

El Proceso de Revegetación en un Área de Montaña como consecuencia de los Cambios de Gestión: Aplicación de un SIG al Valle de Borau (Pirineo Central Español)

Sergio M. Vicente Serrano
Santiago Beguería Portugués
Teodoro Lasanta Martínez
Instituto Pirenaico de Ecología (C.S.I.C)
Apdo. 202, 50080- Zaragoza

1. Introducción

El impacto de las actividades antrópicas en el paisaje y en la configuración del espacio en las montañas españolas ha sido determinante a lo largo de los siglos. El hombre, por medio de las labores agrícolas y ganaderas, cambió la fisonomía de las áreas montañosas alterando enormemente su cobertura vegetal. Se talaron bosques y se crearon áreas de pastizales y cultivos que atendieran la demanda de alimentos de la población y de su ganado. La vegetación natural fue intensamente transformada. El bosque prácticamente desapareció o quedó limitado a pequeñas manchas en lugares poco aptos para cualquier otro tipo de explotación (Anglada *et al.* 1980; Montoya, 1990; De la Riva, 1997).

Durante el sistema tradicional se producía un consumo integral de los recursos pastorales, ya que todos los sectores montanos se pastaban durante su momento de óptimo aprovechamiento. El ganado ejercía un importante papel en el control de la vegetación natural: impedía la expansión del matorral, el embastecimiento de los pastos, y consumía la materia seca muerta que quedaba en el suelo (Montserrat y Fillat, 1990; Lasanta, 1990a).

A lo largo del siglo XX la intensa presión humana se ha reducido paulatinamente en la montaña española a causa de la progresiva despoblación a la que se han visto sujetas estas áreas (Cabero, 1981). Este hecho ha supuesto el abandono de la mayor parte del espacio cultivado, así como el descenso de los rebaños de ganado que habían supuesto el principal elemento de sostén de las economías tradicionales (Lasanta, 1990 y 1996). En los últimos cincuenta años los censos ganaderos han retrocedido considerablemente, lo que unido al incremento de la superficie pastable, como consecuencia del abandono de los campos de cultivo, ha propiciado que el pastoreo ya no se produzca de forma integral con aprovechamiento de la totalidad de los recursos. Actualmente, las necesidades alimentarias del ganado se satisfacen mediante el pastoreo en espacios muy localizados. El resto del territorio queda sujeto a un abandono generalizado y, por lo tanto, a un proceso de colonización vegetal de forma natural (Lasanta y Errea, 1997; Ferrer y Broca, 1999; Molinillo *et al.* 1997).

El desarrollo y densificación de la vegetación depende de muchos factores físicos (climáticos, litológicos, edáficos, topográficos,...) que se pueden determinar y cuantificar (Sobrón y Ortiz, 1989; Gibson y Brown, 1985). No obstante, este proceso también está condicionado por factores humanos, destacando como principal aún hoy, a pesar del retroceso de los censos ganaderos, la actividad ganadera; la extracción de leña o madera son labores muy marginales y puntuales. El pastoreo del ganado juega, pues, un papel fundamental en la evolución de la vegetación natural en áreas sometidas a una presión descendente, favoreciendo el mantenimiento de herbáceas en unos lugares y la sucesión secundaria en otros (García González *et al.* 1990; Baudry, 1991; Álvarez, 1995).

El Pirineo constituye un buen ejemplo de la dinámica seguida por la montaña española. Durante siglos estuvo sometido a una elevada presión antrópica y ganadera, que se ha relajado mucho a lo largo del siglo XX, con la caída brusca de los censos ganaderos y la marginación socioeconómica de amplias áreas del territorio. De ahí, que constituya un espacio muy adecuado para estudiar las interrelaciones entre cambios de gestión y dinámica de la vegetación. Para ello, se ha establecido una metodología concreta, y se ha elegido un área piloto para ponerla en práctica (el municipio de Borau en el Pirineo central español). En este territorio se ha analizado la evolución de la cubierta vegetal, así como los cambios en las cabañas ganaderas y en las áreas de pastoreo. Para determinar la interacción entre todos estos elementos se ha elaborado un Sistema de Información Geográfica que ha permitido obtener una información de base a la que se le han aplicado técnicas estadísticas multivariantes. En definitiva, se trata de buscar un método que permita determinar la influencia en la dinámica vegetal del retroceso de la cabaña ganadera y del constreñimiento de las áreas de pastoreo.

2. Área de estudio

El área de estudio, el valle de Borau, se localiza en el Pirineo aragonés occidental (Figura 1). El municipio de Borau es el único núcleo de población del valle. Su superficie total es de 4.186,2 ha. y presenta una disposición meridiana al igual que la mayor parte de los valles pirenaicos, cortando transversalmente las Sierras Interiores, de litología calcárea, y las Sierras del Flysch, que se desarrollan inmediatamente al Sur. Este sector es el que ocupa una mayor amplitud (con cumbres redondeadas y vertientes regulares, con pendientes del 20% al 60%), correspondiendo a un área homogénea de relieves ondulados (Soler y Puigdefábregas, 1972).

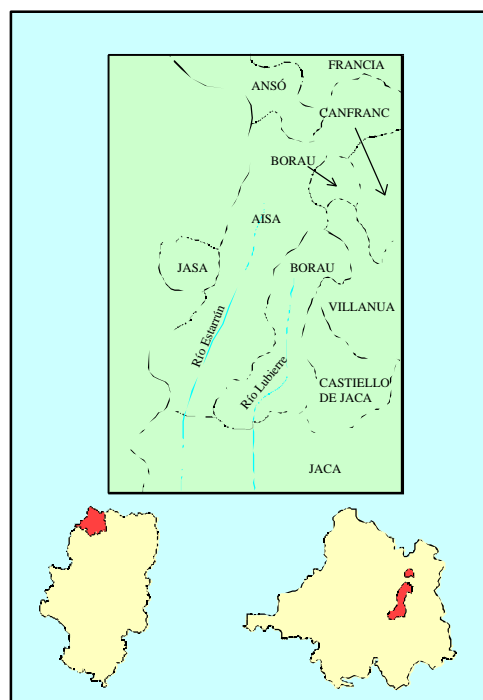


Figura1:Área de estudio

El clima tiene matices del mediterráneo templado y del oceánico húmedo. De la Riva (1997a) lo sitúa entre el cantábrico de lluvias invernales continuas y homogéneas y el submediterráneo continental, en el que se aprecia un periodo de sequía estival. Se podría clasificar como submediterráneo de montaña, con cierta influencia continental, en el que se aprecia un periodo de sequía estival, con un descenso de las precipitaciones que suelen ser de carácter tormentoso. En el vecino valle de Aísa las precipitaciones son de 1.086 mm. y la temperatura media de 9,9 °C. El ombrotermograma muestra una distribución relativamente homogénea de las precipitaciones, con ligeros máximos otoñales e invernales, y un mínimo en verano, única estación en la que existe déficit hídrico.

