

## INFLUENCIA DE LA GANADERÍA EN LA EVOLUCIÓN DEL RIESGO DE INCENDIO EN FUNCIÓN DE LA VEGETACIÓN EN UN ÁREA DE MONTAÑA: EL EJEMPLO DEL VALLE DE BORAU (PIRINEO ARAGONÉS)\*

Sergio M. Vicente Serrano (1), Teodoro Lasanta Martínez (2)  
y José M.<sup>a</sup> Cuadrat Prats (1)

(1) Departamento de Geografía y Ordenación del Territorio, Universidad de Zaragoza.

(2) Instituto Pirenaico de Ecología, CSIC, Campus de Aula Dei, Zaragoza.

**Resumen:** Se ha estudiado la influencia de la ganadería en la evolución del riesgo de incendio en función de la vegetación en el valle de Borau (Pirineo aragonés) entre 1957 y 2000. Se ha comprobado que el riesgo ha aumentado considerablemente a lo largo del periodo estudiado como consecuencia del incremento de los bosques de coníferas y de la vegetación arbustiva, fruto del abandono de campos de cultivo y de la extensificación ganadera. El descenso de la presión ganadera ha intervenido de forma determinante en el incremento del potencial riesgo de incendio. El factor más importante ha sido el retroceso del ganado lanar estante y la extensificación de sus áreas de pastoreo.

**Palabras clave:** Incendios forestales, pastoreo, impacto ganadero, montaña mediterránea, SIG, Pirineo.

**Abstract:** The study concerns the impact of livestock on the fire-risk evolution in Borau valley (Pyrenees) between 1957 and 2000. The risk has grown considerably due to an increase in pine woods and scrub areas because of land abandonment and livestock extensification. The decrease in livestock pressure has been crucial in the potential fire-risk increase. The decline of stay sheep and the extensification of their shepherding areas have been the most important factors in the process.

**Key words:** Fire forest, livestock impact, mediterranean mountains, GIS, Pyrenees.

---

\* Recibido: 12-9-2000; aceptado: 16-10-2000

## 1. Introducción

Los incendios forestales afectan a un importante número de hectáreas en España cada año. Las elevadas temperaturas, el estrés hídrico que sufre la vegetación durante el verano, las imprudencias humanas y una cobertura vegetal fácilmente inflamable provocan que el número de incendios aumente cada año, destruyendo amplias áreas de bosque y de matorral. La tendencia general ha sido la del incremento del área quemada. Entre 1987 y 1997 se produjeron en España más de 150.000 incendios forestales que afectaron a una superficie de 2.000.000 de ha. (Martín *et al.*, 1998).

La acción humana es el primer factor condicionante del fenómeno de los incendios forestales, ya que las negligencias y los incendios provocados son las principales causas (Vélez, 1986). El hombre interviene de forma directa a través de quemas de pastos, rastros, operaciones agrícolas, fuegos mal apagados, etc..., pero también lo hace indirectamente mediante actuaciones que afectan a la cubierta vegetal: éxodo y disminución de la población rural, abandono de campos de cultivo, disminución de los censos ganaderos y colonización por matorral de áreas poco o nada pastadas, repoblaciones masivas con coníferas y escasa extracción de leña.

Durante la época de explotación de la montaña mediante el sistema agrario tradicional, el aprovechamiento integral de los recursos amortiguaba la incidencia de los incendios: el pastoreo eliminaba la acumulación de pasto seco y la recogida de leña disminuía la biomasa vegetal muerta. En los últimos decenios, como consecuencia del éxodo rural y de la despoblación de la montaña, se ha producido en el monte una acumulación de materia vegetal (ramas y hojas) que incide en el incremento del riesgo de incendio. La marginación de antiguas superficies de cultivo ha dado lugar a áreas con un alto riesgo de inflamabilidad (Ferrer *et al.*, 1997), ya que en ellas la cubierta de matorral se desarrolla rápidamente con especies muy inflamables (Molinillo *et al.*, 1997).

Las repoblaciones forestales también han contribuido al incremento del riesgo de incendio, al haberse realizado fundamentalmente con coníferas, cuya probabilidad de ignición es diez veces mayor que la que corresponde a las frondosas (ICONA, 1981). Además, hay que sumar que con las repoblaciones forestales, es frecuente que se acote el monte durante bastantes años, impidiendo el aprovechamiento pastoral del mismo por temor a los daños que el ganado pudiera producir en las plántulas jóvenes, y permitiendo que se desarrolle un matorral impenetrable con especies de altas posibilidades de ignición, que elevan considerablemente el riesgo de producirse un incendio forestal.

La ganadería también ha jugado un importante papel en el incremento del riesgo de incendio. La presión ganadera ha disminuido en los espacios de montaña en las últimas décadas, lo que ha propiciado la desaparición de un elemento de control que

limitaba el crecimiento de especies arbustivas y eliminaba la materia seca muerta que presenta un mayor riesgo de incendiarse. Así mismo, la ganadería ovina trashumante ha sido sustituida por ganado vacuno por medio de razas importadas que demandan pastos de mayor calidad (Balcells, 1985), y que se adaptan peor a los pastos bastos de la montaña mediterránea. Numerosos autores se han hecho eco del problema (Ferrer y Broca, 1999; Zorita, 1991; Masson, 1999; Tsiouvaras *et al.*, 1999; Goby *et al.*, 1999;...), y entre los efectos de la creciente extensificación ganadera se menciona el incremento del combustible vegetal con riesgo de incendiarse.

Por esta razón, y dada la importancia que tienen los incendios forestales en la dinámica del paisaje, en la exportación de sedimentos y en el ecosistema, el objetivo de este trabajo es conocer la influencia directa que han tenido los diferentes sistemas ganaderos como elemento de control de la vegetación en relación con la variación del riesgo de incendio en un área de montaña. Para ello se ha analizado la evolución del riesgo de incendio y la presión ganadera que ha soportado el territorio pirenaico en los últimos cuarenta años. El estudio se ha llevado a cabo en el valle de Borau, donde se ha asistido a una desarticulación de las actividades tradicionales, un importante éxodo rural, un progresivo descenso de la presión ganadera y un fuerte incremento de la vegetación espontánea que ha incidido de forma importante en el riesgo de incendio.

## 2. El área de estudio

El valle de Borau se encuentra localizado en el Pirineo occidental aragonés, al norte de la provincia de Huesca (Figura 1). Se trata de un valle montañoso, con una altitud media de 1.372,4 m., y una importante gama de rangos altitudinales debido al elevado gradiente topográfico. Desde el sector más meridional, donde el río Lubierre sale del municipio, con una altitud de 840 m., hasta el pico de la Garganta de Borau con 2.566 m., la diferencia es de 1.726 m.

A lo largo del valle las pendientes predominantes oscilan entre el 20% y el 40%. Hay una gran homogeneidad geológica, con dominio litológico de las alineaciones del flysch, sólo interrumpido por algunas barras calcáreas (Soler-Sampere y Puigdefábregas, 1972). Los procesos geomorfológicos son muy activos, con predominio de procesos erosivos que determinan la evolución de las laderas (García-Ruiz y Puigdefábregas, 1982).

El clima se podría clasificar como submediterráneo de montaña, intermedio entre el mediterráneo templado y el oceánico húmedo. Biogeográficamente, el valle de Borau representa un espacio en el que se produce una transición entre las características vegetales de la alta montaña pirenaica y las de la Depresión intrapirenaica. En el sector más septentrional aparecen rasgos vegetales propios del piso alpino, mientras que en el sur del valle la vegetación presenta unos caracteres en los que se aprecian

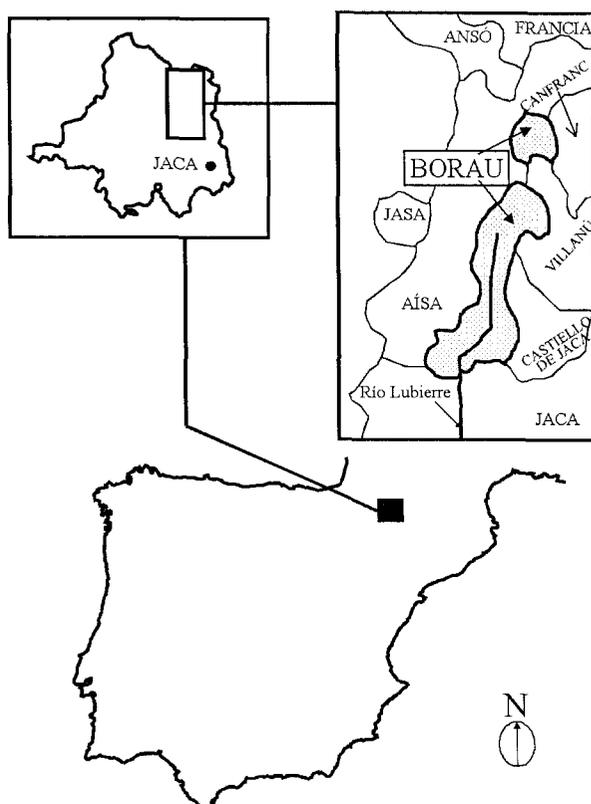


Figura 1. Área de estudio

las influencias climáticas mediterráneas. Chauvelier (1987) distingue en Borau dos ecosistemas bien diferenciados: entre 800 y 1800 m. de altitud aparece un ecosistema forestal correspondiente al piso montano, mientras que a partir de 1700-1800 m. existe un ecosistema supraforestal que se corresponde con el piso vegetal subalpino.

