mientras que donde predomina la deflación es dominante *Ononis serrata*.

6.3.4. Colonización de dunas estabilizadas

Cuando el sistema carece totalmente de aportes de arena y no se producen otros procesos sedimentarios eólicos activos que incentiven la colonización vegetal y, a su vez, la superficie ocupada por la vegetación es muy significativa, entonces se produce la estabilización de las dunas. Los procesos de colonización en las zonas estabilizadas son menos dinámicos, produciéndose sobre todo la evolución de las comunidades hacia etapas de mayor madurez. Esto se debe a dos cuestiones principales: en primer lugar, la vegetación existente es el producto de la colonización de las dunas móviles y en proceso de estabilización, por lo que ésta se encuentra en un estado evolutivo bastante avanzado. En otras palabras, existe una mayor competencia por el espacio, debido a que la práctica totalidad del mismo está ocupado por la vegetación; por otro lado, no se originan nuevas depresiones interdunares, ya sean húmedas o secas, siendo las existentes heredadas de las situaciones anteriores. Por lo tanto, las nuevas comunidades colonizadoras de las dunas estabilizadas tienen que estar capacitadas para asentarse sobre volúmenes considerables de arena seca, tratándose por lo tanto de especies psamófilas o xerófilas.

La colonización vegetal en las zonas estabilizadas se reduce prácticamente a la comunidad de *Cyperus capitatus-Ononis serrata* y a la de *Launaea arborescens*. El proceso podría tener lugar de la siguiente forma:

1) En las dunas en proceso de estabilización *Cyperus capitatus* contribuye a una mayor fijación del sustrato arenoso con las numerosas ramificaciones de su amplia red de rizomas. Esto permite la mejora de las condiciones ambientales por la reducción del sedimento móvil, consolidándose la subcomunidad de *Cyperus capitatus-Ononis serrata* (grupo 1) subtipo 1. A su vez esto permite que aquellas especies incapaces de sobrevivir en zonas donde la arena presenta cierta movilidad puedan asentarse. De esta forma, la comunidad de *Cyperus capitatus-Ononis serrata*, de forma paralela a la estabilización de la arena, aumenta en un primer momento su diversidad florística, al incorporarse a la misma otras especies herbáceas, como *Ononis serrata*, desarrollándose de este modo la subcomunidad *Cyperus capitatus-Ononis serrata* (grupo 1) subtipo 2.

2) Con el transcurso del tiempo y el aumento de la estabilización, se puede incrementar la complejidad estructural, con la aparición de especies arbustivas, dando lugar a la

subcomunidad de *Cyperus capitatus-Ononis serrata* con *Launaea arborescens* (grupo 3), donde este nanofanerófito representa a un incipiente estrato arbustivo. Posteriormente y, en determinadas situaciones, la sucesión ecológica puede tender a conformar otras comunidades vegetales. Por ejemplo, en aquellas zonas de las dunas estabilizadas donde el volumen de arena es menor, la subcomunidad de *Cyperus capitatus-Ononis serrata* con *Launaea arborescens* (grupo 3) evoluciona hacia la comunidad de *Launaea arborescens*, específicamente a la subcomunidad con *Cyperus capitatus* (grupo 1) (figura 6.69).

De esta forma, las dunas en proceso de estabilización son colonizadas de forma incipiente por una comunidad herbácea monoestrata y monoespecífica, de fuerte carácter estacional y de escasa cobertura, pasando progresivamente a otra intermedia también monoestrata con mayor diversidad de especies herbáceas y mayor cobertura. En etapas posteriores se incorporan los arbustos, aumentando la diversidad florística y la complejidad estructural, hasta finalmente, en las zonas con menor potencia de sedimentos, dominar los arbustos. Así se conforma la comunidad de *Launaea arborescens* con un cortejo florístico compuesto principalmente por las especies psamófilas (*Cyperus capitatus* y *Ononis serrata*).

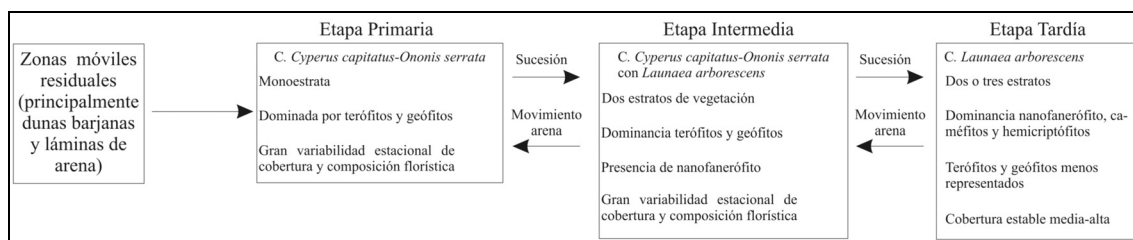


Figura 6.69. Sucesión vegetal desde la comunidad de *Cyperus capitatus-Ononis serrata* hasta la de *Launaea arborescens*.

Hay que tener en cuenta que la sucesión vegetal explicada anteriormente puede darse en sentido inverso, es decir, que cuando se produce una removilización de la arena se puede volver a los estadios vegetales anteriores (figura 6.69).

Las relaciones evolutivas entre estas dos comunidades vegetales también se pueden desarrollar de otra forma. La comunidad de *Launaea arborescens* que ha colonizado una depresión interdunar seca en zonas con actividad sedimentaria eólica, se puede transformar en la comunidad de *Cyperus capitatus-Ononis serrata* debido al enterramiento derivado del avance de las dunas. De esta forma, el matorral es cubierto por la arena y, posteriormente, si se producen las condiciones adecuadas, sobre todo en relación a la movilidad de la arena, tienen lugar la colonización de las plantas herbáceas, que se convierten en dominantes o, incluso, en exclusivas si ningún ejemplar de *Launaea arborescens* es capaz de sobrevivir.

6.3.5. Procesos de colonización vegetal vinculados a la antropización

El desarrollo urbano-turístico producido en los alrededores del campo de dunas, ha ocasionado alteraciones ambientales muy significativas en el mismo. Estas alteraciones están relacionadas con dos procesos principales: por un lado, la modificación de las condiciones físicas del territorio, vinculadas a la extracción de arena y el vertido de escombros, han modificado las características físicas de algunas zonas del sistema dunar, especialmente de aquellas situadas cerca de la urbanización del Inglés y el barranco de Maspalomas. La alteración de las condiciones naturales del campo de dunas tiene consecuencias directas sobre la vegetación, pues los ejemplares existentes son eliminados o se ven reducidos en número. También se produce una clara modificación de las características ambientales del espacio que ocupaban. Por lo tanto, se altera de forma muy significativa los procesos de sucesión ecológica, de tal forma que, en las zonas donde las modificaciones han sido más intensas, los procesos de colonización vegetal no están encabezados por las especies y comunidades características (figura 6.70).



Figura 6.70. Contraste entre la vegetación que coloniza la zona antropizada, formada principalmente por la comunidad de *Volutaria canariensis* (área adyacente a la valla metálica) y la que coloniza las dunas, formada por la comunidad de *Cyperus capitatus-Ononis serrata* (en primer plano).

La colonización vegetal de estas zonas antropizadas, en un primer momento, va a depender principalmente de la presencia de arena seca en superficie. En aquellas zonas donde la dinámica dunar ha cubierto de arena las zonas donde el sustrato fue removido y/o se depositaron escombros y otros materiales, la colonización está encabezada por la comunidad de *Cyperus capitatus-Ononis serrata*. En estas situaciones, la especie de esta

comunidad con mayor capacidad de colonización es *Ononis serrata*, de tal forma que se configura la subcomunidad de *Cyperus capitatus-Ononis serrata* (grupo 1) y subtipo 3. Por el contrario, en aquellas áreas donde predominan los escombros y los materiales aluviales removidos, las comunidades ruderales son las neocolonizadoras del espacio, entre las que destacan la comunidad de *Mesembryanthemum crystallinum*, la de *Volutaria canariensis*, la de *Aizoon canariense*, la de *Launaea arborescens* y la de *Suaeda mollis*. Además, asociadas a estas áreas antropizadas se instalan especies exóticas con potencial invasor, como *Einadia nutans*, *Agave americana*, *Carpobrotus* spp., *Opuntia dillenii*, *Cynodon dactylon*, *Pennisetum setaceum* etc., que colonizan estos espacios desde las zonas ajardinadas adyacentes o áreas cercanas (figura 6.71).



Figura 6.71. Especies exóticas asociadas a las zonas antropizadas de los bordes del sistema de dunas de Maspalomas. *Cynodon dactylon* en los alrededores del centro comercial Anexo II, vinculada a los aportes de agua de las duchas de playa y de las instalaciones turísticas (imagen superior izquierda); *Agave americana* en los taludes de escombros de la zona oeste de la terraza alta del Inglés (imagen superior derecha); Seto que separa las dunas del campo de gol con *Opuntia dillenii* y, en primer plano, dunas colonizadas por *Neurada procumbens* (imagen inferior izquierda); *Pennisetum setaceum* y *Nicotiana glauca* asociadas a la comunidad de *Launaea arborescens* que ha colonizado las áreas con sustratos removidos por el levantamiento de la antigua carretera que discurría por el margen oriental del barranco de Maspalomas.

El otro proceso señalado se vincula con las actividades que desarrollan algunos visitantes del sistema de dunas. En este caso, se produce la introducción de especies foráneas que modifican los procesos de sucesión ecológica y la composición florística y estructura de las comunidades vegetales autóctonas en espacios no transformados por las actividades humanas.

El caso más antiguo y evidente es la expansión de *Neurada procumbens* en el sistema de dunas, facilitada por estos usuarios. Esta especie vegetal, nativa del norte de África, fue introducida probablemente por los dromedarios traídos a Gran Canaria para ser utilizado en las tareas agrícolas (Sunding, 1972). La posterior expansión de esta especie por el sistema de dunas de Maspalomas es achacable al tránsito de visitantes por el mismo, ya que en los inventarios realizados por Sunding en los años 60 del siglo pasado, antes del desarrollo turístico, esta especie tenía una presencia escasa. Las semillas de esta especie, que presentan un sistema de anclaje que permite pegarse a cualquier calzado o vestimenta (figura 6.72), son dispersadas por los usuarios del campo de dunas en sus desplazamientos, que se producen sin ningún tipo de control. De esta forma, esta especie se ha extendido ampliamente por la zona estabilizada, llegando incluso a ser la dominante en algunas áreas, en detrimento de otras plantas herbáceas psamófilas autóctonas, como *Ononis serrata* y *Cyperus capitatus*.



Figura 6.72. Semillas de *Neurada procumbens* adheridas al calzado (izquierda) y banco de semillas depositado sobre la arena (derecha).

Otro ejemplo, aunque en este caso es reciente e incipiente aún, es la aparición de plántulas de una especie de palmera del género *Washingtonia* en los alrededores del centro comercial Anexo II (figura 6.73). Esta introducción se produce por la utilización en los ajardinamientos cercanos de especies alóctonas. Aunque la dinámica dunar elimina las plántulas que van apareciendo, si esta actividad disminuye o desaparece, es muy probable que esta palmera se convierta en una especie invasora en Maspalomas. Además, es muy probable que a corto plazo colonice las áreas interiores estabilizadas, debido a la dispersión anemócora que presentan sus semillas, especialmente las depresiones interdunares donde las condiciones ambientales son más favorables.



Figura 6.73. Plátulas de una palmera del género *Washingtonia* acompañadas de *Cynodon dactylon* en los alrededores del centro comercial Anexo II aparecidas en el año 2006.

6.4. Evolución de la vegetación entre principios de los años 60 y la actualidad (1961-2003)

6.4.1. La situación de partida: el sistema de dunas de Maspalomas antes del desarrollo turístico

A principios de los años 60, antes del desarrollo turístico, el campo de dunas de Maspalomas ocupaba una superficie aproximada de 471,4 ha (figura 6.74). Teniendo en cuenta que en la actualidad el sistema de dunas presenta una extensión de 360,9 ha, en los últimos cuarenta años ha experimentado una disminución de su superficie del 23,4%, o lo que es lo mismo, las dunas de Maspalomas ocupan en la actualidad el 76,6% de la superficie que ocupaban en los años 60 del siglo pasado: el sistema de dunas en esos años abarcaba, además de su área actual, el actual campo de golf y el vértice sur de la terraza alta del Inglés (Hernández Calvento, 2006). Asimismo, las dunas también ocupaban zonas actualmente cubiertas por el mar en la playa de Maspalomas. Una parte de esta reducción del sistema de dunas se debió a la ocupación física por instalaciones turísticas, como ya el mencionado campo de golf y las urbanizaciones, así como por carreteras y por el centro comercial Anexo II (tabla 6.17). La otra parte de la reducción es debido a la desaparición de las dunas litorales de la playa de Maspalomas, algunas de las cuales presentaban alturas cercanas a los 20 m. Este fenómeno se ha asociado a la erosión marina, probablemente como consecuencia del déficit sedimentario.

Por otro lado, también se han producido cierta expansión del campo de dunas hacia ciertas zonas, debido principalmente a la dinámica transgresiva de las geoformas, así como cambios en el área ocupada por la playa debido a la propia dinámica de las mismas. En total esto equivale a una superficie de 10 ha.

Causa	Superficie (ha)
Campo de golf	59,6
Urbanización	46,5
Erosión marina	5,9
Centro comercial (Anexo II)	5
Canalización barranco	2
Carreteras	1,4
Desvío charca de Maspalomas	0,2
Total	120,6

Tabla 6.17. Causas de la reducción del sistema de dunas de Maspalomas (1961-2003).

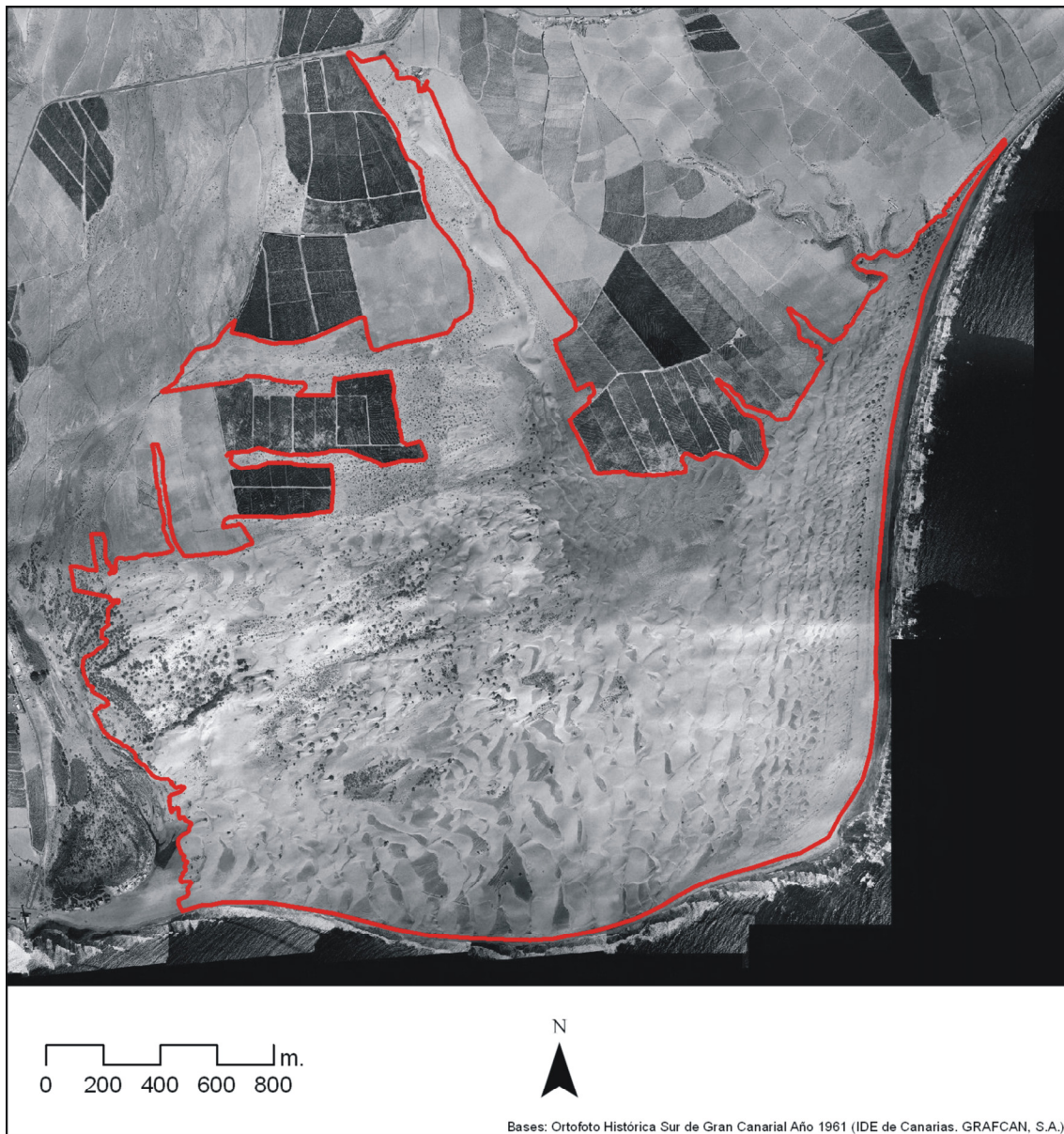


Figura 6.74. Límites del sistema de dunas de Maspalomas en el año 1961.

6.4.2. Caracterización de la vegetación en el año 1961

Se ha cartografiado y caracterizado la vegetación que en los años 60 se localizaba en el campo de dunas (figura 6.75). En el año 1961 la vegetación cubría una superficie de 91,8 ha, abarcando el 19,5% del sistema de dunas histórico (tabla 6.18). Esta reducida extensión de la vegetación en esta época se refleja, además de en los documentos aéreos, en las descripciones de algunos botánicos. Así Esteve (1968) indica que « *en las dunas de Maspalomas toda representación queda reducida, sin tener en cuenta el matorral de *Tamarix* y *Launaea arborescens*, a grupos aislados de *Cyperus mucronatus* (refiriéndose a *Cyperus capitatus*) y ejemplares sueltos de *Zygophyllum fontanesii* en los fondos predregoso-arenosos del laberinto de dunas* ».

Por lo tanto, el paisaje de este sistema de dunas estaba dominado por dunas sin vegetación, con machas aisladas de plantas en algunas áreas.

Comunidad vegetal	Biotipo dominante	Nº unidades de vegetación	Superficie (ha)	% superficie con respecto al total del área de estudio	% superficie con respecto al área ocupada por la vegetación
Comunidad de <i>Plocama pendula</i>	Arbustivo (nanofanerófitos)	14	43,1	9,1	46,9
Comunidad de <i>Tamarix canariensis</i>	Arbóreo (macrofanerófitos)	196	15,7	3,3	17,1
Comunidad de <i>Euphorbia balsamifera</i>	Arbustivo (nanofanerófitos)	2	11,2	2,4	12,2
Comunidad de <i>Launaea arborescens</i>	Arbustivo (nanofanerófitos)	147	8,7	1,8	9,5
Comunidad de <i>Cyperus capitatus-Ononis serrata</i>	Herbáceo (geófitos y terófitos)	12	5,9	1,2	6,4
Comunidad de <i>Traganum moquinii</i>	Arbustivo (nanofanerófitos)	39	4,5	0,9	4,9
Comunidad de <i>Suaeda mollis</i>	Arbustivo (nanofanerófitos)	14	1,5	0,3	1,6
Comunidad de <i>Juncus acutus</i>	Herbáceo (hemiscriptófitos)	19	1	0,2	1,1
Comunidad de <i>Cyperus laevigatus</i>	Herbáceo (geófitos)	3	0,2	0,04	0,1
Subtotal	-	446	91,8	19,5	100
Vegetación escasa o ausente	-	23	379,6	80,5	-

Tabla 6.18. Superficie ocupada por cada comunidad vegetal en el campo de dunas de Maspalomas. Año 1961.

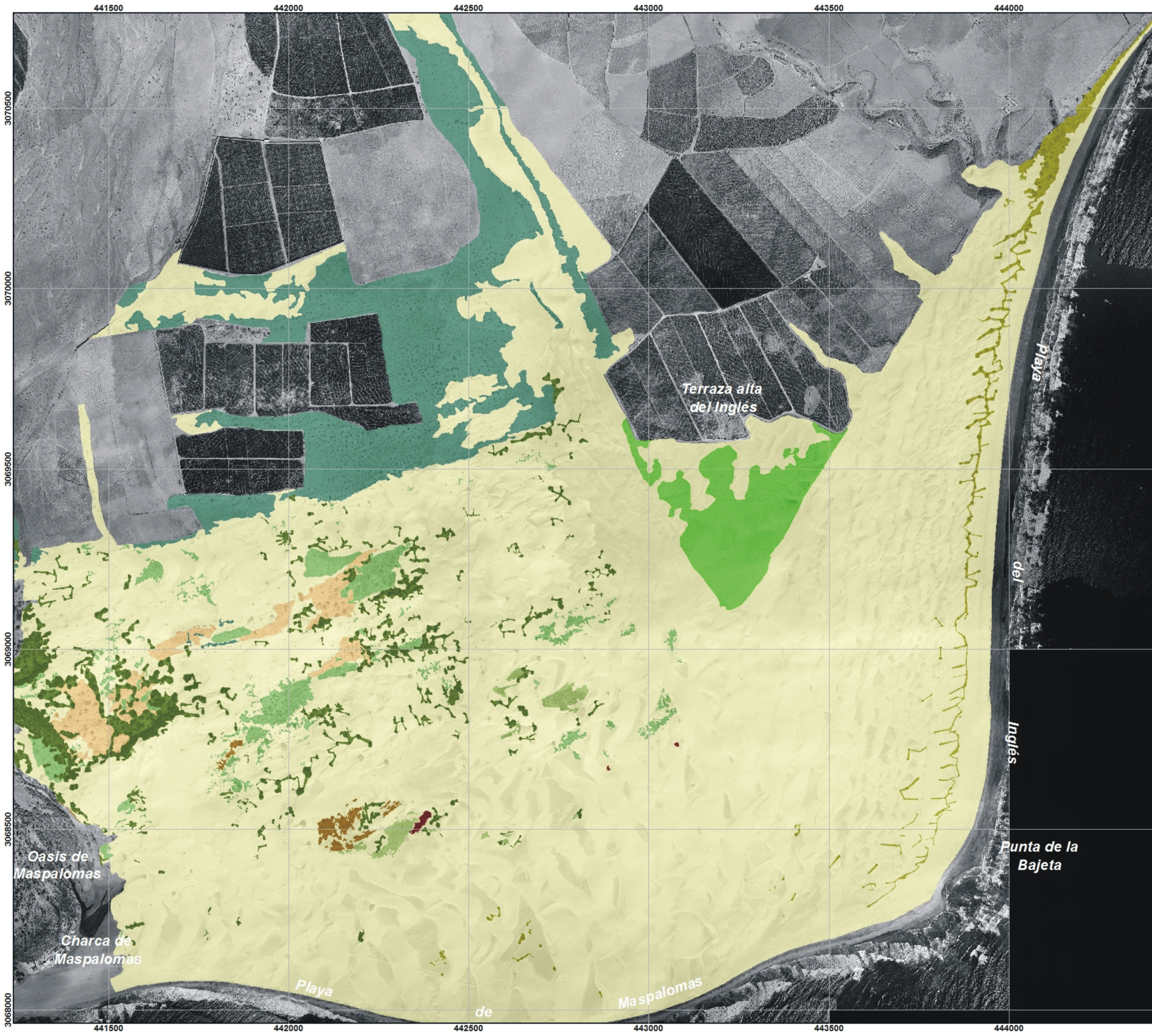


FIGURA 6.75. COMUNIDADES VEGETALES DEL CAMPO DE DUNAS DE MASPALOMAS AÑO 1961

Comunidades herbáceas

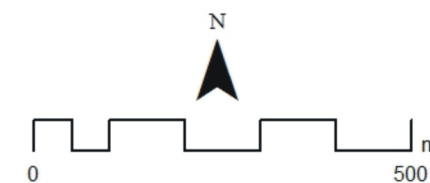
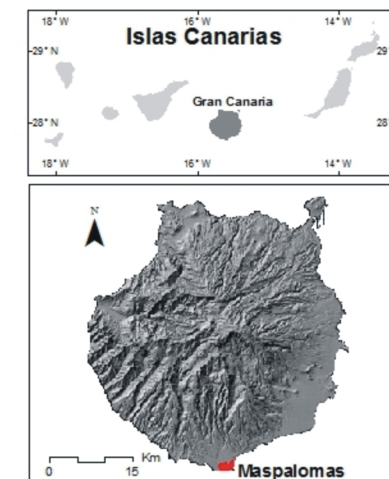
- Comunidad de *Cyperus capitatus*-*Ononis serrata*
- Comunidad de *Cyperus laevigatus*
- Comunidad de *Juncus acutus*

Comunidades arbustivas y arbóreas

- Comunidad de *Traganum moquinii*
- Comunidad de *Suaeda mollis*
- Comunidad de *Launaea arborescens*
- Comunidad de *Plocama pendula*
- Comunidad de *Tamarix canariensis*
- Comunidad de *Euphorbia balsamifera*

Plantaciones o sin vegetación

- Vegetación escasa o ausente



Coordenadas UTM. Huso 28 N
Elipsoide WGS84. Datum REGCAN95
Base: Ortofoto Histórica Sur de Gran Canaria año 1961
(Grafcan, S.A.)

6.4.2.1 Comunidades herbáceas

En los años 60 únicamente se existían tres comunidades herbáceas en Maspalomas, la comunidad de *Cyperus capitatus-Ononis serrata*, la comunidad de *Cyperus laevigatus* y la comunidad de *Juncus acutus*.

6.4.2.1.1. Comunidad de *Cyperus capitatus-Ononis serrata*

Esta comunidad vegetal es difícil de cartografiar en las fotografías aéreas de los años 60, debido a su escasez en esa época y a la dificultad de su indentificación en fotogramas en blanco y negro, como consecuencia de su porte herbáceo. Por lo tanto, la superficie delimitada en este trabajo de investigación se debe considerar, a todas luces, como aproximada. Su presencia en Masplomas en los años 60 es reconocida por Sunding (1972) a través de algunos de los inventarios que realizó este botánico. Ocupaba una superficie de unas 5,9 ha, es decir, el 1,2% del sistema de dunas y el 6,4% del área ocupada por la vegetación. Se localizaba fundamentalmente en la zona centro-oeste del sistema de dunas, sobre superficies arenosas más o menos planas y presumiblemente estabilizadas o en proceso de estabilización.

Los datos proporcionados por los inventarios realizados por Sunding indican un estadio inicial de colonización de esta comunidad en los años 60 (tabla 6.19), ya que no están presentes especies que actualmente marcan etapas más avanzadas, como *Ononis serrata* y *Mairetis microsperma*, entre otras. Además, *Neurada procumbens*, cuando aparece, presenta unos índices de abundancia de 1, muy diferentes de los existentes en la actualidad en las áreas más estabilizadas del campo de dunas. Asimismo, la cobertura reflejada en los inventarios nunca supera el 5%, lo cual coincide con los existentes en la actualidad en las áreas de nueva colonización por parte de esta comunidad.

Nº DE INVENTARIO	15	16	17	18	19
Altitud (m)	5	5	5	15	10
Área (m ²)	50	50	50	100	100
Pendiente (°)	5	5	5	5	5
Exposición	E	SE	N	SE	S
pH	-	-	-	-	-
Cobertura total de vegetación (%)	< 5	< 5	5	< 5	< 5
Características de la Asociación:					
<i>Cyperus kalli</i> (<i>Cyperus capitatus</i>)	1	2	2	2	2
<i>Neurada procumbens</i>	-	1	1	-	-
Características de la Alianza, Orden y Clase:					
<i>Heliotropium bacciferum</i> ssp. <i>Erosum</i> (<i>Heliotropium ramosissimum</i>)	1	-	2	-	-
Compañeras, accidentales					
<i>Launaea arborescens</i>	-	1	1	-	+
<i>Cynodon dactylon</i>	1	+	-	-	-

Localidades de los inventarios : 15. Playa de Maspalomas, alrededores de El Gavioto 1 km al NE del Faro (4097-3159), 2 de marzo de 1967; 16. Playa de Maspalomas, alrededores de El Gavioto 1 km al ENE del Faro (4098-3157), 2 de marzo de 1967; 17. Playa de Maspalomas, alrededores de El Gavioto 1 km al NE del Faro (4099-3156), 2 de marzo de 1967; 18-19. Playa de Maspalomas, alrededores de El Gavioto 2 km al NE del Faro (4102-3159), 2 de marzo de 1967.

Tabla 6.19. Inventarios realizados por Sunding (1972) en la Asociación *Euphorbio-Cyperetum kalli* en el sistema de dunas de Maspalomas. Entre paréntesis se indica la denominación actual de las especies vegetales.

6.4.2.1.2. Comunidad de *Cyperus laevigatus*

Su extensión era únicamente de 0,2 ha, lo que constituye el 0,04% del campo de dunas y el 0,1% de la superficie ocupada por la vegetación. Al igual que en la actualidad, se localizaba exclusivamente en las depresiones interdunares húmedas existentes entre las dunas móviles (figura 6.76).



Figura 6.76. Comunidad de *Cyperus laevigatus* en una depresión interdunar en los años 60. Fuente: Archivo de Fotografía Histórica de Canarias (FEDAC, Cabildo de Gran Canaria).

Su composición florística (tabla 6.20), al igual que en la actualidad, era muy pobre, reduciéndose a *Tamarix canariensis*, *Suaeda vermiculata* (actualmente *Suaeda mollis*) y *Launaea arborescens*. Las especies acompañantes son muy parecidas a las existentes en la actualidad, estando presentes las mismas especies, a excepción de *Launaea arborescens*.

Nº DE INVENTARIO	1	2	3	4	5
Altitud (m)	1	1	1	1	1
Área (m ²)	100	200	100	100	200
Pendiente (°)	0	0	0	0	0-5
Exposición	-	-	-	-	SE
pH	9,6	-	-	-	-
Cobertura total de vegetación (%)	< 5	< 5	30	30	10
Características de la Asociación:					
<i>Cyperus laevigatus</i>	2	2	3	3	2
Características de la Clase:					
<i>Suaeda vermiculata</i> (<i>Suaeda mollis</i>)	-	-	1	1	-
Compañeras, accidentales					
<i>Launaea arborescens</i>	-	-	-	1	-
<i>Tamarix canariensis</i>	-	-	+	-	-
Localidades de los inventarios : 1. Maspalomas, alrededores de El Gavioto 2 km al NE del Faro (4102-3159), 2 de marzo de 1967; 2. Maspalomas, alrededores de El Gavioto 2 km al NE del Faro (4103-3158), 2 de marzo de 1967; 3-5. Maspalomas, alrededores de El Gavioto 2 km al ENE del Faro (4103-3156), 2 de marzo de 1967.					

Tabla 6.20. Inventarios realizados por Sunding (1972) en la Asociación *Cyperetum laevigati* en el sistema de dunas de Maspalomas. Entre paréntesis se indica la denominación actual de las especies vegetales, si ésta ha cambiado.

6.4.2.1.3. Comunidad de *Juncus acutus*

En los años 60 esta comunidad ocupaba una superficie de apenas 1 ha, lo que equivale al 0,2% del sistema de dunas y al 1,1% de la zona cubierta de vegetación. Se localizaba fundamentalmente en depresiones interdunares y en el borde este de la charca de Maspalomas (figura 6.77). Fuera de nuestra área de estudio, también ocupaba una extensa zona en las denominadas «marismas de Maspalomas», superficies inundables por las mareas, situadas en el borde oeste de la actual charca de Maspalomas y hoy desaparecidas debido al desarrollo urbano-turístico.



Figura 6.77. Comunidad de *Juncus acutus* en los alrededores de la charca de Maspalomas en los años 60. Fuente: Archivo de Fotografía Histórica de Canarias (FEDAC, Cabildo de Gran Canaria).

La información sobre la composición florística de esta comunidad se aprecia en los inventarios realizados por Esteve (1968), pero hay que considerar que los mismos

están realizados en las «marismas de Maspalomas» (tabla 6.21), donde este autor identificó la asociación fitosociológica *Schizogyno-Juncetum acuti*, actualmente no reconocida.

Nº DE INVENTARIO	1	2	3	4
Nº de registro	E/140	E/141	E/142	E/143
Altitud (m)	0	0	0	0
Sustrato	Arc.sl.	Arc.sl.	Arc.sl.	Arc.sl.
Orientación	S	S	S	S
Cobertura %	100	100	100	100
Altura de la veg. En m (aprox.)	1-1,5	1-1,5	1-1,5	1-1,5
Área en m ²	100	100	100	100
Carcaterísticas de Asociación:				
<i>Schizogyne sericea</i> var. <i>glaberrima</i> (<i>Schizogyne glaberrima</i>)	2.3	3.3	3.3	3.3
<i>Limonium tuberculatum</i>	3.3	3.3	2.2	+
Carcaterísticas de unidades superiores (Ord. <i>Juncetalia</i> , Cl. <i>Juncetea</i> y <i>Salicornietea</i>):				
<i>Juncus acutus</i>	3.3	3.3	4.4	3.2
<i>Juncus maritimus</i>	1.2	1.1	+2	-
<i>Spergularia marginata</i>	+1	1.1	+	+
<i>Suaeda vermiculata</i> (<i>Suaeda mollis</i>)	3.3	1.1	1.1	+
Otras especies:				
<i>Tamarix gallica</i> var. <i>canariensis</i> (<i>Tamarix canariensis</i>)	1.1	-	(1.1)	1.1
<i>Phragmites communis</i>	-	-	1.2	-
<i>Gasoul crystallinum</i> (<i>Mesembryanthemum crystallinum</i>)	+1	+	+1	+
<i>Gasoul nodiflorum</i> (<i>Mesembryanthemum nodiflorum</i>)	+1	+	+	+
<i>Inula viscosa</i>	1.1	+	+	-
<i>Lotus glaucus</i>	+	-	-	-
<i>Beta patellaris</i>	-	+	+	-
<i>Atriplex glauca</i>	+	-	-	-
<i>Oryzopsis miliacea</i>	+1	-	-	-
<i>Scirpus holoschoenus</i>	-	-	(1.2)	-
<i>Cynodon dactylon</i>	-	-	+1	+1
Procedencia de los inventarios : Todos de las marismas de Maspalomas (Sur de Gran Canaria). Arc.sl. = arcillas salobres				

Tabla 6.21. Inventarios realizados por Esteve (1968) en la Asociación *Schizogyno-Juncetum acuti* en los alrededores de la charca de Maspalomas. Entre paréntesis se indica la denominación actual de las especies vegetales, si ésta ha cambiado.

6.4.2.2. Comunidades arbustivas y arbóreas

La vegetación de porte arbustivo era la predominante en Maspalomas en los años 60, y estaba constituida por las siguientes comunidades: comunidad de *Traganum moquinii*, comunidad de *Suaeda mollis*, comunidad de *Launaea arborescens*, comunidad de *Plocama pendula* y comunidad de *Euphorbia balsamifera*. Asimismo, la única comunidad arbórea presente en Maspalomas en los años 60, al igual que en la actualidad, es la comunidad de *Tamarix canariensis*.

6.4.2.2.1. Comunidad de *Traganum moquinii*

Presentaba una superficie de 4,5 ha, de las cuales 4,4 ha correspondían a la zona de la playa del Inglés (figura 6.78) y 0,1 ha a la de la playa de Maspalomas. Por lo tanto, esta comunidad representaba el 0,9% del sistema de dunas y el 4,9% de la superficie ocupada por la vegetación en los años 60. La que se localizaba en la playa del Inglés ocupaba y generaba la duna costera, constituyendo una agrupación continua, aunque en la zona sur también se localizaba en las depresiones interdunares existentes entre las dunas móviles, formando núcleos aislados. Por su parte, la que se localizaba en la playa de Maspalomas se ubicaba únicamente en las depresiones interdunares de las dunas móviles, formando también núcleos aislados.



Figura 6.78. Comunidad de *Traganum moquinii* en la playa del Inglés en los años 60, donde ocupaba y conformaba la duna costera. Fuente: Archivo de Fotografía Histórica de Canarias (FEDAC, Cabildo de Gran Canaria).

Esta comunidad vegetal fue inventariada por Sunding (1972) y por Esteve (1968) en los años 60 del pasado siglo (tablas 6.22 y 6.23). Los datos proporcionados por ambos autores revelan la escasa diversidad florística de esta comunidad vegetal. Sin embargo, mientras que en los inventarios realizados por Sunding (1972) la especie que define la comunidad es la única existente, exceptuando el inventario número 5, donde aparece *Zygophyllum fontanesii*, en el realizado por Esteve (1968) se observa una mayor diversidad, con un total de 7 especies vegetales. La explicación a estas significativas diferencias se debe a la localización de los inventarios. Por las especies presentes, donde destacan plantas ruderales, o de amplia valencia ecológica, como *Cenchrus ciliaris*, *Salsola kali*, *Cynodon dactylon* y *Launaea arborescens*, es muy probable que Esteve (1968) realizara el inventario en una zona muy antropizada cercana a la terraza alta del Inglés, que ya en los años 60 presentaba ciertos usos recreativos. En la actualidad, como ya se constató en el capítulo IV, estas especies acompañan a *Traganum moquinii* en los alrededores del centro comercial Anexo II, donde es evidente la ruderalización por el tránsito de personas y otros usos.

Nº DE INVENTARIO	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Altitud (m)	2	2	3	3	3	2	2	2	3	3
Área (m ²)	50	200	100	200	200	100	100	50	100	200
Pendiente (°)	0-10	0-15	0-10	0-20	0-10	0-20	0-30	0-20	0-25	0-30
Exposición	0	0	S	0	0	SE	E	0	0	E
pH	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Cobertura total de vegetación (%)	95	90	90	90	90	95	90	95	95	90
Características de la Asociación:										
<i>Traganum moquinii</i>	4	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Compañeras, accidentales:										
<i>Zygophyllum fontanesii</i>	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-

Localidades de los inventarios : 4. Maspalomas, El Gavioto 2 km ENE del Faro (4103-3156), 2 de marzo de 1967; 5. Maspalomas, El Gavioto 2 km ENE del Faro (4105-3155), 2 de marzo de 1967; 6 y 7. Maspalomas, El Gavioto 2 km E del Faro (4105-3152), 2 de marzo de 1967; 8. Maspalomas, El Gavioto 2 km E del Faro (4106-3152), 2 de marzo de 1967 ; 9. Bahía del Inglés, 100 metros desde el mar (4117-3160), 2 de marzo de 1967; 10. Bahía del Inglés, 100 metros desde el mar (4117-3163), 2 de marzo de 1967 ; 11. Bahía del Inglés, 100 metros desde el mar (4118-3166), 2 de marzo de 1967 ; 12. Bahía del Inglés, 100 metros desde el mar (4118-3168), 2 de marzo de 1967 ; 13. Bahía del Inglés, 100 metros desde el mar (4118-3171), 2 de marzo de 1967.

Tabla 6.22. Inventarios realizados por Sunding (1972) en la Asociación de *Traganetum moquinii* en el sistema de dunas de Maspalomas.

LUGAR: BAHIA DEL INGLES, SOBRE ARENAS LITORALES PROFUNDAS (DUNAS DE 2 A 3 METROS DE ALTURA); ORIENTACION: SE; COBERTURA: 25-30%; ALTURA DE LA VEGETACION: 2,50 M.; AREA: 100 M ²	
<i>Traganum moquinii</i>	5.5
<i>Launaea arborescens</i>	1.1
<i>Cynodon dactylon</i>	1.2
<i>Heliotropium erosum</i> (<i>Heliotropium ramosissimum</i>)	1.1
<i>Tamarix gallica canar.</i> (<i>Tamarix canariensis</i>)	1.1
<i>Salsola kali</i>	+1
<i>Penisetum cenchroides</i> (<i>Cenchrus ciliaris</i>)	+

Tabla 6.23. Inventarios realizados por Esteve (1968) en la Asociación *Traganetum moquinii* en el sistema de dunas de Maspalomas. Entre paréntesis se indica la denominación actual de las especies vegetales, cuando ésta ha cambiado.

6.4.2.2.2. Comunidad de *Launaea arborescens*

Constituía la tercera comunidad vegetal en extensión, con 8,7 ha, lo que corresponde al 1,8% del área de estudio, y al 9,5% de la superficie total ocupada por la vegetación. Esta comunidad se localizaba a lo largo de todo el sistema de dunas, pero en las zonas más alejadas de la línea de costa, ubicándose tanto en la dunas móviles, donde ocupaban únicamente las depresiones interdunares que se intercalaban entre las mismas (figura 6.79), como en las depresiones interdunares de las zonas más estabilizadas. También se asentaba sobre superficies cubiertas por dunas de escaso

volumen (principalmente láminas de arena) y, aparentemente, en proceso de estabilización.