Chauvelier (1990) distingue en el valle de Borau dos ecosistemas bien diferenciados: entre 800 y 1.800 m. de altitud se desarrolla un ecosistema forestal correspondiente al piso montano, mientras que a partir de 1.700-1.800 m. aparece un ecosistema supraforestal que se corresponde con el piso vegetal subalpino. Ambos pisos de vegetación fueron afectados enormemente por la acción humana, lo que implicó el descenso del nivel superior del bosque para ampliar la superficie de pastos de verano y la deforestación de las laderas bajas para el cultivo. Estas intervenciones llevaron a que las manchas forestales se refugiaran en los enclaves menos favorables para el uso agropecuario (umbrias, fuertes

pendientes y sectores alejados del pueblo), mientras que la mayor parte del territorio fue ocupado por cultivos en el piso montano y por pastizales en el piso subalpino.

A lo largo del siglo XX se ha asistido a un proceso de intensificación de las áreas más accesibles y ricas (fondos de valle y pastos supraforestales) y a la extensificación en la utilización de la mayor parte del territorio, con la marginación productiva de los enclaves menos aptos para las nuevas exigencias de explotación, lo que ha supuesto que la vegetación natural ocupe de forma rápida los espacios anteriormente cultivados por el hombre.

3. Metodología

Las nuevas posibilidades de procesado de datos a través de Sistemas de Información Geográfica permiten manejar un número considerable de variables para tratar de establecer sus complejas interacciones espaciales. La cubierta vegetal y la ganadería extensiva tienen una clara dimensión territorial. Por ello se ha implementado toda la información en un Sistema de Información Geográfica.

La cartografía de vegetación se ha realizado a partir de fotografías aéreas. Se ha trabajado con el vuelo de 1957, a escala 1:32.000. También se ha trabajado con las fotografías de 1978 y 1981 a escala 1:20.000 y 1:25.000, respectivamente. Finalmente, se utilizó la fotografía aérea del año 1990 a escala 1:20.000. La carencia de fotografías aéreas más recientes a 1990 nos ha llevado a realizar un reconocimiento del terreno para la elaboración de la cartografía vegetal del año 2000, redibujando la cartografía de 1990, adecuándola a la situación actual.

El estudio de las fotografías aéreas y el reconocimiento del terreno aconsejó establecer doce categorías vegetales en las que se podía resumir la gran variedad de situaciones que se pueden encontrar en un espacio tan heterogéneo como es la montaña pirenaica. Las categorías elegidas fueron:

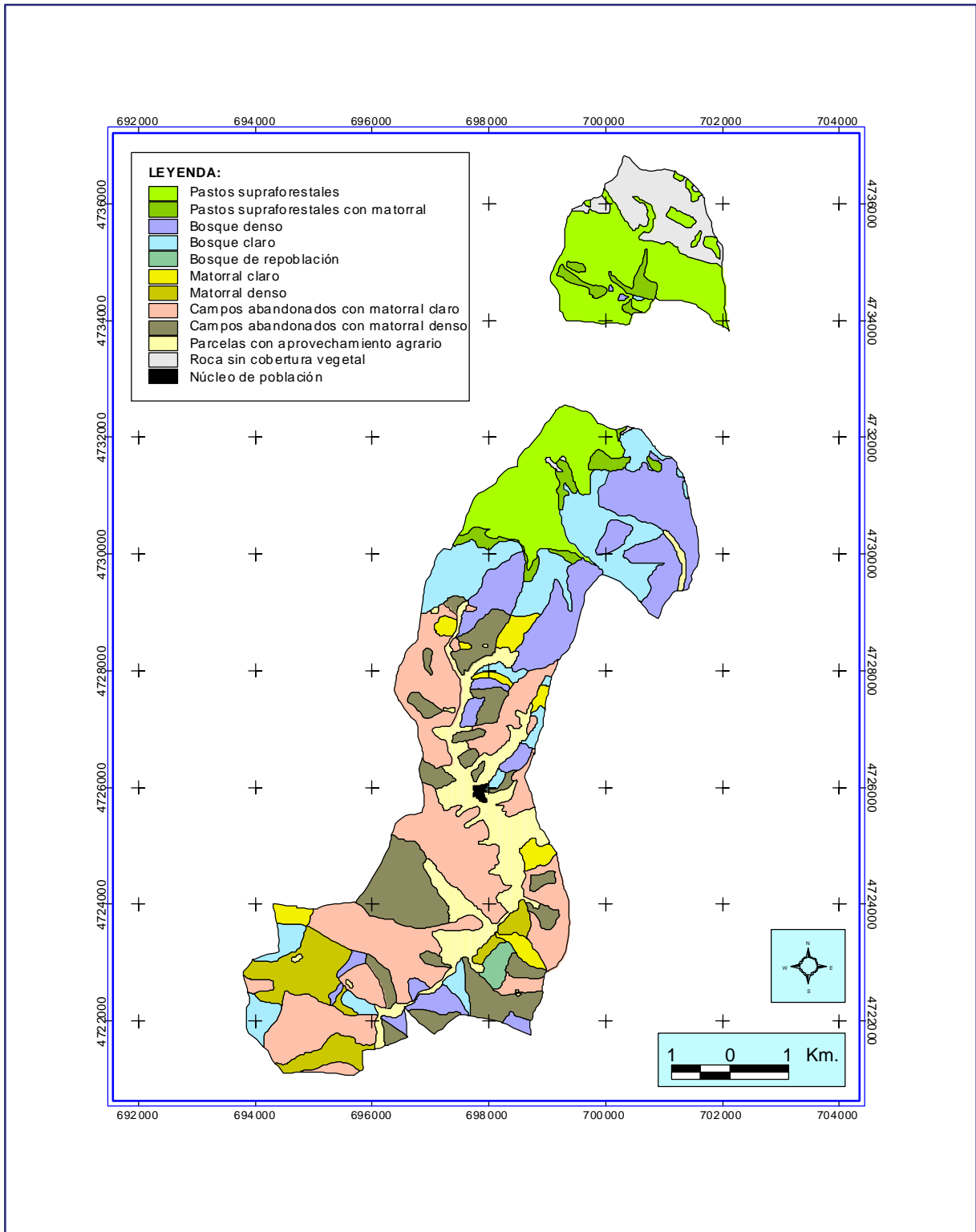
1. Pastos supraforestales.
2. Pastos supraforestales con matorral.
3. Bosque denso
4. Bosque claro.
5. Bosque de repoblación
6. Matorral claro.
7. Matorral denso.
8. Campos abandonados con matorral claro.
9. Campos abandonados con matorral denso.

