

El abandono del medio rural pirenaico y la repercusión en la fertilidad de los suelos, el paisaje vegetal y los procesos erosivos

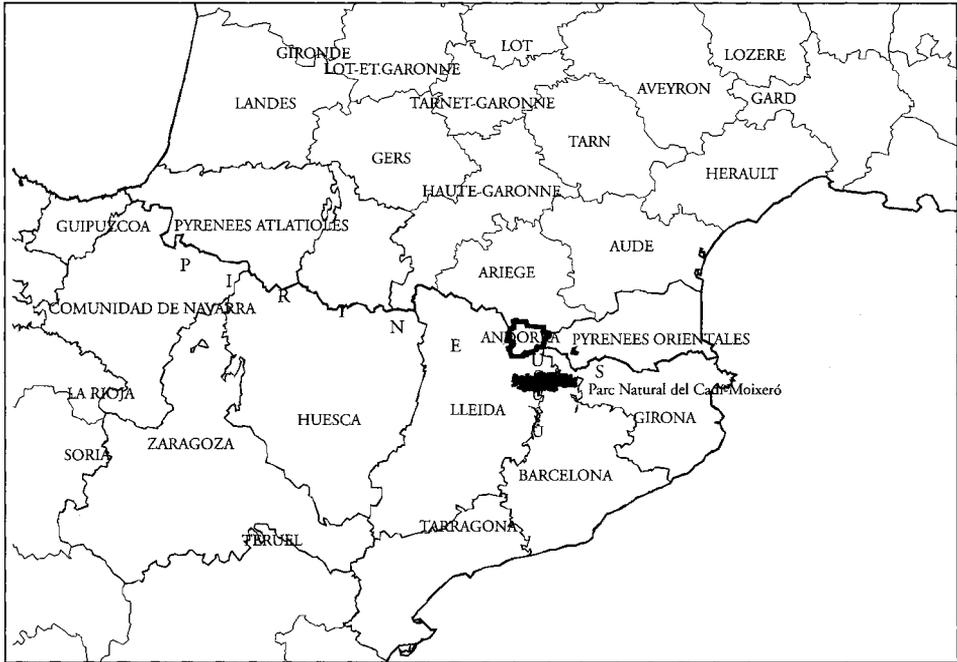
**David Molina Gallart, Jordi Nadal Tersa
Joan Manuel Soriano López**
*Departament de Geografia.
Universitat Autònoma de Barcelona*

Área de estudio y metodología

Los trabajos del Laboratorio de Geografía Física en áreas de montaña se centrado, hasta la fecha, en estudio de la fertilidad edáfica y su relación con la evolución del paisaje en un sector suficientemente amplio y representativo del Pirineo Oriental: el Parque Natural del Cadí-Moixeró (figura 1), así como en la cordillera Prelitoral catalana.

El área de estudio ocupa 43.146 hectáreas entre los 700 y 2.648 metros de altitud, el clima es el típico de la media y alta montaña mediterránea con temperaturas medias anuales que oscilan entre los 11 °C en cotas bajas y 1 °C en las cumbres. El gradiente térmico altitudinal es de 0,54 °C/100 m, siendo la temperatura media mínima de -5,5 °C en enero y febrero a 1.700 m y la máxima de 27 °C en julio a 900 m. El macizo del Cadí y Pedraforca supone una importante barrera orográfica a las advecciones del este de origen marítimo, éste es el motivo por el que las precipitaciones anuales apenas suman los 600 y 700 mm en los fondos de valle al norte y oeste de la divisoria de aguas. En cambio, para el sector suroriental son frecuentes las precipitaciones de 800 a 900 mm a igual altitud, hasta los 1.900 mm en las partes altas de la sierra. Esta gran variabilidad da lugar a ámbitos bioclimáticos bien diferenciados entre el sector oriental más húmedo (La Molina) y el occidental más continental y seco. Otra característica climática importante para la vegetación es la alternancia de

Figura 1
Mapa de situación, escala 1: 4.700.000.



solanas y umbrías, que condicionan en buena parte el establecimiento de comunidades xerófilas, termófilas o mesófilas.

