

# EFFECTOS DEL ABANDONO DE LOS CULTIVOS SOBRE LA VEGETACION EN LA CUENCA DEL ALT LLOBREGAT (BARCELONA). RELACION CON FACTORES AMBIENTALES Y DE USOS DEL SUELO

A. BONET<sup>1</sup>

## RESUMEN

Se estudia la composición específica de la vegetación en ochenta y cuatro bancales abandonados en el Alt Llobregat (Prepirineos). Mediante la aplicación de análisis multivariante se clasifican y ordenan las parcelas en seis comunidades vegetales que constituyen la secuencia de un gradiente temporal de abandono que se prolonga en torno a 120 años: las comunidades arvenses, los barbechos, los pastizales xerofíticos, las comunidades de orla, los zarzales y los bojedaes y robledales con boj. La correlación de los principales factores de variación con variables ambientales y de gestión seleccionadas permite establecer las tendencias del proceso de abandono, poniendo de manifiesto su irregularidad y discontinuidad, y sugiriendo que la dinámica de la vegetación en los bancales depende, además del tiempo, de otros usos del suelo asociados a dicho abandono, principalmente del pastoreo. La realación de la posición macrotopográfica, la altitud, la pendiente, el substrato litológico y el tipo de cultivo previo de los campos con la ordenación secuencial indican que el abandono de los bancales se produce de forma selectiva.

**Palabras clave:** Sucesión, campos abandonados, ordenación, Alt Llobregat.

## INTRODUCCION

El retroceso de la agricultura y los cambios producidos en los sistemas ganaderos de la montaña media han afectado profundamente tanto a la dinámica del paisaje y a los ecosistemas, como a la organización social y a los sistemas de producción. En el Alt Llobregat (comarca del Berguedà, Barcelona), los procesos de abandono de la agricultura dependen de factores socioeconómicos y del desarrollo económico comarcal (ALEGRE, 1983) de forma similar a la descrita en áreas cercanas de la montaña pirenaica (BALCELLS, 1983; LASANTA, 1988; GARCIA RUIZ & LASANTA, 1990).

Se dispone en la actualidad de un conocimiento amplio de la vegetación de la cuenca del Alt Llo-

bregat (BOLÒS, 1974; FARRÀS *et al.* 1981; VIGO & NINOT, 1987; SEBASTIÀ, 1991; SORIANO, 1992; SORIANO & SEBASTIÀ, 1990; CARRERAS & VIGO, 1994), e incluso de la dinámica de la vegetación de las áreas degradadas (GUÀRDIA, 1995), pero faltaban hasta el momento estudios que profundizaran sobre los procesos y factores que afectan al desarrollo de la vegetación tras el abandono de los cultivos en esta zona (BONET, 1979). Sin embargo, las consecuencias ecológicas del abandono de los cultivos y los consiguientes cambios en la fitocenosis, característicos del área mediterránea como de regiones templadas vecinas, han sido estudiados por numerosos autores (ver, por ejemplo ESCARRÉ, 1979; DI CASTRI *et al.*, 1981; ESCARRÉ *et al.* 1983; DELL *et al.*, 1986; TATONI *et al.*, 1994).

El proceso de ocupación humana ha determinado cambios substanciales en el paisaje vegetal del Alt Llobregat, que se refleja en un notable grado de antropización manifestado por el abanala-

<sup>1</sup> Departamento de Ecología, Universidad de Alicante. Ap. Correos 99, 03080 Alicante.

miento de laderas, donde es difícil determinar el límite entre los efectos de la actividad humana y los procesos naturales. Como primer objetivo para estudiar la dinámica de la vegetación, es necesario determinar las tendencias generales que sigue la vegetación de los campos abandonados en su relación con los cambios de usos del suelo y con las variables ambientales.

## MÉTODOS

El estudio de la dinámica de la vegetación se contempla desde la perspectiva de cronosecuencias (PICKETT, 1989). Dicho enfoque permite establecer las pautas de la variación de las especies y sus comunidades a lo largo de los gradientes temporales (LEPART & ESCARRÉ, 1983), pues mantiene fijos los efectos de otros factores ambientales y antrópicos (GLENN-LEWIN & VAN DER MAAREL, 1992).

### Area de estudio

La cabecera del río Llobregat (Alt Llobregat) se localiza en la comarca del Berguedà, en el Prepirineo catalán, sector septentrional de la Provincia de Barcelona. La naturaleza del material geológico es principalmente carbonatada, formando parte de la Unidad manto Pedraforca y la Unidad Cadí, distribuyéndose sobre tres tipos de substratos: margas eocénicas, arcillas cretácicas (facies garumniense) y calizas. Las áreas ocupadas por bancales se encuentran orientadas mayoritariamente en la solana y están comprendidas entre los 700 m y los 1.400 m de altitud aproximadamente.

El clima del área de estudio puede caracterizarse como axeroméxico (BOLDS & VIGO, 1984) y submediterráneo (MARTIN VIDE, 1985). La precipitación media es de 850 mm a bajas altitudes y cerca de 1.100 mm en las altitudes más elevadas, con dos periodos secos; el primero en enero-febrero y el segundo en julio, siendo éste más restrictivo para la actividad vegetal. La temperatura media anual es de 11.4 °C a 1.000 m con 17 °C de amplitud entre medias mensuales.

La disposición topográfica del relieve determina una diversidad de ambientes que, junto a las con-

diciones climatológicas y litológicas, favorecen el desarrollo de diferentes comunidades vegetales. En las solanas las comunidades más maduras son los robledales con boj que corresponden fitosociológicamente al *Buxo-Quercetum humilis*, pero se encuentran de forma fragmentada en enclaves poco extensos. Más ampliamente representados se encuentran los bojedaes y sobre todo los pastizales xerofíticos. En las umbrías están ampliamente difundidos los pinares de *Pinus sylvestris*.

### Muestreo

Se seleccionaron un total de 84 parcelas de estudio de campos abandonados, con estructura abancalada y talud, por lo general de muro de piedra, que aísla cada bancal de otros campos vecinos o de otros fragmentos del paisaje. Cada parcela estudiada ha estado sometida a tratamientos agrícolas y de gestión más o menos homogéneos en el pasado.