10. Campos de cultivo.
11. Roca sin cubrimiento vegetal.
12. Núcleo de población.

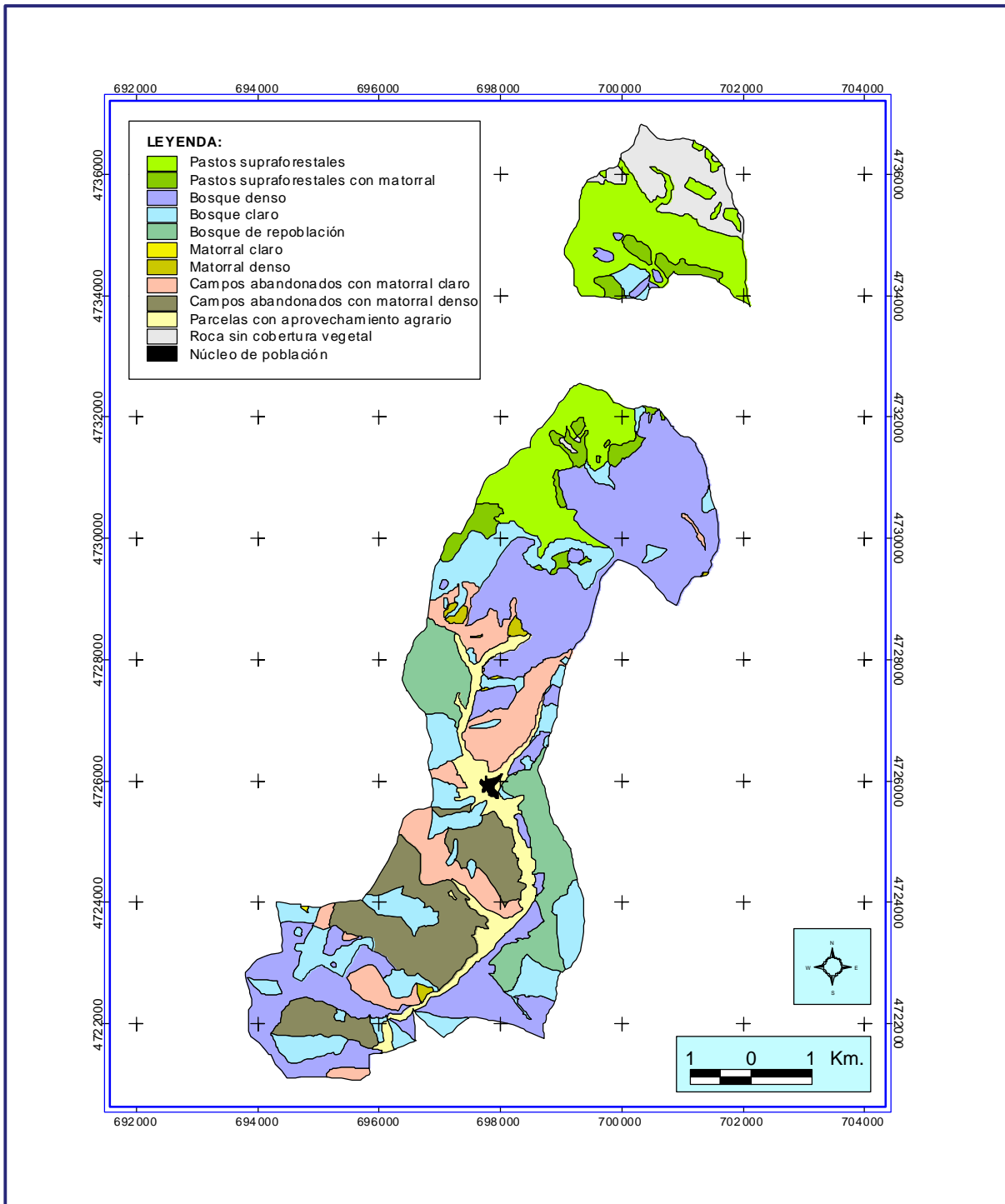
El siguiente paso fue la interpretación de los fotogramas aéreos, estableciendo los límites de cada “mancha” de vegetación. La información obtenida se restituyó a la cartografía de base disponible a escala 1:25.000. El resultado de la fase fotointerpretativa fueron tres acetatos a escala 1:25.000 en los que se representó la vegetación en el municipio de Borau en los años 1957, 1978/81 y 1990. Estos acetatos fueron convertidos a formato digital mediante la digitalización de las imágenes en el Sistema de Información Geográfica Arc/Info V.7.04. El proceso de digitalización se inició con la cartografía de 1957 (Mapa 1), cuyos límites exteriores sirvieron como plantilla para el resto de los mapas, evitando con ello superficies no coincidentes entre los diferentes años.

Una vez digitalizada la cartografía de vegetación, con el mapa de 1990 se recorrió el municipio de Borau para corregir, mediante apreciación visual, los posibles cambios acontecidos en la última década. Las correcciones nos permitieron disponer de una cartografía actualizada del año 2000 (Mapa 2), y finalizar toda la serie necesaria para conocer la evolución de la vegetación en Borau durante el periodo estudiado.

Las cartografías de vegetación del año 1957 y del año 2000 se cruzaron mediante la superposición de las dos coberturas en Arc/Info V.7.04. El resultado fue un nuevo mapa de síntesis en el que se recogía la evolución de la vegetación en el periodo de tiempo estudiado (Mapa 3).



Mapa 1: Vegetación (1957)



Mapa 2: vegetacion (2000)

La nueva cartografía sintetiza el proceso de cambio y nos permitió establecer una clasificación de los pares de evolución resultantes a fin de conocer las transformaciones que han tenido lugar en la cubierta vegetal en los últimos 43 años. Ya que el objetivo del trabajo ha consistido en conocer la

influencia de la ganadería en la dinámica ambiental resumida en los cambios en la cubierta vegetal, se procedió a la clasificación de categorías de pares de evolución con el fin de poder determinar la influencia de la ganadería mediante la aplicación de análisis estadísticos multivariados. Se agruparon los pares de evolución en nuevas categorías afines, sujetas a transformaciones similares:

1- Mantenimiento de herbáceas

- a) Pastos supraforestales-Pastos supraforestales
- b) Matorral claro-Matorral claro
- c) Campos abandonados con matorral claro- Campos abandonados con matorral claro
- d) Campos de cultivo- Campos abandonados con matorral claro
- e) Campos abandonados con matorral claro-Campos de cultivo.

2- Cambio de herbáceas a matorral

- a) Pastos supraforestales-Pastos supraforestales con matorral
- b) Campos abandonados con matorral claro-Campos abandonados con matorral denso
- c) Campos de cultivo-Campos abandonados con matorral denso
- d) Matorral claro-matorral denso.