En el piso montano se dan dos series de vegetación (Rivas-Martínez, 1987). Por debajo de los 1.200 m. se encuentra el dominio de la serie montana pirenaica del roble peloso o *Quercus pubescens* (*Buxo sempervirentis-Querceto pubescentis sigmetum*); *vox populi*, VP, robledales pelosos. Por encima de los 1.200 m., y ocupando el piso montano hasta su sustitución por el piso subalpino, domina la serie altimontana pirenaica central calcícola del pino albar o *Pinus sylvestris* (*Echinosparto horridi-Pineto sylvestris sigmetum*); VP, pinares albares. El piso subalpino es el dominio de la serie pirenaica heliófila del pino negro o *Pinus uncinata* (*Arctostaphilo-Pineto uncinatae*); VP, Pinares negros con gayubas.

Ambos pisos vegetales han sido afectados enormemente por la acción humana, lo que se ha traducido en importantes cambios de la vegetación original. En la actualidad, en el piso montano predominan los matorrales de erizón (*Echinopartum horridum*) y los pinares secos con boj (*Buxus sempervirens*) y erizón (Montserrat, 1971), conviviendo con masas de pinares climácicos y quejigales. En el piso subalpino los pastizales son el elemento más característico, ocupando un sector que originalmente era forestal pero que la mano del hombre convirtió en pastos (Montserrat, 1992; Ferrer, 1988).

El valle de Borau ha perdido a lo largo del siglo XX el 83,5% de su población inicial. En la actualidad el valle presenta una estructura demográfica envejecida, de escaso dinamismo y cada vez más dependiente del exterior. El descenso poblacional ha provocado importantes transformaciones en la gestión tradicional del espacio, con un abandono generalizado de las prácticas agrícolas, un considerable retroceso de la ganadería y un incremento de la vegetación espontánea y del riesgo de incendio en el valle (Vicente Serrano, 2000).

### 3. Metodología

La hipótesis de partida es que el pastoreo del ganado ha ejercido una función determinante en el control de la vegetación natural, que es un factor destacable en el nivel de riesgo de incendio que presenta un territorio. Por ello, se pretendía conocer la influencia concreta de los diferentes sistemas ganaderos extensivos (ovino y vacuno) en la evolución del riesgo de incendio en función de la vegetación de un valle pirenaico. Se creó un Sistema de Información Geográfica como base para la elaboración de una cartografía sintética de riesgo de incendio. En primer lugar se estimó la evolución del riesgo de incendio en función de la vegetación. El siguiente paso fue la espacialización de la presión ganadera soportada por el territorio, creando una cobertura en la que se resumieran los últimos cuarenta años. Finalmente, se procedió a la superposición de ambas coberturas en un SIG y a la aplicación de análisis estadísticos multivariados para conocer la interacción espacial entre la evolución del riesgo de incendio y la presión ganadera soportada por el espacio.

Teniendo en cuenta que las características vegetales condicionan la inflamabilidad y combustibilidad se elaboró una cartografía de vegetación del valle de Borau en los años 1957 y 2000 a partir de fotografías aéreas y trabajo de campo (Vicente-Serrano *et al.*, 2000). Las categorías seleccionadas se recogen en la tabla 1. A partir de esta cartografía se desarrolló un análisis del riesgo de incendio en función de la vegetación en los años 1957 y 2000, creando una metodología que no evalúa con la precisión de otras la probabilidad de que ocurra un incendio forestal, al basarse únicamente en apreciaciones visuales (evolución de la cubierta y estructura de la vegetación), y no considerar algunas variables muy importantes (índice de vegetación

y humedad) que permite la teledetección (ver, por ejemplo, los trabajos de Chuvieco y Congalton, 1989; Salas y Chuvieco, 1994; Chuvieco y Salas, 1994; Chou, 1992). La aplicación de la metodología aquí utilizada se debe a la inexistencia de imágenes de satélite para la mayor parte del periodo estudiado, lo que impedía la comparación del riesgo de incendio en fechas recientes y pasadas y, además, porque el objetivo de este trabajo no era la realización de una cartografía de riesgo de incendio propiamente dicha, sino determinar la influencia de la ganadería en una de las variables que intervienen en el riesgo de incendio como es la vegetación, por lo que tampoco se han tenido en cuenta muchos otros factores a los que se debería recurrir para la elaboración de una auténtica cartografía de riesgo de incendio: dirección del viento, pendiente, exposición, cercanía a núcleos de población, etc..., y se ha afinado más en el estudio de la vegetación como elemento combustible.

Para determinar el riesgo de incendio en función de la vegetación de cada área se ha utilizado el índice de inflamabilidad (ICONA, 1981), las toneladas/ha de combustible que produce cada cubierta vegetal y la velocidad de propagación del incendio dentro de las mismas (ICONA, 1991). Hay que tener en cuenta que dentro de las comunidades boscosas encontramos especies cuyo riesgo de incendio es diferente: las frondosas arden con mayor dificultad que las coníferas. Sin embargo, y debido a la dificultad que entraña conocer la cobertura que corresponde a las diferentes especies de forma evolutiva a partir de fotografías aéreas, se optó por dar un valor a los bosques según su densidad, teniendo en cuenta que las masas predominantes son los pinares, con escasas manchas de quejigos, que además suelen formar bosques mixtos con los pinos. Una problemática similar ocurre con el grado de cubrimiento herbáceo en los campos abandonados, ya que este factor puede incidir en la mayor o menor propagación del fuego, sobre todo en verano. En este caso, los campos abandonados con matorral denso en el valle de Borau suelen presentar una abundante cubierta herbácea por debajo del matorral. Al contrario sucede con los campos abandonados con matorral claro, donde las diferentes matas se suelen ubicar entre suelos desnudos sometidos a procesos de erosión o en espacios con escasa cobertura herbácea. La dificultad de discriminar el grado de cubrimiento herbáceo que aparece entre el matorral o debajo del mismo hizo que se optara por agrupar las áreas de matorral denso por un lado y las de matorral claro por otro, sin considerar detenidamente la cubierta herbácea que presentan. Se consideró que el matorral denso presenta un mayor grado de riesgo respecto a la posibilidad de desarrollarse el fuego, debido no solamente a la densidad del matorral, sino también a su mayor cobertura herbácea.

Se ha identificado el riesgo de incendio de cada una de las categorías vegetales cartografiadas, estableciéndose una compartimentación dentro de los bosques, ya que tanto en el bosque denso como en el aclarado se ha diferenciado entre las áreas altimontanas, que presentan un escaso sotobosque y un predominio de la cubierta herbácea, y los bosques ubicados a menor altitud, con un importante cubrimiento de matorral y con el consiguiente superior riesgo de incendio.

En la tabla 1 se anotan los valores de coeficiente de inflamabilidad, modelo de combustible (Toneladas/ha), y velocidad de propagación en cada una de las categorías de cobertura vegetal en Borau. Para llevar a cabo la ponderación se dio un mayor peso a la variable velocidad de propagación: Muy alta = 100, Alta = 75, Media = 50 y Baja = 25, por ser el factor relacionado con la vegetación que más incide en el riesgo de incendio (Salas y Chuvieco, 1994). La ponderación se realizó mediante la siguiente formulación:

$$Ri = \frac{Ci + Mc + Vp}{3}$$

*Ri* = Riesgo de incendio en función de la vegetación.