Tras delimitar las principales laderas abancaladas de la cuenca, se muestreó la vegetación de dos parcelas por cada ladera, según el método de Braun-Blanquet (BRAUN-BLANQUET, 1979; WESTHOFF & VAN DER MAAREL, 1973), pues por su simplicidad y rapidez resulta adecuado para este tipo de estudios (GLENN-LEWIN & VAN DER MAAREL, 1992; LEPS & HADINCOVÁ, 1993; TATONI & ROCHE, 1994). En cada parcela se recogieron datos sobre las variables ambientales (altitud, pendiente, recubrimiento total y tiempo transcurrido desde el último cultivo). También se asignaron variables ordinales discretas a indicadores ecológicos (ELLEMBERG, 1979; PERSOON 1981; JONGMAN *et al.* 1987) tales como la posición macrotopográfica en la ladera (relacionada con la radiación solar incidente), el substrato litológico, el régimen de irrigación del suelo, y otros indicadores de gestión: cultivo previo, grado de pastoreo, y el tipo de ganadería (Tabla I). En cada parcela seleccionada se delimitó una superficie de 50 m<sup>2</sup> en la parte central del bancal para evitar el efecto margen y la microtopografía de los taludes y muros. Esta superficie se mantuvo tanto en las formaciones herbáceas como en las arbustivas y arbóreas ya que en muchos casos las limitaciones de tamaño de los bancales no permitían ampliaciones si se deseaba mantener la homogeneidad.

TABLA I

VARIABLES CUALITATIVAS Y CATEGORIAS UTILIZADAS COMO INDICADORES AMBIENTALES Y DE GESTION

<b>POSICION MACROTOPOGRAFICA</b>	
zona culminal	1
parte superior de ladera	2
media ladera	3
pie de ladera	4
<b>SUBSTRATO LITOLÓGICO</b>	
margas eocénicas, a menudo con alternancia de calizas	1
margas del cretácico (fácies Garumniense)	2
calizas	3
<b>IRRIGACIÓN DEL SUELO</b>	
suelo muy seco no regado	1
suelo seco no regado	2
suelo seco regado irregularmente	3
suelo húmedo o regado regularmente	4
suelo muy húmedo	5
<b>CULTIVO PREVIO</b>	
no consta	0
huerta	1
patatas	2
maíz	3
cereales	4
prado de siega, alfalfa, esparceta o barbecho	5
<b>PRESIÓN DE PASTOREO</b>	
muy esporádica, no consta en los últimos años	1
muy ocasional-esporádica	2
ocasional	3
variable —de regular a ocasional—	4
muy intensa, permanente	5
<b>TIPO DE GANADERÍA</b>	
no consta	0
ovina	1
bovina	2
ambas	3

La datación de las parcelas se efectuó tras consultar a los arrendatarios, dueños o usufructuarios de los campos y considera la fecha de realización de la última cosecha o laboreo. Siempre que fué posible se confirmó con la medida de parámetros morfológicos de las leñosas (anillos de crecimiento o número máximo de ramificaciones). Aún así la seguridad de la datación no resultó completa, siendo el margen de error muy superior en los campos abandonados con mayor antigüedad, para los que hubo que recurrir, además, a registros históricos (CENTRE D'ESTUDIS BAGANESOS, 1992).

### Análisis de los datos

La ordenación de las parcelas se ha realizado mediante el Análisis Factorial de Correspondencias o AFC (BENZÉCRI *et al.* 1973), a partir de la tabla de contingencia de recubrimiento de cada especie en cada una de las parcelas. Las clases de recubrimiento se han obtenido a partir de la transformación de los códigos de Braun-Blanquet en las medias de clase de recubrimiento en % (MUELLER-DUMBOIS & ELLEMBERG, 1974; VAN DER MAAREL, 1979).

El conjunto de factores que constituyen los gradientes se definen *a posteriori* a partir de la composición específica y recubrimiento, reduciendo muchas variables de respuesta a pocos ejes factoriales, y determinando el significado de estos gradientes con la correlación de variables externas sobre el ambiente (PRODON & LEBRETON, 1981; JONGMAN, BRAAK & VAN TONGEREN, 1987).

Se han calculado las correlaciones entre las coordenadas de los 3 primeros ejes factoriales y las variables mediante el coeficiente  $\tau$  de correlación ordenada de Kendall (SOKAL & ROHLF, 1995). Para su obtención se han eliminado los casos en los que el valor de la variable ambiental es 0.

La clasificación de las parcelas se ha realizado mediante el análisis de agrupamiento jerárquico ascendente a partir de las coordenadas de las parcelas sobre los 3 primeros ejes factoriales del AFC. El procedimiento seguido ha sido el de medias entre grupos y el método del cuadrado de la distancia euclídea (JONGMAN *et al.* 1987). Se ha comprobado la significación a partir del histograma de frecuencias asociado (BALENT & COURTRIAGE, 1992).

Para comprobar la significación de las diferencias entre los grupos de vegetación, obtenidos a partir del análisis de agrupamiento jerárquico, se han realizado diferentes pruebas según el tipo de variables. Las variables continuas han sido contrastadas mediante el ANOVA de Kruskal-Wallis corregido por el factor D en caso de empate. Esta prueba es la análoga no paramétrica del análisis de la varianza de una vía (OTT, 1988; SOKAL & ROHLF, 1995). En este caso la hipótesis nula ( $H_0$ ) es que cada grupo tiene una disposición al azar de todos los rangos posibles, mientras que la hipótesis alternativa ( $H_1$ ) es que los rangos difieren entre grupos. Como prueba *a posteriori* se ha utilizado la prueba U de Mann-Whitney y la prueba de Wilcoxon (SOKAL & ROHLF, 1995). Para cada una de las variables ordinales discretas se ha realizado un análisis de frecuencias con la prueba de independencia de una matriz  $R \times C$  (test G) y la corrección de Williams para un bajo número de datos (SOKAL & ROHLF, 1995).

## RESULTADOS

### Ordenación de los campos abandonados

Sobre la matriz original formada por las 84 parcelas datadas y el recubrimiento de las especies se redujo en aquellos taxa más esporádicos presentes en menos de 2 parcelas; de este modo se pasa de una matriz de  $84 \times 430$  a una de  $84 \times 305$  lo cual facilita el tratamiento y minimiza el ruido acumulado.

Los primeros cuatro ejes factoriales recogen el 19,9 por 100 de la variabilidad que presentan las muestras (6,00 %, 5,21%, 4,92% y 3,77%, respectivamente), con valores propios de 0.90, 0.78, 0.74 y 0.56. Debido a la elevada significación de los tres primeros ejes (correlaciones canónicas: F1, 0.95; F2, 0.88; F3, 0.86 y F4, 0.75) éstos han estado incluidos en la representación gráfica del espacio factorial (Fig. 1).

De estos resultados cabe destacar dos aspectos importantes. En primer lugar, la disposición de las parcelas a lo largo del gradiente representado por el primer eje factorial (F1); y en segundo lugar la segregación espacial entre algunos grupos de parcelas. En el extremo de la parte negativa se sitúan las parcelas recientemente abandonadas, mientras que en la parte positiva y con una separación muy marcada, se encuentra la vegetación de los bancales primeramente abandonados. Esta disposición gradual se corresponde con un gradiente continuo desde las primeras fases de abandono agrícola hasta las parcelas que están ocupadas por las comunidades de pastizales xerofíticos o mesoxerofíticos, que son etapas más avanzadas de abandono. Así, con coordenadas más positivas sobre el F1 se encuentran comunidades más maduras, generalmente bojedaes y robledaes incipientes de roble pubescente (*Quercus humilis*), comunidades de orlas arbustivas, de márgenes y de claros de bosque, muchas de ellas asimilables fitosociológicamente al *Buxo-Quercetum humilis*, mientras en las coordenadas negativas aparecen las comunidades ruderales y arvenses, fitosociológicamente de los Ordenes *Solano-Polygonetalia* (Sissingh) O. Bold's 1962 y *Chenopodietalia* Br. Bl. 1931 en O. Bold's 1962.

