

CAPÍTULO V. FACTORES ECOANTRÓPICOS QUE CONTROLAN LA DISTRIBUCIÓN DE LA VEGETACIÓN

En el presente capítulo se pretende determinar los factores ecoantrópicos que explican la distribución de las comunidades vegetales en el campo de dunas de Maspalomas.

5.1. Caracterización climática

Las características climáticas del sistema de dunas de Maspalomas han sido estudiadas de forma cartesiana (ver capítulo II). En la primera parte de este apartado se analizan los elementos climáticos por separado, mediante la actualización de los datos existentes hasta el momento. Seguidamente, considerando que para entender el efecto del clima en las características geomorfológicas y en la selección de las especies vegetales, es necesario un análisis climático integrado, se han aplicado dos índices climáticos que relacionan la temperatura y las precipitaciones: el índice de Martonne y el índice de GausSEN.

5.1.1. Los elementos climáticos

La precipitación media anual es de 81 mm, concentrándose el 76,9% de las lluvias entre los meses de noviembre y febrero (figura 5.1), mientras que entre junio y agosto las precipitaciones son prácticamente nulas. Ello marca una gran irregularidad anual.

La temperatura media anual es de 21°C, estableciéndose un periodo más cálido, entre los meses de julio y octubre, donde se supera ampliamente esta media, y otro más frío que dura el resto del año, y en el que los registros oscilan entre los 18,2° y los 21,3°C (figura 5.1). Con respectos a las temperaturas extremas, se ha registrado una máxima de 42,6°C, durante el mes de julio de 2007, y una mínima de 10,7°C en febrero de 2005. La temperatura media de las mínimas más baja corresponde al mes de enero, mientras que el mes con una media de las máximas más alta es septiembre. La temperatura media de las mínimas es de 18°C y la temperatura media de las máximas es de 24°C.

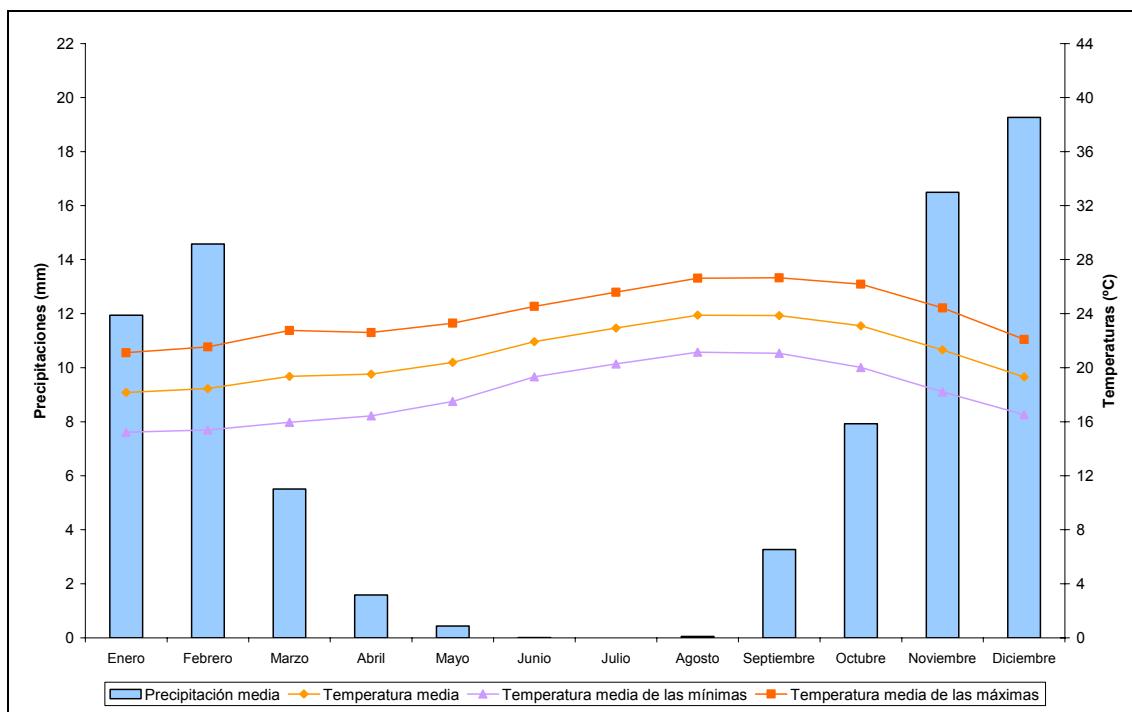


Figura 5.1. Precipitaciones y temperaturas en la Estación Maspalomas-Faro (1952-2008 precipitaciones y 1997-2007 temperaturas). Fuente: Servicio Hidráulico de Las Palmas y AEMET. Elaboración propia.

El análisis de las precipitaciones entre 1952-2008 ha permitido caracterizar el régimen pluviométrico de la zona (figura 5.2). Otra característica del régimen pluviométrico es la gran irregularidad interanual. Así se constata la alta variabilidad de los valores totales registrados, de tal forma que el año más lluvioso registrado es 1953, con 316,7 mm, y el menos 1994, con 3 mm (figura 5.2). La clasificación de cada año en función de su carácter muy seco, seco, normal, lluvioso y muy lluvioso, mediante el método de los quintiles recomendado por la O.M.M. (tabla 5.1), permite un análisis más riguroso de la distribución interanual de las precipitaciones. Los quintiles obtenidos tienen los siguientes umbrales: primer quintil ($\leq 34,3$ mm), segundo (34,4-51,4 mm), tercero (51,5-84 mm), cuarto (84,1-112,3 mm) y quinto ($> 112,3$ mm).

Entre 1952 y 2008, 12 años han sido muy secos, 11 secos, 11 normales, 11 lluviosos y 12 muy lluviosos. Esta aparente homogeneidad en la distribución de los años oculta una de las características del régimen pluviométrico de Maspalomas, la alternancia entre períodos húmedos seguidos de otros secos (figura 5.2). El periodo más húmedo en Maspalomas fue entre 1951-1959, con 7 años lluviosos o muy lluviosos, y tan sólo uno seco o muy seco (tabla 5.1). Los cuatro períodos siguientes se caracterizan por la escasez de precipitaciones, especialmente entre 1970-1979 donde se registran 6 años consecutivos secos o muy secos. Los períodos correspondientes a los años 80 y 90 son bastante homogéneos. El último periodo, entre 2000 y 2008, presenta 5 años lluviosos o muy lluviosos y solamente 2 años secos o muy secos.

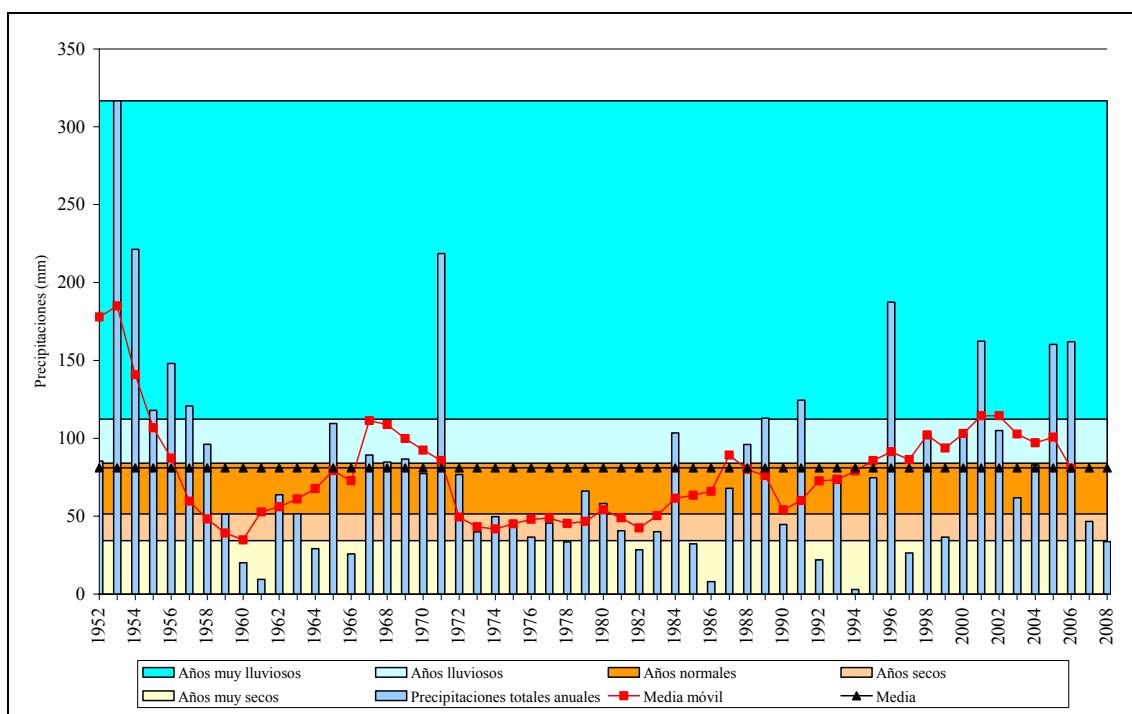


Figura 5.2. Evolución de las precipitaciones en la Estación de Maspalomas-Faro (1952-2008). Fuente: Servicio Hidráulico de Las Palmas y AEMET. Elaboración propia.

Periodo	Años muy secos (≤ 34,3 mm.)	Años secos (34,4-51,4 mm.)	Años normales (51,5-84 mm.)	Años lluviosos (84,1-112,3 mm.)	Años muy lluviosos
1952-1959	0	1	0	2	5
1960-1969	4	0	2	4	0
1970-1979	1	5	3	0	1
1980-1989	3	2	2	2	1
1990-1999	3	2	2	1	2
2000-2008	1	1	2	2	3
Total	12	11	11	11	12

Tabla 5.1. Clasificación de los años en función de los quintiles de los datos de precipitación (mm) registrados en la estación Maspalomas-Faro (1952-2008). Fuente: Servicio hidráulico de Las Palmas y AEMET. Elaboración propia.

5.1.2. Índices climáticos

La integración de los elementos climáticos vistos anteriormente se realiza mediante dos índices: el índice de Martonne y el índice de GausSEN.

5.1.2.1. Índice de Martonne

El resultado de la aplicación de este índice para el sistema de dunas de Maspalomas es hiperárido (tabla 5.2). La mayor parte de los meses se clasifican como hiperáridos, excepto enero, febrero, noviembre y diciembre, que se clasifican como áridos.

Meses	Valor	Clasificación
Enero	5,1	árido
Febrero	6,1	árido
Marzo	2,3	hiperárido
Abril	0,6	hiperárido
Mayo	0,2	hiperárido
Junio	0	hiperárido
Julio	0	hiperárido
Agosto	0	hiperárido
Septiembre	1,2	hiperárido
Octubre	2,9	hiperárido
Noviembre	6,3	árido
Diciembre	7,9	árido
Año	2,6	hiperárido

Tabla 5.2. Índice de Martonne en la estación Maspalomas-Faro (1952-2008). Fuente: Servicio hidráulico de Las Palmas y AEMET. Elaboración propia.

5.1.2.2. Ombrotérmico de GausSEN

El ombrotérmico de Maspalomas confirma lo obtenido a partir del índice de Martonne. De este modo, la zona de estudio se caracteriza por estar todo el año en un periodo seco (figura 5.3) y, además, la mayor parte de los meses se pueden clasificar como áridos. Asimismo, no existen heladas y el periodo vegetativo (PAV) se extiende a lo largo de todo el año.

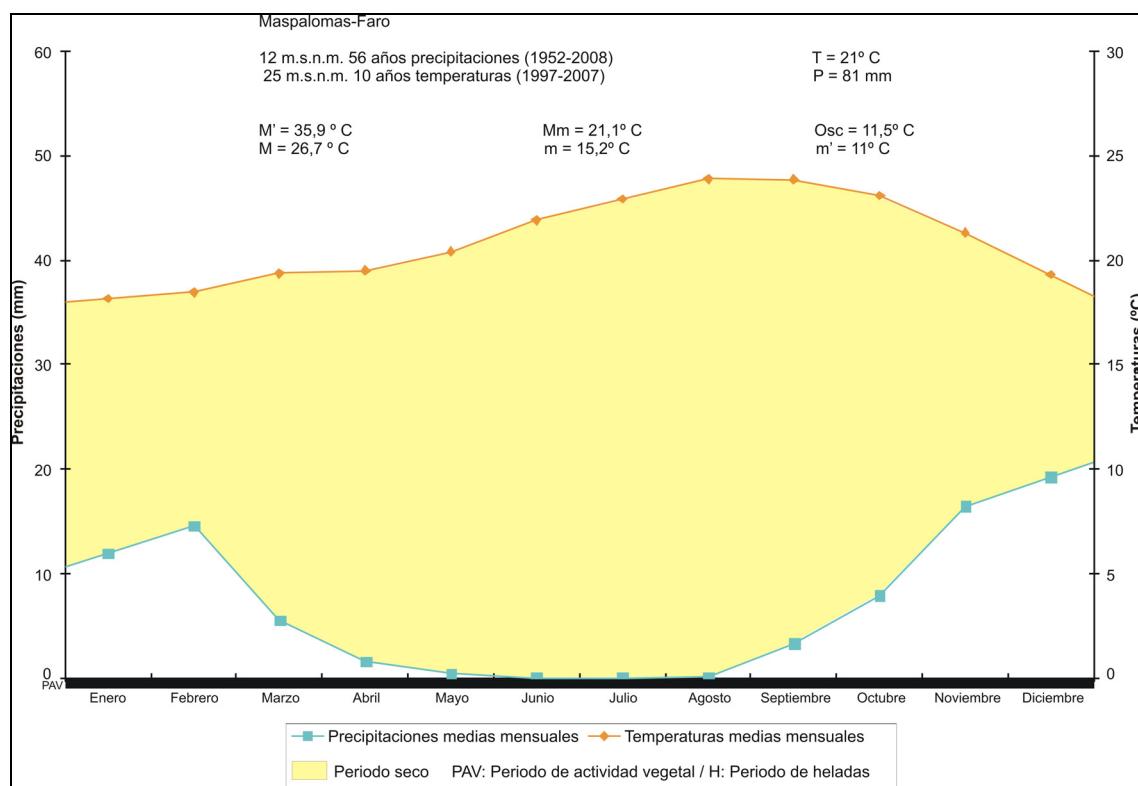


Figura 5.3. Diagrama ombrotérmico de GausSEN para Maspalomas. Fuente: Servicio Hidráulico de Las Palmas y AEMET. Elaboración propia.

En definitiva, la vegetación del campo de dunas de Maspalomas está condicionada por un constante estrés hídrico y, a la vez, no tiene restricciones en cuanto al crecimiento debido a la inexistencia de heladas.

5.2. Factores ecoantrópicos que controlan la distribución de la vegetación

Partiendo de un ejercicio de observación de las características ecoantrópicas del sistema de dunas de Maspalomas se han analizado aquellos factores que podrían condicionar la distribución de la vegetación. Como se comentó en el capítulo correspondiente a la metodología, el análisis de la incidencia de estos parámetros en la vegetación se ha realizado de forma multiescalar. En una primera escala de análisis se ha considerado la distancia al mar y los procesos sedimentarios eólicos activos. En una segunda escala se analiza la geomorfología, la antropización y la tasa de desplazamiento de las dunas. Finalmente, en una tercera escala, se estudia la litología, la profundidad de la capa freática, las características químicas del agua subterránea y las características del sustrato sedimentario aluvial o arenoso.

Una parte de estas variables (geoformas, actividades humanas, distancia a la costa y tasa de desplazamiento de las dunas) han sido obtenidas mediante digitalización en pantalla, análisis de áreas de influencia (*buffer*) y elaboración de modelos digitales del terreno (MDT), utilizando un Sistema de Información Geográfica, donde las capas de datos georreferenciados obtenidas se han cruzado con la capa de comunidades vegetales del año 2003. El análisis del cruce de capas se realiza mediante la interpretación de los histogramas, donde se refleja la superficie que ocupa la combinación entre capas. Por otro lado, otros datos (litología, características químicas del sustrato y de las aguas subterráneas) se han obtenido únicamente a través del trabajo de campo, mediante la realización de transectos y toma de muestras y análisis directos en la zona de estudio y análisis de otras muestras en laboratorio, para finalmente utilizar métodos estadísticos para la interpretación de los resultados.

5.2.1. Distancia a la línea de costa

La distancia a la costa se ha utilizado como un indicador indirecto de la influencia del spray marino sobre la vegetación, que tradicionalmente ha sido considerado como uno de los factores ambientales más importantes en la distribución de la vegetación de los campos de dunas litorales (Oosting y Billings, 1942; Boyce, 1954; Donnelly y Pammenter, 1982; Wilson y Sykes, 1999). Por lo tanto, se ha valorado como uno de los dos factores que potencialmente, en un primer nivel de detalle, condiciona la distribución espacial de las comunidades vegetales en el área de estudio.

5.2.1.1. Características generales

Antes de abordar la relación entre la vegetación y la distancia a la costa, es necesario realizar una serie de puntualizaciones. En primer lugar, la costa del campo de dunas de Maspalomas posee dos orientaciones, una norte-sur (playa del Inglés) y otra este-oeste (playa de Maspalomas), lo que dificulta la interpretación de la influencia de la salinidad ambiental en las comunidades vegetales. Por otro lado, el viento dominante la mayor parte del año son los de componente este y noreste, lo que debería producir una gradación de la influencia del spray marino de este a oeste. Por lo tanto, en estas situaciones dominantes la influencia marina procedente de la playa de Maspalomas teóricamente no debería ser efectiva. Por el contrario, en los meses estivales cuando el dominio de los vientos son de componente oeste, la expansión del spray marino va de oeste a este.

5.2.1.2. Relación entre la vegetación y la distancia a la costa

Se ha considerado la distancia a la línea de costa cada 100 m, hasta una distancia de 1500 m (figura 5.4). El cruce de la capa de las comunidades vegetales del año 2003 y la de distancias a la costa ha dado como resultado un total de 865 polígonos, de los cuales 812 corresponden a unidades de vegetación.

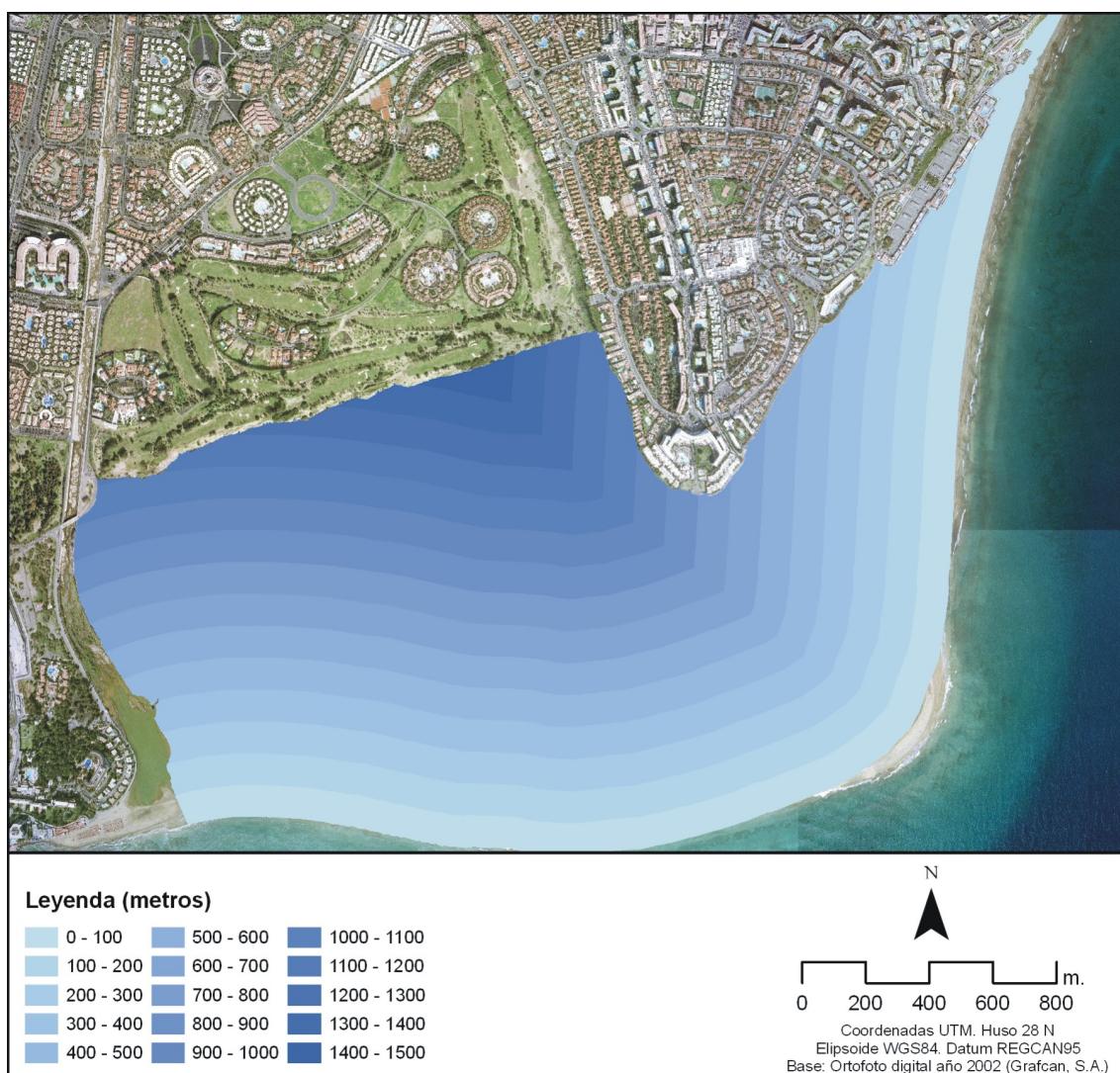


Figura 5.4. Distancia a la costa.

El análisis de regresión, que queda definido por un modelo potencial, muestra una escasa relación entre la distancia a la costa y el incremento de la superficie de la vegetación (figura 5.5). Sin embargo, como se puede observar, hasta los 1.100 m la superficie ocupada por la vegetación presenta una tendencia ascendente muy clara, y a partir de esa distancia desciende de forma abrupta.

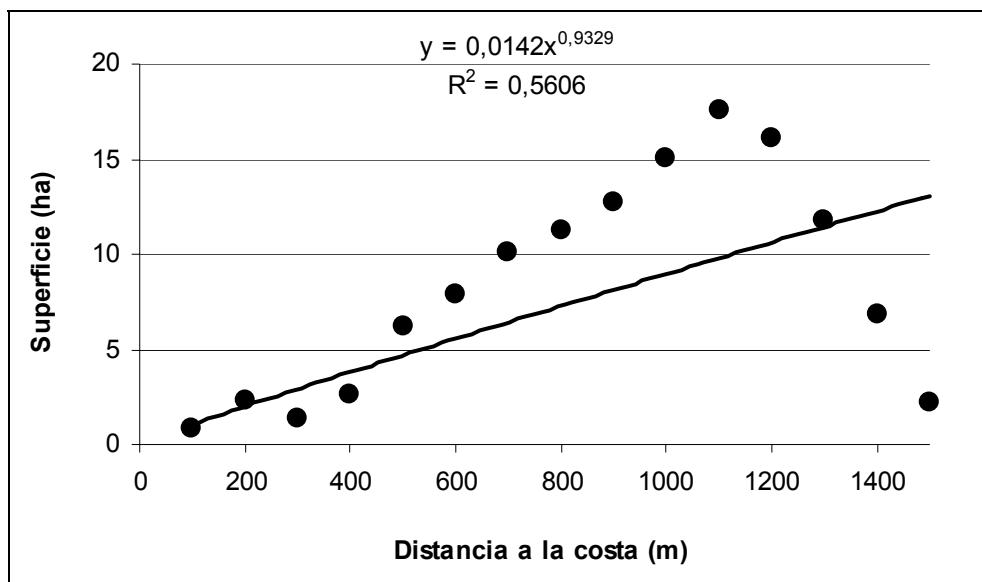


Figura 5.5. Análisis de regresión entre la distancia a la costa y la superficie ocupada por la vegetación.

Este patrón está relacionado con la superficie que ocupa cada zona de distancias, ya que si se considera únicamente la relación entre la superficie ocupada por la vegetación y la distancia a la costa hasta los 1.100 m se observa una alta relación lineal (figura 5.6). A partir de esa distancia la superficie ocupada por la vegetación es reducida, debido a la escasa superficie de las distintas zonas.

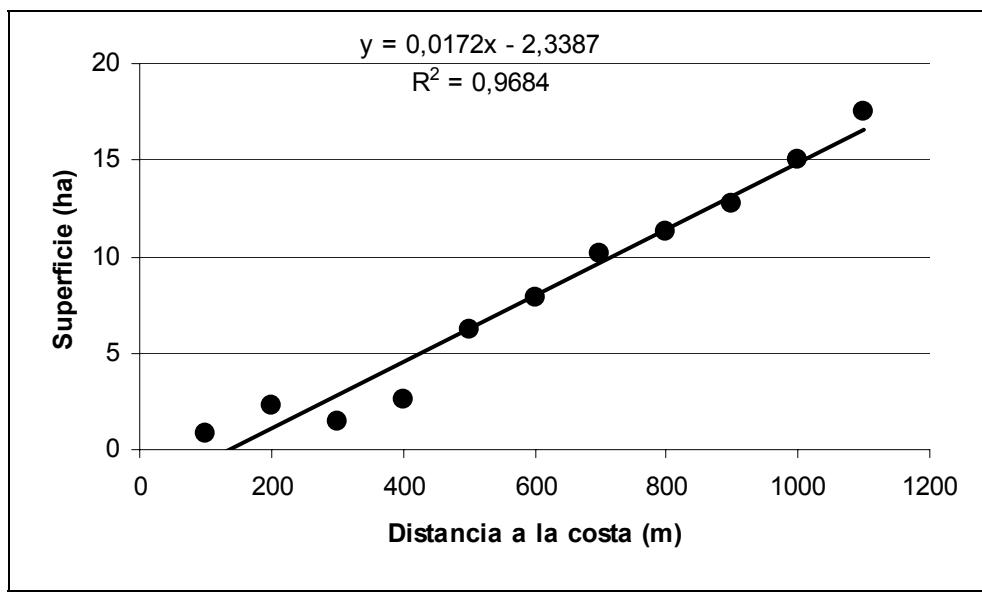


Figura 5.6. Análisis de regresión entre la distancia a la costa hasta los 1.100 m y la superficie ocupada por la vegetación.

Sin embargo, cuando se analiza el patrón de distribución de cada comunidad por separado, esta relación varía de unas a otras. En una primera aproximación se puede observar que la mayor parte de las comunidades vegetales se localizan en las zonas más alejadas de la línea de costa (figura 5.7). Una de las excepciones a este patrón de distribución lo constituye la comunidad de *Traganum moquinii*, la cual se distribuye en

las áreas más cercanas al litoral hasta los 400 m hacia el interior. Dentro de esta distribución litoral, esta comunidad tiene especial predilección por localizarse entre los 100-200 m, disminuyendo gradualmente su superficie conforme se aleja de la línea de costa. La comunidad de *Cyperus laevigatus* también tiene cierta predilección por localizarse cerca del mar, pero en este caso siempre a partir de los 100 m y hasta los 700 m. Sin embargo, no se observa un patrón claro de distribución, ya que entre los 100-200 m muestra una escasa presencia, la cual se incrementa entre los 200-300 m para posteriormente disminuir entre los 300-400 m y, finalmente, aumentar su superficie entre los 400-500 m. A partir de aquí la superficie de esta comunidad se reduce. Las restantes comunidades no poseen un patrón claro de distribución en relación a la distancia al mar, pero en general muestran cierta tendencia a incrementar su superficie conforme se aleja de la costa.

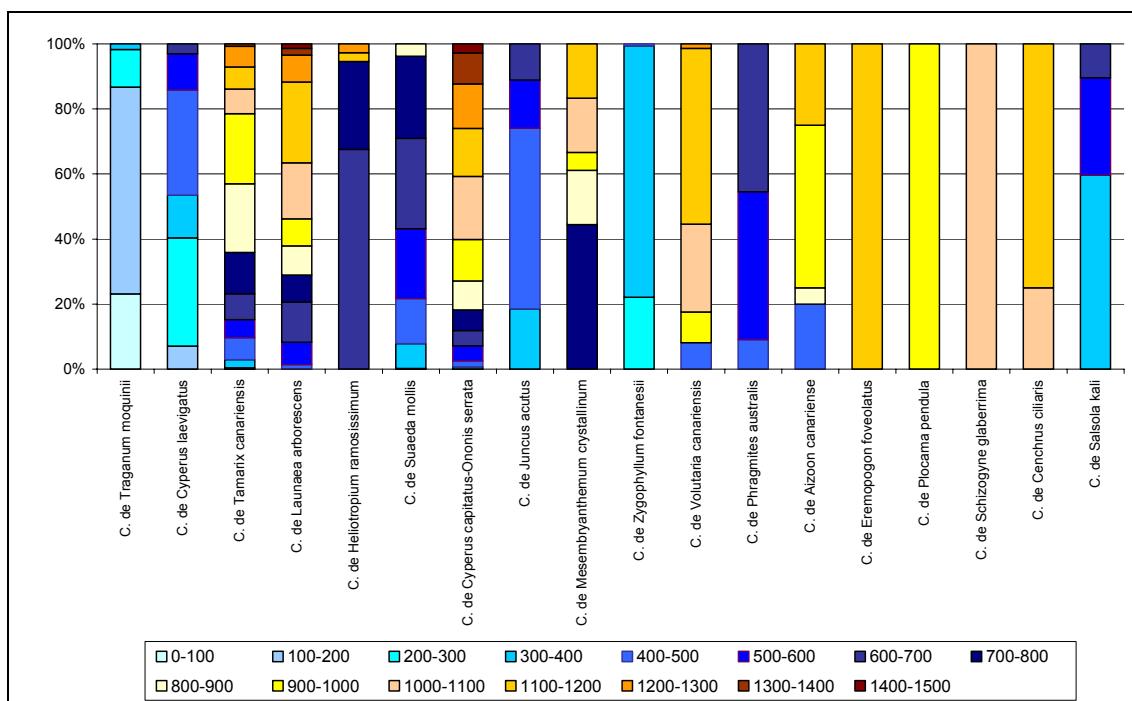


Figura 5.7. Distribución de las comunidades vegetales según la relación entre el porcentaje de superficie y la distancia a la costa.