Figura 6.79. Comunidad de *Launaea arborescens* en una depresión interdunar de las dunas móviles en los años 60. Fuente: Archivo de Fotografía Histórica de Canarias (FEDAC, Cabildo de Gran Canaria).

Sunding (1972) definió la asociación *Launaeetum arborescentis*, actualmente no reconocida, que según este autor «se localiza en el borde entre la vegetación marítima arenosa y la de *Euphorbietum balsamiferae typicum*, y en localizaciones donde las condiciones ambientales son también severas». Sin embargo, no realizó inventarios en Maspalomas y tampoco indicó la existencia de esta comunidad en este campo de dunas.

6.4.2.2.3. Comunidad de *Suaeda mollis*

Presentaba una superficie de 1,5 ha, ocupando el 0,3% del área de estudio y el 1,6% del área cubierta de vegetación. Únicamente se localizaba en las depresiones interdunares existentes entre las dunas móviles de la parte central del sistema, donde el sustrato aparentemente está formado por depósitos aluviales y calcarenitas, presentando además una alta salinidad edáfica, que se refleja en la costra de sal observable en la fotografía aérea de los años 60.

Las únicas referencias a esta comunidad vegetal en Maspalomas son de Sunding (1972), que realiza varios inventarios en los alrededores del sistema de dunas que posiblemente puedan servir de referencia (tabla 6.24).

Nº DE INVENTARIO	9	10	11	12	13	14	15
Altitud (m)	2	2	2	3	2	3	5
Área (m ²)	300	200	200	200	100	100	100
Pendiente (°)	0	0	0	0	10	5	0
Exposición	-	-	-	-	SO	S	-
pH	-	-	-	-	-	-	-
Cobertura total de vegetación (%)	20	80	60	60	40	50	40
Características de la Asociación:							
<i>Suaeda vermiculata</i> (<i>Suaeda mollis</i>)	2	5	4	4	2	3	1

<i>Chenoloides tomentosa</i>	-	2	2	-	2	1	-
Características de la Alianza y Orden :							
<i>Schizogyne glaberrima</i>	-	-	-	2	1	-	2
<i>Limonium tuberculatum</i>	1	-	-	-	-	-	-
Características de la Clase :							
<i>Frankenia laevis</i> v. <i>capitata</i> (<i>Frankenia boiserie?</i>)	-	1	-	-	-	-	-
<i>Suaeda vera</i>	-						
Características de la Clase <i>Ammophiletea</i>	-	-	1	-	-	-	2
<i>Heliotropium bacciferum</i> ssp. <i>erosum</i> (<i>Heliotropium ramosissimum</i>)	-	-	-	-	-	+	-
Compañeras, accidentales:							
<i>Launaea arborescens</i>	-	-	-	1	1	1	1
Localidades de los inventarios : 9. Playa de Maspalomas, NW del Faro (4089-3151), 2 de marzo de 1967; 10. Playa de Maspalomas, NW del Faro (4088-3152), 2 de marzo de 1967; 11. Playa de Maspalomas, NW del Faro (4089-3152), 2 de marzo de 1967; 12. Playa de Maspalomas, NW del Faro (4088-3153), 2 de marzo de 1967; 13. Oeste del Faro (4087-3152), 2 de marzo de 1967 ; 14. Aproximadamente 1 Km al oeste del Faro (4080-3158), 2 de marzo de 1967 ; 15. NE del Faro (4092-3158), 2 de marzo de 1967.							

Tabla 6.24. Inventarios realizados por Sunding (1972) en la Asociación de *Chenoleo-Suaedetum vermiculatae* en los alrededores del sistema de dunas de Maspalomas. Entre paréntesis se indica la denominación actual de las especies vegetales, cuando ésta ha cambiado.

En estos inventarios se puede observar la pobreza en especies de esta comunidad, lo cual es muy similar a la composición florística de la comunidad de *Suaeda mollis* actual del interior del sistema de dunas. Entre las especies coincidentes, aparte de *Suaeda mollis*, está *Frankenia boiserie*. Otras especies que coinciden con la comunidad actual, pero con la existente en el margen oriental del barranco de Maspalomas, en situaciones ruderales (subcomunidad de *Suaeda mollis* con *Mesembryanthemum crystallinum*), están *Launaea arborescens*, *Schizogyne glaberrima* y *Heliotropium ramosissimum*. Todo parece indicar que la comunidad inventariada por Sunding se localizaba en zonas ruderalizadas, probablemente campos de cultivos abandonados.

6.4.2.2.4. Comunidad de *Plocama pendula*

Constituye la comunidad vegetal que ocupa una mayor superficie, abarcando un total de 43,1 ha, lo que equivale al 9,1% del ámbito de estudio y al 46,9% del área ocupada por la vegetación. Se localizaba en lo que actualmente constituye el campo de golf, es decir, la zona más septentrional del sistema de dunas histórico (figura 6.80). Esta zona constituía la llanura de inundación secular del barranco de Maspalomas, la cual fue progresivamente ocupada por las dunas, debido al carácter transgresivo de las mismas. Es decir, estamos ante una comunidad típica de los fondos de barrancos de las islas Canarias, constituyendo la asociación fitosociológica *Plocametum pendulae* (Marrero *et al.*, 2003), que pudo sobrevivir a la dinámica sedimentaria eólica.



Figura 6.80. Comunidad de *Plocama pendula* en el norte del campo de dunas histórico (actualmente campo de golf) en los años 40. Fuente: Archivo de Fotografía Histórica de Canarias (FEDAC, Cabildo de Gran Canaria).

No se ha podido obtener información sobre las características de esta comunidad, ya que no se han realizado inventarios en el pasado. Una de las referencias históricas a la existencia de esta comunidad la realiza Bannerman (1922: 209), que indica lo siguiente : «*Continuamos nuestra marcha en dirección al Charco. Dejamos atrás la meseta pedregosa y los arbustos de Euphorbia y descendimos hasta las dunas de arena cubiertas de tupidas hierbas y de Plocama pendula, una planta desértica rubiácea con finas ramas llorosas*».

6.4.2.2.5. Comunidad de *Euphorbia balsamifera*

Presentaba una superficie de 11,2 ha, lo que constituye el 2,4% del área de estudio y el 12,2% de la cubierta vegetal. Se localizaba exclusivamente en la terraza alta del Inglés, por donde las dunas accedían a las zonas interiores, formando acumulaciones a sotavento y dunas en montículos.

No se tienen datos de su composición florística.

6.4.2.2.6. Comunidad de *Tamarix canariensis*

La comunidad de *Tamarix canariensis* ocupaba una superficie de 15,7 ha, lo que supone el 3,3% del campo de dunas de Maspalomas y el 17,1% de la superficie ocupada por la vegetación. Se localiza en gran parte del sistema de dunas, aunque en

las zonas más alejadas de la línea de costa, ubicándose tanto sobre las dunas móviles, como en las depresiones interdunares existentes entre las mismas (figura 6.81), así como en las zonas más estabilizadas.

No se disponen de inventarios de esta comunidad en Maspalomas de los años 60, por lo que no se puede realizar un acercamiento a su caracterización estructural y florística.



Figura 6.81. Comunidad de *Tamarix canariensis* sobre dunas móviles (izquierda) y en una depresión interdunar de las dunas móviles (derecha) en los años 60. Fuente: Archivo de Fotografía Histórica de Canarias (FEDAC, Cabildo de Gran Canaria).

6.4.3. Cambios experimentados por la vegetación entre 1961-2003

Entre 1961 y 2003 la vegetación del sistema de dunas de Maspalomas presenta cambios muy significativos (tabla 6.25).

Comunidad	Superficie en 1961 (ha)	Superficie en 2003 (ha)	Variación (%)
<i>C. Cyperus capitatus-Ononis serrata</i>	5,9	65,04	1002,4
<i>C. Cyperus laevigatus</i>	0,2	1	400,0
<i>C. Juncus acutus</i>	1	2,6	160,0
<i>C. Launaea arborescens</i>	8,7	14,6	67,8
<i>C. Plocama pendula</i>	43,1	0,09	- 99,8
<i>C. Suaeda mollis</i>	1,5	7,9	426,7
<i>C. Tamarix canariensis</i>	15,7	23,8	51,6
<i>C. Traganum moquinii</i>	4,5	3,4	- 24,4
<i>C. Euphorbia balsamifera</i>	11,2	0	- 100,0
Vegetación escasa o ausente	379,6	235,8	- 37,9
Total	471,4	354,23	- 24,9

Tabla 6.25. Variaciones en la superficie de las comunidades vegetales del campo de dunas de Maspalomas (1961-2003).

Es destacable el espectacular incremento de la superficie de la mayor parte de las comunidades vegetales, excepto de tres de ellas: la comunidad de *Plocama pendula*, la comunidad de *Euphorbia balsamifera* y la comunidad de *Traganum moquinii*. Las dos primeras prácticamente desaparecen, solamente se mantiene una

superficie residual de la comunidad de *Plocama pendula* en el interior del campo de dunas, mientras que la de *Traganum moquinii* se reduce un 24,4%.

Los cambios detectados mediante la superposición en el SIG de las capas correspondientes a las comunidades vegetales existentes en el año 1961 y en el año 2003 se han agrupado en cinco categorías de procesos fundamentales:

- 1) Estable: cuando no se ha producido cambios en la vegetación entre el año 1961 y el año 2003.
- 2) Colonización vegetal: consistente en la ocupación de zonas sin vegetación en el año 1961 por alguna comunidad vegetal en el año 2003.
- 3) Alteraciones ambientales: zonas del sistemas de dunas, ocupadas o no por vegetación, que se han visto modificadas por la instalación de infraestructuras y servicios vinculados a la actividad turística.
- 4) Cambio de comunidad: cuando se ha producido variaciones en el tipo de vegetación entre una fecha y otra.
- 5) Eliminación de la vegetación: se corresponde con zonas que en los años 60 estaban ocupadas por alguna comunidad vegetal, mientras que en el año 2003 éstas han desaparecido, de forma que no existe ningún tipo de vegetación.

De los resultados obtenidos se aprecia que entre los años 60 y la actualidad casi la mitad del sistema de dunas se mantiene estable en cuando a la evolución de la vegetación (figuras 6.82 y 6.83). Asimismo, una parte significativa, el 25,6%, ha experimentado modificaciones debido a la ocupación de infraestructuras y servicios vinculados a la actividad turística. Le sigue en importancia el proceso de colonización vegetal, que afecta al 20,6% de la superficie del campo de dunas, cambios de una comunidad vegetal a otra (2,7%) y, finalmente, áreas donde la vegetación ha desaparecido por diferentes causas (1,4%).

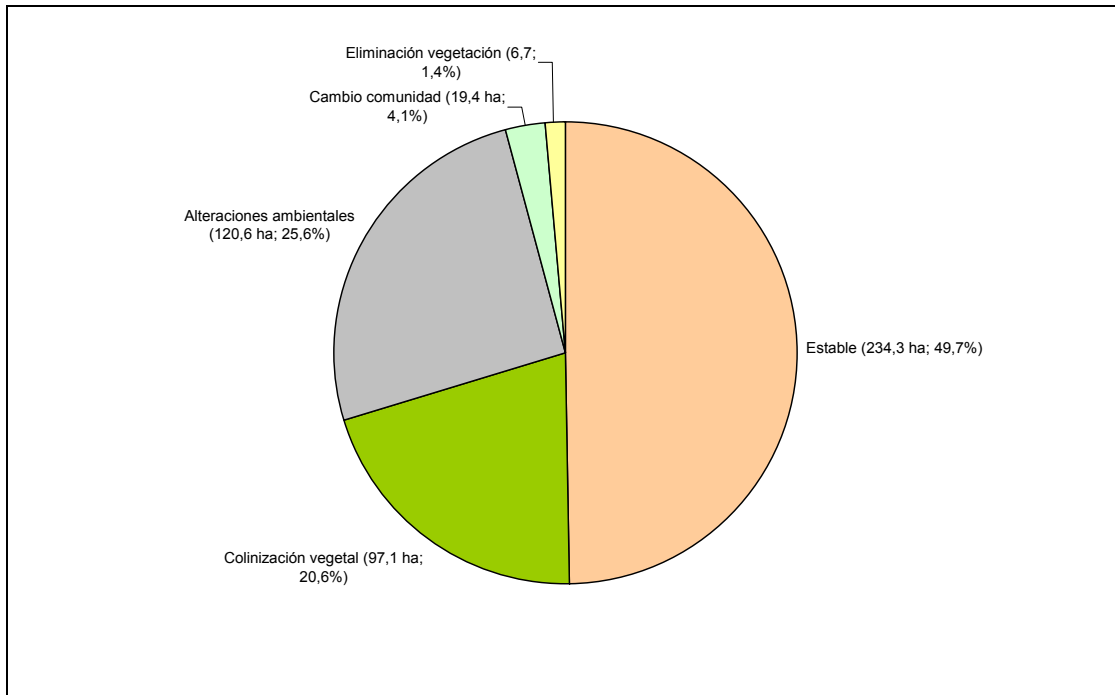


Figura 6.82. Procesos de cambio detectados entre los años 1961 y 2003 en el campo de dunas de Maspalomas.

Como se puede observar en la figura 6.83, las áreas estables se localizan fundamentalmente en la actual zona activa, donde sigue predominando, al igual que en los años 60, la ausencia de vegetación.

Por su parte, la colonización vegetal se concentra principalmente en la zona norte del actual campo de dunas, formando una masa continua, donde la progresiva estabilización de la arena (como consecuencia de la alteración del régimen de vientos, debido a la urbanización de la terraza alta del Inglés) ha favorecido la expansión de las comunidades vegetales. También se observan procesos de colonización vegetal detrás de la duna costera de la playa del Inglés, debido a la expansión de la comunidad de *Traganum moquini* asociada a las superficies de deflación que se han generado como consecuencia del déficit sedimentario. Asimismo, se ha producido colonización vegetal en las superficies de deflación que se han formado en la parte central del sistema, además de en las depresiones interdunares existentes entre los cordones de dunas.

Los cambios de comunidad vegetal se presentan dispersos por todo el interior del campo de dunas, siendo especialmente significativos en el margen oriental del barranco de Maspalomas y en la zona central del sistema.

La eliminación de vegetación también es un proceso que aparece distribuido de forma dispersa en el mapa, y está asociado principalmente a procesos aparentemente naturales, como el avance de las dunas, que sepulta manchas de vegetación en las áreas más dinámicas. Sin embargo, en el norte de la playa del Inglés, se ha producido la desaparición de amplias masas de *Traganum moquini* debido a fenómenos no registrados, aunque probablemente asociados al uso turístico. Además, en el margen oriental del barranco de Maspalomas, la eliminación de vegetación está asociada al

desarrollo turístico, como la creación de senderos (como el que recorren los dromedarios), a la instalación del edificio del safari de dromedarios y a la zona ocupada por la antigua carretera asfaltada, que conducía al Centro Helioterápico, y que actualmente parte de ella es una pista de tierra.

Finalmente, las alteraciones ambientales han afectado a amplias zonas, produciendo la reducción de la superficie del sistema de dunas, cuestión que ya se comentó al principio de este capítulo.



FIGURA 6.83. CAMBIOS EXPERIMENTADOS POR EL CAMPO DE DUNAS DE MASPALOMAS 1961-2003

Procesos

- Alteración ambiental
- Cambio comunidad vegetal
- Colonización vegetal
- Eliminación vegetación
- Estable

Islas Canarias

Gran Canaria

Maspalomas

0 500 m

Coordenadas UTM. Huso 28 N
Elipsoide WGS84. Datum REGCAN95
Base: Ortofoto digital año 2002
(Grafcan, S.A.)

(C) Antonio I. Hernández Cordero
Departamento de Geografía
Universidad de Las Palmas de Gran Canaria

6.4.3.1. Tipología de cambios y procesos

Como ya se ha indicado, casi la mitad del sistema de dunas de Maspalomas no ha experimentado cambios en cuanto a la dinámica vegetal, ya que las características que presentaba en los años 60 del pasado siglo las sigue conservando en el año 2003. En este apartado se analizarán las áreas del campo de dunas que ha experimentado cambios, que se corresponden con la otra mitad de su superficie.

6.4.3.1.1. Alteraciones ambientales

Las alteraciones ambientales que se han producido en Maspalomas a partir del desarrollo turístico afectó a un total de 120,6 ha, lo que equivale al 25,6% de la superficie del campo de dunas histórico. De esta superficie, algo más de la mitad corresponde a vegetación escasa o ausente (figura 6.84), afectando fundamentalmente a dunas activas. Así, el centro comercial Anexo II se construyó sobre cordones de dunas bien desarrollados; la urbanización del Inglés destruyó dunas de techo de acantilado y cordones de dunas y, finalmente, el campo de golf ocupó también cordones de dunas, dunas barjanas y láminas de arena. Las comunidades vegetales más afectadas se corresponden con las de *Plocama pendula*, de *Euphorbia balsamifera* y de *Traganum moquinii*, siendo esta afección especialmente crítica para las dos primeras, ya que se destruyó la mayor parte de la de *Plocama pendula* debido a la construcción del campo de golf, y la totalidad de la de *Euphorbia balsamifera* por la urbanización de la terraza alta del Inglés. En el caso de la comunidad de *Traganum moquinii*, la superficie eliminada por el centro comercial Anexo II, las carreteras y la urbanización, representa el 26,7% de la existente en los años 60. Otras comunidades afectadas, aunque en menor superficie, son la de *Tamarix canariensis* y la de *Launaea arborescens*.

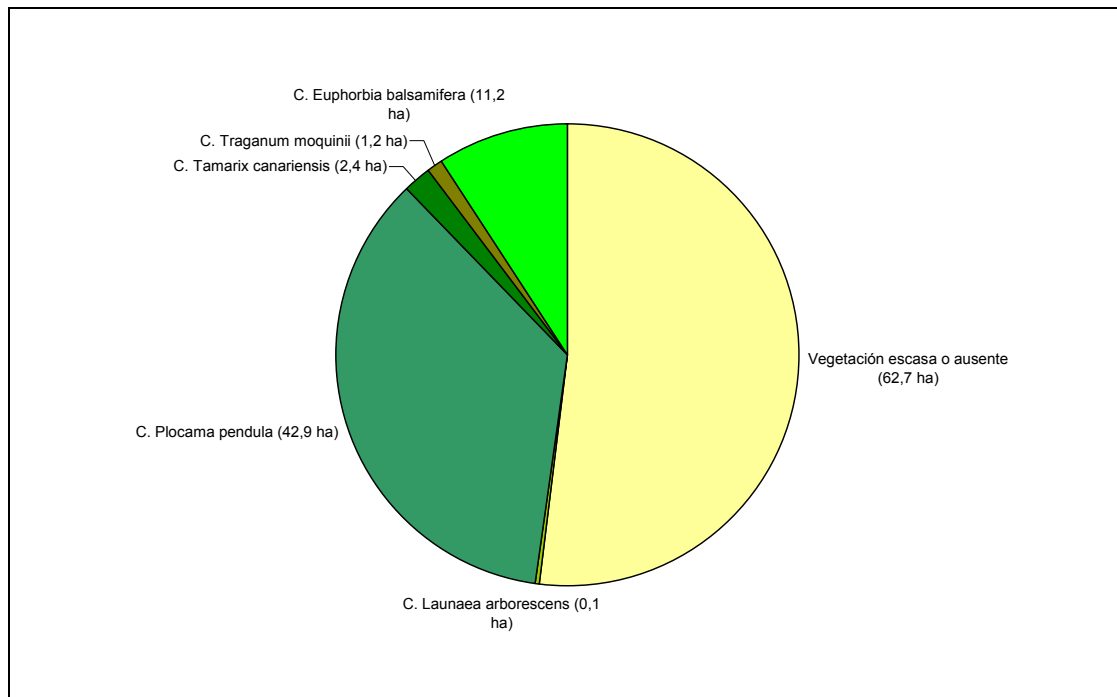


Figura 6.84. Superficie de cada comunidad vegetal afectada por las alteraciones ambientales.

6.4.3.1.2. Colonización vegetal

Como ya se indicó anteriormente, un total de 97,1 ha fueron colonizadas por la vegetación entre los años 60 del pasado siglo y la actualidad. Esta colonización vegetal es el resultado de la expansión de comunidades ya existentes en los años 60 del pasado siglo, pero también se debe a la aparición de nuevas comunidades vegetales. La mayor parte de esta colonización está protagonizada por tres comunidades vegetales: la comunidad de *Cyperus capitatus-Ononis serrata*, la comunidad de *Tamarix canariensis* y la comunidad de *Launaea arborescens* (figura 6.85). La superficie restante fue colonizada por un conjunto de varias comunidades.

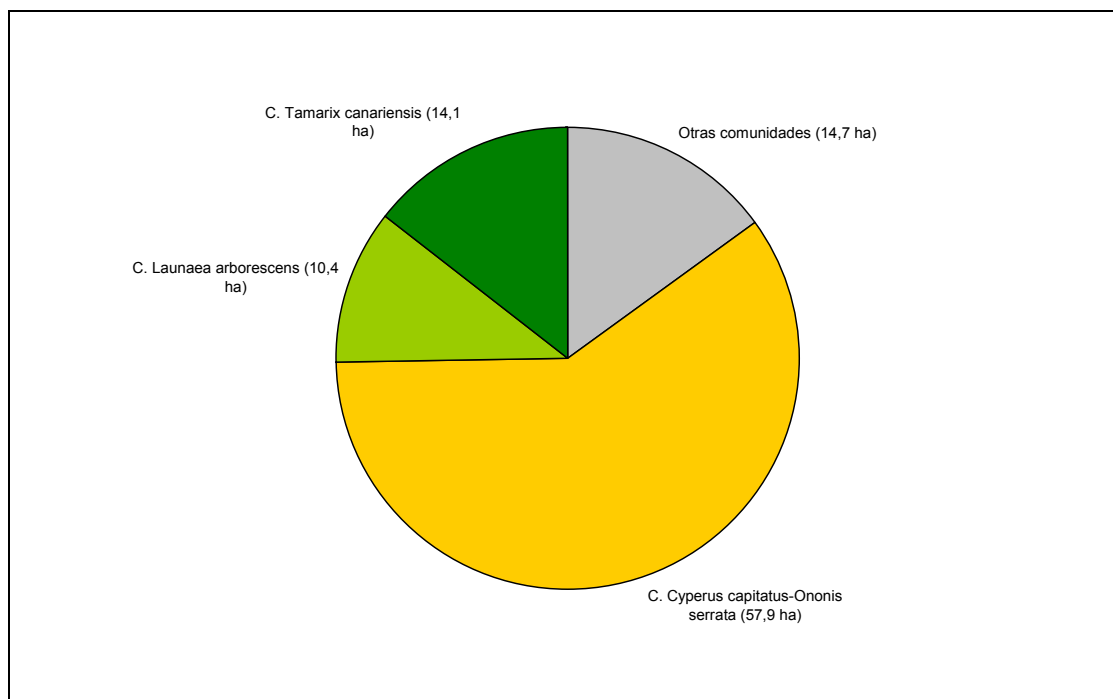


Figura 6.85. Superficie que cada comunidad vegetal ha colonizado entre el año 1961 y el año 2003.

La comunidad de *Cyperus capitatus-Ononis serrata* ha colonizado principalmente las dunas existentes a sotavento de la terraza alta del Inglés, que se estabilizaron como consecuencia de la urbanización de esta terraza. Pero también ha colonizado zonas que experimentaron alteraciones ambientales significativas, que no supusieron la ocupación física de las dunas, porque no se construyeron infraestructuras, o porque estas fueron posteriormente eliminadas, como es el caso del Centro Helioterápico y el hotel Dunas, que existieron en el margen oriental del barranco de Maspalomas.

Por lo que respecta a la comunidad de *Tamarix canariensis*, muestra un patrón de colonización asociado a áreas alejadas de la línea de costa, pero con una distribución que abarca la mayor parte de la zona centrooccidental del sistema de dunas de Maspalomas. Por lo tanto, la colonización parece venir marcada por la progresiva reducción de los aportes de arena hacia las áreas interiores occidentales, además de al incremento de la superficie de las depresiones interdunares en algunas zonas, especialmente en las intermedias, entre la zonas activa y la zona estabilizada actual.

La comunidad de *Launaea arborescens* presenta un patrón de colonización similar a la comunidad anterior, pero más retranqueada con respecto a la distancia a la costa. Además, su progresiva colonización en la zona interior del campo de dunas está relacionada con la reducción de los aportes de arena hacia esa área, como consecuencia de la urbanización de la terraza alta del Inglés. También ha colonizado espacios periféricos del sistema que han experimentado alteraciones ambientales, pero sin ocupación física del territorio, como ha sucedido en el occidente de la terraza alta del Inglés, donde se realizaron extracciones de arena, así como en el margen oriental

del barranco de Maspalomas, donde se eliminó la carretera. Por lo tanto, se trata de una comunidad muy adaptable, que coloniza tanto depresiones interdunares secas de la zona activa, como dunas estabilizadas y áreas antropizadas.

Entre las comunidades que han colonizado el resto del campo de dunas, destacan por su importancia superficial las de *Suaeda mollis*, de *Traganum moquinii*, de *Juncus acutus*, de *Mesembryanthemum crystallinum*, de *Cyperus laevigatus*, la comunidad exótica y la de *Zygophyllum fontanesii*.

La comunidad de *Suaeda mollis* está asociada a dos situaciones muy dispares: por un lado, al incremento de las depresiones interdunares centrales, como consecuencia de los procesos de deflación vinculados a la reducción de los aportes de arena; por otro lado, también coloniza zonas antropizadas del margen oriental del barranco de Maspalomas, que fueron removidas, pero no ocupadas físicamente.

La colonización de la comunidad de *Traganum moquinii* está asociada en su mayor parte a la formación de superficies de deflación detrás de la duna costera, lo cual ha permitido la expansión de esta comunidad a zonas que en el año 1961 estaban ocupadas por cordones de dunas bien desarrollados.

La comunidad de *Juncus acutus* coloniza las áreas donde se forman depresiones interdunares húmedas, como consecuencia de los procesos de deflación asociados al déficit sedimentario que está experimentando el sistema de dunas. También coloniza los alrededores de la charca de Maspalomas, debido a que en los años 60 la fisionomía de la misma era muy diferente, por lo que esta comunidad se asentó en la nueva zona ocupada por la actual Charca, que anteriormente estaba formada por dunas.

La comunidad de *Mesembryanthemum crystallinum*, inexistente en el año 1961, es un claro exponente de colonización de zonas antropizadas, debido principalmente a la transformación de las dunas en depósitos de escombros y materiales vinculados a la construcción de equipamientos e infraestructuras turísticas. Se localiza en dos áreas separadas y distantes: por un lado, en el margen oriental del barranco de Maspalomas; y por otro, en las laderas del margen occidental de la terraza alta del Inglés.

La colonización de la comunidad de *Cyperus laevigatus* se restringe a las nuevas depresiones interdunares húmedas que se han generado durante el periodo temporal analizado. Sin embargo, los datos obtenidos en otras investigaciones indican que la superficie de las depresiones interdunares se han mantenido más o menos estables (Hernández Calvento, 2006) y, además, la tasa de desplazamiento de las dunas se ha incrementado (Ministerio de Medio Ambiente, 2008), lo que no encaja con el incremento espectacular de la superficie de esta comunidad vegetal. La explicación podría estar en el aprovechamiento como forraje para el ganado que pastoreaba las dunas en los años 60, ya que según la información facilitada por los antiguos pastores (León, 2009) esta especie (denominada «junco», a diferencia de la «junquera», o *Juncus acutus*, del cual se diferenciaba en el tamaño, que era de unos 30 cm para el

primer caso, y 1,5 m para el segundo) era comida por las cabras, sobre todo en las etapas iniciales de crecimiento, por lo que probablemente limitaba su expansión.

La comunidad exótica, formada por especies vegetales alóctonas plantadas, se ha implantado principalmente en la zona que separa el campo de dunas del campo de golf, formando un extenso seto vegetal. Además, también ha ocupado el margen oriental de la charca de Maspalomas, asociado al antiguo Centro Helioterápico, y en los alrededores de un quiosco en la playa de Maspalomas.

La colonización de la comunidad de *Zygophyllum fontanesii* es un proceso novedoso, ya que este tipo de vegetación no estaba presente como tal en los años 60 del pasado siglo, existiendo solamente ejemplares sueltos (Esteve Chueca, 1968). Su espectacular expansión está vinculada a la formación de superficies de deflación con aguas freáticas cerca de la superficie (depresiones interdunares húmedas) en la zona central del sistema (figura 6.86), como consecuencia del déficit sedimentario experimentado por el campo de dunas.

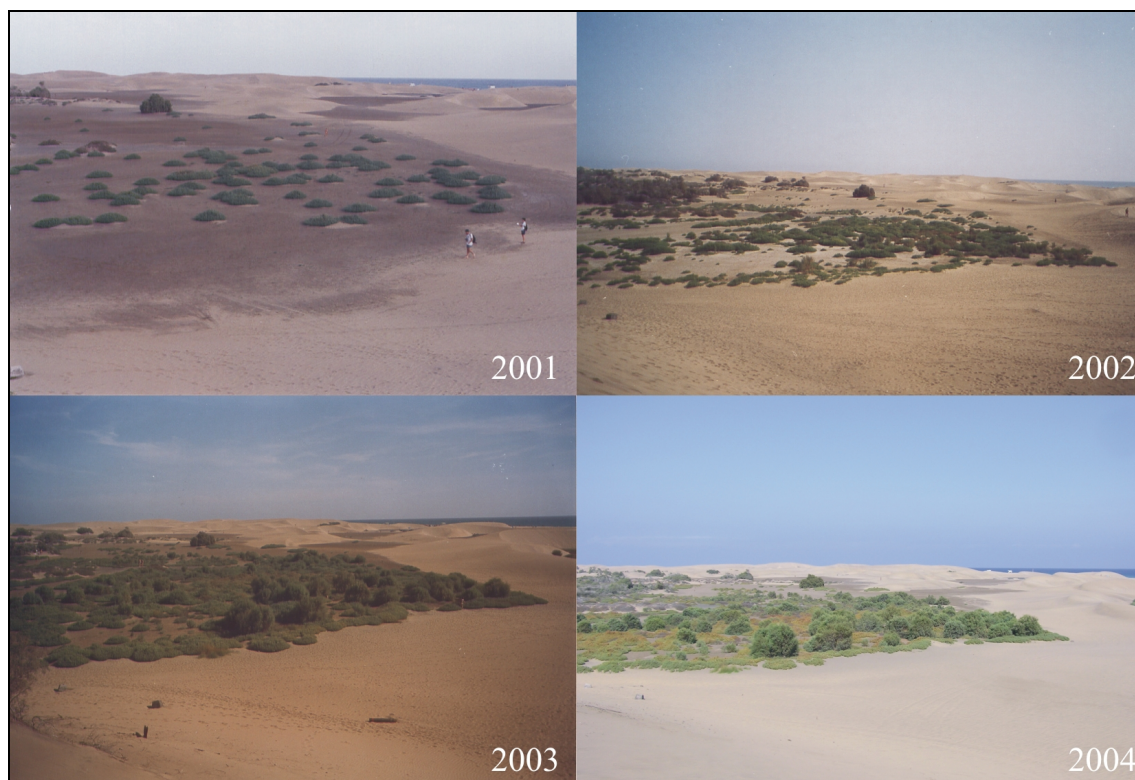


Figura 6.86. Evolución de la comunidad de *Zygophyllum fontanesii* (Fotos cedidas por Luis Hernández Calvento y Carlos Suárez Rodríguez)

6.4.3.1.3. Cambio de comunidad vegetal

Las únicas comunidades vegetales que han experimentado cambio a otro tipo son las de *Cyperus capitatus-Ononis serrata*, de *Cyperus laevigatus*, de *Juncus acutus*, de *Launaea arborescens*, de *Plocama pendula*, de *Suaeda mollis* y de *Tamarix canariensis*. Sin embargo, de éstas, solamente presentan superficies apreciables la de

Cyperus capitatus-Ononis serrata, la de *Launaea arborescens* y la de *Tamarix canariensis*.

Comunidad de *Cyperus capitatus-Ononis serrata*

Con respecto a la comunidad de *Cyperus capitatus-Ononis serrata*, la mayor parte de su superficie observada en los años 60, ha pasado a las comunidades de *Suaeda mollis*, de *Tamarix canariensis* y de *Launaea arborescens*, representando el 88,7% de la misma (figura 6.87).

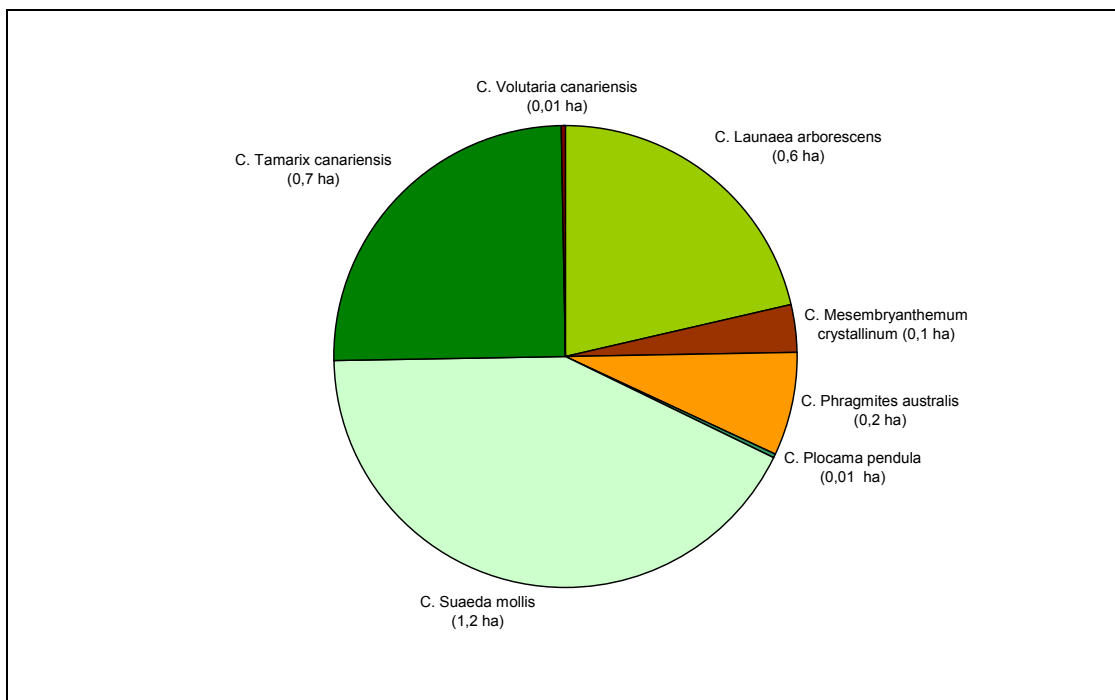


Figura 6.87. Comunidades vegetales a las que ha evolucionado la comunidad de *Cyperus capitatus-Ononis serrata*.

El cambio de comunidad hacia la de *Suaeda mollis* se debe al proceso de transformación del margen oriental del barranco de Maspalomas vinculado al desarrollo turístico, de forma que las dunas con praderas de *Cyperus capitatus-Ononis serrata*, existentes en los años 60 del pasado siglo, fueron transformadas mediante la extracción de la arena. Posteriormente, se rellenó de materiales aluviales removidos, lo que a su vez permitió la colonización de la comunidad de *Suaeda mollis*.

El cambio de comunidad hacia la de *Tamarix canariensis* está relacionado con la expansión natural de esta especie vegetal, de forma que con el paso del tiempo el crecimiento de los ejemplares aumentó la cobertura vegetal, lo que produjo la desaparición de las manchas de la comunidad de *Cyperus capitatus-Ononis serrata* que ocupaba los intersticios existentes entre los árboles, debido a la falta de luz. No obstante, hay que considerar que aun desapareciendo la comunidad de *Cyperus capitatus-Ononis serrata* como tal, se pueden mantener grupos de las especies

representativas de las mismas en el cortejo florístico, formando la subcomunidad de *Tamarix canariensis* con *Cyperus capitatus* (grupo 3).

La sustitución de la comunidad de *Cyperus capitatus-Ononis serrata* por la de *Launaea arborescens* aparentemente es producto del proceso natural de sucesión ecológica, de vegetación herbácea a vegetación arbustiva, en las áreas de menor volumen de arena y mayor estabilización.

Por su parte, la aparición de una comunidad higrófila, como la de *Phragmites australis*, es consencuencia también de alteraciones ambientales sin ocupación física del territorio. De esta forma, la extracción de arena en los alrededores del margen oriental del barranco de Maspalomas produjo el afloramiento de la capa freática, y por lo tanto, la aparición de esta comunidad vegetal.

El proceso de cambio de comunidad a la de *Mesembryanthemum crystallinum* es idéntico al ocurrido para la de *Suaeda mollis*, es decir, extracción de arena y posterior relleno con materiales aluviales.

Comunidad de *Launaea arborescens*

Más de la mitad de la superficie de esta comunidad vegetal existente en el año 1961 ha cambiado a la de *Cyperus capitatus-Ononis serrata* (figura 6.88). La segunda comunidad en importancia en la que se transforma es en la de *Tamarix canariensis*, la de *Suaeda mollis* y la de *Volutaria canariensis*. Finalmente, la comunidad de *Launaea arborescens* también se transforma en un conjunto de otras comunidades vegetales (comunidad de *Aizoon canariense*, comunidad de *Cyperus capitatus-Ononis serrata*, comunidad de *Eremepogon foveolatus*, comunidad de *Heliotropium ramosissimum*, comunidad de *Juncus acutus*, comunidad de *Mesembryanthemum crystallinum*, comunidad de *Phragmites australis*, comunidad de *Schizogyne glaberrima* y comunidad exótica), que se han agrupado por la escasa superficie que ocupan.

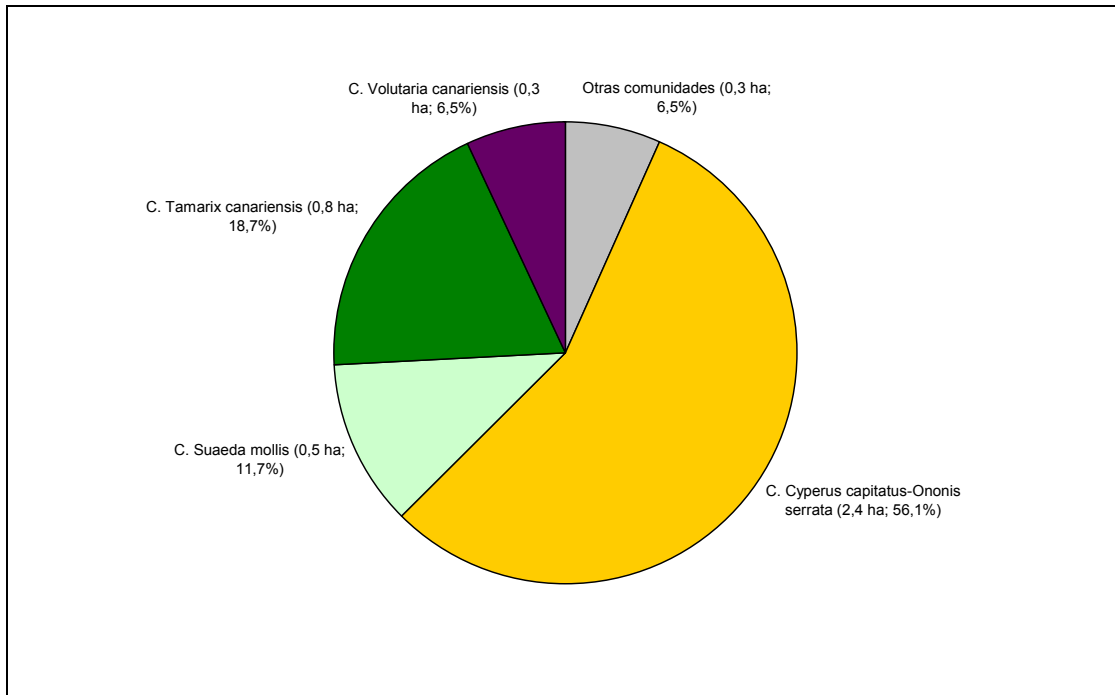


Figura 6.88. Comunidades vegetales a las que ha evolucionado la comunidad de *Launaea arborescens*.

La transformación de la comunidad de *Launaea arborescens* en la de *Cyperus capitatus-Ononis serrata* se relaciona en su mayor parte con la dinámica dunar. De este modo, las masas de la comunidad de *Launaea arborescens* existentes en los años 60 del pasado siglo, han sido enterradas por el movimiento de las dunas móviles que en esa década ocupaban la actual zona estabilizada. Posteriormente, han sido colonizadas por la comunidad de *Cyperus capitatus-Ononis serrata* debido a la progresiva estabilización de estas dunas como consecuencia de la urbanización de la terraza alta del Inglés. Hay que considerar que, como ya se indicó en el capítulo V, esta comunidad vegetal coloniza las dunas estabilizadas con mayor volumen de arena, de forma que los aportes proporcionados por las dunas que avanza incrementan la cantidad de sedimentos, lo que a su vez dificulta la recolonización de la comunidad de *Launaea arborescens* de las áreas perdidas por el enterramiento, favoreciendo a las especies estrictamente psamófilas.

