

# LA RESTAURACIÓN DUNAR CON VEGETACIÓN PSAMÓFITA

## Dune restoration with psamophyte vegetation

A. Bernabé, A. Blasco, M. Llorca y M. J. Lledó

Departamento de Ecología. Universidad de Alicante. Ap. 99. 03080-ALICANTE (España)

### Resumen

Con el objetivo de definir criterios de plantación de algunas especies psamófitas que incluyan sustratos de producción y niveles de radiación, se han realizado tres plantaciones. A principios de 2001 se introdujeron psamófitos en el cordón dunar de dos localidades alicantinas, Guardamar del Segura (pinada de repoblación sobre duna fija) y El Altet-(Elche) (primer cordón de duna móvil), producidos en tres sustratos: el tradicional, compuesto por turba y dos más alternativos, lodos compostados y restos rodados de *Posidonia oceanica*. Aunque las supervivencias y los incrementos en la biomasa fueron diferentes según la especie en función del sustrato de producción, los lodos ofrecieron mejores resultados. Respecto al conjunto de especies comunes introducidas en las dos localidades, la supervivencia fue estadísticamente mejor en El Altet que en Guardamar. Para tratar de explicar estas diferencias se están analizando algunas variables como la precipitación, los nutrientes del suelo y la humedad edáfica. La tercera plantación se realizó a principios de 2002 en Guardamar, con psamófitos producidos en lodos y a dos intensidades de radiación (sol y sombra). Aunque este factor influye de forma diferente en la supervivencia y en variables de intercambio gaseoso foliar según la especie, se ha observado que, por lo general, no existen diferencias intraespecíficas entre plantas de sol y sombra.

Palabras clave: *Lodos compostados*, *Supervivencia*, *Posidonia oceanica*, *Psammófitos*

### Abstract

Three plantation experiences were made in order to define guidelines for restoring Guardamar dunes, involving substrate composition and PAR on the establishment of seedlings. In mid-winter 2000-2001, different species of psammophytes were introduced in two localities in the Alicante coast: Guardamar del Segura (fixed dune ridge with pine plantation) and El Altet - Elche (foredune). They produced with three different substrates: peat, composted sludge and remains of *Posidonia oceanica* dragged by the sea. Although the survivorship of the seedlings and the increments in biomass were dependent on the species and the substrate of production, substrate based on composted sludge gave the best results. In relation to the common four species planted in both localities, survivorship was better statistically in El Altet than in Guardamar. To explain this results, precipitation, soil nutrient content, edaphic humidity and effects of proximity to the sea on the are being analyzed nowadays. Third experience was realized at the beginning of 2002 in Guardamar, with psammophyte species produced with composted sludge, exclusively. The effect of light intensity on the establishment of the seedlings was then examined. CO<sub>2</sub> gas exchange variables were measured and no intraspecific differences were observed among "sunny" and "shaded" individuals.

Key words: *Composted sludge*, *Seedling survivorship*, *Posidonia oceanica*, *Psammophyte species*

## INTRODUCCIÓN

Las repoblaciones forestales se han realizado desde muy antiguo con objetivos productivos y ornamentales, habiendo documentación sobre este tipo de actuaciones en España desde la baja Edad Media, aunque probablemente sólo a partir del siglo XIX se llegaron a realizar plantaciones de grandes superficies (MANUEL VALDÉS Y GIL, 1998). Sin embargo, hasta el año 1901, no se crea el Servicio Hidrológico Forestal y comienzan a ser destacables grandes actuaciones para la fijación de dunas móviles, como las de Guardamar, San Fernando y Roses.

En las últimas décadas estos ecosistemas necesitan ser restaurados por su deterioro, tanto en la composición y abundancia de especies de fauna y flora, como en los procesos ecológicos claves, necesarios para su persistencia, debido sobre todo a la presión humana.

El criterio de selección de especies viene dado por los objetivos planteados en el programa de restauración. El proyecto marco de este estudio, persigue la restauración en mosaico del área dunar de Guardamar mediante la instalación de especies psamófitas que recuperen su espacio en claros y crestas de duna con cierta movilidad y hoy por hoy, desprovistas de arbolado; criterios de restauración ya apuntados por ABAD et al. (1999) y CUETO (1999).

En este sentido, es importante el conocimiento de la biología y la autoecología de las especies a introducir, como la identificación de las limitaciones de establecimiento en ecosistemas degradados con fuerte déficit hídrico (VALLEJO et al., 2003) y por esta razón se han ensayado pequeñas parcelas monoespecíficas para facilitar el seguimiento de su evolución.