Los análisis de regresión realizados para cada comunidad vegetal muestran una escasa significación estadística para la totalidad de las mismas, excepto para las de *Cyperus capitatus-Ononis serrata* (figura 5.8), de *Launaea arborescens* (figura 5.9) y de *Tamarix canariensis* (figura 5.10). Por lo tanto, estas comunidades aumentan su superficie conforme más alejadas de la costa se encuentren. Estas tres comunidades son las únicas que se localizan en la mayor parte del sistema de dunas de Maspalomas.

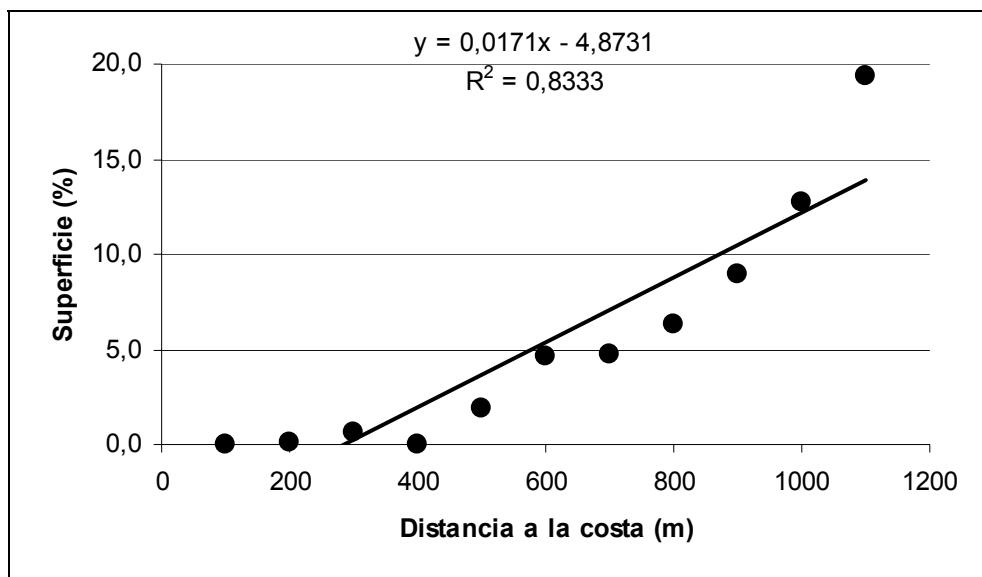


Figura 5.8. Análisis de regresión entre la distancia a la costa hasta los 1.100 m y la superficie ocupada por la comunidad de *Cyperus capitatus-Ononis serrata*.

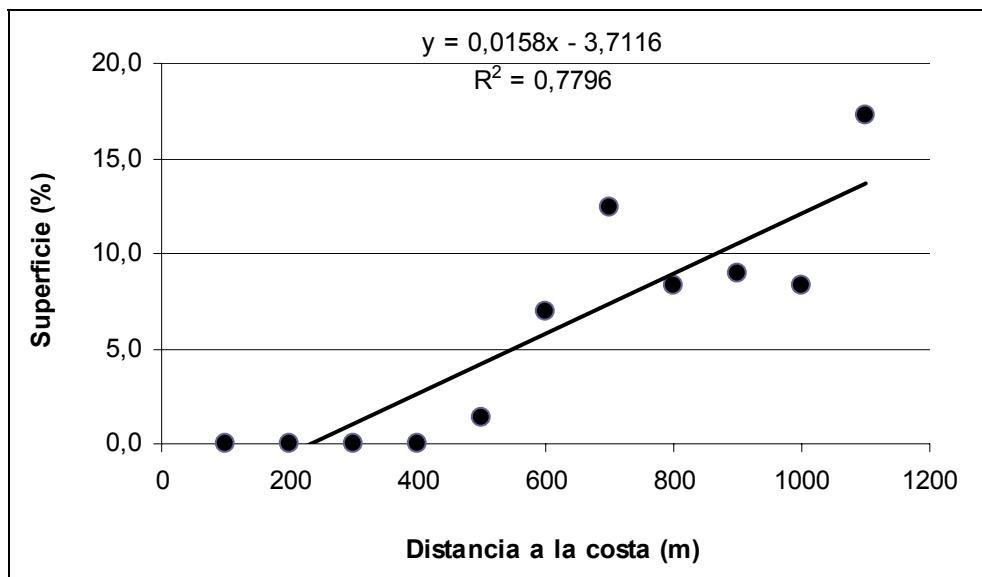


Figura 5.9. Análisis de regresión entre la distancia a la costa hasta los 1.100 m y la superficie ocupada por la comunidad de *Launaea arborescens*.

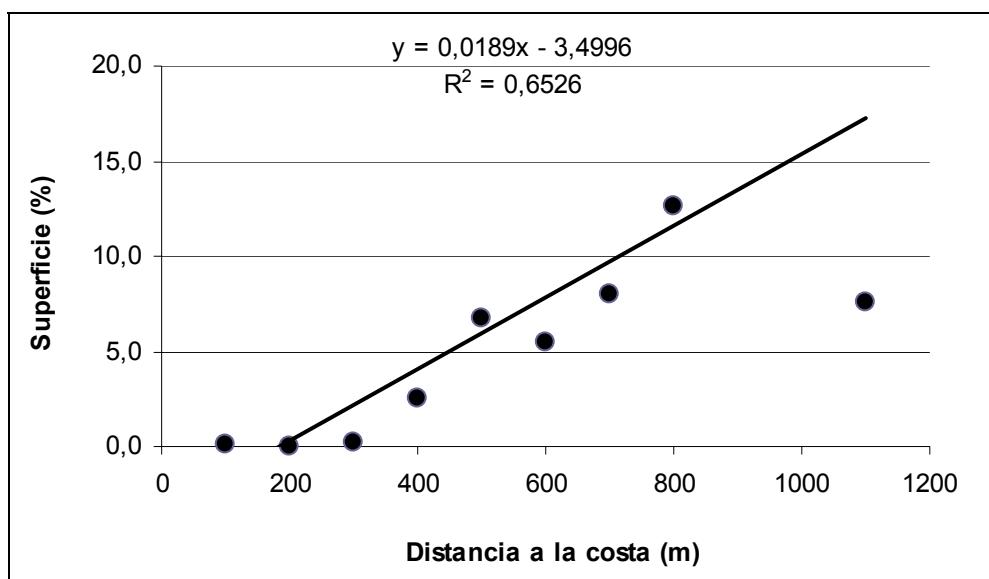


Figura 5.10. Análisis de regresión entre la distancia a la costa hasta los 1.100 m y la superficie ocupada por la comunidad de *Tamarix canariensis*.

Las demás comunidades presentan valores muy reducidos que indican una nula relación lineal con la distancia al mar (tabla 5.3), y se trata en su mayoría de tipos de vegetación que tienen localizaciones más restringidas.

Comunidad	R ²	Función
C. de <i>Cyperus capitatus-Ononis serrata</i>	0,83	Lineal
C. de <i>Launaea arborescens</i>	0,77	Lineal
C. de <i>Tamarix canariensis</i>	0,65	Lineal
C. de <i>Traganum moquinii</i>	0,47	Logarítmica
C. de <i>Volutaria canariensis</i>	0,35	Lineal
C. de <i>Mesembryanthemum crystallinum</i>	0,28	Lineal
C. de <i>Schizogyne glaberrima</i>	0,25	Lineal
C. de <i>Cenchrus ciliaris</i>	0,25	Lineal
C. de <i>Cyperus laevigatus</i>	0,19	Lineal
C. de <i>Plocama pendula</i>	0,16	Lineal
C. de <i>Aizoon canariense</i>	0,14	Lineal
C. de <i>Zygophyllum fontanesii</i>	0,07	Lineal
C. exótica	0,02	Logarítmica
C. de <i>Heliotropium</i>	0,05	Logarítmica
C. de <i>Salsola kali</i>	0,03	Lineal
C. de <i>Suaeda mollis</i>	0,11	Logarítmica
C. de <i>Juncus acutus</i>	0,02	Lineal
C. de <i>Phragmites australis</i>	0,03	Logarítmica
C. de <i>Eremopogon foveolatus</i>	*	*

Tabla 5.3. Resultados de los análisis de regresión entre la distancia a la costa hasta los 1.100 m y la superficie ocupada por las comunidades vegetales. (*) Esta comunidad no aparece en el intervalo de distancias consideradas.

En definitiva, aunque la vegetación en su conjunto presenta una relación positiva significativa con la distancia al mar, las únicas comunidades vegetales que reflejan esta

relación son la de *Cyperus capitatus-Ononis serrata*, la de *Launaea arborescens* y, en menor medida, la de *Tamarix canariensis*. Esto puede deberse a que estas comunidades constituyen la mayor parte de la superficie de la vegetación existente en Maspalomas, el 82,7% para ser precisos, por lo que controlan los resultados globales (figura 5.6). En las restantes comunidades este factor parece tener una escasa influencia. De todas formas, la mayor parte de las demás comunidades presentan una tendencia a alejarse del mar. Sin embargo, la cercanía a la costa si parece ser un factor muy importante para la comunidad de *Traganum moquinii*, ya que la totalidad de su superficie se localiza en los primeros 400 metros (figura 5.7). Asimismo, la comunidad de *Cyperus laevigatus* también aparece siempre cerca de la costa, concretamente en los primeros 700 m. Sin embargo, más del 80% se ubica en los primeros 500 m (figura 5.7). Este factor ambiental tiene una importancia significativa en la distribución de la vegetación, pero no parece ser determinante, debido a que no explica la de todas las comunidades.

Con respecto al número de especies de plantas, en general se observa un incremento de las mismas con el aumento de la distancia a la costa (figura 5.11).

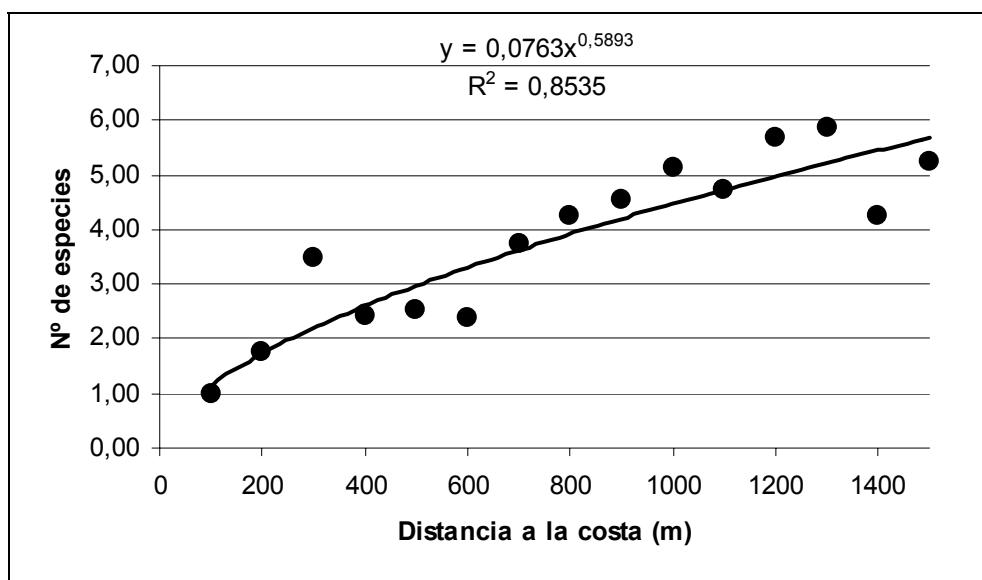


Figura 5.11. Análisis de regresión entre la distancia a la costa y el número medio de especies de plantas.

Sin embargo, la relación entre la distancia a la costa y el número de especies para cada comunidad vegetal varía de forma considerable. Así, solamente dos comunidades vegetales, la de *Tamarix canariensis* (figura 5.12) y la de *Launaea arborescens* (figura 5.13), presentan una correlación significativa con la distancia a la costa.

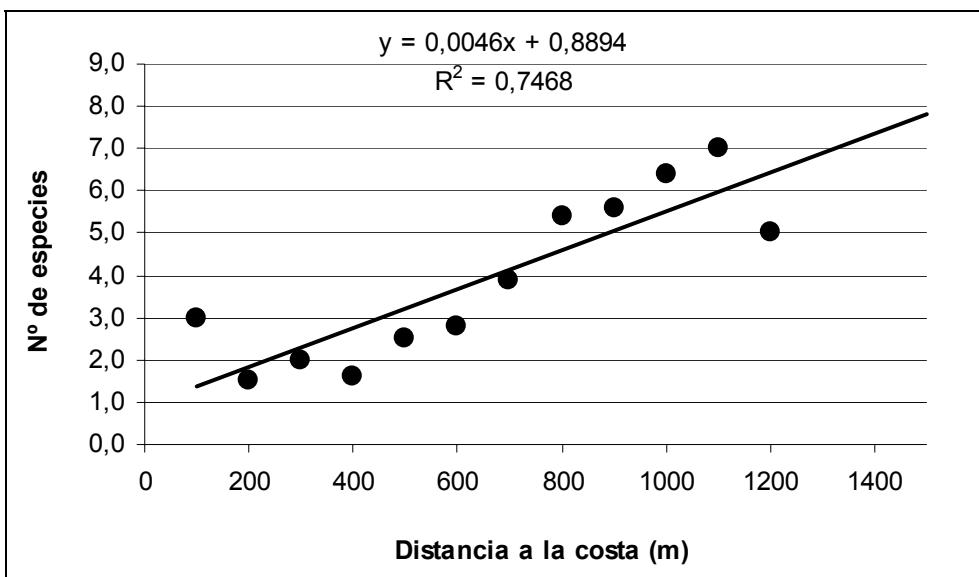


Figura 5.12. Análisis de regresión entre la distancia a la costa y el número medio de especies en la comunidad de *Tamarix canariensis*.

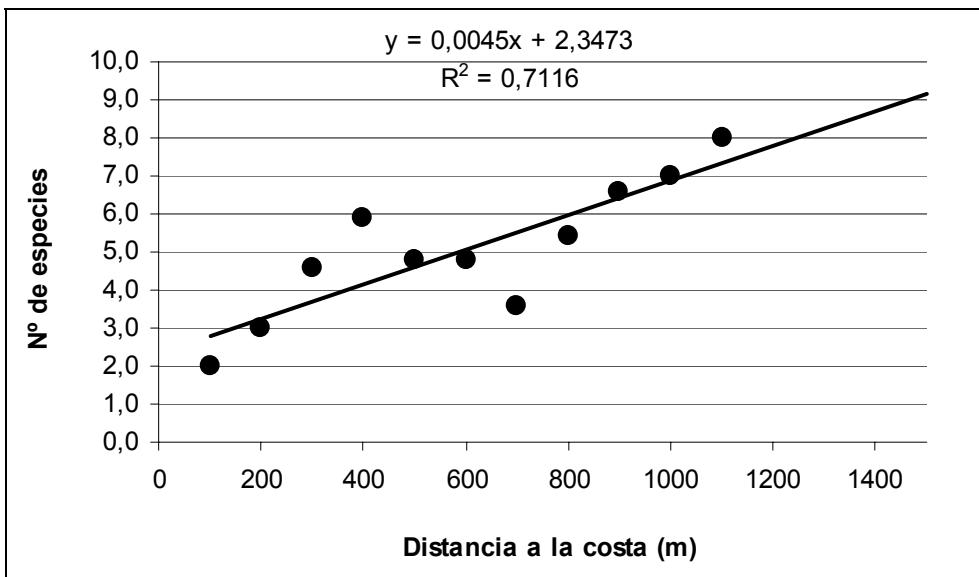


Figura 5.13. Análisis de regresión entre la distancia a la costa y el número medio de especies en la comunidad de *Launaea arborescens*.

Por su parte, las otras comunidades que pueden ser analizadas porque tienen un número de inventarios significativos, tienen una relación muy baja (tabla 5.4). Es significativa la escasa relación de la riqueza media con la distancia al mar en la comunidad de *Cyperus capitatus-Ononis serrata*, cuando el incremento de su superficie si la tenía.

Comunidad	R ²	Función
C. de <i>Tamarix canariensis</i>	0,75	Lineal
C. de <i>Launaea arborescens</i>	0,71	Lineal
C. de <i>Suaeda mollis</i>	0,48	Exponencial
C. de <i>Cyperus capitatus-Ononis serrata</i>	0,33	Logarítmica
C. de <i>Cyperus laevigatus</i>	0,17	Potencial

Tabla 5.4. Resultados del análisis de regresión entre la distancia a la costa y el número medio de especies.

5.2.2. Geoformas

Las geoformas existentes en el campo de dunas de Maspalomas están determinadas por los procesos sedimentarios eólicos. Estos procesos no son homogéneos en todo el sistema, ya que están condicionados por la cantidad de arena disponible, los vientos efectivos, la existencia de obstáculos, como la topografía y la vegetación, la acción humana, el grado de evolución del sistema, entre otros. Siguiendo los antecedentes científicos (Nadal y Gutián, 1983; Martínez, 1994 y Hernández Calvento, 2006), se han diferenciado tres zonas en función de la actividad sedimentaria eólica existente: zona activa, zona en proceso de estabilización y zona estabilizada (figuras 5.14 y 5.15). Estas zonas son las que en primer lugar se consideran como condicionantes del control de la distribución de las comunidades vegetales, ya que los restantes factores ecoantrópicos están supeditados a los procesos sedimentarios eólicos. Las unidades geomorfológicas identificadas dentro de estas unidades son un total de 173.

5.2.2.1. Características generales

Zona activa

La característica principal de la zona activa es que actualmente sigue recibiendo un aporte continuo de sedimentos arenosos debido a la acción de los vientos efectivos, de tal forma que las dunas en tránsito son reemplazadas de forma constante por otras nuevas. Predominan las dunas libres, pero también están presentes otras condicionadas por la vegetación u obstáculos topográficos. La superficie ocupada por la vegetación es muy escasa, y ésta se presenta en forma de núcleos aislados. En definitiva, el sistema está constantemente en proceso de renovación por el aporte de nuevos sedimentos. Constituye un área continua, que se extiende desde la playa del Inglés, al este del área de estudio, hasta la charca de Maspalomas, en el extremo oeste. Ocupa una superficie total de 208 ha, lo que equivale al 57,6% del actual campo de dunas de Maspalomas.

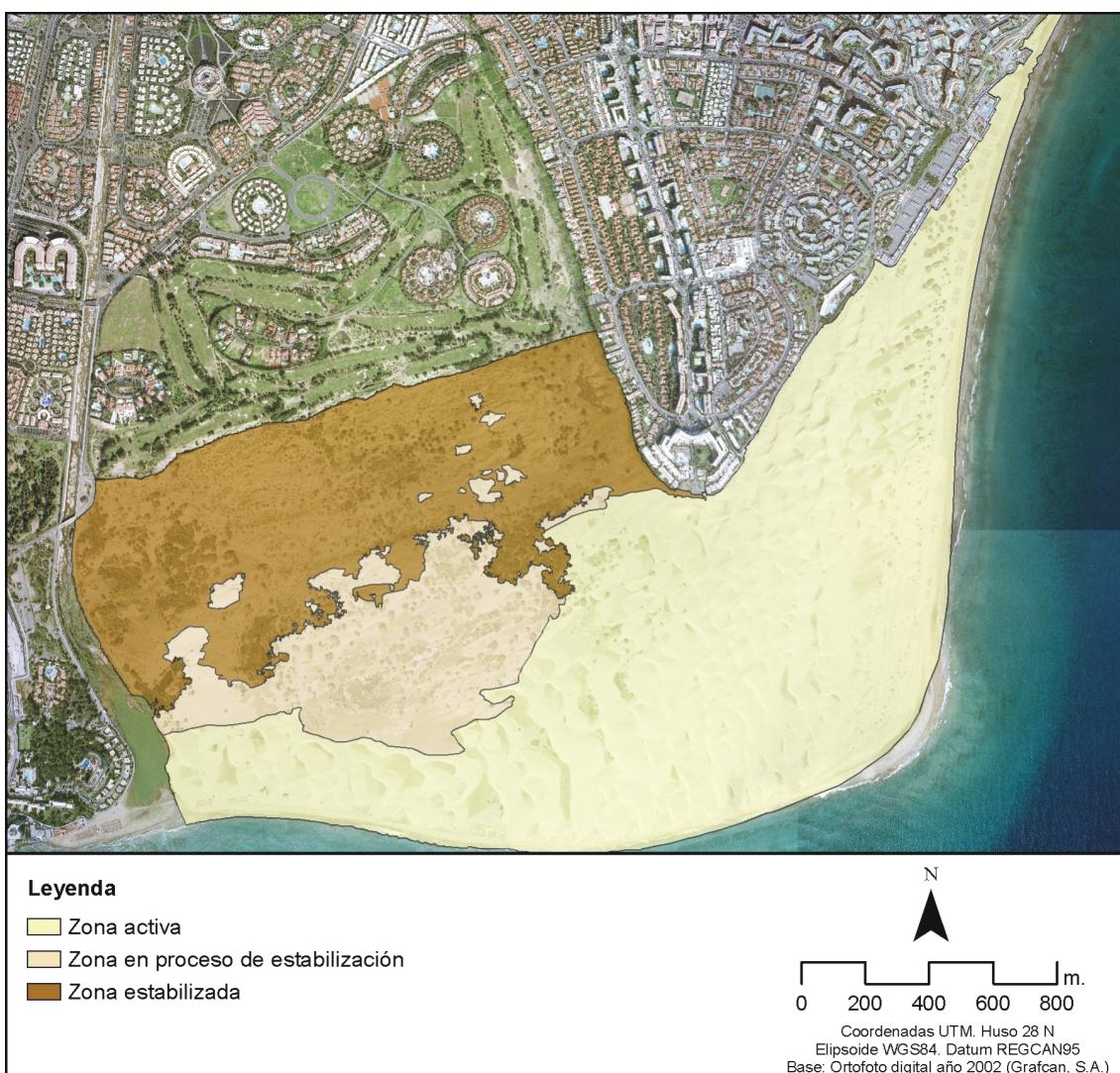


Figura 5.14. Zonas definidas en función de la actividad sedimentaria eólica. Año 2003.

Zona en proceso de estabilización

Es la única unidad que no tiene continuidad espacial, pues la componen un conjunto de unidades aisladas entre sí. Ocupa principalmente la zona central del sistema de dunas, aunque algunos núcleos se localizan en el norte, dentro de la zona estabilizada situada a sotavento de la urbanización Playa del Inglés. Son áreas en las que se ha reducido el aporte de arena, de tal forma que incluso en algunas de ellas se ha interrumpido totalmente la alimentación. Ello se debe al efecto de la urbanización de la terraza alta del Inglés, cuyas edificaciones actúan como una pantalla eólica, alterando el flujo eólico, así como al aumento de la cobertura vegetal. Se diferencian dos procesos eólicos activos principales: por un lado, la erosión que se materializa en la formación de amplias superficies de deflación y, por otro, la acumulación de arena que da lugar a la existencia de zonas móviles residuales. Estas últimas, en unos casos, aún continúan recibiendo aportes de sedimentos externos, pero de forma reducida, limitándose a las áreas contiguas a la zona activa que no poseen obstáculos significativos; mientras que

en otros casos presentan una total desconexión de las áreas actuales de aportes de sedimentos. En este último caso, la movilidad que presenta las dunas es el resultado de la removilización de los sedimentos arenosos existentes. Las zonas móviles presentan una escasa tasa de desplazamiento, ya que no se aprecian avances significativos entre las ortofotos de diferentes años. Asimismo, es importante la existencia de tipos de dunas condicionadas por la vegetación, como montículos de arena (*hummock dunes*). Los procesos sedimentarios eólicos activos también se materializan en la presencia de rizaduras (*ripples*), variaciones en el volumen de arena de las dunas, procesos de deflación a pequeña escala y formación de pequeñas dunas por la acción de la plantas. Asimismo, sobre las superficies de deflación se desplazan, de forma esporádica dunas barjanas, láminas de arena y se generan dunas en montículos como consecuencia de la presencia de una significativa colonización vegetal de porte arbustivo y arbóreo. La vegetación comienza a presentar una mayor continuidad espacial, aunque sigue existiendo amplias zonas de arena desnuda. Aunque en la actualidad gran parte de las zonas en proceso de estabilización son el resultado de la construcción de edificaciones en la terraza alta del Inglés (Hernández Calvento, 2002; 2006), es muy probable que constituya una etapa de transición natural entre la zona activa y la estabilizada. Ocupa una superficie de 48,7 ha, que a su vez supone el 13,5% del área de estudio.



Figura 5.15. Zonas definidas en función de la actividad sedimentaria eólica.

Zona estabilizada

Su característica principal la constituye la práctica ausencia de procesos sedimentarios eólicos activos, de tal forma que las dunas se encuentran casi totalmente

fijadas por la vegetación, que se extiende prácticamente por toda su superficie. En la actualidad, gran parte de la zona estabilizada presenta un aspecto bastante plano, donde a veces resulta difícil identificar las geoformas dunares antiguas. No obstante, todavía se reconocen depresiones interdunares y antiguas dunas transversales. La zona estabilizada ocupa todo el norte del sistema de dunas, a sotavento de la terraza alta del Inglés, prolongándose en algunos sectores hacia la parte central del mismo. Tiene una superficie 104,2 ha, equivalente al 28,9% del campo de dunas.

5.2.2.2 Definición y caracterización de las unidades geomorfológicas

Cada una de las zonas delimitadas en función de la actividad sedimentaria eólica del sistema, se ha subdividido, a su vez, en diferentes unidades geomorfológicas, obteniéndose como resultado el mapa de la figura 5.19.

Unidades geomorfológicas de la zona activa

En la zona activa se han identificado seis unidades: playa, duna costera (*foredune*), dunas transgresivas bajas, dunas transgresivas altas, depresiones interdunares y superficies de deflación (figura 5.16). Además de otras dos unidades de origen antrópico: talud con depósitos antrópicos y depósitos antrópicos cubiertos de arena. A continuación se caracteriza cada una de estas unidades:



Figura 5.16. Unidades geomorfológicas de la zona activa.

La zona activa posee dos playas: la playa del Inglés, con orientación N-S, que constituye la zona de entrada de sedimentos arenosos al sistema; y la playa de Maspalomas, que tiene una orientación E-O y representa la zona de salida de arenas. La delimitación entre la playa y el mar se ha realizado considerando la zona de arena seca,

es decir, la playa alta. Hacia el interior, la playa queda delimitada por el contacto con las dunas.

La primera unidad que aparece tras la playa del Inglés es la duna costera. Ésta no forma un cordón continuo, sino que se trata de un conjunto de dunas aisladas en montículos (tipo *hummock*), formadas por ejemplares de *Traganum moquinii*. Este arbusto de porte alto constituye la única especie vegetal existente en la zona. Estas dunas se pueden definir como permanentes, en el sentido de que la presencia de esta especie garantiza la existencia de dunas. Las dunas alcanzan una altura de entre 1 y 5 m. Como se puede observar en el mapa de unidades geomorfológicas, se encuentra fragmentada en tres zonas. Detrás de los ejemplares de *Traganum moquinii* se forman dunas parabólicas por efecto de los mismos, las cuales se han considerado como el límite de la duna costera, ya que a partir de ese punto predominan dunas no condicionadas por la vegetación.

Detrás de la duna costera se originan dunas transgresivas bajas, formadas por dunas libres, principalmente barjanas, aunque también aparecen láminas de arena y dunas domo de pequeñas dimensiones. Estas dunas alcanzan una altura que oscila entre los 1 y 3 m. Tanto unas como otras se desplazan estacionalmente por amplias superficies de deflación, donde aflora arena húmeda como consecuencia de la escasa profundidad a la que se encuentra la capa freática.

Tras estas unidades, se localiza las dunas transgresivas altas, donde los sedimentos se encuentran bien organizados en forma de cordones barjanoides y transversales con direcciones predominantes E-O y NE-SO y alturas que pueden llegar a los 10 m. Entre estos cordones se intercalan depresiones interdunares de dimensiones variables y duración temporal, en las que aflora el sustrato subyacente, como consecuencia de los procesos de deflación asociados al desplazamiento de las mismas. Asimismo, estas geoformas presentan un desplazamiento espacial vinculado al propio movimiento de los cordones de dunas (Nadal y Guitián, 1983), por lo que se pueden definir como depresiones interdunares móviles. Estas depresiones responden a dos tipologías básicas: depresiones interdunares móviles húmedas y depresiones interdunares móviles secas. Las primeras se caracterizan por la existencia de una capa de agua subterránea a escasa profundidad. Están formadas principalmente por arena con un alto contenido en humedad y, en ocasiones, sobre este sustrato aparecen antiguos niveles marinos formados por alineaciones de cantos rodados de composición traquíticofonolíticos y basálticos (paleobarras). Estos espacios se localizan en la orla exterior de esta unidad. Por su parte, las depresiones secas son aquellas donde la capa de freática queda fuera del alcance de las plantas. Predominan aquellas que se caracterizan por el afloramiento de depósitos sedimentarios aluviales de distinta granulometría, recubiertos a veces por una capa superficial de arena suelta sobre y/o bajo los cuales aparecen cantos rodados de naturaleza fonolítica y basáltica junto con arenas limosas rojizas. En estas depresiones también afloran depósitos de calcarenitas (Hernández Calvento y Mangas, 2004). Ocupan estas áreas las zonas central e interior de esta unidad. En aquellas zonas con menor aporte de sedimentos, como es el caso de las más

cercanas a la terraza alta del Inglés, los cordones de dunas se desdibujan para pasar a convertirse en dunas barjanas y láminas de arena.