*Ci* = Coeficiente de inflamabilidad

*Mc* = Modelo de combustible (T/ha)

*Vp* = Velocidad de propagación

Con esta metodología se obtuvo una serie de valores ponderados que se convirtieron en una escala de 0 a 10 (40,8 = 10), donde las diferencias fueran menores y se pudieran reclasificar (Tabla 2).

Utilizando estas categorías se realizaron dos mapas de riesgo de incendio en función de la vegetación (1957 y 2000). Se estableció un cruce entre ambos mapas en ArcView V3.2 con el fin de conocer la evolución de cada categoría, y se desarrolló una cobertura sintética en la que se recogían las transformaciones en el riesgo de

Tabla 1. Coeficiente de inflamabilidad, modelo de combustible y velocidad de propagación del fuego en las diferentes categorías vegetales. Fuente: ICONA (1981,1991)

<i>Uso del suelo</i>	<i>Coeficiente de inflamabilidad</i>	<i>Modelo de combustible (T/ha)</i>	<i>Velocidad de propagación</i>
1 Pastos supraforestales	0	1-2	Baja
2 Pastos supraforestales con matorral	0	5-8	Media
3 Bosque denso con herbáceas	3	10-12	Baja
4 Bosque denso con matorral denso	10	10-15	Alta
5 Bosque claro con herbáceas	3	10-15	Alta
6 Bosque claro con matorral denso	10	10-15	Alta
7 Bosque de repoblación	10	10-15	Muy alta
8 Matorral claro	10	5-10	Media
9 Matorral denso	10	10-15	Muy alta
10 Campos abandonados con matorral claro	10	5-10	Media
11 Campos abandonados con matorral denso	10	10-15	Muy alta
12 Parcelas con aprovechamiento agrario (cultivos, prados)	0	0	0
13 Roca sin cobertura vegetal	0	0	0
14 Núcleo de población	0	0	0

Tabla 2. Ponderación y valoración del riesgo de incendio

<i>Categorías vegetales</i>	<i>Valores ponderados</i>	<i>Valoración del riesgo</i>
1 Pastos supraforestales	8.8	2.1
2 Pastos supraforestales con matorral	18.8	4.6
3 Bosque denso con herbáceas	13.0	3.2
4 Bosque denso con matorral denso	32.5	7.9
5 Bosque claro con herbáceas	30.1	7.4
6 Bosque claro con matorral denso	32.5	7.9
7 Bosque de repoblación	40.8	10.0
8 Matorral claro	22.5	5.5
9 Matorral denso	40.8	10.0
10 Campos abandonados con matorral claro	22.5	5.5
11 Campos abandonados con matorral denso	40.8	10.0
12 Parcelas con aprovechamiento agrario (cultivos, prados)	0.0	0.0
13 Roca sin cobertura vegetal	0.0	0.0
14 Núcleo de población	0.0	0.0

Estos valores se reclasificaron en cinco categorías de riesgo de incendio:

0: Usos agrarios y roca sin vegetación; > 0 ≤ 5: Riesgo de incendio bajo; > 5 ≤ 7: Riesgo de incendio moderado; > 7 ≤ 9: Riesgo de incendio alto; > 9: Riesgo de incendio extremo

incendio en Borau en los últimos 43 años. Para ello se agruparon los pares de evolución (Tabla 3) y se creó un nuevo mapa en el que se muestra la evolución del riesgo de incendio en función de la vegetación en el valle de Borau en los últimos 43 años.

Una vez obtenida la cartografía de evolución del riesgo de incendio, el siguiente paso metodológico fue elaborar una información espacial adecuada de la presión

Tabla 3. Reclasificación de los pares de evolución del riesgo de incendio

<i>Categorías de riesgo</i>	<i>2000</i>					
	<i>1957</i>	<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>
1 Usos agrarios y roca sin vegetación		C	B	A	A	A
2 Riesgo de incendio bajo		D	C	B	A	A
3 Riesgo de incendio moderado		E	D	C	B	A
4 Riesgo de incendio alto		E	E	D	C	B
5 Riesgo de incendio extremo		E	E	E	D	C

- A Incremento fuerte del riesgo de incendio
- B Incremento moderado del riesgo de incendio
- C Mantenimiento del riesgo de incendio
- D Retroceso moderado del riesgo de incendio
- E Retroceso fuerte del riesgo de incendio

ganadera que ha soportado el valle en los últimos 43 años. Se partió de la información disponible en censos ganaderos y aprovechamientos pastorales en el Ayuntamiento de Borau y en la Cámara Agraria de Huesca. También se realizaron entrevistas a siete ganaderos de Borau. En estas entrevistas se preguntó sobre las áreas en las que permanece el ganado, el tipo de ganado que pasta, el periodo del año en que se produce el pastoreo y el tiempo que pasan los animales en cada espacio. Las preguntas hacían referencia al pastoreo actual y al que se ha producido a lo largo de todo el periodo estudiado. El contraste de la información se realizó, en el caso del pastoreo actual, mediante el seguimiento de los itinerarios de pastoreo que permitió verificar la información aportada por los ganaderos. En el caso del pastoreo de décadas pasadas se comprobó que los testimonios de los diferentes ganaderos coincidieran en cuanto a los itinerarios de cada una de las cabañas y al tiempo de permanencia del ganado y, además, la información se contrastó con la extensa bibliografía que existe sobre los ciclos de pastoreo del ganado pirenaico (Pallaruelo, 1993; García-González *et al.*, 1990; Fillat, 1980; García-Ruiz y Lasanta, 1992 y 1993; Remón, 1997; Latorre *et al.*, 1978).

El siguiente paso fue la elaboración de una cartografía de carga ganadera con la información del número de cabezas de ganado ovino y vacuno que han pastado en el municipio en los últimos cuarenta años, con los itinerarios y el tiempo de permanencia del ganado en cada uno de los espacios. Se optó por obtener un mapa que determinara las áreas que han sufrido una mayor o menor presión en pastoreo. Efectivamente, el valle ha experimentado importantes oscilaciones en los itinerarios de pastoreo que ha seguido el ganado y altibajos en las cabañas de ovino y vacuno, lo que desaconsejaba un simple cruce entre la presión en el momento inicial y final y el cálculo de la diferencia entre ambos, ya que este método no hubiera reflejado la presión ganadera real que ha experimentado el valle.

Señalando las diferentes áreas de pastoreo, la cartografía se completó indicando para cada año el número de días que ha pastado el ganado, vacuno y ovino, así como la carga ganadera, en UG/ha, de cada una de las cabañas obtenida a través de los censos ganaderos. Como las áreas de pastoreo y el tiempo que ha pastado cada uno de los ganados han ido cambiando, cada área de pastoreo ha sido corregida en función del número de años en que ha pastado el ganado mediante la elaboración de mapas intermedios y el cruce ponderado de los mismos. Como ya se ha dicho, en todo el proceso cartográfico se distribuyó al ganado ovino y vacuno para determinar el diferente papel que hayan podido tener ambas cabañas en la evolución del riesgo de incendio en función de la vegetación. No obstante, el mapa que se presenta en la figura 2, es un promedio anual resumen con una agrupación del ganado ovino y vacuno de sus últimos 43 años.

Para conocer la influencia de la ganadería en la evolución del riesgo de incendio se realizó una superposición de los mapas de evolución del riesgo de incendio y de carga ganadera media anual a lo largo del periodo estudiado. El resultado