## MATERIAL Y MÉTODOS

En invierno de 2000-2001 fueron introducidas en torno a 3500 unidades correspondientes a ocho especies psamófitas, repartidas entre el cordón dunar de Guardamar del Segura y el de El Altet (Elche). Las plantas fueron introducidas con un marco de plantación de cuatro individuos por metro lineal en parcelas monoespecíficas de 9-12 m<sup>2</sup>.

Las especies introducidas fueron producidas en vivero, en bandejas con alvéolos de 15 cm. de profundidad y en tres sustratos distintos: turba, procedente de “Viveros Todolf”; lodos de depuradora compostados (86% lodos compostados + 14% arena) y restos rodados de *P. oceanica* (25% restos rodados + 75% arena).

La evaluación del crecimiento de los plántones se realizó a partir de unos 45 individuos por especie antes de su instalación y de unos 15 individuos por especie, desenterrados tras un año de desarrollo en el medio dunar. Sobre ellos se calculó el cociente biomasa subterránea / biomasa aérea, la longitud máxima radicular y el crecimiento relativo entre los dos tiempos. Para el análisis estadístico de las variables morfológicas por especie y sustrato se utilizaron ANOVAs de un factor.

En invierno de 2001-2002 se realizó una segunda plantación en la pinada de Guardamar, atendiendo al *factor radiación*. Se consideró que los individuos introducidos estaban bajo condiciones de “sombra” cuando a lo largo del ciclo diurno, el PAR no superaba los 900  $\mu\text{Em}^{-2}\text{s}^{-1}$ . Se consideró “sol” cuando el PAR superaba los 900  $\mu\text{Em}^{-2}\text{s}^{-1}$ .

La supervivencia en las parcelas experimentales en ambos casos, fueron contrastadas a lo largo de un año desde su instalación en las dunas, mediante el test estadístico de log-Rank, del método de Kaplan-Meier.

Las medidas de parámetros ecofisiológicos fueron realizadas mediante el irgaporómetro LICOR 6400, en febrero de 2003, con el objeto de comparar variables derivadas de la elaboración de curvas de saturación de luz: fotosíntesis y transpiración a máxima radiación, punto de compensación de luz, eficiencia en el uso de luz y eficiencia en el uso del agua; entre los individuos de ambientes de sol-sombra, anteriormente definidos.

## RESULTADOS

El valor medio de las supervivencias de las siete especies introducidas y producidas en los tres sustratos, un año después de la plantación ha sido de cerca de un 60% en el Altet, y de alrededor del 23% en Guardamar. Aunque existen dife-

rencias según las especies, de forma general las plantas producidas con lodos sobrevivieron mucho mejor (76% para todas las del Altet, y 28.6% para las de Guardamar). Las cuatro especies plantadas en las dos localidades, se comportan de forma parecida. Dos de ellas (*Elymus farctus* y *Centaurea seridis*) han sobrevivido significativamente mejor al ser producidas en lodos. *Lotus creticus* sobrevivió más en *Posidonia oceanica*, mientras que la cuarta (*Crucianella maritima*) lo hace igual en los tres sustratos. Respecto a las especies que solamente se han introducido en un lugar, *Ammophila arenaria* sobrevive en Guardamar igual de mal en los 3 sustratos, mientras que las restantes plantadas en el Altet (*Launaea fragilis*, *Medicago marina* y *Ononis natrix*) tienen mejores supervivencias al ser producidas con lodos (40%, 99%, y 71%, respectivamente).

Si se observa la figura 1, que resume la evolución de las cuatro especies comunes a ambos lugares, la supervivencia en el Altet ha sido mejor que en Guardamar. En los dos sitios las plantas sobreviven mejor al ser producidas con lodos, mientras que no hay diferencias significativas entre las de turba y las de *Posidonia*. Cabe destacar que las plantas sembradas en turba y *Posidonia*, y plantadas en el Altet sobreviven lo mismo que las de lodos de Guardamar. Sobre las diferencias de variables ambientales de ambas localidades, se ha visto, por un lado, que los meses más críticos del año 2001 para la renovación foliar y reproducción de estas especies (mayo-agosto), fueron mucho más áridos en Guardamar que en Altet. Además, en los suelos

de la zona con mayor supervivencia los porcentajes de humedad son algo mayores aunque no diferentes estadísticamente (1,09%, 0,67%, respectivamente), y la concentración de fósforo significativamente superiores a las de la otra zona de estudio (0,00153%, 0,00099%, en peso seco, respectivamente).