Por su parte, las unidades de origen antrópico serán caracterizadas en el apartado 5.2.4.

Unidades geomorfológicas de la zona en proceso de estabilización

En la zona en proceso de estabilización se han diferenciado tres unidades geomorfológicas: dunas barjanas y láminas de arena, dunas en montículos (*hummock dune*) y superficies de deflación (figura 5.17).



Figura 5.17. Unidades geomorfológicas de la zona en proceso de estabilización.

Las dunas barjanas y láminas de arena son las geoformas más activas, y están escasamente cubiertas por la vegetación. Aparecen de forma dispersa, y carecen, por lo general, de aportes de arena externos.

La dunas en montículos han sido originadas por ejemplares de *Tamarix canariensis* antiguos y de gran porte. La acción del viento sobre este tipo de dunas produce procesos erosivos, que dan lugar a dunas residuales (*remnant knobs*). Actualmente mantienen cierta movilidad, aunque las tasas de desplazamiento son muy reducidas. Se localiza en dos unidades alrededor de la superficie de deflación central. La que está situada hacia el sur todavía recibe aportes de sedimentos procedentes de la zona activa.

Por su parte, las superficies de deflación se encuentran en la zona central del campo de dunas. Son geoformas planas, resultado de la desaparición progresiva de las dunas por la dinámica sedimentaria eólica, sin que se haya producido la llegada de nuevos depósitos de arena, debido a la carencia de aportes de arena. En general, estas geoformas en Maspalomas se corresponden con espacios donde la deflación eólica ha exhumado el sustrato infrayacente, y se deben a la interrupción del tránsito de sedimentos originada tanto por las intervenciones turísticas como por la disminución de la entrada de arena por un proceso natural de déficit sedimentario (Hernández Calvento, 2006). Se diferencian en este sustrato depósitos sedimentarios aluviales (arenas limosas asociadas a eolianitas-paleosuelos y conglomerados del barranco) y calcarenitas de paleodepósitos arenosos litorales, y arena húmeda. En los dos primeros casos, se trata del sustrato preexistente sobre la cual se formó el actual campo de dunas. Por su parte, la arena húmeda denota la existencia de una capa de agua freática cerca de la superficie.

Por lo tanto, se pueden diferenciar entre superficies de deflación secas, cuando afloran depósitos aluviales y calcarenitas o la capa de agua subterránea se sitúa a cierta profundidad, y superficies de deflación húmedas, donde la capa freática aparece cerca de la superficie. Desde el punto de vista ecológico, las superficies de deflación son similares a las depresiones interdunares existentes en la zona activa (*slack*s), con la diferencia que son estables, es decir, que no presentan desplazamiento alguno. Sin embargo, tienen un significado geomorfológico bastante diferente, ya que son indicadoras de la disminución de los aportes de sedimentos, de ahí la diferenciación establecida entre ambas. Sobre estas geoformas se desplazan ocasionalmente algunas dunas barjanas y láminas de arena. En las superficies de deflación también se forman dunas en montículos, aunque en este caso de pequeño tamaño, generadas por la retención de los sedimentos en tránsito por parte de la vegetación, principalmente *Suaeda mollis*, *Zygophyllum fontanesii* y *Tamarix canariensis*.

Unidades geomorfológicas de la zona estabilizada

La zona estabilizada presenta seis unidades geomorfológicas: dunas estabilizadas, depresiones interdunares (figura 5.18), talud con depósitos antrópicos, depósitos antrópicos, depósitos antrópicos cubiertos de arena y cubetas de extracción de arena.

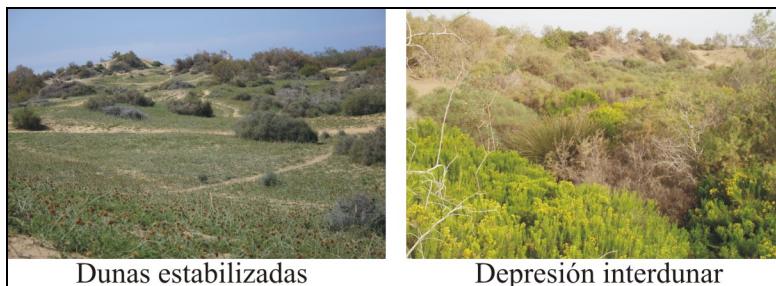


Figura 5.18. Unidades geomorfológicas de la zona estabilizada.

Las dunas estabilizadas están cubiertas por la vegetación en su práctica totalidad, con alturas diferentes en función del tipo original de duna, así como del paleorelieve subyacente. Las cotas más bajas corresponden a depresiones interdunares entre antiguas dunas barjanas, así como a láminas de arena, que eran transportadas a través de espacios deprimidos, correspondientes a antiguos cauces del barranco de Maspalomas, mientras que las altas fueron en origen cordones de dunas. En algunas de las citadas depresiones interdunares afloran depósitos aluviales del barranco, mientras que en otras la potencia de la arena impide identificar claramente la presencia de este sustrato si lo hubiera. No se han cartografiado todas las depresiones existentes, debido a que algunas de ellas no se distinguen claramente.

Las otras cuatro unidades son el resultado de la actividad humana, tratándose de zonas en las que se ha extraído arena, o se han depositado escombros o se ha removido el sustrato. Estas unidades serán caracterizadas en el apartado 5.2.4.



FIGURA 5.19. UNIDADES GEOMORFOLÓGICAS DEL CAMPO DE DUNAS DE MASPALOMAS AÑO 2003

Zona activa

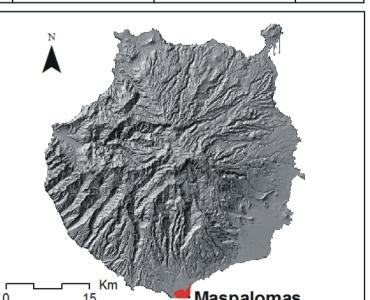
- Playa
- Duna costera
- Superficie de deflación
- Dunas transgresivas bajas
- Dunas transgresivas altas
- Depresión interdunar
- Depósitos antrópicos cubiertos de arena
- Talud con depósitos antrópicos

Zona en proceso de estabilización

- Superficie de deflación
- Dunas en montículos
- Dunas barjanas y láminas de arena

Zona estabilizada

- Dunas estabilizadas
- Depresión interdunar
- Cubeta de extracción de arena antigua
- Depósitos antrópicos cubiertos de arena
- Depósitos antrópicos
- Talud con depósitos antrópicos



0 500
Coordenadas UTM. Huso 28 N
Elíptido WGS84. Datum REGCAN95
Base: Ortofoto digital año 2002 (Grafcan, S.A.)

5.2.2.3. Relación entre la vegetación y las geoformas

Una vez definidas, caracterizadas y cartografiadas las unidades geomorfológicas, la capa de información resultante se ha relacionado con la distribución de las unidades de vegetación, con el fin de establecer la relación existente entre ambas variables. La superposición entre los dos mapas ha dado como resultado un mapa derivado donde se relacionan la vegetación y las geoformas. En el análisis no se han considerado ni las unidades geomorfológicas de origen antrópico (que son abordadas en otro apartado), ni la superficie de aquellas comunidades que se localizan asociadas a las mismas, ni la vegetación exótica que se corresponde con plantaciones de especies introducidas (*Casuarina equitifolia*, *Opuntia dillenii*, etc.), pues su distribución no está vinculada a la dinámica sedimentaria eólica.

El mapa resultante está compuesto por 43 categorías y 610 polígonos. Cabría añadir otras 9 categorías, que incluyen 179 polígonos, donde la vegetación es escasa o está ausente.

En una primera aproximación, y considerando únicamente las tres zonas definidas en función de la actividad del sistema de dunas, se constata que existe una serie de comunidades vegetales adaptadas a vivir preferentemente en la zona activa, entre ellas destacan las siguientes: la de *Traganum moquinii*, la de *Salsola kali*, la de *Cyperus laevigatus* y la de *Heliotropium ramosissimum*. Por el contrario, otras comunidades vegetales únicamente son capaces de habitar la zona estabilizada, como la de *Mesembryanthemum crystallinum*, la de *Volutaria canariensis*, la de *Phragmites australis*, la de *Aizoon canariense*, la de *Eremopogon foveolatus*, la de *Plocama pendula*, la de *Schizogyne glaberrima* y la de *Cenchrus ciliaris*. Asimismo, existen otras comunidades vegetales que pueden instalarse indistintamente en varias zonas como sucede con las de *Cyperus capitatus-Ononis serrata*, de *Launaea arborescens*, de *Tamarix canariensis*, de *Suaeda mollis* y de *Juncus acutus*. Finalmente, la comunidad de *Zygophyllum fontanesii* solamente se localiza en las zonas en proceso de estabilización. La superficie ocupada por la vegetación se incrementa conforme disminuyen los procesos sedimentarios eólicos activos, de forma que ocupa un 4,5% en la zona activa, un 28,9% en la zona en proceso de estabilización y un 97,6% en la zona estabilizada.

Por lo que respecta a la relación entre la vegetación y las unidades geomorfológicas de la zona activa, se observa que las comunidades vegetales se localizan preferentemente en las depresiones interdunares, excepto las comunidades de *Traganum moquinii* y de *Tamarix canariensis* (figura 5.20). De éstas, la mayor parte de la superficie de la primera comunidad vegetal se localiza en la duna costera, si bien también ocupa la playa alta, las dunas transgresivas bajas, las dunas transgresivas altas y las propias depresiones interdunares. Por su parte, la comunidad de *Tamarix canariensis* se ubican preferentemente en las dunas transgresivas altas, aunque también ocupan de forma significativa las depresiones interdunares. Entre las comunidades que se distribuyen mayoritariamente en las depresiones interdunares, cuatro lo hacen de forma

exclusiva: la comunidad de *Cyperus laevigatus*, la de *Heliotropium ramosissimum*, la de *Salsola kali* y la de *Suaeda mollis*. Por su parte, la comunidad de *Launaea arborescens* se localiza fundamentalmente en depresiones interdunares, aunque un pequeño porcentaje de su distribución superficial también se ubica en las dunas transgresivas altas. En este caso, se trata de áreas en las que las dunas avanzan sobre las depresiones interdunares donde se desarrolla esta comunidad, cubriendola parcialmente. Por lo tanto, de las siete comunidades vegetales existentes en la zona activa, cinco de ellas se localizan principalmente en las depresiones interdunares, lo que indica la gran importancia que posee esta geoforma en la distribución de la vegetación. En contrapartida, la vegetación es prácticamente inexistente en los primeros cordones de dunas, donde las depresiones interdunares son muy escasas.

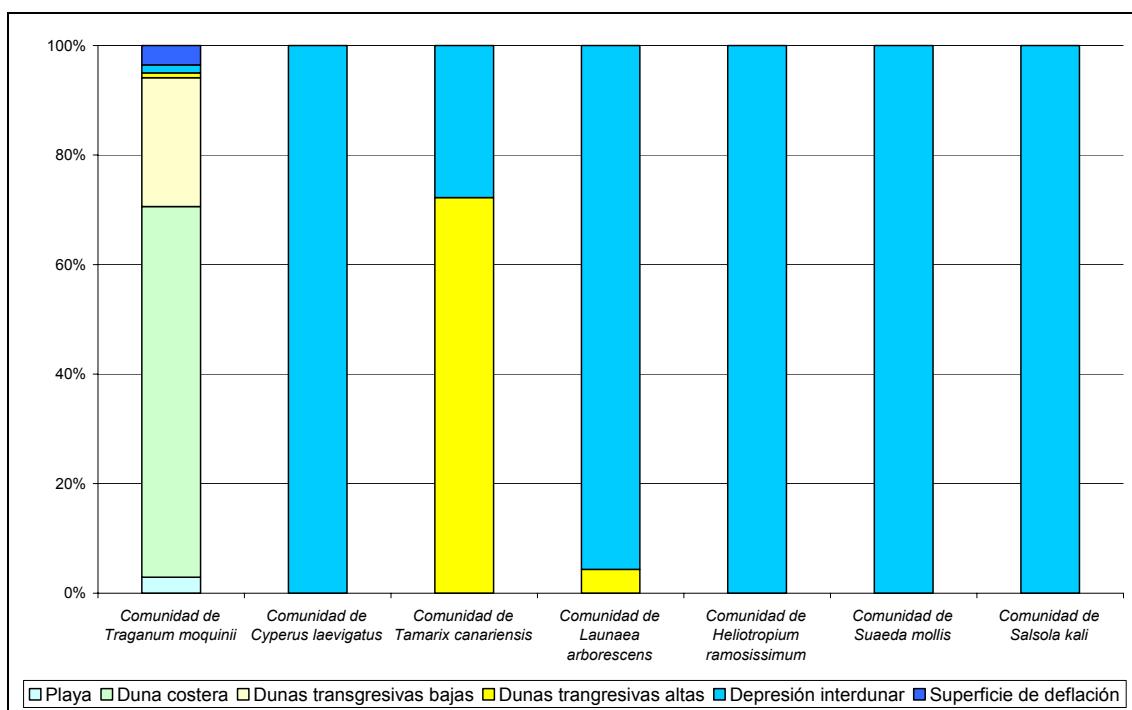


Figura 5.20. Distribución de las comunidades vegetales en relación a las unidades geomorfológicas de la zona activa.

En la zona en proceso de estabilización existe una clara vinculación de la vegetación con las superficies de deflación (figura 5.21). De las siete comunidades vegetales existentes, un total de cinco se localizan preferentemente en este tipo de geoforma, de las cuales tres se ubican de forma exclusiva en la misma. Las otras dos comunidades restantes se distribuyen principalmente sobre geoformas acumulativas. Así, la comunidad de *Cyperus capitatus-Ononis serrata* se encuentra asociada de forma exclusiva a las dunas barjanas y láminas de arena, lo que denota su carácter psamófilo. La comunidad de *Tamarix canariensis* se localizan, por este orden de importancia, en: dunas en montículos, superficies de deflación y dunas barjanas y láminas de arena.

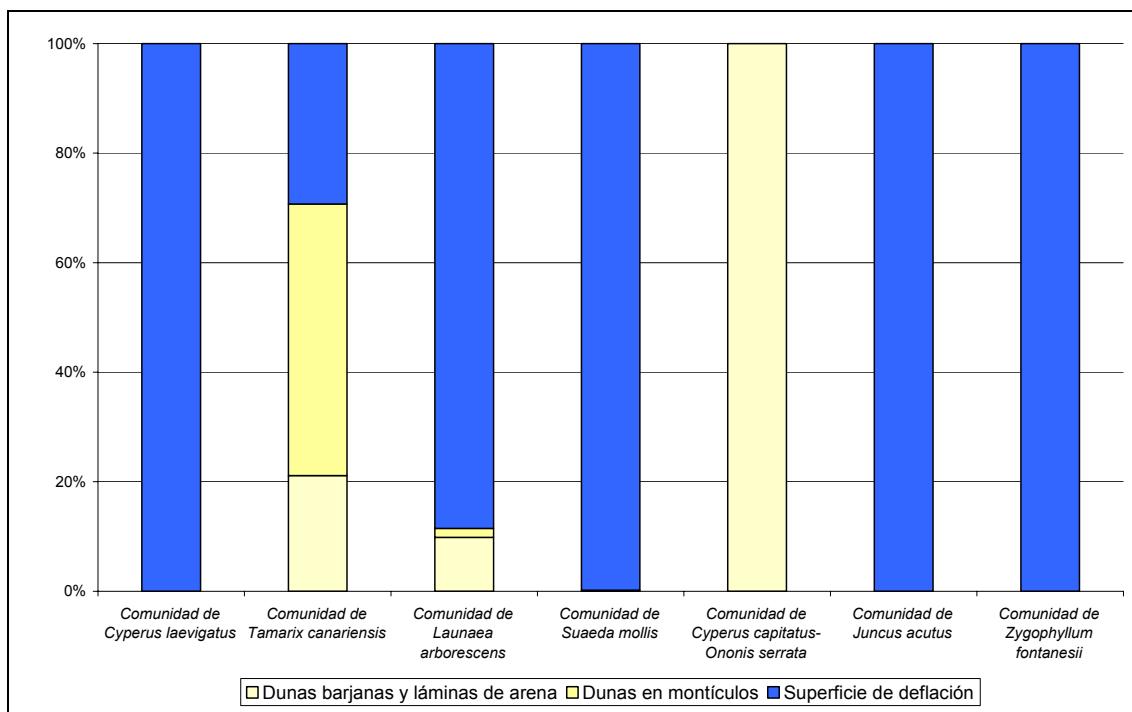


Figura 5.21. Distribución de las comunidades vegetales en relación a las unidades geomorfológicas en la zona en proceso de estabilización.

En contraste con las zonas anteriores, las comunidades vegetales de la zona estabilizada se localizan mayoritariamente sobre dunas estabilizadas (figura 5.22). De esta forma, comunidades que en las anteriores zonas se localizaban principalmente en depresiones interdunares, como es el caso de la comunidad de *Launaea arborescens*, ahora ocupan dunas estabilizadas. Otras dos comunidades, la de *Volutaria canariensis* y la de *Schizogyne glaberrima*, se ubican principalmente en depresiones interdunares, conjuntamente con la comunidad de *Juncus acutus* que está asociada de forma exclusiva a este tipo de geoforma.

Finalmente, se ha analizado el grado de ocupación que posee la vegetación en cada una de las zonas, considerando únicamente las geoformas acumulativas, es decir, las dunas. Las de la zona activa están cubiertas de vegetación en un 3,1%, porcentaje que se incrementa en la zona en proceso de estabilización hasta un 20,4%, mientras que en la zona estabilizada alcanza el 97,6%. Por lo tanto, la superficie de las dunas ocupada por la vegetación se incrementa conforme se reducen los procesos sedimentarios eólicos activos.

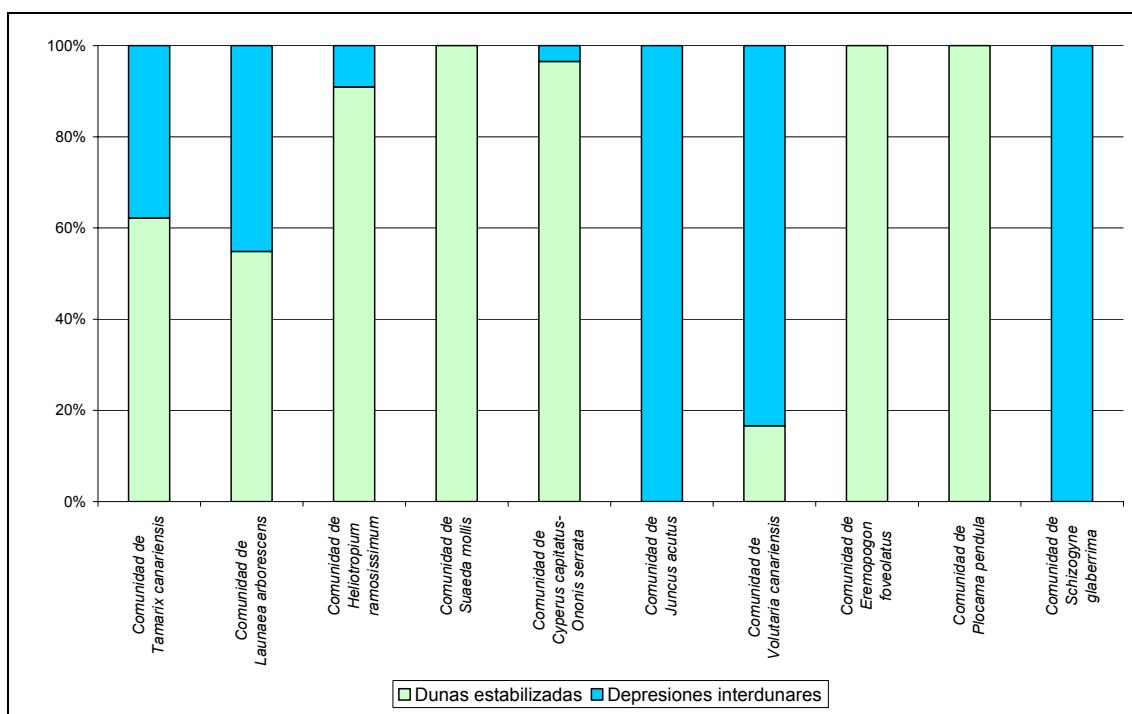


Figura 5.22. Distribución de las comunidades vegetales en relación a las unidades geomorfológicas en la zona estabilizada.

La relación entre la vegetación y las geoformas también se ha determinado mediante el análisis del número de especies vegetales. El número de especies se incrementa de forma sustancial conforme se reducen los procesos sedimentarios eólicos activos (figura 5.23). Así, en las zonas activa y en proceso de estabilización existen una reducción del máximo y de la media del número de especies entre las geoformas acumulativas (duna costera, dunas transgresivas bajas, dunas transgresivas altas, dunas barjanas y láminas de arena y dunas en montículos) y las geoformas erosivas (depresiones interdunares y superficies de deflación). A su vez, en general las dunas de la zona activa contienen una menor fitodiversidad que la de la zona en proceso de estabilización. La excepción a este patrón la constituye las dunas en montículos, que posee un menor número de especies que la duna costera y las dunas transgresivas altas, pero con valores muy similares. Dentro de las geoformas erosivas, se observa un mayor número de especies en la zona en proceso de estabilización, menos afectadas por el enterramiento, que en las depresiones interdunares de la zona activa. En la zona estabilizada el número de especies es significativamente mayor, existiendo también diferencias entre las dunas y las depresiones interdunares. La primera geoforma, atendiendo al mínimo y a la media, contiene un menor número de especies que la segunda. Por el contrario, las dunas estabilizadas tiene un número de especies máximo superior a las depresiones interdunares.

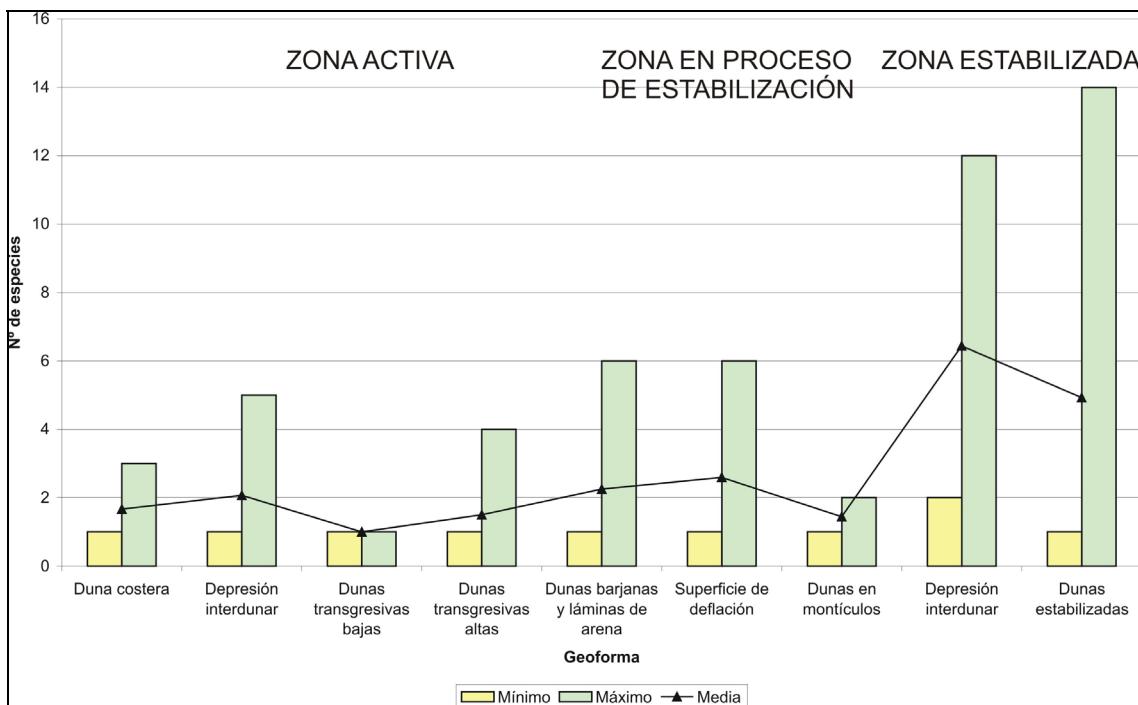


Figura 5.23. Relación entre el número de especies y las geoformas.

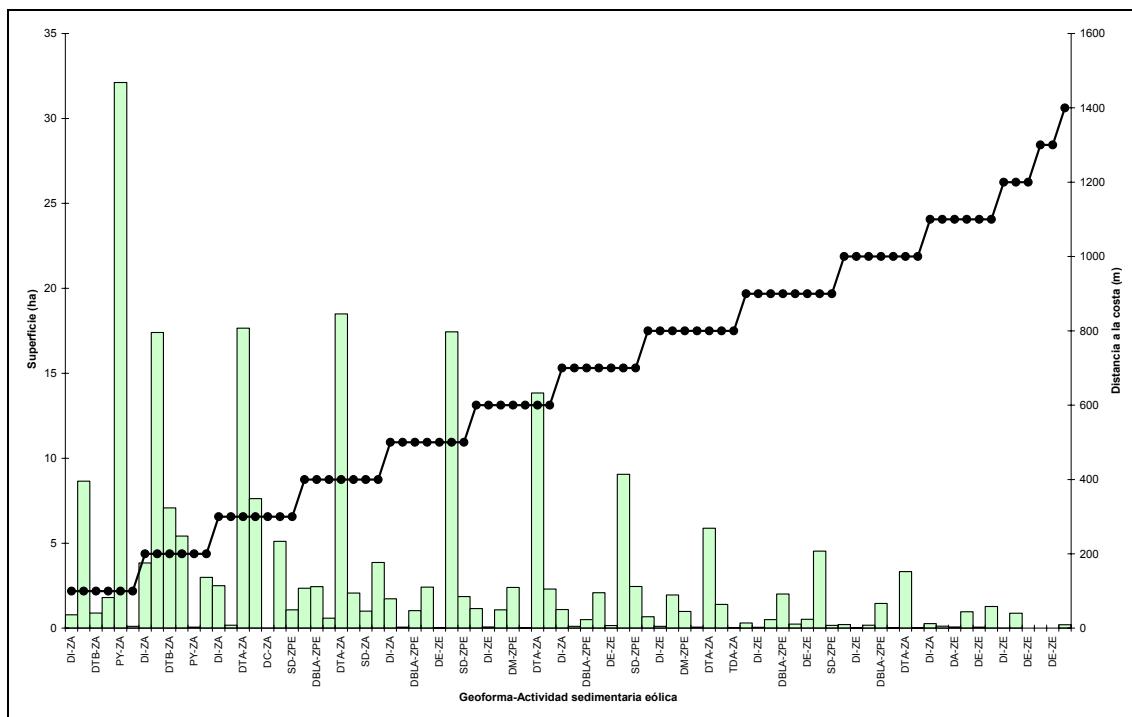
5.2.3. Análisis del factor global que condiciona la distribución de la vegetación

Como se ha podido ver en los apartados anteriores, la distancia a la costa no parece constituir un factor relevante en el control de los patrones de distribución de las comunidades vegetales de Maspalomas. Por su parte, la geomorfología en combinación con la actividad sedimentaria eólica parece constituir un factor más determinante. Para verificar la importancia de estos dos factores de forma conjunta, se ha realizado una superposición de capas (*overlay*), considerando la distancia al mar, el tipo de geoforma y la actividad sedimentaria eólica. Se ha excluido las geoformas de origen antrópico y también las comunidades o las unidades vinculadas a ellas, ya que alteran los patrones de distribución de la vegetación, pudiendo enmascarar la importancia de las otras geoformas o los factores en general.

Las abreviaturas que aparecen en los gráficos se traducen de la siguiente forma: ZA (zona activa); ZPE (zona en proceso de estabilización); ZE (zona estabilizada); PY (playa); DC (duna costera); DTA (dunas transgresivas altas); DTB (dunas transgresivas bajas); DI (depresión interdunar); SD (superficie de deflación); DM (dunas en montículos); DBLA (dunas barjanas y láminas de arena); DE (dunas estabilizadas).

