

Evolución vegetal a medio plazo de parcelas restauradas según distintos tratamientos en canteras de caliza

La necesidad de integrar los espacios afectados por actividades extractivas tras la aprobación en Cataluña de la ley 12/1981, determinó el establecimiento de ensayos aplicando diferentes actuaciones para determinar el tipo de intervención más eficaz. Entre 1986-1988, en la explotación *la Fou* de *Cementos Molins Industrial, S.A.*, se desarrollaron las primeras experiencias de revegetación, que se han seguido a lo largo del tiempo hasta la fecha. Los resultados muestran que la intervención de restauración aplicada determina el tipo de vegetación desarrollada a medio plazo. En concreto, la adición de enmiendas y la siembra de herbáceas no ha propiciado resultados específicos, mientras que los tratamientos que incluyeron plantación de árboles han promovido comunidades vegetales más favorables, similares a los bosques del entorno.

En Cataluña, desde la implementación de la ley 12/1981, las actividades extractivas deben prever la integración de las áreas afectadas por la explotación en su entorno. En el momento de la aplicación de la ley el conocimiento sobre los mecanismos que regulaban los procesos de revegetación en estas situaciones tan limitantes eran escasos. Por esto, en 1988 la Generalitat de Catalunya patrocinó unas primeras experiencias en la cantera *la Fou*, en Vallirana. Estos ensayos consistieron en siembras experimentales y en la aplicación de diferentes tipos de enmiendas orgánicas a materiales de rechazo de la misma explotación, con el objetivo de testar tratamientos de bajo coste.

La restauración ecológica de las zonas afectadas por actividades mineras comporta la creación de nuevos ecosistemas que sustituyan a los iniciales, eliminados o muy alterados durante la extracción del recurso mineral. Esto comporta la instalación de los componentes básicos (sustrato y primeros estadios de vegetación) que puedan promover el desarrollo de sistemas más complejos, similares a los originales en términos de diversidad, composición y funcionamiento. El establecimiento de las interacciones entre organismos y medio abiótico que fomenten esta evolución no es inmediato, de forma que transcurren periodos de tiempo considerables antes de poder valorar la efectividad de las diferentes intervenciones.

En relación con ello, los seguimientos periódicos son especialmente necesarios en este ámbito, donde precisamente existe poca información a medio y largo plazo. Está ampliamente reconocido que la escasa incidencia del conocimiento adquirido a través del seguimiento de experiencias de restauración es el principal déficit en esta rama de la ecología aplicada. En este contexto, las experiencias

Palabras clave: ÁRBOL, CANTERA, ENTORNO, EXTRACCIÓN, PLANTACIÓN, RESTAURACIÓN, REVEGETACIÓN, SIEMBRA, SUELO, TRATAMIENTO.



Montserrat JORBA⁽¹⁾, Javier DE DIOS⁽¹⁾, y Josep M. NINOT⁽¹⁾.

(1). Dpto. Biología Vegetal. Fac. Biología. UNIV. DE BARCELONA

realizadas en la explotación "la Fou" en 1988 son especialmente interesantes, ya que representan uno de los pocos registros históricos ampliamente documentados y periódicamente controlados en el tiempo.

El área de estudio

El estudio se ha realizado en la cantera *la Fou*, perteneciente a *Cementos Molins Industrial S.A.* En esta explotación se extraen las calizas cretácicas de la zona de Vallirana (Barcelona). Se halla en la parte interior del macizo del Garraf-Ordal, a 420 m de altitud, en una vertiente orientada al norte. El clima de la zona es mediterráneo subhúmedo de tendencia marítima, con 640 mm de precipitación anual. A pesar de esta pluviometría relativamente elevada, la precipitación de verano (junio-agosto) es bastante baja (69 mm) y muy irregular dentro de cada año y entre años (datos propios).

La vegetación seminatural del entorno consiste en algún pequeño retazo de encinar litoral calcícola (*Quercetum ilicis pistacietosum*, el bosque potencial) y extensos y variados pinares de pino carrasco (*Pinus halepensis*) con sotobosque de maquia y matorral esclerofilo, de romeral, de lastonar, etc. (GEOVEG 2010). Los suelos dominantes son *rendzinas* (clasificación FAO-UNESCO) con dominio de arcillas

rojas, y de desarrollo muy irregular de acuerdo con la topografía accidentada de la zona. En las pequeñas áreas con acumulación de arcillas, lo que sucede en algunas dolinas y bases de vertientes, los suelos son notablemente descalcificados.