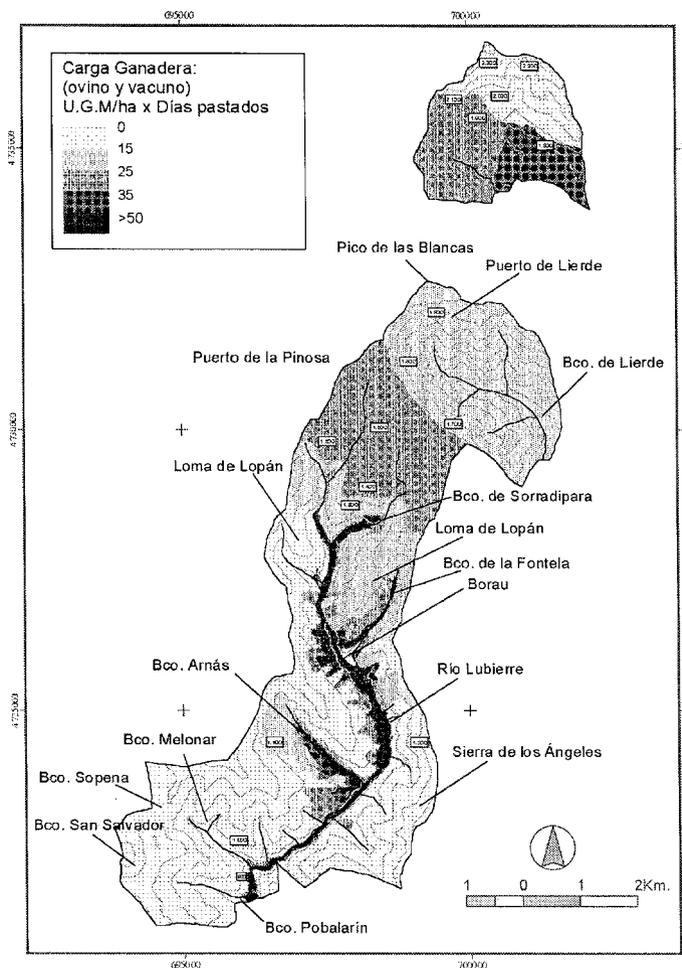


Figura 2. Carga ganadera, ovino y vacuno, en el valle de Borau en 1957-2000 (U.G./ha x días de pastoreo)

es una nueva cartografía que sintetiza la interacción existente entre la presión ganadera y el riesgo de incendio mediante la reclasificación del resultado del cruce. A la base de datos resultante se le aplicó un análisis multivariable para determinar la influencia de la ganadería. Se optó por la aplicación de un análisis discriminante, pues permite conocer la importancia de las diferentes variables en el modelo resultante.

## 4. Resultados

### 4.1 Evolución del riesgo de incendio

Entre 1957 y 2000 el riesgo de incendio se ha incrementado considerablemente (Tabla 4). En 1957 los sectores con riesgo de incendio alto y extremo representaban sólo el 21,3%, mientras que en la actualidad ocupan el 42,6% del territorio, lo que supone un incremento del 100% en los últimos cuarenta años. Por el contrario, el riesgo de incendio moderado ha pasado de ocupar 1.068,2 ha en 1957 a ocupar 370,9 ha en el año 2000. Dado que la categoría de bajo riesgo permanece prácticamente estable, puede interpretarse inicialmente que el incremento del riesgo de incendio ha tenido lugar sobre las áreas que corresponden a riesgo moderado.

Tabla 4. Extensión superficial de las diferentes categorías de riesgo de incendio (1957-2000)

Categoría de riesgo	1957		2000	
	Superficie (ha)	Porcentaje	Superficie (ha)	Porcentaje
Sin cubrimiento vegetal y usos agrarios	584,2	13,9	406,5	9,7
Riesgo de incendio bajo	1640,6	39,1	1623,6	38,7
Riesgo de incendio moderado	1068,2	25,5	370,9	8,8
Riesgo de incendio alto	195,9	4,6	987,7	23,5
Riesgo de incendio extremo	697,4	16,6	797,5	19,0
TOTAL	4186,2	100,0	4186,2	100,0

La tabla 5 indica el sentido de la evolución de cada una de las categorías de riesgo de incendio entre los años 1957 y 2000. Los sectores sin cobertura vegetal y los usos agrícolas han sufrido un retroceso del 36,2% en su superficie, que ha afectado en su práctica totalidad a los usos agrícolas debido al abandono de campos de cultivo en los últimos 43 años. De los campos que se han abandonado, el mayor porcentaje

Tabla 5. Evolución de las categorías de riesgo de incendio (1957-2000)

1957	2000					Total
	Sin cubrimiento vegetal y usos agrarios	Riesgo de incendio bajo	Riesgo de incendio moderado	Riesgo de incendio alto	Riesgo de incendio extremo	
Sin cubrimiento vegetal y usos agrarios	63,7%	1,6%	10,6%	6,5%	17,3%	100%
Riesgo de incendio bajo	0,0%	94,5%	0,0%	5,3%	0,0%	100%
Riesgo de incendio moderado	1,3%	1,1%	20,0%	28,0%	49,3%	100%
Riesgo de incendio alto	5,5%	5,8%	1,1%	84,5%	2,9%	100%
Riesgo de incendio extremo	1,2%	5,5%	13,1%	56,7%	23,3%	100%
TOTAL	9,7%	38,7%	8,8%	23,5%	19,0%	100%

(17,3% de su superficie inicial) ha pasado a una categoría de riesgo de incendio extremo. Este hecho se ha debido a que, tras el abandono, la sucesión de especies de matorral es muy rápida en esta área, y se mantiene durante varias décadas (40-60 años) una cubierta arbustiva densa muy inflamable (Molinillo *et al.*, 1994).

Las zonas de riesgo de incendio bajo han permanecido superficialmente constantes, fundamentalmente debido a que los usos del suelo que participan más en esta categoría corresponden a áreas de pastos supraforestales y a los bosques climácicos ubicados a mayor altitud, con un sotobosque escaso y poca materia seca muerta en el suelo. Además, las bajas temperaturas, las elevadas precipitaciones y la sombra del bosque van limitando el desarrollo de especies heliófilas fácilmente inflamables, por lo que esta categoría ha permanecido sin cambios apreciables. En cambio, la categoría de riesgo de incendio moderado ha tenido un comportamiento muy diferente al caso anterior. En primer lugar, hay que tener en cuenta que esta categoría se localizaba en el año 1957 en el sector meridional del municipio, ocupando un espacio antes cultivado en el que predominaban los campos colonizados por un matorral claro, como corresponde a laderas dejadas de cultivar unos años antes. Estos campos han estado inmersos en un proceso de sucesión vegetal, más o menos intenso en unos u otros sectores (según factores como altitud, pendiente, pastoreo, ...), pero fundamentalmente se ha caracterizado por el avance de matorrales (*Genista scorpius*, *Rosa s.p.*, *Crataegus monogyna*, *Juniperus communis*, *Buxus sempervirens*), y de especies arbóreas pirófitas (pino silvestre sobre todo), que incrementan enormemente el riesgo que tiene el monte de incendiarse.

Junto al proceso de sucesión vegetal que incrementa el riesgo, hay que contar con el proceso de repoblación forestal (Chauvelier, 1987). La repoblación mediante pinos jóvenes, y el crecimiento intenso del sotobosque en áreas de antiguos campos de cultivo ha propiciado que aumente considerablemente el riesgo. La categoría de riesgo de incendio moderado sólo ha mantenido el 20% de la superficie que ocupaba en 1957, mientras que el 77,3% ha pasado a una categoría de mayor riesgo. El riesgo de incendio se ha incrementado en estas áreas gracias a la densificación de la cubierta vegetal, que ha repercutido en el incremento de materia seca muerta y de la cantidad de combustible.

La topografía ha sido un factor importante en el incremento del riesgo de incendio en función de la vegetación, ya que el 53,2% del incremento más fuerte se ha producido en orientaciones meridionales, frente a sólo un 12,4% en orientaciones norte (Tabla 6). Este hecho agrava todavía más el problema, ya que en orientaciones sur, con una elevada insolación y temperaturas más altas, se incrementa el riesgo de incendio de forma importante. Lo mismo sucede, aunque en menor medida, en el caso del incremento moderado, donde un 25,9% se ha producido en umbrías, frente a un 37,5% en las solanas. El retroceso moderado del riesgo, en cambio, se ha introducido principalmente en las umbrías (51,7%), lo que indica que la mayor humedad facilita el crecimiento de los árboles, dificultando el desarrollo de especies arbustivas heliófilas fácilmente inflamables.

Tabla 6. Evolución del riesgo de incendio en función de la vegetación según la exposición (%)

	Llano	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	Total
Incremento fuerte	2.2	1.1	7.5	17.5	21.2	14.2	17.9	14.6	3.9	100.0
Incremento moderado	8.1	0.1	17.7	14.2	7.8	7.7	22.0	14.3	8.1	100.0
Mantenimiento	0.7	2.4	9.9	12.9	17.6	24.4	19.1	8.8	4.4	100.0
Retroceso moderado	8.6	7.0	31.1	10.5	7.3	3.1	5.7	13.1	13.6	100.0
Retroceso fuerte	0.1	0.1	8.0	13.7	9.6	18.9	17.7	22.1	9.9	100.0

Las áreas de riesgo de incendio alto, al igual que en el caso de los sectores de riesgo bajo, han mantenido prácticamente inalterada su superficie original. Esto se debe a que una vez que la sucesión vegetal llega a un nivel avanzado en el que la cubierta la constituyen bosques de coníferas, éstos mantienen sus caracteres durante muchos años e igualmente su riesgo de incendio, ya que la aparición de especies caducifolias más resistentes a la ignición y la expulsión de los pinos tarda en producirse muchos años. Los bosques submediterráneos que se están desarrollando en la actualidad son, pues, áreas de un riesgo de incendio alto que se mantiene durante mucho tiempo.