Analizando las zonas sin vegetación (figura 5.24), que suponen áreas donde las condiciones ambientales son poco favorables para las plantas, se observa que no existe un patrón con respecto a la distancia a la costa. Las áreas no ocupadas por la vegetación (representadas con barras de color verde) están asociadas mayoritariamente a la zona activa y, en menor medida, a la zona en proceso de estabilización. En general, se observa que la superficie sin vegetación fluctúa en función de la alternancia entre las dunas transgresivas altas, donde aparecen los máximos valores, y las demás geoformas,

especialmente las depresiones interdunares y superficies de deflación, donde la superficie sin vegetación es menor. Si bien la superficie de las dunas transgresivas altas es muy superior al resto de geoformas, también sería lógico deducir que si esta geoforma no fuera un limitante para el desarrollo de la vegetación, entonces estaría ocupada por una cobertura vegetal al igual que ocurre en otros sistemas de dunas del planeta. La playa es la geoforma que contiene la mayor superficie sin vegetación, ya que la práctica totalidad de la misma carece de ella.



restantes únicamente habitan la zona estabilizada. Otras comunidades como la de *Suaeda mollis* o la de *Juncus acutus* se localizan en superficies de deflación de la zona en proceso de estabilización y, en el caso de la segunda, también en depresiones interdunares de la zona estabilizada. Por su parte, la comunidad de *Heliotropium ramosissimum* se localiza mayoritariamente en depresiones interdunares de la zona activa, aunque también en la zona estabilizada.

Las comunidades que se localizan asociadas a diferentes procesos sedimentarios eólicos y a una mayor variedad de distancias a la costa, son las que verdaderamente plantean las dudas a la hora de determinar el factor de distribución más importante.

La comunidad de *Cyperus capitatus-Ononis serrata*, que según el análisis de regresión tiene una alta correlación con la distancia a la costa (ver apartado 5.2.1.2), muestra un patrón de distribución claramente relacionado con las dunas estabilizadas. Así, la mayor parte de la superficie de esta comunidad está asociada a esta geoforma independientemente de la distancia a la costa en la que se localice (figura 5.25), de modo que los picos del gráfico siempre coinciden con las dunas estabilizadas. Por lo tanto, la alta correlación con la distancia al mar se debe a que las dunas estabilizadas son más frecuentes en el mismo gradiente.

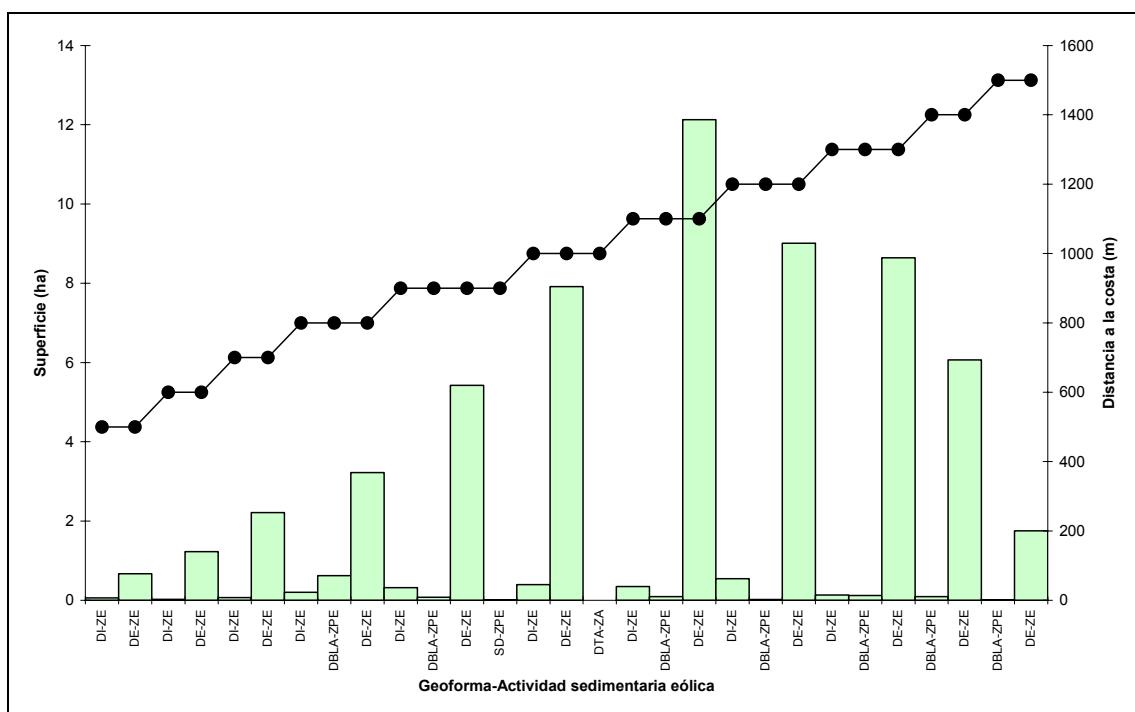


Figura 5.25. Relación entre la superficie ocupada por la comunidad de *Cyperus capitatus-Ononis serrata*, las geoformas y la distancia a la costa.

Por su parte, la comunidad de *Launaea arborescens* presenta una tendencia de distribución vinculada principalmente a dos geoformas, las depresiones interdunares y las dunas estabilizadas (figura 5.26). Independientemente de la distancia a la costa a la que se encuentre dentro de su marco de distribución, esta comunidad aparece principalmente en estas geoformas. En las zonas donde existen procesos sedimentarios

eólicos activos su superficie es muy inferior a la zona estabilizada y en este caso, como se pudo comprobar en el apartado anterior, siempre se vincula a las depresiones interdunares. Por lo tanto, la superficie de esta comunidad fluctúa entre la costa y el interior en función de la aparición de estas geoformas en relación con los procesos sedimentarios eólicos. Así, por ejemplo a una distancia de 800 m de la costa aparece una superficie ocupada por esta comunidad similar a otra a 1.100 m, y entre ambas se encuentran otras donde el área ocupada es muy inferior. Sin embargo, la escasa superficie que en ocasiones la comunidad de *Launaea arborescens* tiene asociada a las geoformas apropiadas para su desarrollo, invita a pensar que también existen otros condicionantes (como podría ser el tipo de sustrato por ejemplo) que tienen que cumplirse para que esta comunidad se establezca. En todo caso, estos factores están supeditados a la existencia en primera instancia de la geoforma en cuestión.

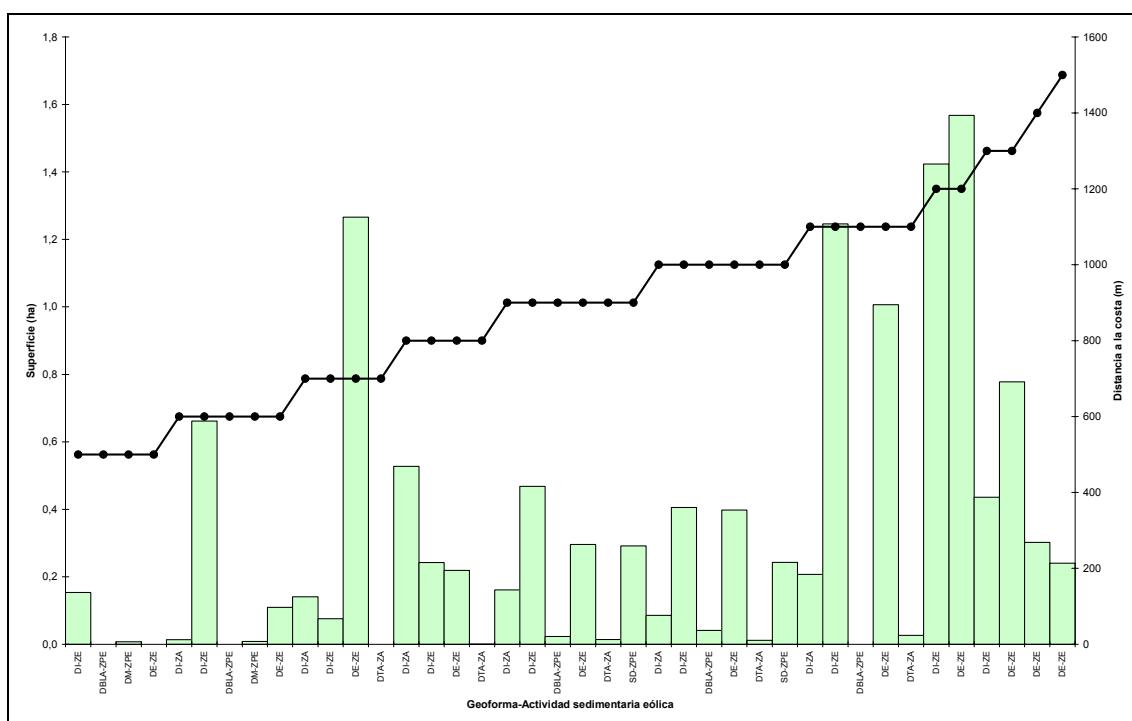


Figura 5.26. Relación entre la superficie ocupada por la comunidad de *Launaea arborescens*, las geoformas y la distancia a la costa.

La comunidad de *Tamarix canariensis* incrementa su superficie de forma considerable conforme se estabilizan las dunas. Así, las variaciones en la superficie ocupada por esta comunidad se deben a su localización en zonas activas, en proceso de estabilización y estabilizadas (figura 5.27). De esta forma, por ejemplo, se puede comprobar como a una misma distancia de la costa, la superficie asociada a una depresión interdunar de la zona activa es escasa, para luego aumentar de forma considerable en una depresión de la zona estabilizada, volver a descender cuando se encuentra asociada a las dunas barjanas y láminas de arena de la zona en proceso de estabilización y volver a incrementarse en las dunas estabilizadas.

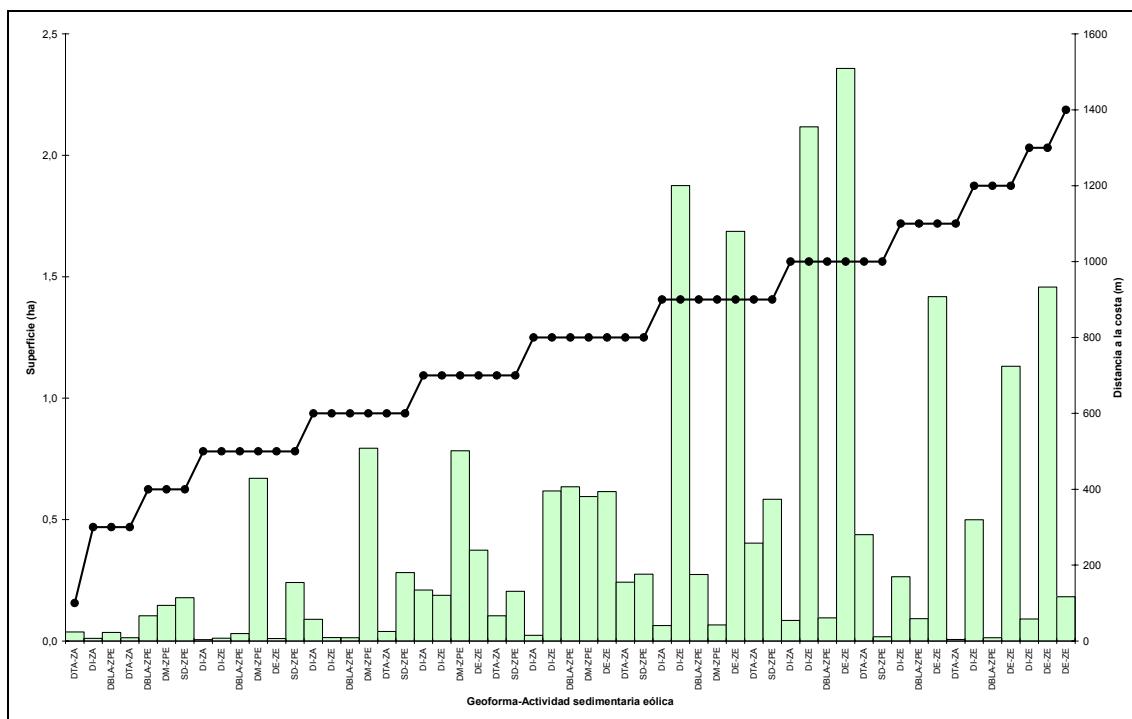


Figura 5.27. Relación entre la superficie ocupada por la comunidad de *Tamarix canariensis*, las geoformas y la distancia a la costa.

En definitiva, se demuestra de forma clara que la combinación entre geoforma y proceso sedimentario eólico dominante es el factor fundamental que condiciona la distribución de las comunidades vegetales en el sistema de dunas de Maspalomas. Sin embargo, la distancia a la costa presenta cierta importancia para las comunidades de *Tragancum moquinii* y de *Cyperus laevigatus*.

5.2.4. Actividades humanas

Si se observa con detenimiento el sistema de dunas de Maspalomas, se detectan espacios alterados de forma significativa por el desarrollo turístico. Esto se refleja en aspectos como la ausencia de sedimentos, la existencia de escombros y/o de material aluvial desestructurado. En este apartado se pretende evaluar la influencia de las zonas alteradas por las actividades humanas en la distribución de la vegetación.

5.2.4.1. Características de las zonas antropizadas

Las áreas alteradas por el desarrollo turístico se localizan tanto en la zona activa, como en la zona estabilizada. En el primer caso, se han diferenciado dos unidades de origen antrópico, que se localizan justamente en el límite de la zona: los taludes con depósitos antrópicos y los depósitos antrópicos cubiertos de arena (figura 5.28).

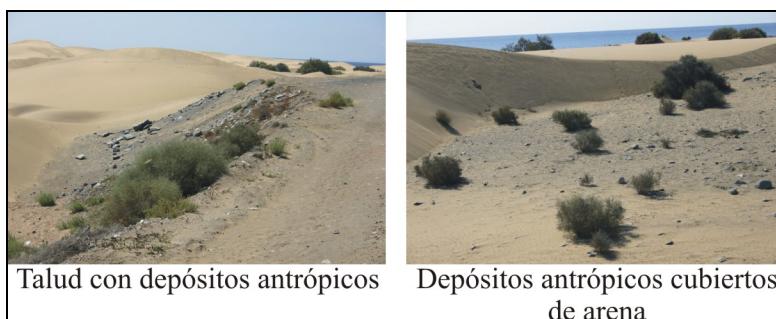


Figura 5.28. Unidades de origen antrópico de la zona activa.

Los taludes se sitúan en el contacto de la terraza alta del Inglés y son el resultado del vertido de escombros procedentes de la construcción de las urbanizaciones y otras infraestructuras en el techo de la terraza. Es de suponer que la finalidad por la cual se ubicaron en ese contacto fue para ampliar la superficie de esta forma del relieve, con el objeto de disponer de una mayor superficie para la construcción. Por su parte, los depósitos antrópicos cubiertos de arena son el resultado de la acumulación de sedimentos arenosos, como consecuencia de la dinámica sedimentaria eólica activa sobre zonas previamente alteradas. Posteriormente, estas superficies fueron colonizadas por la vegetación.

En la zona estabilizada se localizan cuatro unidades de origen antrópico (figura 5.29): los taludes con depósitos antrópicos, depósitos antrópicos cubiertos de arena, depósitos antrópicos y cubeta de extracción de arena.

El talud con depósitos antrópicos y los depósitos antrópicos cubiertos de arena presentan las mismas características que los existentes en la zona activa, con la diferencia que actualmente no se ven afectados por procesos sedimentarios eólicos activos. Por su parte, los depósitos antrópicos se localizan en el margen este del barranco y de la charca de Maspalomas, y son el resultado de la construcción y posterior eliminación y removilización del hotel Dunas y de sus infraestructuras asociadas, formando una superficie con escaso desnivel. Las cubetas de extracción de arena son zonas deprimidas como resultado de la eliminación en el pasado de la arena existente. Esto en unos casos ha producido el afloramiento de la capa de agua subterránea, y en otros, el afloramiento de depósitos sedimentarios aluviales.



Figura 5.29. Unidades de origen antrópico de la zona estabilizada.

5.2.4.2. Relación entre la vegetación y las zonas antropizadas

En este caso, se ha relacionado el mapa de comunidades vegetales del año 2003 con las zonas alteradas por la actividad antrópica. La combinación de ambas capas ha dado como resultado un total de 54 polígonos agrupados en 23 categorías distintas. De éstos, corresponden a las zonas con vegetación 48 polígonos y 19 categorías, mientras que las restantes constituyen áreas y clases sin vegetación.

En la zona activa, existen pocas comunidades que se localizan en áreas antropizadas, siendo éstas la comunidad de *Cyperus capitatus-Ononis serrata*, la de *Launaea arborescens* y la de *Salsola kali*. Esto parece estar relacionado con el enterramiento que se producen debido al avance de las dunas. La distribución de estas comunidades en las dos zonas correspondientes presenta diferencias significativas (figura 5.30). La comunidad de *Cyperus capitatus-Ononis serrata* se localiza tanto sobre depósitos antrópicos cubiertos de arena como en el talud con depósitos antrópicos. Por el contrario, las otras dos comunidades únicamente se desarrollan sobre el talud con depósitos antrópicos.

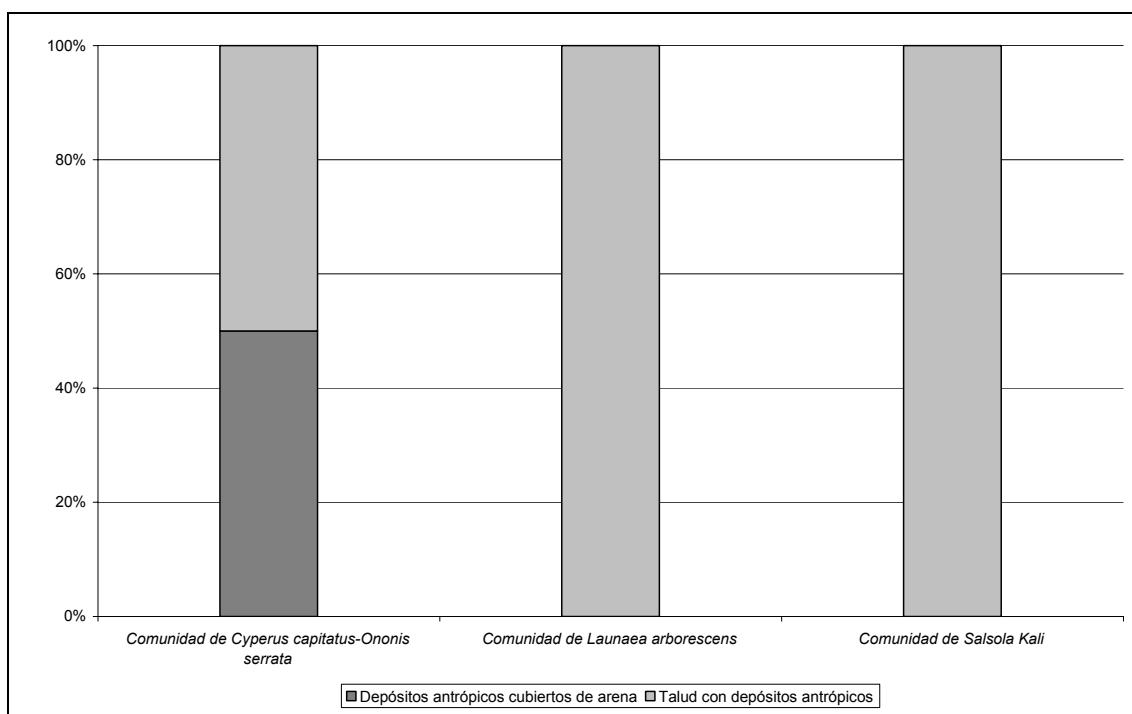


Figura 5.30. Distribución de las comunidades vegetales en relación a las áreas antropizadas en la zona activa.

En la zona estabilizada, existe una mayor diversidad de comunidades que se desarrollan en áreas antropizadas (figura 5.31). Estas comunidades son las comunidades de: *Cyperus capitatus-Ononis serrata*, *Launaea arborescens*, *Suaeda mollis*, *Phragmites communis*, *Volutaria canariensis*, *Aizoon canariense*, *Juncus acutus*, *Cenchrus ciliaris*, *Tamarix canariensis*, *Mesembryanthemum crystallinum* y comunidad exótica. Sobre los depósitos antrópicos cubiertos de arena se localiza únicamente la comunidad de *Cyperus capitatus-Ononis serrata*. El talud con depósitos antrópicos también presenta una única comunidad, la de *Mesembryanthemum crystallinum*. Los depósitos antrópicos contienen una mayor variedad de comunidades, un total de seis. De éstas, tres se localizan preferentemente en el mismo. Es el caso de las comunidades de *Suaeda mollis*, de *Volutaria canariensis* y de *Aizoon canariense*. Por su parte, la comunidad de *Launaea arborescens* y la de *Mesembryanthemum crystallinum* poseen una parte significativa de su superficie asociada a depósitos antrópicos. En la cubeta de extracción de arena se localizan de forma preferente la comunidad de *Phragmites communis*, la de *Juncus acutus*, la de *Tamarix canariensis* y la de *Cenchrus ciliaris*. Otras comunidades que se desarrollan en esta unidad son la de *Launaea arborescens*, la de *Volutaria canariensis* y la de *Aizoon canariense*.

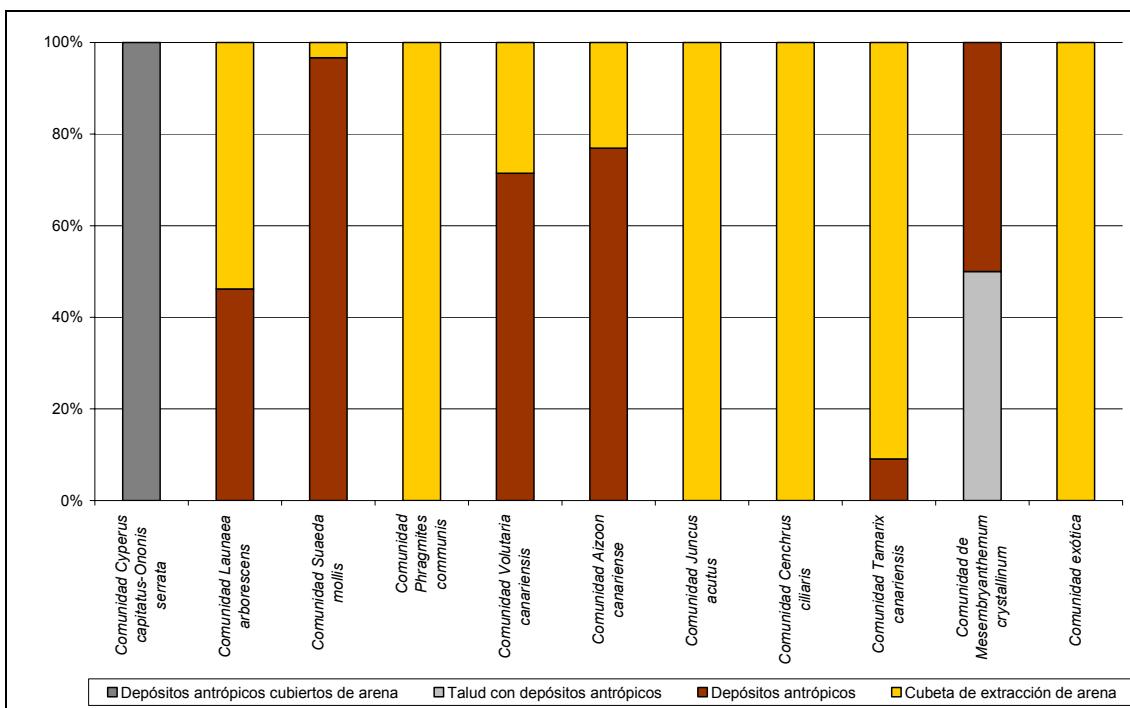


Figura 5.31. Distribución de las comunidades vegetales en relación a las áreas antropizadas en la zona estabilizada.

Por lo tanto, las actividades humanas poseen una importancia significativa a la hora de explicar la distribución de algunas comunidades vegetales, pero al igual que con la geomorfología eólica, es dependiente del grado de actividad sedimentaria eólica del sistema de dunas. Como consecuencia del desarrollo turístico se han modificado las características físicas de algunas zonas de las dunas de Maspalomas, lo cual ha permitido que este espacio geográfico sea colonizado por especies y comunidades vegetales ajena a este sistema natural. De esta forma, diferentes comunidades ruderales se han asentado permanentemente en el sistema de dunas. Asimismo, otras comunidades existentes en el interior del campo de dunas, como la de *Cyperus capitatus-Ononis serrata*, la de *Suaeda mollis*, la de *Launaea arborescens*, la de *Juncus acutus* y la de *Tamarix canariensis*, también han podido colonizar las zonas antropizadas debido a su gran amplitud ecológica o a la aparición de biotopos propicios para su desarrollo. Sin embargo, como se dijo anteriormente, las comunidades capaces de colonizar las áreas antropizadas dependen de la existencia o no de procesos sedimentarios eólicos activos. Así, en la zona activa las comunidades colonizadoras son resistentes a cierto umbral de enterramiento, como es el caso de las comunidades de *Cyperus capitatus-Ononis serrata*, de *Launaea arborescens* y de *Salsola kali*. Por el contrario, en la zona estabilizada la colonización del espacio está en gran parte dominado por las comunidades ruderales, poco o nada resistentes al enterramiento.

5.2.5. Tasa de desplazamiento de las dunas

Estudios anteriores han demostrado que el sistema de dunas de Maspalomas presenta tasas de desplazamiento de las dunas diferentes en función de su localización (Hernández Calvento, 2006). El objetivo de este apartado es analizar la movilidad de las dunas como factor limitante y estructural en la distribución de las comunidades vegetales en la zona activa.

5.2.5.1. Características generales

El MDT realizado muestra que las tasas de desplazamiento en la zona activa presenta diferencias sustanciales en función de su localización y del tipo de unidad geomorfológica (tabla 5.5; figura 5.32). Así, la movilidad de las dunas es prácticamente nula en la zona de playa del Inglés, área de entrada de sedimentos arenosos al sistema, pero en la zona de playa de Maspalomas se producen avances significativos. Esto es debido a que en paralelo a esta playa avanzan cordones de dunas en dirección a la zona occidental del sistema, mientras que en la playa del Inglés, al funcionar como zona de acceso de la arena, no se observan geoformas dunares significativas o cartografiadas y/o las existentes no se pueden reconocer en ortofotos posteriores por sus altas tasas de desplazamiento. Detrás de la playa del Inglés, en la duna costera, las tasas de desplazamiento son las más bajas, tanto considerando las máximas como la media. Las mayores tasas de avance se producen en las dunas transgresivas bajas y en las dunas transgresivas altas. En la primera zona, que presentan los mayores valores en las máximas y la media, estas altas tasas se relacionan con la existencia de dunas barjanas y láminas de arena que se adentran en el sistema a gran velocidad. En las dunas transgresivas altas las tasas disminuyen, aunque en algunos sectores se mantienen considerablemente altas. De esta forma, entre la zona inmediata a las dunas transgresivas bajas y la terraza alta del Inglés, las dunas presentan mayores tasas. Éstas disminuyen conforme se desplazan hacia la charca de Maspalomas, aunque puntualmente pueden aumentar.

Geoformas	Mínimo	Máximo	Media	Desviación estándar
Playa	0	15,9	2,1	4,0
Duna costera	0	11,6	1,2	2,3
Dunas transgresivas bajas	0	31,3	7,4	6,2
Dunas transgresivas altas	0	20,3	4,8	3,6

Tabla 5.5. Estadísticas básicas de las tasas de desplazamiento de las dunas de las geoformas de la zona activa.

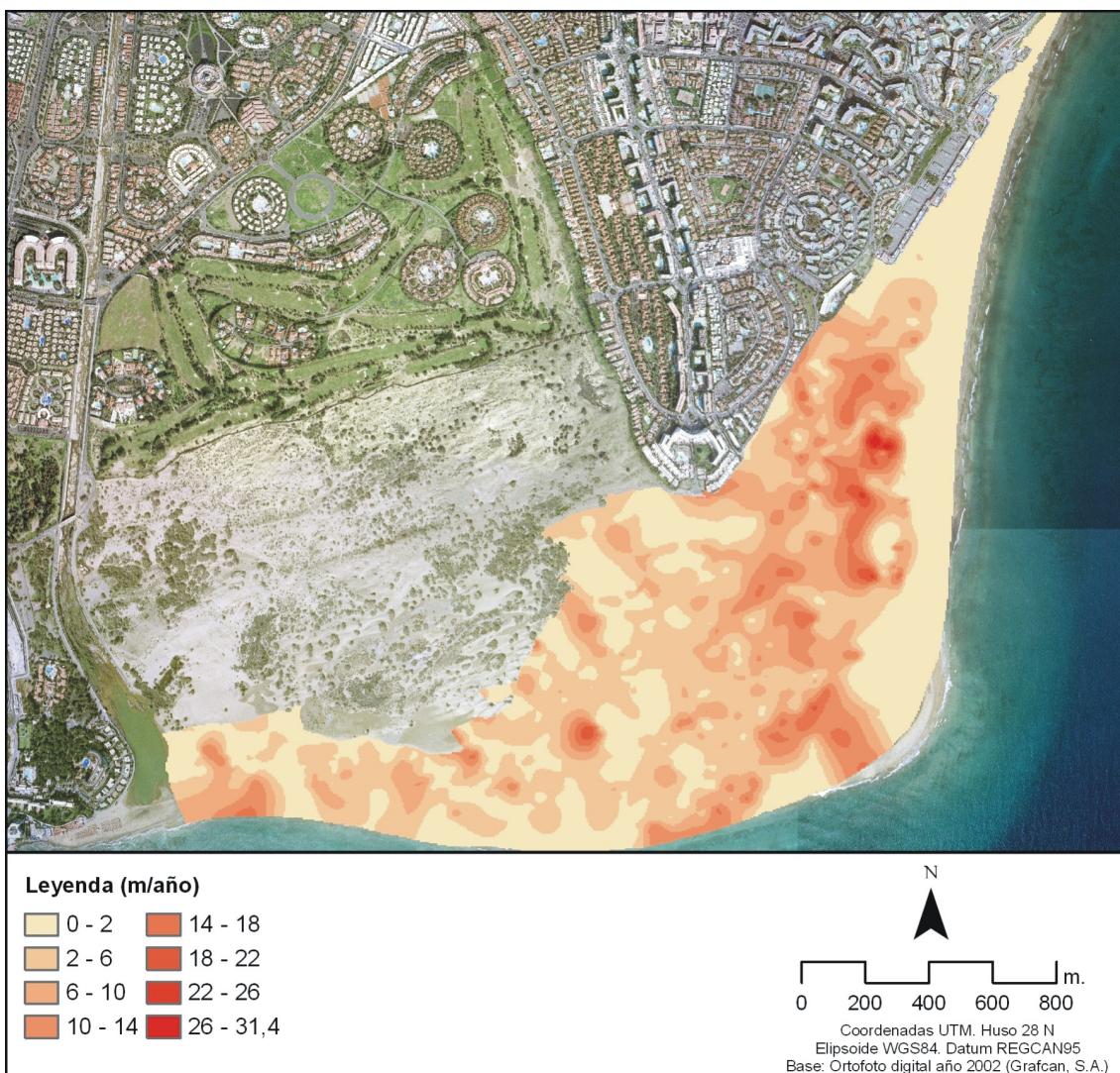


Figura 5.32. Modelo digital del terreno (MDT) de tasas de desplazamiento de las dunas entre 2002-2003.