En la localidad con mejores supervivencias, se ha estudiado cómo influye la producción en distintos sustratos al crecimiento de las plantas. Para ello se han comparado los pesos aéreos y subterráneos, y la longitud de las raíces, en el momento en el que se plantaron y un año después de su introducción al medio. También en este caso los crecimientos difieren según la especie. Solo una de ellas (*C. maritima*) tiene crecimientos relativos y valores al año de plantarse superiores con el sustrato de *Posidonia*. Por otra parte, varias especies como *C. seridis*, *M. marina* y *O. natrix*, crecen más y tienen pesos y longitudes superiores al año, cuando han sido producidas con lodos. En las otras tres analizadas, *L. fragilis*, *L. creticus* y *E. farctus*, los sustratos de producción no influye claramente en los crecimientos.

Teniendo en cuenta que la producción con lodos ha ofrecido, en la mayoría de especies, mejores supervivencias y crecimientos, se ha realizado una nueva plantación de especies producidas solo con este sustrato, y plantadas en Guardamar en ambientes diferentes según la radiación solar. Hasta la actualidad, de las 8 especies introducidas en ambos ambientes, únicamente *Teucrium polium*, *Eryngium maritimum*, y *Sporobolus pungens*, sobreviven esta-

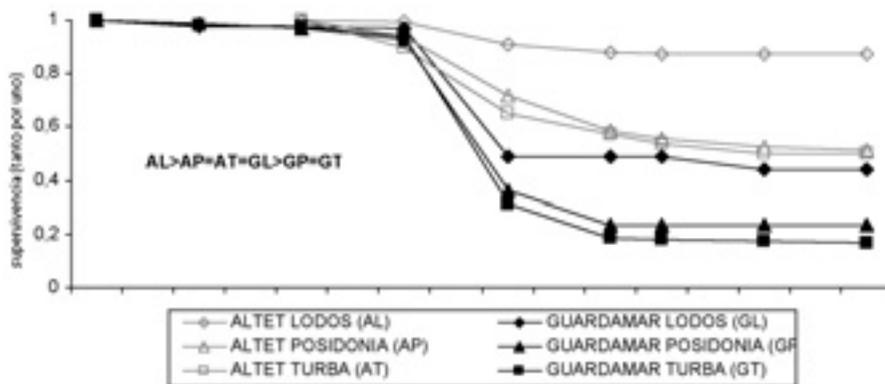


Figura 1. Supervivencias medias en las especies comunes en las dos localidades, y producidas con lodos, *Posidonia* y turba

dísticamente más en sombra. El resto (*C. seridis*, *E. farctus*, *M. marina*, *Pancratium maritimum*, y *L. creticus*) lo hacen igual de bien en las dos zonas. Al año de introducirse las especies (marzo del 2003), se han realizado medidas de

transpiración y fotosíntesis en plantas de sol y sombra de 5 de las especies, observándose en todas ellas que no existen diferencias significativas en los valores de transpiración y fotosíntesis máxima entre las dos radiaciones.