3- Mantenimiento de matorral

- a) Pastos supraforestales con matorral-Pastos supraforestales con matorral
- b) Campos abandonados con matorral denso-Campos abandonados con matorral denso
- c) Matorral denso-Matorral denso

4- Evolución de matorral a bosque

- a) Matorral denso-Bosque claro
- b) Matorral denso-Bosque denso
- c) Campos abandonados con matorral denso-Bosque denso
- d) Campos abandonados con matorral claro-Bosque claro
- e) Pastos supraforestales con matorral-Bosque denso
- f) Pastos supraforestales con matorral-Bosque claro

5- Evolución de bosque claro a bosque denso

- a) Bosque claro-Bosque denso

6- Mantenimiento del bosque claro

- a) Bosque claro-Bosque claro

7- Regresión matorral a herbáceas

- a) Campos abandonados con matorral denso-Campos abandonados con matorral claro
- b) Pastos supraforestales con matorral-Pastos supraforestales

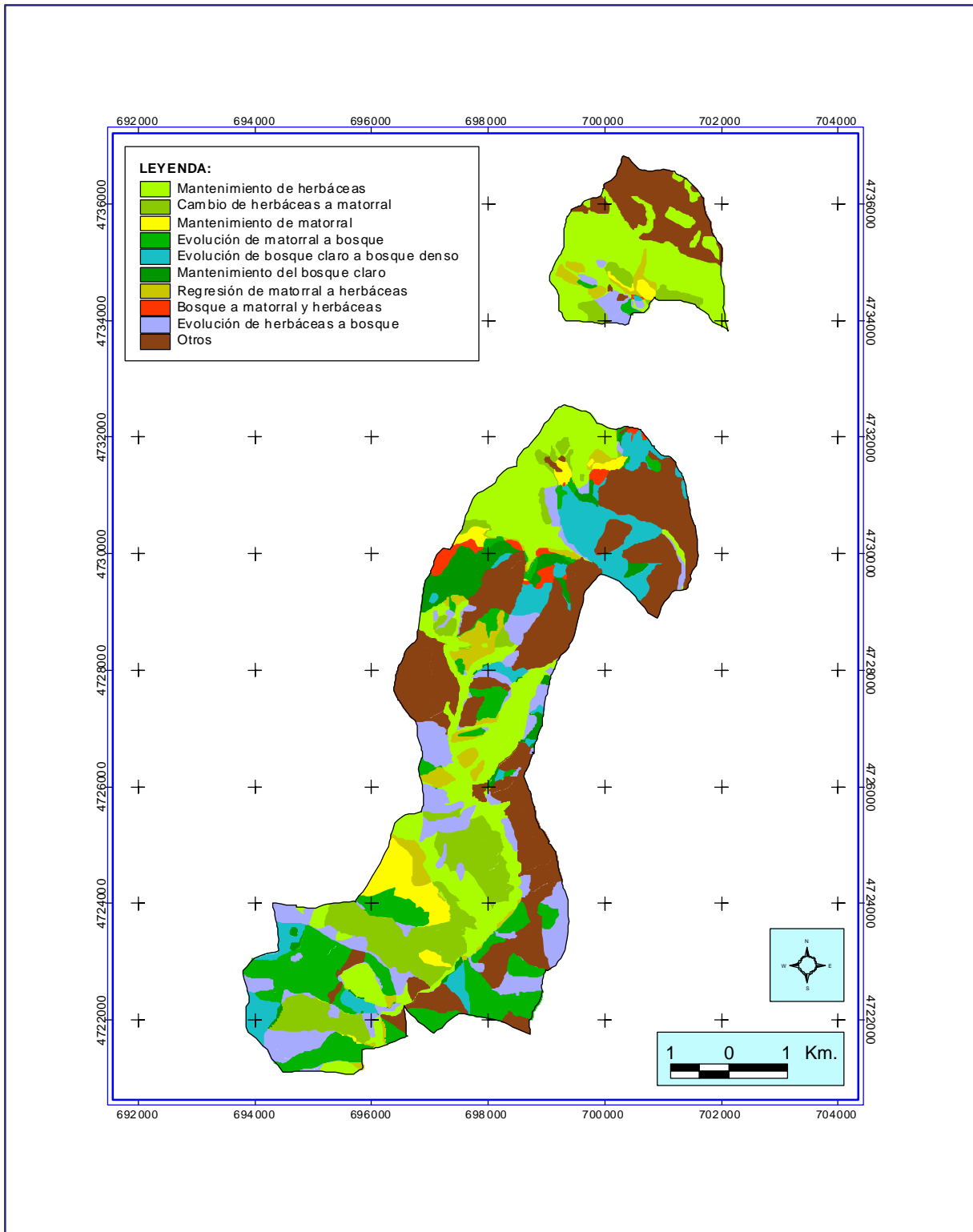
8- Bosque a matorral y herbáceas

- a) Bosque claro-Pastos supraforestales con matorral
- b) Bosque claro-Pastos supraforestales

9- Evolución de herbáceas a bosque (revegetación intensa)

- a) Matorral claro-Bosque denso
- b) Matorral claro-Bosque claro
- c) Campos de cultivo-Bosque claro
- d) Campos de cultivo-Bosque denso
- e) Campos abandonados con matorral claro-Bosque claro
- f) Campos abandonados con matorral claro-Bosque denso
- g) Pastos supraforestales-Bosque claro
- h) Pastos supraforestales-Bosque denso

10- Otros



Mapa 3: Evolución de la vegetación (1957-2000)

La categoría nº 10 incluye aquellos pares más estables en los que el ganado no ha intervenido en la evolución vegetal, y que por lo tanto no se insertaron en el análisis multivariable. Se trata de los sectores repoblados, en los que la evolución vegetal ha respondido a factores antrópicos no ganaderos, los pares bosque denso-bosque denso debido a que el papel de la ganadería en cuanto a la perturbación

de la vegetación a la escala analizada es nulo, y también los pares de mantenimiento de la roca desnuda y de la superficie que engloba el núcleo municipal. Podría discutirse la inclusión de las áreas en las que se ha densificado el bosque claro, pero hemos considerado que el pastoreo del ganado puede afectar al desarrollo de las plántulas jóvenes que producen la densificación del bosque.

La otra fuente importante de información debía proceder del análisis de los sistemas ganaderos, tanto en la evolución del número de cabezas, el tipo de ganado, las áreas de pastoreo y los días de permanencia en ellas. La información estadística utilizada para estos fines procedió del archivo municipal de Borau y de la Cámara Agraria de Huesca. Los ganaderos del municipio de Borau también han sido una fuente de información fundamental, ya que a partir de las conversaciones con los propietarios de ovino y vacuno se han podido reconstruir las áreas de pastoreo, el tiempo de permanencia del ganado en cada uno de los sectores del municipio, y los ciclos anuales, tanto en la actualidad como en las décadas de 1960, 1970, 1980 y 1990.

Con el número de cabezas de ganado ovino y vacuno que han pastado en el municipio, y con la información de itinerarios de pastoreo y tiempo de estancia del ganado en cada sector municipal, se elaboró la cartografía de carga ganadera de los últimos cuarenta años. En primer lugar, se realizaron cartografías parciales en cada uno de los intervalos de tiempo para los que se disponía de información de vegetación; a partir de estos datos se realizó la cartografía de síntesis de todo el periodo estudiado. El mapa de síntesis entre 1957 y 2000 surgió del cruce ponderado de los mapas parciales, en los que cada uno de ellos ha pesado más o menos en función de los años que recoge: el mapa entre 1957 y 1978 ha pesado 21 veces, el de 1978-1990 lo ha hecho 12 veces y el mapa entre 1990 y 2000, 10 veces. En esta cartografía se señalan las diferentes áreas de pastoreo, indicándose el número de días en que la cabaña de ganado ovino y vacuno han pastado en ellas, así como la carga ganadera soportada por cada uno de los espacios. Hay que tener en cuenta que los cambios en las zonas de pastoreo son graduales. Los pastores no cambian sus áreas de pastoreo de forma radical de un año a otro (aunque existen excepciones como las que se han producido recientemente como consecuencia de la PAC, con un apoyo a la reactivación de la trashumancia que ha producido un brusco cambio en la presión por pastoreo que han soportado los puertos estivales), sino que la tónica general es que las transformaciones en las áreas de pastoreo sean graduales, por lo que en los mapas parciales, de los que se ha obtenido el mapa de síntesis, también se ha tenido en cuenta las áreas más o menos pastadas en los diferentes años, a través de nuevas ponderaciones anuales. Ello permitió obtener unos mapas promedio lo suficientemente fiables como para realizar un mapa de síntesis total.