El eje F2 separa claramente las parcelas de edades intermedias y de suelos húmedos ocupadas por vegetación de comunidades de orla y zarzales, asimilable fitosociológicamente al Orden *Prunetalia spinosae* Tx. 1952. El tercer eje (F3) establece una doble gradación; por una parte presenta una ordenación similar al F1, pero además separa las formaciones marginales de bosque de los robledales o bojedales que se sitúan en coordenadas cercanas al valor 0. En la parte más negativa del eje F3 se diferencian los pastizales pedregosos (Cl. *Ononido-Rosmarinetea* Br.-Bl. 1947) y los pastizales secos (Cl. *Festuco-Brometea* Br.-Bl & Tx. 1943).

### Análisis de los gradientes

Las coordenadas de las parcelas sobre el eje F1 se relacionan principalmente con el tiempo de abandono (Tabla II). La regresión realizada entre la variación del eje F1 y el tiempo de abandono en años indica una relación exponencial entre ambas variables (Fig. 2). La ordenación de las parcelas se relaciona también con los parámetros estructurales de diversidad (Índice de Shannon, riqueza específica, e índice de dominancia de Simpson).

Algunas de las variables ambientales y de gestión han resultado covariar significativamente.

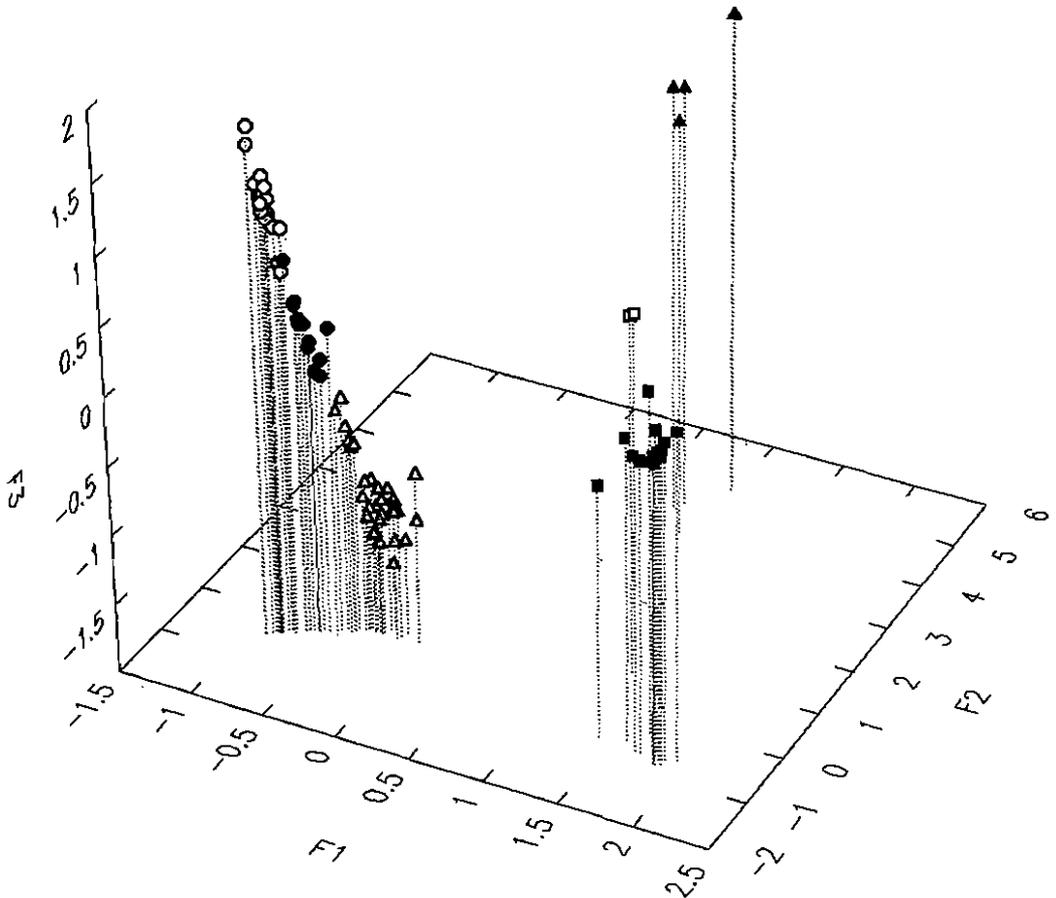


Fig. 1. Representación gráfica de las parcelas en el espacio factorial generado por los tres primeros ejes del AFC. Con símbolos diferentes se indican las comunidades obtenidas por el análisis de agrupamiento jerárquico: círculos claros, arvenses; círculos oscuros, barbechos; triángulos claros, pastizales; triángulos oscuros, orla; cuadrados claros, zarzales; cuadrados oscuros, bojedales y robledales.

TABLA II

CORRELACIONES DE RANGOS (VALORES DEL COEFICIENTE  $\tau$  DE KENDALL) ENTRE LOS TRES PRIMEROS EJES DE COORDENADAS DEL AFC DE LAS 84 PARCELAS DATADAS CON 309 ESPECIES INCLUIDAS EN EL ANALISIS Y LAS VARIABLES CONSIDERADAS (\* = 0.05  $\geq$  p > 0.01; \*\* = 0.01  $\geq$  p > 0.001; \*\*\* p  $\leq$  0,0001).

Variables ambientales	F1	F2	F3
Altitud	0,439***	0,135	-0,111
Macrotopografía	-0,336***	-0,065	0,141
Pendiente	0,355***	-0,066	-0,000
Substrato litológico	0,421***	-0,041	0,117
Irrigación del suelo	-0,221***	0,021	0,117*
Cultivo previo	0,553***	0,527***	-0,500***
Presión de pastoreo	0,042	0,469***	-0,401***
Ganadería	0,065	0,107	-0,141
<b>Variables estructurales</b>			
Riqueza específica	0,072	0,215**	-0,346***
Recubrimiento total	0,345***	0,008	-0,018
Diversidad H'	-0,059	0,220**	-0,332***
Dominancia D	0,052	-0,158*	0,280***
Tiempo de abandono	0,810***	0,224**	-0,307***

Cabe destacar las relaciones entre el tiempo de abandono, el cultivo previo y la altitud, por una parte, y la presión de pastoreo, por otra (Tabla III).