Los tratamientos realizados

En esta explotación se realizaron diferentes ensayos en los años subsiguientes a la implementación de la ley 12/1983 de la Generalitat de Cataluña, donde se regula la integración de las explotaciones mineras al entorno. Estos ensayos fueron patrocinados por la Generalitat o por la misma empresa, con el objetivo de determinar el mejor tratamiento para restaurar estos espacios alterados.

Todas las experiencias se realizaron en la plataforma de explotación, en una superficie prácticamente plana, y utilizando materiales de rechazo de la misma explotación como sustrato.

Las experiencias presentadas en este trabajo son:

- **Tratamientos de mejora del suelo y revegetación con herbáceas (1988).** Consistieron en añadir diferentes tipos de enmiendas orgánicas (compost de RSU o de lodos) a los rechazos minerales de la misma explotación, y sembrar con herbáceas comerciales (*Trifolium pratense*, *Lotus corniculatus*, *Cynodon dactylon*, *Dactylis glomerata*). En total, se realizaron: 4 tratamientos de mejora con adición de materia orgánica, 1 tratamiento con aplicación de mulch y siembra, y 1 tratamiento control (únicamente con rechazo mineral).
- **Plantación de pinos carrascos (*Pinus halepensis*) adultos (1986).** En este caso también se utilizaron como sustrato materiales de rechazo de la explota-

ción, y se trasplantaron individuos de pino carrasco de 1-1,5 m de altura, extraídos de otras zonas explotadas.

• **Plantación de individuos de aladierno falso (*Phillyrea latifolia*) (1988).**

Este ensayo se reduce al trasplante de un ejemplar adulto de *Phillyrea latifolia* en una zona próxima a las parcelas experimentales, con tratamientos de mejora de suelos.

Material y métodos

La vegetación se ha estudiado mediante inventarios florísticos en superficies de 10 m², en los que se valoró la cobertura de cada especie por observación directa, tomando como referencia superficies de 0,25 m². Se realizó un inventario por tratamiento de mejora del suelo (en total 6 inventarios) y tres inventarios en el pinar. Para el ejemplar de *Phillyrea latifolia* se levantó un inventario en un rodal de 12 m² alrededor del individuo estudiado.

Se realizó también un inventario en una superficie de 300 m² de un pinar seminatural situado en el límite de la explotación. Este pinar se ha tomado como sistema de referencia para valorar el resultado de los distintos tratamientos estudiados.

Para analizar los distintos inventarios, se asignó a cada especie identificada el estrato de vegetación en que se hallaba, y se tuvieron en cuenta los valores de recubrimiento específicos y algunas características biológicas (porte, tipo de follaje, forma de diseminación de las semillas, etc.). A partir de estas características, valoramos el estado en el que se encuentra la vegetación, en términos de sucesión ecológica y de funcionalidad. Se ha representado la estructura de la vegetación mediante curvas de dominancia-diversidad construidas con la cobertura acumulada de cada especie, ordenada de mayor a menor (Bazzaz, 1975; Caturla et al. 2000).

Además, con esta información hemos calculado diferentes indicadores para describir las características de la vegetación resultante de cada tratamiento:

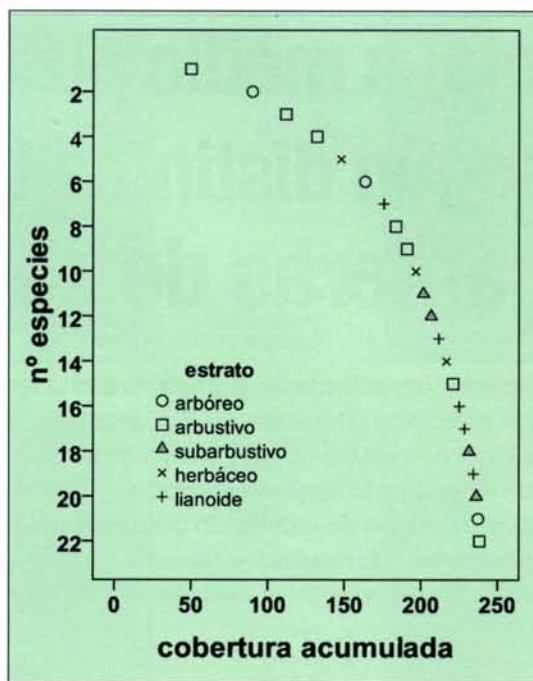
- Diversidad: riqueza de especies.
- Características de la vegetación: porcentajes de especies y de cobertura vegetal para cada estrato.
- Sucesión: número de especies de cada tratamiento coincidentes con el sistema de referencia.