5.2.5.2. Relación entre la vegetación y las tasas de desplazamiento de las dunas

Considerando el conjunto de la vegetación, es decir, la totalidad de las comunidades vegetales presentes en la zona activa, se observa una disminución gradual de su superficie conforme se incrementa la tasa de desplazamiento de las dunas (figura 5.33), con una correlación logarítmica muy significativa. En las zonas donde las dunas no se mueven, la superficie de la vegetación es la más amplia, disminuyendo de forma muy significativa a partir de 1 m/año. El umbral crítico se sitúa entorno a los 12-13 m/año, a partir del cual la vegetación desaparece paulatinamente, cuestión que hace definitivamente a partir de los 20 m/año. Esto explica la carencia absoluta de vegetación en la zona existente entre los primeros cordones de dunas transgresivas altas y la alineación con la terraza alta del Inglés, así como en una parte significativa de las dunas transgresivas bajas, donde las tasas de avance son muy altas. Sin embargo, también se observan zonas sin vegetación en áreas donde las tasas son muy bajas, incluso nulas. Aparentemente esto se relaciona con la ausencia de depresiones interdunares, que como

se comentó anteriormente son muy importantes para la distribución de la vegetación en la zona activa.

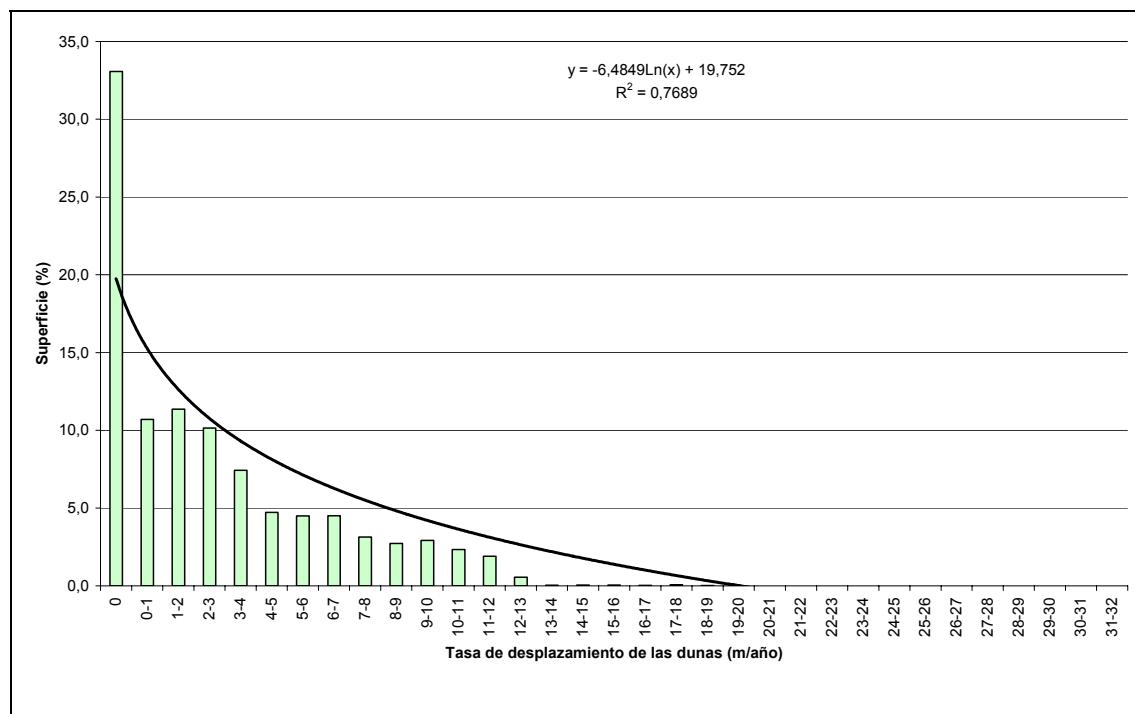


Figura 5.33. Distribución de la vegetación en relación con la tasa de desplazamiento de las dunas.

Existe una relación bastante significativa entre la distribución superficial de cada comunidad vegetal y las tasas de desplazamiento de las dunas (figura 5.34). Un grupo de ellas presenta la mayor parte de su superficie en las zonas donde las dunas no se mueven, es decir, donde las tasas de avance son cero. Este es el caso de la comunidad de *Traganum moquinii*, que posee más del 60% de su superficie en áreas sin aparente movilidad. En este caso hay que tener en cuenta que esta zona no se han podido detectar dunas en las dos ortofotos digitales y, además, es donde predominan dunas en montículos que carecen de desplazamiento horizontal significativo, de forma que la ausencia de movilidad no implica la inexistencia de procesos sedimentarios eólicos activos. Sin embargo, es la que también presenta una mayor tolerancia a este factor, al tener una parte de su superficie en las dunas transgresivas bajas, donde se presentan las mayores tasas de avance registradas, llegando a tolerar tasas de hasta 19 m/año. Las restantes comunidades presentan la mayor parte de su superficie en áreas móviles, pero dentro de los límites indicados anteriormente. Se distribuyen principalmente en las zonas donde las tasas de avance se sitúan entre 1 y 3 m/año. Las comunidades de *Cyperus laevigatus*, de *Launaea arborescens* y de *Cyperus capitatus-Ononis serrata* incrementan su superficie con tasas de desplazamiento comprendidas entre 1 y 3 m/año, límite a partir del cual van disminuyendo gradualmente. Hay que recordar que en el caso de la última comunidad su distribución se reduce a zonas periféricas con la terraza alta del Inglés y su superficie es muy reducida. La comunidad de *Tamarix canariensis* presenta un patrón similar, aunque su superficie comienza a disminuir a partir de 2

m/año. La comunidad de *Salsola kali* es la que presenta una mayor superficie en zonas con tasas de desplazamiento muy altas, entre 6 y 9 m/año. Las comunidades de *Suaeda mollis* y *Heliotropium ramosissimum* se localizan principalmente en zonas con menor movilidad.

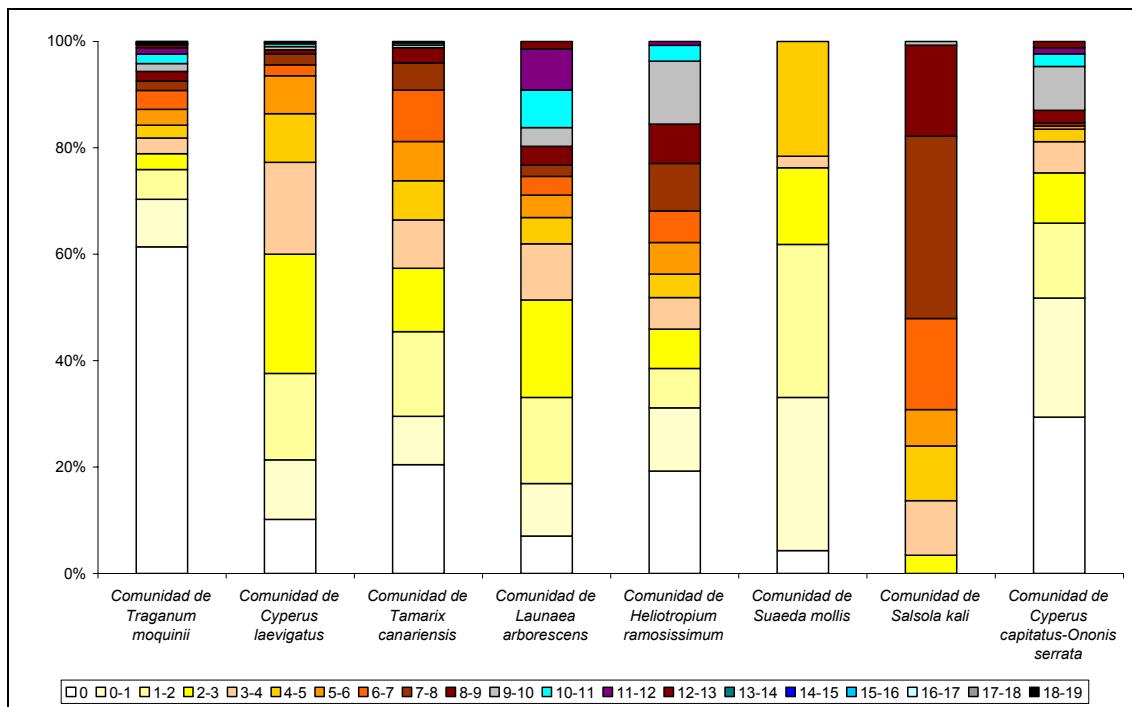


Figura 5.34. Distribución de las comunidades vegetales en relación con las tasas de desplazamiento de las dunas (m/año).

5.2.6. Litología y profundidad de la capa freática

Las observaciones realizadas en el campo han permitido observar cierta relación entre las variaciones en el sustrato y la vegetación. Asimismo, los estudios realizados con anterioridad han permitido detectar, puntualmente, un nivel freático a escasa profundidad (Hernández Calvento, 2006), con evidentes influencias sobre las comunidades vegetales. Además, los resultados obtenidos en los apartados anteriores de este capítulo han evidenciado que diferentes comunidades vegetales se desarrollan en un mismo tipo de geoforma. Esto induce a pensar que debe existir otro factor (o factores) que determina esta circunstancia. Por ello se ha procedido al análisis de la relación entre ambos factores y la distribución de la vegetación para evaluar su influencia en la existencia de ciertas comunidades en un mismo tipo de geoforma.

5.2.6.1. Características generales

El análisis de las discontinuidades espaciales de la vegetación asociada a geoformas similares parece estar relacionado con las variaciones litológicas y de la profundidad de la capa de agua subterránea. Así, las depresiones interdunares y

superficies de deflación presentan sustratos muy diferentes. En unos casos, aparece arena húmeda indicativa de la presencia de aguas subterráneas a escasa profundidad. Asimismo, la capa de agua puede aparecer a diferentes profundidades. En otras ocasiones, se produce el afloramiento de depósitos sedimentarios aluviales de variada granulometría. Por otro lado, es necesario explicar la presencia de diferentes comunidades asociadas a geoformas acumulativas como las dunas estabilizadas. En las tablas 5.6, 5.7, 5.8, 5.9, 5.10 y 5.11 se exponen las características de los transectos realizados, como por ejemplo el número de transecto, la denominación de la cata dentro de éste, la comunidad vegetal existente, la geoforma predominante, los estratos diferenciados y, finalmente, las especies vegetales presentes con su índice de abundancia/dominancia entre paréntesis (los valores del índice de abundancia/dominancia se explicaron en la metodología).

Nº minitransecto	Cata	Comunidad vegetal	Geoforma	Estratos	Especies
1 Zona en proceso de estabilización	A	Comunidad de <i>Zygophyllum fontanesii</i>	Superficie de deflación	0-60 cm (arena húmeda) 60 cm (capa de agua)	<i>Zygophyllum fontanesii</i> (3); <i>Suaeda mollis</i> (2); <i>Tamarix canariensis</i> (1)
	B	Comunidad de <i>Suaeda mollis</i>	Superficie de deflación	0-15 cm (arena seca) 15-112 cm (arena húmeda) 112 cm (capa de agua)	<i>Suaeda mollis</i> (3); <i>Tamarix canariensis</i> (2); <i>Zygophyllum fontanesii</i> (+); <i>Juncus acutus</i> (+)
	C	Comunidad de <i>Juncus acutus</i>	Superficie de deflación	0-68 cm (arena húmeda) 68 cm (capa de agua)	<i>Juncus acutus</i> (5); <i>Frankenia boiserie</i> (2); <i>Tamarix canariensis</i> (2); <i>Zygophyllum fontanesii</i> (+)
2 Zona en proceso de estabilización	A	Comunidad de <i>Juncus acutus</i>	Superficie de deflación	0-62 cm (arena húmeda) 62 cm (capa de agua)	<i>Juncus acutus</i> (5); <i>Frankenia boiserie</i> (2); <i>Zygophyllum fontanesii</i> (1); <i>Tamarix canariensis</i> (1); <i>Suaeda mollis</i> (1)
	B	Comunidad de <i>Suaeda mollis</i>	Superficie de deflación	0-16 cm (arena seca) 16-116 cm (arena húmeda) 116 cm (capa de agua)	<i>Suaeda mollis</i> (4); <i>Tamarix canariensis</i> (1); <i>Juncus acutus</i> (+)
	C	Comunidad de <i>Juncus acutus</i>	Superficie de deflación	0-73 cm (arena húmeda) 73 cm (capa de agua)	<i>Juncus acutus</i> (5); <i>Frankenia boiserie</i> (2); <i>Tamarix canariensis</i> (2)
3 Zona en proceso de estabilización	A	Comunidad de <i>Juncus acutus</i>	Superficie de deflación	0-45 cm (arena húmeda) 45 cm (capa de agua)	<i>Juncus acutus</i> (4); <i>Frankenia boiserie</i> (2); <i>Tamarix canariensis</i> (1); <i>Suaeda mollis</i> (1)
	B	Comunidad de <i>Suaeda mollis</i>	Superficie de deflación	0-6 cm (arena húmeda con calcarenitas. Costra de sal de un cm) 6 cm (depósito aluvial húmedo con calcarenitas)	<i>Suaeda mollis</i> (2); <i>Frankenia boiserie</i> (+)

Tabla 5.6. Características de las catas realizadas.

Nº minitransecto	Cata	Comunidad vegetal	Geoforma	Estratos	Especies
4 Zona en proceso de estabilización	A	Comunidad de <i>Zygophyllum fontanesii</i>	Superficie de deflación	0-70 cm (arena húmeda) 70 cm (capa de agua)	<i>Zygophyllum fontanesii</i> (4); <i>Suaeda mollis</i> (2); <i>Tamarix canariensis</i> (1); <i>Phoenix canariensis</i> (+); <i>Frankenia boiserie</i> (+); <i>Juncus acutus</i> (+)
	B	Comunidad de <i>Juncus acutus</i>	Superficie de deflación	0-62 cm (arena húmeda) 62 cm (capa de agua)	<i>Juncus acutus</i> (4); <i>Frankenia boiserie</i> (2); <i>Tamarix canariensis</i> (2); <i>Zygophyllum fontanesii</i> (+); <i>Suaeda mollis</i> (+)
	C	Comunidad de <i>Suaeda mollis</i>	Superficie de deflación	0-48 cm (arena húmeda) 48 cm (depósito aluvial húmedo con calcarenitas)	<i>Suaeda mollis</i> (3); <i>Frankenia boiserie</i> (2); <i>Tamarix canariensis</i> (1); <i>Juncus acutus</i> (+); <i>Zygophyllum fontanesii</i> (+)
5 Zona en proceso de estabilización	A	Comunidad de <i>Tamarix canariensis</i>	Depresión interdunar	0-55 cm (arena húmeda) 55 cm (capa de agua)	<i>Tamarix canariensis</i> (5); <i>Nicotiana glauca</i> (1); <i>Juncus acutus</i> (+); <i>Chenopodium murale</i> (+)
	B	Comunidad de <i>Launaea arborescens</i>	Depresión interdunar	0-6 cm (arena seca) 6-69 cm (arena húmeda) 69 cm (capa de agua)	<i>Launaea arborescens</i> (5); <i>Nicotiana glauca</i> (1); <i>Cynodon dactylon</i> (1); <i>Tamarix canariensis</i> (1); <i>Juncus acutus</i> (+); <i>Heliotropium ramosissimum</i> (+)
6 Zona estabilizada	A	Comunidad de <i>Tamarix canariensis</i>	Depresión interdunar	0-10 cm (arena seca) 10-85 cm (arena húmeda) 85 cm (capa de agua)	<i>Tamarix canariensis</i> (5); <i>Phoenix canariensis</i> (3); <i>Nicotiana glauca</i> (+); <i>Launaea arborescens</i> (+)
	B	Comunidad de <i>Launaea arborecens</i>	Depresión interdunar	0-8 cm (arena seca) 8-84 cm (arena húmeda) 84 cm (depósito aluvial húmedo con piedras)	<i>Launaea arborescens</i> (4); <i>Nicotiana glauca</i> (3); <i>Cyperus capitatus</i> (1)

Tabla 5.7. Características de las catas realizadas (continuación).

Nº minitransecto	Cata	Comunidad vegetal	Geoforma	Estratos	Especies
7 Zona estabilizada	A	Comunidad de <i>Launaea arborescens</i>	Depresión interdunar	0-5 cm (arena seca) 5-36 cm (depósito aluvial húmedo con piedras) 36 cm (arena húmeda con piedras)	<i>Launaea arborescens</i> (4); <i>Schizogyne glaberrima</i> (2); <i>Nicotiana glauca</i> (2); <i>Phoenix canariensis</i> (2); <i>Tamarix canariensis</i> (1)
	B	Comunidad de <i>Schizogyne glaberrima</i>	Depresión interdunar	0-5 cm (arena seca) 5-7 cm (arena húmeda) 7 cm (depósito aluvial húmedo)	<i>Schizogyne glaberrima</i> (4); <i>Juncus acutus</i> (3); <i>Launaea arborescens</i> (1); <i>Nicotiana glauca</i> (+)
8 Zona en proceso de estabilización	A	Comunidad de <i>Tamarix canariensis</i>	Superficie de deflación	0-50 cm (arena húmeda) 50 cm (capa de agua)	<i>Tamarix canariensis</i> (5); <i>Juncus acutus</i> (+)
	B	Comunidad de <i>Juncus acutus</i>	Superficie de deflación	0-68 cm (arena húmeda) 68 cm (capa de agua)	<i>Juncus acutus</i> (4); <i>Tamarix canariensis</i> (2); <i>Launaea arborescens</i> (1)
9 Zona estabilizada	A	Comunidad de <i>Launaea arborescens</i>	Depresión interdunar	0-8 cm (arena seca) 8-123 cm (arena húmeda) 123 cm (capa de agua)	<i>Launaea arborescens</i> (5); <i>Cynodon dactylon</i> (+); <i>Cyperus capitatus</i> (+)
	B	Comunidad de <i>Juncus acutus</i>	Depresión interdunar	0-28 cm (arena húmeda) 28 cm (capa de agua)	<i>Juncus acutus</i> (5); <i>Schizogyne glaberrima</i> (+); <i>Launaea arborescens</i> (+); <i>Thypha dominguensis</i> (+)

	C	Comunidad de <i>Launaea arborescens</i>	Depresión interdunar	0-20 cm (arena seca) 20-120 cm (arena húmeda)	<i>Launaea arborescens</i> (3); <i>Tamarix canariensis</i> (1); <i>Cyperus capitatus</i> (1); <i>Heliotropium ramosissimum</i> (+)
10 Zona estabilizada	A	Comunidad de <i>Launaea arborescens</i>	Depresión interdunar	0-42 cm (arena seca) 42 cm (depósito aluvial seco con piedras)	<i>Launaea arborescens</i> (3); <i>Heliotropium ramosissimum</i> (2); <i>Cynodon dactylon</i> (1); <i>Plocama pendula</i> (1); <i>Cyperus capitatus</i> (+)
	B	Comunidad de <i>Cyperus capitatus-Ononis serrata</i>	Dunas pequeñas	0-60 cm (arena seca)	<i>Cyperus capitatus</i> (4); <i>Neurada procumbens</i> (1); <i>Heliotropium ramosissimum</i> (1); <i>Launaea arborescens</i> (1)

Tabla 5.8. Características de las catas realizadas (continuación).

Nº minitransecto	Cata	Comunidad vegetal	Geoforma	Estratos	Especies
11 Zona estabilizada	A	Comunidad de <i>Tamarix canariensis</i>	Depresión interdunar	0-35 cm (arena seca) 35-109 cm (arena húmeda)	<i>Tamarix canariensis</i> (3); <i>Suaeda mollis</i> (2); <i>Mairetis microsperma</i> (2); <i>Heliotropium ramosissimum</i> (2); <i>Launaea arborescens</i> (1); <i>Cenchrus ciliaris</i> (1); <i>Cynodon dactylon</i> (1); <i>Nicotiana glauca</i> (1); <i>Neurada procumbens</i> (+)
	B	Comunidad de <i>Launaea arborescens</i>	Depresión interdunar	0-30 cm (arena seca) 30-50 cm (arena húmeda) 50 cm (depósito aluvial húmedo con rocas)	<i>Launaea arborescens</i> (3); <i>Heliotropium ramosissimum</i> (2); <i>Cynodon dactylon</i> (1); <i>Suaeda mollis</i> (1); <i>Tamarix canariensis</i> (1); <i>Cenchrus ciliaris</i> (1); <i>Plantago afra</i> (1); <i>Mairetis microsperma</i> (1); <i>Neurada procumbens</i> (+)

12 Zona en proceso de estabilización	A	Comunidad de <i>Tamarix canariensis</i>	Superficie de deflación	0-14 cm (arena seca) 14 cm (depósito aluvial húmedo compacto)	<i>Tamarix canariensis</i> (5); <i>Suaeda mollis</i> (1)
	B	<i>Comunidad de Suaeda mollis</i>	Superficie de deflación	0-6 cm (arena seca con cantos) 6 cm (depósito aluvial húmedo compacto con cantos)	<i>Suaeda mollis</i> (5)
13 Zona activa	A	Comunidad de <i>Tamarix canariensis</i>	Depresión interdunar	0-62 cm (arena húmeda) 62 cm (capa de agua)	<i>Tamarix canariensis</i> (3)
	B	Comunidad de <i>Launaea arborescens</i>	Depresión interdunar	0-5 cm (arena seca com cantos) 5 cm (depósito aluvial seco)	<i>Launaea arborescens</i> (3); <i>Heliotropium ramosissimum</i> (2); <i>Nicotiana glauca</i> (1)
14 Zona estabilizada	A	Comunidad de <i>Launaea arborescens</i>	Dunas pequeñas	0-32 cm (arena seca) 32-120 cm (arena húmeda)	<i>Launaea arborescens</i> (3); <i>Cyperus capitatus</i> (2); <i>Neurada procumbens</i> (2)
	B	Comunidad de <i>Launaea arborescens</i>	Dunas pequeñas	0-70 cm (arena seca) 70-112 cm (arena húmeda)	<i>Launaea arborescens</i> (3); <i>Cyperus capitatus</i> (2); <i>Neurada procumbens</i> (2)

Tabla 5.9. Características de las catas realizadas (continuación).

Nº minitransecto	Cata	Comunidad vegetal	Geoforma	Estratos	Especies
15 Zona estabilizada	A	Comunidad de <i>Launaea arborescens</i>	Depresión interdunar	0-34 cm (arena seca con cantos)	<i>Launaea arborescens</i> (2); <i>Cenchrus ciliaris</i> (3); <i>Mairetis microsperma</i> (1); <i>Cynodon dactylon</i> (1); <i>Heliotropium ramosissimum</i> (+); <i>Neurada procumbens</i> (+)
	B	Comunidad de <i>Launaea arborescens</i>	Depresión interdunar	0-50 cm (arena seca) 50 cm (depósito aluvial seco)	<i>Launaea arborescens</i> (3); <i>Cyperus capitatus</i> (2); <i>Cenchrus ciliaris</i> (2); <i>Neurada procumbens</i> (2)
16 Zona estabilizada	A	Comunidad de <i>Volutaria canariensis</i>	Depresión interdunar	0-12 cm (arena seca) 12 cm (depósito aluvial seco)	<i>Volutaria canariensis</i> (2); <i>Heliotropium ramosissimum</i> (2); <i>Plocama pendula</i> (+); <i>Tamarix canariensis</i> (+); <i>Launaea arborescens</i> (+)
	B	Comunidad de <i>Tamarix canariensis</i>	Depresión interdunar	0-21 cm (arena seca) 21-50 cm (arena húmeda) 50 cm (depósito aluvial húmedo)	<i>Tamarix canariensis</i> (3); <i>Heliotropium ramosissimum</i> (2); <i>Mesembryanthemum crystallinum</i> (1); <i>Launaea arborescens</i> (1); <i>Schizogyne glaberrima</i> (+)
17 Zona activa	A	Comunidad de <i>Launaea arborescens</i>	Depresión interdunar	0-6 cm (arena seca con cantos) 6 cm (depósito aluvial seco)	<i>Launaea arborescens</i> (5); <i>Tamarix canariensis</i> (1)
	B	Comunidad de <i>Tamarix canariensis</i>	Depresión interdunar	0-3 cm (arena húmeda con cantos) 3 cm (depósito aluvial húmedo)	<i>Tamarix canariensis</i> (3)

Tabla 5.10. Características de las catas realizadas (continuación).

Nº minitransecto	Cata	Comunidad vegetal	Geoforma	Estratos	Especies
18 Zona estabilizada	A	Comunidad de <i>Launaea arborescens</i>	Depresión interdunar	0-28 cm (arena seca) 28-120 cm (arena húmeda)	<i>Launaea arborescens</i> (4); <i>Cyperus capitatus</i> (2); <i>Neurada procumbens</i> (1); <i>Nicotiana glauca</i> (+)
19 Zona estabilizada	A	Comunidad de <i>Launaea arborescens</i>	Depresión interdunar	0-12 cm (arena seca) 12 cm (depósito aluvial seco con cantos)	<i>Launaea arborescens</i> (3); <i>Cenchrus ciliaris</i> (2); <i>Cyperus capitatus</i> (1); <i>Heliotropium ramosissimum</i> (1)
20 Zona estabilizada	A	Comunidad de <i>Launaea arborescens</i>	Depresión interdunar	0-10 cm (arena seca) 12 cm (depósito aluvial seco con cantos)	<i>Launaea arborescens</i> (3); <i>Cyperus capitatus</i> (1); <i>Heliotropium ramosissimum</i> (1)
21 Zona estabilizada	A	Comunidad de <i>Launaea arborescens</i>	Depresión interdunar	0-8 cm (arena seca con cantos) 8 cm (depósito aluvial seco)	<i>Launaea arborescens</i> (2); <i>Cenchrus ciliaris</i> (3); <i>Heliotropium ramosissimum</i> (1)
22 Zona estabilizada	A	Comunidad de <i>Launaea arborescens</i>	Depresión interdunar	0-15 cm (arena seca con cantos) 15 cm (depósito aluvial seco)	<i>Launaea arborescens</i> (2); <i>Cenchrus ciliaris</i> (2); <i>Heliotropium ramosissimum</i> (2); <i>Cynodon dactylon</i> (1); <i>Schizogyne glaberrima</i> (+); <i>Stipagrostis ciliata</i> (+)
23 Zona en proceso de estabilización	A	Comunidad de <i>Suaeda mollis</i>	Superficie de deflación	0-4 cm (cantos con arena seca) 4 cm (depósito aluvial seco)	<i>Suaeda mollis</i> (3)
24 Zona activa	A	Comunidad de <i>Launaea arborescens</i>	Depresión interdunar	0-1 cm (cantos con arena seca) 1 cm (depósito aluvial seco)	<i>Launaea arborescens</i> (2); <i>Heliotropium ramosissimum</i> (2)
25 Zona activa	A	Comunidad de <i>Launaea arborescens</i>	Depresión interdunar	0-5 cm (arena seca con calcarenitas) 5 cm (depósito aluvial seco)	<i>Launaea arborescens</i> (4); <i>Heliotropium ramosissimum</i> (2); <i>Nicotiana glauca</i> (1)
26 Zona estabilizada	A	Comunidad de <i>Launaea arborescens</i>	Depresión interdunar	0-18 cm (arena seca) 18-34 cm (arena húmeda) 34 cm (depósito aluvial seco con cantos)	<i>Launaea arborescens</i> (3); <i>Heliotropium ramosissimum</i> (3); <i>Mairetis microsperma</i> (2); <i>Cynodon dactylon</i> (1)

Tabla 5.11. Características de las catas realizadas (continuación).

5.2.6.2. Relación entre la vegetación y la litología y la profundidad de la capa de agua

Las catas realizadas mediante los minitransectos se han agrupado en tres gráficos, uno para cada una de las zonas definidas en función de la actividad sedimentaria eólica (figuras 5.35, 5.36 y 5.37). En ellos se relacionan el tipo de comunidad vegetal con el volumen de arena seca y húmeda y la profundidad a la que se encuentra la capa de agua subterránea.