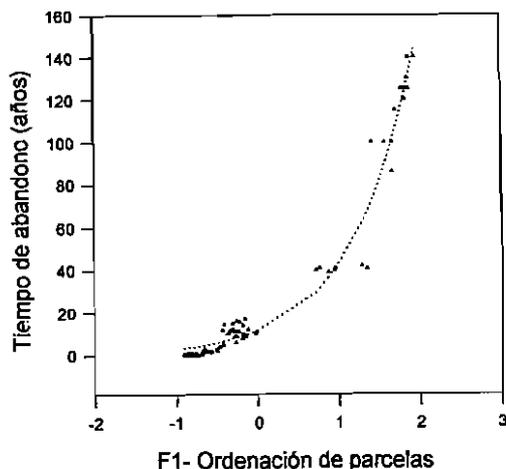


Fig. 2. Relación entre la ordenación de las parcelas sobre el F1 y el tiempo de abandono. El ajuste de la regresión corresponde a una función exponencial,  $y = 11.691.29x$ , y a un coeficiente de determinación  $r^2 = 0,97$ , g.l. = 82, con  $< 0,001$ .

### Clasificación de las parcelas

Los resultados del agrupamiento jerárquico se muestran conjuntamente con los del AFC en la Figura 1. El análisis permite clasificar las parcelas en seis grupos según la vegetación: las comunidades arvenses, barbechos, pastizales xerofíticos, las comunidades de orla, los zarzales, y los bojedaes y robledales incipientes con boj. El análisis diferencia claramente los bancales ocupados por comunidades de orla de *Prunus spinosa* del resto de parcelas. Una posterior subdivisión agrupa, por una parte los zarzales de *Rubus ulmi-folius*, los bojedaes y robledales, y, por otra parte, las comunidades arvenses y ruderales de los campos recientemente abandonados, los barbechos y los pastizales xerofíticos.

Cabe destacar la disposición secuencial de los grupos a lo largo del eje F1 del AFC (Fig. 1) que, como se ha visto, está relacionada con la variable temporal. Existe un gradiente continuo que va desde los campos recientemente abandonados hasta los pastizales, mientras que las comunidades de orla y los zarzales se encuentran segregadas de los anteriores y más próximas a los bojedaes y robledales. Esta separación sin duda es debida a que en la zona estudiada no se han encontrado parcelas en una situación intermedia de aban-

TABLA III  
CORRELACIONES DE RANGOS SIGNIFICATIVAS ENTRE ALGUNAS DE LAS VARIABLES QUE CARACTERIZAN LAS PARCELAS

VARIABLES	N	r	p
altitud-cultivo previo	57	0,330	0,000
altitud-pendiente	84	0,259	0,000
altitud-recubrimiento total	84	0,214	0,003
altitud-tiempo de abandono	84	0,421	0,000
cultivo previo-posición macrotopográfica	57	-0,199	0,002
cultivo previo-irrigación	57	-0,212	0,019
cultivo previo-tiempo de abandono	57	0,498	0,000
cultivo previo-substrato litológico	57	0,209	0,021
cultivo previo-presión de pastoreo	57	0,434	0,000
cultivo previo-ganadería	47	0,292	0,003
irrigación-pendiente	84	-0,431	0,000
irrigación-tiempo de abandono	84	-0,239	0,001
pendiente-recubrimiento total	84	0,217	0,003
pendiente-tiempo de abandono	84	0,373	0,000
pendiente-presión de pastoreo	84	-0,155	0,036

dono entre las comunidades de orla y los pastizales.

La prueba de Kruskal-Wallis realizada con las variables continuas entre las comunidades reafirma la segregación entre grupos efectuada en el análisis de agrupamiento. La hipótesis nula ( $H_0$ ) de que cada grupo de parcelas presenta una disposición al azar de todos los rangos posibles puede ser refutada para todas las variables analizadas (Tabla IV).

La misma tabla muestra la comparación múltiple de medias (pruebas U de Mann-Whitney y de Wilcoxon) indicando que las comunidades vegetales son significativamente diferentes según el tiempo de abandono y el recubrimiento total. En cambio, las parcelas de orla y los zarzales no presentan diferencias significativas con el tiempo de abandono. El recubrimiento total en las comunidades arvenses, los barbechos y los pastizales xerofíticos es diferentes del cuantificado para las formaciones arbustivas y arbóreas (orlas, bojedales y robledales).

TABLA IV  
PROMEDIOS DE LAS VARIABLES CONTINUAS ANALIZADAS EN LOS GRUPOS DE PARCELAS OBTENIDOS POR EL ANALISIS DE AGRUPAMIENTO A PARTIR DE LAS COORDENADAS DE LOS 3 PRIMEROS EJES DEL AFC.

	COMUNIDADES						
	arvenses	barbechos	pastizales	orla	zarzales	bojedales robledales	X <sup>2</sup>
N	21	12	30	5	2	14	
T	0,7±0,3	1,8±0,68	10,4±3,5	40,2±0,8	41,5±0,7	118,3±16,0	76,28
	a	b	c	d	d	e	
Rec	80,7±18,6	90,8±10,6	89,0±10,5	100,0±0,0	100,0±0,0	98,2±5,4	24,57
	a	a	a	b	b	b	
Alt	849±148	961±197	1.049±157	1.250-89	1.150±212	1.218±151	38,35
	a	abc	b	d	bd	d	
Pen	5,23±3,74	5,83±4,78	6,16±3,30	16,8±3,11	7,5±10,6	22,14±11,0	29,04
	ab	a	ac	d	bcd	d	

Número de parcelas (N), tiempo de abandono en años (T), recubrimiento total en tanto por ciento (REC), altitud en metros s.m. (ALT) y pendiente en grados (PEN); (± desviación standard de la muestra). Estadístico de Kruskal-Wallis (X<sup>2</sup>) con p<0,001 en todos los casos (g.l.=5). Los valores que llevan la misma letra no representan rangos significativamente diferentes (Test U de Mann-Whitney y Test Wilcoxon; 0,05>p>0,001).

Los resultados de la prueba G de independencia muestran diferencias significativas para la posición macrotopográfica, el grado de irrigación del suelo, el sustrato litológico, el cultivo previo al abandono y la presión de pastoreo (Tabla V). En cambio, no se indican diferencias significativas según el tipo de ganadería.

### Las comunidades vegetales

Las comunidades arvenses están representadas por las parcelas de campos recientemente abandonados (media de abandono en torno a los 8 meses), con especies que presentan afinidades con los suelos removidos, entre ellas cabe destacar como las más abundantes *Diplotaxis eruroides*, *Chenopodium album*, *Potentilla reptans*, *Cirsium arvense*, *Polygonum convolvulus*, *Setaria viridis* y *Amaranthus hybridus*. La mayor parte de estos campos se encuentran en bajas altitudes, a pie de ladera o en zonas llanas, en terrenos de poca pendiente sobre sustrato margoso y con suelos irrigados, donde se había cultivado huerta, patatas, cereales de verano o forrajes, y que han estado sometidos a muy baja presión de pastoreo por ganado ovino.