Resultados

Descripción por tratamientos

Pinar natural

La cobertura vegetal del pinar secundario cercano es elevada, con vegetación muy estrati-



[Fig. 1] .- Características de la vegetación del pinar natural tomado como referencia, expresadas como una curva de abundancia-dominancia, en la que los símbolos corresponden a cada especie según su porte.

ficada (Fig. 1) y dominancia de especies leñosas de porte elevado (árboles y arbustos). El sotobosque está formado por especies arbustivas de matorral calcícola como lentisco, romero, coscoja, enebro y sabina. También aparecen especies propias del encinar litoral, básicamente aladierno, falso aladierno y algunas lianas. El estrato herbáceo es poco abundante, dominado por lastón (*Brachypodium retusum*). Muchas de estas especies se dispersan a través de sus bayas y drupas, mediante la fauna local.

Tratamientos de mejora del suelo

La vegetación desarrollada en las parcelas donde se realizaron estos tratamientos es es-

trata y poco estratificada (Fig. 2). La mayoría de especies son herbáceas, con dominio de *Brachypodium phoenicoides*. La única especie arbustiva es *Coriaria myrtifolia*, mientras que el resto de leñosas son de porte bajo (*Thymus vulgaris*, *Helichrysum stoechas*, *Phagnalon saxatile*). La escasa cobertura arbórea corresponde a ejemplares aislados de pino carrasco. En muchas de estas especies (exceptuando *Coriaria*), la dispersión se realiza mayoritariamente por vía aérea a media o corta distancia.

En la parcela con aplicación de mulch superficial se ha desarrollado una vegetación poco diversa, con la mitad de especies que el resto de tratamientos (control y enmienda), aunque con mayor cobertura total.

Plantación de pino carrasco

Se trata de una plantación abierta, en la que los pinos determinan manchas de vegetación diferenciadas. En este caso, hemos diferenciado estas dos zonas para el estudio de vegetación.

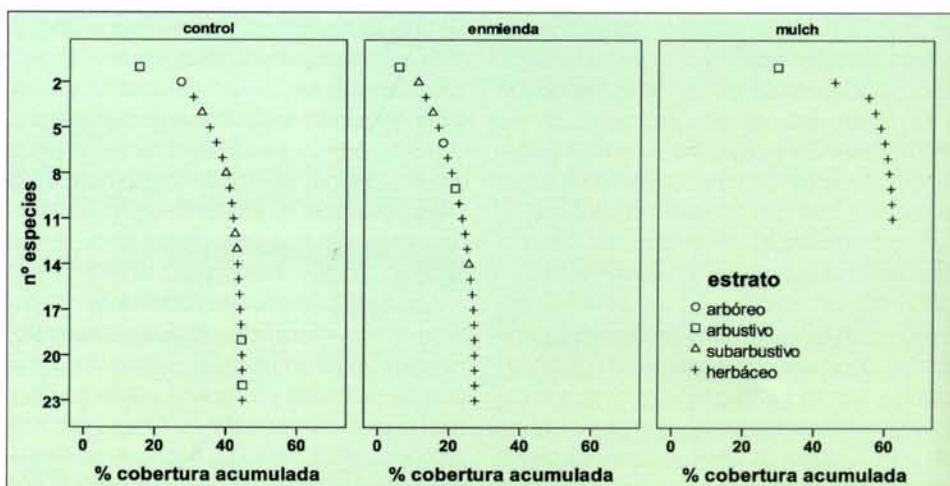
En zonas abiertas, con buena insolación y con muy poco aporte de hojarasca de pino, la diversidad es menor (Fig. 3) y la vegetación desarrollada está formada por especies de porte bajo (*Dorycnium pentaphyllum* o *Helichrysum stoechas*) que se dispersan principalmente por vía aérea.

En cambio, debajo de los pinos se observa una riqueza mayor, en parte debida a especies de frutos carnosos, la mayoría leñosas (*Rhamnus alaternus*, *Pistacia lentiscos*, *Rubia peregrina*). Su presencia viene determinada por el efecto percha del pino, que actúa como posadero para los pájaros dispersores de frutos.