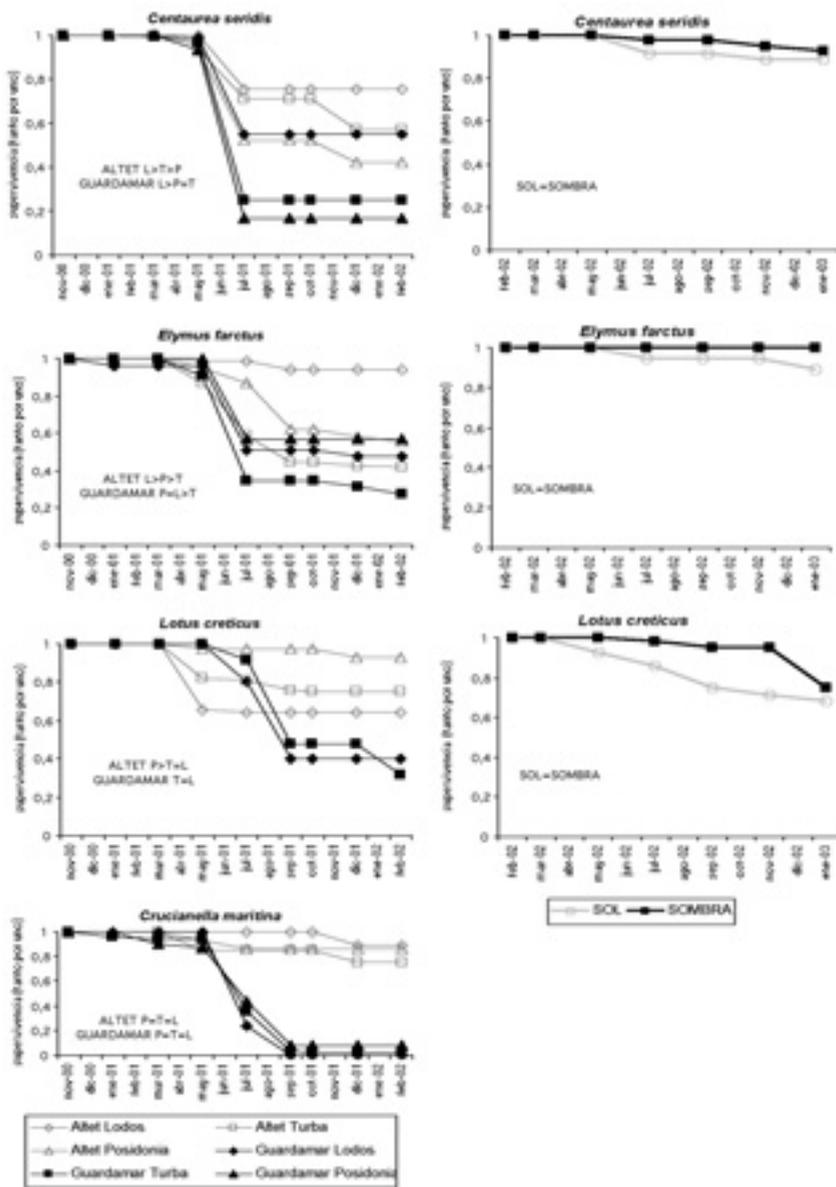


Figura 2. Supervivencias de especies psamófitas producidas con distintos sustratos en las dos localidades, y en Guardamar sembradas en lodos y plantadas a distintas radiaciones

## DISCUSIÓN

En las plantaciones del Altet y de Guardamar se ha visto que la supervivencia y el crecimiento de cada especie responde de una forma distinta a cada sustrato empleado en su producción. El funcionamiento de las plantas está controlado por su constitución genética y por factores ambientales (LANGRIDGE, 1963), y la variación de la concentración de nutrientes en el suelo puede ayudar a marcar diferencias en esa respuesta del vegetal (PACKHMAN & WILLIS, 1997), lo que justifica que una misma especie pueda presentar distintos comportamientos de supervivencia y de crecimiento ante diferentes condiciones del medio, como ha sido en este caso la introducción de plantas en duna con cepellón de sustratos alternativos. Se observan estas diferencias en que la supervivencia es mayor en la localidad del Altet que en Guardamar, debido a que existe mayor humedad en el suelo, menor índice de aridez y mayores niveles de fósforo.

Según los resultados hay especies que sobreviven más en un sustrato que en otro, como por ejemplo, *L. creticus* sobrevive más en *Posidonia*, pero el crecimiento en un año es igual en los tres tratamientos. Esta especie presenta un mayor porcentaje de raíces marrones con mayores humedades, éstas proporcionan resistencia al estrés post-trasplante (FRANCO et al., 2001 y 2002) y se ha visto que la *Posidonia* retiene el agua. En *E. farctus* ocurre lo mismo respecto al crecimiento después de un año, pero presenta mayor supervivencia en el sustrato de lodos, esto podría relacionarse con el hecho de que los nódulos de sus rizomas responden a la adición de nitrógeno con el paso de los años (HARRIS & DAVY, 1986a, b) y en el caso del sustrato dunar donde hay un déficit de nutrientes, este enriquecimiento por los lodos es importante. En otra especie como *M. marina*, sí se ha encontrado una diferencia significativamente mayor en el crecimiento en lodos, recordemos que se trata de una leguminosa con nódulos de fijación en sus raíces y presenta cierto carácter nitrófilo (GARCÍA NOVO Y MERINO, 1993).

En conjunto la supervivencia ha sido en 5 de las 7 especies ensayadas mayor en lodos, de las cuales tres especies tienen mayor crecimiento relativo con este sustrato de manera significativa.