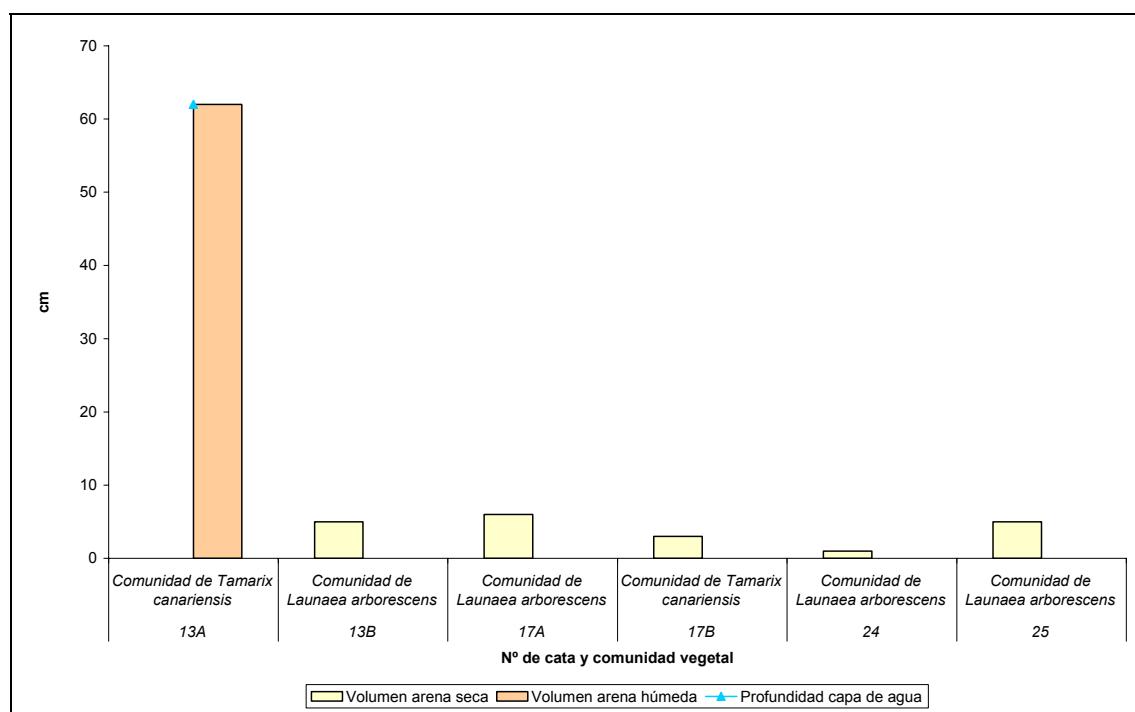


Figura 5.35. Relación de la vegetación con la profundidad de la capa de agua y la litología en la zona activa.

En la figura 5.35 se puede observar que existe una relación entre la profundidad de la capa de agua freática y la presencia de determinadas comunidades vegetales. Así las comunidades que teóricamente depende de la existencia de recursos hídricos a escasa profundidad, como la de *Tamarix canariensis*, aparece donde la capa de agua subterránea está presente. La presencia de litologías aluviales de distinta granulometría dificultan el acceso de las plantas a la capa de agua freática produce la aparición de otras menos exigentes en cuanto a las disponibilidades hídricas. Este es el caso de la comunidad de *Launaea arborescens*.

En la zona en proceso de estabilización (figura 5.36) la tendencia vista anteriormente se vuelve más evidente, de tal forma que la disminución de la profundidad de la capa de agua subterránea tiene como consecuencia la aparición de comunidades vinculadas a la misma, como la comunidad de *Juncus acutus* y la comunidad de *Tamarix canariensis*. Las catas realizadas en la segunda comunidad vegetal no están totalmente relacionadas con la profundidad del nivel freático, ya que en algunas de ellas no se alcanzó debido a la existencia de potentes depósitos aluviales. De

forma inesperada, la comunidad de *Zygophyllum fontanesii* también parece estar estrechamente vinculada a las áreas donde el nivel freático se localiza a escasa profundidad, cuando en principio no parece ser una especie con unos requisitos hídricos muy exigentes, ya que su hábitat está vinculado a comunidades halófilas costeras. Otro dato relativamente sorprendente lo protagoniza la comunidad de *Launaea arborescens*, que como ocurre en la cata 5B, se localiza en áreas donde la capa freática se encuentra a menos de 70 cm de profundidad. En este caso, destaca la existencia de una capa de arena seca de unos 6 cm de espesor, mientras que en las zonas ocupadas por la comunidad de *Juncus acutus* no existe ningún depósito de arena seca. Por su parte, la comunidad de *Suaeda mollis* ocupa aquellas zonas donde el manto freático se sitúa a una profundidad superior a los 100 cm o donde predominan los sustratos aluviales, mayoritariamente humedecidos.

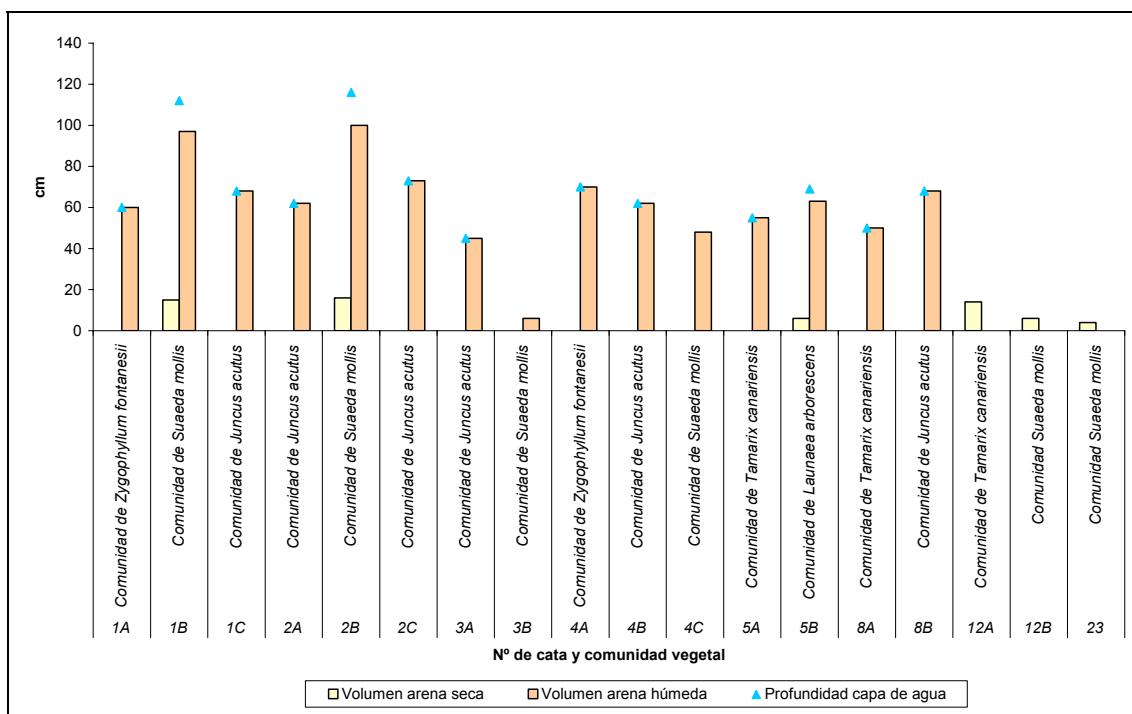


Figura 5.36. Relación de la vegetación con la profundidad de la capa de agua y la litología en la zona proceso de estabilización.

En la zona estabilizada (figura 5.37) las comunidades vegetales existentes en su mayoría no están vinculadas a la existencia de un manto freático a escasa profundidad, exceptuando a la comunidad de *Tamarix canariensis* y la de *Juncus acutus*. Sin embargo, en algún caso la primera comunidad vegetal no está totalmente relacionada con la profundidad de la capa de agua subterránea. Pese a esto, hay que tener en cuenta que en una de las dos catas donde se alcanzó el nivel freático corresponde a esta comunidad vegetal. Las otras cuatro comunidades existentes, la de *Launaea arborescens*, la de *Schizogyne glaberrima*, la de *Cyperus capitatus-Ononis serrata* y la de *Volutaria canariensis* no están relacionadas con la profundidad donde se encuentra el nivel freático. La comunidad de *Launaea arborescens*, por su parte, aparece en las zonas donde el manto freático está situado a una profundidad superior a los 100 cm o

donde existen depósitos sedimentarios aluviales variados. Asimismo la comunidad de *Schizogyne glaberrima* se localiza en depresiones interdunares donde aparecen depósitos aluviales humedecidos a escasa profundidad. La presencia de estas comunidades a su vez parece estar relacionada con el volumen de arena seca existente. Las comunidades que están dominadas por especies estrictamente psamófilas, como el caso de *Cyperus capitatus*, están vinculadas a zonas donde el volumen de sedimentos es muy significativo. Conforme el nivel de arena seca desciende aparece la comunidad de *Launaea arborescens*, que es capaz de resistir cierta cantidad de sedimentos y, en ocasiones, con el mismo volumen de arena o superior al de la comunidad de *Cyperus capitatus-Ononis serrata*. Con respecto a esto se debe tener en cuenta que el volumen de arena existente en la zona correspondiente a la comunidad de *Cyperus capitatus-Ononis serrata* probablemente es superior a los 60 cm, pero debido a las dificultades que existen al hacer una cata en áreas con arena seca suelta no se pudo perforar a más profundidad. Por el contrario, la comunidad de *Volutaria canariensis* se distribuye en aquellas zonas con depósitos sedimentarios aluviales donde el volumen de arena seca superficial es poco significativo.

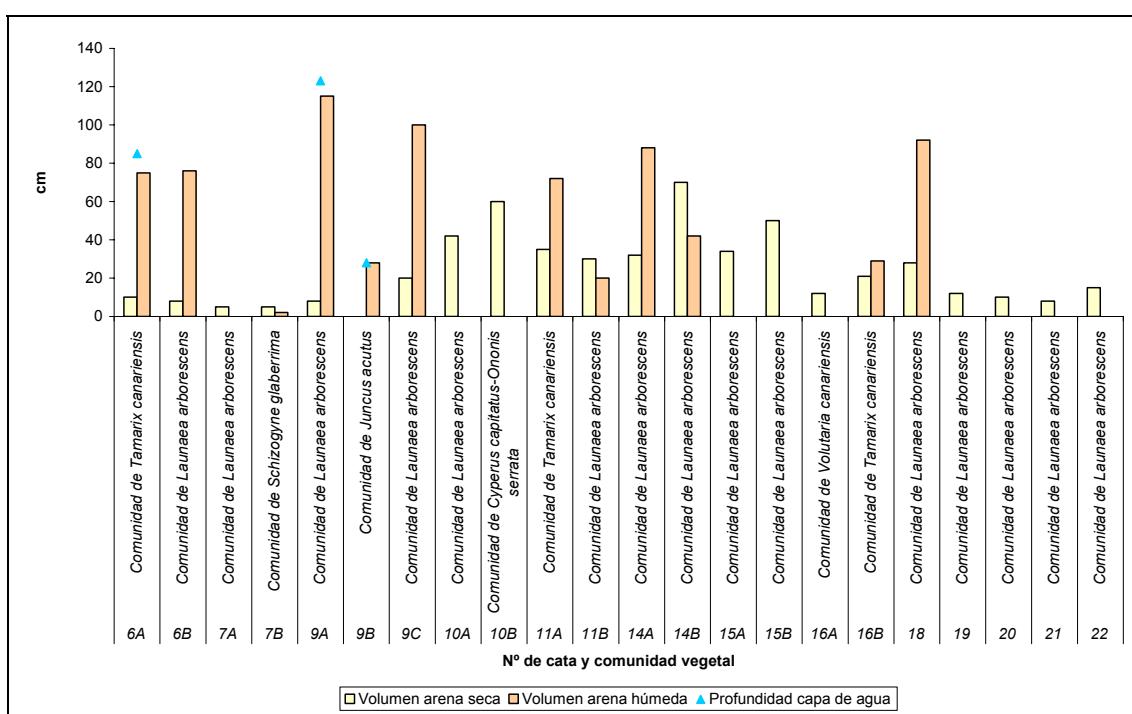


Figura 5.37. Relación de la vegetación con la profundidad de la capa de agua y la litología en la zona estabilizada.

Los resultados obtenidos indican que las discontinuidades espaciales que experimenta la vegetación para las distintas zonas diferenciadas en función de los procesos sedimentarios eólicos, tanto las asociadas a las depresiones interdunares y superficies de deflación como a las dunas, están muy relacionadas con las variaciones que presentan las características del sustrato sobre el cual se asientan y la profundidad

de la capa de agua freática. De este modo, se puede constatar la existencia de dos grupos principales de comunidades vegetales diferentes en función de estos factores:

Un primer grupo, está formado por comunidades que dependen de la existencia de una capa de agua cercana a la superficie, que normalmente no supera los 85 cm de profundidad. En este caso las especies dominantes son muy exigentes en cuanto a las disponibilidades hídricas. Están formadas por comunidades vegetales higrófilas como la comunidad de *Tamarix canariensis*, la de *Juncus acutus* y la de *Zygophyllum fontanesii*.

Por otro lado, se encuentran otros tipos de vegetación no vinculadas a la existencia de esta capa de agua subterránea. En este caso, la presencia de diferentes comunidades vegetales depende principalmente del volumen de arena seca existente. De esta forma, se pueden encontrar comunidades que no pueden subsistir en zonas con un volumen de sedimentos arenosos significativos, como es el caso de la comunidad de *Suaeda mollis*, la de *Volutaria canariensis* y la de *Schizogyne glaberrima*; por el contrario otras, como la de *Launaea arborescens*, pueden asentarse en zonas donde este volumen de arena seca presenta cierta potencia. Conforme este volumen de arena aumenta, la comunidad de *Cyperus capitatus-Ononis serrata*, que está dominada por especies estrictamente psamófilas, se convierte en la predominante.

5.2.7. Características químicas de las aguas subterráneas

En el apartado anterior se confirmó la existencia de un nivel freático cerca de la superficie. Sin embargo, la existencia de agua a una escasa profundidad permite el desarrollo de varias comunidades vegetales diferentes, lo que indica que los diferentes tipos de vegetación vinculados a las aguas freáticas varían en función de las características del líquido elemento. Por lo tanto, el siguiente paso es determinar la relación entre de los diferentes tipos de vegetación y las características químicas que presentan las aguas freáticas.

5.2.7.1. Características generales

El reducido número de puntos de muestreo impide la caracterización de la capa de agua de las diferentes zonas definidas en función de los procesos sedimentarios eólicos, pero los resultados obtenidos en los siete puntos de muestreo realizados para las diferentes campañas de campo se muestran en la tabla 5.12. Los parámetros analizados (conductividad eléctrica, pH y profundidad del nivel freático), muestran diferentes tendencias y variaciones. Cada punto corresponde a una determinada comunidad vegetal.

Las comunidades de *Traganum moquinii*, *Cyperus laevigatus* y *Tamarix canariensis* corresponde a la zona activa, la de *Zygophyllum fontanesii* a la zona en procesos de estabilización y la de *Juncus acutus* a la zona estabilizada.

Fecha	Características agua	<i>Juncus acutus</i>	<i>Zygophyllum fontanesii</i>	<i>Cyperus laevigatus</i>	<i>Tamarix canariensis</i>	<i>Traganum moquinii</i>	<i>Traganum moquinii</i>	<i>Cyperus laevigatus</i>
Nov-04	Conductividad eléctrica (mScm^{-1})	5,1	27,7	17,4	10,7	6,4	8,8	12,6
	pH	7,5	7,5	8,3	7,5	9,2	8,7	8
	Profundidad (cm)	80	60	52,5	51,7	53,3	43,3	56,7
Ene-05	Conductividad eléctrica (mScm^{-1})	6,8	38,6	18,9	13,2	9	10,3	15,4
	pH	7,4	7,2	7,9	7,3	8,8	8,4	7,9
	Profundidad (cm)	52,5	60	55	48,3	49	60	48,3
Abr-05	Conductividad eléctrica (mScm^{-1})	6	28	19,1	7,8	8	8	14,9
	pH	7,1	7,6	8	7,3	8,9	8,2	8
	Profundidad (cm)	39,3	50,7	60	42,3	45	42,3	35
Jul-05	Conductividad eléctrica (mScm^{-1})	7,5	25,2	14,4	8,4	7	9,1	13,4
	pH	7,4	7,5	8,5	7,6	9,3	8,5	8,1
	Profundidad (cm)	40	60	65,3	55,7	48,3	40	51,7
Nov-05	Conductividad eléctrica (mScm^{-1})	5	21,1	13,5	9,7	8,6	7,8	11,9
	pH	7,5	7,5	8,2	7,8	8,3	8,6	7,7
	Profundidad (cm)	72,5	46	50	47,5	42,5	40	50
Mar-06	Conductividad eléctrica (mScm^{-1})	4,7	11,5	18,4	3,3	2,7	2,7	Encharcada
	pH	7,4	7,5	8	7,5	8,3	8,3	Encharcada
	Profundidad (cm)	45	45	30	45	40	30	Encharcada
Jul-06	Conductividad eléctrica (mScm^{-1})	4,7	18,3	7,3	6,3	9,1	3,7	8,3
	pH	7,5	7,7	8,2	8,2	9,7	8,2	7,8
	Profundidad (cm)	66	68,3	65	62,8	57,5	53	50
Nov 04 Jul 06 (media)	Conductividad eléctrica (mScm^{-1})	5,7	29,1	15,6	8,5	7,3	7,2	12,8
	pH	7,4	7,5	8,1	7,6	8,9	8,4	7,9
	Profundidad (cm)	56,5	55,7	54	50,5	48	44,1	48,6

Tabla 5.12. Resultados de las muestras de agua analizadas para cada uno de los puntos de muestreo.

5.2.7.2. Relación entre las características de las aguas subterráneas y la vegetación

El pH muestra una escasa variabilidad, y siempre es neutro o básico, oscilando sus valores entre 7,1 y 9,7. El pH medio más bajo, con tendencia a ser neutro, lo muestran las aguas subterráneas asociadas a las comunidades de *Juncus acutus*, de *Zygophyllum fontanesii* y de *Tamarix canariensis*, con valores medios comprendidos entre 7,4 y 7,6. Los más elevados lo presentan las aguas relacionadas con los sustratos donde se localizan las comunidades de *Traganum moquinii* y de *Cyperus laevigatus*, oscilando el pH medio entre 7,9 y 8,9.

Aunque la profundidad de la capa de agua subterránea ha sido analizada en el apartado 5.2.6 se ha considerado oportuno abordarla nuevamente, sobre todo considerando la existencia de datos para algunas comunidades vegetales que no fueron tomados en los minitransectos. La profundidad de la capa freática presenta unos valores medios que oscilan entre 39,3 y 80 cm. Como se puede observar en la figura 5.38, las comunidades que presentan una profundidad media menor son la comunidad de *Traganum moquinii*, la comunidad de *Tamarix canariensis* y la comunidad de *Cyperus laevigatus*, todas ellas localizadas en la zona activa. La profundidad media más elevada corresponde a las comunidades de *Zygophyllum fontanesii* y de *Juncus acutus*, presentes en la zona en proceso de estabilización y estabilizada, respectivamente.

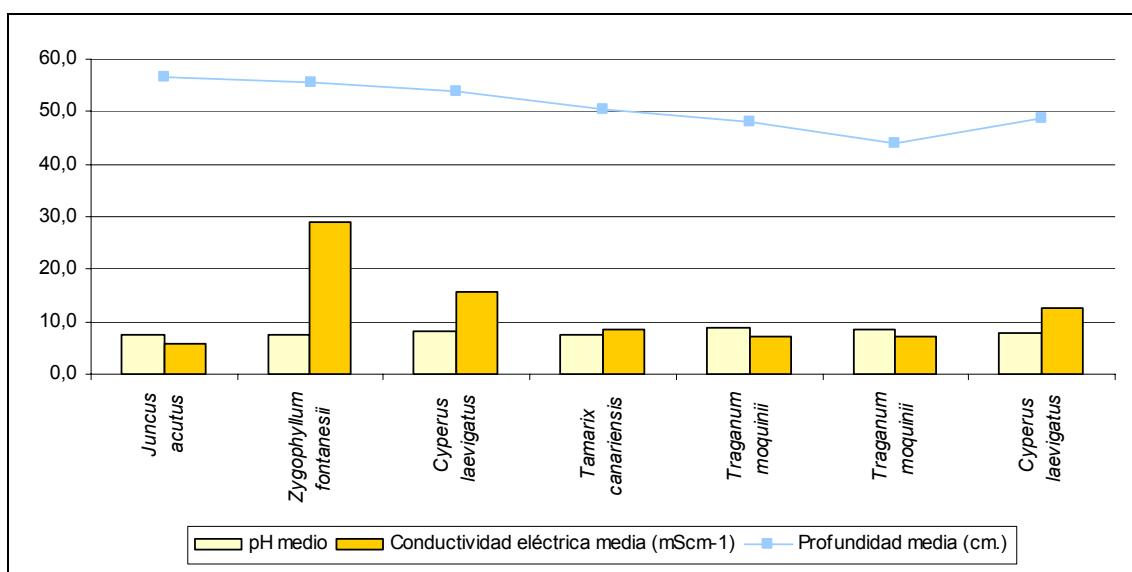


Figura 5.38. Características del agua subterránea para varias comunidades vegetales.

La conductividad eléctrica es el factor que presenta una mayor variabilidad entre las diferentes comunidades vegetales analizadas. De este modo, se pueden diferenciar cuatro tipos de vegetación en función del grado de salinidad media existente en las aguas subterráneas. Un primer grupo está formado por una única comunidad, la cual presenta la menor conductividad eléctrica. Se corresponde con la comunidad de *Juncus acutus*. Un segundo grupo está formado por aquellas comunidades que presentan una salinidad que oscila entre 7,2 y 8,5 mScm⁻¹. Están constituidas por la comunidad de

Traganum moquinii y la comunidad de *Tamarix canariensis*. El tercer grupo está formado por la comunidad de *Cyperus laevigatus*, que presenta unos valores medios que oscilan entre 12,8 y 15,6 mScm⁻¹. El cuarto grupo es el que presenta la máxima conductividad eléctrica y está formada por la comunidad de *Zygophyllum fontanesii*, con valores superiores a 20 mScm⁻¹.

5.2.8. Características químicas del sustrato

Los diferentes sustratos que aparecen en Maspalomas, fundamentalmente arena seca, arena húmeda y materiales sedimentarios aluviales, pueden presentar diferentes características químicas, que podrían estar condicionando la distribución de las comunidades vegetales que se desarrollan en un mismo tipo de geoforma y sobre un mismo tipo de litología. Se expone en este apartado el análisis de los factores que podrían explicar tal distribución desde esta perspectiva.

En primer lugar, se estudian los patrones de variación de la composición química del sustrato. Para ello se ha analizado la relación entre la distancia a la costa y los resultados obtenidos para cada muestra. Asimismo, también se ha considerado la geoforma y el tipo de sustrato (aluvial o arena). En el eje x de cada gráfico se muestra la denominación del punto de muestreo, el tipo de geoforma y la litología. En este último caso solamente se indica los materiales sedimentarios aluviales, mientras que los demás corresponden a arena.

5.2.8.1. Características generales

En la tabla 5.13 se muestra las características químicas del sustrato para las tres zonas definidas en función de los procesos sedimentarios eólicos activos. En general, conforme disminuyen estos procesos, y existe una mayor distancia a la costa, se observa un incremento de la materia orgánica, del nitrógeno, del fósforo, del potasio y del carbonato cálcico activo, mientras que decrecen el pH, la salinidad y el sodio. En el caso concreto del fósforo y de la materia orgánica, su tendencia no es linear, sino que presenta un decremento desde la zona activa hasta la zona en proceso de estabilización, para incrementarse en la zona estabilizada.

Zona/composición química	Media	Máximo	Mínimo
Zona activa			
pH	9,43	10	8,48
Salinidad (dS m ⁻¹)	2,02	27,5	0,08
Sodio (cmolc kg ⁻¹)	7,77	80,97	0,30
Potasio (cmolc kg ⁻¹)	0,90	3,61	0,19
Materia orgánica (%)	0,13	0,82	0,008
Nitrógeno (%)	0,007	0,029	0,002
Carbonato cálcico (%)	36,30	63,51	10,36
Fósforo (mg/kg)	6,60	80,32	1,15
Zona en proceso de estabilización			
pH	9,27	10,09	8,50

Salinidad (dS m ⁻¹)	1,46	6,97	0,06
Sodio (cmolc kg ⁻¹)	5,58	27,03	0,15
Potasio (cmolc kg ⁻¹)	0,77	1,67	0,16
Materia orgánica (%)	0,09	0,24	0,03
Nitrógeno (%)	0,006	0,009	0,0033
Carbonato cálcio (%)	37,89	63,51	16,29
Fósforo (mg/kg)	4,99	10,41	1,79
Zona estabilizada			
pH	8,99	9,74	7,80
Salinidad (dS m ⁻¹)	1,03	11,09	0,05
Sodio (cmolc kg ⁻¹)	3,19	52,13	0,09
Potasio (cmolc kg ⁻¹)	0,80	4,09	0,12
Materia orgánica (%)	0,27	1,12	0,02
Nitrógeno (%)	0,016	0,053	0,004
Carbonato cálcio (%)	39,31	68,10	9,39
Fósforo (mg/kg)	15,88	100,34	2,60

Tabla 5.13. Estadísticos básicos de las características químicas del sustrato para las zonas definidas en función de los procesos sedimentarios eólicos.

Esta aparente relación entre la distancia a la costa y las características químicas del sustrato pierde significación cuando se analiza cada zona de forma individual (figuras 5.39, 5.40 y 5.41). Independientemente de los procesos sedimentarios eólicos reinantes, los diferentes parámetros analizados poseen unos altibajos muy significativos, excepto el pH, que es el que tiene un comportamiento más estable, manteniéndose normalmente en básico. Los gráficos muestran claramente la nula relación existente entre estos parámetros y la distancia a la costa. Por ejemplo, los valores de salinidad más elevados en la zona activa se encuentran a casi 900 m de la misma, mientras que uno de los valores más bajos corresponde a una zona situada a poco más de 100 m del mar. Asimismo en la zona estabilizada existe algún punto con una salinidad y un contenido en sodio significativo a una distancia de la costa de más de 1100 m. Como era de prever existe relación entre el contenido en sodio y la salinidad, además de con el nitrógeno. Este último elemento presenta los valores más elevados de todos los medidas en la zona estabilizada. En la zona en proceso de estabilización el nitrógeno siempre se encuentra por debajo del 0,010%, mientras que en la zona activa tiene algunos picos con valores superiores al 0,010% y, en ocasiones, alcanza el 0,029%.

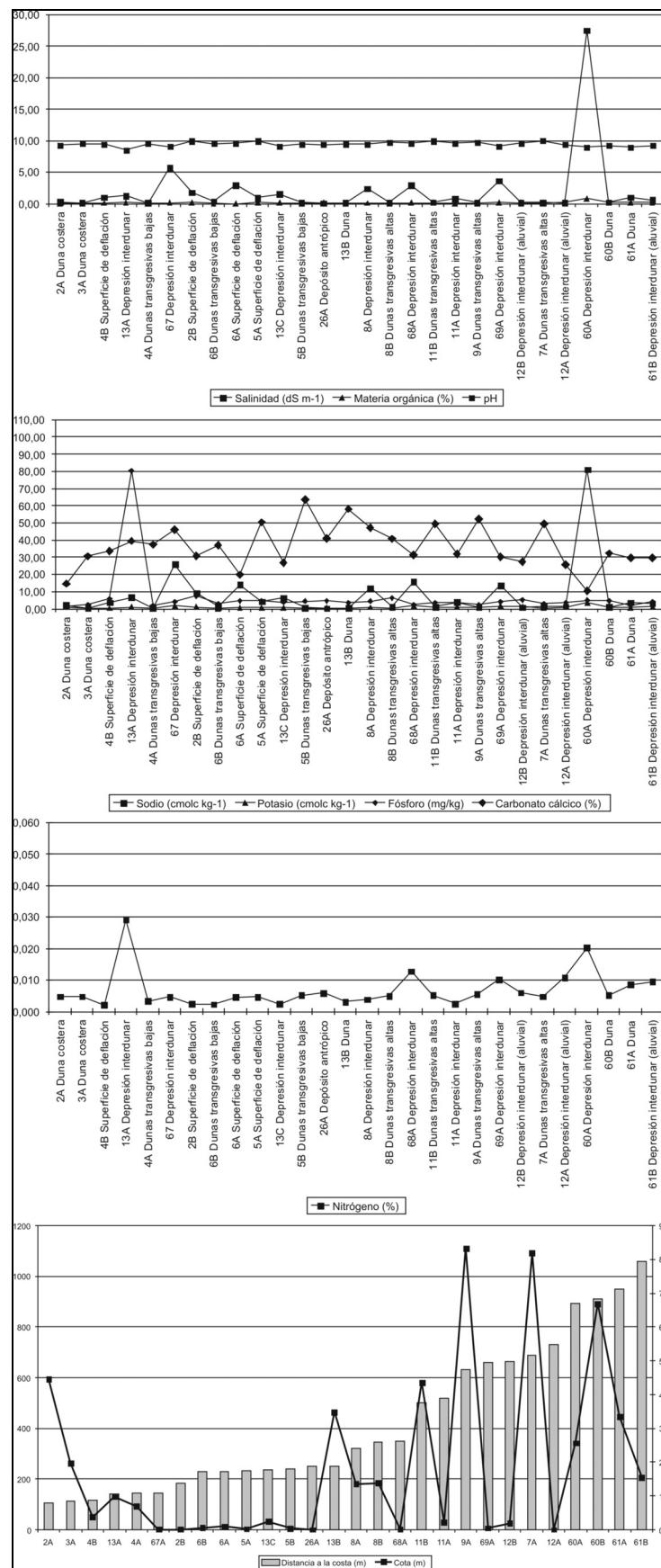


Figura 5.39. Características químicas del sustrato en la zona activa en relación con la distancia a la costa, la altitud, la geomorfología y el tipo de sustrato.