Finalmente, la categoría de riesgo de incendio extremo ha sido muy inestable en estos años, ya que aunque haya aumentado su superficie en 100 ha, sólo el 23,3% de la superficie que ocupaba en 1957 se ha mantenido en esta categoría. La evolución de la superficie original de riesgo extremo ha seguido dos tendencias: disminución y en menor porcentaje mantenimiento. El principal aporte ha procedido de las áreas de riesgo de incendio moderado a causa de la densificación de un matorral que incrementa el riesgo. El retroceso mayor del riesgo se ha producido por un aclaramiento del matorral que ha perdido densidad. No obstante, el mayor porcentaje del retroceso lo ha recogido la categoría de riesgo de incendio alto, debido al desarrollo y densificación del bosque. Con el incremento de la cubierta arbórea se reducen las especies heliófilas que componen el matorral, produciendo menos materia seca de combustible. No pensemos que en este proceso se reduce considerablemente el riesgo, ya que en el bosque continúan predominando las coníferas y la materia seca que puede prender sigue siendo muy elevada.

En conclusión, la evolución del riesgo de incendio en el valle de Borau se puede resumir en las siguientes fases:

1. Abandono de la gestión tradicional e incremento del riesgo de incendio en función de la vegetación a causa del crecimiento de herbáceas y matorral en antiguos campos de cultivo. A lo largo del siglo xx el abandono de campos de cultivo ha afectado a un 40,1% de la superficie del valle (Vicente-Serrano, 2000), por lo que se han visto afectados espacios de muy diferente topografía, exposición y pendiente, por debajo de los 1.400 m. (ubicación preferente de los

campos de cultivo durante el sistema tradicional). El predominio de las herbáceas se mantiene unos 10-15 años después del abandono, hasta que se produce la densificación de los matorrales que se instalan progresivamente, afectando tanto a solanas como umbrías.

2. Densificación del matorral y aparición de pinos jóvenes que aumentan enormemente el riesgo de inflamabilidad. Paralelamente se producen repoblaciones que tienen el mismo efecto que la revegetación natural. El matorral suele hacerse dominante a los 10 años después del abandono de los campos (Molinillo *et al.*, 1997), y a partir de ese momento se produce la entrada de pinos que se ve favorecida por la localización en umbrías y por la cercanía de bosques. Es la fase donde el riesgo de incendio es mayor.
3. Con el crecimiento de la vegetación arbórea se desarrolla un bosque de carácter cada vez más umbrófilo, que facilita la mayor humedad y evita la entrada de especies heliófilas. El riesgo de incendio sigue siendo alto, ya que las especies arbóreas predominantes son pinos y el matorral pierde densidad muy lentamente. La llegada a esta fase no es uniforme, y en las solanas se produce una evolución más lenta debido a las limitaciones ecológicas, al igual que sucede sobre pendientes fuertes. Sin embargo, debido a que el principal abandono de campos de cultivo se produjo en las primeras décadas del siglo xx y a que la evolución hacia el bosque caducifolio es muy lenta, la mayor parte de las áreas del valle que se ubican por debajo de 1.400 m. se encuentran actualmente en esta fase.
4. La última fase, a la que en el valle de Borau no se ha llegado excepto en sectores muy concretos, consiste en la sustitución de las coníferas por especies caducifolias, en este caso quejigos, que constituyen un bosque más húmedo, con un sotobosque más difícilmente inflamable y que reduce considerablemente el riesgo de incendio.

El valle de Borau se encuentra en una etapa transicional entre la fase 2 y la fase 3. Una buena parte del valle (fundamentalmente áreas del sector meridional a más baja altitud) presenta un riesgo alto o extremo (Tabla 4). En otras zonas ya se había llegado a esa situación anteriormente (a causa del abandono más temprano) y en la actualidad se está en la fase 3, con un riesgo alto debido a la densificación progresiva de los bosques de pinos. La tabla 7 y la figura 3 indican que los sectores en los que se ha producido un incremento del riesgo de incendio (1135,6 ha) superan en superficie a las áreas en las que se ha reducido el riesgo (587 ha), por lo que es de esperar que todavía pasen muchas décadas antes de que se pueda producir una reducción generalizada del potencial riesgo de incendio en el valle de Borau.

Tabla 7. Evolución del riesgo de incendio (1957-2000)

<i>Evolución del riesgo</i>	<i>Superficie (ha)</i>	<i>Porcentaje</i>
Incremento fuerte del riesgo de incendio	821,5	19,6
Incremento moderado del riesgo de incendio	315,1	7,5
Mantenimiento del riesgo de riesgo de incendio	2462,6	58,8
Retroceso moderado del riesgo de incendio	422,6	10,1
Retroceso fuerte del riesgo de incendio	164,4	3,9
<i>Total</i>	<i>4186,2</i>	<i>100,0</i>

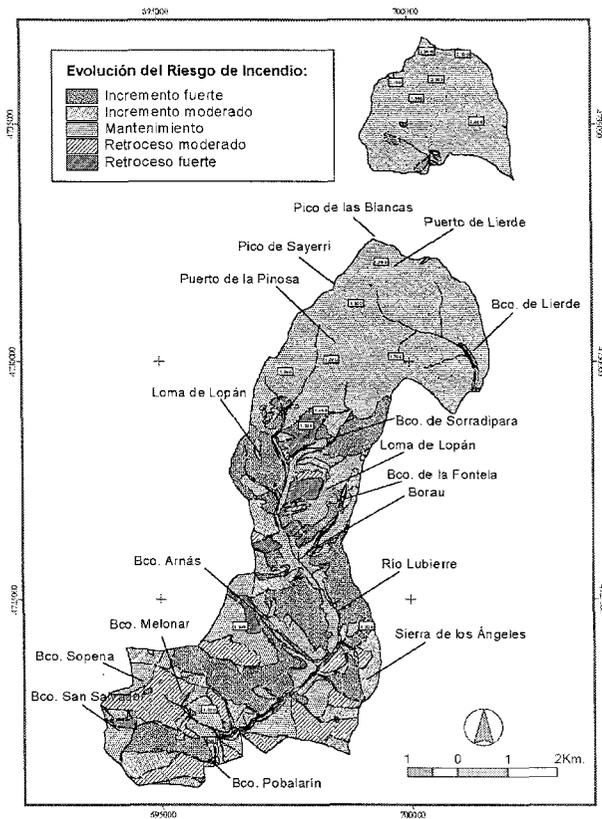


Figura 3. Evolución del riesgo de incendio en función de la vegetación en el valle de Borau (1957-2000)

## 4.2 Influencia de los sistemas ganaderos en la evolución del riesgo de incendio en función de la vegetación

Se ha comprobado que en el valle de Borau ha aumentado la potencialidad de sufrir incendios forestales debido a la naturaleza de la vegetación, muy condicionada por la utilización que el hombre ha hecho del espacio en tiempos históricos y recientes. La ganadería tiene un importante papel en el control de la vegetación, ya que el consumo mediante pastoreo limita el vuelo de los vegetales, eliminando materia seca fácilmente inflamable y reduciendo la cantidad de materia combustible que podría arder en un incendio. La interacción en un SIG de la información de evolución del riesgo de incendio y de la presión ganadera soportada por el territorio, y la aplicación de un análisis discriminante ha permitido conocer cuál ha sido la influencia directa, tanto del ganado vacuno como del ovino, en la evolución del riesgo de incendio en el valle de Borau en los últimos 43 años.

La tabla 8 muestra los resultados del análisis discriminante para la evolución del riesgo de incendio. Se indica el peso de las funciones discriminantes, las cuales son significativamente representativas. La función 1 es la que absorbe la mayor parte de la varianza (92,3%). La función 2 queda ya a mucha distancia, con un 6,9%, mientras que la función 3 apenas explican la varianza de las variables (menos del 1%).