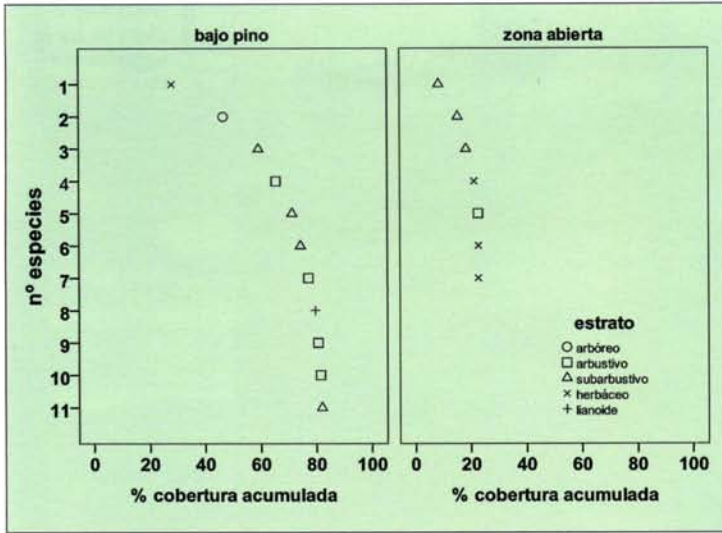
Además, la existencia de árboles-percha se traduce en números de individuos dispersados por aves relativamente elevados (Tabla I).

Plantación de *Phillyrea latifolia*

Debajo de *Phillyrea latifolia* se ha desarrollado una vegetación densa y diversa (Fig 4). En



[Fig. 2] .- Características de la vegetación desarrollada en las parcelas de mejora del suelo. Curvas de abundancia-dominancia representadas según el porte de las especies.



[Figura 3] .- Características de la vegetación desarrollada en la plantación de pino carrasco. Curvas de abundancia-dominancia representadas según el porte de las especies.

Especie	Nº individuos bajo pino	Nº individuos en zona abierta
<i>Pistacia lentiscus</i>	3	1
<i>Rhamnus alaternus</i>	10	0
<i>Rubia peregrina</i>	14	0

[TABLA I] .- Número de individuos de especies con frutos carnosos localizados debajo de los pinos estudiados y en zonas abiertas dentro de la misma plantación.

este caso, además del efecto percha de dicho individuo arborescente, las abundantes drupas que produce han actuado como reclamo para las aves frugívoras, que han aportado frutos de especies vegetales desde las zonas naturales del entorno. Las especies más abundantes son el aladierno y el lentisco, que determinan un sotobosque con buena cobertura (Tabla II).

Los ejemplares de sabina, enebro y encina son de porte menor, y posiblemente se establecieron más recientemente (ver Tabla II). También se han instalado lianas propias del encinar como la zarzaparrilla (*Smilax aspera*).

Comparación entre tratamientos

Diversidad

Los tratamientos control y con adición de enmiendas presentan una mayor riqueza de especies, con valores similares al del pinar de referencia. El resto de tratamientos presentan un número de especies menor, y los valores mínimos se dan en la zona abierta de la plantación de pino carrasco y en la plantación de *Phillyrea latifolia*. Pero debe tenerse en cuenta, de un lado que el pinar de referencia corresponde a una superficie mucho mayor que las de los inventarios, y de otro que la diversidad de especies de los tratamientos control, enmienda y mulch viene dada en gran parte por herbáceas

oportunistas que aportan poco interés desde el punto de vista de madurez ecológica.

De hecho, en muchas experiencias de restauración ecológica los valores elevados de diversidad tienen poca relación con el buen funcionamiento de la vegetación instalada, en relación con los ecosistemas de referencia. En este caso concreto, un elevado número de herbáceas generalistas indica poca cobertura de leñosas, lo que se traduce en espacios abiertos aptos para dichas herbáceas poco exigentes (Fig. 5).