Hay que tener en cuenta que la información de carga ganadera y la información de evolución vegetal tienen dos escalas de detalle muy diferentes. En el caso del mapa sintético de carga ganadera, la información se refiere a grandes espacios homogéneos en cuanto a la presión que soportan, ya que es imposible afinar a nivel de detalle a la escala temporal a la que hemos trabajado. Sin embargo, la información de síntesis de evolución vegetal entre 1957 y 2000 procede de la interpretación de fotogramas aéreos, teniendo un mayor nivel de detalle espacial que la información ganadera, lo que podría invalidar los análisis posteriores. Debemos tener en cuenta que dentro de las áreas homogéneas de pastoreo, el ganado no ha pastado en ellas de modo uniforme, ya que los animales seleccionan los sectores en función de sus condiciones topográficas y de composición vegetal (García-González *et al*, 1990). Otras veces, el que el ganado padece unas u otras zonas responde a factores antrópicos como son la propiedad de la tierra, las decisiones del pastor, etc..., que no se pueden espacializar ni cuantificar a la escala en que se ha trabajado, y que sin duda tienen su importancia en cuanto al pastoreo y a la evolución vegetal. No obstante, hay otros factores que condicionan el pastoreo y que se pueden tener en cuenta para determinar los sectores más pastados y matizar así la carga ganadera soportada por las diferentes áreas municipales. La distancia a los establos durante el tiempo en que el ganado permanece en el fondo del valle es un factor que afecta a la presión ganadera. Se han localizado los diferentes establos y se ha realizado un buffer alrededor de los mismos. El alejamiento a los establos se ha valorado de la siguiente forma:

- | | | |
|---------------|---------------|-----------------|
| 1) 100 m. = 6 | 2) 200 m. = 5 | 3) 400 m. = 4 |
| 4) 600 m. = 3 | 5) 800 m. = 2 | 6) 1.200 m. = 1 |

Las fuertes pendientes son un factor que dificulta el pastoreo, por lo que también se han tenido en cuenta con los siguientes valores:

- 1) <20% = 3 2) 20%-40% = 2 3) 40%-60% = 1 4) >60% = 0

En el caso de los puertos estivales se ha realizado una valoración en función de la calidad de los pastizales de acuerdo a las comunidades vegetales que los conforman y que dependen en gran medida de la altitud (Remón, 1997). Los valores utilizados han sido:

- 1) >2.200 = 0 2) 1.900-2.200 = 1 3) 1.800-1.900 = 3 4) 1.500-1.800 = 5
5) 1.400-1.500 = 4 6) 1.300-1.400 = 3 7) <1.300 = 2.

Finalmente, la accesibilidad de la cubierta vegetal condiciona el pastoreo del ganado y por lo tanto, la presión ejercida en las diferentes áreas. También se han asignado unos valores de ponderación promedio mediante la superposición de los mapas de vegetación de 1957, 1978/81 y 1990, con un peso diferente según los años que engloba cada periodo:

Prados y pastos supraforestales = 6, Bosque denso = 5, Bosque claro = 4, Campos abandonados con matorral claro = 4, Matorral claro = 3, Campos abandonados con matorral denso = 2, Matorral denso = 1, Roca desnuda = 0, Núcleo municipal = 0, Repoblaciones forestales = 0.

El proceso ha continuado con la superposición de las diferentes capas de información ganadera en el Sistema de Información Geográfica. La cartografía original de carga ganadera se ha ponderado con la información de distancia a los establos, pendiente, altitud en los puertos estivales y acceso al pastoreo de las diferentes cubiertas vegetales. El análisis ha permitido realizar una cartografía de carga ganadera (mapa 4).

La elaboración de esta cartografía se ha realizado matizando la presión ganadera por medio de las variables de corrección calculadas, a través de la siguiente ponderación:

$$C.G = (D.oví \times c.g. oví) + (D.vacu \times c.g. vacu) + C$$

C.G= Carga ganadera ponderada

D.oví= Días promedio en los que ha pastado el ganado ovino

c.g. oví= Carga ganadera promedio del ganado ovino en U.G.M./ha.

D. vacu= Días promedio en que ha pastado el ganado vacuno.

c.g. vacu= Carga ganadera promedio del vacuno en U.G.M./ha.