En la tabla 9 se anotan los centroides de cada una de las categorías de evolución del riesgo de incendio. La primera función, que acumula el 92,3% de la varianza, hace una separación entre aquellas áreas en las que se ha producido un incremento fuerte y moderado, además de un retroceso moderado del riesgo de incendio, de aquellos otros sectores con mantenimiento o retroceso fuerte del riesgo de incendio. La primera función no separa las categorías como sería previsible, ya que dentro del mismo grupo introduce los sectores de incremento así como las áreas de retroceso moderado. Esto se explica porque los sectores que han experimentado menor presión ganadera se encontraban en situaciones diferentes de riesgo inicial. Había áreas en las que el riesgo de incendio era alto por el predominio de matorrales o bosques claros de coníferas. La densificación de la cubierta vegetal, favorecida por el abandono ganadero, ha incidido en el desarrollo de bosques de carácter más umbrófilo y, por

Tabla 8. Resultados del análisis discriminante respecto de la influencia de la ganadería en el riesgo de incendio del valle de Borau (1957-2000)

Función	% de varianza	% acumulado	correlación c.	sig.
Función 1	92,32	92,32	0,55	0,000
Función 2	6,88	99,20	0,18	0,000
Función 3	0,80	100,00	0,06	0,000

Tabla 9. Funciones de los centroides de los grupos de evolución del riesgo de incendio (1957-2000)

<i>Evolución del riesgo</i>	<i>Funciones</i>		
	<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>
Incremento fuerte	0,370	0,123	-0,070
Incremento moderado	0,973	-0,018	-0,111
Mantenimiento del riesgo	-0,483	-0,065	0,010
Retroceso moderado	1,422	-0,153	0,115
Retroceso fuerte	-0,129	0,802	0,118

lo tanto, en que se produzca un retroceso moderado del riesgo. En cambio, en las áreas donde en 1957 había un riesgo bajo, por el predominio de la cubierta herbácea, el abandono ha provocado un avance del matorral o del bosque claro, que ha incidido en el incremento del riesgo de incendio.

La función 2, que explica un 6,8% de la varianza, discrimina entre los espacios en los que se ha producido una muy fuerte evolución, tanto hacia el incremento como al retroceso del riesgo de incendios, y las áreas en las que se ha mantenido el riesgo o la evolución ha sido moderada. En la función 3, que explica menos del 1% de la varianza, es donde se discrimina entre incremento y retroceso del riesgo, si bien, a causa del escaso peso de esta función esta discriminación no se puede considerar.

La tabla 10 indica la influencia que tiene cada una de las variables en la explicación de las funciones discriminantes. En el caso de la función 1, el ganado ovino es el que tiene un mayor peso, ya que ejerce una escasa presión sobre las áreas pastoreadas, influyendo en el incremento del riesgo de incendio o en el retroceso moderado del mismo. El que la carga ganadera y el tiempo de permanencia en pastoreo tengan signos contrarios en la primera función, se debe a que las áreas del valle en las que más tiempo permanece el ganado ovino representan una superficie impor-

Tabla 10: Coeficientes estandarizados de las funciones discriminantes canónicas resultantes de la evolución del riesgo de incendio (1957-2000)

<i>Variables</i>	<i>Funciones</i>		
	<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>
Días en que ha pastado el ganado ovino	0,589	-0,541	0,537
Días en que ha pastado el ganado vacuno	-0,130	0,967	0,217
Carga ganadera (vacuno)	-0,266	0,617	0,408
Carga ganadera (ovino)	-0,549	-0,346	0,502

tante, lo que provoca que la carga ganadera por ha. sea baja. La función 2 (6,8% de la varianza) queda explicada fundamentalmente por los días que pasta y la carga ganadera del ganado vacuno. La localización espacial del pastoreo del ganado vacuno explica que discrimine entre cambios fuertes y cambios moderados en el riesgo de incendio, fundamentalmente por el hecho de que el pastoreo se concentra en áreas más concretas (prados y puertos de verano) y estables en su evolución vegetal, en las que el mantenimiento del riesgo de incendio ha sido la tónica general.

La Figura 4 muestra la relación existente entre las cabañas de ganado vacuno y ovino y la evolución del riesgo de incendio en el valle de Borau. Las áreas en las que ha pastado el ganado ovino han sido aquéllas en que en mayor medida se ha incrementado el riesgo de incendio, propiciado fundamentalmente por el retroceso de la cabaña estante de este tipo de ganado que ha llevado a una menor presión sobre la vegetación herbácea y arbustiva. Ésta ha incrementado su área de distribución con especies heliófilas de alto índice de combustibilidad, fruto del abandono de una enorme superficie anteriormente cultivada.

El ganado ovino ha tenido un papel fundamental en la evolución del riesgo de incendio. No obstante, la influencia no se ha producido en una única dirección, ya que la escasa presión ganadera por parte del ganado ovino ha intervenido, como agente principal, en diferentes categorías de evolución del riesgo de incendio. En aquellos espacios en los que el riesgo de incendio era moderado (pastos, áreas de vegetación herbácea), ha aumentado por el abandono del ganado ovino y, consecuentemente, por el incremento del matorral. Paralelamente a este proceso, el abandono de los espacios boscosos, con densa cubierta arbustiva ha propiciado que la

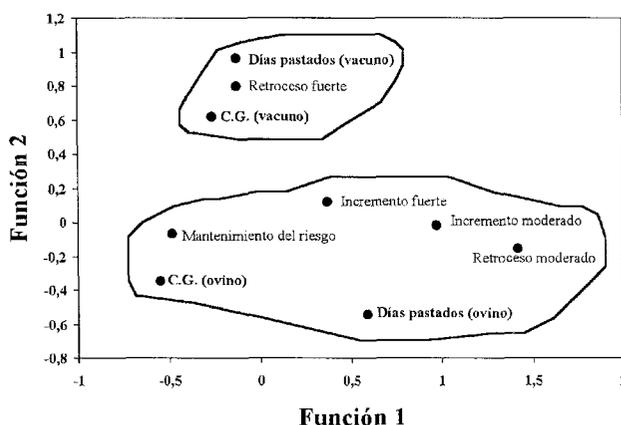


Figura 4. Distribución de las variables ganaderas y de las categorías de evolución del riesgo de incendio según las 1ª y 2ª funciones obtenidas en el análisis discriminante

sucesión vegetal continúe. Los bosques se han densificado y se han hecho más umbríos, reduciéndose de forma moderada el riesgo de incendio. Estas áreas han pasado a una categoría de riesgo de incendio alto. Un pastoreo intenso en estos sectores hubiera producido una evolución muy diferente. Las áreas de riesgo moderado no habrían pasado a un riesgo extremo, ya que el pastoreo habría evitado el desarrollo del matorral, y los sectores de riesgo extremo se habrían reducido de forma más notable, al ser consumida por el ganado buena parte de la vegetación que compone el sotobosque.

El ganado vacuno ha tenido una influencia menor que el ganado ovino debido a la mayor restricción de sus áreas de pastoreo, pero ha intervenido en aquellos espacios cuyo riesgo de incendio se ha reducido de forma intensa como consecuencia del retroceso de la cubierta de matorral, ya que las áreas que han soportado el pastoreo del ganado vacuno lo han hecho con una presión muy superior a la de los sectores pastados por el ganado ovino.

Todos estos análisis nos permiten afirmar que el ganado ovino, debido a su dimensión espacial, a la localización y a la duración del pastoreo, ha tenido una mayor influencia que el vacuno en la evolución del riesgo de incendio en el valle de Borau, donde el progresivo retroceso de este tipo de ganado ha contribuido al incremento del matorral y a un cada vez mayor riesgo de incendio.

La figura 5 muestra la evolución del riesgo de incendio en función de la vegetación según la carga ganadera en las diferentes áreas del valle, y en la tabla 11 se incluyen los valores promedio de evolución del riesgo de incendio en cada una de las variables ganaderas que se han tenido en cuenta para la elaboración del análisis:

En relación con dicha tabla, cabe reseñar lo siguiente:

1. El incremento del riesgo de incendio se ha producido en sectores que han soportado una escasa presión por parte del ganado, lo que ha permitido el

Tabla 11. Promedio de las variables ganaderas para las diferentes categorías de evolución del riesgo de incendio (1957-2000)

<i>Evolución del riesgo</i>	<i>Días pastados (ovino)</i>	<i>Días pastados (vacuno)</i>	<i>Carga ganadera. Vacuno(UG/ha)</i>	<i>Carga ganadera. Ovino(UG/ha)</i>
Incremento fuerte	69,6	28,6	0,1	0,1
Incremento moderado	86,2	22,7	0,1	0,0
Mantenimiento del riesgo	55,4	27,2	0,1	0,1
Retroceso moderado	104,4	19,0	0,0	0,0
Retroceso fuerte	47,3	48,6	0,2	0,1