Por su parte, el cambio hacia la comunidad de *Tamarix canariensis* se debe principalmente a la expansión de las masas de esta especie vegetal que se encuentra en los alrededores de las de *Launaea arborescens*. De esta forma, el crecimiento en anchura de la copa de los ejemplares de *Tamarix canariensis* van invadiendo las zonas colonizadas por *Launaea arborescens* mediante la generación de sombra, produciendo una competencia por la luz que sin lugar a dudas es ganada por la especie arbórea. Asimismo, en las dunas activas, esta competencia por el espacio en algunas ocasiones es controlada por los procesos geomorfológicos, como el avance de las dunas. Este avance de los frentes dunares sepultan las masas de *Launaea arborescens* existentes en las depresiones interdunares, eliminando la competencia a las plántulas de *Tamarix canariensis* que pudieran haber germinado en esas áreas. También produce un cambio

ecológico muy significativo, ya que de una depresión interdunar se pasa a una duna móvil, que, como ya se ha establecido en la primera parte de este capítulo, no es capaz de colonizar la comunidad de *Launaea arborescens*, pero sí la de *Tamarix canariensis*. Si estas plántulas logran sobrevivir, el resultado es la existencia de una duna colonizada por uno o varios ejemplares de *Tamarix canariensis*.

La sustitución de la comunidad de *Launaea arborescens* por la de *Suaeda mollis* está asociada exclusivamente a la transformación del margen oriental del barranco de Maspalomas, debido a desarrollo turístico.

Finalmente, la aparición de la comunidad de *Volutaria canariensis* en lugar de la de *Launaea arborescens* es un proceso al que, hasta el momento, no encontramos explicación.

Comunidad de *Tamarix canariensis*

La comunidad de *Tamarix canariensis* se transforma en seis comunidades principales: la mayor superficie corresponde a la de *Cyperus capitatus-Ononis serrata*, seguida de las de *Suaeda mollis*, de *Launaea arborescens*, de *Mesembryanthemum crystallinum*, de *Aizoon canariense* y de *Phragmites australis* (figura 6.89). Además, se han producido cambios hacia otras comunidades (comunidad de *Heliotropium ramosissimum*, de *Juncus acutus*, de *Volutaria canariensis* y exótica) que ocupan una escasa superficie.

La sustitución de la comunidad homónima por la de *Cyperus capitatus-Ononis serrata* está relacionada con tres causas principales: enterramiento por el avance de las dunas, alteraciones ambientales asociadas al desarrollo turístico y colonización de los espacios intersticiales existentes entre los ejemplares de *Tamarix canariensis*.

El cambio de comunidad, como consecuencia del enterramiento de arena, debido al avance de las dunas, se ha producido en los márgenes de la zona activa. Así, algunas masas de *Tamarix canariensis* han sido eliminadas parcial o totalmente, facilitando la colonización de la comunidad de *Cyperus capitatus-Ononis serrata*.

Las alteraciones ambientales que han conducido al cambio de comunidad son procesos más complejos. En primer lugar, la construcción de determinadas edificaciones vinculadas a la actividad turística, como es el caso del hotel Dunas, edificado dentro del campo de dunas, produjo la alteración de una parte significativa del margen oriental del barranco de Maspalomas. Las dunas fueron eliminadas mediante extracción, posteriormente se removió el sustrato subyacente y, finalmente, se ocupó físicamente una parte del espacio alterado con el citado hotel. Unos años más tarde el hotel fue derrivado, y una parte de la zona alterada fue cubierta por sedimentos arenosos, debido a la dinámica dunar. Estas zonas fueron posteriormente colonizadas por la comunidad de *Cyperus capitatus-Ononis serrata*.

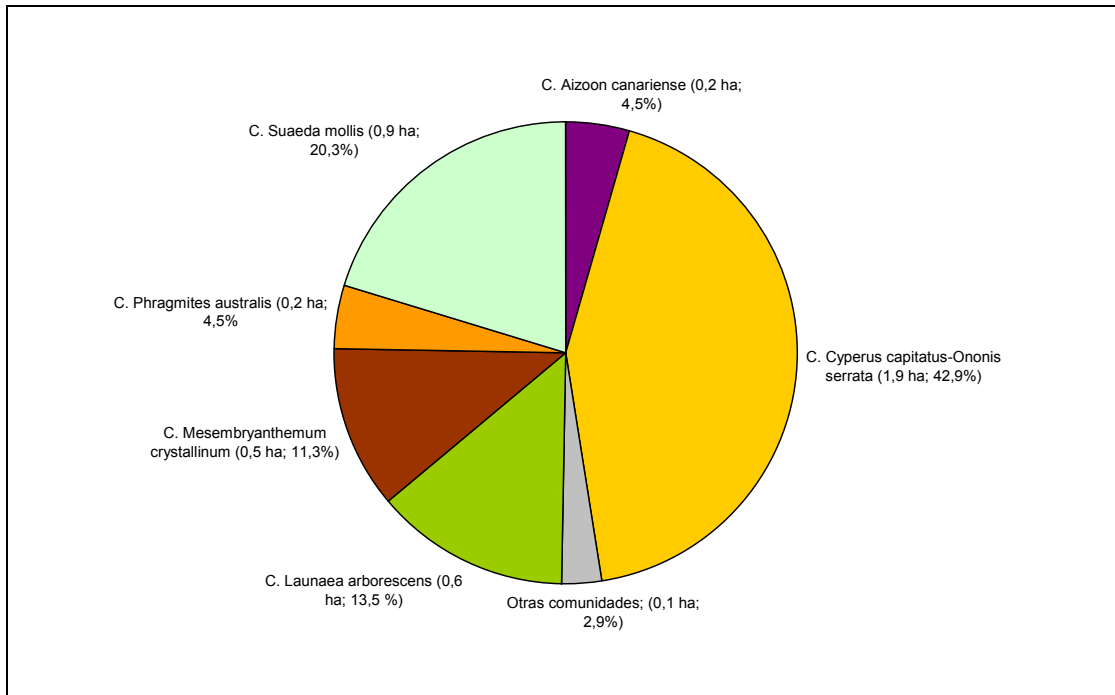


Figura 6.89. Comunidades vegetales a las que ha evolucionado la comunidad de *Tamarix canariensis*.

Finalmente, con respecto a la colonización de los espacios intersticiales entre ejemplares de *Tamarix canariensis*, hay que indicar que ésta es producto de la propia sucesión ecológica y del método de cartografiado de las comunidades vegetales utilizado. Los grupos de *Tamarix canariensis* existentes en los años 60 sobre dunas activas fueron cartografiados como comunidad de *Tamarix canariensis*. La posterior estabilización de las dunas localizadas a sotavento de la terraza alta del Inglés produjo la colonización por parte de especies herbáceas psamófilas como *Cyperus capitatus* y *Ononis serrata*. Por lo tanto, en la cartografía correspondiente al año 2003, los grupos de *Tamarix canariensis* con ejemplares bastantes alejados entre sí fueron integrados en la comunidad de *Cyperus capitatus-Ononis serrata*, ya que es la vegetación que predomina. Independientemente de la influencia del método utilizado, es evidente que el cambio de la comunidad de *Tamarix canariensis* a la de *Cyperus capitatus-Ononis serrata* forma parte de un proceso de sucesión vegetal asociado a la estabilización de las dunas.

La transformación de la comunidad de *Tamarix canariensis* en la de *Suaeda mollis* se ha producido en dos áreas diferentes del sistema de dunas: en el interior de las mismas, en la actual zona en proceso de estabilización, y en el margen este del barranco de Maspalomas, dentro de la zona estabilizada. En el primer caso, el cambio de comunidad se debe a la expansión de *Suaeda mollis*, que termina por dominar totalmente el espacio anteriormente ocupado por *Tamarix canariensis*, pero siguen permaneciendo ejemplares de esta especie. El predominio de la comunidad de *Suaeda mollis* en el margen oriental del barranco de Maspalomas es producto de la ya indicada transformación ambiental de toda esta zona. La colonización de esta comunidad se

debe a su capacidad de desarrollarse en ambientes ruderales, como los que se han generado tras la intervención humana.

El cambio de comunidad hacia la de *Launaea arborescens* es muy similar a la anterior. Por un lado, es debido a la alteración de las masas de *Tamarix canariensis* existentes en el margen oriental del barranco de Maspalomas, debido a la construcción de equipamientos e infraestructuras. Por otro lado, es el resultado de la expansión de *Launaea arborescens* que termina formando un matorral entre el cual se intercalan algunos ejemplares de *Tamarix canariensis*.

La sustitución de la comunidad de *Tamarix canariensis* por las de *Mesembryanthemum crystallinum*, de *Aizoon canariense* y de *Phragmites australis* es consecuencia directa de las alteraciones ambientales del margen oriental del barranco de Maspalomas, comentadas anteriormente. Estas alteraciones han originado ambientes antropizados diferentes, como depósitos de materiales removidos, que ha permitido la colonización de las dos primeras comunidades, y depresiones con afloramiento de aguas freáticas, que ha favorecido la colonización de la última comunidad.

6.4.3.1.4. Eliminación de la vegetación

La eliminación de vegetación es el proceso menos significativo, afectando únicamente al 1,4% de la superficie del campo de dunas. Este proceso afecta, en orden de importancia superficial, a las comunidades de *Traganum moquinii*, de *Tamarix canariensis*, de *Launaea arborescens*, de *Suaeda mollis*, de *Cyperus capitatus-Ononis serrata*, de *Juncus acutus* y de *Cyperus laevigatus* (figura 6.90).

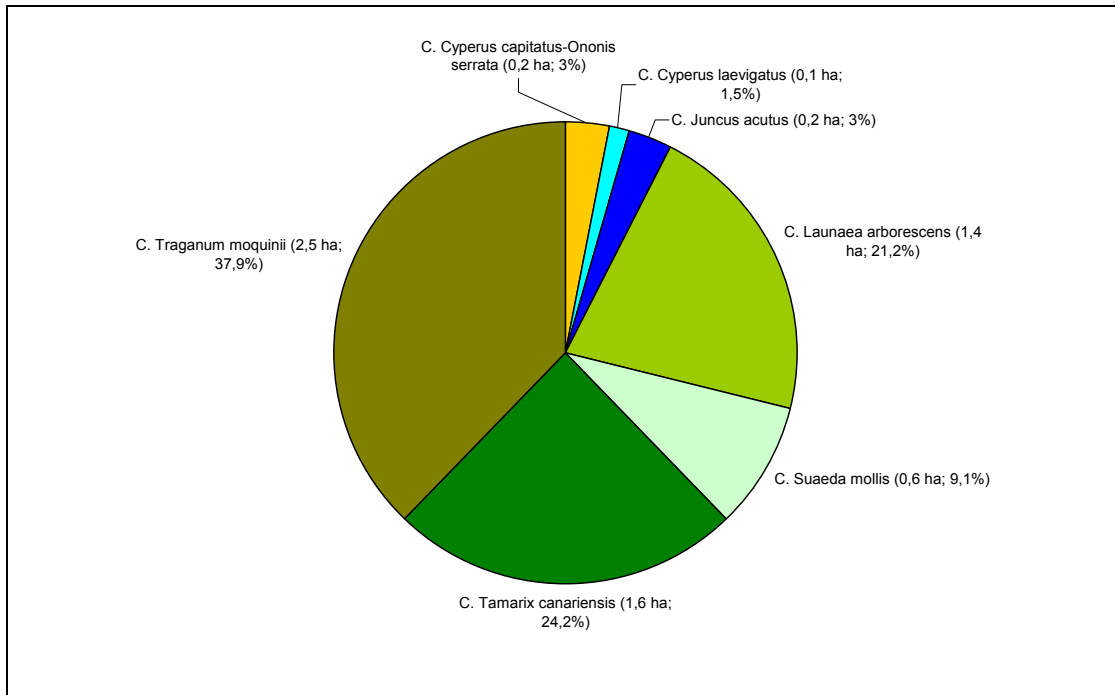


Figura 6.90. Superficie de cada comunidad vegetal que ha sido eliminada entre el año 1961 y el año 2003.

La superficie de la comunidad de *Traganum moquinii* eliminada corresponde al 55,6% de la existente en el año 1961. Una parte de esta reducción superficial es consecuencia del avance de las dunas por el incremento de sus tasas de desplazamiento, debido a la urbanización de la terraza alta del Inglés, afectando fundamentalmente a las poblaciones existentes en la depresiones interdunares, tanto de la zona de la playa del Inglés como de la de Maspalomas. Sin embargo, el grueso de este descenso se localiza a lo largo de toda la duna costera, produciendo su reducción en los extremos sur y norte de la playa del Inglés, así como su fragmentación en la zona sur. En el apartado siguiente se analizará con detenimiento la evolución de esta comunidad vegetal.

La eliminación de la comunidad de *Tamarix canariensis* está asociada principalmente al avance de las dunas, aunque una porción de la misma se corresponde con las modificaciones ambientales vinculadas a la actividad turística. En este último caso, se debe a la existencia de una pista de tierra que sustituye a la carretera que se localizaba en el margen oriental del barranco de Maspalomas.

Por lo que respecta a la comunidad de *Launaea arborescens*, la mayor parte de la superficie eliminada está relacionada con el avance de las dunas, que en su discurrir sepultan las masas de esta especie vegetal. La existencia de considerables volúmenes de arena y la existencia de cierta dinámica activa impide la colonización vegetal posterior. Asimismo, una parte poco significativa es resultado de las modificaciones ambientales ocurridas en el margen oriental del barranco de Maspalomas.

La eliminación de la comunidad de *Suaeda mollis* se produce en áreas con dinámica dunar activa o semiactiva, tanto en el pasado como en la actualidad, siendo consecuencia exclusiva del avance de las dunas. Al igual que en el caso anterior, la

acumulación de cantidades significativas de arena y el mantenimiento de la dinámica activa impiden la posterior colonización vegetal.

La inexistente colonización vegetal en las áreas de la comunidad de *Cyperus capitatus-Ononis serrata* eliminadas se puede explicar parcialmente: una parte corresponde a una senda utilizada para los paseos en dromedario. Sin embargo, las restantes zonas constituyen una incógnita, ya que también se localizan en zonas totalmente estabilizadas.

La eliminación de la comunidad de *Juncus acutus* y la falta de colonización posterior de áreas potencialmente aptas para ésta u otras comunidades no se puede asociar a ningún factor constatable. Como hipótesis, es posible que la masiva afluencia de personas al interior del sistema, con toda una serie de impactos asociados, como pisoteo, rotura de plantas, etc., haya degradado algunas áreas y la vegetación aún no ha sido capaz de colonizarla.

Finalmente, la eliminación de la comunidad de *Cyperus laevigatus* se asocia exclusivamente al avance de las dunas.

6.4.3.2. Evolución de las poblaciones de *Traganum moquinii*

En los años 60 del pasado siglo esta comunidad vegetal se localizaba tanto en la playa del Inglés como en la de Maspalomas. En este apartado se analiza la evolución de la variación en el número de ejemplares en los periodos 1961-1987 y 1987-2003, tanto en la playa del Inglés como en la playa de Maspalomas.

6.4.3.2.1. Evolución de *Traganum moquinii* en la playa del Inglés

Ámbitos espaciales considerados

La evolución de las poblaciones de esta especie vegetal en la franja del Inglés se ha realizado atendiendo a diferentes sectores (figura 6.91), definiéndose tres unidades, en función de las características morfológicas de los ejemplares de *Traganum moquinii*:

Zona norte: es la unidad más cercana a las urbanizaciones e instalaciones turísticas. Los ejemplares de *Traganum moquinii* alcanzan el mayor tamaño y superficie, con ejemplares que superan los 3 metros de altura y ocupan una superficie media de 100 m², existiendo algunos que superan los 900 m².

Zona central: en este caso, los arbustos tienen un tamaño y superficie intermedia entre ambas zonas distales, con una media de ocupación superficial por individuo de 21 m² y una máxima de 92 m².

Zona sur: Los individuos de *Traganum moquinii* poseen el menor tamaño y ocupan la menor extensión. La superficie máxima ocupada por un individuo es de 39 m² y la media es de 12 m².

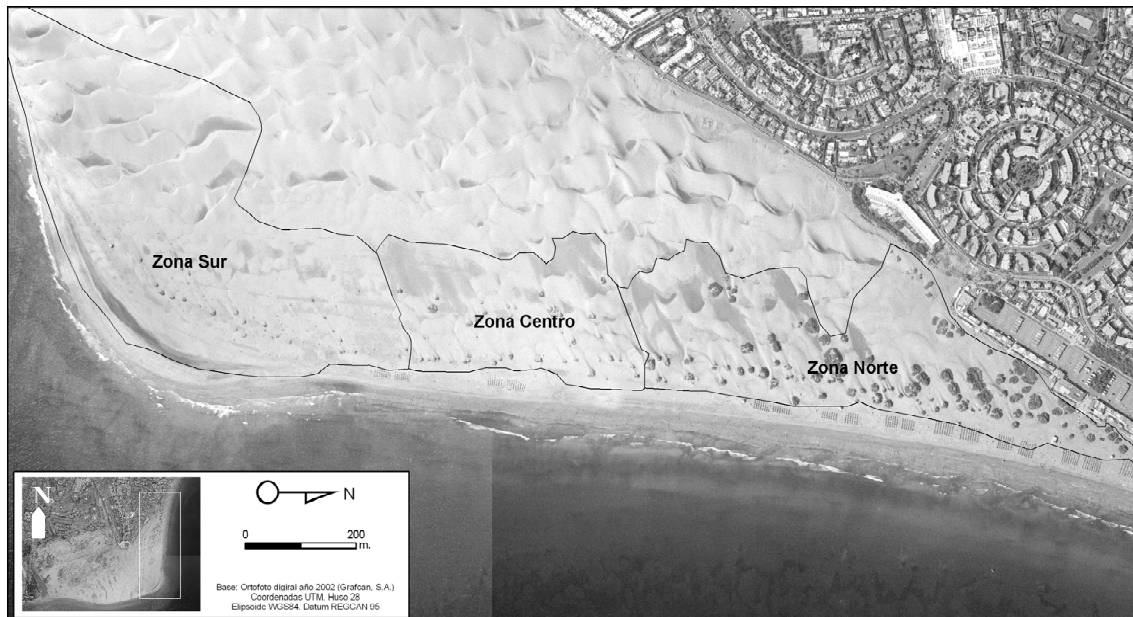


Figura 6.91. Unidades diferenciadas en función de la cobertura y el tamaño de los ejemplares de *Traganum moquinii* en la playa del Inglés.

Variaciones en el número de individuos de *Traganum moquinii*

En los años 60 la distribución de las poblaciones de *Traganum moquinii* en la playa del Inglés era bastante diferente a la actual (figura 6.93). En la zona sur las poblaciones de este nanofanerófito no sólo se localizaban en la duna costera, sino que también se distribuían en las depresiones interdunares existente entre los primeros cordones de las dunas transgresivas altas. Por el contrario, en la zona central y norte, las poblaciones de *Traganum moquinii* se localizaban en una estrecha franja entre la playa alta y los primeros cordones de las dunas transgresivas altas que se desarrollan tras la duna costera.

La población de *Traganum moquinii*, tanto la que se extiende en la duna costera como en otras unidades geomorfológicas, presenta un significativo descenso desde principios de los años 60 del siglo pasado hasta la actualidad (figura 6.92). De este modo, se parte de una población inicial, en 1961, de 486 ejemplares, que se reduce, en el año 2003, a 213 ejemplares, lo que representa un descenso del 56,2%. Este declive poblacional es más acusado entre 1961 y 1987, cuando se reduce un 57,6%. Por el contrario, entre 1987 y 2003 se produce un ligero incremento de la población de *Traganum moquinii*, pasando de 206 a 213 ejemplares.

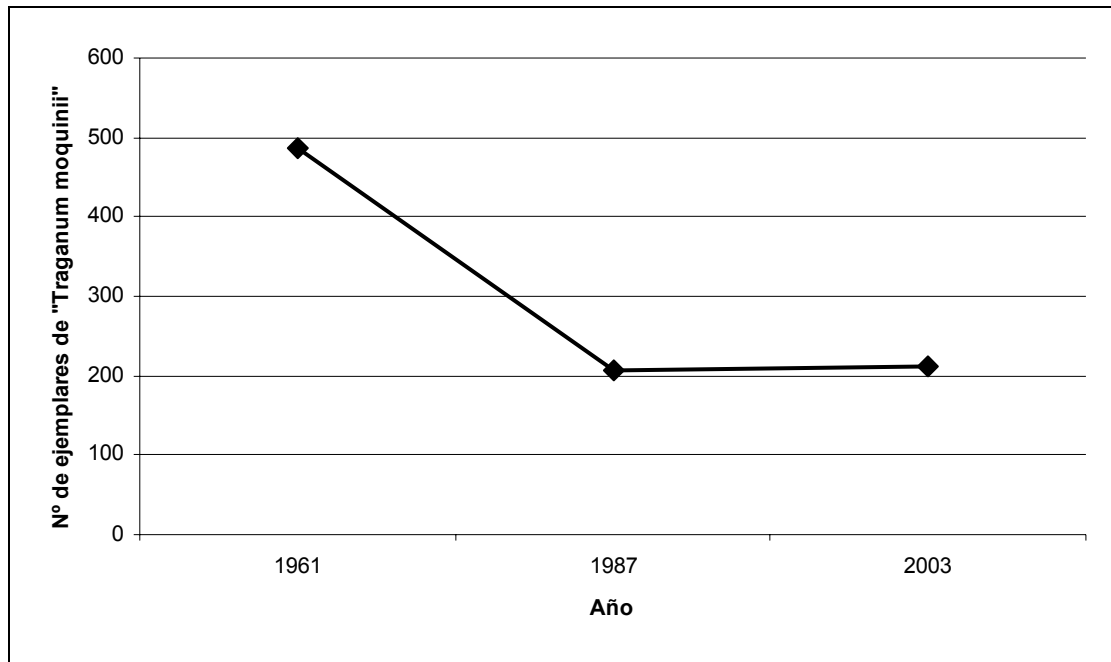


Figura 6.92. Evolución de las poblaciones de *Traganum moquinii* en la playa del Inglés (1961-2003).

Esta reducción generalizada de las poblaciones de *Traganum moquinii* no presenta, sin embargo, una tendencia espacial homogénea (figura 6.94). Contemplando la totalidad del periodo de estudio (1961-2003), se observa que en la zona norte y sur las poblaciones se reducen un 52,9% y un 81,4%, respectivamente (tabla 6.26). Por el contrario, la zona central presenta un modesto incremento del 4,5%, por lo que se puede considerar que la población se mantiene estable.

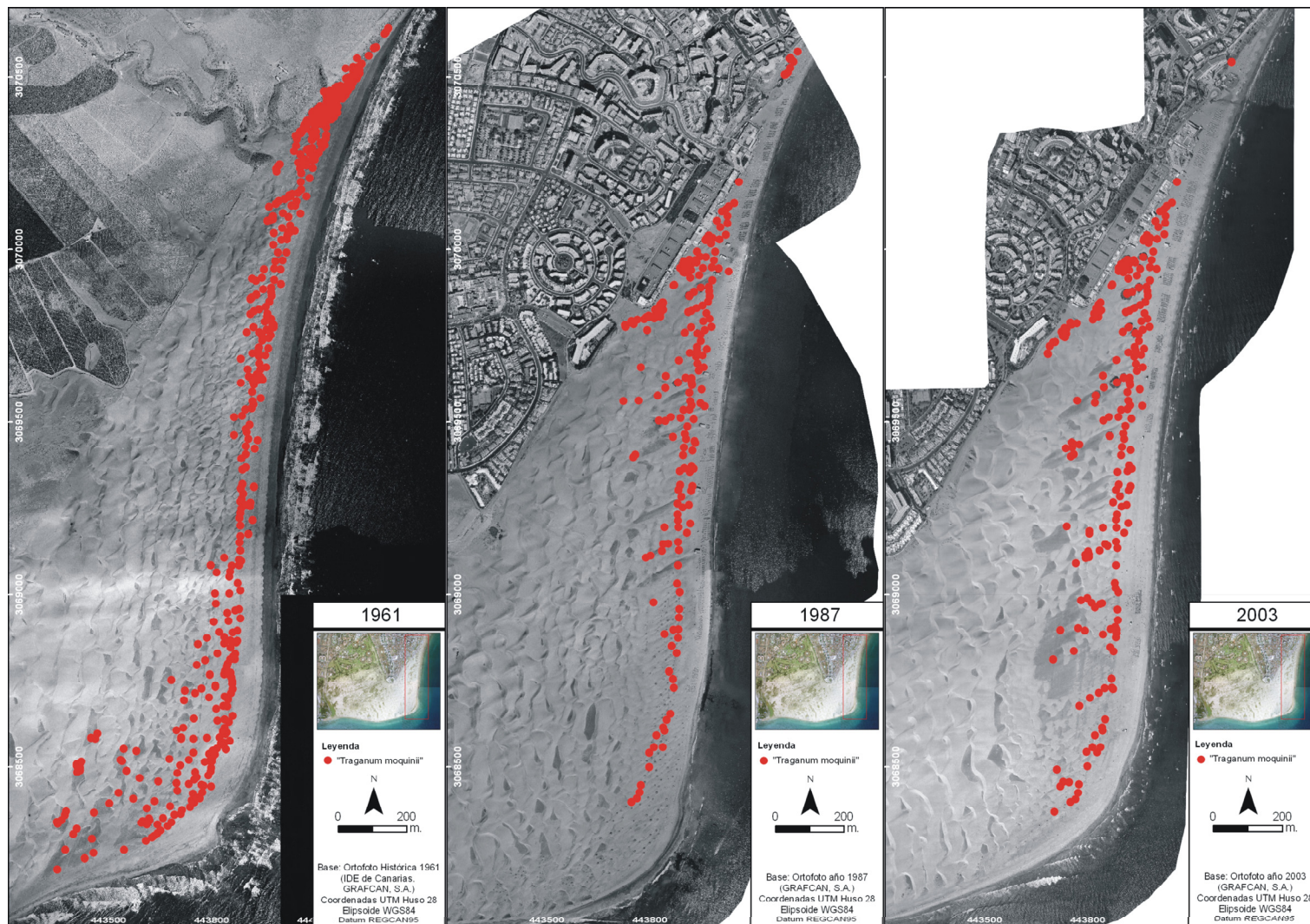


Figura 6.93. Cartografía de la evolución de las poblaciones de *Traganum moquinii* en la playa del Inglés (1961-2003).

Esta reducción del número de ejemplares modifica el patrón de distribución espacial de esta especie (figura 6.93), ya que se produce un acortamiento de la extensión norte-sur. En la zona sur desaparecen la totalidad de los ejemplares de *Traganum moquinii* que se localizaban en las depresiones interdunares, y una parte muy significativa de los existentes en la duna costera. En el norte desaparecen los ejemplares más cercanos a la urbanización del Inglés, asociados a la duna costera, produciéndose una fragmentación en dos núcleos: uno en el extremo norte, compuesto por 9 individuos, y el resto de la población que se extiende desde la parte central del centro comercial Anexo II, hasta el sur de playa del Inglés. Por el contrario, como ya se indicó anteriormente, en la zona central se mantiene estable el número de ejemplares de esta especie. A partir del año 1987 existe un cambio en el patrón de distribución, ya que las poblaciones de *Traganum moquinii* comienzan a extenderse hacia el interior del sistema en las zonas centro y norte, de tal forma que aparecen individuos de esta especie en áreas donde no estaban presentes en los años 60.

En la playa del Inglés el descenso demográfico para los periodos temporales parciales presenta tendencias diferentes entre las mismas. Así, en el año 1987 se produce en la zona sur una acusada disminución, cuantificada en un 87,6%. En la zona centro, el número de ejemplares también disminuye, pero de forma menos acusada. La zona norte también presenta una tendencia negativa, pero en este caso algo más significativa, calculada en un 45,4%. Durante el periodo 1987-2003 la tendencia expuesta anteriormente se invierte, de modo que en las zonas sur y centro las poblaciones de *Traganum moquinii* se recuperan significativamente, un 50% y un 76,9%, respectivamente. En cambio, en la zona norte se produce una disminución del 13,6%, pese a que se producen nuevas colonizaciones que, sin embargo, no compensan las pérdidas.

Año	Zona norte	Zona central	Zona sur	Total
1961	298	43	145	486
1987	162	26	18	206
Variación (%) 1961-1987	-45,4%	- 39,5%	- 87,6%	- 57,6%
2003	140	46	27	213
Variación (%) 1987-2003	- 13,6%	76,9%	50%	3,4%
Variación (%) 1961-2003	- 52,9%	4,5%	- 81,4%	- 56,2%

Tabla 6.26. Variación del número de individuos de *Traganum moquinii* en la playa del Inglés (1961-2003).

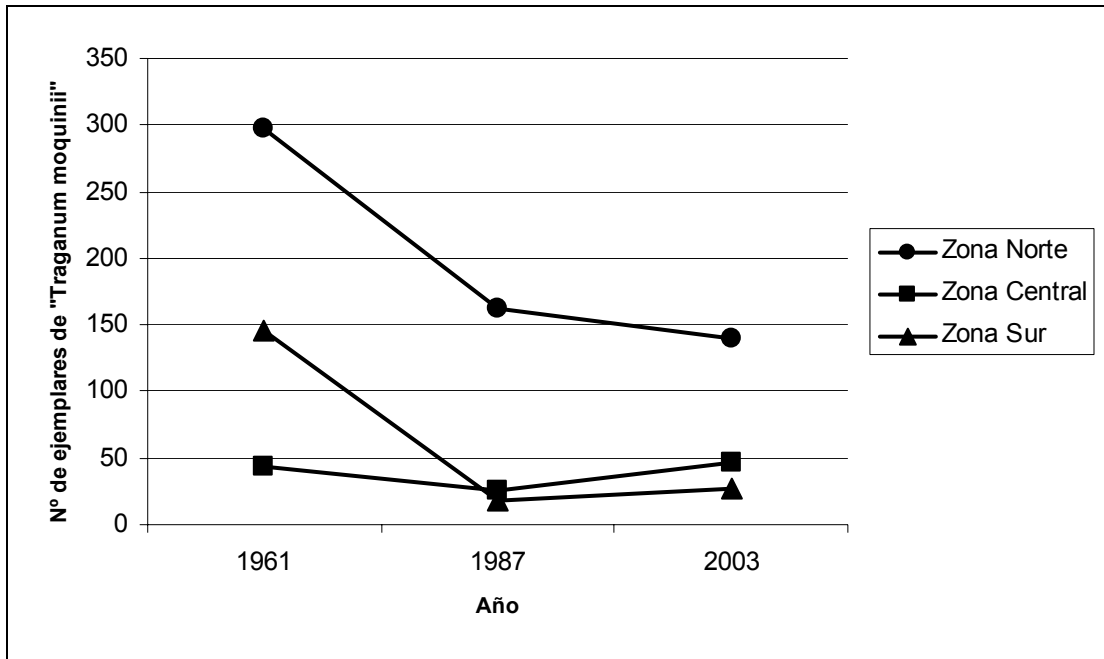


Figura 6.94. Evolución de las poblaciones de *Traganum moquinii* por unidades en la playa del Inglés (1961-2003).

6.4.3.2.2. Evolución de *Traganum moquinii* en la playa de Maspalomas

Como ya se ha indicado, la población de *Traganum moquinii* en la playa de Maspalomas se localizaba en las depresiones interdunares que se forman entre los cordones de dunas. En los años 60 existían 5 núcleos principales de esta especie en Masplomas (figura 6.95).

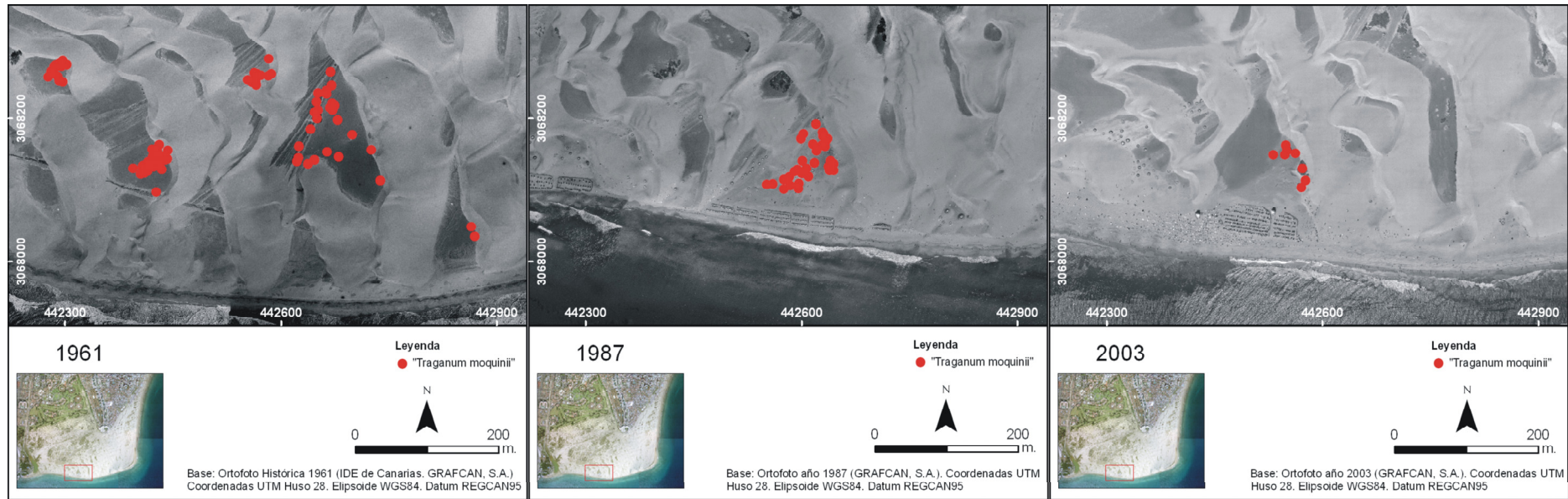


Figura 6.95. Cartografía de la evolución de las poblaciones de *Traganum moquinii* en la playa de Maspalomas (1961-2003).

El número de ejemplares de *Traganum moquinii* presenta en Maspalomas una abrupta reducción desde los años 60 del pasado siglo, de forma que de 87 individuos, pasa a tan sólo 8 en el año 2003, concentrados en un único núcleo (figura 6.96). El descenso de la población es continuo, es decir, en ningún momento se produce una recuperación de su número, hasta el punto que en la actualidad ha desaparecido completamente. En el año 1987 ya existía un único núcleo, constituido por un total de 35 individuos. Se observa una migración en dirección este-oeste del núcleo principal existente en los años 60, en la zona conocida como Cañada de la Penca, tanto en el año 1987, como en 2003 (figura 6.97). Es decir, que la población de *Traganum moquinii* va colonizando la depresión interdunar que se forma delante del cordón de dunas.

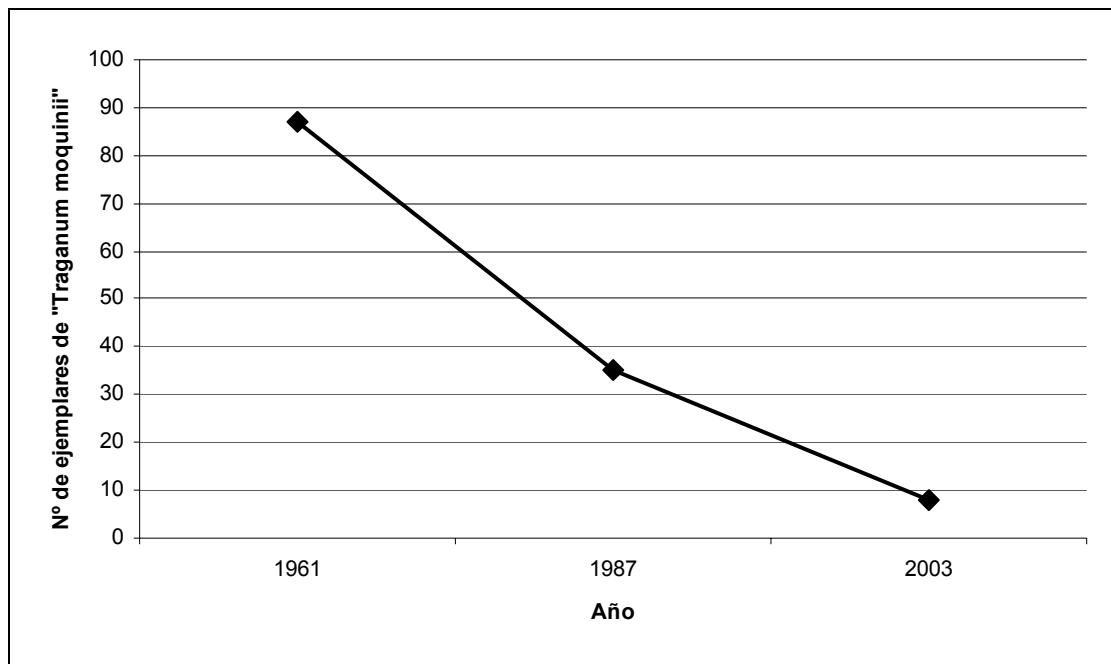


Figura 6.96. Evolución de las poblaciones de *Traganum moquinii* en la playa de Maspalomas (1961-2003).

Como ya se pudo comprobar en el apartado 6.1.2.1, esta migración forma parte de la estrategia de supervivencia de esta especie vegetal ante el avance de las dunas. Sin embargo, esta estrategia se sustenta en un delicado equilibrio entre la capacidad de expansión de *Traganum moquinii* y las tasas de desplazamiento de las dunas, por lo que un cambio en alguna de ellas tenderá a desestabilizar e, incluso, a anular el relevo generacional de esta especie.

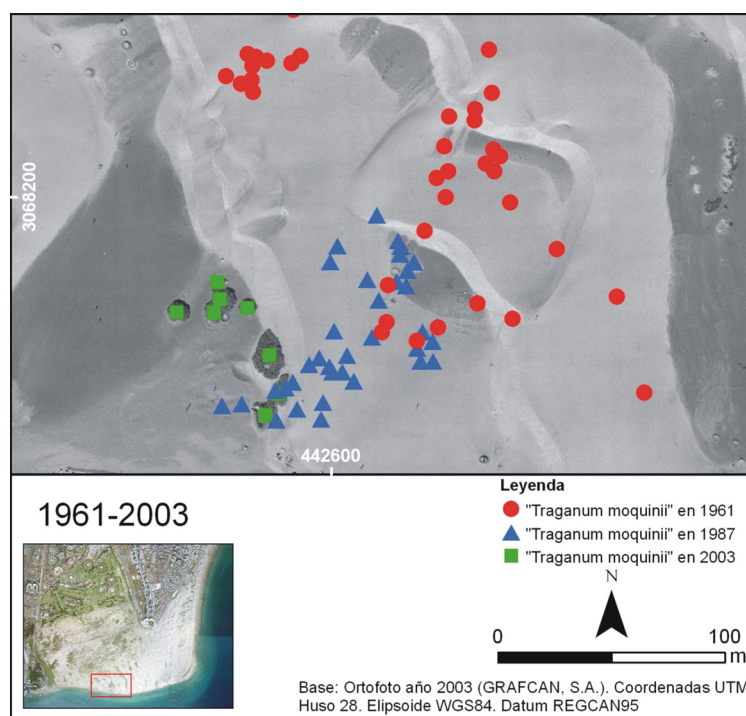


Figura 6.97. Dinámica de la población de *Traganum moquinii* en Cañada de la Penca (1961-2003).