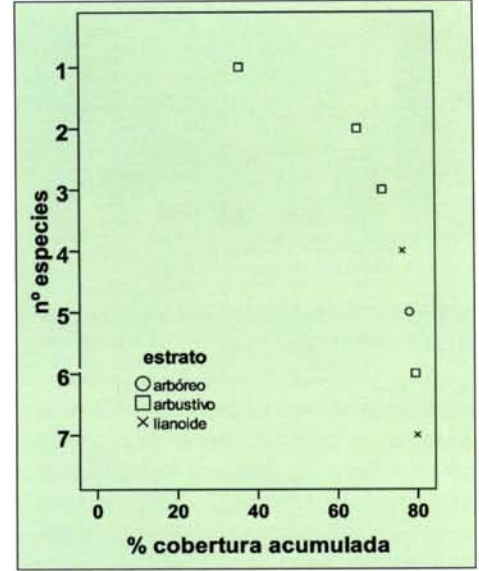
Características de la vegetación

La vegetación desarrollada bajo los pinos plantados es la más estratificada, con pocas especies herbáceas; y bajo *Phillyrea* se desarrollaron menos estratos que bajo los pinos, pero es donde los arbustos son más importantes (Fig. 6). En contraposición, en el resto de tratamientos predominan las especies herbáceas.

También, si se consideran las coberturas de cada estrato se observa que la vegetación desarrollada bajo la plantación de pinos y la de *Phillyrea latifolia* es más parecida a la de referencia que la desarrollada en el resto de tratamientos (Fig. 7).

En el control también se han desarrollado diferentes estratos vegetales, aunque las especies sean distintas a las del pinar. En concreto,

[Figura 4] .- Características de la vegetación promovida por el ejemplar de *Phillyrea latifolia*. Curvas de abundancia-dominancia representadas según el porte de las distintas especies.



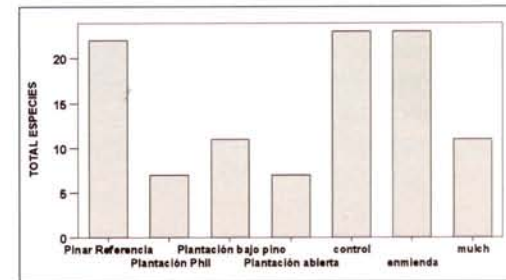
Especies	nº individuos	altura media (m)	diámetro medio (m)	% cobertura
<i>Rhamnus alaternus</i>	7	1,47	1,53	35,49
<i>Pistacia lentiscus</i>	10	1,09	1,12	29,40
<i>Juniperus phoenicea</i>	3	0,30	0,38	1,45
<i>Juniperus oxycedrus</i>	2	0,85	0,88	6,33
<i>Smilax aspera</i>	4			
<i>Asparagus acutifolius</i>	3			
<i>Quercus ilex</i>	1	0,63	0,48	1,70

[TABLA II] .- Especies, número total de individuos y características morfológicas medias de la vegetación desarrollada en el rodal de *Phillyrea latifolia*.

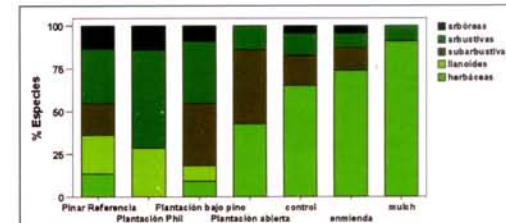
el estrato arbustivo viene determinado por *Coriaria myrtifolia*, *Centranthus ruber* y *Bupleurum fruticosum*.

Sucesión

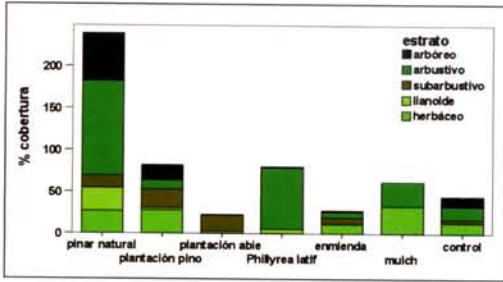
Dado que el objetivo final de un tratamiento de restauración debe ser obtener el ecosistema



[Figura 5] .- Riqueza de especies en los tratamientos de mejora estudiados y en el pinar de referencia.



[Figura 6] .- Porcentaje de especies de los diferentes estratos en los tratamientos estudiados.



[Figura 7].- Cobertura de los diferentes estratos en los tratamientos estudiados.

natural que se haya tomado como referencia, la valoración debe hacerse en función de las características de éste. Un buen indicador para comparar si en los 20 años transcurridos se ha establecido un sistema vegetal parecido al de referencia es valorar si se han instalado las especies más representativas, y evaluar su abundancia relativa.

En este sentido, los tratamientos con mejor resultado son las plantaciones de elementos arbóreos (Fig. 8). Los tratamientos de mejora de sustrato y de siembra han desarrollado comunidades muy distintas, a pesar de que el periodo de tiempo de todos los tratamientos es relativamente largo, y prácticamente el mismo.