Este sector del Pre pirineo está constituido por un conjunto de mantos sedimentarios situados sobre el basamento paleozoico. El sustrato litológico del parque es mayoritariamente calizo en los mantos del Cadí y Pedraforca superior e inferior, con importantes sectores silíceos al norte de la sierra y en la vertiente sur del Moixeró. Entre las comunidades vegetales dominantes se encuentran los bosques montanos de *Pinus sylvestris* calcícolas y acidófilos. En el piso subalpino abundan los bosques de *Pinus uncinata* mezclados con *Abies alba* en el sector nororiental. Gran parte de este espacio de montaña también está ocupado por formaciones arbustivas del tipo: *Rhamno-Buxetum* o *Senecio-Genistetum europaeae* sin olvidar los pastos supraforestales y alpinos. Los bosques de frondosas como: *Buxo-Quercetum pubescentis*, *Buxo-Fagetum* + *Buxo-Quercetum festuco-pinetosum* o los esclerófilos de *Quercetum rotundifoliae buxetosum*, ocupan espacios más reducidos debido a la secular presión humana.

La población actual (1996) de los municipios del parque natural suma 8.221 habitantes, de los cuales sólo el 0,6% vive en el interior del área protegida (1 hab/10 km²). La desertización demográfica de este territorio ha comportado el abandono total de la actividad agrícola, manteniéndose exclusivamente la ganadería de tipo extensivo en unos pastos que ocupan el 36% del área estudiada.

Este trabajo se fundamenta en el análisis del territorio a partir del establecimiento de áreas homogéneas, utilizando variables físicas y antrópicas del medio. Mediante los SIG se ha creado las coberturas temáticas con las bases de datos asociadas, a partir de las cuales se han cuantificado los cambios en el paisaje y caracterizado las unidades de muestreo. El mapa de usos del suelo con perspectiva histórica se ha realizado con la fotointerpretación de los vuelos de 1957 y 1990, completándolo con fuentes orales y documentales para el periodo anterior (1900). Otras bases superpuestas a esta han servido para caracterizar el espacio erosivo, como el deslizamiento de Cava, aplicando también técnicas de georeferenciación mediante GPS, así como análisis granulométricos para la caracterización del movimiento de masas. Por último en las parcelas seleccionadas se han extraído muestras superficiales de suelo, correspondientes a una área piloto en torno a un núcleo habitado y a lo largo de un transecto representativo. Esta metodología sólo se ha empleado hasta la fecha para la zona del Parque Natural del Cadí-Moixeró, aunque se han establecido áreas homogéneas en la Ribalera para el inventario forestal y un futuro análisis de suelos.

Los resutados aquí expuestos hacen referencia a una parte de la analítica de suelos efectuada: determinación volumétrica de la materia orgánica (MO), determinación del nitrógeno total Kjeldhal, fósforo asimilable P (Olsen-Watanabe), el potasio asimilable K (fotometría de llama) (PORTA, 1986, MCRÆE, 1988) y el cálculo aritmético de la relación C/N.