Los barbechos reúnen parcelas de campos abandonados durante más de un año, colonizados por especies herbáceas entre las que cabe destacar, con recubrimientos más elevados, *Pastinaca sativa* subsp. *sylvestris*, *Cirsium arvense*, *Artemisia verlotiorum*, *Potentilla reptans*, *Daucus carota*, *Achillea millefolium*, *Dactylis glomerata*, *Coniza canadensis* y *Lactuca serriola*. El número de especies que coloniza esta fase es mayor que en las comunidades anteriores, pero presentan un índice de dominancia menor. Los campos se encuentran repartidos por toda la ladera, en bajas altitudes y en terrenos con poca

inclinación, sobre sustrato margoso, con suelos de secos a húmedos, provenientes mayoritariamente del cultivo de forrajes (el recubrimiento del *Medicago sativa* puede ser todavía localmente importante). Asimismo, estos campos están sometidos a una presión de pastoreo muy variable y exclusivamente ovina.

Los pastizales xerofíticos reúnen parcelas de en torno a los 10 años de abandono, y están dominados por gramíneas como *Brachypodium phoenicoides*, *Dactylis glomerata* y *Arrhenatherum elatius*, a menudo con estrato arbustivo de *Genista scorpius*, y con otras especies abundantes como *Psoralea bituminosa*, *Avenula iberica*, *Achillea millefolium*, *Trifolium pratense*, *Medicago lupulina*, *Centaurea jacea*, *Plantago lanceolata* y *Daucus carota*. Algunas especies como *Rhinanthus mediterraneus* o *Dichanthium ischaenum*, pueden ser localmente abundantes. La diversidad y la riqueza específica es mayor que en las comunidades anteriores. Las parcelas tienen pendiente suave, se encuentran en altitudes intermedias, generalmente a pie de ladera, sobre sustrato margoso y sobre suelos con grado de irrigación variable. La vegetación actual se ha generado a partir del abandono de cultivos forrajeros, está sometida a pastoreo ocasional, en general ovino y ocasionalmente bovino.

Las formaciones de orla de endrino (*Prunus spinosa*) se asientan en parcelas con edades cercanas a los 40 años de abandono. Tienen un elevado recubrimiento y un bajo índice de riqueza y diversidad, pero con una elevada dominancia. Acompañan al endrino otros arbustos como *Crataegus monogyna*, *Cornus sanguinea*, *Rosa canina*, *Rosa micrantha* o *Prunus mahaleb*. El estrato herbáceo presenta recubrimientos bajos, principalmente de *Lathyrus pratensis*, *Avenula iberica*,

TABLA V  
ANÁLISIS DE FRECUENCIAS DE LAS DIFERENTES COMUNIDADES. RESULTADO DE LA PRUEBA G DE INDEPENDENCIA DE LAS VARIABLES EN FUNCIÓN DE LAS COMUNIDADES OBTENIDAS A PARTIR DEL ANÁLISIS DE AGRUPAMIENTO.

VARIABLES	G	g.l.	p
Macrotopografía	48,09	20	<0,001
Irrigación	31,65	20	<0,05
Cultivo previo	42,74	16	<0,001
Sustrato litológico	65,70	10	<0,001
Presión de pastoreo	86,87	20	<0,001
Ganadería	10,56	10	n.s.

*Galium lucidum*, *Dactylis glomerata* y *Trifolium pratense*. Las parcelas se encuentran situadas a elevada altitud, pero en la parte media o a pie de ladera, sobre sustrato margoso o calizo y suelos con grado de irrigación variable, con fuertes pendientes y pastoreo muy ocasional, en general ovino.

Los zarzales están dominados por *Rubus ulmifolius*, apareciendo especies como *Buxus sempervirens* y *Acer campestre*, acompañados por *Clematis vitalba* y *Crataegus monogyna* en el estrato arbustivo. Una de las especies más abundantes del estrato herbáceo es *Dactylis glomerata*. El número de especies presentes en las parcelas es bajo y la dominancia es elevada. Las parcelas se encuentran a elevada altitud, en la parte alta o media de ladera, con pendientes suaves, sobre sustrato margoso o calizo, con suelos irrigados y sometidos a pastoreo muy ocasional.

Las comunidades más maduras, con más de un centenar de años de abandono sobre banales, tienen formaciones arbustivas altas y arbóreas, en las que predominan *Buxus sempervirens* y *Quercus humilis*, con acompañamiento de *Acer opalus* o *Pinus sylvestris*. Algunas de las especies arbustivas son *Rubus ulmifolius*, *Crataegus monogyna*, *Lonicera xylostemum*, *Corylus avellana* o *Amelanchier ovalis*. El estrato herbáceo lo componen principalmente *Bromus erectus*, *Dactylis glomerata*, *Branchypodium sylvaticum*, *Cruciata glabra* y *Hepatica nobilis*. El número de especies por parcela es menor que en el caso de los pastizales, pero la dominancia es elevada. Las parcelas se localizan especialmente en las partes altas de las laderas y alcanzan las altitudes mayores. El sustrato principalmente es calizo, los suelos son generalmente secos y las pendientes elevadas. El pastoreo es muy ocasional, generalmente de ganadería ovina.

## DISCUSIÓN

La composición, estructura y ordenación de la vegetación se relaciona principalmente con el factor temporal (Tablas II y IV, Fig. 2). Esta concepción de la dinámica de la vegetación graduada en el tiempo, tanto en las especies como en las características de la comunidad, ha sido manifestada por numerosos autores (DRURY & NISBET, 1973; PICKETT, 1976; PEET & CHRISTENSEN,

1980; GLENNLEWIN & VAN DER MAAREL, 1992). Sin embargo la edad de abandono del cultivo no siempre coincide con la edad relativa o florística (Fig. 2), especialmente en las últimas etapas de la secuencia temporal; la heterogeneidad estructural del paisaje, propia de estos sistemas, puede provocar diferencias en la tasa de renovación de las especies.

En el gradiente principal de ordenación aparece una discontinuidad muy marcada entre los pastizales y las comunidades de orla. Ello puede atribuirse a diferentes causas. Por una parte, a las diferencias notables en composición florística y recubrimiento específico, especialmente por el estrato arbustivo. Por otra parte, a la inexistencia de estadios intermedios entre ambas fases de la dinámica, motivada por efectos antrópicos. La Tabla IV muestra un salto importante en la edad media de las parcelas de ambas comunidades, que van de, aproximadamente, 10 años hasta los 40. Este hecho puede interpretarse como una consecuencia de la irregularidad del proceso humano de abandono en el tiempo; así, son los factores socioeconómicos los que determinan que los campos se dejen de cultivar en un momento determinado, y lo que afecta a la composición del mosaico paisajístico de la cuenca.