Discusión y conclusiones

La estrategia general en la restauración de un ecosistema consiste en realizar intervenciones mínimas, que sean capaces de desarrollar con el tiempo el sistema deseado. Pero estas actuaciones, a pesar de que con frecuencia responden bien a corto plazo, parecen ser poco eficaces a medio plazo.

En nuestro caso, se observa que simplemente reponiendo suelo, con enmiendas o no, y sembrando con herbáceas se obtienen comunidades vegetales poco estratificadas verticalmente, que evolucionan poco en el tiempo, y que generan una disfunción paisajística con su entorno natural de referencia.

En cambio, las plantaciones de árboles de ciertas dimensiones resultan más eficaces des-



[Figura 9].- Detalle de la vegetación desarrollada alrededor del ejemplar de *Phillyrea latifolia*.

de el punto de vista estructural y florístico. Aumentan desde el principio la complejidad del sistema, creando microclimas propicios para la instalación de otras especies y atrayendo fauna potencialmente dispersora. Dicha fauna promueve el establecimiento de especies características de pinar y encinar, potenciando la sucesión vegetal. Si dichos árboles, además de ofrecer soporte producen frutos interesantes para los dispersores naturales, el sistema parece evolucionar aun mejor. Los resultados obtenidos, aunque escasamente replicados en esta experiencia, vienen a reforzar los resultados de otros autores (Pausas *et al.*, 2006). Sin duda, el éxito de estas intervenciones parece residir en que han promovido interacciones entre suelo, vegetación y fauna, similares a las del pinar de referencia.

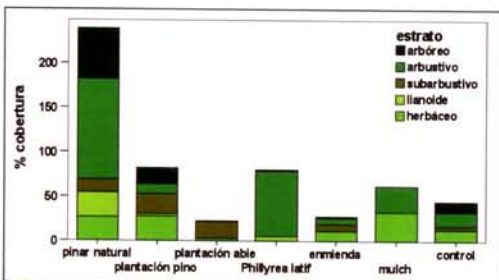
El conocimiento sobre el funcionamiento de los ecosistemas parece ser un elemento clave para rentabilizar su re-establecimiento o creación, aunque, hasta el momento, esta información se utiliza poco en el diseño de los programas de restauración del sector extractivo. Aspectos básicos como son las características del entorno, el potencial de colonización de las diferentes especies clave o su forma de dispersión deberían considerarse en el diseño de las intervenciones restauradoras para obtener mejores resultados. Otro aspecto de gran importancia, son las evaluaciones a corto, medio y largo plazo de la efectividad de las intervenciones. Esta información sería de gran utilidad para identificar las actuaciones más rentables y mejorar el resultado final de las zonas tratadas.

Agradecimientos

A Cementos Molins Industrial S.A., por el patrocinio de este estudio, y por su colaboración a lo largo de estas dos décadas en diversos aspectos logísticos y de mantenimiento.

Bibliografía

- BAZZAZ F.A. 1975. *Plant species diversity in old field successional ecosystems in southern Illinois*. *Ecology* 56: 485-488.
- BOLÒS, O., VIGO, J., MASALLES, R.M., NINOT, J.M. 2005. *Flora manual dels Països Catalans*, 3ª ed. Pòrtic. Barcelona.
- CATURLA, R.N., RAVENTÓS, J., GUÀRDIA, R., VALLEJO, R. 2000. *Early post-fire regeneration dynamics of *Brachypodium retusum* (Pers.) Beauv. in old fields of Valencia region (eastern Spain)*. *Acta Oecologica* 21 (1):1-12.
- GEOVEG, GRUP DE GEBOTÀNICA I CARTOGRAFIA DE LA VEGETACIÓ. 2010. *Mapes de vegetació*. <http://www.ub.edu/geoveg/cat/mapes.php#veg>
- PAUSAS, J. G., BONET, A., MAESTRE, F., CLIMENT, A. 2006. *The role of the perch effect on the nucleation process in Mediterranean semi-arid oldfields*. *Acta Oecologica* 29: 346-352.



[Figura 8].- Número de especies propias del pinar de referencia presentes en las zonas experimentales, ordenadas por estratos.

UNIVERSIDAD DE BARCELONA
 Facultad de Biología
 Depto. de Biología Vegetal.
 Diagonal, 645
 08028 Barcelona.
 ☎: 934 021 462
 E-mail: montsejorba@ub.edu