La transformación del paisaje de montaña

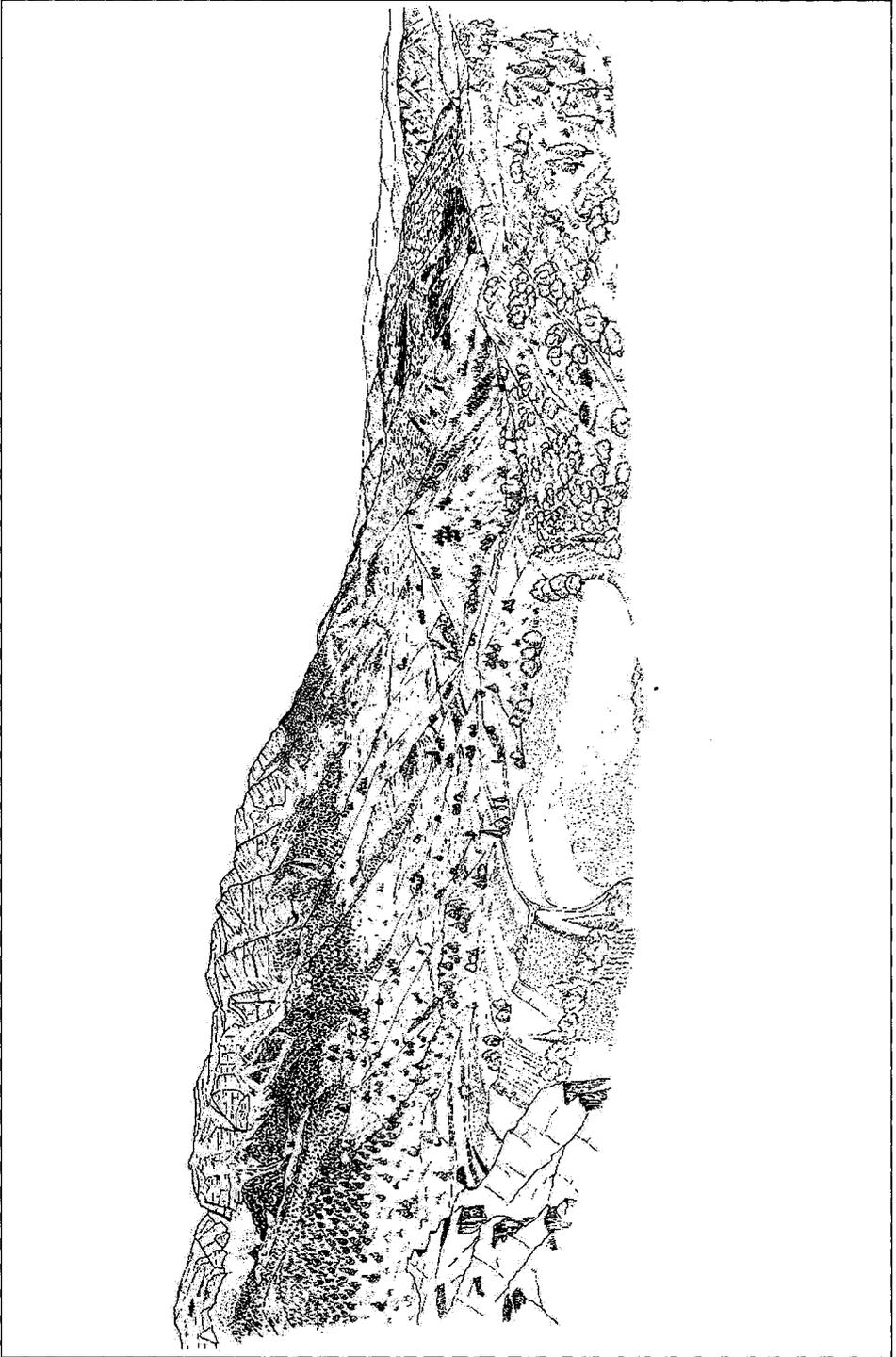
El carácter eminentemente forestal que presenta hoy en día el Parque Natural del Cadí-Moixeró y en general el Pirineo Oriental, es el resultado del predominio de la reforestación espontánea en detrimento de la utilización tradicional del territorio. El elevado consumo de materia y energía autóctona a partir del siglo XVIII, junto con la expansión de la agricultura en este período, pero sobre todo en la primera mitad del siglo XIX, provocó una reducción muy importante de la biomasa forestal. Esta presión humana sobre el medio aún es perceptible en 1957 (año de la fotointerpretación), cesando plenamente la actividad agrícola y reduciéndose ostensiblemente la ganadera a lo largo de las tres últimas décadas.

La transformación del espacio agro-silvo-pastoral en forestal se hace evidente al comparar las superficies de cada uso entre tres períodos históricos (figura 4, referida al PN del Cadí-Moixeró y a la Ribalera (Vall Ferrera-Pirineo axial) (PELACHS, 2000). Pero este análisis espacial se hace más explícito cuando se compara el paisaje en dos momentos históricos: la figura 2, es la representación del paisaje actual de la vertiente norte del Cadí desde Cava, en cambio la figura 3 corresponde a principios del siglo XX. Entre ambas imágenes hay un incremento espectacular de la superficie forestal, que en este sector del Pirineo se ha producido de forma natural a partir del aumento de la densidad en bosques de bajo recubrimiento, o a partir de un proceso próximo a los de tipo

Figura 2



Figura 3



sucesional (BONET, 1997). En este caso diversas formaciones vegetales se ordenan en el tiempo y el espacio a partir del abandono de los cultivos (SORIANO, 1994; MOLINA, 1996) o los prados y pastizales, aunque pueden producirse cambios bruscos, crisis que reducen la biomasa o estancamientos temporales o permanentes de las comunidades vegetales y los suelos.