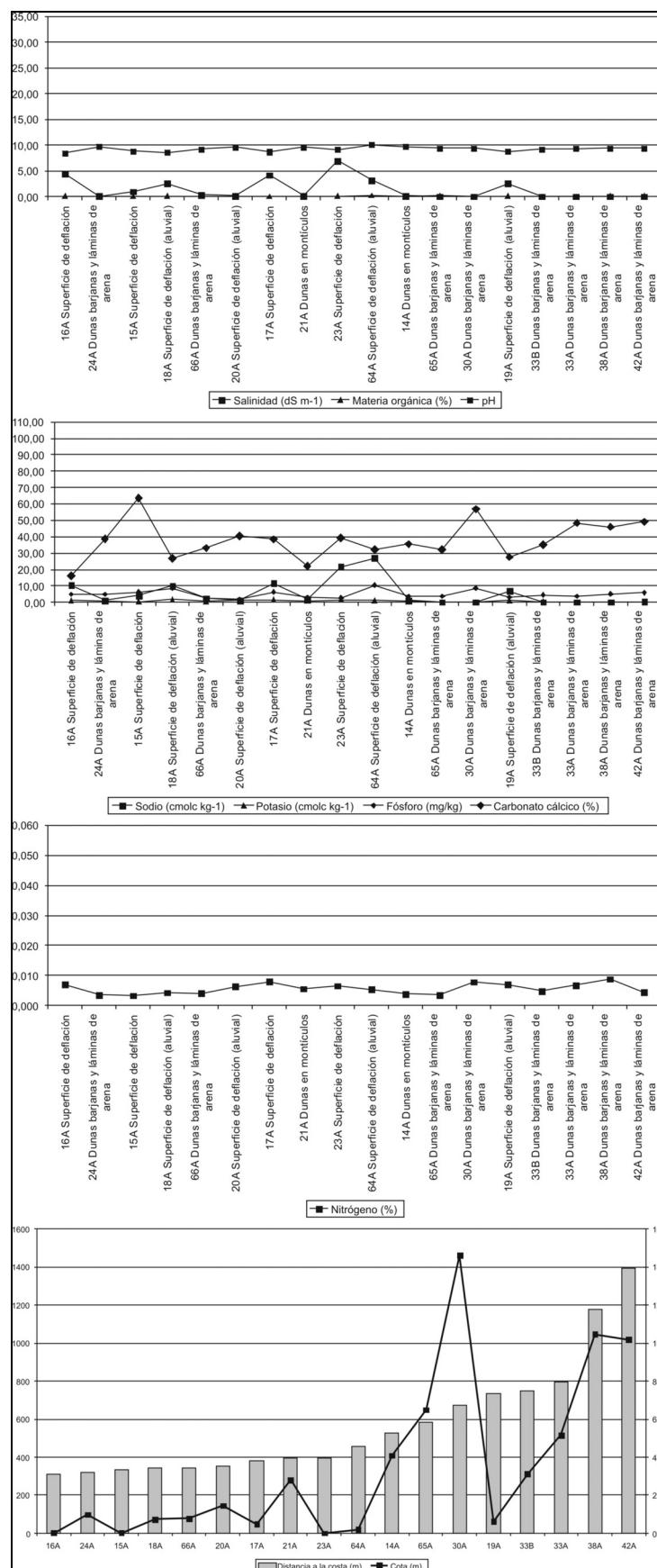


Figura 5.40. Características químicas del sustrato en la zona en proceso de estabilización en relación con la distancia a la costa, la altitud, la geomorfología y el tipo de sustrato.

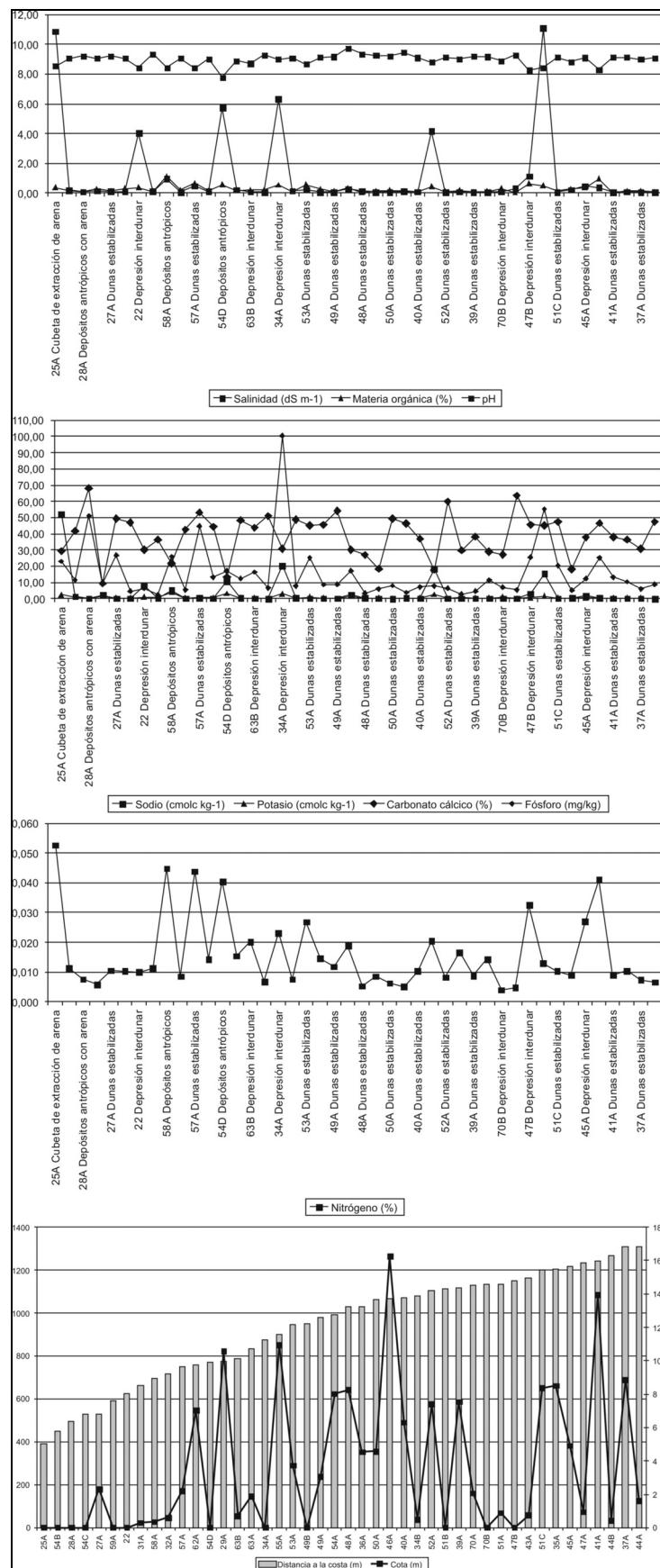


Figura 5.41. Características químicas del sustrato en la zona estabilizada en relación con la distancia a la costa, la altitud, la geomorfología y el tipo de sustrato.

Con respecto a las geoformas sí existe una clara relación entre las características químicas del sustrato y la existencia de dunas o zonas deprimidas (depresiones interdunares y superficies de deflación). Estas últimas normalmente tienen los valores más elevados de salinidad, de sodio, de potasio, de fósforo y de nitrógeno. En cambio, las dunas generalmente tienen valores más altos de carbonato cálcico. Por su parte el pH y la materia orgánica no muestran una relación tan clara con el tipo de geoforma. Finalmente, si consideramos el tipo de sustrato, resulta que las depresiones interdunares y superficies de deflación muestran valores de salinidad bajos y normalmente se corresponden con sustratos de sedimentos aluviales. Este es el caso de las muestras de la zona activa 12B, 12A y 61B (figura 5.39). Esto también ocurre con el sodio. Sin embargo, algunos sustratos aluviales como, por ejemplo, los puntos de muestreo de la zona en proceso de estabilización 18A, 64A y 19A (figura 5.40) presentan unos valores parecidos a la arena húmeda de las zonas deprimidas. Estas variaciones en los sustratos aluviales detríticos probablemente están relacionadas con la presencia de arena seca sobre los mismos. En ese caso los valores resultantes son más parecidos al de las dunas, mientras que cuando la arena seca es reducida, los valores se asemejan más a las depresiones interdunares y superficies de deflación húmedas.

Por lo tanto, el incremento de los nutrientes y la materia orgánica en la zona estabilizada está relacionado con la mayor cobertura vegetal y la ausencia de procesos sedimentarios eólicos activos, mientras que la mayor cantidad de carbonato cálcico se relaciona con el predominio de dunas y la presencia de arenas más organógenas y, por lo tanto, de mayor capacidad de dispersión desde la zona de entrada en la playa del Inglés. Por su parte, el descenso de la salinidad y el sodio se vincula a la menor presencia de depresiones interdunares húmedas.

En definitiva, la composición química del sustrato está relacionada fundamentalmente con el tipo de geoforma y la litología. Las zonas deprimidas, donde aflora arena húmeda o sustratos aluviales, tienen mayores concentraciones de salinidad, de sodio, de potasio, de fósforo y de nitrógeno, mientras que las dunas normalmente muestran una mayor cantidad de carbonato cálcico. Sin embargo, en las depresiones y superficies de deflación con depósitos sedimentarios aluviales mezclados con arena seca los valores se asemejan más a las dunas. Las notables diferencias que presenta la composición química del sustrato en función del tipo de geoforma refuerzan los resultados obtenidos en apartados anteriores. En esos casos, se ponía de manifiesto el papel de las geoformas junto a los procesos sedimentarios eólicos activos en la distribución de las comunidades vegetales.

5.2.8.2. Relación entre la vegetación y las características químicas del sustrato

Las características químicas del sustrato de cada comunidad vegetal se muestran en las tablas 5.14, 5.15, 5.16 y 5.17.

En la zona activa (tabla 5.14) se observan notables diferencias entre las distintas comunidades vegetales. Es relevante señalar que la comunidad más cercana al mar, la

de *Traganum moquinii*, no tienen los mayores valores de salinidad edáfica y contenido en sodio, como podría esperarse. Sin embargo, esta comunidad tiene con diferencia las mayores concentraciones de fósforo. El resto de comunidades tienen valores notablemente inferiores, que varían entre 3,16 y 5,20 mg/kg. Por su parte, las comunidades de *Tamarix canariensis* y de *Cyperus laevigatus* poseen valores de salinidad y sodio significativamente superiores a las restantes. Hay que considerar que las dos primeras comunidades se asientan tanto en dunas como en depresiones y superficies de deflación, por lo que las menores concentraciones de estos valores registradas en la de *Traganum moquinii* no debería responder a esta causa. Las comunidades de *Cyperus capitatus-Ononis serrata*, de *Launaea arborescens* y de *Heliotropium ramosissimum* presentan las menores concentraciones de sodio y salinidad. La primera está asociada a depósitos antrópicos cubiertos de arena, mientras que las otras dos se localizan en depresiones interdunares con materiales aluviales detríticos. Los sustratos sobre los que se asienta la comunidad de *Tamarix canariensis* poseen un porcentaje de materia orgánica muy superior al resto, lo cual se asocia a la gran cantidad de restos vegetales que aporta la especie que define este tipo de vegetación. Como era de prever, las zonas sin vegetación son las que tienen los niveles más bajos de materia orgánica. El contenido de potasio tiene los valores más reducidos en la comunidad de *Cyperus capitatus-Ononis serrata*, la de *Traganum moquinii* y en las zonas sin vegetación. Las demás comunidades poseen valores muy similares en los distintos componentes medidos, superiores al 1,12 cmolc kg⁻¹, destacando la de *Tamarix canariensis* por acumular las máximas concentraciones. Con respecto al carbonato cálcico activo, los mayores niveles se localizan en este orden asociados a las zonas sin vegetación, a la comunidad de *Cyperus capitatus-Ononis serrata* y a la de *Traganum moquinii*.

En la zona en proceso de estabilización (tabla 5.15) las concentraciones de sodio y la salinidad son significativamente elevadas en comunidades halófilas vinculadas a superficies de deflación, como la de *Zygophyllum fontanesii* y la de *Suaeda mollis*. Sin embargo, los mayores valores se registran en la comunidad de *Juncus acutus*, también asociada a superficies de deflación. Asimismo, el contenido de potasio también es más elevado en el sustrato asociado a esta última comunidad, aunque presenta valores muy similares en las tres comunidades. Por su parte, las comunidades presentes en las dunas, como la de *Tamarix canariensis* y la de *Cyperus capitatus-Ononis serrata*, tienen los valores más bajos de todos estos elementos. En general la materia orgánica tienen valores muy bajos, pero son más significativos en las comunidades de *Zygophyllum fontanesii* y de *Suaeda mollis*. Con respecto al nitrógeno y al fósforo, todas las comunidades tienen valores muy similares. Finalmente, la concentración de carbonato cálcico activo es la que presenta mayores diferencias. Así, las comunidades de *Cyperus capitatus-Ononis serrata* y la de *Juncus acutus* tiene los mayores porcentajes, mientras que la de *Zygophyllum fontanesii* muestra los valores muy bajos. Las restantes comunidades poseen valores intermedios de concentración de los elementos tratados.

También destaca el hecho de que las mayores concentraciones de carbonato cálcico activo se presenta en las zonas sin vegetación.

Tres comunidades vegetales destacan en la zona estabilizada en cuanto a los niveles de salinidad, sodio y potasio: la de *Juncus acutus*, asociada a una depresión interdunar, la de *Mesembryanthemum crystallinum*, asociada a depósitos antrópicos, y la de *Schizogyne glaberrima*, asentada también en una depresión interdunar (tablas 5.16 y 5.17). Los valores más reducidos lo integran las comunidades que se desarrollan sobre dunas, como la de *Cyperus capitatus-Ononis serrata*, la de *Plocama pendula* y la de *Volutaria canariensis*. El resto de comunidades tienen unos valores geoquímicos intermedios.

Comunidad	pH	Ce (ds m ⁻¹)	Na (cmolc kg ⁻¹)	K (cmolc kg ⁻¹)	Mo (%)	N (%)	CC (%)	P (mg/kg)
<i>Traganum moquinii</i>								
Media	9,34	0,71	3,84	0,71	0,10	0,01	30,58	18,64
Máxima	9,93	1,77	9,28	1,01	0,22	0,03	39,49	80,32
Mínima	8,48	0,12	0,40	0,19	0,02	0,00	14,61	1,15
<i>Tamarix canariensis</i>								
Media	9,07	8,08	24,86	1,62	0,35	0,011	25,58	3,88
Máxima	9,21	27,50	80,97	3,61	0,82	0,020	32,25	4,89
Mínima	8,98	0,21	1,06	0,67	0,17	0,005	10,36	2,01
<i>Cyperus laevigatus</i>								
Media	9,42	1,73	8,62	1,22	0,09	0,01	30,12	3,16
Máxima	9,59	2,88	15,78	1,79	0,14	0,01	32,03	3,73
Mínima	9,11	0,80	3,82	0,76	0,02	0,00	26,99	2,30
<i>Launaea arborescens</i>								
Media	9,30	0,35	2,23	1,13	0,18	0,010	27,65	3,89
Máxima	9,37	0,56	3,08	1,17	0,19	0,011	29,54	4,03
Mínima	9,22	0,13	1,39	1,08	0,17	0,009	25,76	3,75
<i>Heliotropium ramosissimum</i>								
Media	9,56	0,18	0,83	1,36	0,11	0,006	27,51	5,20
Máxima	9,56	0,18	0,83	1,36	0,11	0,006	27,51	5,20
Mínima	9,56	0,18	0,83	1,36	0,11	0,006	27,51	5,20
<i>Cyperus capitatus-Ononis serrata</i>								
Media	9,36	0,08	0,30	0,50	0,14	0,006	40,86	4,59
Máxima	9,36	0,08	0,30	0,50	0,14	0,006	40,86	4,59
Mínima	9,36	0,08	0,30	0,50	0,14	0,006	40,86	4,59
Vegetación escasa o ausente								
Media	9,63	1,22	5,79	0,64	0,08	0,00	46,69	3,93
Máxima	10,00	5,74	25,89	1,80	0,15	0,01	63,51	6,30
Mínima	9,06	0,11	0,36	0,20	0,01	0,00	19,92	2,29

Tabla 5.14. Características químicas del sustrato por comunidad vegetal de la zona activa. Abreviaturas: CE (conductividad eléctrica); HS (humedad del sustrato); Na (sodio); K (potasio); MO (materia orgánica); N (nitrógeno); CC (carbonato cálcico activo); P (fósforo).

Comunidad	pH	Ce (ds m ⁻¹)	Na (cmolc kg ⁻¹)	K (cmolc kg ⁻¹)	Mo (%)	N (%)	CC (%)	P (mg/kg)
<i>Zygophyllum fontanesii</i>								
Media	8,50	4,39	10,31	1,23	0,14	0,007	16,29	4,92
Máxima	8,50	4,39	10,31	1,23	0,14	0,007	16,29	4,92
Mínima	8,50	4,39	10,31	1,23	0,14	0,007	16,29	4,92
<i>Tamarix canariensis</i>								
Media	9,51	0,24	1,73	0,67	0,07	0,004	30,24	3,06
Máxima	9,70	0,39	2,41	0,79	0,11	0,006	35,46	3,72
Mínima	9,24	0,15	1,06	0,57	0,03	0,004	22,08	2,29
<i>Suaeda mollis</i>								
Media	9,29	2,12	11,34	1,34	0,14	0,006	31,74	5,94
Máxima	10,09	3,18	27,03	1,67	0,24	0,007	40,45	10,41
Mínima	8,59	0,17	1,24	1,19	0,08	0,004	26,69	1,79
<i>Juncus acutus</i>								
Media	8,94	5,59	16,65	1,40	0,10	0,007	38,95	4,50
Máxima	9,15	6,97	21,63	1,48	0,13	0,008	39,41	6,33
Mínima	8,72	4,20	11,68	1,33	0,06	0,007	38,49	2,67
<i>Cyperus capitatus-Ononis serrata</i>								
Media	9,35	0,07	0,20	0,23	0,07	0,006	44,72	4,87
Máxima	9,45	0,07	0,27	0,27	0,10	0,009	49,14	6,02
Mínima	9,21	0,06	0,16	0,21	0,03	0,004	35,29	3,73
Vegetación escasa o ausente								
Media	9,35	0,31	1,39	0,37	0,08	0,00	47,81	5,87
Máxima	9,70	1,00	4,12	0,79	0,18	0,01	63,51	8,59
Mínima	8,89	0,07	0,15	0,16	0,04	0,00	32,20	3,72

Tabla 5.15. Características químicas del sustrato por comunidad vegetal de la zona en proceso de estabilización. Abreviaturas: CE (conductividad eléctrica); HS (humedad del sustrato); Na (sodio); K (potasio); MO (materia orgánica); N (nitrógeno); CC (carbonato cálcico activo); P (fósforo).

Comunidad	pH	Ce (ds m ⁻¹)	Na (cmole kg ⁻¹)	K (cmole kg ⁻¹)	Mo (%)	N (%)	CC (%)	P (mg/kg)
<i>Cyperus capitatus-Ononis serrata</i>								
Media	9,16	0,09	0,15	0,30	0,13	0,008	45,68	11,42
Máxima	9,29	0,31	0,23	0,50	0,31	0,011	68,10	51,02
Mínima	8,99	0,05	0,09	0,12	0,02	0,005	18,38	4,58
<i>Juncus acutus</i>								
Media	8,49	7,46	30,08	1,79	0,37	0,03	29,75	14,73
Máxima	8,53	10,87	52,13	2,48	0,37	0,05	30,22	22,99
Mínima	8,45	4,04	8,02	1,09	0,36	0,01	29,28	6,47
<i>Aizoon canariense</i>								
Media	9,07	0,20	1,27	0,86	0,13	0,011	41,78	11,48
Máxima	9,07	0,20	1,27	0,86	0,13	0,011	41,78	11,48
Mínima	9,07	0,20	1,27	0,86	0,13	0,011	41,78	11,48
<i>Launaea arborescens</i>								
Media	9,02	1,31	2,08	0,69	0,21	0,013	35,82	15,20
Máxima	9,34	11,09	15,43	1,66	0,50	0,020	47,23	55,24
Mínima	8,43	0,06	0,11	0,25	0,10	0,006	9,39	2,60
<i>Suaeda mollis</i>								
Media	8,73	0,53	2,69	2,30	0,63	0,030	33,08	19,56
Máxima	9,02	0,97	5,22	4,09	1,12	0,045	44,22	25,94
Mínima	8,44	0,10	0,16	0,52	0,14	0,014	21,94	13,19
<i>Tamarix canariensis</i>								
Media	8,85	0,89	2,59	0,72	0,40	0,022	40,65	24,15
Máxima	9,45	6,31	20,40	3,03	0,97	0,044	53,13	100,34
Mínima	8,26	0,12	0,18	0,22	0,03	0,005	18,00	3,44
<i>Mesembryanthemum crystallinum</i>								
Media	7,80	5,72	10,77	3,18	0,56	0,041	13,10	17,17
Máxima	7,80	5,72	10,77	3,18	0,56	0,041	13,10	17,17
Mínima	7,80	5,72	10,77	3,18	0,56	0,041	13,10	17,17

Tabla 5.16. Características químicas del sustrato por comunidad vegetal de la zona estabilizada. Abreviaturas: CE (conductividad eléctrica); HS (humedad del sustrato); Na (sodio); K (potasio); MO (materia orgánica); N (nitrógeno); CC (carbonato cálcico activo); P (fósforo).

Comunidad	pH	CE (ds m ⁻¹)	Na (cmole kg ⁻¹)	K (cmole kg ⁻¹)	Mo (%)	N (%)	CC (%)	P (mg/kg)
<i>Plocama pendula</i>								
Media	9,18	0,06	0,14	0,19	0,11	0,012	54,21	8,88
Máxima	9,18	0,06	0,14	0,19	0,11	0,012	54,21	8,88
Mínima	9,18	0,06	0,14	0,19	0,11	0,012	54,21	8,88
<i>Volutaria canariensis</i>								
Media	9,32	0,17	1,42	1,18	0,31	0,011	28,67	12,12
Máxima	9,74	0,25	2,69	1,49	0,32	0,019	30,13	17,29
Mínima	8,90	0,08	0,15	0,88	0,31	0,004	27,20	6,95
<i>Schizogyne glaberrima</i>								
Media	8,81	4,15	18,08	2,64	0,43	0,020	17,82	7,82
Máxima	8,81	4,15	18,08	2,64	0,43	0,020	17,82	7,82
Mínima	8,81	4,15	18,08	2,64	0,43	0,020	17,82	7,82

Tabla 5.17. Características químicas del sustrato por comunidad vegetal de la zona estabilizada. Abreviaturas: CE (conductividad eléctrica); HS (humedad del sustrato); Na (sodio); K (potasio); MO (materia orgánica); N (nitrógeno); CC (carbonato cálcico activo); P (fósforo).

Para entender la distribución de las diferentes comunidades vegetales en geoformas que presentan las mismas características hay que conocer qué elementos químicos poseen una mayor importancia. El análisis estadístico de componentes principales revela la existencia de dos factores o componentes de mayor significación (tabla 5.18). Por un lado, el componente 1 que explica el 36,13% de la varianza, y por otra, el componente 2 que explica el 29,65% de la varianza. Existe un tercer componente que solamente explica el 15,33% de la varianza. Los dos primeros componentes explican el 65,79% de la varianza, mientras que los tres explican el 81,12%.

Componente	Autovalores iniciales			Sumas de las saturaciones al cuadrado de la extracción			Suma de las saturaciones al cuadrado de la rotación		
	Total	% de la varianza	% acumulado	Total	% de la varianza	% acumulado	Total	% de la varianza	% acumulado
1	3,695	46,182	46,182	3,695	46,182	46,182	2,891	36,137	36,137
2	1,749	21,861	68,043	1,749	21,861	68,043	2,372	29,655	65,792
3	1,046	13,079	81,122	1,046	13,079	81,122	1,226	15,330	81,122
4	,540	6,752	87,874						
5	,477	5,957	93,831						
6	,268	3,351	97,182						
7	,174	2,175	99,357						
8	,051	,643	100,000						

Tabla 5.18. Factores obtenidos en el análisis de componentes principales.

Los elementos que constituyen cada componente se presentan en la tabla 5.19. El componente 1 está integrado por el nitrógeno, la materia orgánica y el fósforo. El componente 2 está formado por el sodio, por el potasio y por la salinidad.

	Componente		
	1	2	3
pH	-,815	-,081	,023
Salinidad	,171	,940	-,003
Sodio	,066	,952	-,104
Potasio	,382	,658	-,459
Materia Orgánica	,893	,079	-,163
Nitrógeno	,896	,161	-,039
Carbonato Cálcico	,012	-,131	,942
Fósforo	,670	,306	,297

Tabla 5.19. Matriz de componentes rotados.

En función de las características químicas del sustrato se han identificado cuatro grupos (figura 5.42). El grupo 1, que está formado por las comunidades de *Cyperus laevigatus*, de *Suaeda mollis*, de *Juncus acutus* y, excepcionalmente, las de *Tamarix canariensis* y de *Traganum moquinii*, que se agrupan en función del componente 2. Todas ellas están asociadas a depresiones interdunares y a superficies de deflación de la zona activa y en proceso de estabilización. Estas comunidades vegetales presentan

requerimientos asociados a un significativo contenido en el sustrato de salinidad, de sodio y de potasio. La comunidad de *Juncus acutus* está representada por las dos subcomunidades que presenta, es decir, con *Juncus acutus* y con *Frankenia boiserie*. Las restantes comunidades están representadas por la subcomunidad que forma únicamente la especie dominante, es decir, prácticamente sin cortejo florístico.

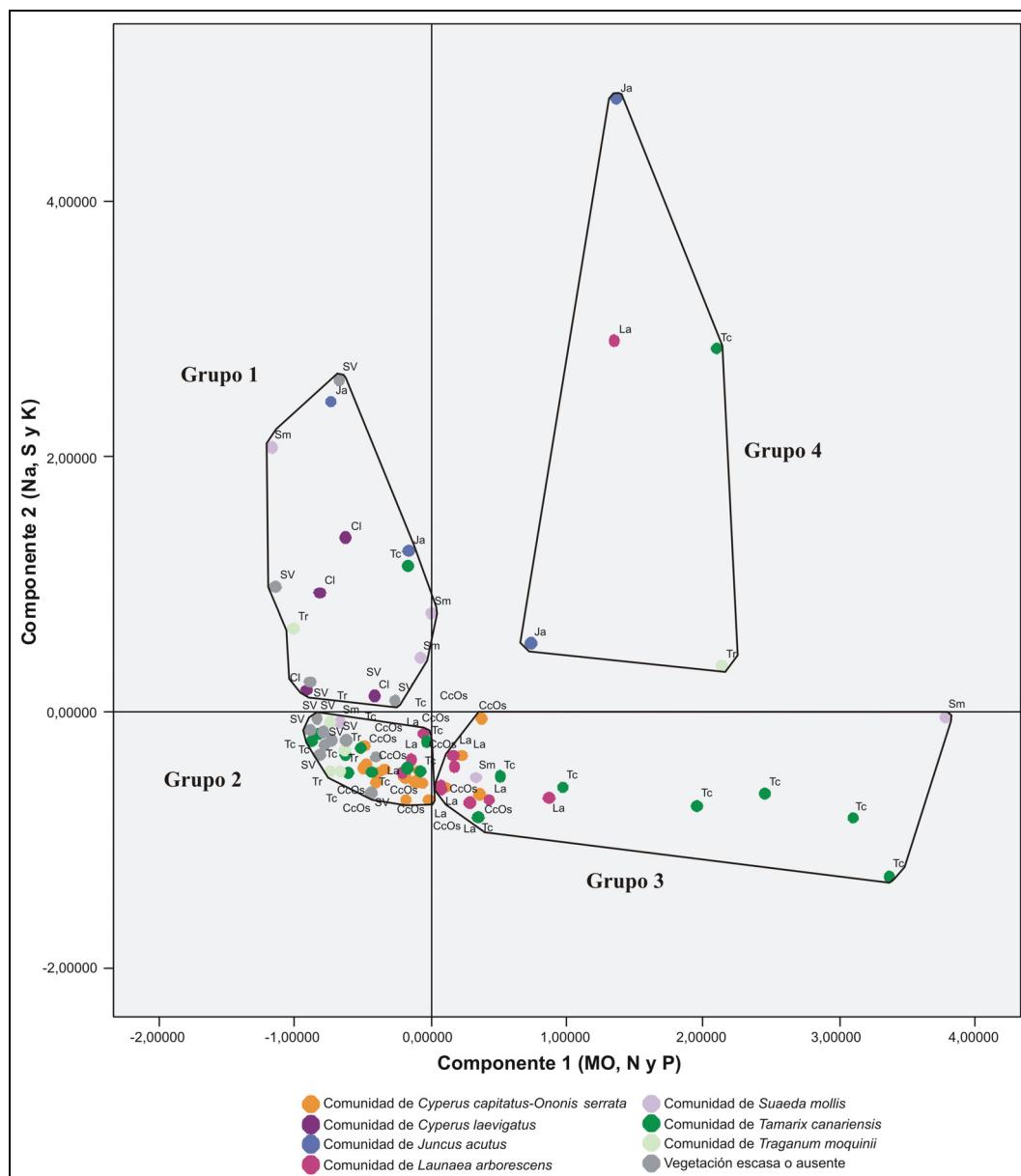


Figura 5.42. Grupos resultantes del análisis de componentes principales.