6.4.3.2.3. Causas de las modificaciones del número de individuos de *Traganum moquinii*

La reducción de las poblaciones de *Traganum moquinii* en la zona sur de la playa del Inglés parece estar relacionada con un aumento significativo de los sedimentos móviles. Según Hernández Calvento (2006), antes del desarrollo turístico, la arena transportada en esta zona era menor, de tal forma que las depresiones interdunares ocupaban una mayor extensión que en los años inmediatamente posteriores al inicio del desarrollo urbano-turístico. La urbanización de la terraza alta del Inglés produjo una alteración de la dinámica eólica, ocasionando un giro en el transporte de sedimentos hacia el sur, de tal forma que ocasionó una disminución sustancial de la superficie ocupada por las mencionadas depresiones interdunares (Hernández Calvento, 2006). Al respecto, plantea el Ministerio de Medio Ambiente (2007) que todo ello fue debido a que el transporte de sedimentos se aceleró en el sector meridional, con un incremento desde 1,5 m/s antes de 1960, a 2,2 m/s después de colmatada la terraza por la urbanización, de forma que las tasas de transporte se triplicaron (Ministerio de Medio Ambiente, 2007), lo que produjo la consecuente desaparición total de los individuos de *Traganum moquinii* existentes en las depresiones interdunares. Esto se corrobora con los datos obtenidos, de forma que de los 145 ejemplares de *Traganum moquinii* existentes en la unidad sur de playa del Inglés en los años 60, un total de 65 se localizaban en la duna costera, y 80 en las depresiones interdunares. En 1987 solamente se registran 18 ejemplares, localizados exclusivamente en la duna costera. Por lo tanto, el incremento de las tasas de desplazamiento de las dunas produjo la desaparición de la

totalidad de los individuos existentes en las depresiones interdunares, lo que equivale al 63% de los ejemplares de *Traganum moquinii* desaparecidos en esta zona (tabla 6.27). También es posible que los individuos presente en la duna costera desaparecidos fuera por esta causa, pero en este caso lo mantendremos como hipótesis y no los computaremos como desaparecidos por este motivo. Es posible que en este último caso, también intervinieran otros factores vinculados a las actividades que generan los usuarios y gestores de la playa (pisoteo, apertura de caminos, construcción de estructuras cortavientos, utilización de maquinaria pesada en el mantenimiento de la playa, etc.). El posterior incremento poblacional de esta población entre 1987 y 2003 se produce fundamentalmente por la colonización de las superficies de deflación que se forman detrás de la duna costera.

En el norte de playa del Inglés, la reducción del número de *Traganum moquinii* entre 1961 y 1987 se debe principalmente a la construcción de la carretera de acceso a la playa y del centro comercial Anexo II. Ambas son responsables de la eliminación de al menos 126 ejemplares de *Traganum moquinii* por ocupación física del espacio, lo que representa el 92,6% de los individuos desaparecidos en este periodo (tabla 6.27). Además, en el espacio existente entre ambas infraestructuras, desaparecieron otros 33 individuos, pero no por ocupación física, por lo que es probable que se deba a efectos indirectos de la construcción de estas infraestructuras y equipamientos. Sin embargo, esta pérdida se compensa parcialmente con la aparición de nuevos ejemplares al sur del Anexo II, probablemente debido a la sustitución de los cordones de dunas existentes en los años 60 por láminas de arena y dunas barjanas, como consecuencia del descenso de los aportes de arena al sistema. En el periodo 1987-2003 la población de *Traganum moquinii* no se incrementa, sino que sigue descendiendo (un total de 22 individuos), lo cual se debe a que una parte de su hábitat está ocupado físicamente por instalaciones e infraestructuras turísticas, lo que impide recuperar sus antiguos dominios. Además, de los 9 individuos que logran llegar hasta el año 1987 en el extremo norte de la playa del Inglés, 8 desaparecen en este periodo debido a la construcción de nuevas edificaciones. Los restantes ejemplares de *Traganum moquinii* desaparecen por causas como el enterramiento, constatado en al menos 3 ejemplares jóvenes, y posiblemente por otros motivos que desconocemos.

La reducción poblacional de los *Traganum moquinii* en la zona centro entre 1961 y 1987 no se ha podido aclarar, aunque es posible que se deba tanto a los cambios en las tasas de desplazamiento de las dunas, como a alteraciones antrópicas directas.

Por otra parte, el incremento parcial para algunas unidades en el periodo 1987-2003 parece estar relacionado con el descenso en el volumen de la arena, debido a la reducción de la entrada de sedimentos al sistema, que se manifiesta en cambios geomorfológicos muy significativos, como la transformación de los cordones de dunas móviles existentes en los años 60 por las actuales superficies de deflación, láminas de arena y dunas barjanas. La aparición de extensas superficies de deflación favorece la colonización de *Traganum moquinii*, ya que como se ha indicado en esta investigación, es una especie que necesita de cierta humedad edáfica para germinar y desarrollarse. Por

lo tanto, donde antes existían cordones de dunas que impedían la colonización vegetal, se han transformado en zonas aptas para estas plantas. También es posible que el aumento de las disponibilidades hídricas derivadas de las instalaciones existentes, como las duchas, pérdidas en redes de abastecimiento y el vertido de agua de los locales turísticos adyacentes, haya favorecido el aumento poblacional.

En el caso de Maspalomas, el descenso poblacional es constante y está asociado al incremento de las tasas de desplazamiento de las dunas por la urbanización de la terraza alta del Inglés que ya se indicó anteriormente. Este incremento en la movilidad de las dunas ha sido superior a la capacidad de colonización de *Traganum moquinii* de las nuevas depresiones interdunares, por lo que no se produce una sustitución de las plantas, que van pereciendo al avance de las dunas. A a esta causa se le suma la degradación ocasionada por el mal uso que dan los usuarios a la playa alta, como es la utilización de algunos ejemplares de esta especie como urinarios improvisados, ya que se ha comprobado la muerte de algún ejemplar por esta causa (Hernández Calvento, 2006). También el pisoteo de plántulas puede estar implicado, ya que la Cañada de la Penca es una zona de tránsito intenso de usuarios.

En definitiva, la construcción de equipamientos, infraestructuras y edificaciones (centro comercial, carreteras y urbanizaciones) vinculadas a la actividad urbano-turística explican la desaparición del 73,6% de los ejemplares de *Traganum moquinii* en la playa del Inglés entre 1961 y 1987 (tabla 6.27), que es cuando se produce el descenso más significativo, así como la totalidad de los ejemplares perdidos en la playa de Maspalomas. Por su parte, en la zona norte, el 36,4% del descenso poblacional entre 1987 y 2003 se debe a la construcción de nuevas edificaciones.

Periodo	Aumento tasas desplazamie nto dunas	Construcció n anexo II	Construcció n carretera	Edificaciones	Total
1961-1987 (zona sur)	80	0	0	0	80
Total explicado (%) zona sur	63	0	0	0	63%
1961-1987 (zona norte)	0	47	79	0	126
Total explicado (%) zona norte	0	34,8	58,5	0	92,6%
Total explicado (%) 1961-1987	28,6	16,8	28,2	0	73,6%
1987-2003 (zona norte)	0	0	0	8	8
Total explicado (%) zona norte	0	0	0	36,4	36,4%

Tabla 6.27. Causas del descenso poblacional de *Traganum moquinii* (1961-2003).

6.4.3.2.4. Otras posibles causas de la reducción del número de ejemplares de *Traganum moquinii*

La duna costera de Maspalomas sufre una presión humana muy significativa que, además, es constante a lo largo de todo el año debido a la ausencia de estacionalidad en la actividad turística por las óptimas condiciones climáticas a lo largo del mismo. Los impactos vinculados a las actividades turísticas, que se desarrollan en la playa del Inglés y en su duna costera, son principalmente la instalación de equipamientos (hamacas y quioscos de playas), así como un conjunto de acciones (pisoteo, apertura de caminos, etc.) realizadas por los usuarios de la playa.

Los equipamientos instalados en la playa, hamacas y quioscos, han alterado la dinámica sedimentaria eólica mediante la generación de pasillos de sombra eólica, tal y como ha podido constatar en estudios anteriores (Hernández Calvento, 2006). Por su parte, entre las acciones de los usuarios, que generan impactos negativos, destacan las siguientes: apertura de caminos, construcción de estructuras cortavientos (goros), tránsito desordenado e indiscriminado de personas, y permanencia dentro de los ejemplares de *Traganum moquinii*. A todo esto hay que añadir las labores de gestión de la playa que se realizan con maquinaria pesada.

La apertura de caminos (figura 6.98) se realiza principalmente en la zona norte de la duna costera, donde los ejemplares de *Traganum moquinii* alcanzan un mayor porte. El continuo acceso a la cresta de la duna, con la finalidad de pasar el día de playa en ella, ocasiona la formación de una red de senderos dentro de los ejemplares vegetales, así como de calveros en la zona culminante.



Figura 6.98. Senderos abiertos en ejemplares de *Traganum moquinii* vistos en fotografía aérea (izquierda) y en el terreno (derecha).

Los senderos creados durante décadas han fragmentado las plantas en varios núcleos (figura 6.99). Pues tanto el constante pisoteo, como la rotura de ramas para acceder al interior de las plantas, van bloqueando su crecimiento en algunas zonas y, con ello, produciendo la fragmentación de un mismo ejemplar en varios núcleos aislados. Como se puede comprobar en la figura 6.99, esta disposición de los ejemplares de *Traganum moquinii* no se producía a principios de los años sesenta, es decir, antes

del desarrollo turístico. Otros senderos se utilizan como urinarios improvisados, lo que deteriora las plantas por la concentración de sustancias nocivas. A su vez, el intenso tránsito de personas ocasiona el pisoteo de las nuevas plántulas, lo que también limita la recolonización espontánea de la especie.

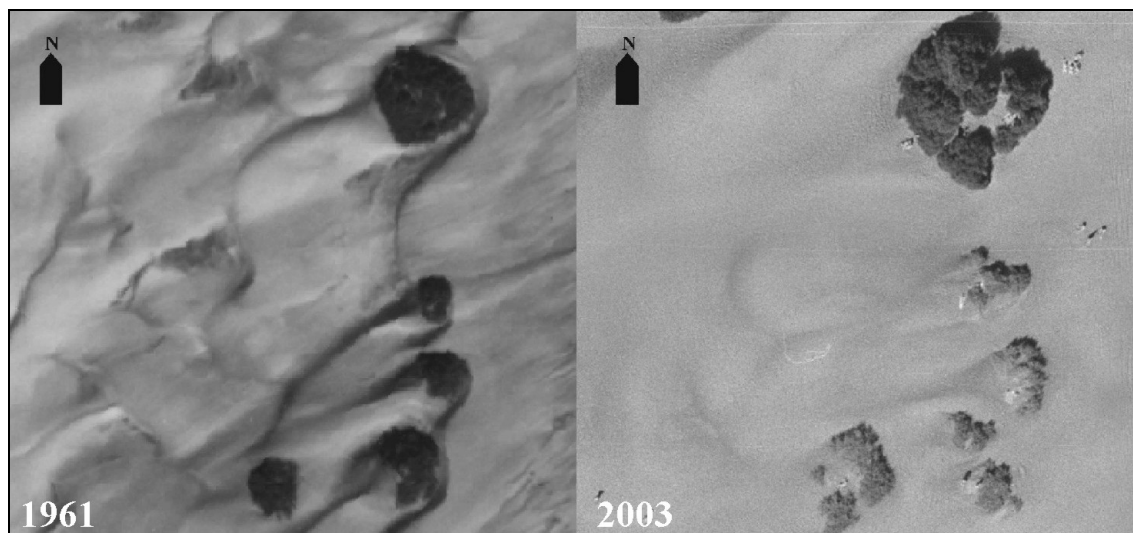


Figura 6.99. Imágenes comparativas de algunos individuos de *Traganum moquinii* (1961-2003).

Los usuarios utilizan los ejemplares de *Traganum moquinii* como improvisados balnearios, aprovechando la cima de la duna que generan las plantas para colocar sombrillas y otras cosas y/o tumbarse al sol, pese a que en la actualidad la zona está vallada y señalizada (figura 6.100). Esto también produce una alteración de las geoformas y de las propias plantas.



Figura 6.100. Estancia de usuarios de la playa en la duna costera, pese a existir un vallado perfectamente señalizado.

Por otro lado, la utilización diaria de maquinaria pesada para removilizar la arena de un lado para otro y allanar la superficie de la playa, supone la destrucción de las dunas embrionarias que se forman en la playa alta, así como la alteración de las propias de la duna costera (figura 6.101). Es probable que esta gestión insostenible de la

playa esté contribuyendo a la reducción de los aportes de arena hacia el interior del sistema.



Figura 6.101. Destrucción de geoformas dunares por la acción de maquinaria pesada en las labores de gestión de la playa.

En las zonas central y sur de la duna costera, donde los ejemplares de *Traganum moquinii* tienen un tamaño más reducido, el principal impacto sobre las plantas se deriva de la construcción de estructuras cortaviento, también denominadas goros (figura 6.102). Los turistas los construyen en esta zona porque el viento es más intenso, y la protección de las plantas menor, pues son de porte más reducidos. Estas estructuras se construyen con cantos traquifonolíticos procedentes de paleobarras lo que, a su vez, produce una alteración del patrimonio geológico. Otro efecto evidente es la formación de pasillos de sombra eólica a sotavento de estos goros. Muchos de ellos están asociados a individuos de *Traganum moquinii* (figura 6.102), que presentan amplios sectores aplastados por las rocas de los goros. Además, los usuarios de estas estructuras rompen de forma consciente aquellas ramas que “molestan”, produciendo una alteración de la fisionomía de los arbustos. Es probable que todo ello esté afectando a la reproducción de esta especie, que ya de por sí sobrevive en unas condiciones ambientales muy restrictivas (escasas precipitaciones y enterramiento por arena).



Figura 6.102. Estructuras cortavientos (goro) construidas por los visitantes sobre un ejemplar de *Traganum moquinii*. Obsérvese como la planta solamente crece en la zona no afectada por el goro.

En definitiva, existen indicios razonables para pensar que estos impactos también han y están contribuyendo a la reducción general del número de ejemplares de *Traganum moquinii* en la duna costera.

6.4.3.2.5. Transformaciones de la duna costera debido a la reducción del número de ejemplares de *Traganum moquinii*

A principios de los años sesenta del siglo pasado, y en la zona de entrada de sedimentos, detrás de la duna costera se generaban de forma inmediata los primeros cordones de dunas transgresivas, alternando con depresiones interdunares intercaladas. En contrapartida, estos cordones se encuentran actualmente bastante alejados de la duna costera al tiempo que se ha formado una amplia zona de transición constituida por dunas barjanas, láminas de arena (dunas transgresivas bajas) y superficies de deflación (figura 6.103).

Parece evidente que la reducción del número de ejemplares de *Traganum moquinii*, junto a la reducción de la entrada de sedimentos, ha desencadenado una parte de estas transformaciones. La desaparición, en algunas áreas de la zona sur de la playa del Inglés, de la primera línea de plantas ha producido la fragmentación de la duna costera en esta área, quedando dividida en tres unidades (figura 6.103), fenómeno que no se identifica en la ortofoto del año 1987. En los espacios que han quedado entre estos fragmentos se han generado superficies de deflación, además de formarse dunas libres (barjanas) y láminas de arena. Éstas se desplazan de forma temporal a gran velocidad, debido a la inexistencia de obstáculos significativos. Este hecho también está relacionado con las variaciones espaciales que presenta el régimen de viento de norte a sur de la franja del Inglés, pues su velocidad se incrementa de norte a sur, debido al efecto de la terraza alta, incrementado por la urbanización. El aumento de la velocidad del viento al sur de este sistema se ha producido coincidiendo con un período deficitario de sedimentos. Como resultado, en algunas áreas detrás de la duna costera, y en las zonas donde ésta ha desaparecido por la eliminación de la vegetación, se han generado amplias superficies de deflación. Por el contrario, en las áreas de primera línea ocupadas por *Traganum moquinii* y, por lo tanto, donde se mantiene la duna costera, no se han producido procesos erosivos significativos, con la excepción de pequeñas depresiones temporales, consideradas como parte del funcionamiento de la dinámica eólica (también se observan en las fotografías aéreas de los años sesenta).

Sin embargo, estas geoformas erosivas no se formaron inmediatamente después de la ruptura de la duna costera, pues en las fotografías del año 1987 se puede apreciar la existencia de importantes volúmenes de arena en los espacios libres entre las plantas. Esto podría deberse a que, en aquel momento, el sistema disponía de una mayor cantidad de arena que en la actualidad. Posteriormente, la disminución de los aportes sedimentarios, junto a la desaparición de los ejemplares de *Traganum moquinii*, dieron lugar a la formación de las superficies de deflación.

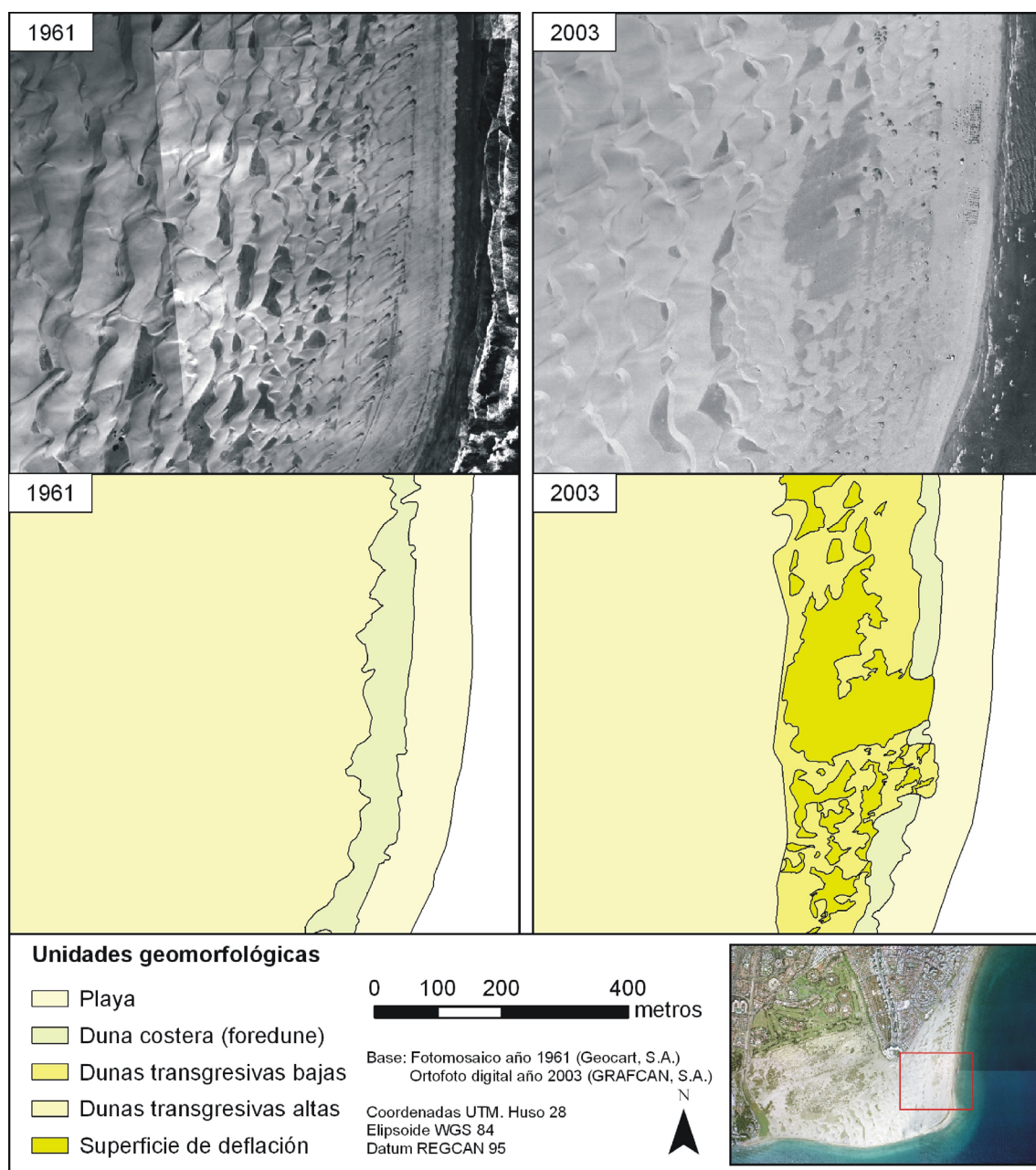


Figura 6.103. Transformaciones de la duna costera y otras geoformas en el sistema de dunas de Maspalomas (1961-2003).

CAPÍTULO VII. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

En este capítulo se discuten los resultados obtenidos y se exponen las conclusiones alcanzadas. La discusión comprende tanto la revisión de los objetivos planteados, como la reflexión sobre las hipótesis de partida. También incorpora otros aspectos, entre los que se incluyen la contribución de esta tesis al conocimiento de la vegetación del sistema de dunas de Maspalomas, a su papel como indicador de alteraciones antropogénicas vinculadas al desarrollo turístico, y a la comparación de todo ello con lo que sucede en otras zonas de dunas trasgresivas del mundo.

7.1. Discusión de los resultados

7.1.1. Cumplimiento de los objetivos

Los objetivos planteados en esta tesis, expuestos en el capítulo III, eran los siguientes:

El objetivo general era *analizar y explicar los cambios que han experimentado las comunidades vegetales de la Reserva Natural Especial de las Dunas de Maspalomas entre 1961, antes del desarrollo turístico, y la actualidad*. Para alcanzar este objetivo general se planteaban los siguientes objetivos específicos:

1. Caracterizar la vegetación actual del sistema de dunas
2. Determinar los factores ambientales que controlan la distribución de la vegetación
3. Conocer la dinámica actual de las comunidades vegetales
4. Caracterizar la vegetación existente antes del desarrollo turístico
5. Analizar la evolución experimentada por la vegetación desde los años sesenta del siglo pasado hasta la actualidad, tanto desde el punto de vista de su localización espacial como de su extensión superficial
6. Valorar el uso de las tecnologías de la información geográfica (TIGs) en el estudio de la vegetación

Se procede ahora a contrastar cada uno de los objetivos específicos planteados con los resultados obtenidos en la investigación. Finalmente se discute también el objetivo general.

7.1.1.1 Objetivo 1: Caracterizar la vegetación actual del sistema de dunas

La caracterización de las comunidades vegetales identificadas en el sistema de dunas de Maspalomas se ha expuesto en el capítulo IV. Desde el punto de vista metodológico se optó por un enfoque geográfico, que resultó especialmente adaptado a los objetivos de la investigación: entre otras razones porque ha permitido profundizar

sobre los aspectos espaciales y ecológicos de la vegetación en un sistema de dunas que, a pesar de contar con una reducida superficie, tiene una notable diversidad.

Se partió de la división del área de estudio en unidades homogéneas de vegetación, delimitadas sobre ortofoto digital y corroboradas mediante trabajo de campo. Al tratarse de unidades excluyentes entre sí, se pudo reconocer la totalidad del sistema de dunas de Maspalomas, detectar sus comunidades vegetales y determinar sus variaciones espaciales. Este tipo de acercamiento a la vegetación difiere en cierta forma del método fitosociológico, donde la estrategia de muestreo se basa en la selección subjetiva de las zonas a inventariar en función de los tipos de vegetación previamente intuidos (Blanco *et al.*, 2005: 30).

Para la caracterización de la vegetación se ha utilizado como criterio, en un primer nivel de aproximación, la especie o especies dominantes (comunidad vegetal), lo cual coincide con el concepto de consociación (González, 2004: 37) y, en un segundo nivel, se ha empleado la combinación de especies acompañantes a las dominantes y las variaciones de la estructura, atendiendo a los biotipos (subcomunidades). En definitiva, se ha considerado que la comunidad constituye un indicador de las características ambientales generales del sistema de dunas, mientras que las variaciones florísticas de la misma (subcomunidades) matizan los aspectos ecológicos. Por ejemplo, la comunidad de *Launaea arborescens* está vinculada a zonas con escasos recursos hídricos que no presentan un volumen de sedimentos arenosos muy elevado, tanto en zonas activas como en las estabilizadas. Sin embargo, las variaciones de su cortejo florístico si matizan diferencias según la actividad de los procesos sedimentarios eólicos activos, del volumen de arena y del grado de antropización. Este aspecto procedimental también difiere del método fitosociológico, pues en él la unidad de clasificación básica es la asociación vegetal, que tiene una composición florística determinada *a priori*, y se considera estadísticamente homogénea y constante (Ferrerías y Fidalgo, 1991: 88). En nuestro caso se ha estimado que la subcomunidad es más representativa pues permite matizar, a partir de las variaciones florísticas que se producen en una comunidad, las condiciones ecológicas, las alteraciones ambientales experimentadas y los procesos de sucesión vegetal.

Es más, la definición de la comunidad a partir de la especie dominante permite combinar la obtención de los datos y la caracterización de la vegetación con la posibilidad, si fuera necesario, de insertar los resultados en los esquemas fitosociológicos existentes. También tiene el interés de que se pueden realizar comparaciones con otros periodos temporales en los que, al carecer de datos de campo, no es posible definir el cortejo florístico pero si la comunidad. De esta forma han podido estudiarse en Maspalomas los cambios de la vegetación entre los años sesenta del siglo pasado y la actualidad, y completar la simple aproximación fisionómica que permite la interpretación de fotogramas históricos.

Por su parte, el método utilizado se apoya también en la realización del inventario de las especies vegetales en función de estratos definidos, según los biotipos y la altura. De esta forma se puede caracterizar la estructura de la vegetación, lo que es

un excelente indicador de las condiciones ambientales y de las etapas sucesionales. A su vez aporta información sobre la dinámica de la vegetación, de forma que se puede establecer si ésta es progresiva, regresiva o estable. Como resultado de todo ello, tras la realización 404 inventarios, se han podido diferenciar 19 tipos diferentes de comunidades vegetales y 39 subcomunidades. Esto completa investigaciones precedentes, donde se habían diferenciado inicialmente 9 (Nadal y Guitián, 1982), luego 10 (Ministerio de Medio Ambiente, 2002) y posteriormente 16 comunidades (Hernández Calvento, 2006).

Los trabajos realizados anteriormente sobre la vegetación de Maspalomas (Esteve, 1968; Sunding, 1972; Nadal y Guitián, 1983; Ministerio de Medio Ambiente, 2002; Hernández Calvento, 2006) suponen aportaciones importantes que, tras esta investigación, se han completado mediante un acercamiento ecológico y evolutivo. Para comprender el papel de la vegetación, como indicador de las alteraciones ambientales inducidas por la actividad turística, era necesario conocer previamente las características de la vegetación, sus patrones espaciales y su respuesta a las condiciones ambientales, donde se incluye la influencia de las actividades humanas, cuestión que se ha resuelto tras el desarrollo de las consideraciones planteadas en este primer objetivo. Por todo lo expuesto anteriormente, se considera que la metodología utilizada ha resultado adecuada para caracterizar la vegetación de un sistema de dunas litoral.

7.1.1.2. Objetivo 2: Determinar los factores ambientales que controlan la distribución de la vegetación

Los resultados obtenidos en el capítulo V han permitido determinar los factores ambientales que controlan la distribución de la vegetación, aspecto que amplía el conocimiento sobre la ecología de las comunidades vegetales de Maspalomas. Los resultados más novedosos que aporta la investigación están relacionados con la contribución que tiene cada factor ecológico en la distribución de la vegetación, definiendo para ello una secuencia jerárquica y multiescalar.

De esta forma, se ha constatado que la presencia e intensidad de los procesos sedimentarios eólicos es un factor estructurante primario, ya que condiciona a los otros elementos. Por lo tanto se puede afirmar que, las diferentes comunidades vegetales, y sus diferentes facies, se distribuyen inicialmente en función de los procesos sedimentarios eólicos y, sobre todo, de su mayor o menor capacidad de adaptación a la movilidad de la arena y al enterramiento que ello implica.

Los factores ambientales secundarios, que son el tipo de geoforma, la existencia de zonas antropizadas, la distancia a la costa y la tasa de avance de las dunas, condicionan la distribución de la vegetación en cada una de las zonas homogéneas, previamente definidas, en función del factor primario. Entre los tres factores, el tipo de geoforma es el más determinante, pues la existencia de depresiones interdunares o de dunas resultan cruciales para que se desarrollen unas u otras comunidades vegetales. De esta forma, la distribución de la vegetación guarda una estrecha relación con el tipo de

geoforma que, a su vez, también está relacionada con la actividad sedimentaria eólica que presenta el sistema. Así, en las zonas donde se mantienen procesos sedimentarios eólicos activos, las comunidades vegetales tienden a distribuirse sobre geoformas erosivas, como es el caso de depresiones interdunares. Estas zonas proporcionan más oportunidades para la supervivencia y el desarrollo de la vegetación (mayor proximidad al nivel freático, sustratos aluviales de granulometrías distintas, menor enterramiento, etc.), en un contexto donde las condiciones ambientales son muy restrictivas, especialmente en lo referido a las escasas e irregulares precipitaciones. Por el contrario, en la zona estabilizada, la vegetación se distribuye tanto sobre antiguas dunas como en sus depresiones interdunares.

Por lo tanto, en las zonas con procesos sedimentarios eólicos activos, las depresiones interdunares constituyen ejes fundamentales en la distribución de la vegetación, mientras que, conforme se estabilizan los sedimentos eólicos, se produce un incremento en la ocupación de las dunas propiamente dichas.

Por su parte, la tasa de desplazamiento de las dunas condiciona la distribución de las comunidades vegetales que se desarrollan en la zona activa, hasta el punto de que, conforme se incrementan tales tasas, disminuye la superficie ocupada por la vegetación. A partir de una tasa de 1 m/año, la disminución es muy significativa, alcanzándose el umbral crítico a partir de los 12-13 m/año.

Las alteraciones antropogénicas son otro factor secundario importante, ya que favorecen la existencia de comunidades ruderales y nitrófilas, en detrimento de las vinculadas ecológicamente a las dunas.

Finalmente, la distancia a la costa es un factor en general poco significativo, salvo para la comunidad de *Traganum moquinii*, pues ésta nunca aparece a una distancia de la línea de costa superior a los 400 m.

Por su parte, los factores estructurantes terciarios completan el esquema, matizando aún más la distribución de la vegetación en cada zona. Estos factores son la litología y el volumen de arena, la profundidad y salinidad de la capa de agua subterránea y las características químicas del sustrato. Las depresiones interdunares constituyen zonas donde aflora el basamento (principalmente materiales aluviales de carácter conglomerático con matriz arenosa-limosa), o donde el sustrato está constituido por arena húmeda, debido a que el nivel freático se encuentra más cercano a la superficie. En el primer caso se trata de depresiones interdunares secas, mientras que en el segundo son depresiones interdunares húmedas. Este hecho condicionará el desarrollo de comunidades con menores o mayores necesidades hídricas en cada caso, respectivamente. Además, las comunidades que se localizan en las depresiones interdunares húmedas van a ser diferentes dependiendo de la profundidad y, sobre todo, de la salinidad de las aguas subterráneas. En las depresiones con aguas subterráneas más saladas prospera la comunidad de *Zygophyllum fontanesii*, mientras que en las menos salinas lo hace la de *Juncus acutus*. Entre estos dos extremos se desarrollan las otras comunidades que se localizan en las depresiones húmedas.

En la zona estabilizada, el volumen de arena existente condiciona la presencia de unas comunidades u otras, que serán más psamófilas cuanto mayor potencia de arena exista. Así, la comunidad de *Cyperus capitatus-Ononis serrata* se ubica en las áreas con mayor potencia de arena, apareciendo la comunidad de *Launaea arborescens* a medida que el volumen de los sedimentos arenosos disminuye.

Finalmente, las características químicas del sustrato pueden condicionar la existencia de ciertas comunidades vegetales, aunque es un factor menos relevante que los anteriores, debido a la amplia valencia ecológica de las comunidades existentes en el ámbito de estudio. Así, las comunidades de *Cyperus laevigatus*, de *Juncus acutus* y de *Suaeda mollis* se localizan en zonas donde la salinidad, y los contenidos de sodio y de potasio son significativamente altos. El caso de *Suaeda mollis* concuerda con otros estudios realizados (Mora *et al.*, 2009), donde se considera como una especie halófila. Por su parte, la comunidad de *Traganum moquinii* se distribuye sobre la duna costera de la zona activa, donde la salinidad edáfica es relativamente baja y las características del sustrato presentan reducidas concentraciones de los componentes químicos analizados. La comunidad de *Cyperus capitatus-Ononis serrata*, que se localiza en la zona en proceso de estabilización o en la estabilizada, se asienta sobre dunas con escasa salinidad y con bajas concentraciones de todos los elementos químicos estudiados. Por lo que respecta a la comunidad de *Launaea arborescens*, ésta se localiza en áreas donde el contenido en sodio y potasio en el sustrato es nulo y la salinidad es extremadamente baja, mientras que se registran valores algo más significativos en el contenido de materia orgánica, nitrógeno y potasio. Sin embargo, ésta es una especie tolerante a la salinidad (Mora *et al.*, 2009: 669). En Maspalomas se desarrolla en unos umbrales de salinidad comprendidos entre 0,06 y 11,09 dS m⁻¹, pero es más significativa su distribución en las zonas con los valores más bajos, como indica el análisis de componentes principales aplicado. Finalmente, la comunidad de *Tamarix canariensis* es la más ubiquista, ya que se presenta en todas las situaciones descritas anteriormente.

7.1.1.3. Objetivo 3: Conocer la dinámica actual de las comunidades vegetales

En cuanto a la dinámica de la vegetación, en el capítulo VI se exponen los resultados derivados del seguimiento de varias comunidades vegetales, y de plántulas de varias especies, realizado a partir del trabajo de campo y analizado mediante SIG. Se han obtenido datos novedosos sobre la dinámica de las comunidades vegetales estudiadas, tanto desde el punto de vista de la sucesión ecológica, como desde la relación que presentan con los factores físicos, especialmente con la tasa de desplazamiento de las dunas. De esta forma, por primera vez en Canarias, se ha realizado el seguimiento de la comunidad de *Zygophyllum fontanesii* y de *Juncus acutus*, mediante el estudio de la evolución de la cobertura vegetal y el análisis demográfico de las poblaciones muestreadas. Los resultados indican la gran dependencia de estas comunidades con el régimen pluviométrico, que condiciona en gran medida su dinámica.

También se ha realizado el seguimiento de plántulas de *Tamarix canariensis* y de *Traganum moquinii*, y se ha estudiado mediante SIG la evolución de las comunidades que forman, así como las de *Cyperus laevigatus* y de *Launaea arborescens*. De estas especies y comunidades, hasta el momento, se disponía de poca información sobre su ecología y dinámica. Los resultados han demostrado la estrecha vinculación existente entre la tasa de desplazamiento de las dunas y la dinámica de las comunidades vegetales de la zona activa, ya que su mayor o menor tolerancia a la movilidad de los sedimentos determina el grado de supervivencia de las mismas. La comunidad que mejor se adapta a unas condiciones de alta movilidad de sedimentos es la de *Cyperus laevigatus*, seguida de la de *Launaea arborescens* y, en tercer lugar, de la de *Tamarix canariensis*.

El equilibrio dinámico que tienen las comunidades de la zona activa, con las tasas de desplazamiento de las dunas, produce una gran vulnerabilidad frente a cambios en las mismas. Así, por ejemplo, la comunidad de *Traganum moquinii* que se localizaba en la playa de Maspalomas ha desaparecido actualmente, debido al incremento de las tasas de desplazamiento de las dunas, que se ha producido como consecuencia de la alteración del flujo eólico inducido por la urbanización de la terraza alta del Inglés. También es importante el volumen de arena que entierra a la planta afectada, ya que cuando las dunas superan la altura de la planta, las posibilidades de supervivencia de ésta son escasas, mientras que cuando el enterramiento es parcial, las perspectivas de sobrevivir se incrementan. Asimismo, se ha comprobado el bajo porcentaje de supervivencia que tienen las plántulas de *Traganum moquinii* y de *Tamarix canariensis*, en gran medida debido a la dinámica dunar. Un aspecto relevante de los resultados obtenidos es la demostración de la respuesta positiva al enterramiento que presentan tanto *Traganum moquinii* como *Tamarix canariensis*. Se da la circunstancia de que la primera especie citada resiste incluso el enterramiento absoluto por un periodo de tiempo que no se ha podido precisar. Por otro lado, se ha constatado la existencia de dos estrategias de supervivencia de la vegetación frente al avance de las dunas, si bien este aspecto se discutirá más adelante, en otro apartado.

La información obtenida a partir de la caracterización de la vegetación y del estudio de los factores que controlan su distribución, así como el análisis de su dinámica, han permitido la elaboración de un modelo de sucesión vegetal en función de las variaciones ecoantrópicas, considerando también los tres zonas definidas en función de la actividad sedimentaria eólica.

Este modelo aporta nuevos conocimientos sobre los procesos de sucesión vegetal en sistemas de dunas transgresivos de Canarias, al tiempo que permite discutir ciertos aspectos de la dinámica sucesional de las comunidades vegetales. Por ejemplo, desde la fitosociología se relaciona la comunidad de *Traganum moquinii* y la comunidad de *Cyperus capitatus-Ononis serrata* como una serie de vegetación (Esteve, 1968; Del Arco y Rodríguez, 2006), según la cual el proceso de sucesión vegetal culmina en el caso de Maspalomas en un bosque de *Tamarix canariensis* con palmeras canarias (*Phoenix canariensis*) y juncos (*Juncus acutus*) (Ministerio de Medio

Ambiente, 2002). Esto no concuerda con los resultados obtenidos en esta tesis, aspecto en el que coincidimos con Sunding (1972), ya que cada una de estas comunidades vegetales son pioneras en la colonización de ambientes ecológicos claramente diferenciados, por lo que no constituyen etapas sucesionales directas. La comunidad de *Traganum moquinii* caracteriza las etapas de colonización primaria, pero también predomina en las situaciones sucesionales más avanzadas de la duna costera. También se localiza en depresiones intrerdunares húmedas de las dunas transgresivas. Por su parte, la comunidad de *Cyperus capitatus-Ononis serrata* es una neocolonizadora de las dunas en proceso de estabilización de las zonas interiores, bastante alejadas de la línea de costa. Este hecho puede reflejar dos realidades: por un lado, que en los campos de dunas transgresivos, con un gran volumen de sedimentos en tránsito, como es el caso de Maspalomas, estas comunidades no constituyen series de vegetación; por otro lado, no se descarta que en otro tipo de ambientes dunares existentes en Canarias sí podría corresponderse como una serie de vegetación. Finalmente, el bosque de *Tamarix canariensis* constituye una comunidad que se desarrolla a partir de las depresiones interdunares húmedas, existentes en las dunas transgresivas altas, por lo que no está relacionada con las anteriores.

También se ha podido comprobar como la evolución de algunas comunidades vegetales discurre paralela al proceso de progresiva estabilización de la arena. Así, la complejidad estructural y la diversidad florística aumentan desde las zonas con procesos sedimentarios eólicos activos hasta las estabilizadas. En ciertas áreas esta tendencia se rompe debido a situaciones particulares, que introducen variaciones en las condiciones generales, como ocurre en zonas de movilidad de la arena residual en entornos predominantemente estabilizados, presencia de depresiones interdunares, etc.

También se ha analizado el significativo papel que desempeña la comunidad de *Traganum moquinii* en la dinámica de la duna costera, aspecto que se retomará más adelante.

7.1.1.4. Objetivo 4: Caracterizar la vegetación existente antes del desarrollo turístico

La caracterización de las comunidades vegetales existentes en 1961 se muestra en el capítulo VI. Se han identificado un total de 9 comunidades vegetales diferentes (de *Plocama pendula*, de *Tamarix canariensis*, de *Euphorbia balsamifera*, de *Launaea arborescens*, de *Cyperus capitatus-Ononis serrata*, de *Traganum moquinii*, de *Suaeda mollis*, de *Juncus acutus* y de *Cyperus laevigatus*), las cuales ocupan una superficie de 91,8 ha, lo que equivale al 19,5% del sistema de dunas histórico. Las comunidades más importantes, considerando la superficie que ocupaban, son las arbustivas y arbóreas, especialmente las de *Plocama pendula*, de *Tamarix canariensis*, de *Euphorbia balsamifera* y de *Launaea arborescens*.

Algunas de estas comunidades fueron caracterizadas por Esteve (1968) y por Sunding (1972), lo cual ha proporcionado una valiosa información sobre su composición florística. A los datos suministrados por estos botánicos hay que sumar la

valiosa información proporcionada por las imágenes del Archivo de Fotografía Histórica de Canarias (FEDAC, Cabildo de Gran Canaria). Gracias a los inventarios de los primeros se puede comprobar que algunas comunidades vegetales, como es el caso de la de *Cyperus laevigatus* y la de *Traganum moquinii*, no han variado sus características florísticas. Incluso en la segunda comunidad, la diferente composición florística de los inventarios de Esteve (1968) y de Sunding (1972) refleja que ya en los años sesenta, al igual que en la actualidad, ciertas áreas de Maspalomas presentaban signos de ruderalización, que se manifestaban por la presencia de especies nitrófilas, mientras que en otras zonas estas especies no estaban presentes. En el caso de otras comunidades, como la de *Cyperus capitatus-Ononis serrata*, se deduce que en los años sesenta del pasado siglo estaba en sus etapas iniciales de colonización, debido a la similitud que presentan los índices de abundancia/dominancia de los inventarios realizados en esta época con áreas de incipiente colonización vegetal existentes en la actualidad, caracterizadas por una escasa cobertura y diversidad florística.