Figura 4

		Máxima extensión agrícola (1900)		1957		1999		Var.
		Ha	%	Ha	%	Ha	%	%
Agrícola	Cadí	4.885,9	11,3	1.314,6	3,0	47,7	0,1	-11,2
	Ribalera	197,0	7,0	35,5	1,3	0,0	0	-7,0
Ganadero	Cadí	22.986,4	53,3	19.613,0	45,5	15.560,6	36,1	-17,2
	Ribalera	562,0	20,0	515,3	18,4	418,3	14,9	-5,1
Forestal	Cadí	11.879,5	27,5	19.102,1	44,3	23.812,3	55,2	27,7
	Ribalera	2.050,0	73,0	2.258,2	80,4	2.390,7	85,1	12,1
Improductivo	Cadí	3.394,6	7,9	3.116,7	7,2	3.725,7	8,6	-
	Ribalera	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0	-
Total Cadí		43.146,4	100,0	43.146,4	100,0	43.146,4	100,0	-
Total Ribalera		2.809,0	100,0	2.809,0	100,0	2.809,0	100,0	-

La degradación del medio: erosión por movimientos de masa

El proceso que se describe presenta dos morfologías bien diferenciadas que dieron lugar a dos tipos de movimientos de masa, desarrollados en el tiempo el uno como consecuencia del otro. A continuación describimos las formas observadas sobre el terreno que indican las evidencias sobre este hecho y todos los elementos que pueden ayudar a reconstruir la génesis del deslizamiento.

Primer proceso

Situados en el tramo más bajo de la cuenca de recepción del torrente, antes de entrar en un marcado canal, el cambio de pendiente original que se encontraba en esta vertiente es el punto donde actualmente se sitúa la cicatriz de arranque del movimiento de masa a una cota de 1495,28 msnm. Ocupa una longitud de 154,52 metros, con un salto entre el escarpe y la base de la fractura de 54,87 metros. El bloque desplazado se caracteriza por una forma general de tipo lobular, aunque la topografía de este sector presenta numerosas grietas de distensión y rugosidades métricas y decamétricas que dan lugar a una superficie caótica. A pesar de esto, la disposición de la vegetación, suelo y materiales subyacentes mantiene la estructura original, aunque

muchos árboles han perdido la verticalidad. La disposición del bloque hundido responde perfectamente a un movimiento donde se ha producido una rotación de los materiales. Por otro lado, la cicatriz de arranque presenta un carácter marcadamente semicircular aunque hay una disimetría en las formas de los flancos. Este hecho se ajusta al relieve de la cuenca en esta zona donde se produce una obertura hacia el noroeste, lugar donde se han acumulado diversos cordones de materiales del lóbulo principal en forma de diques laterales (*natural leve*), mientras que en el flanco opuesto la cicatriz de arranque se prolonga 136,95 metros (Fig. 2).

El basculamiento y la importante acumulación de materiales en el frente de lóbulo principal ha provocado la aparición de una depresión al pie del talud de arranque, que ha favorecido la retención de agua.

La naturaleza de los materiales removidos tiene un componente mayoritario de gravas y bloques con una matriz terrígena, junto con un paquete edáfico importante, como refleja la granulometría de la tabla 1. Así mismo, en el talud provocado por la fractura se observa que una parte de las margas rojas subyacentes también se pueden haber movilizado. Desde la zona de contacto de las arcillas y los coluviones, hasta la base del talud hay una altura de 35 metros que indican unos 168.000 m³ de materiales plásticos desplazados.