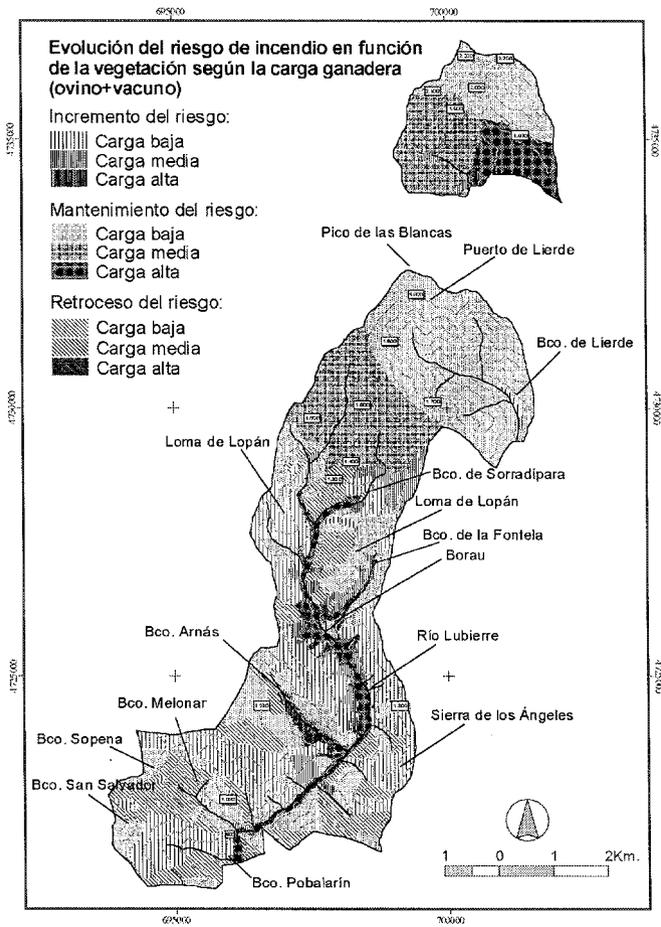


Figura 5. Evolución del riesgo de incendio en función de la vegetación según la carga ganadera (1957-2000)

desarrollo de un denso matorral de especies con un marcado pirofitismo, fundamentalmente en la mitad meridional del municipio. El incremento del riesgo de incendio en función de la vegetación ha afectado fundamentalmente a las laderas que enmarcan el río Lubierre, cuyas pendientes son muy pronunciadas (>40%). Se trata de áreas que se corresponden con una muy baja carga ganadera (promedio <25 U.G./días pastados), lo que corrobora la hipótesis de partida, permitiendo afirmar que la baja presión ganadera ha sido un factor importante en el incremento del riesgo de incendio en función de la vegetación.

2. El retroceso moderado del riesgo de incendio ha afectado a dos áreas muy diferentes. En las áreas de menor altitud se ha producido como consecuencia de la baja carga ganadera. La sucesión vegetal ha seguido su curso sin perturbaciones, lo que ha incidido en una mayor densidad de los bosques y en un retroceso del matorral heliófilo, disminuyendo por tanto el riesgo de incendio en función de la vegetación de forma moderada. A altitudes más elevadas se encuentran las áreas más extensas del valle en las que se ha mantenido el riesgo de incendio en función de la vegetación. Se corresponden con pastos de puerto y bosques naturales ubicados a mayor altitud, donde la ganadería ha tenido una menor influencia a pesar de las diferencias de presión, ya que por las condiciones ecológicas inherentes a estas comunidades vegetales el riesgo de incendio es muy bajo.
3. El retroceso del riesgo de incendio se ha producido fundamentalmente en áreas de escasa presión, principalmente áreas de pastoreo del ganado ovino, en el sector meridional del valle. Se trata de sectores que en el año 1957 presentaban un elevado riesgo de incendio, ya que tras el abandono agrícola a principios de siglo los campos se encontraban a mediados de siglo cubiertos de un denso matorral y de bosques de coníferas muy claros. El reducido pastoreo incidió en la densificación del bosque y en el retroceso del riesgo de incendio en función de la vegetación. Las escasas áreas que han experimentado un fuerte retroceso del riesgo de incendio se ubican en los boalares (zonas adhesionadas) de aprovechamiento pastoral por parte del ganado vacuno. La mayor presión ejercida por este ganado ha podido producir de forma localizada un efecto desbroce que limite el matorral y el riesgo de incendio en función de la vegetación.

La tabla 12 muestra el poder discriminante de las variables ganaderas utilizadas cuando se ha determinado su influencia en la evolución en el riesgo de incendio. Estas variables explican el 46,7% de los cambios en el riesgo, porcentaje muy considerable, ya que sólo se han tenido en cuenta unos pocos factores como son la

Tabla 12. Clasificación de los resultados del análisis discriminante aplicado a la variación del riesgo de incendio (1957-2000)

<i>Evolución del riesgo</i>	<i>Incremento fuerte</i>	<i>Incremento moderado</i>	<i>Mantenimiento del riesgo</i>	<i>Retroceso moderado</i>	<i>Retroceso fuerte</i>	<i>Total</i>
Incremento fuerte	18,6	0,5	26,7	36,2	17,7	100,0
Incremento moderado	29,9	0,4	3,0	52,6	13,9	100,0
Mantenimiento del riesgo	3,9	2,7	54,4	7,7	31,1	100,0
Retroceso moderado	9,7	0,1	0,1	81,0	8,9	100,0
Retroceso fuerte	6,1	1,9	13,5	9,1	69,1	100,0

Clasificados correctamente el 46.7% de los casos agrupados originales

carga ganadera (en U.G.) y los días pastados por el ganado, y no se han incluido innumerables factores edáficos, climáticos, topográficos, biológicos, etc..., que tienen una importante influencia en el proceso de sucesión vegetal natural. Además, el que el incremento fuerte se haya producido en gran medida en los sectores afectados por repoblación forestal ha incidido en que intervengan otros factores antrópicos externos a la ganadería que no se han introducido en el modelo.

## 5. Conclusiones

Se ha analizado la influencia indirecta del hombre en el riesgo de incendio en la montaña pirenaica a través del pastoreo de sus herbívoros. La metodología planteada, basada en Sistemas de Información Geográfica y técnicas estadísticas multivariantes, se ha mostrado adecuada respecto a los objetivos del trabajo. Esta metodología ha permitido determinar que en el área de estudio se ha producido un incremento generalizado del riesgo de incendio, debido, por un lado, a que buena parte del valle de Borau se encuentra inmerso en un proceso de matorralización y, por otro lado, al incremento de la cubierta boscosa, fundamentalmente coníferas.

El progresivo abandono ganadero, fruto de la desestructuración social pirenaica, ha tenido un considerable impacto en la evolución del riesgo, ya que el descenso del pastoreo y de la presión ganadera y el incremento de cubiertas de matorral y bosque fácilmente inflamable han ido de la mano. Se ha demostrado cómo han sido las áreas de pastoreo tradicional del ganado ovino en las que en mayor medida se ha incrementado el riesgo de incendio, propiciado fundamentalmente por el retroceso de la cabaña lanar estante que ha abandonado progresivamente el aprovechamiento de antiguos campos de cultivo y de sectores de monte submediterráneo, fácilmente colonizable por especies de alto índice de inflamabilidad. El ganado vacuno, en cambio, al presentar unas áreas de pastoreo más reducidas que el ganado lanar y al haberse mantenido un mayor número de unidades ganaderas, ha propiciado que en los sectores utilizados por el vacuno de forma más intensiva se reduzca el riesgo de incendio.

Se ha podido determinar, pues, que las cabañas ganaderas han tenido un importante papel en el aumento o retroceso del riesgo de incendio. Los resultados de este estudio parecen otorgar un papel más favorable al vacuno que al ovino. No obstante, cabe pensar que los efectos están más condicionados por la carga ganadera y por el tipo de pastoreo que por la especie en sí misma. Y así, las áreas muy frecuentadas por el ganado (ovino o vacuno) y que soportan una presión ajustada a la disponibilidad de recursos, pueden mantener una cubierta de herbáceas de forma permanente, mientras que las no visitadas o las pastadas de forma muy ocasional tienden a

cubrirse de matorrales, perdiendo capacidad pastoral e incrementando el riesgo de incendio. Como en el valle de Borau el descenso más acusado ha correspondido al ovino, la especie dominante en el pasado, son las áreas utilizadas por éste las que han incrementado el riesgo de incendio en mayor medida.