A pesar de que los resultados obtenidos pueden considerarse satisfactorios, existen algunas limitaciones en la reconstrucción histórica realizada. Así, debido a la imposibilidad lógica de realizar trabajo de campo en épocas precedentes, cabe la posibilidad de que existieran otras comunidades que no han podido ser identificadas mediante fotointerpretación o referencias bibliográficas. Además, en algunos casos se ha dudado al identificar ciertas manchas de vegetación, y se ha tenido que asignar a una determinada comunidad, basándonos en lo existente en la actualidad y en documentos aéreos de otros años, por lo que se han podido cometer errores.

7.1.1.5. Objetivo 5: Analizar la evolución experimentada por la vegetación desde los años sesenta del siglo pasado 60 hasta la actualidad, tanto desde el punto de vista de su localización espacial como de su extensión superficial

El estudio diacrónico del periodo temporal comprendido ente 1961 y 2003 ha permitido analizar la evolución reciente de la vegetación y su relación con el desarrollo turístico. El cruce de las capas correspondientes a las comunidades vegetales de cada año, mediante el SIG, y considerando los cambios en la superficie ocupada, ha dado como resultado la definición de cinco procesos: estable (sin cambios significativos), colonización vegetal, alteraciones ambientales, cambio de comunidad, y eliminación de la vegetación.

Por lo que respecta a la distribución de la vegetación, casi la mitad del sistema de dunas se ha mantenido estable. Es decir que, mediante los procedimientos utilizados y a la escala considerada, no se detectan cambios significativos. Una parte notable, el 25,6%, ha experimentado alteraciones ambientales debido a la ocupación del suelo por infraestructuras y servicios vinculados a la actividad turística. Le sigue en importancia el proceso de colonización vegetal, que afecta al 20,6% de la superficie del campo de dunas, los cambios de una comunidad vegetal a otra (2,7%) y,

finalmente, las áreas donde la vegetación ha desaparecido por diferentes causas (1,4%).

Los cambios más significativos están relacionados, en primer lugar, con la reducción del sistema de dunas, que pasa de 471,4 ha a 360,9 ha. Esto se debe a la ocupación física por infraestructuras y edificaciones vinculadas al desarrollo turístico, como el campo de golf, el centro comercial Anexo II, la canalización del barranco de Maspalomas, las carreteras y las urbanizaciones turísticas. Entre las consecuencias más significativas de esta ocupación física destaca la desaparición total de la comunidad de *Euphorbia balsamifera*, así como la reducción drástica de la comunidad de *Plocama pendula*, y la que experimenta la comunidad de *Traganum moquinii*, cuya superficie es en 2003 un 26,7% menos que la ocupada en 1961.

La colonización vegetal, considerando como tal las áreas carentes de vegetación en los años sesenta y ocupadas en 2003, está protagonizada fundamentalmente por las comunidades de *Cyperus capitatus-Ononis serrata*, de *Tamarix canariensis* y de *Launaea arborescens*. Además, existen otras comunidades que también han colonizado sectores del resto del campo de dunas, bien por la expansión de las ya existentes, bien por la aparición de otras nuevas. Destacan por su extensión superficial las de *Suaeda mollis*, de *Traganum moquinii*, de *Juncus acutus*, de *Mesembryanthemum crystallinum*, de *Cyperus laevigatus*, la comunidad exótica y de *Zygophyllum fontanesii*.

Por lo que respecta a los cambios de una comunidad vegetal a otra son el resultado de la sucesión ecológica y de las transformaciones experimentadas por el sistema de dunas. Las únicas comunidades vegetales que han experimentado algún cambio significativo a otro tipo son las de *Cyperus capitatus-Ononis serrata*, de *Launaea arborescens* y de *Tamarix canariensis*.

La eliminación de vegetación, aunque no se produce en áreas extensas, tiene significación desde el punto de vista cualitativo. Las comunidades más afectadas, en orden de importancia superficial, son las de *Traganum moquinii*, de *Tamarix canariensis*, de *Launaea arborescens*, de *Suaeda mollis*, de *Cyperus capitatus-Ononis serrata*, de *Juncus acutus* y de *Cyperus laevigatus*. La eliminación de vegetación está relacionada, en unos casos, con la dinámica dunar, en otros, con alteraciones antropogénicas que no han supuesto ocupación física del territorio (como por ejemplo ocurre en el norte de playa del Inglés, donde han desaparecidos unidades de la comunidad de *Traganum moquinii* sin vinculación con la construcción de infraestructuras turísticas, pero es deducible que se deba a los efectos del desarrollo turístico, como podría ser la eliminación de las plantas para disponer de mayor superficie de playa para los turistas) y, en ocasiones, por la combinación simultánea de las dos causas citadas.

Finalmente, hay que destacar que el procedimiento utilizado ha sido válido para analizar la evolución experimentada por la vegetación desde los años sesenta hasta la actualidad, tanto desde el punto de su distribución espacial como de su extensión superficial.

7.1.1.6. Objetivo 6: Valorar el uso de las tecnologías de la información geográfica (TIGs) en el estudio de la vegetación

La utilización de las tecnologías de la información geográfica (TIGs) y, en particular, la aplicación de los sistemas de información geográfica (SIG) al estudio de la vegetación, han permitido constatar el interés de esta herramienta a la hora de afrontar el análisis de la relación entre las comunidades vegetales y los factores ambientales, el estudio de la dinámica actual de la vegetación, así como el de su evolución entre los años sesenta del pasado siglo y la actualidad.

Aunque son numerosos los trabajos sobre las aplicaciones de los SIG al estudio de la vegetación en diversos tipos de ecosistemas (Palmer y Van Staden, 1992; Franklin, 1995; Guisan *et al.*, 1998; Bermejo, 2002; Fernández *et al.*, 2004), son mucho más escasos los realizados en los sistemas de dunas litorales (Shanmugam y Barnsley, 2002), donde prevalecen los análisis estadísticos como las técnicas de clasificación y ordenación. En el caso concreto del análisis de los factores ambientales, quizás esto puede estar relacionado con las características particulares de las dunas, donde los factores que normalmente intervienen en la distribución de las comunidades vegetales no son aplicables.

En general, la vegetación está controlada por una jerarquía de factores ambientales, siendo las variables climáticas las que tienen un peso mayor si se considera a una escala poco detallada, le siguen las variables geológicas (que afectan a la química del suelo y a la disponibilidad de nutrientes) y la topografía, que condiciona el régimen macroclimático (Franklin, 1995: 485). En una escala de mayor detalle, los factores que controlan la distribución de las comunidades vegetales son principalmente la altitud, la pendiente, los tipos de suelo, la orientación y las precipitaciones (Palmer y Van Staden, 1992; Franklin, 1995; Guisan *et al.*, 1998; Bermejo, 2002; Fernández *et al.*, 2004). Estas variables se pueden obtener o calcular de manera relativamente sencilla a partir de diferentes fuentes, como los mapas topográficos, modelos digitales de elevaciones, etc. Sin embargo, en los campos de dunas litorales estos factores en ocasiones no intervienen de forma tan decisiva en la distribución espacial de la vegetación, participando otras condiciones ambientales, como la movilidad de la arena, la salinidad ambiental (spray marino), la existencia de una topografía que no siempre se puede representar de forma adecuada en los mapas y otros factores ambientales, tales como la profundidad de la capa freática, las características físicas y químicas de la arena, etc. (Oosting y Billings, 1942; Martin, 1959; Moreno-Casasola, 1986; Wilson y Sykes, 1999; Maun, 2004). Muchos de los aspectos señalados son a veces difíciles de obtener, debido a la escasez de fuentes de información directas o indirectas, o a que su propia naturaleza dificulta su representación.

El uso del SIG en el análisis de los factores ambientales, que organizan la distribución de la vegetación, se ha basado en la superficie ocupada por cada comunidad vegetal, ya que se parte de que cada una de estas comunidades son indicadores de las condiciones ambientales existentes. Ello difiere de lo que normalmente se realiza en

otros estudios (por ejemplo Willis *et al.*, 1959a), donde se utiliza la cobertura de las diferentes especies obtenidas a través de transectos. De esta forma, se ha considerado que la proporción de superficie de cada tipo de comunidad en relación con cada factor ambiental indica su grado de tolerancia hacia el mismo y, por lo tanto, los requisitos ecológicos de las mismas. Los SIG, frente a otras herramientas como los transectos, proporcionan información de la totalidad del área de estudio, y no sólo de los segmentos lineales considerados en cada transecto.

En cuanto a la dinámica actual, la utilización del SIG, junto con otras herramientas, permite estudiar las relaciones entre el desplazamiento de las dunas y la vegetación de manera eficaz, abarcando un mayor número de casos, en menos tiempo, que si el estudio se realizara mediante técnicas de campo.

Finalmente, el análisis de la evolución de la vegetación entre los años sesenta y la actualidad se facilita con el SIG, debido a la integración de documentos aéreos de fechas diferentes y de la información geográfica obtenida de las mismas. De esta forma, y utilizando técnicas de superposición, la realización de cartografía de la vegetación en diferentes intervalos temporales ha permitido el análisis de la evolución de la vegetación, tanto desde el punto de vista de su distribución espacial como de su extensión superficial. Asimismo, la superposición en el SIG de los documentos aéreos de diferentes fechas permite analizar, con mayor exactitud, las consecuencias directas e indirectas que el desarrollo turístico ha tenido en la evolución de la vegetación.

En síntesis se puede considerar que los objetivos inicialmente planteados han podido cumplirse, tanto los específicos como el objetivo general de la investigación, que ha pretendido analizar y explicar los cambios que han experimentado las comunidades vegetales de la Reserva Natural Especial de las Dunas de Maspalomas entre 1961 y 2003.

7.1.2. Demostración de las hipótesis

Las hipótesis planteadas fueron las siguientes:

Hipótesis general: las variaciones espaciales y temporales experimentadas por las comunidades vegetales pueden ser indicadoras de los cambios ambientales inducidos por la actividad turística en el sistema de dunas de Maspalomas.

Siendo así, esta hipótesis implicaría varias hipótesis específicas:

1) Las actividades relacionadas con el turismo podrían haber producido la reducción de algunas comunidades vegetales, especialmente las vinculadas a las zonas con una mayor intensidad de uso, como es el caso de la playa alta y la duna costera, donde se desarrollan poblaciones de *Traganum moquinii*.

2) Los cambios ecológicos del sistema de dunas, vinculados a la actividad turística, habrían favorecido en unos casos la expansión de numerosas comunidades vegetales y,

en otros, la aparición de otras nuevas, especialmente de aquellas que están vinculadas a los procesos de estabilización, deflación y antropización.

3) Las TIGs pueden contribuir de manera significativa al estudio de la vegetación, constituyendo una herramienta complementaria a los métodos clásicos basados en el trabajo de campo y los análisis estadísticos, permitiendo una visión conjunta de la totalidad del área de estudio, así como la realización de análisis espaciales complejos.

7.1.2.1. Hipótesis 1

Con respecto a la primera hipótesis, se ha comprobado que la reducción de la superficie ocupada por la comunidad de *Traganum moquinii*, así como la disminución del número de ejemplares de esta especie vegetal, están directamente relacionadas con el desarrollo turístico. Hay que aclarar que el análisis de la evolución de este tipo de vegetación se realizó tanto por comunidad, como por identificación de cada individuo, para garantizar que el estudio tuviese un nivel de detalle adecuado.

Con respecto a la evolución de la superficie ocupada entre 1961 y 2003, ésta se ha reducido en 1,2 ha por alteraciones antropogénicas directas (ocupación física de las dunas por infraestructuras y servicios), y en 2,5 ha por las indirectas (incremento de la tasa de desplazamiento de las dunas, por ejemplo), y por la eliminación de vegetación debida a diversas causas. Por su parte, la colonización de nuevas áreas ha aumentado en 2,6 ha. De ello se deduce que el balance resultante es una reducción de la superficie en 1,1 ha, ya que la expansión de esta comunidad no ha logrado compensar la superficie perdida, en su mayor parte por el desarrollo turístico. Esta superficie perdida es en gran medida irrecuperable, debido a la ocupación urbanística.

Por lo que se refiere a la evolución de las poblaciones de *Traganum moquinii*, éstas se han reducido en la playa del Inglés entre 1961 y 2003 en un 56,2%, siendo esta reducción más acusada en la zona sur de la playa del Inglés (81,4%). En la zona norte de esta playa la disminución de sus poblaciones se calcula en un 52,9%, mientras que en la zona central éstas se han incrementado en un 4,5%. La investigación realizada demuestra que las diferentes infraestructuras y servicios asociados a la actividad turística son los responsables, tanto de forma directa como indirecta, del 73,6% de esta disminución en las poblaciones de *Traganum moquinii* para el periodo 1961-1987, que es cuando se produce su mayor descenso. En el caso de la playa de Maspalomas, donde *Traganum moquinii* se localiza exclusivamente en las depresiones intradunares húmedas existentes entre los cordones de dunas, la desaparición total de esta especie vegetal se relaciona con el incremento de las tasas de desplazamiento de las dunas. Este proceso se origina como consecuencia de la alteración de la dinámica eólica producida por la urbanización de la terraza alta del Inglés. Este incremento de las tasas de desplazamiento de las dunas también es responsable de la desaparición de las poblaciones de *Traganum moquinii* existentes en las depresiones interdunares de la zona de playa del Inglés, lo que supone una acción indirecta de una alteración antropogénica.

7.1.2.2. Hipótesis 2

La segunda hipótesis también ha sido demostrada. Así, en el capítulo VI se ha documentado el incremento extraordinario de la superficie ocupada por una gran parte de las comunidades vegetales, con excepción de las de *Traganum moquinii*, de *Plocama pendula* y de *Euphorbia balsamifera*. Además, se ha producido la aparición de otras comunidades vegetales, principalmente ruderales y nitrófilas, por las alteraciones ambientales derivadas del desarrollo turístico.

La comunidad que presenta un mayor incremento es la de *Cyperus capitatus-Ononis serrata*, debido a la estabilización de las dunas existentes a sotavento de la terraza alta del Inglés como consecuencia de su urbanización. Por su parte, la comunidad de *Suaeda mollis* se ha incrementado por dos motivos que la han favorecido: por un lado, por la alteración del borde oriental del barranco de Maspalomas, donde las dunas han sido sustituidas por depósitos antrópicos derivados de la construcción de infraestructuras turísticas; por otro lado, por el aumento de las superficies de deflación de la zona central del campo de dunas, debido al déficit sedimentario que experimenta el sistema.

La comunidad de *Cyperus laevigatus* también ha incrementado la superficie ocupada de forma muy significativa. Sin embargo, en este caso, el proceso no parece estar relacionado con el desarrollo turístico, ya que teóricamente el incremento de las tasas de desplazamiento de las dunas no concuerda con este incremento de su superficie. Antes del desarrollo turístico, esta especie vegetal tuvo un aprovechamiento ganadero (León, 2009), de forma que el abandono de las actividades tradicionales ha podido favorecer su expansión actual. Otro aspecto que también ha podido influir en ello es su capacidad para soportar tasas de desplazamiento superiores a la mayoría de las comunidades que se desarrollan en la zona activa.

Por lo que respecta al incremento de la superficie ocupada por la comunidad de *Juncus acutus*, éste se debe al aumento de las depresiones interdunares debido a procesos de deflación, todo ello consecuencia del déficit sedimentario. Por su parte, la comunidad de *Launaea arborescens* se expande fundamentalmente por la estabilización del interior del campo de dunas actual, que es una consecuencia de la reducción de los aportes de arena, así como por la ocupación de zonas alteradas por la actividad turística en los bordes del mismo. Finalmente, la comunidad de *Tamarix canariensis* también incrementa la superficie ocupada como consecuencia de la estabilización del sistema de dunas, y de la aparición de depresiones interdunares en algunas áreas.

En cuanto a la aparición de comunidades ruderales y nitrófilas, no existentes antes del desarrollo turístico, se puede considerar que son un claro indicador de las alteraciones ambientales experimentadas por el campo de dunas de Maspalomas debido a la actividad turística. De esta forma, han aparecido en las zonas alteradas, localizadas fundamentalmente en los bordes del sistema de dunas, comunidades como las de *Mesembryanthemum crystallinum*, de *Aizoon canariense* y de *Volutaria canariensis*. También ha aparecido una nueva comunidad que en este caso, aunque no está vinculada

a zonas alteradas, si es el resultado indirecto del desarrollo turístico. Se trata de la comunidad de *Zygophyllum fontanesii*, que se desarrolla en las superficies de deflación húmedas formadas por procesos de deflación vinculados al déficit sedimentario.

Por otro lado, hay que resaltar también la incidencia que están teniendo, y que pueden tener en el futuro, las especies exóticas invasoras introducidas en el sistema de dunas de Maspalomas. Entre las más problemáticas destacan *Neurada procumbens*, *Nicotiana glauca*, *Pennisetum setaceum* y *Washingtonia ssp.* Algunas de las ya asentadas, como es el caso de *Neurada procumbens*, están alterando la composición florística de las comunidades vegetales preexistentes. Asimismo, en el caso particular de esta especie, se observan áreas de las dunas estabilizadas donde se ha convertido en la especie dominante, desplazando a psamófilas autóctonas como *Ononis serrata* y *Cyperus capitatus*. Hay que tener en cuenta que *Neurada procumbens* tiene un sistema de dispersión zoócoro, y que en Maspalomas el papel de agente dispersante lo ejercen los visitantes de las dunas, al transitar por ellas sin ningún tipo de control. Por lo tanto, si no se pone remedio mediante la obligatoriedad de cumplir las normas de conservación de esta Reserva, esta especie se seguirá dispersando, y puede colonizar zonas muy amplias del campo de dunas, alterando de forma irremediable las características de todas las comunidades vegetales autóctonas del mismo. Otra especie ya asentada es *Nicotiana glauca*, que también tiene carácter invasor en otros sistemas de dunas de Canarias, como el de Corralejo, en la isla de Fuerteventura (Fernández *et al.*, 1982). Esta especie coloniza tanto las áreas degradadas de los bordes de las dunas de Maspalomas, como las zonas interiores, ya sean estabilizadas o móviles. Por lo que respecta a *Pennisetum setaceum*, se han observado algunos individuos en el interior de las dunas. Esta especie es ya muy problemática en varias de las islas Canarias, y especialmente en Gran Canaria (Suárez, 1998; García-Gallo *et al.*, 1999), por la gran expansión que presenta en la actualidad y su capacidad para colonizar, tanto áreas degradadas como entornos naturales bien conservados. Ya en los alrededores del sistema de dunas aparecen poblaciones importantes, como sucede en el barranco de Maspalomas, por lo que la llegada de diásporas será continua, generando un alto riesgo de invasión de las dunas. Finalmente, en el caso de *Washingtonia ssp.* se han observado algunas plántulas en las superficies de deflación localizadas detrás de la duna costera de playa del Inglés, lo que indica su capacidad para iniciar una colonización. Estas plántulas no han prosperado debido al enterramiento producido por el movimiento de las dunas, pero si sus semillas (de dispersión anemócora) que, al llegar a zonas más aptas, como a depresiones interdunares de la zona estabilizada, es probable que se conviertan en una nueva especie potencialmente invasora en Maspalomas.

Por ahora, la colonización de muchas especies exóticas está limitada por la dinámica dunar. Sin embargo, la progresiva reducción de los aportes de arena está incrementado la estabilización del sistema de dunas lo que, a su vez, permitirá una mayor colonización de especies introducidas. Hay que considerar que las perturbaciones creadas por las actividades humanas en los sistemas dunares incrementan la invasión de

las especies exóticas (Kim, 2004). Por este motivo, las zonas estabilizadas presentan un mayor número de especies ruderales e introducidas (Castillo y Moreno-Casasola, 1996).

La llegada de especies exóticas invasoras a Masplomas será un proceso continuo mientras no se replantee la política de ajardinamientos, tanto en las urbanizaciones y espacios públicos que rodean el campo de dunas, como en las instalaciones hoteleras. Si esta política no se cambia a favor de la utilización de especies autóctonas de la zona, la colonización de especies exóticas invasoras seguirá aumentando de forma paralela a la progresiva estabilización de las dunas. Esto incrementará el riesgo de alteración de la vegetación del sistema de dunas de Maspalomas y, por consiguiente, de las características y funcionamiento ecológico del mismo, que constituyen uno de los valores fundamentales en su declaración como Reserva Natural Especial. La invasión de especies alóctonas, además de desplazar a las especies autóctonas, pueden producir alteraciones geomorfológicas significativas en los sistemas de dunas (Hilton *et al.*, 2005; Hilton *et al.*, 2006; Wiedemann y Pickart, 1996; Wiedemann y Pickart, 2004), lo que incrementa la trascendencia de esta problemática.

7.1.2.3. Hipótesis 3

En el desarrollo de esta investigación se ha podido comprobar la gran significación que ha tenido el uso de los SIG, combinado con otras fuentes digitales de información territorial, integradas en el propio SIG, como las ortofotos, las imágenes de satélite o los modelos digitales del terreno. Esta herramienta se ha utilizado en todas las fases de esta tesis, ya sea para la caracterización de la vegetación, el análisis de los factores ambientales, o el estudio de la dinámica actual y la evolución de la vegetación entre 1961 y 2003. Se puede afirmar que sin su uso los resultados de esta tesis no serían lo mismos. En definitiva, la utilización de los SIG en el estudio de la vegetación ha desvelado la existencia de una serie de ventajas que se indican a continuación:

1) La posibilidad de integrar la totalidad de la información espacial georreferenciada, con sus bases de datos alfanuméricas asociadas en un mismo entorno informático. Tanto las fuentes básicas (ortofotos digitales, fotografías aéreas, imágenes de satélites, mapas topográficos, etc.), como los datos generados a partir de las mismas, convierten a los SIGs en una herramienta integradora, donde toda la información disponible se encuentra centralizada en un único programa informático. De este forma, la simple superposición de los datos georreferenciados permite una rápida y precisa comparación de los mismos mediante análisis espaciales básicos, consultas espaciales y asociadas a las bases de datos, llevar a cabo estudios estadísticos, etc.

2) La representación espacial de diferentes variables ambientales en la totalidad del área de estudio, obtenida tanto por delimitación manual, atendiendo a una serie de criterios (estado de movilidad de la arena, geoformas, etc.), como por métodos específicos de los SIGs, como *buffer* e interpolación espacial (distancia al mar, tasa de

desplazamiento de las dunas, etc.). Con todo ello se ha podido generar información geográfica que, hasta el momento, no existía. Esto supone la disposición de una información espacial con una base de datos alfanumérica asociada de gran interés para la investigación, y para la gestión del campo de dunas de Maspalomas que, además, está diseñada para admitir su actualización constante y la incorporación de nuevos datos.

3) La realización de análisis espaciales complejos con el fin de generar nueva información espacial para estudiar las relaciones entre los diferentes factores ambientales cartografiados y la vegetación, y facilitar así un análisis integrado de las relaciones entre la vegetación y los factores ambientales, de forma que se pueda determinar los patrones de distribución de las comunidades vegetales. En esta línea, la comparación, mediante superposición de los diferentes factores ambientales y la vegetación, ha posibilitado cuantificar con exactitud la superficie de cada comunidad vegetal asociada a diferentes variables lo que, a su vez, ha permitido realizar una aproximación al conocimiento de los requerimientos ecológicos de las comunidades. Por lo que respecta a la evolución de la vegetación entre los años sesenta y la actualidad, se han podido cuantificar con precisión los cambios espaciales que se han producido y la influencia en ello del desarrollo turístico.

4) Los SIGs permiten generar salidas cartográficas cuasi automáticas de las variables integradas, así con su exportación a una amplia gama de formatos.

En definitiva, los sistemas de información geográfica han puesto la herramienta para una mejor comprensión de la vegetación y de las restantes variables que influyen en su distribución, dinámica y desarrollo, ya que han permitido combinar los análisis espaciales y estadísticos. Por otro lado, aunque determinadas variables no han podido ser cartografiadas en toda el área de estudio como sucede, por ejemplo, con la profundidad de la capa freática y las características químicas del sustrato. Sin embargo han podido ser integradas en el SIG facilitando, aunque sea de forma cualitativa, el estudio de su relación con la vegetación mediante la simple superposición de capas.

7.1.3. La vegetación de Maspalomas en el contexto de los campos de dunas transgresivos áridos de otros ámbitos geográficos.

Los resultados obtenidos en esta tesis suponen un avance en el conocimiento de la vegetación de los campos de dunas litorales y, en particular, de aquella que se localiza en sistemas transgresivos de regiones áridas.

Como ya se indicó en el capítulo I, la mayor parte de los trabajos sobre sistemas de dunas se han centrado en la duna costera, y se han realizado fundamentalmente en regiones templadas y tropicales húmedas, siendo escasos los que abordan los campos de dunas transgresivos (Ranwell, 1958; Willis *et al.*, 1959a; Moreno-Casasola, 1986; Avis y Lubke, 1996; Kerley *et al.*, 1996; Hesp y Martínez, 2008). A esto hay que añadir el

reducido número de estudios que analizan la vegetación en campos de dunas áridos (Migahid *et al.*, 1971; Ayyad, 1973; El-Ghoney, 1977; Abdel-Razik *et al.*, 1984; Yeaton, 1988; Bendali *et al.*, 1990; Shaltout *et al.*, 1995; Brown, 1997; El-Bana *et al.*, 2002; Toft y Elliott-Fisk, 2002; Migahid, 2003). Todavía son más escasos los que estudian la duna costera de los sistemas áridos, probablemente porque en estos ambientes la vegetación tiene un papel menos significativo.

El estudio de la vegetación de los sistemas de dunas abarca desde su caracterización hasta su dinámica, pasando por los factores que controlan su distribución, siendo este último un tema clásico en la literatura científica de esta temática.

Con respecto a las características de la vegetación, hay que indicar que la zonación de las comunidades vegetales de Maspalomas responde a las características específicas de un sistema de dunas transgresivo, donde la movilidad de las dunas se mantiene en zonas del interior, limitando y controlando la colonización vegetal. Este patrón se asemeja a otros campos de dunas transgresivos existentes en otras partes del mundo (Ranwell, 1960; Willis, 1959 b, Avis y Lubke, 1996; Lubke, 2004). Sin embargo, la zonación de la vegetación de Maspalomas posee una serie de peculiaridades que también lo diferencian de otros sistemas de dunas transgresivos.

En primer lugar, las distribución de comunidades herbáceas, arbustivas y arbóreas se distribuye a lo largo de todo el sistema de dunas, de tal forma que tanto se pueden encontrar comunidades arbustivas y arbóreas en la zona activa, como en la duna costera, o en las dunas transgresivas; o comunidades herbáceas en la zona estabilizada. Este hecho difiere de forma muy significativa tanto de los sistemas progradantes de las regiones templadas y tropicales húmedas, como de los sistemas de dunas transgresivos, donde se produce esta secuencia lineal entre la costa y el interior: la riqueza de especies y la complejidad de la estructura de la vegetación se incrementa progresivamente hacia el interior del sistema de dunas. De esta manera, existe una gradación de la vegetación desde la costa hacia el interior, de forma que se va produciendo la progresión desde especies herbáceas con rizomas o lianas rastreras, en la duna costera, a otras arbustivas y arbóreas en zonas más interiores y estabilizadas del sistema (Olson, 1958; Martin, 1959; Doing, 1981; Doing, 1985; Moreno-Casasola y Espejel, 1986; Espejel, 1987; Sykes y Wilson, 1991; Avis y Lubke, 1996; Lubke, 2004; Pegman y Rapson, 2005, entre otros).

Si bien es verdad que, en el sistema de dunas de Maspalomas, las comunidades vegetales aumentan en estratificación y diversidad florística conforme se estabilizan las dunas hacia el interior del sistema, desde el punto de vista espacial no existe una zonación lineal entre la costa y el interior, ya que se observan rupturas debido a la presencia de zonas móviles, la existencia de depresiones interdunares, etc., lo que da lugar a una serie de comunidades vegetales, de diferente fisionomía, distribuidas a modo de mosaico. Ello indica que, en las zonas áridas, las diferencias ecológicas entre las laderas y depresiones interdunares alteran el gradiente ecológico lineal entre la costa

y el interior (Müller-Hohenstein, 1992: 15), a lo que se suma el carácter transgresivo de las dunas.

Por otro lado, la duna costera de Maspalomas difiere de forma significativa de otras existentes en sistemas transgresivos, debido a que presenta a *Traganum moquinii* como una única especie vegetal que forma el primer conjunto de dunas. Se trata de una planta arbustiva, de un nanofanerófito halófilo que es, al mismo tiempo, la especie neocolonizadora y la característica de facies más evolucionadas de la duna costera. En esto difiere, por ejemplo, de los sistemas de dunas transgresivos presentes en Sudáfrica, donde las colonizadoras de la duna costera son especies herbáceas rastreras, como *Scaevola plumieriri* e *Ipomoea pes-caprae* (Avis y Lubke, 1996; Lubke, 2004). Esto también sucede en los sistemas progradantes, donde la duna costera es colonizada por especies herbáceas, principalmente hierbas rizomatosas y estoloníferas, como las de los géneros *Ammophila* y *Spinifex* en las zonas templadas (Chapman, 1964; Doing, 1985; Hesp, 1989; Hesp, 2002; Maun, 2004) y plantas rastreras, como las lianas de los géneros *Ipomoea* y *Canavalia*, en las zonas tropicales (Hesp, 2004). Sin embargo, en los sistemas progradantes se produce una secuencia evolutiva de la duna costera, de forma que las especies herbáceas son reemplazadas por otras arbustivas, cuando la progradación de la costa genera una nueva duna costera incipiente. En los sistemas transgresivos, donde no existe progradación de la costa, las comunidades herbáceas de la duna costera no evolucionan a otras arbustivas, debido a que se mantienen las perturbaciones (Avis y Lubke, 1996). Es probable que la permanencia de *Traganum moquinii*, en la duna costera de Maspalomas, se deba a la existencia de perturbaciones frecuentes, que mantienen el sistema en una situación de inmadurez continua, lo que dificulta la entrada de otras especies vegetales. Sin embargo, en caso de producirse una disminución de las perturbaciones, quizá *Traganum moquinii* se mantendría como la especie dominante aunque acompañada de otras especies. De esta forma, la única especie que se ha adaptado en Maspalomas a sus singulares condiciones es un arbusto de gran talla, que puede alcanzar una altura cercana a los 5 m. La presencia de especies halófilas de nanofanerófitos en la duna costera de regiones áridas ha sido indicada para otras partes del mundo (Johnson, 1977; Doing, 1985). Esto podría estar relacionado con las altas tasas de entrada de arena, y con las escasas e irregulares precipitaciones que caracterizan a estas regiones, de forma que en las dunas costeras de las regiones áridas, como es el caso de Maspalomas, las especies arbustivas presentan una mayor capacidad de supervivencia que las herbáceas, pues éstas tienen normalmente un porte menor.

Por lo que respecta a los factores ambientales que controlan la distribución de la vegetación, tradicionalmente ha existido un debate entre los defensores del mayor control que ejerce en enterramiento por arena (Moreno-Casasola, 1986; Hesp, 1991; Maun y Perumal, 1999; Maun, 2004) y los que le concenden una mayor importancia a la influencia del spray marino (Oosting y Billings, 1942; Donnelly y Pammenter, 1982; Wilson y Sykes, 1999). Existe otra línea de opinión que consideran a la topografía como factor más significativo (Willis *et al.*, 1959a, b; Ranwell, 1959; Martin, 1959; Judd *et al.*, 1977), pues ésta determina la distribución de la vegetación mediante el control de

factores ambientales limitantes, como la movilidad de la arena, la humedad del suelo, la salinidad de las aguas subterráneas y la influencia del spray marino (Martín, 1959: 34).

Como ya se indicó anteriormente, los resultados obtenidos en esta tesis establecen que en el campo de dunas de Maspalomas los factores ambientales que controlan la distribución de la vegetación, y también el funcionamiento del sistema, están estructurados, siendo la presencia e intensidad de los procesos sedimentarios eólicos el más significativo si se tiene en cuenta una escala general; mientras que en un segundo nivel de análisis aparecen las geoformas, las alteraciones ambientales antropogénicas, la distancia a la costa y la tasa de avance de las dunas; y en una escala detallada lo hacen la litología y el volumen de arena, la profundidad y salinidad del agua subterránea, las características químicas del sustrato. Por lo tanto, los campos de dunas transgresivos áridos, como el caso del de Maspalomas, presentan patrones de distribución complejos, debido al menor peso de la estructura lineal costa-interior de los factores ambientales, predominando un funcionamiento multiescalar, donde la presencia e intensidad de los procesos sedimentarios eólicos y, especialmente, el mantenimiento de la movilidad de las dunas en zonas interiores, controlan el funcionamiento del sistema y, por lo tanto, la distribución de las comunidades vegetales.

Finalmente, el estudio de la dinámica de la vegetación es otro aspecto que aporta interesantes datos científicos. Las características áridas de Maspalomas restringen la colonización de la vegetación en la zona activa a las depresiones interdunares, tanto secas como húmedas, convirtiéndose en ejes estructurantes de la distribución de la vegetación. Solamente la comunidad de *Tamarix canariensis* es capaz de colonizar las dunas de la zona activa, pero el inicio de la colonización se produce sobre depresiones interdunares húmedas que son posteriormente sepultadas por las dunas móviles. Esta dinámica es similar a *Salix repens* en el Reino Unido, donde las dunas formadas por esta especie tienen su origen en la colonización de una depresión interdunar húmeda, que posteriormente es invadida por las dunas móviles (Ranwell, 1960). Por lo tanto, la dinámica de la vegetación en las dunas transgresivas de Maspalomas se sustenta en la existencia de depresiones interdunares, aspecto que también sucede en campos de dunas transgresivos de Sudáfrica (Avis y Lubke, 1996). Estas geoformas se convierten en los ejes sobre los que comienza la colonización de las plantas. Se constata la existencia de un ciclo de erosión y acumulación, en el que se produce una estrecha relación entre las comunidades de las dunas y las depresiones, de tal forma que la colonización se inicia en la segunda y, conforme avanzan las dunas, se produce un cambio instalándose comunidades psamófilas (Ranwell, 1960). La especie pionera en la colonización de las depresiones depende de la litología y la tasa de desplazamiento de las dunas. Así, en el caso de Maspalomas, las depresiones interdunares secas, localizadas en áreas con tasas de desplazamiento entre 1-3 m/año, son colonizadas por el nanofanerófito espinoso xerófilo *Launaea arborescens*, mientras que las depresiones húmedas con tasas similares son colonizadas por el geófito rizomatoso higrófilo *Cyperus laevigatus*. Por su parte, las depresiones húmedas, con tasas de desplazamiento comprendidas entre 1-2 m/año, son colonizadas por la especie arbórea *Tamarix canariensis*. Las depresiones

húmedas más cercanas a la costa son colonizadas por el nanofanerófito *Traganum moquinii*, pero no se han podido establecer los umbrales de desarrollo óptimos con respecto a las tasas de desplazamiento de las dunas, debido a que esta comunidad ha ido desapareciendo progresivamente hasta su total extinción en la playa de Maspalomas. Lo que si se ha observado es que cuando las tasas están entre 3,7 y 4,05 m/año resultan inadecuadas para el desarrollo de esta comunidad.

Al contrario que en otros sistemas de dunas transgresivos, donde la diversidad de especies aumenta con la cercanía al frente de avance (Kerley *et al.*, 1996; Hesp y Martínez, 2008), en Maspalomas no se produce esta secuencia evolutiva, permaneciendo el número de especies normalmente restringido a las primocolonizadoras. Esto, probablemente, está relacionado con las altas tasas de desplazamiento de las dunas, lo que no proporciona a la vegetación el tiempo suficiente para avanzar en el proceso de sucesión ecológica. Sin embargo, sí se producen variaciones en la diversidad florística en función de la localización de la depresión interdunar, de tal forma que la situada en las zonas con menores tasas de desplazamiento posee un mayor número de especies vegetales. Estas depresiones interdunares, además, son imprescindibles para la regeneración natural de algunas comunidades, como la de *Tamarix canariensis*. Esta especie coloniza las nuevas depresiones interdunares que se van formando en la zona activa, y en la zona en proceso de estabilización, pero no se observa que se instale en la zona ya estabilizada, debido a que ahí no se forman nuevas depresiones. Por lo tanto, el reducido reemplazamiento generacional podría llevar a la progresiva desaparición de los vetustos ejemplares de *Tamarix canariensis* existentes en la zona estabilizada, y producir en el futuro una reactivación del sistema de dunas.

Las especies que crecen en las dunas activas pueden facilitar la colonización vegetal mediante la modificación local de las geoformas. Es el caso de *Tamarix canariensis*, capaz de transformar los cordones barjanoides en dunas parabólicas lo que, a su vez, reduce las tasas de desplazamiento de las dunas y facilita la colonización de nuevos ejemplares de esta especie, al proporcionarle a las plántulas más tiempo para desarrollarse. Esta modificación de las geoformas se ha documentado también para los sistemas de dunas de Israel (Tsoar y Blumberg, 2002), donde las dunas transversales y barjanas existentes evolucionan a formas parabólicas, debido a que la vegetación coloniza la cresta de éstas, que hasta el momento se mantenían desnudas.

Por su parte, la duna costera existente en Maspalomas presenta una dinámica singular (figura 7.1). En primer lugar, está formada por un conjunto de dunas en montículos, cuando la mayor parte de las dunas costeras constituyen cordones, al menos en sus etapas más evolucionadas (Hesp, 2002). De esta forma, las características de la duna costera de Maspalomas coincide con el tipo “c” de la clasificación de Pye (1990) y el estado 3 de la clasificación morfológica de Hesp (1988). Además, el inicio de la formación de dunas se produce mediante la formación en la playa alta de cordones de dunas embrionarias libres, asimilables a los cordones de playa (Hesp *et al.*, 2005). Éstos avanzan hacia el interior hasta interactuar con los ejemplares de *Traganum moquinii*,

formándose una duna eco a barolovento de la planta. En determinadas épocas del año, y cuando los aportes de arena son más significativos, esta duna eco desaparece y los sedimentos se movilizan, de manera que las dunas en montículos formadas por estas plantas aumentan de altura y, sobre todo, de volumen de arena. Por el contrario, cuando no existen aportes de arena, se produce la erosión de las dunas en montículos, que se convierten en dunas residuales. Todo ello está relacionado también con las variaciones estacionales de los vientos y las alternancias entre periodos secos, generalmente largo, y periodos húmedos, normalmente cortos.

Cuando se produce el perfil erosivo de la duna costera es cuando verdaderamente se puede valorar la importancia de *Traganum moquinii* en la limitación de los procesos de deflación, ya que sigue manteniendo una parte de la duna, que de lo contrario habría desaparecido completamente. Detrás de las dunas en montículos se forman pequeñas dunas parabólicas de escaso recorrido, resultado de la unión de dos acumulaciones a sotavento. Constituyen una geoforma de tránsito hacia las dunas libres, aspecto singular de esta duna costera, ya que hasta el momento se consideraba que las dunas parabólicas normalmente estaban asociadas a *blowouts* (Hesp, 1991).

Desde el punto de vista biótico, la colonización de la especie vegetal que la forma, *Traganum moquinii*, comienza únicamente en depresiones interdunares húmedas. Posteriormente, debido a su capacidad para resistir y responder positivamente al enterramiento parcial y absoluto, genera las dunas en montículos que configuran esta duna costera. Por lo tanto, no se trata de una especie psamófila en sí, sino de una especie halófila con capacidad de resistencia al enterramiento por arena. Aunque en Maspalomas, como ya hemos visto, la vegetación está en gran medida supeditada al control que ejercen los factores ambientales, hay que indicar el papel que desempeña la comunidad de *Traganum moquinii* en el funcionamiento sedimentario del sistema dunar. La presencia de esta especie vegetal, y de la duna costera a ella asociada, es muy importante para el mantenimiento de una estructura óptima del sistema de dunas de Maspalomas: regula el tránsito de arena mediante la ralentización de su avance y favorece la formación de diferentes tipos de dunas condicionadas por la vegetación. Se ha comprobado que su desaparición, como ocurre en dos zonas de la playa alta del Inglés, intensifica los procesos de deflación y aceleración del tránsito de sedimentos, generando superficies de deflación donde solamente se acumula arena de forma temporal, mediante la circulación de dunas libres o láminas de arena.

La consecuencia de todo ello es el incremento de la vulnerabilidad del sistema de dunas frente a la acción de los temporales de mar, ya que la ausencia de dunas en determinados momentos, o la presencia de dunas sin el refuerzo de la vegetación, favorece una mayor incidencia de la acción erosiva del mar. Por el contrario, en las zonas donde está presente *Traganum moquinii* siempre existen dunas en montículos, lo que reduce los efectos de la deflación y favorece una mayor resistencia a los efectos del oleaje.