Segundo proceso

Las fuertes presiones que ejercen el peso de las gravas y bloques calizos sobresaturados de agua en el frente del lóbulo han provocado una mayor acumulación de agua y licuación de los materiales subyacentes. Debido al encajamiento de la masa en la zona inicial del canal de desguace del torrente, estas presiones aumentaron en el interior de la masa. La pérdida de la poca cohesión que mantienen los materiales removidos ha favorecido la aparición de una nueva cicatriz en el sector frontal de la masa con el inicio de un nuevo movimiento, en este caso de tipo fluidal tal como pone de manifiesto el aspecto que ha tomado el cauce de su recorrido y el frente de la colada al llegar al río Cadí, 707 metros más abajo del inicio de esta.

Aquí los sedimentos presentan un carácter marcadamente lutítico con una plasticidad superior a los del movimiento anterior. Este hecho parece indicar que el arrastre del substrato arcilloso por parte de la masa hundida provocó una mayor acumulación de estos materiales en la parte inferior del lóbulo frontal, con una gran capacidad de convertirse en un colada. Si el deslizamiento ya fue bastante rápido (12-18 horas), la colada alcanzó velocidades de 10-15 m.min⁻¹, hecho que le permitió recorrer todo el canal del torrente con una pendiente media de 20° grados y llegar al río principal, causando un cierto peligro de obturación de este, que si no llegó a producirse fué debido al poder erosivo de la crecida de aguas del río Cadí y a la naturaleza plástica de los materiales que se disolvieron al llegar al curso de agua.

Tabla 1
Granulometría de las muestras recogidas el 9/4/1997

Zona de inicio del mov. rotacional		
< 2 mm	35,39%	64,46% arcillas. 29,26% limos. 6,28% arenas.
> 2mm	64,6%	gravas.
Zona de desguace: colada de barro (<i>mud flow</i>)		
< 2mm	3,5%	26,94% arcillas. 14,04% limos. 55,01% arenas.
> 2mm	96,48%	gravas. <i>Gravel</i> .

A tenor de la velocidad que adquirieron los materiales y a su naturaleza podríamos clasificar la colada del tipo *mud flow* (VARNES, 1978; COROMINAS, 1984), hecho que no se refleja en el análisis de la muestra tomada en la zona inferior (tabla 1), debido a que entre la finalización de la actividad de la colada y el día en que se recogió la muestra, pasó suficiente tiempo como para que los materiales mas finos fuesen lavados casi en su totalidad por las aguas de los dos cursos torrenciales.

El efecto erosivo de la colada ha profundizado un promedio de 9,65 m en el *talweg* del torrente y ha cambiado su morfología con la creación de unos diques laterales, sobre todo en el margen derecho, a causa de la expulsión lateral de los materiales fangosos más líquidos. En la parte baja del torrente, la acumulación de 2,5 metros de sedimentos en los campos situados sobre el cono de deyección, no han provocado daños debido a la fluidez de los materiales y a la disipación de la energía cinética de la masa al expansionarse, como puede observarse en algunos *Populus nigra* totalmente rodeados de sedimentos pero conservando perfectamente la verticalidad.

A partir de los datos del levantamiento topográfico, efectuado mediante GPS, de todo el movimiento y comparándolo con la topografía inicial, calculamos que se han movilizado 437.621 m³. El total de superficie ocupada es de 40.380,18 m², con una densidad aproximada de 3,33kg/l, calculándose un peso de los materiales de 1.457.278 tm (figura 5).

Reconstrucción del deslizamiento

El trabajo de campo, la toponimia local y la fotointerpretación han permitido detectar formas antiguas de movimientos de masa, fundamentalmente en la parte alta de la ladera oeste del Tossal del Quer. Otros estudios referentes a la zona (CLOTET, et al. 1985) no clasifican esta área como zona de riesgo

Figura 5
Vista general del desprendimiento de Cava



y por este motivo es doblemente interesante analizar cuáles han sido los factores que han provocado la superación del umbral de estabilidad de la vertiente.