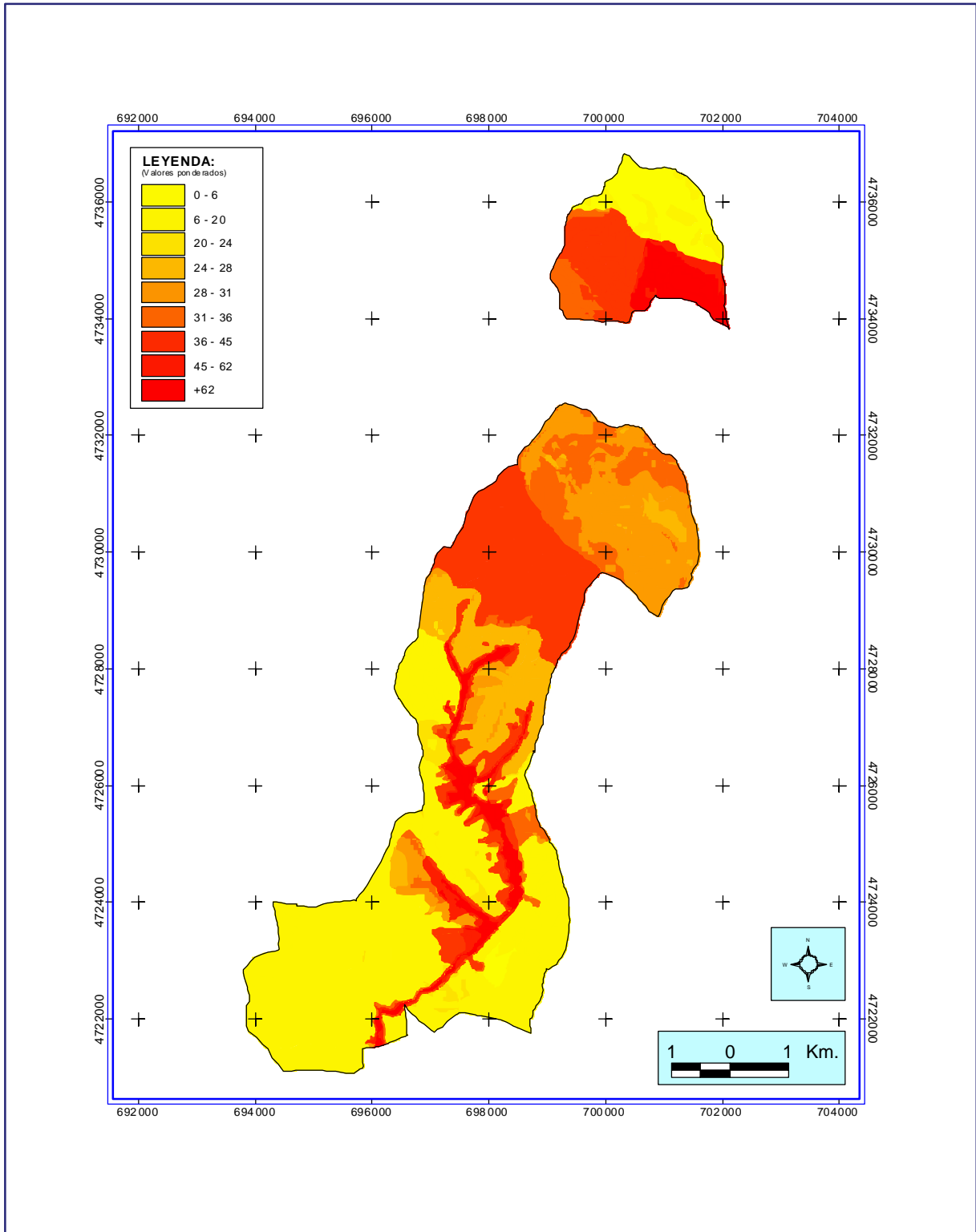
C = Corrector del pastoreo = $E+P+A+U$

E= valor de ponderación de distancia a los establos

P= valor de ponderación de la pendiente

A= valor de ponderación de la altitud en el caso de los puertos.

U= valor de ponderación de la posibilidad de pastoreo en función de la cubierta.



Mapa 4: carga ganadera (1957-2000)

Una vez realizado todo el proceso de obtención de información se procedió al cruce de la cartografía final de carga ganadera y de aquella disponible para los cambios que se han producido en la cubierta vegetal del municipio de Borau entre 1957 y 2000. Este procedimiento nos permitió obtener una base de datos en la que en cada polígono resultante se recogían los valores de las variables de carga ganadera y la evolución vegetal.

La estructura de esta base de datos nos permitía llevar a cabo análisis estadísticos que determinaran la influencia ganadera en la evolución vegetal durante el periodo de tiempo estudiado. Para ello se optó por la aplicación de un Análisis Discriminante. El Análisis Discriminante es una técnica multivariable que permite establecer un modelo predictivo para pronosticar el grupo de pertenencia de un caso a partir de una serie de variables dependientes. Se trata de un proceso similar al de regresión lineal múltiple, pero en el que la variable dependiente es nominal (categorías) en lugar de continua. El procedimiento habitual parte de una muestra de casos para los que se conoce el grupo de pertenencia, en nuestro caso las categorías de evolución de la cubierta vegetal. El uso habitual del modelo es su aplicación a casos de los que no se conozca su grupo de pertenencia, pero si se dispone de medidas para las variables predictoras. En nuestro caso, sin embargo, se conocía de antemano la distribución espacial de los grupos de pertenencia, y el modelo se ha utilizado para estudiar la importancia relativa de las distintas variables.

4. Resultados

La Tabla 1 muestra los resultados del Análisis Discriminante y cuatro funciones discriminantes que explican el 99,5% de la varianza de la variable de agrupación. Todas ellas resultan significativas.

Función	% de la varianza	% Acumulado	Correlación C.	Significación
FUNCION 1	68.892	69.892	0.680	0.000
FUNCION 2	17.100	86.992	0.417	0.000
FUNCION 3	6.494	93.487	0.272	0.000
FUNCION 4	6.135	99.622	0.265	0.000

Tabla 1: resultados del analisis discriminante para el proceso de evolucion vegetal (1957-2000). Funciones discriminantes.

En la Tabla 2 quedan anotados los centroides de los grupos de evolución de la vegetación La Tabla 3 muestra los coeficientes estandarizados de las funciones discriminantes para cada una de las variables predictoras. Nos permite conocer la importancia de cada una de las variables ganaderas tiene en la explicación de las cinco funciones.

EVOLUCIÓN	FUNCIONES			
	1	2	3	4
Mantenimiento de la cubierta herbácea	-1,085	0,218	0,009	0,069
Matorralización de la cubierta herbácea	0,685	0,455	0,419	-0,216
Mantenimiento del matorral	0,444	0,130	0,333	0,682
Evolución de matorral a bosque	1,380	-0,166	-0,133	0,114
Mantenimiento del bosque claro	-0,277	0,214	-0,543	-0,220
Densificación del bosque claro	-0,708	-1,625	0,276	-0,295
Evolución de matorral a herbáceas	-0,470	-0,702	0,043	0,650
Evolución de bosque claro a matorral	-1,200	-0,879	0,560	-0,973
Revegetación de herbáceas hacia bosque	0,686	-0,197	-0,199	-0,125

Tabla 2: funciones de los centroides de los grupos de evolucion de la vegetación (1957-2000)

En el caso de la Función 1, la más importante por absorber el mayor porcentaje de la varianza, el corrector de pastoreo y los días que permanece el ganado ovino en pastoreo son las variables que explican la clasificación principal entre los grupos en los que se ha producido un importante avance vegetal, y aquellos grupos en los que se ha mantenido la cubierta vegetal original o se ha retrocedido en la evolución. Las áreas de matorralización o avance del bosque coinciden con aquellos sectores en los que más días ha permanecido el ganado ovino en pastoreo, con una escasa carga por unidad de superficie. Aunque la permanencia temporal haya sido importante, el número de ovejas que han pastado ha sido muy bajo. Este hecho explica el que haya áreas en las que la cubierta herbácea haya sido colonizada por el matorral y, sobre todo, ya que es el grupo que presenta un valor superior, que

áreas de matorral se hayan cubierto de vegetación arbórea. Según la primera función, las áreas en las que se ha producido un retroceso de la cubierta herbácea o una degradación del bosque se han concentrado en sectores próximos a los establos, donde se guarda el ganado la primera mitad del año, así como en pendientes suaves y en pastos accesibles.

VARIABLES	FUNCIONES			
	1	2	3	4
CORRECTOR	-0.769	0.358	0.409	-0.278
DIAS PASTADOS (OVINO)	0.661	0.566	0.036	-0.234
DIAS PASTADOS (VACUNO)	-0.238	-0.741	0.502	-0.126
CARGA GANADERA (OVINO)	-0.431	0.218	-0.097	0.126
CARGA GANADERA (VACUNO)	-0.283	-0.199	0.550	0.412

Tabla 3: coeficientes estandarizados de las funciones discriminantes canónicas.

La Función 2 está explicada fundamentalmente por los días que pasta el ganado vacuno. En las áreas donde ha pastado este ganado es donde en menor medida se ha producido un avance del matorral y, por lo tanto, una pérdida de cubierta herbácea. El pastoreo de ganado vacuno se ha producido con un número considerable de vacas, que han ejercido una presión mayor que la realizada por el ganado lanar.