Entre las variables fisiográficas tratadas la que más se relaciona con la ordenación factorial de las parcelas es la altitud (Tablas II y IV). Si bien todo el territorio estudiado puede englobarse dentro del piso submontano (VIGO & NINOT, 1987; CARRERAS & VIGO, 1994), es un hecho reconocido que esta variable determina una gradación vertical de la vegetación (ver, por ejemplo, BOLDÒS, 1980). Sin embargo la correlación de la altitud con el tiempo de abandono puede indicar una segregación del uso de los banales a lo largo de este gradiente altitudinal. El esfuerzo invertido en aquellos campos situados a mayores altitudes produciría rendimientos menores y por tanto éstos serían los primeros en dejarse de cultivar. Ello explicaría el por qué se encuentran las parcelas más maduras en las altitudes más elevadas.

La posición macrotopográfica afectaría a la ordenación del gradiente de abandono (Tablas II y V) del mismo modo que la altitud; esta relación puede estar motivada por el hecho de que los

campos que han sido abandonado antes se encuentren en los lugares más inaccesibles. También las posiciones más extremas, como las partes superiores de las laderas y los fondos de valle, están relacionadas con variaciones de los factores edáficos que pueden influir sobre las plantas, como son la humedad edáfica, contenidos orgánicos, concentración de nutrientes y pH en prados alpinos (MILLER & ALPERT, 1984), mientras que en los pinares mediterráneos de carrasco las diferencias son más importantes entre las partes altas y medias de ladera (FONS, 1955). Cabe añadir que la posición macrotopográfica puede afectar a la radiación solar incidente (CUADRAT, 1977) que se relaciona con la distribución de las especies.

La pendiente de las parcelas también es un factor relevante que determina la distribución de la vegetación (Tablas II y IV). Esta variable se ha relacionado directamente con la vegetación y la distribución de las especies, con la humedad del suelo y los otros parámetros del sustrato, especialmente en los ecosistemas mediterráneos y áridos, donde el agua es un factor limitante (PARKER, 1991), pero también en ecosistemas alpinos (GIGON, 1987). La pendiente puede influir sobre la formación de suelo y determina el balance de radiación (DÍAZ PINEDA & GONZÁLEZ BERNALDEZ, 1975). La correlación negativa de esta variable con el grado de irrigación (Tabla III) puede indicar su importancia en relación con la humedad del suelo y la evapotranspiración (AYYAD & DIX, 1964), que afecta a la economía hídrica de la planta durante la época de desarrollo. La correlación entre la pendiente y el tiempo de abandono no tiene por qué ser una relación de causa-efecto, sino más bien puede indicar de nuevo la importancia del efecto antrópico en la dinámica de la vegetación; las parcelas con una mayor inclinación son abandonadas antes que las más llanas (BONET, 1997).

Entre los factores litológicos, el grado de irrigación afecta ligeramente a la ordenación de las comunidades. Sin embargo ha sido indicado como una de las variables básicas que permite modelizar la dinámica de la vegetación a partir de la competencia, y especialmente, la regeneración forestal, junto a la luz y la fertilidad del suelo (URBAN & SHUGART, 1992). El sustrato

litológico, en cambio, muestra una mayor correlación con la ordenación factorial (Tabla II). La mayor parte de las comunidades maduras se encuentran sobre sustrato calizo, más difícil y costoso de cultivar, mientras que los cultivos en activo o recientemente abandonados se encuentran sobre sustrato margoso o arcilloso. La diferenciación de la vegetación en función de la litología se hace más evidente en ambientes sometidos a elevadas perturbaciones, como en el caso de las áreas degradadas (GUARDIA, 1995).

El tipo de cultivo previo al abandono, que incluye explícitamente la estación en que fue abandonado el cultivo, también posee una elevada importancia en el desarrollo de la vegetación. El efecto de la dinámica anual de la vegetación combinada con el abandono determina diferencias en las posibles trayectorias de la sucesión (HUSTON & SMITH, 1987); PICKETT, COLLINS & ARMESTO, 1987) y puede repercutir notablemente en la ordenación de las comunidades en épocas tempranas (SANS, 1990).

La presión de pastoreo también afecta a la ordenación factorial de las parcelas (Tabla II). Ello confirma lo indicado por BALENT & DURU (1984) y BALENT (1991), que encuentran como principal factor de ordenación de los pastos del Pirineo francés al gradiente de fertilidad y a los métodos de explotación ganadera.

En definitiva, en el presente estudio, se evidencia la importancia que las perturbaciones humanas tienen sobre la ordenación de la vegetación. Las diferencias significativas entre las comunidades para las variables de gestión seleccionadas (cultivo previo, presión de pastoreo y tipo de ganadería; Tabla V) indican la existencia de variaciones de estos usos a lo largo del tiempo y, por tanto, sugieren que la dinámica de la vegetación depende de otros procesos asociados al propio abandono.

En efecto, en la dinámica post-cultural, además del proceso de abandono de los cultivos hay que añadir un incremento gradual de la presión de otras actividades de origen antrópico o de cambios de uso del suelo, como por ejemplo la transformación de los cultivos en pastos. El pastoreo se inicia poco después de abandonar el cultivo y culmina en las comunidades de pastizales xerófi-

ricos, donde este uso se desarrolla al máximo. Las siguientes comunidades dentro del gradiente de abandono son las comunidades de orla: estas comunidades corresponden a una etapa posterior de invasión de especies arbustivas producida a medio plazo, como consecuencia de otro nuevo cambio al disminuir la presión por el pastoreo, muchas veces motivada por variaciones en las actividades de trashumancia (GARCÍA RUÍZ & LASANTA, 1990). Los bojedales y robledales con boj suponen las siguientes etapas en el proceso de abandono de las actividades agrícolas y ganaderas, aunque estas últimas pueden perdurar esporádicamente. La presión de pastoreo determina el efecto de la herbivoría, que es un mecanismo que afecta a la selección y las interacciones de las especies (MCNAUGHTON, 1984), así como a la estructura de las comunidades. La disminución del pastoreo puede favorecer la invasión de algunas gramíneas poco palatables como *Brachypodium phoenicoides* (ESCARRÉ, 1979; ESCARRÉ *et al.* 1983).

Algunas actividades de carácter aleatorio y asociadas a la ganadería como las quemadas de pastos o el control del estrato arbustivo de los pastizales, son capaces de perturbar y alterar la dinámica de la vegetación. Las quemadas de pastos se aplican en ciclos variables de 4 a 7 años en la comarca del Berguedà, y generalmente se aplican en los márgenes de los pastizales para el control de la aligaga (*Genista scorpius*), un arbusto que rebrota tras el fuego. Esta práctica, sin embargo, parece favorecer estas especies pirofíticas y de elevada capacidad de colonización (FRANQUESA, 1987).