Las abundantes precipitaciones que se sucedieron entre noviembre de 1996 y enero de 1997 (610,7 mm E.M. de la Molina a 1.711 msnm) favorecieron la saturación de las formaciones superficiales y la sobrecarga del acuífero en los coluviones. Las intensas precipitaciones y la fusión de la nieve los días 19, 20 y 22 de enero fueron el detonante de un exceso de peso en las formaciones superficiales que no podían drenar las aguas subterráneas a la misma velocidad que se infiltraban. Esta sobresaturación también incrementó la plasticidad de las arcillas sobre las que descansan los coluviones y que constituyen la base del acuífero, favoreciendo de esta manera una superficie de deslizamiento sobre la que se desplazarían los materiales. La topografía del terreno fue determinante para explicar la situación de la fractura inicial, ubicada en un cambio de pen-

diente muy acusado entre una colina que separa un campo cultivado, en un terreno mal drenado aguas arriba y una fuerte vertiente situada en la parte inferior. La existencia de este campo de cultivo de 1,28 hectáreas con un perfil cóncavo, favoreció un incremento de la presión hidrostática en este sector debido, por un lado, a la mayor acumulación del agua en el subsuelo y, por otro, a la presión de ésta en el talud de la ladera, dando lugar a la afectación parcial del campo (0,23 ha).

La pendiente de la superficie de contacto entre arcillas y coluviones 15-20° fue suficiente para facilitar el movimiento, pese a que la disposición de los materiales garumnenses se inclinan 50° perpendicularmente a la vertiente. El afloramiento de las aguas freáticas en la fractura significó un incremento de agua en el bloque hundido, que a su vez, aumentaba el peso de éste. La porosidad de los materiales que constituyen el lóbulo principal, no retuvo esta nueva gran cantidad de líquido que inmediatamente pasó al plano de deslizamiento, con el agravante de que se había producido una importante acumulación de material arcilloso removido a causa del movimiento.

Hasta este momento el deslizamiento respondía a un hundimiento de ruptura plana rotacional típico con las cicatrices de distensión en la parte superior y la acumulación de tipo lobular en el frente de la masa. Las presiones del peso de ésta fueron las responsables del cordón lateral que aparece sobre todo en el flanco derecho. Por contra, las cicatrices y rugosidades internas del lóbulo responden al asentamiento de esta sobre el terreno así como de la velocidad diferencial de la masa debida a la fricción en los flancos de ésta.

La llegada del frente de materiales en la parte alta del canal del torrente, donde la pendiente general del terreno pasa de 14° a 31°, junto a la canalización que experimenta en este sector la ladera, favorecieron una nueva movilización de los materiales. A partir de este momento se produce una nueva cicatriz en el frente del paquete que evacuó todos los sedimentos que dieron lugar a la colada de barro. La velocidad y capacidad de deslizamiento fue más elevada que en el movimiento anterior, debido por un lado a la viscosidad de los materiales, a la fuerte pendiente del terreno y a la saturación y circulación de agua superficial en el curso del torrente. La formación de diques laterales en este tramo es más acentuada en el margen derecho del curso de la colada que en el izquierdo a causa de la disimetría del terreno.

Por último, el cese de las presiones sobre la cicatriz central implicaron el fin del suministro de materiales a la colada que cesó la actividad 3-4 días después de iniciarse. La gran plasticidad y licuación de los sedimentos fue la responsable de un vaciado casi absoluto del canal, que después se terminaría de limpiar con la circulación de las aguas subterráneas que afloraban en las dos cicatrices torrente arriba. Todos estos fangos, una vez acumulados en los campos situados en el cono de deyección, se aproximaron y disolvieron en el curso del río Cadí sin llegar a obturarlo.