En cualquier caso, se ha puesto de manifiesto el importante papel que puede ejercer la ganadería extensiva en el control del riesgo de incendio. El desbroce de áreas cercanas a los pueblos, sobre suelos y pendientes adecuadas, en áreas de montaña marginadas que han sufrido un destacado proceso de colonización por matorral (Lasanta y García-Ruiz, 1988), y la reintroducción de ganados adecuados para ello como es el caprino (Celada *et al.*, 1989), contribuiría en la limpieza del sotobosque de masas forestales que podrían evolucionar hacia bosques más húmedos con una mayor presencia de cubierta herbácea, que mejoraría la disponibilidad de recursos forrajeros además de presentar una fuerte resistencia a la génesis y propagación de fuegos.

## 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); «La identificación de fuentes de sedimento y áreas generadoras de escorrenría en relación con los cambios de uso del suelo» (REN2000-1709-CO4-01/GLO), financiado por la CICYT; y «La recuperación del espacio agrícola como estrategia de gestión integrada del territorio en áreas de montaña: El ejemplo de los Altos valles del Aragón y del Gállego» (P049/2000), financiado por la Diputación General de Aragón. Sergio M. Vicente contó con una ayuda de investigación de la Institución Fernando el Católico (Diputación de Zaragoza) en su convocatoria del año 2000.

## Bibliografía

- Balcells, E. (1985): Reciente transformación de la cabaña ganadera. En *III Coloquio Nacional de Geografía Agraria*, p. 163-237.
- Celada, J.D., Zorita, E. y Gaudioso, V.R. (1989): La degradación de los pastos naturales españoles y su relación con la crisis de la ganadería extensiva. Papel de la cabra en el mantenimiento y recuperación de los ecosistemas pastorales. *A.Y.M.A.* 29, 2, p. 64-71.
- Chauvelier, F. (1987): *Reboisements et aménagement de l'espace. L'exemple de la province de Huesca (Espagne)*. Burdeos, Universidad de Burdeos III, tomo 1 y 2.
- Chou, Y.H. (1992): Management of wildfires with a geographical information system. *Int. J. Geographical Information Systems*, vol 6 (2), p. 123-140.
- Chuvieco, E. y Congalton, R.C. (1989): Application of Remote Sensing and

- Geographic Information System to Forest Fire Hazard Mapping. *Remote Sens. Environ*, 29, p. 147-159.
- Chuvieco, E. y Salas, J., (1994): Mapping the spatial distribution of forest fire danger using GIS. *Int. J. Geographical Information Systems* 10 (3), p. 333-345.
- Ferrer, C. (1988): Los recursos pascícolas del Pirineo Aragonés. En *Actas de la XXVIII Reunión Científica de la Sociedad Española para el Estudio de los Pastos*, p. 23-65.
- Ferrer, C. y Broca, A. (1999): El binomio agricultura y ganadería en los ecosistemas mediterráneos. Pastoreo frente a «Desierto verde». En *Actas de la XXXIX Reunión Científica de la Sociedad Española para el estudio de los Pastos*, p. 309-334.
- Ferrer, V., Ferrer, C., Broca, A. y Maestro, M. (1997): Efecto desbroce provocado por el ganado en pastos arbustivos mediterráneos de *Genista scorpius* (L.) DC. y *Quercus coccifera* L. En *Actas de la XXXVII Reunión científica de la Sociedad Española para el Estudio de los Pastos*, p. 49-56.
- Fillat, F. (1980): *De la trashumancia a las nuevas formas de ganadería extensiva. Estudio de los valles de Ansó, Hecho y Benasque*. Madrid, Universidad Politécnica de Madrid, Escuela técnica superior de Ingenieros Agrónomos.
- 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: a case study in the Aragon Valley. *Mountain Research and Development*, 10 (3), p. 241-255.
- García-Ruiz, J.M. y Puigdefábregas, J. (1982): Formas de erosión en el flysch eoceno surpirenaico. *Cuadernos de Investigación geográfica*, 8, p. 85-128.
- García-Ruiz, J.M. y Lasanta, T. (1992): Crisis de la trashumancia y abandono de los recursos ganaderos en el Pirineo aragonés. *Quercus*, 80, p. 26-32.
- García-Ruiz, J.M. y Lasanta, T. (1993): Land-use conflicts a result of land-use change in the Central Spanish Pyrenees: a review. *Mountain Research and Development*, 13 (3), p. 295-304.
- Goby, J.P., Rochón, J.J., Sibers, A. y Devoucoux, J. (1999): Analyse des facteurs qui influencent la repousse arbustive sur des pare-feu pâtures en zone méditerranéenne française. *Options Méditerranéennes*, A-38, p. 153-156.
- ICONA (1981): *Técnicas para defensa contra incendios forestales*. Madrid, ICONA.
- ICONA (1991): *Clave fotográfica para la identificación de modelos de combustible*. Madrid, ICONA, tomos 1 y 2.
- Lasanta, T. y García-Ruiz, J.M. (1998): La gestión de los usos del suelo como estrategia para mejorar la producción y la calidad del agua. Resultados experimentales en el Pirineo central español. *Cuadernos de Investigación Geográfica*, 24, p. 39-57.
- Latorre, S., Maza, Laliena, L. y Sanclemente, F.A., (1978): *Estudio agronómico de la Jacetania*. Huesca, volumen 1 y 2.
- Martín, M.P., Chuvieco, E. y Aguado, I. (1998): La incidencia de los incendios forestales en España. *Serie Geográfica*, vol 7, p. 23-36.
- Masson, Ph. (1999): Effet du pâturage sur le contrôle de la strate arbustive sous suberaie: analyse du territoire de 4 élevages dans les Pyrénées méditerranéennes (France). *Options Méditerranéennes*, B-27, p. 165-172.
- Molina, M<sup>a</sup>.J. y Sanroque, P. (1996): Impact of forest fires on desertification processes: A review in relation to soil erodibility. En Rubio, J.L. y A.Clavo (eds), *Soil degradation and desertification in mediterranean*

- environnements*. Logroño, Geoformas ediciones, p. 145-164.
- Molinillo, M., Lasanta, T. y García-Ruiz, J.M. (1994): Sucesión vegetal y recursos pastorales en campos abandonados del Pirineo central. En *VIII Coloquio de Geografía Rural*, p. 236-241.
- 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.
- Montserrat Martí, J.M. (1992): *Evolución glaciaria y postglaciaria del clima y la vegetación en la vertiente sur del Pirineo, estudio palinológico*. Madrid, Consejo Superior de Investigaciones Científicas.
- Montserrat, P. (1971): El ambiente vegetal Jacetano. *Pirineos*, 101, p. 5-22.
- Pallaruelo, S. (1993): *Cuadernos de la trashumancia, nº 6: Pirineo aragonés*. Madrid, ICONA.
- Remón Aldabe, J.L. (1997): *Estructura y producción de pastos en el Alto Pirineo Occidental*. Pamplona, Universidad de Navarra (tesis doctoral inédita).
- Rivas-Martínez, S. (1987): *Mapa de series de vegetación de España*. Madrid, ICONA.
- Salas, F.J. y Chuvieco, E. (1994): Sistemas de Información Geográfica y Teledetección en la prevención de incendios forestales: un ensayo en el macizo oriental de la Sierra de Gredos. *Estudios Geográficos*, 217, p. 683-710.
- Soler-Sampere, M. y Puigdefábregas, C. (1972): Esquema litológico del alto Aragón occidental. *Pirineos* 106, p. 5-15.
- Tsiouvaras, C.N., Nastis, A., Papachristou, T., Platis, P. y Yiakoulaki, M. (1999): Kermes oak shrubland resource availability and grazing responses by goats as influenced by stocking rate and grazing system. *Options Méditerranéennes*, B-27, p. 155-164.
- Vélez, R. (1986): Incendios forestales y su relación con el medio rural. *Revista de Estudios Agro-Sociales*, nº 136, p. 195-224.
- Vicente-Serrano, S.M. (2000): *Efectos en la gestión de los recursos de los diferentes sistemas ganaderos de montaña: el caso del valle de Borau*. Universidad de Zaragoza, (tesis de licenciatura inédita).
- Vicente Serrano, S.M., Beguería, S. y Lasanta, T. (2000): 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). En *Tecnologías geográficas para el desarrollo sostenible*. Alcalá de Henares y Asociación de Geógrafos Españoles.
- Zorita, E. (1991): Hacia una nueva estructura de la ganadería ovina en España, armonizando recursos alimenticios y objetivos medioambientales. *Avances de la alimentación y mejora animal*, 29 (2), p. 9-42.