La Función 3, que también queda explicada en su mayor medida por el pastoreo del ganado vacuno, corrobora la función anterior, ya que diferencia entre las áreas en las que se ha producido un avance del matorral y aquellos sectores en los que ha progresado y densificado el bosque. Parece ser, pues, que la carga ganadera ejercida por el ganado vacuno ha sido adecuada para el control vegetal del matorral, pero que no ha impedido aspectos positivos dentro del proceso de sucesión vegetal, como es el crecimiento forestal con un sotobosque adecuado en el que predomine una cubierta herbácea productiva. Probablemente, este mismo papel podría haberlo ejercido el ganado ovino, pero su cada vez menor peso en el municipio ha propiciado que las áreas que le correspondían en pastoreo se cubrieran de matorral de forma más rápida e intensa que aquellas pastadas por el vacuno.

La Tabla 4 anota el promedio de las variables ganaderas utilizadas para cada grupo de evolución. En ella se pueden apreciar una serie de pautas con un importante interés explicativo en el proceso de evolución vegetal:

EVOLUCION	DIAS PASTADOS (OVINO)	DIAS PASTADOS (VACUNO)	C.G. (OVINO)	C.G. (VACUNO)	CORRECTOR
Mantenimiento de la cubierta herbácea	51,76	28,53	0,17	0,23	11,21
Matorralización de la cubierta herbácea	101,64	19,77	0,10	0,12	9,23
Mantenimiento del matorral	79,56	24,39	0,10	0,25	8,87
Evolución de matorral a bosque	101,82	19,34	0,07	0,06	7,19
Mantenimiento del bosque claro	73,50	17,87	0,15	0,08	9,72
Densificación del bosque claro	27,82	61,91	0,11	0,28	9,79
Evolución de matorral a herbáceas	45,13	38,49	0,15	0,27	9,35
Evolución de bosque claro a matorral	35,64	57,93	0,13	0,26	11,63
Revegetación de herbáceas hacia bosque	84,37	25,00	0,08	0,11	8,32

Tabla 4: promedio de las variables utilizadas en el análisis discriminante para la variación de cubierta vegetal (1957-2000)

- 1- El **mantenimiento de la cubierta herbácea** se ha producido en sectores de fuerte carga por parte del ganado vacuno y ovino. El ganado ha controlado, pues, la vegetación de forma importante. Este proceso se ha dado en sectores de buena accesibilidad, donde la pendiente es favorable para el pastoreo, y en zonas de pastos de calidad en las que el ganado permanece más tiempo, evitando matorralizaciones y controlando la calidad del pasto.
- 2- **La matorralización de la cubierta herbácea** tiene lugar en sectores en los que el ganado ovino pasa muchos días pero con una carga reducida. Al igual sucede en el caso del vacuno, que además de pastar pocas unidades, lo hacen escasos días de promedio. Ello ha ocurrido en sectores menos accesibles y adecuados para el pastoreo, donde el ganado ha pastado de forma más extensiva.
- 3- **El mantenimiento del matorral** se ha producido en sectores con una reducida carga de ganado ovino, y con una mayor presión de ganado vacuno que ayuda al control vegetal a pesar de que las condiciones de accesibilidad sean malas.
- 4- **La evolución del matorral a bosque** tiene lugar en los sectores de menor carga ganadera, tanto en el caso del ganado ovino como en el del ganado vacuno. Estos espacios han sido los sectores menos accesibles, por lo que el ganado ha pastado en ellos mínimamente, de forma muy circunstancial. La escasa perturbación sufrida ha permitido un importante desarrollo vegetal.
- 5- **El mantenimiento del bosque claro** presenta unos valores bajos de presión ganadera por parte del ganado vacuno, mientras que en el caso del ganado lanar se trata de la mayor carga

de todo el municipio. Esta superior presión puede condicionar que la evolución sea más lenta, y se mantenga el estadio vegetal.

- 6- **La densificación boscosa** se produce en los sectores de mayor carga ganadera por parte del ganado vacuno. Parece ser que en las áreas boscosas el ganado vacuno no interfiere en el proceso de crecimiento arbóreo, y es probable que lo favorezca, al ejercer una presión mayor sobre el matorral, eliminando competencia a las especies arbóreas, y fertilizando el suelo con sus deyecciones.

- 7- La hipótesis anterior parece corroborarse con el grupo de **evolución de matorral a herbáceas**. Hay una importante carga ganadera por parte del vacuno, que ejercería su papel en el control del matorral y en el mantenimiento de los pastizales. Al igual sucede con el ganado ovino, ya que este grupo de evolución se corresponde con una importante presión de este ganado. Parece ser que cuando la carga es importante, este ganado ejerce también una función visible en el control vegetal.

- 8- La evolución de **bosque claro a matorral** se localiza en sectores accesibles, en los que la presión es más intensa.

- 9- Finalmente, las escasas áreas que han evolucionado de una vegetación **herbácea a bosque** se han localizado en los sectores de menor carga, tanto por parte del vacuno como por parte del ovino, con una escasa accesibilidad y, por lo tanto, permitiendo una evolución sin perturbaciones de la cubierta vegetal.

Parece claro, pues, que la presión ganadera, tanto por parte del ganado vacuno como del ovino, ha tenido mucho que ver en la evolución vegetal del territorio. Para apreciarlo con mayor detalle, la tabla 5 indica el poder discriminante de las variables ganaderas utilizadas en la determinación de su influencia en la evolución de la cubierta vegetal. Estas variables explican el 40,1% de los cambios en la evolución de la vegetación. Si además aplicamos el análisis eliminando los grupos 7 y 9 que ocupan un espacio reducido y que están ubicados muy localizadamente, el modelo se explica en un 50,1%. Esta cifra es muy considerable para un modelo que busca pautas de evolución en aspectos que conciernen al medio físico, en el que además se han dejado de introducir infinidad de variables físicas (clima, relieve, suelos, hidrología,...) que tienen un importante papel en el proceso de sucesión vegetal.

CATEGORÍA OBSERVADA	CATEGORÍA PREDICHA POR EL MODELO									Total
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
1:Mantenimiento de la cubierta herbácea	26,58	7,76	4,47	6,56	17,57	11,83	8,07	17,07	0,10	100
2:Matorralización de la cubierta herbácea	8,18	49,98	3,71	27,76	2,28	3,42	2,82	1,85	0,00	100
3:Mantenimiento del matorral	3,42	10,95	41,10	22,82	12,58	2,09	0,00	7,03	0,00	100
4:Evolución de matorral a bosque	0,42	19,33	0,33	58,44	2,78	9,49	0,30	0,37	8,54	100
5:Mantenimiento del bosque claro	0,40	9,52	0,02	1,44	59,10	11,24	0,00	8,03	10,25	100
6:Densificación del bosque claro	0,00	0,00	0,00	0,35	10,40	68,80	0,00	18,93	1,53	100
7:Evolución de matorral a herbáceas	9,76	7,80	20,79	3,25	5,80	40,95	5,51	6,14	0,00	100
8:Evolución de bosque claro a matorral	0,76	0,00	0,21	0,00	22,68	14,87	0,00	61,49	0,00	100
9:Revegetación de herbáceas hacia bosque	1,07	32,24	0,50	19,78	8,70	14,50	0,40	1,67	21,15	100
Clasificados correctamente el 40,1% de los casos originales										

Tabla 5: clasificación de los resultados del análisis discriminante aplicado a la revegetación (1957-2000). Datos en porcentajes

El que un 50% de la matorralización de la cubierta herbácea, un 58,4% de la evolución de matorral a bosque o un 68,8% de la densificación del bosque estén explicados por el papel de la ganadería es algo muy considerable, sobre todo si tenemos en cuenta la infinidad de factores físicos y personales que no se han tenido en cuenta en el análisis y que sin duda influyen de forma determinante en el proceso.