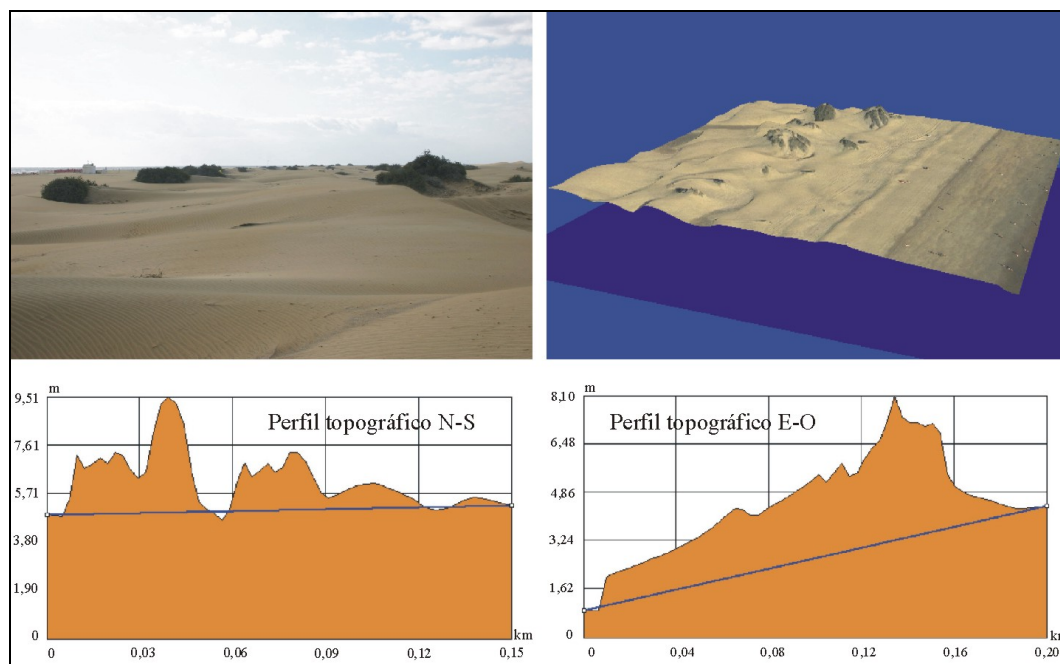


Figura 7.1. Morfología de la la duna costera de Maspalomas.

Otra aportación significativa de esta investigación es que se han podido determinar dos estrategias de supervivencia de las comunidades presentes en la zona activa frente a la dinámica dunar. Se trata de lo que hemos definido como estrategias verticales y estrategias horizontales, hasta ahora no documentadas. Las estrategias horizontales, seguidas por la mayoría de las comunidades vegetales capaces de colonizar las dunas móviles, consisten en el alejamiento progresivo de las nuevas generaciones de las plantas en el mismo sentido de avance del frente de dunas. Estas estrategias horizontales se pueden subdividir en dos tipos: la basada en el crecimiento asexual a través de rizomas reptantes, que es la estrategia utilizada por *Cyperus laevigatus*; y el crecimiento sexual de nuevos individuos en la dirección de avance de las dunas, que es la que utilizan las comunidades de *Launaea arborescens* y de *Traganum moquinii*. Por su parte las estrategias verticales, desarrolladas únicamente por *Tamarix canariensis*, consisten en el crecimiento en altura del ejemplar en cuestión. De esta forma, su supervivencia va a depender de la altura que posea cuando la duna y la planta interactúen. Si esta altura supera a la de la duna o es igual, entonces *Tamarix canariensis* sobrevivirá. En caso contrario, morirá sepultado por la duna.

En definitiva, de la comparación de los resultados obtenidos sobre el comportamiento de la vegetación en Maspalomas con los existentes en otros sistemas de dunas litorales, se concluye que si bien comparte ciertos aspectos relacionados con la dinámica vegetal, se puede considerar que, en otros, la vegetación de Maspalomas presenta un comportamiento singular, entre los que destacan los relativos a la interacción entre la planta y la formación de la duna costera.

7.2. Conclusiones

Como conclusión general destaca la importancia de la vegetación como indicadora de las alteraciones ambientales asociadas al desarrollo turístico en el entorno del campo de dunas de Maspalomas. Las alteraciones ambientales antropogénicas se manifiestan en la vegetación de diferentes formas, ya que reflejan procesos diferentes. Por un lado, la reducción de comunidades especialistas asociadas casi exclusivamente a los sistemas de dunas litorales, como es el caso de la comunidad de *Traganum moquinii*. Y ésto debido a que al tratarse de comunidades especialistas son más vulnerables a las transformaciones ambientales, como es la ocupación física del territorio, la modificación de las tasas de desplazamiento de las dunas, etc. Por otro lado, se produce la expansión de comunidades ya existentes en las dunas, como ha ocurrido con las de *Tamarix canariensis*, de *Launaea arborescens*, de *Cyperus laevigatus* y de *Cyperus capitatus-Ononis serrata*. En los tres primeros casos, no se trata de comunidades exclusivas de las dunas, ya que también se desarrollan en otros ecosistemas, como los fondos de barrancos, en el primer caso, el matorral xerófilo costero, en el segundo, y en los cauces con agua, en el tercero. Sin embargo, la comunidad de *Cyperus capitatus-Ononis serrata* si está asociada exclusivamente a los campos de dunas litorales de Canarias, ocupando normalmente las áreas más estabilizadas de los mismos. Por lo tanto, la expansión de esta comunidad está indicando una progresiva estabilización del sistema que, a su vez, repercute en una reducción de la circulación de la arena. Finalmente, la aparición de comunidades claramente vinculadas con procesos de ruderalización, como las de *Mesembryanthemum crystallinum*, de *Aizoon canariense*, de *Volutaria canariensis* y de *Cenchrus ciliaris*, son un reflejo de la existencia de zonas transformadas por las actividades humanas. En definitiva, partiendo del conocimiento de la ecología de las diferentes comunidades vegetales, el análisis de su evolución indica que son un fiel reflejo de los cambios que experimenta el sistema de dunas de Maspalomas.

Las conclusiones específicas de la investigación realizada son las siguientes:

1. El campo de dunas de Maspalomas presenta un total de 19 comunidades vegetales, así como de 39 subcomunidades, que representan variaciones estructurales y florísticas en función de las condiciones ecoantrópicas existentes. La vegetación está integrada por especies psamófilas, xerófilas, halófilas e higrófilas, que se desarrollan en situaciones ecológicas diferentes. La superficie total ocupada por la vegetación en la actualidad es de 125,1 ha, lo que representa el 34,7% del área de estudio.
2. Los factores ecoantrópicos que controlan la distribución y zonación de la vegetación están jerarquizados en tres niveles estructurales. En un primer nivel de análisis, que abarca la totalidad del sistema de dunas, la presencia e

intensidad de los procesos sedimentarios eólicos (movilidad de las dunas, procesos de deflación, removilización, etc.), permiten la definición de tres zonas (zona activa, zona en proceso de estabilización y zona estabilizada), constituyendo el factor primario que controla la distribución de la vegetación. En el segundo nivel de análisis, donde se considera cada zona definida anteriormente, son la geomorfología (diferencia entre dunas y depresiones), la existencia de zonas antropizadas, la distancia a la costa y la tasa de avance de las dunas los factores estructurantes. Finalmente, en la escala más detallada, aparecen la litología y el volumen de arena, la profundidad y salinidad del agua subterránea, así como las características químicas del sustrato. Estos factores ambientales explican una distribución de la vegetación en forma de mosaico.

3. Los factores ambientales también controlan las características que presenta cada comunidad en los diferentes ambientes. Aunque existen pocas comunidades restringidas a un único ambiente, las estructura y composición florística varían en función de la zona donde se desarrollen. Así, las comunidades parten de formas monoestratas y monoespecíficas en la zona activa y evolucionan hacia otras más estructuradas y de mayor riqueza florística en la zona estabilizada.
4. La dinámica de las comunidades vegetales está controlada por los factores indicados anteriormente, además de por la irregularidad (estacional e interanual) de las precipitaciones. La colonización de la zona activa se desarrolla a partir de depresiones interdunares, no existiendo colonización en las dunas propiamente dichas. La colonización de la zona activa por determinadas comunidades, no sólo depende del tipo de geoforma, sino que también está relacionada con la tasa de desplazamiento de las dunas, la salinidad ambiental, la litología, la profundidad de la capa freática, la salinidad de las aguas subterráneas y la antropización. Las depresiones húmedas en zonas con mayores tasas de desplazamiento son colonizadas por la comunidad de *Cyperus laevigatus*, mientras que las secas son ocupadas por la comunidad *Launaea arborescens*. Las depresiones húmedas, donde los sedimentos presentan tasas de desplazamiento inferiores a las anteriores, son colonizadas por la comunidad de *Tamarix canariensis*, y las más cercanas a la costa por la de *Traganum moquinii*. Las tasas de desplazamiento de las dunas también condiciona la riqueza florística de las comunidades, que se incrementan con la reducción de las mismas. Con respecto a la salinidad de las aguas subterráneas, las comunidades de *Traganum moquinii* se localizan donde ésta presenta los valores más bajos del campo de dunas, mientras que las de *Tamarix canariensis* y de *Cyperus laevigatus* lo hacen donde los valores son mayores. Por su parte, las zonas más antropizadas están

ocupadas por las comunidades de *Cyperus capitatus-Ononis serrata*, de *Launaea arborescens* y de *Salsola kali*.

5. En la zona en proceso de estabilización, donde las tasas de desplazamiento de las dunas son reducidas, pero se mantienen algunos procesos sedimentarios eólicos, la existencia de dunas o depresiones, la litología, las características del sustrato, la profundidad de la capa freática y la salinidad de las aguas subterráneas son claves en la distribución de la vegetación. Así, en las dunas con cierta movilidad, constituidas por barjanas y láminas de arena, la comunidad que se instala más fácilmente es la de *Cyperus capitatus-Ononis serrata*. Por su parte, en las depresiones secas se localiza la comunidad de *Suaeda mollis*, mientras que en las depresiones húmedas se localizan las comunidades de *Zygophyllum fontanesii*, de *Tamarix canariensis* y de *Juncus acutus*, de mayor a menor salinidad de las aguas subterráneas respectivamente.
6. En la zona estabilizada la presencia de diferentes comunidades está vinculada a la geoforma existente, a la litología, a la profundidad de la capa freática, al volumen de arena seca, a las características químicas del sustrato y a la antropización. En las depresiones interdunares húmedas se localizan las comunidades de *Tamarix canariensis* y de *Juncus acutus*. La localización de una u otra comunidad probablemente está relacionada con el grado de salinidad de la capa de agua, mayor donde está la primera y menor en la segunda. En las depresiones interdunares secas están presentes las comunidades de *Launaea arborescens*, de *Volutaria canariensis* y de *Schizogyne glaberrima*. La aparición de las dos primeras está asociada a la existencia de una capa de arena seca, mientras que la depresión ocupada por la comunidad de *Schizogyne glaberrima* presenta depósitos aluviales humedecidos. Por otro lado, la dispar presencia de la comunidad de *Launaea arborescens* y de *Cyperus capitatus-Ononis serrata* sobre las dunas está relacionada con el volumen de arena seca existente. De este modo, la primera comunidad sustituye a la segunda cuando la potencia de arena supera aproximadamente los 60 cm. Finalmente, en las áreas antropizadas, las comunidades predominantes son las de *Launaea arborescens*, de *Tamarix canariensis*, de *Volutaria canariensis*, de *Juncus acutus*, de *Suaeda mollis*, de *Phragmites australis*, de *Cenchrus ciliaris*, de *Aizoon canariense*, de *Mesembryanthemum crystallinum*, de *Cyperus capitatus-Ononis serrata* y comunidad exótica.
7. *Tamarix canariensis* y *Traganum moquinii* responden de forma positiva al enterramiento parcial por arena. Además, la segunda especie también es capaz de soportar temporalmente el enterramiento absoluto.

8. La colonización de la vegetación en la zona activa se sustenta en la existencia de depresiones interdunares, tanto secas como húmedas. Estas geoformas se convierten en ejes estructurantes de la colonización vegetal de las dunas. La dinámica de las comunidades vinculadas a la formación de superficies de deflación en la zona en proceso de estabilización, concretamente las de *Zygophyllum fontanesii* y de *Juncus acutus*, está controlada por el régimen de precipitaciones y su incidencia en las variaciones a las que se localiza el nivel freático.
9. Hay que destacar el papel de la comunidad de *Traganum moquinii* en la dinámica dunar, ya que es la encargada de generar y controlar la dinámica de la duna costera. La presencia de esta especie vegetal y de la duna costera asociada es muy importante para el mantenimiento de una estructura óptima del sistema de dunas de Maspalomas, debido a que regula el tránsito de arena mediante la ralentización de su avance, al tiempo que favorece la formación de diferentes tipos de dunas condicionadas por la vegetación, a la vez que reduce la acción de los procesos de deflación.
10. Se ha determinado la existencia de dos estrategias de supervivencia frente a la movilidad de las dunas de las comunidades presentes en la zona activa. Se trata de lo que se ha definido como estrategias verticales y estrategias horizontales, hasta ahora no documentadas. Las estrategias horizontales, seguidas por la mayoría de las comunidades vegetales capaces de colonizar las dunas móviles, consisten en el alejamiento progresivo de las nuevas generaciones de las plantas en el mismo sentido de avance del frente de dunas. Mientras que las verticales se basan en la capacidad de la planta para crecer en altura.
11. La zonación de la vegetación de Maspalomas difiere de forma significativa de la de otros sistemas de dunas, debido a que las comunidades herbáceas, arbustivas y arbóreas se distribuyen a lo largo de todo el sistema de dunas, cuestión que las diferencia tanto de los sistemas progradantes de las regiones templadas y tropicales húmedas, como de los sistemas de dunas transgresivos, donde existe una secuencia lineal entre la costa y el interior, mediante el incremento de la riqueza de especies y el aumento de la fisionomía de la vegetación. En Maspalomas no existe una secuencia lineal entre la costa y el interior, pues aparecen toda una serie de comunidades vegetales de diferente fisionomía distribuidas a modo de mosaico.
12. La duna costera de Maspalomas presenta diferencias significativas con respecto a otras existentes en sistemas transgresivos, debido a que presenta

una única especie vegetal. Además, se trata de una planta arbustiva (*Traganum moquinii*), que es al mismo tiempo es la especie neocolonizadora y la característica de situaciones más evolucionadas de la duna costera. La dinámica de esta duna costera es muy diferente a la de otros sistemas, debido a las características de las geoformas (predominio de dunas en montículos, dunas embrionarias libres, formación de dunas parabólicas como transición a las dunas libres).

13. El desarrollo del turismo en el entorno del campo de dunas de Maspalomas ha producido significativas transformaciones del mismo y, especialmente, de la vegetación. Se han alterado las características del paisaje vegetal, produciéndose la desaparición o reducción de unas comunidades, la expansión de otras y la aparición de otros tipos de vegetación. Es precisamente el análisis de estos cambios lo que ha permitido conocer el papel del turismo en las transformaciones del sistema de dunas de Maspalomas, que se manifiestan en la existencia de procesos de alteración ambiental, colonización vegetal, cambios de comunidad y eliminación de vegetación.
14. La construcción de infraestructuras y servicios asociados a la actividad turística (urbanizaciones, campo de golf, carreteras, centro comercial) ha producido la desaparición de la comunidad de *Euphorbia balsamifera*, la casi extinción de la de *Plocama pendula* y una importante disminución de la comunidad de *Traganum moquinii*, calculada en 1,2 ha, lo que representa el 26,7% de la superficie de esta comunidad en 1961.
15. La colonización vegetal se concentra principalmente en la zona norte del actual campo de dunas, formando una masa continua, donde la progresiva estabilización de la arena, como consecuencia de la alteración del régimen de vientos, debido a la urbanización de la terraza alta del Inglés ha favorecido la expansión de las comunidades vegetales, especialmente de las de *Cyperus capitatus-Ononis serrata*, de *Tamarix canariensis* y de *Launaea arborescens*. También se observan procesos de colonización vegetal detrás de la duna costera de la playa del Inglés, debido a la expansión de la comunidad de *Traganum moquinii*, que aparece asociado a las superficies de deflación que se han generado como consecuencia del déficit sedimentario. Asimismo, se ha producido colonización vegetal en las superficies de deflación que se han formado en la parte central del sistema también por efectos de la urbanización de la terraza alta del Inglés, principalmente las comunidades de *Suaeda mollis*, de *Tamarix canariensis*, de *Zygophyllum fontanesii* y de *Juncus acutus*, además de en las depresiones interdunares existentes entre los cordones de dunas móviles (sobre todo las comunidades

de *Cyperus laevigatus*, de *Launaea arborescens* y de *Tamarix canariensis*). La colonización vegetal también está asociada a la aparición de comunidades ruderales no existentes en los años 60 del pasado siglo, que colonizan las zonas alteradas por el desarrollo turístico sin ocupación física. Es el caso de las comunidades de *Mesembryanthemum crystallinum*, de *Aizoon canariense*, de *Volutaria canariensis* y de *Cenchrus ciliaris*, además de la expansión de otras existentes como por ejemplo las de *Suaeda mollis* y de *Launaea arborescens* entre otras.

16. Los cambios de comunidad vegetal están relacionados tanto con los procesos de transformación ambiental, como con los de sucesión vegetal y con la dinámica dunar. Este fenómeno aparece de forma dispersa por todo el interior del campo de dunas, siendo especialmente significativo en el margen oriental del barranco de Maspalomas y en la zona central del sistema. En el primer caso, se ha producido la sustitución de comunidades eminentemente psamófilas, como la de *Cyperus capitatus-Ononis serrata*, por otras más ubiquistas, como la de *Suaeda mollis*, o por ruderales como la de *Mesembryanthemum crystallinum*. Los procesos de sucesión vegetal, por ejemplo, explican la evolución de la comunidad de *Cyperus capitatus-Ononis serrata* a la de *Launaea arborescens*, mientras que la dinámica dunar ha ocasionado un sentido evolutivo contrario, es decir, de la comunidad arbustiva a la herbácea psamófila.
17. La eliminación de vegetación también sigue una pauta de distribución dispersa, y está asociada principalmente a procesos naturales como el avance de las dunas, que sepulta la vegetación en las áreas más dinámicas. Sin embargo, hay que tener en cuenta que las tasas de desplazamiento de las dunas han sido incrementadas en algunas zonas por la urbanización de la terraza alta del Inglés, cuestión que ha producido la reducción superficial de la comunidad de *Traganum moquinii* en algunos sectores, como consecuencia del enterramiento.
18. Se ha constatado la reducción de las poblaciones de *Traganum moquinii* en la playa del Inglés, y su total desaparición en la de Maspalomas. En la playa del Inglés las poblaciones de esta especie se reducen en un 57,6%, entre 1961 y 1987, experimentándose un ligero incremento entre 1987 y 2003. Las poblacionales de esta especie para la totalidad del periodo de estudio (1961-2003) se reducen un 52,9% y un 81,4% en la zona norte y sur, respectivamente. En la zona centro presentan un modesto incremento del 4,5%. La población de la playa de Maspalomas sufre un descenso continuado, pasando de 87 individuos en 1961 a 8 en 2003. Finalmente, durante el año 2008 esta población desaparece completamente. El 73,6% de

la reducción del número de ejemplares de *Traganum moquinii* en la playa del Inglés entre 1961 y 1987, cuando se produce el máximo decremento, así como la totalidad de los ejemplares perdidos en la playa de Maspalomas, está asociado a la construcción de equipamientos, infraestructuras y edificaciones vinculadas a la actividad turística (centro comercial, carreteras y urbanizaciones), tanto de forma directa mediante ocupación física de las dunas, como indirecta mediante el aumento de las tasas de desplazamiento de las dunas por la alteración de la dinámica eólica. En la zona norte de playa del Inglés el 36,4% del descenso poblacional entre 1987 y 2003 se debe a la construcción de nuevas edificaciones.

19. Los resultados obtenidos en esta tesis abren nuevas líneas de investigación. Por un lado, es necesario seguir profundizando en el estudio de la dinámica de la vegetación, especialmente de la comunidad de *Traganum moquinii* y de su relación con la formación de la duna costera. Por otro lado, el papel que juegan las especies introducidas, como *Neurada procumbens*, es poco conocido, por lo que es interesante desarrollar estudios sobre su ecología y dinámica y, sobre todo, sobre su interacción con las especies autóctonas. Otro aspecto importante es la utilización de los resultados obtenidos para conseguir una mejor gestión de la Reserva Natural Especial de las Dunas de Maspalomas. También una parte de la información obtenida reviste interés para ser divulgada a través de iniciativas relacionadas con la educación ambiental, tanto para nativos como para turistas. Por su parte, el SIG desarrollado presenta una gran utilidad para los gestores de este espacio.

BIBLIOGRAFÍA

ABDEL-RAZIK, M.; ABDEL-AZIZ, M. y AYYAD, M. (1984): Multivariate analysis of vegetational variation in different habitats at Omayed, Egypt. *Vegetatio* 57: 167-175.

ACOSTA, A.; ERCOLE, S.; STANISCI, A.; PILLAR, V.D.P. y BLASI, C. (2007): Coastal vegetation zonation and dune morphology in some Mediterranean ecosystems. *Journal of Coastal Research* 23 (6): 1518-1524.

ADEMA, E.B. y GROOTJANS, A.P. (2003): Possible positive-feedback mechanisms: plants changes abiotic soil parameters in wet calcareous dune slacks. *Plant Ecology* 167: 141-149.

ALCÁNTARA-CARRIÓ, J.; ALONSO, I.; HERNÁNDEZ CALVENTO, L.; PÉREZ-CHACÓN, E. y ROMERO, L. E. (1996): Landscape evolution and human alterations of the aeolian sediment dynamics in the Jandía Isthmus (Fuerteventura, Spain); En: TAUSSEK, J. y MITCHELL, J. (Eds.): *Partnership in coastal zone management*. Samara Publishing Limited. Cardigan. 283-290.

ALCÁNTARA-CARRIÓ, J. (2003): *Dinámica sedimentaria eólica en el istmo de Jandía (Fuerteventura). Modelización y cuantificación del transporte*. Cabildo de Gran Canaria. Las Palmas de Gran Canaria. 288 pp.

ALCÁNTARA-CARRIÓ, J.; FONTÁN, A.; CÓLLIGA, L.; ÁLVAREZ, J.A.; POVEDA, J.M. y PEÑA, M.A. (2007): Determinación geofísica del espesor de arenas en la reserva dunar de Maspalomas (sur de Gran Canaria, Islas Canarias). *Resúmenes XII Reunión Nacional de Cuaternario*. Ávila.

ALES, E. y MARTÍN, A. (1997): Temporal changes in the distribution of vegetation units in the stabilized dunes of Doñana National Park; En: GARCÍA-NOVO, F.; CRAWFORD, R.M.M. y DÍAZ BARRANDAS, M.C. (Eds.): *The Ecology and conservation of European dunes*. Universidad de Sevilla. 117-122.

ALMUNIA, F.J. (1998): *Estudio de las características tróficas y modelización del ecosistema de la Charca de Maspalomas*. Tesis Doctoral (inérita). Departamento de Biología. Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. 242 pp.

ALONSO, I.; MONTESDEOCA, I.; VIVARES, A. y ALCÁNTARA, J. (2001): Aproximación a la modelización de la dinámica litoral de las playas del Inglés y Maspalomas (Gran Canaria). *Vector Plus*, 18: 17-27.

ALONSO, I.; ALCÁNTARA-CARRIÓ, J. y CABRERA, L. (2002): Tourist resorts and their impact on beach erosion at Sotavento beaches, Fuerteventura, Spain. *Journal of Coastal Research* SI 36: 1-7.

ALONSO, I.; SÁNCHEZ-PÉREZ, I.; RODRÍGUEZ, S.; PEJENAUTE, I.; HERNÁNDEZ, A.; MENÉNDEZ, I.; HERNÁNDEZ, L. y PÉREZ-CHACÓN, E. (2007): Aeolian dynamics changes due to the obstacle generated by *Tragacanth moquinii*. Conferencia Internacional sobre Restauración y Gestión de las Dunas Costeras. Santander, España.

ALONSO, I.; HERNÁNDEZ, L.; MANGAS, J. y MEDINA, R. (2008a): Sedimentología, hidrología y geomorfología del campo de dunas de Maspalomas. En: PÉREZ TORRADO, F. y CABRERA, M.C. (Eds.): *Itinerarios geológicos por las Islas Canarias*. Sociedad Geológica de España, Geo-guías 5: 121-136.

ALONSO, I.; SÁNCHEZ, I.; MANGAS, J.; RODRÍGUEZ, S.; MEDINA, R. y HERNÁNDEZ, L. (2008b): Caracterización textural y composicional de las playas del sector meridional de Gran Canaria. Consideraciones sobre el transporte de sedimentos. *Geo-Temas* 10, 495-498.

ALONSO, I.; HERNÁNDEZ, L.; ALCÁNTARA-CARRIO, J.; CABRERA, L. y YANEZ, A. (2011): Los grandes campos de dunas de Canarias. En: SANJAUME, E. y GRACIA, J. (Eds.): *Las Dunas de España*. Sociedad Española de Geomorfología, 467-496.

ALONSO, E. y BASSAGODA, M.J. (2002): *La vegetación costera del SE uruguayo: ambientes y biodiversidad*. Museo Nacional de Historia Natural y Antropología. Documentos de Divulgación 5. 6 pp.

ANDREWS, B.D.; GARES, P.A. y COLBY, J.D. (2002): Techniques for GIS modelling of coastal dunes. *Geomorphology* 48: 289-308.

ARAÚJO, R.; HONRADO, J.; GRANJA, H.M.; NEVES, S. y BARRETO, F. (2002): Vegetation complexes of coastal sand dunes as an evaluation instrument of geomorphologic changes in the coastline. *Littoral 2002. The Changing Coast. EUROCAST/EUCC*. Porto, Portugal. 337-339.

ARENS, S.M. (1996): Patterns of sand transport on vegetated foredunes. *Geomorphology* 17: 339-350.

ARENS, S.M.; SLINGS, Q. y DE VRIES, C.N. (2004): Mobility of a remobilised parabolic dune in Kennemerland, The Netherlands. *Geomorphology* 59: 175-188.

AROZENA, M.E. y MOLINA, P. (2000): Estructura de la vegetación; En: MEAZA, G. (Coord.): *Metodología y práctica de la biogeografía*. Ediciones del Serval. Barcelona. 77-146.

AVIS, A.M. (1995): An evaluation of the vegetation developed after artificially stabilizing South Africa coastal dunes with indigenous species. *Journal of Coastal Conservation* 1: 41-50.

AVIS, A.M. y LUBKE, R.A. (1996): Dynamics and succession of coastal dune vegetation in the eastern Cape, South Africa. *Landscape and Urban Planning*, 34: 237-254.

AYYAD, M.A. (1973): Vegetation and environment of the western Mediterranean coastal land of Egypt. I. The habitat of the sand dunes. *Journal of Ecology* 61: 509-523.

BAGNOLD, R.A. (1941). *The physics of blown sand and desert dunes*. Methuen. London. 265 pp.

BAILY, B. y NOWELL, D. (1997): Techniques for monitoring coastal change: a review and case study. *Ocean and Coastal Management* 32 (2): 85-95.

BALCELLS, R.; BARRERA, J.L.; GÓMEZ, J.A. y CUETO, L.A. (1990): *Plan MAGNA. Memoria y mapa geológico a escala. 1:25 000, hoja de Maspalomas (83-86)*. ITGME.

BANNERMAN, D.A. (1922): *Las Islas Canarias: su historia, historia natural y paisaje. Un relato de expediciones y acampadas ornitológicas en el Archipiélago*. Traducción de la edición inglesa. Ayuntamiento de Puerto del Rosario, Servicio de Publicaciones, 2003. 404 pp.

BARBOUR, M.G. (1970): Is any angiosperm an obligate halophyte? *American Midland Naturalist* 84 (1): 105-120.

BARRY, A.R. y LUQUE, A. (1998): Ecology and distribution of the genus *Tamarix* L. (Tamariscales: Tamaricaceae) on the island of Gran Canaria. *Boletim do Museu Municipal do Funchal*, 5: 47-58.

BATE, G. y FERGUSON, M. (1996): Blowouts in coastal foredunes. *Landscape and Urban Planning* 34: 215-224.

BEJARANO, R. (1997): *Vegetación y paisaje en la costa atlántica de Andalucía*. Universidad de Sevilla. Salamanca. 419 pp.

BENDALI, F.; FLORET, C.; LE FLOC'H, E. y PONTANIER, R. (1990): The dynamics of vegetation and sand mobility in arid regions of Tunisia. *Journal of Arid Environments* 18: 21-32.

BENTACOR, M.J. y GONZÁLEZ, N. (1995): Dinámica de las poblaciones vegetales de El Charco de Maspalomas (Gran Canaria, Islas Canarias). *Botánica Macaronésica*, 22: 13-23.

BERGER, A. y HEURTEAUX, P. (1985): Response of *Juniperus phoenicea* on sandy dunes in the Camargue (France) to water and saline constraint in summer. *Vegetatio* 62: 327-333.

BERMEJO, J.A. (2002): *Utilización de los Sistemas de Información Geográfica en el análisis de la vegetación y el medio físico. Municipio de Villa de Mazo (La Palma)*. Tesis de Licenciatura (Inédita). Departamento de Biología Vegetal (Botánica). Facultad de Biología. Universidad de La Laguna. 270 pp.

BERNARD, G. (1970): *Revista Sansofé* 26: 12-13.

BERTRAND, G. (1966): Pour une étude géographie physique de la végétation. *Rev. Geog. des Pyr. Et du Sud Ouest* 37: 129-143.

BOLLE, C. (1857): Mein zweiter Beitrag zur Vogelkunde der canarischen inseln. *Journal für Ornithologie* 5 (29): 305-351.

BOSQUE, J. (1992): *Sistemas de Información Geográfica*. Ed. Rialp, Madrid. 451 pp.

BOYCE, S.G. (1951): Salt hypertrophy in succulent dune plants. *Technical Papers* 114 (23): 544-545.

BOYCE, S.G. (1954): The salt spray community. *Ecological Monographs* 24 (1): 29-67.

BOYD, R.S. y BARBOUR, M.G. (1986): Relative salt tolerance of *Cakile edentula* (Brassicaceae) from lacustrine and marine beaches. *American Journal of Botany* 73 (2): 236-241.

BRAMWELL, D y BRAMWELL, Z. (2001): *Flores silvestres de las Islas Canarias*. 4º Edición. Ed. Rueda. Madrid. 437 pp.

BROWN, J.F. (1997): Effects of experimental burial on survival, growth, and resource allocation of three species of dune plants. *The Journal of Ecology* 85 (2): 151-158.

BUELL, A.C.; PICKART, A.J. y STUART, J.D. (1995): Introduction history and invasion patterns of *Ammophila arenaria* on the north coast of California. *Conservation Biology* 9 (6): 1587-1593.

CABILDO DE GRAN CANARIA (2007): Estudio de la relación existente entre la dinámica dunar y la vegetación en la Reserva Natural Especial de las Dunas de Maspalomas. Informe inédito. 111 pp más anexo.

CABRERA VEGA, L. (2010): Sedimentología, estratigrafía, dinámica sedimentaria y evolución de El Jable (Lanzarote). Propuesta de gestión. Tesis Doctoral (Inédita). Departamento de Física. Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. 252 pp.

CAKAN, H. y KARATAS, C. (2006): Interactions between mycorrhizal colonization and plant life forms along the successional gradient of coastal dunes in the eastern Mediterranean, Turkey. *Ecological Research* 21: 301-310.

CAMPBELL, B.M.; ATTWELL, C.A.M.; HATTON, J.C.; DE JAGER, P.; GAMBIZA, J.; LYNAM, T.; MIZUTANI, F. y WYNTER, P. (1988): Secondary dune succession on Inhaca Island, Mozambique. *Vegetatio* 78: 3-11.

CARTER, R.W.G. (1988): *Coastal environments. An introduction to the physical, ecological and cultural systems of coastlines*. Academic Press. London. 617 pp.

CARTER, R.W.G. y WILSON, P. (1990): The geomorphological, ecological and pedological development of coastal foredunes at Magillan Point, northern Ireland; En: NORDSTROM, K.F.; PSUTY, N.P. y CARTER, R.W.G.: *Coastal dunes. Form and Process*. Wiley & Sons. Chichester. 129-157.

CARTER, R.W.G.; NORDSTROM, K.F. y PSUTY, N.P. (1990a): The study of coastal dunes; En: NORDSTROM, K.F.; PSUTY, N.P. y CARTER, R.W.G.: *Coastal dunes. Form and Process*. John Wiley & Sons. Chichester. 1-14.

CARTER, R.W.G.; HESP, P.A. y NORDSTROM, K.F. (1990b): Erosional landforms in coastal dunes; En: NORDSTROM, K.F.; PSUTY, N.P. y CARTER, R.W.G.: *Coastal dunes. Form and Process*. Wiley & Sons. Chichester. 217-250.

CASTILLO, S.; JEAN, P. y MORENO-CASASOLA, P. (1991): Coastal sand dune vegetation of Tabasco and Campeche, Mexico. *Journal of Vegetation Science* 2: 73-88.

CASTILLO, S. y MORENO-CASASOLA, P. (1996): Coastal sand dune vegetation: an extreme case of species invasion. *Journal of Coastal Conservation* 2: 13-22.

CASTILLO, S. y MORENO-CASASOLA, P. (1998): Análisis de la flora de dunas costeras del litoral atlántico de México. *Acta Botánica Mexicana* 45: 55-80.

CMA (1998): *Reconocimiento biofísico de espacios naturales protegidos. Doñana: una aproximación ecosistémica*. Sevilla. Consejería de Medio Ambiente. 311 pp.

COOPER, W.S. 1958. *Coastal sand dunes of Oregon and Washington, Memoir 72*. Geological Society of America. 169 pp.

CORDAZZO, C.V. y SEELIGER, U. (1988): Phenological and biogeographical aspects of coastal dune plant communities in southern Brazil. *Vegetatio* 75: 169-173.

CORDEIRO, S.Z. (2005): Composição e distribuição da vegetação herbácea em três áreas com fisionomias distintas na Praia do Peró, Cabo Frio, RJ, Brasil. *Acta Botânica Brasilica* 19 (4): 679-693.

CORNISH, V. 1897. On the formation of sand dunes. *Geographical Journal* 9 (3): 278-309.

CORRE, J.J. (1991): The sand dunes and their vegetation along the Mediterranean coast of France. Their likely response to climatic change. *Landscape Ecology* 6 (1-2): 65-75.

COSTA, M. y MANSANET, J. (1981): Los ecosistemas dunares levantinos: La Dehesa de la Albufera de Valencia. *Actas del III Congreso Optima*. Anales del Jardín Botánico de Madrid 37 (2): 277-299.

COSTA, J.C. (1997): Dune vegetation of the Ria Formosa Natural Park; En: GARCÍA-NOVO, F.; CRAWFORD, R.M.M. y DÍAZ BARRANDAS, M.C. (Eds.): *The Ecology and conservation of European dunes*. Universidad de Sevilla. 83-87.

COTTAM, G. y CURTIS, J.T. (1956): The use of distance measures in phytosociological sampling. *Ecology* 37 (3): 451-460.

COWLES, H.C. (1899a): The ecological relations of the vegetation on the sand dunes of Lake Michigan. Part I.-Geographical relations of the dune floras. *Botanical Gazette* 27 (2): 95-117.

COWLES, H.C. (1899b): The ecological relations of the vegetation on the sand dunes of Lake Michigan. *Botanical Gazette* 27 (3): 167-202.

COWLES, H.C. (1899c): The ecological relations of the vegetation on the sand dunes of Lake Michigan. *Botanical Gazette* 27 (5): 361-391.

COWLING, R.M. y PIERCE, S.M. (1988): Secondary succession in coastal dune fynbos: variation due to site and disturbance. *Vegetatio* 76: 131-139.

CRAWFORD, R.M.M. y WISHART, D. (1966): A multivariate analysis of the development of dune slack vegetation in relation to coastal accretion at tentsmuir, fife. *Journal of Ecology* 54 (3): 729-743.

CRAWFORD, R.M.M.; STUDER-ENRENSBERGER, K. y STUDER, C. (1997): Flood-induced change on a dune slack observed over 24 years; En: GARCÍA-NOVO, F.; CRAWFORD, R.M.M. y DÍAZ BARRANDAS, M.C. (Eds.): *The Ecology and conservation of European dunes*. Universidad de Sevilla. 27-40.

CRIADO, C. (1987): Evolución geomorfológica y dinámica actual del jable de Corralejo (Fuerteventura, Islas Canarias). *Revista Geografía de Canarias* 2: 29-52.

CRIADO, C.; GONZÁLEZ, R. y YANES, A. (2001-2002): Rasgos sedimentológicos de los fondos marinos de Maspalomas (Gran Canaria). *Vegueta* 6: 191-200.

CRIADO, C.; YANEZ, A.; HERNÁNDEZ, L. y ALONSO, I. (2011): Origen y formación de los depósitos eólicos de Canarias. En: SANJAUME, E. y GRACIA, J. (Eds.): Las Dunas de España. *Sociedad Española de Geomorfología*, 447-466.

CRUZ, I. (1998): Aproximación al estudio de la flora de las dunas costeras del litoral sudoeste francés. *Larralde*, 21: 35-44.

CURR, R.H.F.; KOH, A.; EDWARDS, E.; WILLIAMS, A.T. y DAVIES, P. (2000): Assessing anthropogenic impact on Mediterranean sand dunes from aerial digital photography. *Journal of Coastal Research* 6: 15-22.

CHAPMAN, V.J. (1942): The new perspective in the halophytes. *The Quarterly Review of Biology* 17 (4): 291-311.

CHAPMAN, V.J. (1964): *Coastal vegetation*. Pergamon Press. London. 242 pp.

CHARCO, J. (2001): *Guía de los árboles y arbustos del Norte de África: claves de determinación, descripciones, ilustraciones y mapas de distribución*. Ediciones Mundo Árabe e Islam, Medio Ambiente. Agencia Española de Cooperación Internacional. Madrid. 671 pp.

CHEN, H. y MAUN, M.A. (1999): Effects of sand burial depth on seed germination and seedling emergence of *Cirsium pitcheri*. *Plant Ecology* 140: 53-60.

DAVIES, J.L. (1972): *Geographical variation in coastal development*. Longman. Londres. 212 pp.

DE BECKER, S.; KEMPENEERS P., DEBRUYN W., SCHEUNDERS P. (2004) Classification of dune vegetation from remotely sensed hyperspectral images; *Proceedings of the Image Analysis and Recognition International Conference ICIAR 2004*. Porto, Portugal. 497-503.

DE BONTE, A.J.; BOOSTEN, A.; VAN DER HAGEN, H.G.J.M. y SÝKORA, K.V. (1999): Vegetation development influenced by grazing in the coastal dunes near The Hague, The Netherlands. *Journal of Coastal Conservation* 5: 59-68.

DE CASTRO, F. (1995): Computer simulation of the dynamics of a dune system. *Ecological Modelling* 78: 205-217.

DECH, J.P.; MAUN, M.A. y PAZNER, M.I. (2005): Blowout dynamics on Lake Huron sand dunes: analysis of digital multispectral data from colour air photo. *Catena* 60: 165-180.

DECH, J.P. y MAUN, M.A (2006): Adventitious root production and plastic resource allocation to biomass determine burial tolerance in woody plants from central canadian coastal dunes. *Annals of Botany* 98: 1095-1105.

DE JONG, T.M. (1979): Water and salinity relations of Californian beach species. *The Journal of Ecology* 67 (2): 647-663.

DE LANGE, R.; VAN TIL, M. y DURY, S. (2004): The use of hyperspectral data in coastal zone vegetation monitoring. *EARSeL eProceedings* 3 (2): 143-153.

DELLAFIORE, C.M.; MÚÑOZ-VALLÉS, S. y GALLEGO-FERNÁNDEZ, J.B. (2006): Rabbits (*Oryctolagus cuniculus*) as a dispersers of *Retama monosperma* seeds in a coastal dune system. *Ecoscience* 13 (1): 5-10.

DELLAFIORE, C.M.; GALLEGO-FERNÁNDEZ, J.B. y MÚÑOZ-VALLÉS, S. (2007): The contribution of endozoochory to te colonization and vegetation composition of recently formed sand coastal dunes. *Research Letters in Ecology* 2007: 1-3.

DEL ARCO, M.; ACEBES, J.R. y WILDPRET, W. (1983): Colonización vegetal de las arenas saharianas de la playa de las Teresitas, Tenerife (I. Canarias). *Ononido-Cyperetum capitati* Wildpret, Del Arco & Acebes, ass. nov. *Vieraea*, 12 (1-2): 349-357.

DEL ARCO, M. y WILDPRET, W. (1990): Contribución al conocimiento de la vegetación litoral del Archipiélago Canario, I. Las comunidades de *Ruppia maritima*, *Salsola oppositifolia*, *Zygophyllum fontanesii* y *Z. gaetulum*. *Homenaje al profesor Dr. Telesforo Bravo I*. Universidad de La Laguna. 97-115.