Consecuentemente, la dinámica post-cultural de la cuenca del Alt Llobregat presenta una notable complejidad de trayectorias de sucesión y regeneración (*sensu* PICKETT, COLLINS & ARMESTO, 1987), que resultan del entrecruzamiento de diferentes procesos asociados a las perturbaciones de origen antrópico, ya directa ya indirectamen-

te, pero que básicamente pueden resumirse en dos fases: una inicial, de comunidades arvenses a pastizales, y una fase final de comunidades de orla a bojedales y robledales. Los gradientes establecidos *a posteriori* sobre las ordenaciones factoriales son complejos y están constituidos por más de una variable, si bien las relaciones con los parámetros considerados mantienen una gradación diferencial, indicada por la significación y los coeficientes de las correlaciones (THOMPSON *et al.*, 1996).

## CONCLUSIONES

El tiempo de abandono es el principal factor que se relaciona con la composición, la estructura y la ordenación de la vegetación de los antiguos cultivos sobre bancales del Alt Llobregat. La secuencia del gradiente se prolonga de forma discontinua hasta los 120 años aproximadamente, y está formada por seis grupos de vegetación que van desde las comunidades arvenses hasta los robledales. Estas comunidades se diferencian, además de la composición específica, por parámetros estructurales, ambientales y de gestión. Las diferencias de manejo entre las comunidades sugieren que la dinámica de la vegetación en la zona de estudio depende no sólo del proceso de abandono, sino también de sus efectos y actividades asociadas. Por otra parte, las relaciones entre las variables ambientales y de gestión con la ordenación establecida indican que el proceso de abandono de los bancales se produce de forma selectiva.

## AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha sido financiado por el acuerdo CSIC-DGCONA (proyecto LUCDEME) y parcialmente por el Ministerio de Educación y Ciencia mediante una beca de F.P.I. Agradezco a los Drs. R.M. Masalles y F. Gallart la ayuda y consejos durante la realización del trabajo.

## SUMMARY

We studied species composition in eighty-four abandoned agricultural land terraces located in the Alt Llobregat catchment (Pre-Pyrenees, NE Spain), and we relate the observed vegetation groups with selected environmental and managements variables. Groups identified by using multivariate analysis (ordination, classification) and sorted according to a chronological sequence up to 120 years are: weed community, old-fields, grassland, blackthorn and blackberry shrub communities and box-oak forest. Vegetation ordination show a discontinuous trend on environmental and management variables suggest that vegetation ordination and environmental and managements variables suggest that vegetation dynamics depends on human activity or land use (i.e. grazing) as much as on time. Relationship between vegetation ordination and macrotopographic location, altitude, bedrock, slope and former crop indicate a selective abandonment process of agricultural lands.

**Key Words:** succession, old-fields, ordination, Alt Llobregat basin

## BIBLIOGRAFIA

- ALEGRE P. 1983: «Informe del Berguedà. Aproximació a l'economia». *Arrel* 6: 12-19.
- AYYAD M.A.G. & DIX R.L. 1964: «An analysis of a vegetation microenvironmental complex on prairie slopes in Saskatchewan». *Ecol. Monogr.* 34: 421-442.
- BALCELLS E. 1983: «Evolución socioeconómica de tres comunidades comarcales pirenaicas y destino actual de las superficies más productivas de su demarcación». *Cuadernos de Investigación Geográfica*, 9: 41-82.
- BALENT G. 1991: «Construction of a reference frame for studying changes in species composition in grasslands: the example of an old-field succession». *Options Méditerranéennes. Série Séminaires* 15: 78-81.
- BALENT G. & COURTIADÉ B. 1992: «Modelling bird communities/landscape patterns relationships in a rural area of South-Western France». *Landscape Ecology*, 6, 3: 195-211.
- BALENT G & DURU M. 1984: «Influence des modes d'exploitation sur les caractéristiques et l'évolution des surfaces pastorales: cas des Pyrénées centrales». *Agronomie*, 4(4): 113-124.
- BENZÉCRI J.P. 1973: *L'analyse de données. II. L'analyse des correspondances*. Dunod. París.
- BÒLOS O. DE 1974: «Coup d'oeil sur la végétation de la Serra dels Cadí». *Act. VII. Congrés. Intern. Est. Pir.* (Seo d'Urgele), III(1): 13-22.
- BOLÒS O. DE 1980: «Els sòls i la vegetació dels Països Catalans», en PANAREDA, J.M. & NUET J., *Geografia física dels Països Catalans*. Ketres Ed. Barcelona.
- BOLÒS O. DE & VIGO J. 1984: *Flora dels Països Catalans*. ed. Barcino. Barcelona.
- BONET A. 1997: *Dinàmica de la vegetació després de l'abandonament dels conreus a la conca de l'Alt Llobregat*. Tesis Doctoral. Departament de Biologia Vegetal. Universitat de Barcelona. Barcelona.
- BRAUN-BLANQUET J. 1979: *Fitosociologia. Bases para el estudio de las comunidades vegetales*. ed. Blume. Barcelona.
- CARRERAS J. & VIGO J. 1994: *Memòria del Mapa de Vegetació de Catalunya 1:50.000*. Full Núm. 255 (36-11), La Pobla de Lillet. Direcció General del Medi Natural. Institut Cartogràfic de Catalunya. Col·lecció 1:50.000 Barcelona.
- CENTRE D'ESTUDIS BAGANESOS 1992: *Història gràfica de Bagà. Volum 1: Dels orígens a 1936*. Tom 1. Ajuntament de la Vila de Bagà.