5. Conclusiones

Se ha estudiado el papel del pastoreo en el proceso de revegetación tras la desaparición del sistema tradicional en un valle de la montaña pirenaica. A partir de fotointerpretación, trabajo de campo y encuestas a los ganaderos se han elaborado coberturas de evolución de la vegetación y carga ganadera. Dichas coberturas se han cruzado para obtener una base de datos multivariable. Aunque no se buscaba un modelo predictivo, el Análisis Discriminante ha sido una valiosa herramienta para determinar la importancia relativa de la carga ganadera en la evolución de la cubierta vegetal. En el 40,1% de la superficie el modelo ha predicho correctamente el par de transición de la cubierta vegetal entre 1957 y 2000. Para algunas categorías concretas el modelo ha acertado entre un 60 y un 70%. Se ha demostrado la capacidad del ganado para impedir el desarrollo de la vegetación, y como el abandono generalizado del pastoreo ha sido un importante factor en el proceso de revegetación del territorio.

De cara al futuro es de esperar una continuación del proceso de evolución vegetal de forma natural en la mayor parte del término municipal de Borau. La intervención antrópica seguirá siendo reducida, ya que el ganado ovino estante tiende a desaparecer por falta de pastores y por la incomodidad en cuanto a atención continua que precisa. Es probable que el matorral siga avanzando en su instalación, y preceda a las especies arbóreas que generen un bosque, cuya densificación estará muy condicionada por la presión que el ganado ejerza mediante pastoreo.

6. Agradecimientos

Este trabajo ha contado con el apoyo de los proyectos de Investigación: *Water resources management in a changing environment: the impact of sediment on sustainability* (WARMICE, ENV 4-CT98-0789), financiado por la Comisión Europea (Dirección general, XII), y *Producción de sedimentos y escorrentía como consecuencia de los cambios de uso del suelo en áreas de montaña: instrumentos para valorar el impacto hidrológico de la marginación territorial* (AMB 96-0401), financiado por la CICYT. Sergio M. Vicente contó con una ayuda de investigación de la Institución Fernando el Católico (Diputación de Zaragoza) en su convocatoria del año 2000.

7. Referencias bibliográficas

- Álvarez, J., (1995): Dinámica sucesional tras el abandono y recuperación del matorral mediante pastoreo controlado. Experiencia en un sector de la montaña de León. Tesis Doctoral: 357 pp. León.
- Anglada, S., Balcells, E., Creus, J., García-Ruiz, J.M., Martí Bono, C. y Puigdefábregas, J., (1980): La vida rural en la montaña española (Orientaciones para su promoción). Monografías del Instituto de Estudios Pirenaicos, 107: 130 pp. Jaca (Huesca).
- Baudry, J., (1991): Ecological consequences of grazing extensification and land abandonment: Role of interactions between environment society and techniques. *Options méditerranéennes. Serie A*, nº 15: 13-19.
- Cabero, V., (1981): La despoblación de las áreas de montaña en España y la transformación del hábitat. El ejemplo de las montañas galaico-leonesas (Sanabria y la Cabrera). Supervivencia de la montaña. Actas del coloquio hispano-francés sobre las áreas de montaña. Ministerio de Agricultura: 175-185. Madrid.
- Chauvelier, F., (1990): La repoblación forestal en la provincia de Huesca y sus impactos geográficos. Instituto de Estudios altoaragoneses. 164 pp. Huesca.
- De la Riva, J., (1997): Los montes de la Jacetania. Caracterización física y explotación forestal. Consejo de Protección de la Naturaleza en Aragón. Zaragoza.
- De la Riva, J., (1997a): El hombre como agente de degradación y transformación del monte mediterráneo. En: *Acción humana y desertificación en ambientes mediterráneos* (J.M. García-Ruiz y P. López García, Eds). Instituto Pirenaico de Ecología: 173-204, Zaragoza.
- Ferrer, C. y Broca, A., (1999): El binomio agricultura y ganadería en los ecosistemas mediterráneos. Pastoreo frente a "Desierto verde". *Actas de XXXIX R.C.S.E.E.P.*: 309-334. Almería.
- García-González, R., Hidalgo, R., y Montserrat, C., (1990): Patterns of livestock use in time and space in the summer ranges of the Western Pyrenees. *Mountain Research and Development*, 10(3): 241-255.
- Gibson, C.W.D. and Brown, V.K., (1995): Plant succession: theory and applications. *Progress in Physical Geography*, 9(4): 473-493.
- Lasanta, T., (1990): Diversidad de usos e integración espacial en la gestión tradicional del territorio en las montañas de Europa occidental. En: *Geoecología de las áreas de montaña* (J.M. García-Ruiz, Ed.). Geoforma Ediciones: 235-266, Logroño.
- Lasanta, T., (1990a): Tendances actuelles de l'organisation spatiale des montagnes spagnoles. *Annales de Géographie*, 551: 51-71.
- Lasanta, T., (1996): El proceso de marginación de tierras en España. En: *Erosión y recuperación de tierras en áreas marginales* (T. Lasanta y J.M. García-Ruiz, Eds.). IER-SEG: 7-32, Logroño.
- Lasanta, T. y Errea, M.P. (1997): Cambios recientes en las relaciones entre agricultura y ganadería extensiva: de la complementariedad a la dependencia de la ganadería. *Polígonos* 7: 47-76.
- Molinillo, M., Lasanta, T. y García-Ruiz, J.M., (1997): Managing degraded landscape after farmland abandonment in the Central Spanish Pyrenees. *Environmental Management*, 21: 587-598.

- Montoya, J.M. (1990): La restauración del monte mediterráneo. *Ecología, fuera de serie*, 1: 447-452.
- Montserrat, P., y Fillat, F., (1990): The systems of grassland management in Spain. *Managed Grassland* (Brey Meyer, Ed.): 37-69, Amsterdam.
- Remón, J.L., (1997): Estructura y producción de pastos en el Alto Pirineo occidental. Tesis Doctoral. Universidad de Navarra.
- Sobrón, I. y Ortiz, F., (1989): Aspectos de la colonización vegetal en un área de montaña submediterránea: el valle de Jubera (Sistema Ibérico, la Rioja). *Cuadernos de Investigación Geográfica*, 15 (1-2): 99-108.
- Soler, M. y Puigdefábregas, C. (1972): Esquema litológico del Alto Aragón Occidental (Memoria explicativa). *Pirineos*, 106: 5-15. Jaca.