La sucesión vegetal y la variación de la fertilidad de los suelos

Colonización vegetal y reforestación de espacios abandonados

Como ha sido descrito ampliamente por diversos autores (PÉREZ CHACÓN y VABRE, 1985; MONTSERRAT, 1990; BONET, 1997), el abandono de los campos de cultivo y prados pone en marcha un proceso de colonización vegetal que, como se ha mencionado anteriormente, desemboca en una reforestación espontánea en un plazo de tiempo que puede ser extraordinariamente variable, en función de diversos parámetros. En nuestro estudio se ha corroborado la siguiente sucesión vegetal: en primer lugar se produce la instalación de diversas especies herbáceas de ciclo vegetativo corto (uno o dos años), que pueden cubrir totalmente el espacio, con lo cual queda reducida la erosión de forma drástica y se asegura una sucesión vegetal sin problemas. En este caso hemos tomado esta formación vegetal (pastizal) como la primera etapa de sucesión vegetal posterior al abandono. Sin embargo, cuando esta primera colonización es precedida por episodios de precipitaciones intensas, por tratarse de suelos desprovistos de vegetación, su fracción fina es erosionada y se produce un aumento espectacular de la pedregosidad superficial, que se mantendrá durante mucho tiempo y condicionará la futura sucesión, que será mucho más lenta pero sin llegar a detenerse (RUIZ-FLAÑO, 1993). Desde casi el primer momento empiezan a crecer ejemplares de *Genista scorpius* en suelos cálcicos y de *Sarothamus purgans* en silícicos, que se extienden hasta cubrir toda la extensión de la parcela. Su presencia se mantendrá durante mucho tiempo, formando parte de las diversas comunidades vegetales que se irán sucediendo, por lo que se ha tomado como especie indicadora de esta segunda etapa de sucesión. Otros arbustos espinosos van colonizando poco a poco (*Rosa canina*, *Prunus spinosa* y *Crataegus monogyna*), seguidos de cerca por el *Juniperus communis*, el *Juniperus oxicedrus* y el *Buxus sempervirens*. La entrada de estas tres especies, especialmente la última, es indicativa de una tercera etapa de sucesión vegetal.

Los ejemplares del estrato arbóreo, en principio siempre representado por pinos cuando se trata de una sucesión secundaria, ya se encuentran de forma incipiente, pero no toman cuerpo hasta que han pasado unos cuantos decenios. Esta cuarta etapa de sucesión viene acompañada por la desaparición progresiva de la *Genista scorpius*, ya que se trata de una especie marcadamente heliófila. Por este mismo motivo nosotros hemos dado mucha importancia a su presencia y a su grado de cobertura, como medida del nivel de madurez del ecosistema. La quinta y última etapa en la sucesión vegetal es la presencia de un bosque muy bien desarrollado, ya sea de *Pinus sylvestris*, en la mayoría de casos, ya sea de *Quercus pubescens* en algunas parcelas. En ningún caso, dentro de esta etapa final, podemos hablar de situación climácica, puesto que el tiempo transcurrido y la composición florística de las comunidades no dan lugar a esta calificación. Sin embargo, su grado de madurez es suficiente como para hablar de comunidades permanentes.

1. Pastizal o prado ya sea por colonización de cultivos o barbechos o en pastos montanos y supraforestales.
2. Introducción de los primeros arbustos espinosos (*Rosa canina*), expansión en mancha de aceite desde la periferia de especies heliófilas y de crecimiento rápido (*Genista scorpius*, calcícola; *Genista purgans*, silicícola). En suelos más húmedos predominio de *Prunus spinosa* y con el incremento de la edad de abandono aparecen especies de porte arbóreo como el *Crataegus monogyna*.
3. Sustitución del matorral de ciclo corto por leñosas como *Buxus sempervirens*, *Juniperus communis* o *Juniperus oxicedrus*, generalmente acompañados por las primeras fases de colonización forestal.
4. El incremento de pies arbóreos comporta la desaparición de las heliófilas. En el caso de los *Pinus sylvestris* el crecimiento rápido puede generar una masa boscosa a partir de la primera o segunda fases.
5. Bosque con tasas de cobertura de media a elevada, generalmente de coníferas o frondosas de crecimiento rápido (*Pinus sylvestris*, *Pinus nigra* sp. *salzmannii*, *Abies alba*, *Fagus sylvatica*) en el mejor de los casos en 30-40 años. Si son de crecimiento lento (*Quercus humilis*, *Quercus robur/petraea*, *Quercus rotundifolia* o *Pinus uncinata*) el período puede multiplicarse por dos en función de las condiciones del medio.

Estas fases de colonización propuestas, en general de tipo sucesional, no tienen por que ser unidireccionales, ni correlativas y con cronologías absolutamente diferentes en función de los biomas y, sobre todo, de las actividades humanas que se den en la fase de colonización vegetal (pastoreo, explotación forestal, incendios...).