- CUADRAT J.M. 1977: «Aportación metodológica al estudio de la insolación en áreas de montaña. Aplicación al Parque Nacional de Ordesa». *Geographica* 1977-1978; 41-53. Instituto de Geografía Aplicada. CSIC.
- DELL B., HOPKINS A.J.M. & LAMONT B.B. (Eds.), 1986: *Resilience in mediterranean-type ecosystems*. Dr. W. Junk Publishers, Dordrecht.
- DI CASTRI F., GOODALL D. & SPECHT R. (Eds.), 1981: *Mediterranean-type shrublands*. Elsevier, Amsterdam.
- DÍAZ PINEDA F. & GONZÁLEZ BERNALDEZ F. 1975: «Experiencia obtenida con modelos de regresión múltiple para la descripción del hábitat de matorrales». *Anal. Inst. Bot. Cavanilles*, 32: 1333-1348.
- DRURY W.H. & NISBET I.C.T. 1973: «Succession». *J. Arnold Arboretum*, 54, 331-68.
- ELEMBERG H. 1979: «Zeigerwerte der Gefasspflanzen Mitteleuropas». *Skrifpta Geobot.* 9:3-122.
- ESCARRÉ J. 1979: *Étude des successions post-culturales dans les hautes garrigues du Montpellierais*. Thèse. Académie de Montpellier. Université des Sciences et Techniques du Languedoc.
- ESCARRÉ J., HOUSSARD C., DEBUSSCHE M., & LEPART J. 1983: «Evolution de la végétation et du sol après abandon cultural en région méditerranéenne: étude de successions dans les garrigues du Montpellierais (France)». *Acta OEcologica, OEcolog. Plant.*, 4, (3), 221-239.
- FARRÀS A., MASALLES R.M., VELASCO E. & VIGO J. 1981: «Sobre la flora i la vegetació de la Serra del Cadí». *Bull. Inst. Cat. Hist. Nat.* 46. (sec. Bot. 4): 131-145. Barcelona.
- FONS J. 1995: *Avaluació de la fertilitat de sòls forestals mediterranis. El cas de les pinedes de pi blanc (Pinus halepensis Mill.)*. Tesis Doctoral. Departament de Biologia Vegetal. Universitat de Barcelona. Barcelona.
- FRANQUESA T. 1987: «Regeneració de las broiles silicícolas de la península del Cap de Creus», en : *Ecosistemas terrestres: la respuesta dels incendis i a d'altres perturbacions*. Quaderns d'Ecologia Aplicada, 10. Servei del Medi Ambient. Diputació de Barcelona. Barcelona.
- GARCÍA RUÍZ J.M. & LASANTA T. 1990: «Land-use changes in the spanish Pyrenees». *Mountain Research and Development*, 10(3). 267-279.
- GIGON A. 1987: «A hierarchic approach in causal ecosystem analysis. The calcifuge-calcicole problem in alpine grasslands». En: *Potentials and limitations of ecosystem analysis*. E.D. SCHULJE, H. ZWÖLFER (Eds.). *Ecological studies* 61; 228-244. Springer-Verlag. Berlín.
- GLENN-LEWIN D.C. & VAN DER MAAREL E. 1992: «Patterns and processes of vegetation dynamics». En: *Plant Succession: Theory and prediction*. D.C. GLENN-LEWIN, R.K. PEET & T.T. VEBLEN (Eds). 11-59. Chapman & Hall, London.
- GUÀRDIA R. 1995: *La colonització vegetal de les àrees erosionades de la Conca de la Baells (Alt Llobregat)*. Tesis Doctoral. Departament de Biologia Vegetal. Universitat de Barcelona. Barcelona.
- HUSTON M. & SMITH T. 1987: «Plant succession: life history and competition». *Am. Nat.* 130(2): 168-198.
- JONGMAN R.H., TER BRAAK C.J.F. & VAN TONGEREN O.F.R. 1987: *Data analysis in community and landscape ecology*. Pudoc. Wageningen.
- LASANTA T. 1988: «The process of desertion of cultivated areas in the central spanish Pyrenees». *Pirineos*, 132: 15-36.
- LEPART J. & ESCARRÉ J. 1983: «La succession végétale, mécanismes et modèles: analyse bibliographique». *Bull. Écol.* 14, 3, 133-178.
- LEPS J. & HANDINCOVÁ V. 1993: «How reliable are our vegetation analyses?», *J. Veg. Sci.* 4: 119-124.
- MARTIN-VIDE X. 1985: «Estacionalidad de la precipitación y mediterraneidad en el Pirineo Catalán». *Notes de Geografia Física*, 13-14, 57-65.

- MCNAUGHTON S.J. 1984: «Grazing lawns: animals in herds, plat form and coevolution». *Am. Nat.* 124: 863-886.
- MILLER N.G. & ALPERT P. 1984: «Plant association and edaphic features of a high arctic mesotopographic setting». *Arv. Alp. Res.* 16: 11-24.
- MUELLER-DUMBOIS D. & ELLEMBERG H. 1974: *Aims and Methods in Vegetation Ecology*. John Wiley & Sons, New York.
- OTT L. 1988: *An introduction to statistical methods and data analysis*. PWS-Kent Pub. Comp. Boston.
- PARKER K.C. 1991: «Topography, substrate and vegetation patters in the northern Sonoran Desert. *Journal of Biogeography* 18, 151-163.
- PEET R.K. & CHRISTENSEN N.L. 1980: «Succession: a population process». *Vegetatio*, 43, 131-140.
- PERSSON S. 1981: «Ecological indicator values as an aid in the interpretation of ordination diagrams». *J. Ecol.* 69: 71-84.
- PICKETT S.T.A. 1976: «Succession: An evolutionary interpretation». *Amer. Nat.*, 110, 107-119.
- PICKETT, S.T.A., COLLINS, S.L. & ARMESTO, J.J. 1987: «Models, mechanisms and pathways of succession». *The Botanical Review* 53: 335-371.
- PRODON, R. & LEBRETON J.D. 1981: «Breeding avifaune of a mediterranean succession: the holm oak and cork oak series in the Eastern Pyrenees. I, Analysis and modelling the structure gradient». *Oikos* 37: 21-38.
- SANS F.X. 1990: *La dinàmica de la vegetació a partir dels conreus abandonats a la comarca de Les Garrigues*. Edicions de l'I.E.I., Lleida.
- SEBASTIÀ M.T. 1991: *Els prats subalpins prepirineus i els factors ambientals*. Tesis Doctoral. Departament de Biologia Vegetal. Universitat de Barcelona. Barcelona.
- SOKAL R.R. & ROHLF F.J. 1995: *Biometry: the principles and practice of statistics in biological research*. 3rd ed. W.H. Freeman and Co.
- SORIANO I & SEBASTIÀ M.T. 1990: «Composició, distribució altitudinal y sintaxonomía de los bojedales en ls Sierra de Cadí y el Moixeró (Prepirineo catalán)». *Fol. Bot. Misc.*, 7; 115-127. Barcelona.
- SORIANO I. 1992: *Estudi florístic i geobotànic de la Serra de Moixeró i el massís de la Tosa d'Alp (Pirineus Orientals)*. Colecció de Tesis Doctorals microfitxades num. 1601. Universitat de Barcelona. Barcelona.
- TATONI T. & ROCHE P. 1994: «Comparison of old-field and forest revegetation dynamics in Provence. *J. Veg. Sci.* 5: 295-302.
- THOMPSON K., HILLIER S.H., GRIME J.P., BOSSARD C.C & BAND S.R. 1996: «A functional analysis of a limestone grassland community. *J. Veg. Sci.* 7: 371-380.
- URBAN D.L. & SHUGART H.H. 1992: «Individual based models of forest succession». En: «*Plant Succession: Theory and prediction*. D.C. GLENN-LEWIN, R.K. PEET & T.T. VELEN (Eds.). 249-292. Chapman & Hall, London.
- VAN DER MAAREL E. 1979: «Transformation of cover-abundance values in phytosociology and its effects on community similarity». *Vegetatio* 39: 97-114.
- VIGO J & NINOT J.M. 1987: *Los Pirineos*. En: PEINADO M & RIVAS S. (eds.) *La Vegetación de España*. Colección Aula Abierta. Universidad de Alcalá de Henares, 349-384.
- WESTHOFF V. & VAN DER MAAREL. 1973: «The Braun-Blanquet aroach». En: *Classification of Plant Communities*. WHITTAKER, R.H. (ED.), 287-399. Junk, The Hague.