En *C. marina* no existen diferencias significativas en los tres tipos de sustratos y sin embargo tiene mayor crecimiento relativo en *Posidonia*. Así podemos afirmar que el empleo de estos sustratos alternativos a la turba comercial, seguramente más económicos, favorecen la supervivencia y/o crecimiento, con la ventaja adicional de estar reutilizando un residuo. En diferentes ensayos de uso de lodos se ha observado que la adición en dunas durante el primer año influyó positivamente en el crecimiento de algunas especies (GADGIL et al., 1999). Sobre todo este aporte de nutrientes es especialmente interesante en el ecosistema dunar, donde los bajos niveles de nutrientes (PEMADASA & LOVELL, 1974; KACHI & HIROSE 1983; KOERSELMAN 1992; KOERSELMAN & MEULEMAN 1996; LAMMERT et al., 1999) limita el crecimiento de su vegetación (PACKAM & WILLIS, 1997). Además, en el caso de los lodos se ha visto que retienen agua y nutrientes (NAVAS 1996; NAVAS et al., 1998) y también favorecen el desarrollo de las raíces finas absorbentes (PACKAM & WILLIS, 1997).

Como era de esperar en especies psamófitas, las cuales presentan adaptaciones especiales a altas radiaciones y condiciones de aridez (SEVA y ESCARRE, 1989), no existen diferencias en la supervivencia entre sol y sombra en la mayoría. Solamente encontramos mayor supervivencia en sombra en *E. maritimum*, *S. pungens* y *T. polium*, aunque los valores de supervivencia en sol no son menores de un 40%, un valor relativamente bueno, considerando el ambiente extremo en el que se han tenido que establecer los plantones. Además, la curva de supervivencia desciende después del verano, con lo cual, estas especies no se han establecido tan bien como el resto, y requieren quizás en sus fases pioneras unas condiciones menos extremas de radiación y déficit hídrico. Así, es importante el nivel de radiación recibido por la planta durante su crecimiento (GUARDIOLA et al., 1990). Al no existir estas grandes diferencias en supervivencia, decidimos estudiar su respuesta fisiológica en los dos medios. Sería de esperar una aclimatación al hábitat de sombra y de sol, por ejemplo, las hojas de sombra respiran menos que las de sol, con lo cual el punto de compensaciones produce a intensidades de luz más bajas (LARCHER, 1995). Las plantas en sombra también deberían

presentar un valor de fotosíntesis de saturación notablemente menor que las de sol (GUARDIOLA et al., 1990). Pero en nuestro caso no hemos encontrado diferencias significativas en ninguna de las variables estudiadas, lo que puede ser debido a que estas especies solo llevan un año de instalación en estos ambientes, por tanto, puede que todavía no hayan diferenciado su morfología interna de las hojas que las adapten a los medios donde están creciendo. Por ejemplo, según GUARDIOLA et al. (1990) en sombra suele haber menor espesor de hojas, aumento de clorofila por peso y reducción de la rubisco. Otra causa de no encontrar diferencias en las variables calculadas es porque se realizaron insuficientes medidas y, por tanto, existe una alta variabilidad intratratamiento que no permite distinguir las potenciales diferencias con los tests estadísticos empleados.

## CONCLUSIONES

La supervivencia y el crecimiento de cada especie responde de una forma distinta a cada sustrato empleado en su producción

El empleo de alguno de los sustratos alternativos a la turba comercial favorece la supervivencia y/o el crecimiento.

Entre las dos localidades comparadas, las supervivencias son mayores en el Altet, donde por otra parte, se ha comprobado que hay menor aridez, y más humedad y concentración de fósforo en el suelo.

No existen diferencias en la supervivencia y las variables ecofisiológicas comparadas, entre sol y sombra, en la mayoría de las especies comparadas en la plantación de Guardamar.

## Agradecimientos

A Jiménez-Ortíz por la información suministrada sobre *Posidonia*.

## BIBLIOGRAFÍA

ABAD, N.; CASALS, P. Y VALLEJO, V.R.; 1999. Rehabilitación de zonas litorales metropoli-

tanias mediante recreación de ecosistemas dunares. *En: II Jornadas de gestión y protección de especies vegetales amenazadas. El litoral*. Universidad de Huelva. Huelva.

CUETO, M.; 1999. Fijación de dunas litorales y formación de pinares costeros. *Cuad. Soc. Esp. Cie. For.* 8: 29-32.

FRANCO, J.A.; BAÑÓN, S.; FERNÁNDEZ, J.A. & LESKOVAR, DI; 2001. Effects of nursery regimes and establishment irrigation on root development of *Lotus creticus* seedlings following transplanting. *J. Hort. Sci. & Biotech.* 76(2): 174-179.