DEL ARCO, M.; SALAS, M.; ACEBES, J.R.; MARRERO, M.C.; REYES-BETANCORT, J.A. y PÉREZ-DE-PAZ, P.L. (2002): Bioclimatology and climatophilous vegetation of Gran Canaria. *Ann. Bot. Fennici* 39: 15-41.

DEL ARCO, M. y RODRÍGUEZ, O. (2003): Las comunidades vegetales de Gran Canaria; En: RODRÍGUEZ, O. (Coord.): *Apuntes sobre flora y vegetación de Gran Canaria*. Ed. Cabildo Insular de Gran Canaria. Las Palmas de Gran Canaria. 71-134.

DEL ARCO, M. y GONZÁLEZ, R. (2003): El bioclima de Gran Canaria; En: RODRÍGUEZ, O. (Coord.): *Apuntes sobre flora y vegetación de Gran Canaria*. Ed. Cabildo Insular de Gran Canaria. Las Palmas de Gran Canaria. 33-39.

DEL ARCO, M. (Ed.) (2006): *Mapa de vegetación de Canarias*. GRAFCAN Ediciones. Santa Cruz de Tenerife. 550 pp.

DEL ARCO, M. y RODRÍGUEZ, O. (2006): Esquema sintaxonómico; En: DEL ARCO, M. (Ed.): *Mapa de vegetación de Canarias*. GRAFCAN Ediciones. 447-490.

DEL ARCO, M. y RODRÍGUEZ, O. (2006): Unidades de vegetación de Canarias; En: DEL ARCO, M. (Ed.): *Mapa de vegetación de Canarias*. GRAFCAN Ediciones. 41-176.

DÍAZ-BARRANDAS, M.C. y GARCÍA-NOVO, F. (1997): The architecture of pioneer dune scrub; En: GARCÍA-NOVO, F.; CRAWFORD, R.M.M. y DÍAZ BARRANDAS, M.C. (Eds.): *The Ecology and conservation of European dunes*. Universidad de Sevilla. 123-134.

DÍAZ, G. y HERNÁNDEZ CALVENTO, L. (2004): Análisis de la evolución de las superficies de deflación eólica en la Playa de El 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. 177-187.

DÍAZ, G. (2005): Análisis de la evolución de las áreas de deflación de las playas del Inglés y Maspalomas (1960-2002): *Vector Plus* 26: 39-46.

DISRAELI, D.J. (1984): The effect of sand deposits on the growth and morphology of *Ammophila breviligulata*. *The Journal of Ecology* 72 (1): 145-154.

DOING, H. (1981): A comparative scheme of dry coastal sand dune habitats, with example from eastern United State and some other temperate regions. *Veröff. Geobot. Inst. Rübel* 77: 41-72.

DOING, H. (1985): Coastal fore-dune zonation and succession in various parts of the world. *Vegetatio* 61: 65-75.

DONNELLY Y PAMMENTER (1982): Vegetation zonation on a Natal coastal sand-dune system in relation to salt spray and soil salinity. *South Africa Journal of Botany* 2 (1): 46-51.

DROBNER, U.; STEEL, J.B.; SMITH, B. y WILSON, B. (1995): The sand dune vegetation of Chrystalls beach, southern New Zealand, with particular reference to the cushion community. *New Zealand Journal of Ecology* 19 (2): 143-151.

DURÁN, O. y HERRMANN, H.J. (2006): Vegetation against dune mobility. *Physical Review Letters* 97 (18), 188001.

EL-BANA, M.I.; NIJS, I. y KOCKELBERGH, F. (2002): Microenvironmental and vegetational heterogeneity induced by phytogenic nebkhas in an arid coastal ecosystem. *Plant and Soil* 247: 283-293.

EL-GHONEMY, A.A.; SHALTOUT, K.; VALENTINE, W. y WALLACE, A. (1977): Distributional pattern of *Thymelaea hirsute* (L.) Endl. and associated species along the Mediterranean coast of Egypt. *Botanical Gazette* 138 (4): 479-489.

ELLIOTT, B.L.; KERLEY, G.I.H. y MCLACHLAN, A. (2000): Patterns of development and succession of vegetated hummocks in slacks of the Alexandria coastal dune field, South Africa. *Journal of Coastal Conservation* 6: 79-88.

ESKUCHE, U. (1992): La vegetación de las dunas marítimas de América Latina. *Bosque* 13 (1): 23-28.

ESLER, A.E. (1970): Manawatu sand dune vegetation. *Proceedings of the New Zealand Ecological Society* 17: 41-46.

ESLER, A.E. (1975): Vegetation of the san country bordering the Waitakere Range, Auckland: Piha Beach. *Proceedings of the New Zealand Ecological Society* 22: 52-56.

ESPEJEL, I. (1987): A phytogeographical analysis of coastal vegetation in the Yucatan Peninsula. *Journal of Biogeography* 14: 499-519.

ESTEVE, F. (1968): Datos para el estudio de las clases *Ammophiletea*, *juncetea* y *salicornietea* en las Canarias Orientales. *Collectanea Botanica*, Vol. VII-Fasc. I, 15: 303-323.

ESTEVE, F. (1983): Breves notas sobre plantas y comunidades de Gran Canaria. *Lazaroa*, 5: 157-164.

ETHERINGTON, J.R. (1967): Studies of nutrient cycling and productivity in oligotrophic ecosystem: I. Soil potassium and wind-blown sea-spray in a South Wales dune grassland. *The Journal of Ecology* 55 (3): 743-752.

FAVENNEC, J. (2002): The foredune/backshore system, an indicator of coastal dynamics. The example of the "Aquitaine coast observatory". *Littoral 2002. The Changing Coast. EUROCAST/EUCC*. Porto, Portugal. 345-353.

FEAGIN, R.A. y WU, B. (2007): The spatial patterns of functional groups and successional direction in a coastal dune community. *Rangeland Ecology and Management* 60 (4): 417-425.

FERNÁNDEZ, M.; SANTOS, A. y DOMÍNGUEZ, F. (1982): El complejo dunar de Corralejo (Fuerteventura). *Gaceta de Canarias* 3: 73-83.

FERNÁNDEZ, M. y SANTOS, A. (1983): La vegetación litoral de Canarias, I. *Arthrocnemetea*. *Lazaroa*, 5: 143-155.

FERNÁNDEZ, E.; SALAS, M.; QUINTANA, G.; MARTÍN, M.; MAYER, P. y PÉREZ-CHACÓN, E. (2004): Las comunidades de vegetación como bioindicadoras para la delimitación espacial de zonas biogeográficas: una aproximación mediante SIG. *Actas del III Congreso Español de Biogeografía*. Urdaibai, País Vasco. 180-187.

FERNÁNDEZ-PALACIOS, J.M. y DE LOS SANTOS, A. (1996): *Ecología de las Islas Canarias. Muestreo y análisis de las poblaciones y comunidades*. Sociedad La Cosmológica. Santa Cruz de Tenerife. 390 pp.

FERNANDES, J.J. y NEVES, M.R. (1997): The impact of tourism on the sand dune system of the Ria Formosa Natural Park. The case of Ancao Peninsula; En: GARCÍA-NOVO, F.; CRAWFORD, R.M.M. y DÍAZ BARRANDAS, M.C. (Eds.): *The Ecology and conservation of European dunes*. Universidad de Sevilla. 321-333.

FERRERAS, C. (1984): Sobre la vegetación de las dunas costeras españolas. Evolución y tendencias en su interpretación. *Anales de Geografía de la Universidad Complutense* 4: 257-265.

FERRERAS, C. y FIDALGO, C.E. (1991): *Biogeografía y edafogeografía*. Ed. Síntesis. Madrid. 262 pp.

FISCHER, P. (1997): The pixel: a snare a delusion. *International Journal of Remote Sensing* 18 (3): 679-685.

FLOR, G.; MARQUINEZ, J. y O'NEILL, A.C. (1983): El complejo de dunas eólicas de la playa de Frouxeira (Meiras-Valdoviño, La Coruña). *Cuadernos do Laboratorio Xeoloxico de Laxe* 6: 155-187.

FLOR, G. (1997): Campos dunares eólicos costeros. En: PENDÓN, J.G. (Ed): *Geología costera. Algunos aspectos metodológicos y ejemplos locales*. Universidad de Huelva. 151-172.

FLOR, G. (2004): *Geología marina*. Área de Estratigrafía y Sedimentología. Departamento de Geología. Universidad de Oviedo.

FONTÁN, A.; DE SANTIAGO, I.; CUEVAS, N.; VEGA, P. y ALCÁNTARA-CARRIÓ, J. (2007a): Balance sedimentario anual en las playas de Maspalomas y el Inglés (Islas Canarias); En: GÓMEZ-PUJOL, L. y FORNÓS, J.J. (Eds.): *Investigaciones Recientes (2005-2007) en Geomorfología Litoral*. Universitat de les Illes Balears. 31-35.

FONTÁN, A.; ALCÁNTARA-CARRIÓ, J.; POVEDA, J.M. y PEÑA, M.A. (2007b): Aplicación de técnicas de GPS diferencial, fotogrametría y geofísica a la cuantificación de procesos erosivos y balances sedimentarios en playas y dunas. *Congreso de la Asociación Española de Teledetección*. Mar de Plata, Argentina.

FRAGA, P. y ROIG-MUNAR, F.X. (2007): Sistemas dunares y diversidad florística en menoría; En: GÓMEZ-PUJOL, L. y FORNÓS, J.J. (Eds.): *Investigaciones Recientes (2005-2007) en Geomorfología Litoral*. Universitat de les Illes Balears. 141-145.

FRANKS, S.J. y PETERSON, C.J. (2003): Burial disturbance leads to facilitation among coastal dune plants. *Plant Ecology* 168: 13-21.

FRANKLIN, J. (1995): Predictive vegetation mapping: geographic modelling of biospatial patterns in relation to environmental gradients. *Progress in Physical Geography* 19 (4): 474-499.

GALLEGO, J.B.; GARCÍA, M.R. y VEGA, C.L. (2003): Restauración de ecosistemas dunares costeros; En: REY, J.M.; ESPIGARES, T. y NICOLAU, J.M. (Eds.): *Restauración de ecosistemas mediterráneos*. Asociación Española de Ecología Terrestre. 157-172.

GALLEGO, J.B.; MUÑOZ, S. y DELLAFIORE, C. (2006): *Flora y vegetación de la flecha litoral de Nueva Umbría, Lepe, Huelva*. Ayuntamiento de Lepe. Sevilla. 134 pp.

GARCÍA-GALLO, A.; WILDPRET, W.; RODRÍGUEZ, O. PÉREZ DE PAZ, P.L.; LEÓN, M.C.; SUÁREZ, C. y REYES-BETANCORT, J.A. (1999): El xenófito *Pennisetum setaceum* en las islas Canarias (Magnoliophyta, Poaceae). *Vieraea* 27: 133-158.

GARCÍA-NOVO, F. (1997): The ecosystems of Doñana Nacional Park; En: GARCÍA-NOVO, F.; CRAWFORD, R.M.M. y DÍAZ BARRANDAS, M.C. (Eds.): *The Ecology and conservation of European dunes*. Universidad de Sevilla. 97-116.

GARCÍA-NOVO, F.; DÍAZ-BARRANDAS, M.C.; ZUNZUNEGUI, M.; GARCÍA-MORA, R. y GALLEGO-FERNÁNDEZ, J.B. (2004): Plant functional types in coastal dune habitats; En: MARTÍNEZ, M.L. y PSUTY, N.P.: *Coastal dunes. Ecology and Conservation*. Ecological Studies 171. Springer. 155-169.

GARCÍA, J.; RODRÍGUEZ, O. y WILDPRET, W. (1996): *Montaña Roja. Naturaleza e historia de una Reserva Natural y su entorno*. Centro de la Cultura Popular Canaria. Santa Cruz de Tenerife. 404 pp.

GARCÍA-MORA, M.R.; GALLEGO-FERNÁNDEZ, J.B. y GARCÍA-NOVO, F. (1999): Plant functional types in coastal foredunes in relation to environmental stress and disturbance. *Journal of Vegetation Science* 10: 27-34.

GARCÍA-MORA, M.R.; GALLEGO-FERNÁNDEZ, J.B. y GARCÍA-NOVO, F. (2000): Plant diversity as a suitable tool for coastal dune vulnerability assessment. *Journal of Coastal Research* 16 (4): 990-995.

GARCÍA-MORA, M.R.; GALLEGO-FERNÁNDEZ, J.B.; WILLIAMS, A.T. y GARCÍA-NOVO, F. (2001): A coastal dune vulnerability classification. A case study of the SW Iberian Peninsula. *Journal of Coastal Research* 17 (4): 802-811.

GARES, P.A. y NORDSTROM, K.F. (1988): Creation of dune depressions by foredune accretion. *Geographical Review* 78 (2): 194-204.

GAY, S.P. (1999): Observations regarding the movement of barchan sand dunes in the Nazca to Tanaca area of Southern Peru. *Geomorphology* 27: 279-293.

GÓMEZ-PINA, G.; MÚÑOZ-PÉREZ, J.J.; RAMÍREZ, J.L. y LEY, C. (2002): Sand dune management problems and techniques, Spain. *Journal of Coastal Research* Special Issue 36: 325-332.

GONZÁLEZ, N. (1977): Estudio de la vegetación litoral de la zona de Maspalomas. *Botánica Macaronésica*, 4: 23-30.

GONZÁLEZ, N. y BENTACOR, M.J. (1995): Notas sobre la clase *Characeae* de “El Charco de Maspalomas. *Botánica Macaronésica*, 21: 37-42.

GONZÁLEZ, F.J.; MORÍN, P. y ACOSTA, J.E. (1996): *La Graciosa. Estudio Histórico y Geográfico*. Centro de la Cultura Popular Canaria. 244 pp.

GONZÁLEZ-HENRÍQUEZ, N.; SOLER-ONÍS, E.; MORENO-MORENO, T.; CASTRO-HERNÁNDEZ, J.J. y BETANCORT-VILLALBA, M.L. (1999): *Estudio de la dinámica del Charco de Maspalomas (1992-1998), Gran Canaria*. Informes Técnicos del Instituto Canario de Ciencias Marinas nº 6. 76 pp.

GONZÁLEZ, F. (2004): *Las comunidades vegetales de México. Propuesta para la unificación de la clasificación y nomenclatura de la vegetación de México*. Segunda edición. Instituto Nacional de Ecología. México, DF. 82 pp.

GONZALO, J.; ALLUÉ, C. y CUASANTE, D. (2001): Metodología de análisis de la cubierta vegetal mediante ortografía digital. Su aplicación a la Combe de Huidobro (Burgos). *III Congreso Forestal Español*. Granada.

GOODCHILD, M.F. (1994): Integrating GIS and remote sensing for vegetation analysis and modelling: methodological issues. *Journal of Vegetation Science* 5 (5): 615-626.

GOODCHILD, M.F. (2003): Geographic Information System and systems for environmental management. *Annual Reviews of Environment and Resource* 28: 493-519.

GOODCHILD, M.F. (2005): Geographic Information System; En: KEMPF-LEONARD, K. (Ed): *Encyclopedia of Social Measurement*. Volumen 2. Academic Press. 107-113.

GOODING, E.G.B. (1947): Observations on the sand dunes of Barbados, British West Indies. *The Journal of Ecology* 34 (1): 111-125.

GORHAM, E. (1958): Soluble salts in dune sands from Blakeney Point in Norfolk. *The Journal of Ecology* 46 (2): 373-379.

GRANADOS, M.; MARTÍN, A. y GARCÍA-NOVO, F. (1988): Long-term vegetation changes on the stabilized dunes of Doñana Nacional Park (SW Spain). *Vegetatio* 75: 73-80.

GROOTJANS, A.P.; HARTOG, P.S.; FRESCO, L.F.M. y ESSELINK, H. (1991): Succession and fluctuation in a wet dune slack in relation to hydrological changes. *Journal of Vegetation Science* 2: 545-554.

GROOTJANS, A.P.; ESSELINK, H.; DIGGELEN, R. van; HARTOG, P.; JAGER, T.D.; HEES, B. van y OUDE, M.J. (1997): Decline of rare calciphilous dune slack species in relations to decalcification and changes in local hydrological systems; En: GARCÍA-NOVO, F.; CRAWFORD, R.M.M. y DÍAZ BARRANDAS, M.C. (Eds.): *The Ecology and conservation of European dunes*. Universidad de Sevilla. 59-74.

GROOTJANS, A.P.; ERNST, W.H.O. y STUYFZAND, P.J. (1998): European dune slacks: strong interactions of biology, pedogenesis and hydrology. *Trends Ecol. Evol.* 13: 96-100.

GROOTJANS, A.P.; GEELLEN, H.W.T.; JANSEN, A.J.M. y LAMMERTS, E.J. (2002): Restoration of coastal dune slacks in the Netherlands. *Hydrobiologia* 478: 181-203.

GROOTJANS, A.P.; ADEMA, E.B.; BEKKER, R.M. y LAMMERTS, E.J. (2004): Why young coastal dune slacks sustain a high biodiversity; En: MARTÍNEZ, M.L. y PSUTY, N.P.: *Coastal dunes. Ecology and Conservation*. Ecological Studies 171. Springer. 85-101.

GUISAN, A.; THEURILLAT, J-P. y KIENAST, F. (1998): Predicting the potential distribution of plant species in an alpine environment. *Journal of Vegetation Science* 9: 65-74.

HANSEN, H. (1962): New contributions to the geology of Gran Canary. *Soc. Sc. Fenn. Comm. Phys. Math.* 27 (1): 1-418.

HARRIS, D. y DAVY, A.J. (1986a): Stradline colonization by *Elymus farctus* in relation to sand mobility and rabbit grazing. *Journal of Ecology* 74 (4): 1045-1056.

HARRIS, D. y DAVY, A.J. (1986b): Regenerative potential of *Elymus farctus* from rhizome fragments and seed. *The Journal of Ecology* 74 (4): 1057-1067.

HAYASAKA, D. y FUJIWARA, K. (2005): Species composition and environmental factors, including human impacts, on coastal sand-dunes and maritime strand-forests in southern Thailand. *Tropics* 14 (3): 245-254.

HELLEMAA, P. (1998): The development of coastal dunes and their vegetation in Finland. *Fennia* 176: 1- 157.

HEPBURN, I. (1945): The vegetation of the sand dunes of the Camel Estuary, North Cornwall. *The Journal of Ecology* 32 (2): 180-192.

HERNÁNDEZ CALVENTO, L. (2002): *Análisis de la evolución del sistema de dunas de Maspalomas, Gran Canaria, Islas Canarias (1960-2000)*. Tesis Doctoral (inédita). Departamento de Geografía. Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. 408 pp.

HERNÁNDEZ CALVENTO, L.; ALONSO, I.; RUIZ, P.; PÉREZ-CHACÓN, E.; SUÁREZ, C. y ALCÁNTARA-CARRIÓ, J. (2002a): Decadal environmental changes on the dune field of Maspalomas (Canary Islands): evidence of an erosive tendency. *Littoral 2002. The Changing Coast. EUROCAST/EUCC*. Porto, Portugal. 293-297.

HERNÁNDEZ CALVENTO, L.; RUIZ, P.; PÉREZ-CHACÓN, E.; SUÁREZ, C.; ALONSO, I. y ALCÁNTARA-CARRIÓ, J. (2002b): Pasillos de sombra eólica generados por los kioscos de playa del Inglés (Gran Canaria). Resultados preliminares; En: SERRANO, E.; GARCÍA DE CELIS, A.; GUERRA, J.C.; MORALES, C.G. y ORTEGA, M.T. (Eds.): *Estudios recientes (2000-2002) en geomorfología. Patrimonio, montaña y dinámica territorial*. Sociedad Española de Geomorfología y Departamento de Geografía (Universidad de Valladolid). Valladolid. 141-148.

HERNÁNDEZ CALVENTO, L.; RUIZ, P.; ALONSO, I.; ALCÁNTARA, J.; PÉREZ-CHACÓN, E. y SUÁREZ, C. (2003a): Transformaciones inducidas por el desarrollo turístico en el campo de dunas de Maspalomas (Gran Canaria, Islas Canarias). *Geofocus*, 3: 127-142.

HERNÁNDEZ CALVENTO, L.; PÉREZ-CHACÓN, E.; RUIZ, P.; ROMERO, L.E. y SUÁREZ, C. (2003b): Alteraciones de la vegetación inducidas por la actividad humana en la Reserva Natural Especial de las Dunas de Maspalomas (Gran Canaria, Islas Canarias); En: BELTRÁN, E.; AROZENA, M.E. y DORTA, P.J. (Eds.): *La biogeografía: ciencia geográfica y ciencia biológica*. 263-275.

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. (Eds.): *Procesos geomorfológicos y evolución costera* Universidad de Santiago de Compostela. 67-81.

HERNÁNDEZ CALVENTO, L. (2005): Costa sur: Maspalomas; En: HERNÁNDEZ, L.; ALONSO, I.; MANGAS, J. y YANES, A.: *Tendencias actuales en geomorfología litoral*. Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. 271-289.

HERNÁNDEZ CALVENTO, L. (2006): *Diagnóstico sobre la evolución del sistema de dunas de Maspalomas (1960-2000)*. Cabildo de Gran Canaria. Las Palmas de Gran Canaria. 361 pp.

HERNÁNDEZ CALVENTO, L.; RUIZ, P.; PÉREZ-CHACÓN, E.; ALONSO, I.; ALCÁNTARA-CARRIÓ, J. y SUÁREZ, C. (2006): Transformaciones ambientales en ecosistemas dunares inducidas por el desarrollo turístico: el ejemplo de Maspalomas (Gran Canaria, Islas Canarias); En: SANJAUME, E. y MATEU, J.F. (Eds.): *Geomorfología litoral y Cuaternari*. Homenaje al profesor Vicenç M. Rosselló i Verger. Universidad de Valencia. 203-214.

HERNÁNDEZ CALVENTO, L.; ALONSO, I.; SÁNCHEZ-PÉREZ, I.; ALCÁNTARA-CARRIÓ, J. y MONTESDEOCA, I. (2007a): Shortage of sediments in the 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 CALVENTO, L.; OJEDA, J.; SÁNCHEZ, N. y MÁYER, P. (2007b): Aproximación al análisis del desplazamiento de las dunas de Maspalomas (Gran Canaria, Islas Canarias); En: GÓMEZ-PUJOL, L. y FORNÓS, J.J. (Eds.): *Investigaciones Recientes (2005-2007) en Geomorfología Litoral*. Universitat de les Illes Balears. 107-111.

HERNÁNDEZ CORDERO, A.I.; HERNÁNDEZ CALVENTO, L.; PÉREZ-CHACÓN, E.; MÁYER, P.; ROMERO, L.E.; ALONSO, I.; SÁNCHEZ, I.; MARTÍN, M.; MEDINA, S. y MIRANDA, Y. (2006a): Seguimiento de la dinámica de dunas litorales en la playa de Maspalomas (Gran Canaria, Islas Canarias, España); En: *Actas de la IX reunión nacional de Geomorfología*. Universidad de Santiago de Compostela. 389-400.

HERNÁNDEZ CORDERO, A.I.; PÉREZ-CHACÓN, E. y HERNÁNDEZ CALVENTO, L. (2006b): 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* Special Issue 48: 69-76.

HERNÁNDEZ CORDERO, A.I.; PÉREZ-CHACÓN, E. y HERNÁNDEZ CALVENTO, L. (2006c): Evolución de las poblaciones de *Traganum moquinii* en el campo de dunas de Maspalomas (Gran Canaria, Islas Canarias, España): una aproximación mediante Sistemas de Información Geográfica. *IV Congreso Español de Biogeografía*.

HERNÁNDEZ CORDERO, A.I.; PÉREZ-CHACÓN, E. y HERNÁNDEZ CALVENTO, L. (2008): Evolución de las poblaciones de *Traganum moquinii* en la playa del Inglés (Dunas de Maspalomas, Gran Canaria, Islas Canarias): una aproximación mediante Sistemas de Información Geográfica; En: REDONDO, M.M.; PALACIOS, M.T.; LÓPEZ, F.J.; SANTAMARÍA, T. y SÁNCHEZ, D. (Eds): *Avances en Biogeografía*. Universidad Complutense de Madrid. 399-406.

HERNÁNDEZ CORDERO, A.I., PÉREZ-CHACÓN, E. y HERNÁNDEZ CALVENTO, L. (2008): Aplicación de Tecnologías de la Información Geográfica al estudio de la vegetación en sistemas de dunas litorales. Resultados preliminares en el campo de dunas de Maspalomas (Gran Canaria, Islas Canarias); En: HERNÁNDEZ CALVENTO, L. y PARREÑO CASTELLANO, J.M. (Eds.): *Tecnologías de la Información Geográfica para el Desarrollo Territorial*. Universidad de Las Palmas de Gran Canaria, Las Palmas de Gran Canaria. 603-617.

HERNÁNDEZ CORDERO, A.I., PÉREZ-CHACÓN, E. y HERNÁNDEZ CALVENTO, L. (2008): Dinámica de la comunidad de *Cyperus laevigatus* en el sistema de dunas de Maspalomas (Gran Canaria, Islas Canarias); En: GIMÉNEZ, P.; MARCO, J.A.; MATARREDONA, E. PADILLA, A. Y SÁNCHEZ, A. (Eds.): *Biogeografía una ciencia para la conservación del medio*. Universidad de Alicante. 481-489.

HERTLING, U. y LUBKE, R.A. (1999): Indigenous and *Ammophila arenaria*-dominated dune vegetation on the South African Cape coast. *Applied Vegetation Science* 2: 157-168.

HESP, P.A. (1981): The formation of shadow dunes. *Journal of sedimentary and petrology* 51 (1): 101-112.

HESP, P.A. (1984): The formation of sand “beach ridges” and foredunes. *Search* 15 (9-10): 289-291.

HESP, P.A. (1984): Foredune formation in southeast Australia; En: THOM, B.G. (Ed.): *Coastal geomorphology in Australia*. Academia Press. London. 69-97.

HESP, P.A. (1988): Morphology, dynamics and internal stratification of some established foredunes in southeast Australia. *Sedimentary Geology* 55: 17-41.

HESP, P.A. (1989): A review of biological and geomorphological processes involved in the initiation and development of incipient foredunes; En: GIMMINGHAM, C.H.; RITCHIE, W.; WILLETTS, B.B. y WILLIS, A.J. (Eds.): *Coastal sand dunes*. Proceedings of the Royal Society of Edinburgh, vol 96B. Roy Soc. Edinb, Edinburgh, 181-201.

HESP, P.A. y THOM, B.G. (1990): Geomorphology and evolution of active transgressive dunefields; En: NORDSTROM, K.F.; PSUTY, N.P. y CARTER, R.W.G.: *Coastal dunes. Form and Process*. Wiley & Sons. Chichester. 253-288.

HESP, P.A. (1991): Ecological processes and plant adaptations on coastal dunes. *Journal of Arid Environments* 21: 165-191.

HESP, P.A. (2002): Foredunes and blowout: initiation, geomorphology and dynamics. *Geomorphology* 48: 245-268.

HESP, P.A. (2004): Coastal dune sin the tropics and temperate regions: location, formation, morphology and vegetation processes; En: MARTÍNEZ, M.L. y PSUTY, N.P.: *Coastal dunes. Ecology and Conservation*. Ecological Studies 171. Springer. 29-49.

HESP, P.A.; DILLENBURG, S.R.; BARBOZA, E.G.; TOMAZELLI, L.J.; AYUP-ZOUAIN, R.N.; ESTEVES, L.S.; GRUBER, N.L.S.; TOLDO, E.E.; TABAJARA, L.L.C. DE A. y CLEROT, L.C.P. (2005a): Beach ridges, foredunes or transgressive dunefields? Definitions and an examination of the Torres to Tramandaí barrier system, Southern Brazil. *Anais de Academia Brasileira de Ciencias* 77 (3): 493-508.

HESP, P.A.; DAVIDSON-ARNOTT, R.; WALKER, I.J. y OLLERHEAD, J. (2005b): Flow dynamics over a foredune at Prince Edgard Island, Canada. *Geomorphology* 65: 71-84.

HESP, P.A. (2007): Transgressive dunefield initiation, morphology, stabilisation and models; *ICCD 2007 International Conference on Management and Restoration of Coastal Dunes*. Santander, España. 14-16.

HESP, P.A. y MARTÍNEZ, M.L. (2008): Transverse dune trailing ridges and vegetation succession. *Geomorphology* 99: 205-213.

HEWETT, D.G. (1970): The colonization of sand dunes after stabilization with marras grass (*Ammophila arenaria*). *Journal of Ecology* 58: 653-668.

HILTON, M.; DUNCAN, M. y JUL, A. (2005): Processes of *Ammophila arenaria* (Marram Grass) invasion and indigenous species displacement, Stewart Island, New Zealand. *Journal of Coastal Research* 21 (1): 175-185.

HILTON, M.; HARVEY, N.; HART, A.; JAMES, K. y ARBUCKLE, C. (2006): The impact of exotic dune grass species on foredune development in Australia and New Zealand: a case study of *Ammophila arenaria* and *Thinopyrum junceiforme*. *Australian Geographer* 37 (3): 313-334.

HOBBS, R.J. y GRACE, J. (1981): A study of pattern and process in coastal vegetation using principal components analysis. *Vegetatio* 44: 137-153.

HOLM, D.A. (1968). Sand dunes; En: FAIRBRIDGE, R.W. (Ed.): *The encyclopedia of geomorphology*. Reinhold. NewYork. 973-979.

HONRADO, J.; PEREIRA, R.; ARAÚJO, R; SANTOS, G.; MATOS, J.; ALVES, P.; ALVES, H. N.; PINTO, I.S. y CALDAS, F.B. (2002): Classification and mapping of terrestrial and inter-tidal vegetation in the atlantic coast of Northern Portugal. *Littoral 2002. The Changing Coast. EUROCAST/EUCC*. Porto, Portugal. 211-215.

HOPE-SIMPSON, J.F. y JEFFERIES, R.L. (1966): Observations relating to vigour and debility in Marram Grass (*Ammophila arenaria* L. Link). *The Journal of Ecology* 54 (1): 271-274.

HUISKES, A.H.L. (1977): The natural establishment of *Ammophila arenaria* from seed. *Oikos* 29 (1): 133-136.

HUISKES, A.H.L. (1979): Biological flora of the British Islands. *Ammophila arenaria*. *Journal of Ecology* 67: 363-382.

ISTAC (Instituto Canario de Estadística) (2008): *Anuario estadístico de Canarias 2007*. Gobierno de Canarias, Las Palmas de Gran Canaria. 359 pp.

INSTITUTO TECNOLÓGICO GEOMINERO DE ESPAÑA (ITGE) (1990): *Mapa geológico de España escala 1:25.000. 1114-III (83-86; 83-87): Maspalomas*. Madrid. 93 pp.

JIMÉNEZ, J.A.; MAIA, L.P.; SERRA, J. y MORAIS, J. (1999): Aeolian dune migration along the Ceará coast, north-eastern Brazil. *Sedimentology* 46: 689-701.

JOHNSON, A.F. (1977): A survey of the strand and dune vegetation along Pacific and southern gulf coasts of Baja California, Mexico. *Journal of Biogeography* 7: 83-99.

JOHNSON, A.F. (1982): Dune vegetation along the eastern shore of the Gulf of California. *Journal of Biogeography* 9: 317-330.

JONES, R. y ETHERINGTON, J.R (1971): Comparative studies of plant growth and distribution in relation to waterlogging: IV. The growth of dune and dune slack plants. *The Journal of Ecology* 59 (3): 793-801.

JUDD, F.W.; LONARD, R.I. y SIDES, S.L. (1977): The vegetation of South Padre Island, Texas in relation to topography. *The Southwestern Naturalist* 22 (1): 31-48.

KADMON, R. y HARARI-KREMER, R. (1999): Studying long-term vegetation dynamics using digital processing of historical aerial photographs. *Remote Sensing Environmental* 68: 164-176.

KASSAS, M. y ZAHRAN, M.A. (1967): On the ecology of the Red Sea littoral salt marsh, Egypt. *Ecological Monographs* 37 (4): 297-315.

KELLMAN, M. y KADING, M. (1992): Facilitation of tree seedling establishment in a sand dune succession. *Journal of Vegetation Science* 3 (5): 679-688.

KENT, M.; OWEN, N.W. y DALE, P.; NEWNHAM, R.M. y GILES, T.M. (2001): Studies of vegetational burial: a focus for biogeography and biogeomorphology?. *Progress in Physical Geography* 25 (4): 455-482.

KENT, M.; OWEN, N.W. y DALE, M.P. (2005): Photosynthetic responses of plant communities to sand burial on the machair dune systems of the Outer Hebrides, Scotland. *Annals of Botany* 95: 869-877.

KERLEY, G.I.H.; MCLACHLAN, A. y CASTLEY, J.G. (1996): Diversity and dynamics of bushpockets in the Alexandria coastal dunefield, South Africa. *Landscape and Urban Planning* 34: 255-266.

KIM, K.D. (2005): Invasive plants on disturbed Korean sand dunes. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 62: 353-364.

KLUG, H. (1968): *Morphologische studien auf den Kanarischen inseln. Beiträge zur kustenentwicklung und tabildung auf einen vulkanischen archipel*. Schriften des Geographischen Instituts der Universität Kiel n° 24. Kiel. 184 pp.

KNEVEL, I.C. (2001): *The life history of selected coastal foredune species of South Africa*. Tesis Doctoral. Departamento de Botánica. Universidad de Rhodes. 276 pp.

KOCUREK, G. y NIELSON, J. (1986): Conditions favourable for the formation of warm-climate aeolian sand sheets. *Sedimentology* 33: 795-816.

KOSKE, R.E.; GEMMA, J.N.; CORKIDI, L.; SIGÜENZA, C. y RINCÓN, E. (2004): Arbuscular mycorrhizas in coastal dunes; En: MARTÍNEZ, M.L. y PSUTY, N.P.: *Coastal dunes. Ecology and Conservation*. Ecological Studies 171. Springer. 173-187.

KUMLER, M.L. (1969): Plant succession on the dunes of the Oregon coast. *Ecology* 50 (4): 695-704.

KUNKEL, G. (1971): *La vegetación de La Graciosa y notas sobre Alegranza, Montaña Clara y el Roque del Infierno*. Monographiae Biologicae Canariensis 2. Cabildo Insular de Gran Canaria. Las Palmas de Gran Canaria. 67 pp.

KURIYAMA, Y.; MOCHIZUKI, N. y NAKASHIMA, T. (2005): Influence of vegetation on aeolian sand transport rate from a backshore to a foredune at Hasaki, Japan. *Sedimentology* 52: 1123-1132.

KUTIEL, P.; ZHEVELEV, H. Y HARRISON, R. (1999): The effect of recreational impacts on soil and vegetation of stabilised coastal sand dunes in the Sharon Park, Israel. *Ocean and Coastal Management* 42: 1041-1060.

KUTIEL, P.; EDEN, Z. y ZHEVELEV, H. (2001): The impact of motorcycle traffic on soil and vegetation of stabilized coastal dunes, Israel. *Journal of Coastal Conservation* 7: 81-90.

KUTIEL, P. (2001): Conservation and management of the Mediterranean coastal sand dunes in Israel. *Journal of Coastal Conservation* 7: 183-192.

KUTIEL, P.; COHEN, O.; SHOSHANY, M. y SHUB, M. (2004): Vegetation establishment on the southern Israeli coastal sand dunes between the years 1965 and 1999. *Landscape and urban planning* 67: 141-156.

LABUZ, T.A. (2004): Coastal dune development under natural and human influence on Swina Gate Barrier (Polish coast of Pomeranian Bay); En: SCHERNEWKI, G. y LOSER, N. (Eds.): *Managing the Baltic Sea*. Coastline Reports 2. 129-138.

LABUZ, T.A. y GRUNEWALD, R. (2007): Studies on vegetation cover of the youngest dunes of the Swina Gate Barrier (western Polish coast). *Journal of Coastal Research* 23 (1): 160-172.

LAING, C.C. (1958): Studies in the ecology of *Ammophila breviligulata* I. Seedling survival and its relation to population increase and dispersal. *Botanical Gazette* 119 (4): 208-216.

LAING, C.C. (1967): The ecology of *Ammophila breviligulata* II. Genetic changes as a factor in population decline on stable dunes. *American Midland Naturalist* 77 (2): 495-500.

LAMMERTS, E.J.; PEGTEL, D.M.; GROOTJANS, A.P. y VAN DER VEEN, A. (1999): Nutrient limitation and vegetation changes in a coastal dune slack. *Journal of Vegetation Science* 10 (1): 111-122.

LAMMERTS, E.J.; MAAS, C. y GROOTJANS, A.P. (2001): Groundwater variables and vegetation in dune slacks. *Ecological Engineering* 17: 33-47.

LANCASTER, I.N. (1989a): Star dunes. *Progress in Physical Geography* 13 (1): 67-91.

LANCASTER, I.N. (1989b): The dynamics of star dunes: an example from the Gran Desierto, Mexico. *Sedimentology* 36 (2): 273-290.

LANCASTER, N. y BAAS, A. (1998): Influence of vegetation cover on sand transport by wind: field studies at Owens Lake, California. *Earth Surface and Landforms* 23: 69-82.

LEE, J.A. y IGNACIUK, R. (1985): The physiological ecology of a strandline plants. *Vegetatio* 62: 319-326.

LEFSKY, M.A.; COHEN, W.B.; PARKER, G.G. y HARDING, D.J. (2002): Lidar remote sensing for ecosystem studies. *BioScience* 52 (1): 19-30.

LEÓN, M. (2009): *Iniciación en técnicas de investigación para el estudio de sistemas dunares*. Memoria de justificación beca de colaboración. Departamento de Geografía. Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. 20 pp.

LEVIN, N. y BEN-DOR, E. (2004): Monitoring sand dune stabilization along the coastal dunes of Ashdod-Nizanim, Israel, 1945-1999. *Journal of Arid Environments* 58: 335-355.

LEVIN, N.; KIDRON, G.J. y BEN-DOR, E. (2006): The spatial and temporal variability of sand erosion across a stabilizing coastal dune field. *Sedimentology* 53: 697-715.

LEVIN, N.; KIDRON, G.J. y BEN-DOR, E. (2008): A field quantification of coastal dune perennial plants as indicators of surface stability, erosion o deposition. *Sedimentology* 55 (4): 751-772.

LEY, C.; GALLEGGO, J.B. y VIDAL, C. (2007): *Manual de restauración de dunas costeras*. Ministerio de Medio Ambiente. Dirección General de Costas. Santander. 251 pp.

LICHTER, J. (1998): Primary succession and forest development on coastal Lake Michigan sand dunes. *Ecological Monographs* 68 (4): 487-510.

LICHTER, J. (2000): Colonization constraints during primary succession on coastal Lake Michigan sand dunes. *Journal of Ecology* 88: 825-839.

LIU, Z.; LI, X.; YAN, Q. y WU, J. (2007): Species richness and vegetation pattern in interdune lowlands o fan active dune field in inner Mongolia, China. *Biological Conservation* 140: 29-39.

LONDO, G. (1974): Successive mapping of dune slack vegetation. *Vegetatio* 29: 51-61.

LORENZO, J.A (Ed) (2007): *Atlas de las aves nidificantes en el Archipiélago Canario (1997-2003)*. Dirección General de Conservación de la Naturaleza-Sociedad Española de Ornitología. Madrid. 520 pp.

LUBKE, R.A. y AVIS, A.M. (1982): The effect of salt spray on the growth of *Scirpus nodosus*. *South Africa Journal of Botany* 1 (4): 163-164.

LUBKE, R.A. y HERTLING, U.M. (2001): The role of european marram grass in dune stabilization and succession near Cape Agulhas, South Africa. *Journal of Coastal Conservation* 7: 171-182.

LUBKE, R.A. (2004): Vegetation dynamics and succession on sand dunes of the eastern coasts of Africa; En: MARTÍNEZ, M.L. y PSUTY, N.P.: *Coastal dunes. Ecology and Conservation*. Ecological Studies 171. Springer. 67-84.

LUCAS, N.S.; SHANMUGAM, S. y BARNESLEY, M. (2002): Sub-pixel habitat mapping of a coastal dune ecosystem. *Applied Geography* 22: 253-270.

MARRERO, A. (1991): La flora y vegetación del Parque Natural de los Islotes del norte de Lanzarote y Riscos de Famara. Su situación actual. *1ª Jornadas Atlánticas de Protección del Medio Ambiente*. 195-211.

MARRERO, M.C.; RODRÍGUEZ, O. y WILDPRET, W. (2003): *Plocametum pendulae* («balera») nueva asociación de las Canarias Occidentales. *Vieraea* 31: 377-390.

MARTIN, W.E. (1959): The vegetation of Island Beach State Park, New Jersey. *Ecological Monographs* 29 (1): 1-46.

MARTÍN, F.; NADAL, I. y GUITIÁN, C. (1978): El sistema de dunas de Maspalomas: valor científico y reflexión ecologista. *Aguayro* 97: 8-13.