Por su parte, el grupo 2, que se caracteriza por bajos contenidos en sodio, en potasio y en salinidad y, también, por la escasez de materia orgánica, nitrógeno y fósforo, lo conforman las comunidades de *Traganum moquinii*, de *Cyperus capitatus-Ononis serrata*, de *Tamarix canariensis* y de *Launaea arborescens*. Las tres primeras comunidades están vinculadas principalmente a diferentes tipos de dunas, tanto activas como en proceso de estabilización y, en menor medida, estabilizadas. Sin embargo, también están vinculadas a otras geoformas, como superficies de deflación en el caso de

la comunidad de *Traganum moquinii* y depósitos antrópicos con arena para la comunidad de *Cyperus capitatus-Ononis serrata*. Las comunidades de *Traganum moquinii* y de *Tamarix canariensis* no presentan especies acompañantes, mientras que la de *Cyperus capitatus-Ononis serrata* está representada por las tres subcomunidades que han sido establecidas. Por su parte, la comunidad de *Launaea arborescens* se localiza en depresiones interdunares donde afloran depósitos aluviales (depresiones secas), con una única excepción que aparece sobre dunas estabilizadas. Está representada por la subcomunidad con *Launaea arborescens*, en el primer caso, y por la subcomunidad con *Cyperus capitatus*, en el segundo.

El grupo 3 lo forman las comunidades de *Tamarix canariensis*, de *Launaea arborescens* y, en menor medida, la de *Cyperus capitatus-Ononis serrata* y la de *Suaeda mollis*, asociadas a diferentes geoformas de la zona estabilizada, como dunas, depresiones interdunares, depósitos antrópicos y depósitos antrópicos con arena. Se agrupan en función de la componente 1, es decir, por altos contenidos en el sustrato de nitrógeno, de fósforo y de materia orgánica. La comunidad de *Launaea arborescens*, vinculada a depresiones interdunares, a dunas estabilizadas y a depósitos antrópicos, está formada por la subcomunidad con *Cynodon dactylon* y *Cenchrus ciliaris* y, en un único caso, por la subcomunidad con *Cyperus capitatus*. Por su parte, la comunidad de *Cyperus capitatus-Ononis serrata*, asociada a dunas estabilizadas y a depósitos antrópicos con arena, está representada por la subcomunidad integrada por las dos especies dominantes y por la subcomunidad con *Neurada procumbens*. La comunidad de *Suaeda mollis*, que se localiza sobre depósitos antrópicos, la compone la subcomunidad con *Mesembryanthemum crystallinum*, mientras que la de *Tamarix canariensis* se ubica sobre dunas estabilizadas y depresiones interdunares y está formada por varias subcomunidades diferentes.

Finalmente, el grupo 4 lo integran diversas comunidades, la de *Juncus acutus*, la de *Launaea arborescens*, la de *Traganum moquinii* y la de *Tamarix canariensis*, localizadas principalmente en depresiones interdunares y en áreas antropizados de la zona estabilizada. Se caracteriza por unos altos contenidos en sodio, en potasio y en salinidad, así como también en materia orgánica, en nitrógeno y en fósforo. La comunidad de *Juncus acutus* esta constituida por las subcomunidades con *Frankenia boiserie* y con *Launaea arborescens*. En ambos casos se trata de zonas muy frecuentadas por los usuarios del sistema de dunas. La comunidad de *Tamarix canariensis* la representa la subcomunidad con *Nicotiana glauca*, tratándose también de una depresión con gran afluencia de personas. La comunidad de *Launaea arborescens* está representada por la subcomunidad con *Launaea arborescens* asociada a una antigua cubeta de extracción de arena en la zona periférica del campo de dunas. Finalmente, la comunidad de *Traganum moquinii* esta asociada a una depresión interdunar de las dunas transgresivas altas (Cañada de la Penca), tratándose de una zona cercana a la playa de Maspalomas donde los usuarios de la misma han utilizado las plantas como urinarios desde hace décadas.

En conclusión, se puede determinar que la mayor parte de las comunidades vegetales se distribuyen en condiciones edáficas bastante dispares. Sin embargo se detectan los siguientes patrones:

- Las comunidades de *Cyperus laevigatus*, de *Juncus acutus* y de *Suaeda mollis* se localizan en zonas donde los contenidos de sodio, de potasio y de salinidad son significativos. A este respecto, se detectan tres excepciones para la comunidad de *Suaeda mollis*, que constituyen la mitad de las muestras de este tipo de vegetación, por lo que parece tener un comportamiento más ubíquista. Se trata de comunidades que se localizan en depresiones interdunares de la zona activa o en superficies de deflación de la zona en proceso de estabilización.

- La comunidad de *Traganum moquinii* se distribuye sobre la duna costera, y por tanto en la zona activa, donde la salinidad edáfica en superficie es relativamente baja y las concentraciones químicas de los componentes analizados en el sustrato son bajas. Existen situaciones concretas donde no se cumple lo dicho anteriormente, de tal forma que los contenidos en salinidad, en sodio y en potasio se incrementan de forma significativa en las superficies de deflación y las depresiones interdunares. Asimismo, existe un caso (muestra 13A) donde los contenidos de materia orgánica, de nitrógeno y de fósforo son significativos, y coinciden con un ejemplar de *Traganum moquinii* que era utilizado como urinario por parte de los usuarios de la playa.

- La comunidad de *Cyperus capitatus-Ononis serrata*, que se localiza en las zonas en proceso de estabilización y estabilizada, se asienta sobre dunas con escasa salinidad y con bajas concentraciones de todos los elementos químicos analizados. Para esta comunidad existen excepciones a este patrón, que se vinculan a zonas antopizadas y a algunas áreas de dunas estabilizadas.

- La comunidad de *Launaea arborescens* se localiza en áreas donde el contenido de sodio, de potasio y de salinidad en el sustrato es nulo y, además, existe cierta importancia en el contenido de materia orgánica, de nitrógeno y de fósforo.

- La comunidad de *Tamarix canariensis* es la que se comporta como más ubíquista, ya que se presenta en todas las situaciones descritas anteriormente.

Si en vez de representar las comunidades vegetales las sustituimos por las geoformas asociadas a las zonas definidas en función de la actividad sedimentaria eólica (figura 5.43), se puede observar que las geoformas dunares de las áreas más modernas del campo de dunas, las zonas activa y en proceso de estabilización, presentan sustratos con bajas concentraciones de todos los elementos químicos analizados. La excepción se produce en las depresiones interdunares y en las superficies de deflación, donde se observan significativas concentraciones de sodio, de potasio y de salinidad. Conforme el

sistema de dunas se va estabilizando se produce un incremento de la materia orgánica, el nitrógeno y el fósforo, lo que marca un proceso de madurez del campo de dunas hacia condiciones de bioestacia.

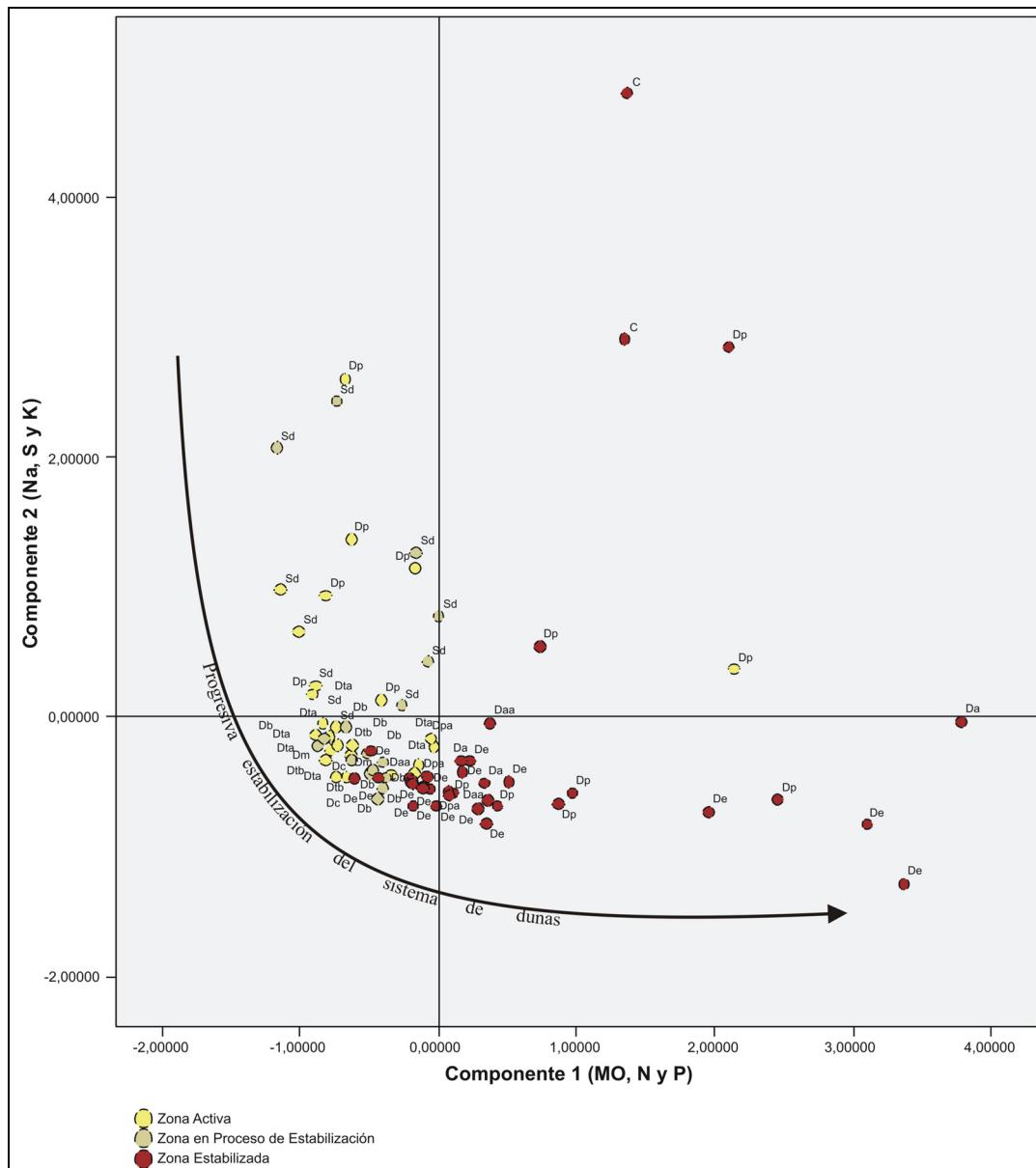


Figura 5.43. Geoformas asociadas a las diferentes zonas definidas en función de la actividad sedimentaria eólica. Abreviaturas: Dc (dunas costera); Sd (superficie de deflación); Dtb (dunas transgresivas bajas); Dta (dunas transgresivas altas); Dp (depresión interdunar); Dpa (depresión interdunar aluvial); Dm (dunas en montículos); Db (dunas barjanas y láminas de arena); De (dunas estabilizadas); C (cubeta de extracción de arena); Daa (depósitos antrópicos con arena); Da (depósitos antrópicos).

Fuera de esta dinámica aparecen otras geoformas (que constituyen el grupo 4, definido anteriormente), principalmente asociadas a áreas antropizadas como, por ejemplo, cubetas de extracción de arena y depresiones afectadas por actividades humanas, donde el sustrato presenta altos niveles de todos los elementos químicos analizados.

En definitiva, la mayor parte de las comunidades vegetales se pueden desarrollar en sustratos con composición química muy variada, con la excepción de la comunidad de *Cyperus laevigatus*, que se desarrolla en situaciones muy específicas.

5.3. Factores ecoantrópicos que controlan la distribución de la vegetación en el campo de dunas de Maspalomas

Los patrones lineales, como puede ser la distancia a la costa, no explican de forma eficiente la variación de las superficies de las diferentes comunidades vegetales, así como la variación en el número de especies vegetales de cada una de ellas. La propia disposición de la vegetación en mosaico proporciona indicios de esta ausencia de un patrón lineal.

Los resultados anteriormente expuestos permiten plantear un modelo de factores ambientales y antrópicos que organizan la distribución de las diferentes comunidades vegetales existentes en Maspalomas. Estos factores se encuentran estructurados de forma multiescalar, de tal forma que están jerarquizados atendiendo a la escala de análisis considerada. El primer factor que condiciona la organización de la vegetación en Maspalomas es la dinámica sedimentaria eólica que presenta el sistema. Otros factores, como el tipo de geoforma, las alteraciones ambientales, la salinidad ambiental y la tasa de avance de las dunas, se constituyen como secundarios al estar supeditados a dicha dinámica sedimentaria. Finalmente, existen otros factores, como la litología, la profundidad de la capa freática y las características químicas del sustrato que a su vez dependen de los secundarios y, por lo tanto, constituyen factores ambientales terciarios.

5.3.1. La actividad sedimentaria eólica como factor ambiental primario

Un factor ambiental primario puede ser considerado como aquel que condiciona el funcionamiento del sistema y del resto de factores que interactúan con él. A su vez es el que en un primer momento determina la distribución de la vegetación.

A una escala general, abarcando la totalidad del sistema de dunas, la existencia e intensidad de los procesos sedimentarios eólicos activos constituye el factor ambiental primario que controla la distribución de la vegetación en Maspalomas. Esto se debe a que potencialmente cualquier comunidad vegetal se podría desarrollar en aquella zona donde las condiciones ecológicas específicas sean óptimas para las mismas (por ejemplo, las higrófilas sobre depresiones interdunares húmedas). Sin embargo, la existencia de dunas transgresivas constituye un limitante para aquellas comunidades vegetales no adaptadas a la dinámica dunar activa. El incremento de la superficie ocupada por la vegetación sobre las geoformas acumulativas (dunas) conforme se estabiliza el sistema, apoya esta afirmación. Por lo tanto, los procesos sedimentarios eólicos y, especialmente, la movilidad de la arena se convierten, en un primer momento, en el factor ambiental que organiza la distribución espacial de la vegetación. Asimismo, este factor es el responsable de los grandes contrastes ecológicos existentes en el campo

de dunas, los cuales se manifiestan en la existencia de diferentes ambientes o zonas ecológicas en función del tipo y de la intensidad de los procesos sedimentarios eólicos (zona activa, zona en proceso de estabilización y zona estabilizada).

La movilidad de las dunas presenta dos gradientes principales, uno norte-sur y otro este-oeste. El gradiente norte-sur es consecuencia de la presencia de la terraza del Inglés, que se adentra en el sistema de dunas a modo de cuña. Esta geoforma, al estar más elevada que el propio campo de dunas, actúa como barrera topográfica a la circulación del viento y, por lo tanto, constituye un obstáculo para el desplazamiento de la arena hacia el interior del sistema, efecto que se ha visto agravado por la ocupación de la terraza por edificaciones destinadas al turismo (Hernández Calvento, 2006; Ministerio de Medio Ambiente, 2007). Así, en los años sesenta del siglo pasado parte de los sedimentos conseguían superar este obstáculo y avanzar, en forma de dunas móviles, por esta zona norte del campo de dunas (Hernández Calvento, 2006). La edificación de la terraza produjo el bloqueo del transporte eólico, de forma que, en la actualidad a sotavento de este obstáculo se identifican dunas totalmente estabilizadas por la vegetación. En el vértice sur de la terraza también se identifican dunas de vórtice, generadas por este proceso edificatorio: las dunas modifican su desplazamiento natural, en sentido este-oeste, por otro inducido, en sentido sureste-noroeste (Hernández Calvento, 2002).

Por su parte, el gradiente este-oeste responde al proceso natural de nacimiento y muerte de las dunas. Estas se generan en la playa del Inglés, que constituye la zona de entrada de arenas en el sistema. Una vez que la arena se seca, es movilizada por el viento hacia la trasplaya, donde se forma la duna costera. Estas primeras acumulaciones van a suministrar los sedimentos necesarios para que se formen los cordones de dunas que caracterizan a las dunas transgresivas altas. Los cordones de dunas avanzan en sentido E-O, pero en la zona central del campo de dunas varían su dirección a NE-SO, fenómeno que también se asocia a la influencia de la terraza del Inglés. El proceso finaliza en el margen este de la charca de Maspalomas.

Los tipos de vegetación existentes presentan una dispar tolerancia a los procesos sedimentarios eólicos activos. De esta forma, la zona activa solamente puede ser colonizada por una serie de comunidades vegetales adaptadas a la dinámica dunar, como la de *Traganum moquinii*, la de *Salsola kali*, la de *Cyperus laevigatus* y la de *Heliotropium ramosissimum*. Otras pueden instalarse indistintamente en varias zonas como la comunidad de *Cyperus capitatus-Ononis serrata*, la de *Launaea arborescens*, la de *Tamarix canariensis*, la de *Suaeda mollis* y la de *Juncus acutus*. Las restantes se ven recluidas a desarrollarse en la zona estabilizada, a excepción de la comunidad de *Zygophyllum fontanesii*, que solamente se localiza en las zonas en proceso de estabilización, asociada a unas condiciones ambientales muy específicas.

5.3.2. La geomorfología, las alteraciones ambientales, la salinidad ambiental y la tasa de avance de las dunas como factores ambientales secundarios

Cuando se presenta una cierta homogeneidad en los procesos sedimentarios eólicos existentes, que se define en las tres unidades delimitadas, aparecen otros factores que vuelven a condicionar la existencia de determinadas comunidades vegetales y su distribución. Dentro de las diferentes zonas definidas en función de los procesos sedimentarios eólicos activos, aparecen otros factores ambientales estructurantes de la distribución de la vegetación como los siguientes: la geomorfología, la existencia de zonas antropizadas, la distancia a la costa y la tasa de avance de las dunas.

La geomorfología adquiere una gran significación, estableciéndose una clara dicotomía entre formas acumulativas (dunas) y formas erosivas (depresiones interdunares y superficies de deflación, que desde el punto de vista ecológico constituyen *slack*¹). En la zona activa y en proceso de estabilización, la vegetación tiende a localizarse en las depresiones interdunares. Por lo tanto, si estas geoformas no existieran, la mayor parte de las comunidades vegetales no se podrían desarrollar en las zonas con procesos sedimentarios eólicos activos. Es el caso de las comunidades de *Cyperus laevigatus*, de *Launaea arborescens*, de *Suaeda mollis*, de *Juncus acutus*, de *Zygophyllum fontanesii* y de *Heliotropium ramosissimum*, que se desarrollan única o preferentemente en este tipo de geoformas. En la zona en proceso de estabilización, las dunas con cierta actividad sedimentaria eólica son colonizadas únicamente por la comunidad de *Cyperus capitatus-Ononis serrata*. En cambio, en la zona estabilizada la vegetación se localiza indistintamente en dunas y en depresiones interdunares, aunque ciertas tipos de vegetación se desarrollan únicamente en estas últimas, caso de comunidades higrófilas, como la de *Juncus acutus*.

Las alteraciones ambientales impuestas por el modelo de desarrollo turístico han permitido la existencia de comunidades vegetales no vinculadas al campo de dunas. Las zonas antropizadas se han convertido en ejes de colonización para comunidades ruderales, cuya existencia está estrechamente vinculada a los nuevos espacios creados por la acción humana. De esta forma, las dunas se han visto convertidas en depósitos de escombros y de otro tipo de geoformas antrópicas, que favorecen la colonización de estas comunidades ruderales. Además, otras comunidades que también se localizan en los hábitats existentes en las dunas, como la de *Launaea arborescens* y la de *Suaeda mollis*, explican en parte su presencia en áreas *a priori* poco adecuadas dentro de la zona activa y estabilizada respectivamente, debido a la existencia de estos espacios artificiales. En el primer caso, la localización de algunas de sus unidades en áreas con una tasa de desplazamiento bastante significativa se debe a este aspecto. Por su parte, la comunidad de *Suaeda mollis*, recluida fundamentalmente en el interior de las dunas a

¹ A partir de este momento todas las geoformas erosivas van a ser denominadas depresiones interdunares y equivaldrán al término anglosajón *slack*, que implica un cambio en las condiciones ecológicas debido a la disminución de la profundidad de la capa freática, depresiones interdunares húmedas, o a la aparición de sustratos de origen aluvial, depresiones interdunares secas

las depresiones interdunares de la zona en proceso de estabilización, encuentra un nicho apropiados en los depósitos antrópicos del margen este del barranco de Maspalomas, donde las condiciones de salinidad edáfica son muy inferiores a las existentes en las mencionadas depresiones interdunares, pero donde el contenido en materia orgánica, nitrógeno y fósforo es significativo.

La influencia del spray marino no parece ser un factor determinante, pero adquiere cierta importancia para la comunidad de *Traganum moquinii* que siempre se localiza cerca del mar. Por lo tanto, la distancia a la costa actúa como un factor que matiza la importancia de los procesos sedimentarios eólicos activos, de forma que la comunidad de *Traganum moquinii* solamente se localiza en zonas activas cercanas al mar, por lo que este tipo de vegetación está condicionada por la combinación de ambos factores. Asimismo, la comunidad de *Cyperus laevigatus* también tiene preferencia por localizarse cerca del mar, aunque en este caso, como se verá posteriormente, no parece estar relacionado con la influencia marina.

Finalmente, la tasa de desplazamiento de las dunas condiciona claramente la distribución de la vegetación en la zona activa. Las áreas que presentan una mayor movilidad carecen de vegetación, mientras que esta va aumentando conforme disminuyen las tasas de desplazamiento de las dunas. Sin embargo, en algunas zonas la ausencia de vegetación se produce donde las tasas de movilidad son reducidas, lo cual se puede relacionar con la ausencia de depresiones interdunares. Asimismo, existen comunidades que son capaces de resistir mayores tasas de desplazamiento que otras. Es el caso de la comunidad de *Traganum moquinii*, lo que explica que sea la única capaz de asentarse en las dunas transgresivas bajas. Por su parte, las comunidades de *Cyperus laevigatus* y de *Launaea arborescens* presentan una distribución asociada a tasas de movilidad muy similares, mientras que la de *Tamarix canariensis* se localiza en zonas con una movilidad sensiblemente inferior. La comunidad de *Salsola kali*, de distribución periférica, es la que se localiza en las zonas con mayores tasas de desplazamiento. En este caso hay que considerar que las geoformas existentes son principalmente dunas eco, lo que puede favorecer la presencia de vegetación al mantener un espacio entre el obstáculo, en este caso la terraza alta del Inglés, y el frente de la duna donde predomina la deflación. Por lo tanto, los efectos producidos por el enterramiento se atenúan. Esta misma cuestión también podría explicar la presencia de las comunidades de *Launaea arborescens* y de *Cyperus capitatus-Ononis serrata*. Las comunidades de *Suaeda mollis* y de *Heliotropium ramosissimum* se localizan en zonas con tasas menores a las restantes.

La dispar tolerancia a las tasas de desplazamiento de las dunas de las comunidades de *Cyperus laevigatus*, de *Launaea arborescens* y de *Tamarix canariensis* explican el patrón de distribución que presentan en la zona activa (figura 5.44). Esta distribución se basa en tres bandas paralelas entre sí desde el mar hacia el interior, pero normalmente ocupando depresiones interdunares. En la primera banda se localiza la comunidad de *Cyperus laevigatus*, justo donde las tasas de avance son superiores; en la segunda aparece la comunidad de *Tamarix canariensis*, donde se producen las menores

tasas de avance, y, en la tercera, con tasas de avance similares a las de la primera banda, se localiza la comunidad de *Launaea arborescens*. En este último caso, la presencia de este tipo de vegetación se explica por las características del sustrato, formado por depósitos aluviales.

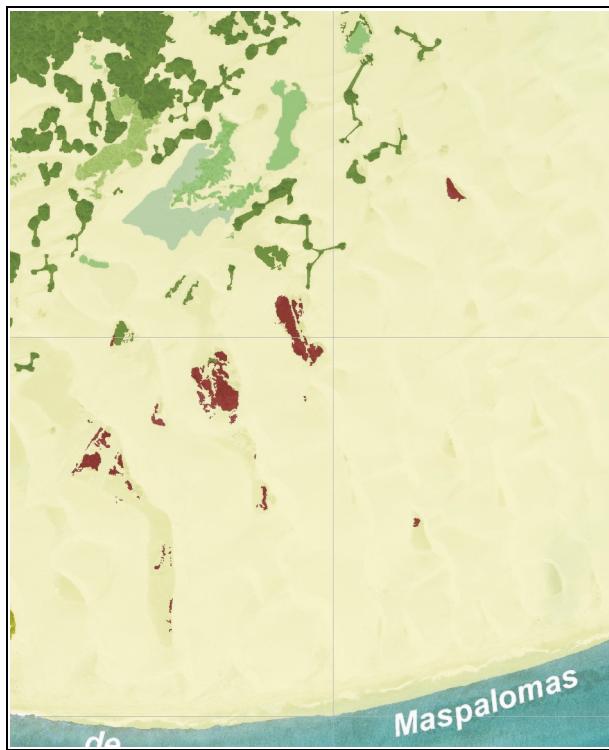


Figura 5.44. Patrón de distribución de las comunidades de *Cyperus laevigatus* (marrón), de *Tamarix canariensis* (verde oscuro) y de *Launaea arborescens* (verde claro)

5.3.3. Los factores ambientales terciarios

Una escala de análisis más detallada permite apreciar la existencia de otros factores que controlan la distribución de la vegetación, que explican la existencia de comunidades diferentes, presentes en zonas con características similares en función de la geoforma, la tasa de desplazamiento de las dunas o la antropización del espacio. Los factores terciarios están formados por la litología y el volumen de arena, la profundidad y salinidad de la capa de agua y las características químicas del sustrato.

La litología y la profundidad de la capa de agua están íntimamente ligadas al tipo de geoforma dunar existente, ya que ésta condiciona la aparición de diferentes sustratos o la disminución de la profundidad del manto freático. Como se comentó anteriormente, las geoformas dunares en sus distintas tipologías (dunas y depresiones interdunares) constituyen un factor clave para entender la organización espacial y temporal de la vegetación. La presencia de depresiones interdunares en contraposición a las dunas, supone una mejora significativa en las condiciones ambientales para aquellas especies vegetales incapaces de vivir directamente sobre un volumen significativo de arena seca. Las depresiones interdunares constituyen zonas donde aflora el basamento

(principalmente materiales aluviales) o donde el nivel freático se encuentra más cercano a la superficie. En el primer caso se configuran depresiones interdunares secas y en el segundo depresiones interdunares húmedas.

El sustrato y la presencia de la capa freática cerca de la superficie son claves para entender la presencia de unas u otras comunidades y especies vegetales.

En la zona activa las diferentes comunidades vegetales que se localiza en las depresiones interdunares dependen de estos dos factores. De este modo, la comunidad de *Launaea arborescens* únicamente se localiza en depresiones interdunares secas, mientras que la de *Tamarix canariensis* y la de *Cyperus laevigatus* lo hace en las húmedas. Por lo tanto, como se pudo comprobar anteriormente, la explicación a la similar distribución en función de la movilidad de las dunas de las comunidades de *Launaea arborescens* y de *Cyperus laevigatus* está en la dispar litología. La presencia de la comunidad de *Tamarix canariensis* o de *Cyperus laevigatus* está relacionada, además de con la tasa de desplazamiento de las dunas, con la salinidad de la capa de agua. De esta forma, la comunidad de *Cyperus laevigatus* se localiza en aquellas depresiones donde la capa de agua presenta una mayor salinidad.

En la zona en proceso de estabilización, la vegetación tiene un patrón de distribución muy similar. En las depresiones interdunares húmedas aparecen las comunidades de *Zygophyllum fontanesii*, de *Tamarix canariensis*, de *Juncus acutus* y, en menor medida, de *Launaea arborescens*, y en las secas la de *Suaeda mollis*. Las tres primeras comunidades se distribuyen en función del incremento de la salinidad de la capa de agua, mientras que la presencia de la comunidad de *Launaea arborescens*, muy escasa y localizada, se relaciona con la existencia de una capa de arena seca sobre la depresión.

Finalmente, en la zona estabilizada, la presencia de diferentes comunidades, tanto en las dunas, como en las depresiones interdunares, está vinculada a la litología, al volumen de arena seca, a la existencia de una capa freática cerca de la superficie y a las características químicas del sustrato. En las depresiones interdunares húmedas se localizan las comunidades de *Tamarix canariensis* y de *Juncus acutus*. Por extrapolación con la zona anterior, la localización de una u otra comunidad probablemente está relacionada con el grado de salinidad de la capa de agua, mayor en 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 presencia 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, debido probablemente a la existencia de un nivel freático cerca de la superficie. La presencia de *Juncus acutus* asociada a esta comunidad, aparte del ya citado sustrato humedecido, es un claro indicador de la presencia de aguas subterráneas. La existencia de una u otra comunidad posiblemente está vinculada con un mayor contenido en sal, sodio y potasio en el sustrato, en el caso de la comunidad de *Juncus acutus*. 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 es aproximadamente superior a unos 60 cm.