FRANCO, J.A.; CROS, V. & BAÑÓN, S.; 2002. Effects of nursery irrigation on postplanting root dynamics of *Lotus creticus* in Semiarid field conditions. *HortScience* 37(3): 525-528.

GADGIL, R.L.; SANDBERG, A.M. & LOWE, A.T.; 1999. Two seedling rooting media and subsequent growth of nitrogen-fixing plants in a New Zealand coastal sand-dune environment. *New Zealand J. For. Sci.* 29(2): 195-202.

GARCÍA NOVO, F. & MERINO, J.; 1993 Dry coastal ecosystems of SouthWestern Spain. *In: Van der Maarel (ed.), Ecosystems of the world. Dry coastal ecosystems: 349-362*. Elsevier Science Publisher. B.V.

GUARDIOLA, J.L. Y GARCÍA, L.; 1990. *Fisiología Vegetal I. Nutrición y transporte*. Ed Síntesis. Madrid.

HARRIS, D. & DAVY, A.J.; 1986a. Strandline colonization by *Elymus farctus* in relation to sand mobility and rabbit grazing. *J. Ecol.* 74: 1045-1056.

HARRIS, D. & DAVY, A.J.; 1986b. The regenerative potential of *Elymus* from rhizome fragments and seed. *J. Ecol.* 74: 1057-67.

KACHI, N. & HIROSE, T.; 1983. Limiting nutrients for plant growth in coastal sand dune soils. *J. Ecol.* 71: 937-944.

KOERSELMAN, W.; 1992. The nature of nutrient limitation in Dutch dune slacks. *In: Carter, Curtis & Sheehy-Skeffington (eds.), Coastal dune: 189-199*. Bakelman. Rotterdam.

KOERSELMAN, W. & MEULEMAN, A.F.M.; 1996. The vegetation N:P ratio: a new tool to detect the nature of nutrient limitation. *J. Appl. Ecol.* 33: 1441-1450.

LAMMERT, E.J.; REGTEL, D.M.; GROOTJANS, A.P. & VAN DER VEEN, A.; 1999. Nutrient limita-

- tion and vegetation changes in a coastal dune slack. *J. Veg. Sci.* 10: 111-112.
- LANGRIDGE, J.; 1963. The genetic basis of climate response. In: L.T. Evans (ed.), *Environment Control of Plant Growth*: 367-379. Academic Press. New York.
- LARCHER, W.; 1995. *Physiological Plant Ecology. Ecophysiology and stress physiology of functional groups*. Springer. Berlin.
- MANUEL VALDÉS, C.M. Y GIL, L.; 1998. La transformación histórica del paisaje forestal en España. En: *Segundo Inventario Forestal Nacional*: 15-104. DGCNA. Madrid.
- NAVAS, A.; 1996. La restauración de tierras marginales mediante lodos de depuradora. En: T. Lasanta y M. García-Ruiz (eds.), *Erosión y recuperación de tierras en áreas marginales*: 155-172. Instituto de Estudios Riojanos-Sociedad Española de Geomorfología. Logroño.
- NAVAS, A.; BERMÚDEZ, F. & MACHÍN, J.; 1998. Influence of sewage sludge application on physical and chemical properties of Gypsisol. *Geoderma* 87: 123-135.
- PACKHAM, JR & WILLIS, AJ 1997. *Ecology of dunes, salt marsh and shingles*. Chapman & Hall.
- PEMADASA, M.A. & LOVELL, P.H.; 1974. The mineral nutrition of some dune annuals. *J. Ecol.* 63: 647-657.
- SEVA, E. Y ESCARRÉ, A.; 1989 El ecosistema dunar en la provincia de Alicante. En: A. Escarré, J. Martín y E. Seva (eds.), *Estudios sobre el medio y la biocenosis en los arenales costeros de la provincia de Alicante*: 9-14. Instituto de Cultura Juan Gil Albert. Alicante.
- VALLEJO, R.; CORTINA, J.; VILAGROSA, A.; SEVA, J.P. Y ALLOZA, J.A. 2003. Problemas y perspectivas de la utilización de leñosas autóctonas en la restauración forestal. En: J.M. Rey Benayas, T. Espigares y J.M. Nicolau (eds.), *Restauración de ecosistemas mediterráneos*: 11-42. Colección Aula Abierta. Universidad de Alcalá. Madrid.