MARTÍN, A. y LORENZO, J.A. (2001): *Aves del Archipiélago Canario*. Francisco Lemus Editor. La Laguna. 787 pp.

MARTÍNEZ, J. (1985): Dunas de Maspalomas (Gran Canaria, España): los parámetros morfoscópicos-granulométricos. *Boletín Geológico y Minero* 96 (5): 486-491.

MARTÍNEZ, J. (1986): Dunas de Maspalomas (Gran Canaria): naturaleza petrológica de sus arenas. *Anuario de Estudios Atlánticos* 32: 785-794.

MARTÍNEZ, J. (1990): La provincia morfodinámica de Morro Besudo-Faro de Maspalomas (Isla de Gran Canaria, España): conocimiento y comprensión de sus procesos geomorfológicos y sedimentarios para la planificación y gestión de este litoral. *I Reunión Nacional de Geomorfología*: 351-363.

MARTÍNEZ, J. (1994): Cartographic characterization of the littoral camps of dunes. *Coastal Dynamics '94. Proceedings of an International Conference on the role of the Large Scale Experiments in Coastal Research*: 462-475.

MARTÍNEZ, J.; CARPIO, P.; GÓMEZ, M.; HERNÁNDEZ, T. y MENA, A. (1986): *Dunas de Maspalomas: Geología e impacto del entorno*. Excmo. Cabildo Insular de Gran Canaria. Las Palmas de Gran Canaria. 151 pp.

MARTÍNEZ, J.; CASAS, D.; PELEGRÍ, J.L.; SANGRA, P. y MARTÍNEZ, A. (1995): Metodología verificada en el estudio de las dunas litorales. *III Jornadas Españolas de Ingeniería de Costas y Puertos*: 667-688.

MARTÍNEZ, M.L.; MORENO-CASASOLA, P. y RINCÓN, E. (1994): Sobrevivencia y crecimiento de plántulas de un arbusto endémico de dunas costeras ante condiciones de sequía. *Acta Botánica Mexicana* 26: 53-62.

MARTÍNEZ, M.L. y MORENO-CASASOLA, P. (1996): Effects of burial by sand on seedling growth and survival in six tropical sand dune species from the Gulf of Mexico. *Journal of Coastal Research* 12 (2): 406-419.

MARTÍNEZ, M.L. y MORENO-CASASOLA, P. (1998): The biological flora of coastal dunes and wetlands: *Chamaecrista chamaecristoides* (Colladon) I. & B. *Journal of Coastal Research* 14 (1): 162-174.

MARTÍNEZ, M.L.; VÁZQUEZ, G. y SÁNCHEZ, S. (2001): Spatial and temporal variability during primary succession on tropical coastal sand dunes. *Journal of Vegetation Science* 12: 361-372.

MARTÍNEZ, M.L. (2003): Facilitation of seedling establishment by an endemic shrub in tropical coastal sand dune. *Plant Ecology* 168: 333-345.

MARTÍNEZ, M.L. y GARCÍA-FRANCO, J.G. (2004): Plant-plant interactions in coastal dunes; En: MARTÍNEZ, M.L. y PSUTY, N.P.: *Coastal dunes. Ecology and Conservation*. Ecological Studies 171. Springer. 205-220.

MARTÍNEZ, M.L. y PSUTY, N.P. (2004): *Coastal dunes. Ecology and Conservation*. Ecological Studies 171. Springer. 386 pp.

MARTÍNEZ, M.L.; PSUTY, N.P. y LUBKE, R.A. (2004): A perspectiva on coastal dunes; En: MARTÍNEZ, M.L. y PSUTY, N.P.: *Coastal dunes. Ecology and Conservation*. Ecological Studies 171. Springer. 3-10.

MARTÍNEZ, M.L. (2009): *Las playas y las dunas costeras: un hogar en movimiento*. Fondo de Cultura Económica. México. 189 pp.

MARZOL, V. (1988): *La lluvia, un recurso natural para Canarias*. Caja General de Ahorros de Canarias. Santa Cruz de Tenerife. 220 pp.

MARZOL, V. (2000): El clima; En: MORALES, G. y PÉREZ, R.: *Gran atlas temático de Canarias*. Editorial Interinsular Canaria. 87-106.

MATTEUCCI, S.D. y COLMA, A. (1982): *Metodología para el estudio de la vegetación*. Secretaría General de la Organización de los Estados Americanos. Washington, D.C. 168 pp.

MAUN, M.A. (1984): Colonization ability of *Ammophila breviligulata* through vegetative regeneration. *Journal of Ecology* 72: 565-574.

MAUN, M.A. y LAPIERRE, J. (1984): The effects of burial by sand on *Ammophila breviligulata*. *Journal of Ecology* 72: 827-839.

MAUN, M.A. y LAPIERRE, J. (1986): Effects of burial by sand on seed germination and seedling emergence of four dune species. *America Journal of Botany* 73 (3): 450-455.

MAUN, M.A. (1994): Adaptations enhancing survival and establishment of seedling on coastal dune systems. *Vegetatio* 111: 59-70.

MAUN, M.A. (1998): Adaptations of plants to burial in coastal sand dune systems. *Canadian Journal of Botany* 76: 713-738.

MAUN, M.A. y PERUMAL, J. (1999): Zonation of vegetation on lacustrine coastal dunes: effects of burial by sand. *Ecology letters*, 2: 14-18.

MAUN, M.A. (2004): Burial of plants as a selective force in sand dunes; En: MARTÍNEZ, M.L. y PSUTY, N.P.: *Coastal dunes. Ecology and Conservation*. Ecological Studies 171. Springer. 119-135.

MAUN, M.A. (2009): *The biology of coastal sand dunes*. Ed. Oxford University Press. New York. 265 pp.

MCBRIDE, J.R. y STONE, E.C. (1976): Plant succession on the sand dunes of the Monterey Peninsula, California. *The American Midland Naturalist* 96 (1): 118-132.

MCLACHLAN, A. (1990): The exchange of materials between dune and beach systems; En: NORDSTROM, K.F.; PSUTY, N.P. y CARTER, R.W.G.: *Coastal dunes. Form and Process*. Ed. Wiley & Sons. Chichester. 201-215.

MCLACHLAN, A.; KERLEY, G. y RICKARD, C. (1996): Ecology and energetics of slacks in the Alexandria coastal dunefield. *Landscape and Urban Planning* 34: 267-276.

MCKEE, E.D. (1979): Introduction to a study of global sand seas. En: MCKEE, E.D. (Ed.): *A study of Global Sand Seas*. United States Geological Survey. Professional Paper. Vol. 1052. 1-19.

MEAZA, G. (Coord.) (2000): *Metodología y práctica de la biogeografía*. Ediciones del Servel. Barcelona. 392 pp.

MELIÁN, B.; HERNÁNDEZ, A.I.; MENÉNDEZ, I.; MANGAS, J.; MARTÍN, M. y SÁNCHEZ-PÉREZ, I. (2005): Evolución freática en los espacios interdunares de

Maspalomas (Gran Canaria, Islas Canarias): resultados preliminares; En: HERNÁNDEZ, L.; ALONSO, I.; MANGAS, J. y YANES, A.: *Tendencias actuales en geomorfología litoral*. Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. 143-147.

MIGAHID, A.M.; BATANOUNY, K.H. y ZAKI, M.A.F. (1971): Phytosociological and ecological study of a sector in the Mediterranean coastal region in Egypt. *Vegetatio* 23 (1-2): 113-134.

MIGAHID, M.M. (2003): Effect of salinity shock on some desert species native to the northern part of Egypt. *Journal of Arid Environments* 53: 155-167.

MINISTERIO DE MEDIOAMBIENTE (2002): *Estudio ecocartográfico del litoral de la zona sur de la isla de Gran Canaria (Las Palmas)*. Secretaría de Estado y Aguas. Dirección General de Costas. 7 cajas con 42 tomos + 1 carpeta con documentación digital.

MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE (2007): *Estudio integral de la playa y dunas de Maspalomas (Gran Canaria)*. Secretaría General para el Territorio y la Biodiversidad. Dirección General de Costas. 698 pp.

MITASOVA, H. y HOFIERKA, J. (2003): Impact of new mapping technologies on communication of geospatial information. *Kartografické listy* 11: 1-9.

MITASOVA, H.; OVERTON, M. y HARMON, R.S. (2005): Geospatial analysis of a coastal sand dune field evolution: Jockey's Ridge, North Carolina. *Geomorphology* 72: 204-221.

MONTELONGO, V.; NAVARRO, B.; NADAL, I. y GUITIÁN, C. (1978): Proyecto de Parque Natural "Dunas de Maspalomas". *Aguayro* 105: 8-13.

MORA, J.L.; ARBELO, C.D. y RODRÍGUEZ, A. (2009): Características de los suelos de las Islas Canarias en relación a la vegetación natural; En: BELTRÁN, E.; AFONSO-CARRILLO, J.; GARCÍA, A. y RODRÍGUEZ, O.: *Homenaje al Profesor Dr. Wolfredo Wildpret de la Torre*. Instituto de Estudios Canarios. 665-684.

MORENO-CASASOLA, P.; VAN DER MAAREL, E.; CASTILLO, S.; HUESCA, M.L. y PISANTY, I. (1982): Ecología de la vegetación de dunas costeras: estructura y composición en el Morro de la Mancha, Ver I. *Biótica* 7 (4): 491-526.

MORENO-CASASOLA, P. (1982): Ecología de la vegetación de dunas costeras: factores físicos. *Biótica* 7 (4): 577-602.

MORENO-CASASOLA, P. (1986): Sand movement as a factor in the distribution of plant communities in a coastal dune system. *Vegetatio* 65: 67-76.

MORENO-CASASOLA, P. y ESPEJEL, I. (1986): Classification and ordination of coastal sand dune vegetation along the Gula and Caribbean Sea of Mexico. *Vegetatio* 66: 147-182.

MORENO-CASASOLA, P. (1988): Patterns of plant species distribution on coastal dunes along the Gulf of Mexico. *Journal of Biogeography* 15: 787-806.

MORENO-CASASOLA, P. y VÁZQUEZ, G. (1999): The relationship between vegetation dynamics and water table in the tropical dune slacks. *Journal of Vegetation Science* 10: 515-524.

MÜLLER-HOHENSTEIN, K. (1992): Las dunas como ecosistemas: experiencias en Europa, Arabia y África. *Bosque* 13 (1): 9-21.

MUÑOZ-REINOSO, J.C. (1995): Influencia del agua freática sobre la vegetación de las áreas de descarga sobre arenas en la Reserva Biológica de Doñana. *Limnética* 11 (2): 9-16.

MUÑOZ-REINOSO, J.C. (2001): Vegetation changes and groundwater abstraction in SW Doñana, Spain. *Journal of Hydrology* 242: 197-209.

MUÑOZ-REINOSO, J.C. y DE CASTRO, F.J. (2005): Application of a statistical water-table model reveals connections between dunes and vegetation at Doñana. *Journal of Arid Environments* 60: 663-679.

MUÑOZ-REINOSO, J.C. y GARCÍA-NOVO, F. (2005): Multiscale control of vegetation patterns: the case of Doñana (SW Spain). *Landscape Ecology* 20: 51-61.

MUÑOZ-VALLÉS, S. y GALLEGO, J.B. (2003): Ecological map and dune vulnerability checklist of El Rompido Spit (Huelva, SW Spain). *Proceedings of the Sixth International Conference on the Mediterranean Coastal Environment, MEDCOAST 03*. Ravenna, Italy. 193-202.

MUSILA, W.M.; KINYAMARIO, J.I. y JUNGRIUS, P.D. (2001): Vegetation dynamics of coastal sand dunes near Malindi, Kenya. *Afr. Ecol.* 39: 170-177.

NADAL, I. y GUITIÁN, C. (1983): *El sur de Gran Canaria: entre el turismo y la marginación*. Cuadernos Canarios de Ciencias Sociales, nº 9. Centro de Investigación

Económica y Social de la Caja Insular de Ahorros de Gran Canaria, Lanzarote y Fuerteventura. Madrid. 236 pp.

NARANJO, R. (1999): *Maspalomas espacio natural*. Ayuntamiento de San Bartolomé de Tirajana. Concejalía de Turismo. 365 pp.

NISHIMORI, H. y TANAKA, H. (2001): A simple model for the formation of vegetated dunes. *Earth Surface Processes and Landforms* 26: 1143-1150.

NOEST, V. (1994): A hydrology-vegetation interaction model for predicting the occurrence of plant species in dune slacks. *Journal of Environmental Management* 40: 119-128.

NORDSTROM, K.F. y LOTSTEIN, E.L. (1989): Perspective on resource use of dynamic coastal dunes. *The Geographical Review* 79 (1): 1- 12.

NORDSTROM, K.F.; PSUTY, N.P. y CARTER, R.W.G. (1990): *Coastal dunes. Form and Process*. Wiley & Sons. Chichester. 392 pp.

NORDSTROM, K.F.; JACKSON, N.L.; HARTMAN, J.M. y WONG, M. (2007): Aeolian sediment transport on a human-altered foredune. *Earth Surface Processes and Landforms* 32: 102-115.

NOVA SCOTIA MUSEUM OF NATURAL HISTORY. Dune system; En: *Natural history of Nova Scotia, Volumen I*. 423-426.

OJEDA, J; VALLEJO, I. y MALVAREZ, G.C. (2005): Morphometric evolution of the active dunes system of the Doñana National Park, southern Spain (1977-1999). *Journal of Coastal Research* SI 49: 40-45.

OJEDA, J.; VALLEJO, I.; HERNÁNDEZ, L. y ÁLVAREZ, J. (2007): Fotogrametría digital y lidar como fuentes de información en geomorfológica litoral (marismas mareales y sistemas dunares): el potencial de su análisis espacial a través de SIG. *Boletín de la A.G.E.* 44: 215-233.

OJEDA, J.; VALLEJO, I. y HERNÁNDEZ, L. (2007): Utilidades de la tecnología LIDAR en la caracterización morfométrica de sistemas dunares: El caso de Maspalomas (Gran Canaria, Islas Canarias); En: GÓMEZ-PUJOL, L. y FORNÓS, J.J. (Eds.): *Investigaciones Recientes (2005-2007) en Geomorfología Litoral*. Universitat de les Illes Balears. 113-117.

OLFF, H.; HUISMAN, J. y TOOREN, B.F. van (1993): Species dynamics and nutrient accumulation during early primary succession in coastal sand dunes. *Journal of Ecology* 81: 693-706.

OLSON, J.S. (1958): Rates of succession and soil changes on southern Lake Michigan sand dunes. *Botanical Gazette* 119 (3): 125-170.

ONKWARE, A.O. (2000): Effect of soil on plant distribution and production at Loburu delta, Lake Bogoria National Reserve, Kenya. *Austral Ecology* 25: 140-149.

ONYEKWELU, S.S.C. (1972): The vegetation of dune slacks at Newborough Warren: I. Ordination of vegetation. *The Journal of Ecology* 60 (3): 887-898.

OOSTING, H.J. y BILLINGS, W.D. (1942): Factors effecting vegetational zonation on coastal dunes. *Ecology* 23 (2): 131-142.

OOSTING, H.J. (1945): Tolerance to salt spray of plants of coastal dunes. *Ecology* 26 (1): 85-89.

OWEN, N.W.; KENT, M.; y DALE, P. (2001): Spatial and temporal variability in seed dynamics of machair sand dune plant communities, the Outer Hebrides, Scotland. *Journal of Biogeography* 28: 565-588.

PALMER, A.R. y VAN STADEN, J.M. (1992): Predicting the distribution of plant communities using annual rainfall and elevation: an example from southern Africa. *Journal of Vegetation Science* 3 (2): 261-266.

PANAREDA, J.M. (2000): Cartografía y representación biogeográfica; En: MEAZA, G. (Coord.): *Metodología y práctica de la biogeografía*. Ediciones del Serval. Barcelona. 273-316.

PANARIO, D. y GUTIÉRREZ, O. (2005): La vegetación en la evolución de playas arenosas. El caso de la costa uruguaya. *Ecosistemas* 2: 141-152.

PANIZA, A. (2002): *Geografía de la desertificación: procesos de abandono de tierras por salinización en el oasis del norte de Mendoza (Argentina)*. Universidad de Granada. Monográfica Tierras del Sur. 197 pp.

PARREÑO, J.M. (2001): Características de la oferta turística en Maspalomas Costa Canaria En: HERNÁNDEZ, J.A. y PARREÑO, J.M. (Coords.): *Evolución e implicaciones del turismo en Maspalomas Costa Canaria. Tomo I: El espacio turístico Maspalomas Costa Canaria*. Ayuntamiento de San Bartolomé de Tirajana. 103-127.

PASKOFF, R. (2005): Caractérisation et gestion d'un type de dune littorale: les avant-dunes. *Sécheresse* 16 (4): 247-253.

PAZ, E.D. y BASSAGODA, M.J. (2002): La vegetación del SE uruguayo: ambientes y biodiversidad. Documentos de divulgación 5. Museo de Nacional de Historial Natural y Antropología.

PEGMAN, A.P.M. y RAPSON, G.L. (2005): Plant succession and dune dynamics on actively prograding dunes, Whatipu Beach, northern New Zealand. *New Zealand Journal of Botany* 43: 223-244.

PÉREZ-CHACÓN, E.; PELLICER, F.; PITA, M.F.; MARCO, J.A.; PADILLA, A. y LÓPEZ, J.A. (2001): La interpretación del paisaje: una clave de los estudios biogeográficos; En: FERRE, E. y SENCIALES, J.M.: *Investigaciones biogeográficas en el Parque Natural del Cabo de Gata-Níjar (Almería)*. Servicio de publicaciones de la Universidad de Almería. 73-104.

PÉREZ-CHACÓN, E.; HERNÁNDEZ CALVENTO, L., HERNÁNDEZ CORDERO, A., MÁYER SUÁREZ, P., ROMERO MARTÍN, L., ALONSO BILBAO, I., MANGAS VIÑUELA, J., MENÉNDEZ GONZÁLEZ, I., SÁNCHEZ PÉREZ, I., OJEDA ZÚJAR, J., RUIZ FLAÑO, P. y ALCÁNTARA CARRIÓ, J. (2007): *Maspalomas: claves científicas para el análisis de su problemática ambiental*. Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. 38 pp.

PERUMAL, V.J. y MAUN, M.A. (2006): Ecophysiological response of dune species to experimental burial under field and controlled conditions. *Plant Ecology* 184: 89-104.

PINTÓ, J. (2000): Dinámica de la vegetación; En: MEAZA, G. (Coord.): *Metodología y práctica de la biogeografía*. Ediciones del Serval. Barcelona. 147-197.

PIOTROWSKA, H. (1988): The dynamics of the dune vegetation on the Polish Baltic coast. *Vegetatio* 77: 169-175.

PROVOOST, S.; AMPE, C.; BONTE, D.; COSYNS, E. y HOFFMANN, M. (2002): Ecology, management and monitoring of dune grassland in Flanders, Belgium. *Littoral 2002. The Changing Coast. EUROCAST/EUCC*. Porto, Portugal. 11-20.

PSUTY, N.P. (2004): The coastal foredune: a morphological basis for regional coastal dune development; En: MARTÍNEZ, M.L. y PSUTY, N.P.: *Coastal dunes. Ecology and Conservation*. Ecological Studies 171. Springer. 11-27.

PURER, E. (1936): Studies of certain coastal sand dune plants of southern California. *Ecological Monographs* 6 (1): 1-87.

PYE, K. (1990): Physical and human influences on coastal dune development between the Ribble and Mersey estuaries, northwest England; En: NORDSTROM, K.F.; PSUTY, N.P. y CARTER, R.W.G.: *Coastal dunes. Form and Process*. Wiley & Sons. Chichester. 339-359.

PYE, K. y TSOAR, H. (1990): *Aeolian sand and sand dunes*. Unwin Hyman. London. 396 pp.

RAMÍREZ, C.; SAN MARTÍN, C. y SAN MARTÍN, J. (1992): Vegetación y dinámica vegetacional en las dunas litorales chilenas. *Bosque* 13 (1): 41-48.

RANWELL, D. (1958): Movement of vegetated sand dunes at Newborough Warren, Anglesey. *The Journal of Ecology* 46 (1): 83-100.

RANWELL, D. (1959): Newborough Warren, Anglesey: I. The dune system and dune slack habitat. *The Journal of Ecology* 47 (3): 571-601.

RANWELL, D. (1960): Newborough Warren, Anglesey: II. Plant associates and succession cycles of the sand dune and dune slack vegetation. *The Journal of Ecology* 48 (1): 117-141.

RANWELL, D. (1960): Newborough Warren, Anglesey: III. Changes in the vegetation on parts of the dune system after the loss of rabbits by myxomatosis. *The Journal of Ecology* 48 (2): 385-395.

REBÊLO, L.P.; BRITO, P.O. y MONTEIRO, J.H. (2002): Monitoring the Cresmina dune evolution (Portugal) using differential GPS. *Journal of Coastal Research Special Issue* 36: 591-604.

REYES-BETANCORT, J.A.; WILDPRET, W. y LEÓN, M.C. (2001): The vegetation of Lanzarote (Canary islands). *Phytocoenologia* 31 (2): 185-247.

RICHMOND, T.A. y MULLER-DOMBOIS, D. (1972): Coastline ecosystem on Oahu, Hawaii. *Vegetatio* 25 (5-6): 367-400.

RIVAS-MARTÍNEZ, S.; COSTA, M.; CASTROVIEJO, S. y VALDÉS, E. (1980): Vegetación de Doñana (Huelva, España). *Lazaroa* 2: 5-189.

RIVAS, M.M.; LEÓN, M.C.; WILDPRET, W. (1990): El género *Tamarix* L. (Tamaricaceae): consideraciones acerca de los taxones presentes en Canarias. *Vieraea*, 19: 29-44.

- RODGERS, J.C. y PARKER, K.C. (2003): Distribution of alien plant species in relation to human disturbance on the Georgia Sea Islands. *Diversity and Distribution* 9: 385-398.
- RODRÍGUEZ, O. (1993): Bibliografía geobotánica canaria. *Itinera Geobotánica*, 7: 437-507.
- RODRÍGUEZ, O. (Coord.) (2003): *Apuntes sobre flora y vegetación de Gran Canaria*. Ed. Cabildo Insular de Gran Canaria. Las Palmas de Gran Canaria. 271 pp.
- RODRÍGUEZ, O.; DEL ARCO, M.J.; GARCÍA, A.; ACEBES, J.R.; PÉREZ, P.L. y WILDPRET, W. (1998): *Catálogo sintaxonómico de las comunidades vegetales de plantas vasculares de la Subregión Canaria: Islas Canarias e Islas Salvajes*. Materiales Didácticos Universitarios. Servicio de publicaciones Universidad de La Laguna. Santa Cruz de Tenerife. 130 pp.
- ROIG-MUNAR, F.X. (2004): Análisis y consecuencia de la modificación artificial del perfil playa-duna provocado por el efecto mecánico de su limpieza. *Investigaciones Geográficas* 33: 87-103.
- ROXBURGH, S.H.; WILSON, J.B.; GITAY, H. y KING, W.M. (1994): Dune slack vegetation in Southern New Zealand. *New Zealand Journal of Ecology* 18 (1): 51-64.
- ROZÉ, F. y LEMAUVIEL, S. (2004): Sand dune restoration in North Brittany, France: a 10-year monitoring study. *Restoration Ecology* 12 (1): 29-35.
- ROZEMA, J.; BIJL, F.; DUECK, T. y WESSELMAN, H. (1982): Salt-spray stimulated growth in strand-line species. *Physiologia olantarum* 56: 204-210.
- ROZEMA, J.; BIJWAARD, P.; PRAST, G. y BROEKMAN, R. (1985): Ecophysiological adaptations of coastal halophytes from foredunes and salt marshes. *Vegetatio* 62: 499-521.
- RUST, I.C. y ILLENBERGER, W.K. (1996): Coastal dunes: sensitive or not?. *Landscape and Urban Planning* 34: 165-169.
- SALAS, M. y NARANJO, A. (2003): Contribución al estudio de *Cakile maritima* Scop. Subs. *maritima*, novedad florística insular, y de la clase *Cakiletea maritimae*, en Gran Canaria, Islas Canarias. *Vieraea* 31: 65-73.
- SÁNCHEZ-PÉREZ, I. (2004): Los foraminíferos como indicadores de transporte y aporte de sedimentos en Maspalomas (Gran Canaria). *II Jornadas Internacionales de Ciencias del Mar: la erosión costera*. Valencia. 50-52.

SÁNCHEZ-PÉREZ, I.; USERA, J. y ALONSO, I. (2004): Estudio y aplicaciones de los foraminíferos en Maspalomas (Gran Canaria-Islas Canarias). *XX Jornadas de la Sociedad Española de Paleontología*. Alcalá de Henares. 172-173.

SÁNCHEZ-PÉREZ, I.; ALONSO, I. y 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.; ALONSO, I.; MANGAS, J.; RODRÍGUEZ, S.; CEARRETA, A. y MEDINA, R. (2008): Caracterización de los sedimentos subyacentes en la Reserva Natural Especial de las Dunas de Maspalomas (Gran Canaria). Consideraciones preliminares acerca del origen de este sistema. *Geo-Temas* 10, 579-582.

SAN MARTÍN, J.; RAMÍREZ, C. y SAN MARTÍN, C. (1992): La flora de las dunas chilenas y sus adaptaciones morfológicas. *Bosque* 13 (1): 29-39.

SANTANA, A. y PÉREZ-CHACÓN, E. (1991): Sociedad y medio: aproximación a las formas históricas de uso del territorio en Gran Canaria. *VIII Coloquio de Historia Canario-Americana*, I: 485-505.

SANTOS, A. (1993): Dry coastal ecosystems of the Canary Islands and the Ilhas Selvagens. En: VAN DER MAAREL, E. (Ed.): *Ecosystems of the World 2B: Dry Coastal Ecosystems (Africa, America, Asia and Oceania)*. Elsevier. Amsterdam. 51-57.

SAUERMAN, G.; ANDRADE, J.S.; MAIA, L.P.; COSTA, U.M.S.; ARAÚJO, A.D. y HERRMANN, H.J. (2003): Wind velocity and sand transport on a barchan dune. *Geomorphology* 54: 245-255.

SEELINGER, U. (2003): Response of southern brazilian coastal foredunes to natural and human-induced disturbance. *Journal of Coastal Research* Special Issue 35: 51-55.

SENECA, E.D. (1969): Germination response to temperature and salinity of four dune grasses from the outer bank of North Carolina. *Ecology* 50 (1): 45-53.

SENECA, E.D. y COOPER, A.W. (1971): Germination and seedling response to temperature, daylength, and salinity by *Ammophila breviligulata* from Michigan and North Carolina. *Botanical Gazette* 132 (3): 203-215.

SENECA, E.D. (1972): Seedling response to salinity in four dune grasses the outer banks of North Carolina. *Ecology* 53 (3): 465-471.

- SERVERA, J. (1997): *Els sistemes dunars litorals de les Illes Balears*. Tesis Doctoral (inédita). Departament de Ciències de la Terra. Universitat de les Illes Balears. 904 pp.
- SHALTOUT, K.H.; EL-KADY, H.F. y AL-SODANY, Y.M. (1995): Vegetation analysis of the Mediterranean region Nile Delta. *Vegetatio* 116: 73-83.
- SHANMUGAM, S. y BARNSLEY, M. (2002): Quantifying landscape-ecological succession in a coastal dune system using aerial photography and GIS. *Journal of Coastal Conservation* 8: 61-68.
- SHANMUGAM, S.; LUCAS, N.; PHIPPS, P.; RICHARDS, A. y BARNSLEY, M. (2003): Assessment of remote sensing techniques for habitat mapping in coastal dune ecosystems. *Journal of Coastal Research* 19 (1): 64-75.
- SHERMAN, D.J. y HOTTA, S. (1990): Aeolian sediment transport: theory and measurement; En: NORDSTROM, K.F.; PSUTY, N.P. y CARTER, R.W.G.: *Coastal dunes. Form and Process*. Wiley & Sons. Chichester. 17-37.
- SMITH, S.M.; HANLEY, M. y KILLINGBECK, T. (2008): Development of vegetation in dune slack wetlands of Cape Cod National Seashore (Massachusetts, USA). *Plant Ecology* 194 (2): 243-59.
- STALLINS, J.A. y PARKER, A.J. (2003): The influence of complex systems interactions on barrier island dune vegetation pattern and process. *Annals of the Association of American Geographers* 93 (1): 13-29.
- STUDER-EHRENSBERGER, K.; STUDER, C. y CRAWFORD, R.M.M. (1993): Competition at community boundaries: mechanisms of vegetation structure in a dune-slack complex. *Functional Ecology* 7: 156-168.
- SUÁREZ, C. (1994): *Proyecto Oasis 2000. Recuperación ambiental de la Charca de Maspalomas y su entorno*. Oficina de Planificación de Áreas Protegidas. Servicio de Planificación Ambiental. 23 pp.
- SUÁREZ, C. (1998): *Pennisetum setaceum*: La invasión silenciosa. *Medio Ambiente Canarias* 8: 21-24.
- SUÁREZ, C. y HERNÁNDEZ, L. (1998): Impactos ambientales provocados por los equipamientos turísticos en los ecosistemas dunares. *Medio Ambiente de Canarias* 7: 16-18.

SUNDING, P. (1972): *The vegetation of Gran Canaria*. Skr. Norske Vidensk. Akad., Oslo. I. Mat.-Naturv. Kl., Supplement 29. 186 pp.

SYKES, M.T. y WILSON, J.B. (1987): The vegetation of a New Zealand dune slack. *Vegetatio* 71: 13-19.

SYKES, M.T. y WILSON, J.B. (1988): An experimental investigation into the response of some New Zealand sand dune species to salt spray. *Annals of Botany* 62: 159-166.

SYKES, M.T. y WILSON, J.B. (1989): The effect of salinity on the growth of some New Zealand sand dune species. *Acta Botanica Neerlandica* 38 (2): 173-182.

SYKES, M.T. y WILSON, J.B. (1990a): An experimental investigation into the response of New Zealand sand dune species to different depths of burial by sand. *Acta Botanica Neerlandica* 39 (2): 171-181.

SYKES, M.T. y WILSON, J.B. (1990b): Dark tolerance in plants of dunes. *Functional Ecology* 4: 799-805.

SYKES, M.T. y WILSON, J.B. (1991): Vegetation of a coastal sand dune system in southern New Zealand. *Journal of Vegetation Science* 2: 531-538.

SÝKORA, K.V.; VAN DEN BOGERT, J.C.J.M. y BERENDSE, F. (2004): Changes in soil and vegetation during slack succession. *Journal of Vegetation Science* 15: 209-218.

TALBOT, M.M.B. y BATE, G.C. (1991): The structure of vegetation in bushpockets of transgressive coastal dunefields. *South Africa Journal of Botany* 57 (3): 156-160.

TANSLEY, A.G. (1949): *The British Islands and their vegetation*. Cambridge University Press. 970 pp.

TAVARES, C. (2002): Eficiencia de la *Ammophila arenaria* en atrapar sedimentos transportados por el viento. *Ecología Aplicada* 1 (1): 13-17.

TILMAN, D. (1985): The resource-ratio hypothesis of plant succession. *The American Naturalist* 125 (6): 827-852.

TENGBERG, A. (1995): Nebkha dunes as indicators of wind erosion and land degradation in the Sahel zone of Burkina Faso. *Journal of Arid Environments* 30: 265-282.

TILMAN, D. y COWAN, M.L. (1989): Growth of old field herbs on a nitrogen gradient. *Functional Ecology* 3: 425-438.

TOFT, C. y ELLIOTT-FISK, D. (2002): Patterns of vegetation along a spatiotemporal gradient on shoreline strands of a desert basin lake. *Plant Ecology* 158: 21-39.

TORRES, J.M.: La incidencia de los Tarajales (*Tamarix sp*) y otros factores ambientales en la salinización de las aguas superficiales en la isla de Fuerteventura. ACEC Viera y Clavijo. Recuperado el 10 de abril de 2008, de http://www.vierayclavijo.org/html/paginas/articulos/fuerteventura/art_fuert_tarajales.html.

TRUJILLO, O. (1996): La avifauna de la Charca de Maspalomas. *Medio Ambiente de Canarias* 2: 15-17.

TRUJILLO, O. (2002): Observación de aves. Complejo dunar y Charca de Maspalomas; En: *Maspalomas guía rural. Espacio natural y turismo activo. Tierra*. Ed. Ayuntamiento de la Villa de San Bartolomé de Tirajana.

TSOAR, H. y BLUMBERG, D.G. (2002): Formation of parabolic dunes from barchan and transverse dunes along Israel's mediterranean coast. *Earth Surface Processes and Landforms* 27: 1147-1161.

TSOAR, H. (2005): Sand dunes mobility and stability in relation to climate. *Physica A* 357: 50-56.

UNDERWOOD, E.; USTIN, S. y DIPIETRO, D. (2003): Mapping nonnative plants using hyperspectral imagery. *Remote Sensing of Environment* 86: 150-161.

VALLEJO, I.; OJEDA, J. y MALVAREZ, G. (2006): Characterization and classification of the beach-dune system of the Doñana National Park, Southern Spain. *Journal of Coastal Research* SI 48: 112-117.

VALLEJO, I. (2007): *Caracterización Geomorfológica y análisis de la evolución reciente del sistema de dunas activas del Parque Nacional de Doñana (1956-2001)*. Tesis Doctoral (Inédita). Departamento de Geografía Física y Análisis Geográfico Regional. Universidad de Sevilla. 468 pp.

VAN AARDE, R.J.; WASSENAAR, T.D.; NIEMAND, L.; KNOWLES, T. y FERREIRA, S. (2004): Coastal dune forest rehabilitation: a case study on rodent and bird assemblages in northern Kwazulu-Natal, South Africa; En: MARTÍNEZ, M.L. y

PSUTY, N.P.: *Coastal dunes. Ecology and Conservation*. Ecological Studies 171. Springer. 103-115.

VAN DER HAGEN, H.G.J.M.; GEELLEN, L.H.W.T. y DE VRIES, C.N. (2008): Dune slack restoration in Dutch mainland coastal dunes. *Journal for Nature Conservation* 16: 1-11.

VAN DER LAAN, D. (1979): Spatial and temporal variation in the vegetation of dune slacks in relation to the ground water regime. *Vegetatio* 39 (1): 43-51.

VAN DER LAAN, D. (1985): Changes in the flora and vegetation of the coastal dunes of Voorne (The Netherlands) in relation to environmental changes. *Vegetatio* 61: 87-95.

VAN DER MAAREL, E. (1979): Transformation of cover-abundance values in phytosociology and its effects on community similarity. *Vegetatio* 39 (2): 97-114.

VAN DER MAAREL, E. (1981): Fluctuations in a coastal dune grassland due to fluctuations in rainfall: experimental evidence. *Vegetatio* 47: 259-265.

VAN DER MAAREL, E.; DE COCK, N. y DE WILDT, E. (1985a): Population dynamics of some major woody species in relation to long-term succession on the dunes of Voorne. *Vegetatio* 61: 209-219.

VAN DER MAAREL, E.; BOOT, R.; VAN DORP, D. y RIJNTJES, J. (1985b): Vegetation succession on the dunes near Oostvoorne, The Netherlands; a comparison of the vegetation in 1959 and 1980. *Vegetatio* 58: 137-187.

VAN DER PUTTEN, W.H. (1990): Establishment of *Ammophila arenaria* (marram grass) from culms, seeds and rhizomes. *Journal of Applied Ecology* 27: 188-199.

VAN DER VALK, A.G. (1974a): Environmental factors controlling the distribution of forbs on coastal foredunes in Cape Aterras nacional Seashore. *Canadian Journal of Botany* 52: 1057-1073.

VAN DER VALK, A.G. (1974b): Mineral cycling in coastal foredune plant communities in Cape Hatteras National Seashore. *Ecology* 55 (6): 1349-1358.

VAN DER VALK, A.G. (1975): The floristic composition and structure of foredune plant communities of Cape Aterras Nacional Seashore. *Chesapeake Science* 16 (2): 115-126.

VAN DORP, D.; BOOT, R. y VAN DER MAAREL, E. (1985): Vegetation succession on the dunes near Oostvoorne, The Netherlands, since 1934, interpreted from air photographs and vegetation maps. *Vegetatio* 58: 123-136.

VAN TIL, M.; BIJLMER, A. y DE LANGE, R. (2004): Seasonal variability in spectral reflectance of coastal dune vegetation. *EARSeL eProceedings* 3 (2): 154-165.

VÁZQUEZ, G.; MORENO-CASASOLA, P. y BARRERA, O. (1998): Interaction between algae and seed germination in tropical dune slack species: a facilitation process. *Aquatic Botany* 60: 409-416.

VÁZQUEZ, M.C. y PÉREZ, A. (2002): Análisis dinámico y medioambiental de un espacio protegido en la costa atlántica gallega (Parque Natural de Corrubedo, A Coruña). *Xerografía* 2: 155-176.

VÁZQUEZ, G. (2004): The role of algal mats on community succession in dune and dune slacks; En: MARTÍNEZ, M.L. y PSUTY, N.P.: *Coastal dunes. Ecology and Conservation*. Ecological Studies 171. Springer. 189-203.

WAGNER, R.H. (1964): The ecology of *Uniola paniculata* L. in the dune-strand habitat of North Carolina. *Ecological Monographs* 34 (1): 79-96.

WALLÉN, B. (1980): Changes in structure and function of *Ammophila* during primary succession. *Oikos* 34 (2): 227-238.

WEBB, P.B. y BERTHELOT, S. (1836-1850): *Histoire naturelle des îles Canaries*. Tres Tomos. Bethune Editeur. París

WESTHOFF, V. (1997): Hygrosere of dune slacks on the Westfrisian Islands; En: GARCÍA-NOVO, F.; CRAWFORD, R.M.M. y DÍAZ BARRANDAS, M.C. (Eds.): *The Ecology and conservation of European dunes*. Universidad de Sevilla. 51-58.

WIEDEMANN, A.M. y PICKART, A. (1996): The *Ammophila* problem on the northwest coast of North America. *Landscape Urban Plann* 34: 287-299.

WIEDEMANN, A.M. y PICKART, A.J. (2004): Temperate zone coastal dunes; En: MARTÍNEZ, M.L. y PSUTY, N.P.: *Coastal dunes. Ecology and Conservation*. Ecological Studies 171. Springer. 54-65.

WILDPRET, W. (1970): Estudio de las comunidades psamófilas de la isla de Tenerife. *Vieraea* 1: 41-54.

WILLIS, A.J.; FOLKES, B.F.; HOPE-SIMPSON, J.F. y YEMM, E.W. (1959a): Braunton Burrows: The dune system and its vegetation. Part I. *The Journal of Ecology* 47 (1): 1-24.

WILLIS, A.J.; FOLKES, B.F.; HOPE-SIMPSON, J.F. y YEMM, E.W. (1959b): Braunton Burrows: The dune system and its vegetation. Part II. *The Journal of Ecology* 47 (2): 249-288.

WILLIS, A.J. y YEMM, E.W. (1961): Braunton Burrows: mineral nutrient status of the dune soils. *The Journal of Ecology* 49 (2): 377-390.

WILLIS, A.J. (1963): Braunton Burrows: the effects on the vegetation of the addition of mineral nutrients to the dune soils. *The Journal of Ecology* 51 (2): 353-374.

WILLIS, A.J. (1965): The influence of mineral nutrients on the growth of *Ammophila arenaria*. *The Journal of Ecology* 53 (3): 735-745.

WILSON, J.R. y SYKES, M.T. (1999): Is zonation on coastal sand dunes determined primarily by sand burial or by salt spray? A test in New Zealand dunes. *Ecology letters* 2: 233-236.

YEATON, R.I. (1988): Structure and function of the Namid dune grasslands: characteristics of the environmental gradients and species distributions. *The Journal of Ecology* 76 (3): 744-758.

YURA, H. y OGURA, A. (2006): Sandblasting as a possible factor controlling the distribution of plants on a coastal dune system. *Plant Ecology* 185: 199-208.

ZHANG, J. y MAUN, M.A. (1990): Sand burial effects on seed germination, seedling emergente and establishment of *Panicum virgatum*. *Holarctic Ecology* 13: 56-61.

ZHANG, J. y MAUN, M.A. (1992): Effects of burial in sand on the growth and reproduction of *Cakile edentula*. *Ecography* 15: 296-302.

ZOLADESKI, C.A. (1991): Vegetation zonation in dune slacks on the Leba Bar, Polish Baltic Sea coast. *Journal of Vegetation Science* 2: 255-258.

ZUNZUNEGUI, M.; DÍAZ-BARRANDAS, M.C.; AIN-LHOUT, F.; CLAVIJO, A. y GARCÍA-NOVO, F. (2005): To live or to survive in Doñana dunes: adaptive responses of woody species under a Mediterranean climate. *Plant and Soil* 273: 77-89.