Cambios en la fertilidad superficial del suelo (25 cm) en el proceso de colonización vegetal y entre distintos usos del suelo

El reconocimiento e identificación de las distintas etapas de sucesión vegetal sobre los campos abandonados que se han descrito en el apartado anterior, es el punto de partida para analizar diversos parámetros relacionados con la fertilidad química del suelo. De ellos se han escogido los cuatro más representativos: porcentaje de materia orgánica, potasio y de fósforo asimilables y relación carbono-nitrógeno. Además, se han analizado por separado las muestras de suelo procedentes de campos orientados hacia el sur (solana) y de campos orientados hacia el norte (umbría). La investigación se organizó delimitando, en primer lugar, una área piloto, localizada en el extremo occidental del parque (municipio de Tuixén) (SORIANO, 1994), para la cual se realizó una primera fase de trabajo de campo y de análisis de suelos. Posteriormente se amplió la zona de recogida de muestras realizando un transecto en dirección norte-sur con una longitud de 8 km (desde el núcleo de Cava, al norte, hasta el de Josa, en el sur) (MOLINA, 2000).

Los resultados que se ofrecen significan el promedio de numerosas muestras de suelo con sus análisis correspondientes (en total, cerca de 340) y se presentan, en primer lugar, en forma de tabla y, a continuación, en forma de gráfica, ya que se puede asimilar a un proceso evolutivo en el tiempo. Las gráficas permiten comparar instantáneamente los resultados del área piloto con los del transecto, lo cual nos va a permitir constatar la similitud y validez (con matices) de ambos.

Los análisis de la fertilidad química y orgánica del suelo también se han efectuado en el espacio ganadero y forestal así como en cultivos. La comparación entre la gestión de estos usos aporta resultados interesantes desde la óptica de la fertilidad edáfica entendida desde un sentido más amplio. Los gráficos 9 y 10 muestran las diferencias que se establecen entre estos usos aplicando el índice de fertilidad de Cobertera (COBERTERA, 1993), añadiendo la variable capacidad de retención de agua disponible (CRAD) (PORTA et al., 1994) y la estabilidad estructural (CNDT). En este índice ponderado de evaluación del suelo, entendemos que en un suelo fértil el mantener la vegetación (natural o cultivada) y proporcionar una elevada productividad de las cosechas es tan importante como garantizar la perdurabilidad y conservación, así como garantizar el buen desarrollo de los procesos edafogenéticos.

Por último los gráficos 11 y 12 muestran como el proceso de «naturalización» de suelos fuertemente antropizados, puede controlarse a partir de la relación C/N como indicadora de la acumulación de horizontes orgánicos en suelos donde la extracción de nutrientes a partir de la explotación agrícola, ganadera o silvícola es cada vez menor.

Tabla 2
Parcelas orientadas hacia el sur

etapa de sucesión	área piloto (Tuixén)				transecto norte-sur (Cava- Josa)			
	MO(%)	K(ppm)	P(ppm)	C/N	MO(%)	K(ppm)	P(ppm)	C/N
1	9,7	276,3	13,9	13,1	5,6	201,6	8,5	11,4
2	7,5	434,3	3,1	15,3	5,3	298,8	4,8	11,4
3	9,6	424,8	5,5	15,4	5,7	311,3	7,2	10,9
4	9,3	295,8	4,9	17,3	3,9	263,5	7,2	11,3
5	15,9	706,7	7,7	18,5	6,6	283,4	9,9	14,6

Tabla 3
Parcelas orientadas hacia el norte

etapa de sucesión	área piloto (Tuixén)				transecto norte-sur (Cava- Josa)			
	MO(%)	K(ppm)	P(ppm)	C/N	MO(%)	K(ppm)	P(ppm)	C/N
1	6,6	512,1	24,8	11,6	7,4	340,7	12,4	11,8
2	5,7	375,3	8,9	10,1	2,8	178,7	3,8	11,1
4	7,5	409,4	3,9	15,6	4,5	207,3	4,5	13,0
5	12,2	817,3	7,4	13,5	6,4	291,0	8,9	13,8

Gráfico 1
Variación del % de materia orgánica según el estadio de sucesión vegetal en las parcelas orientadas hacia el sur

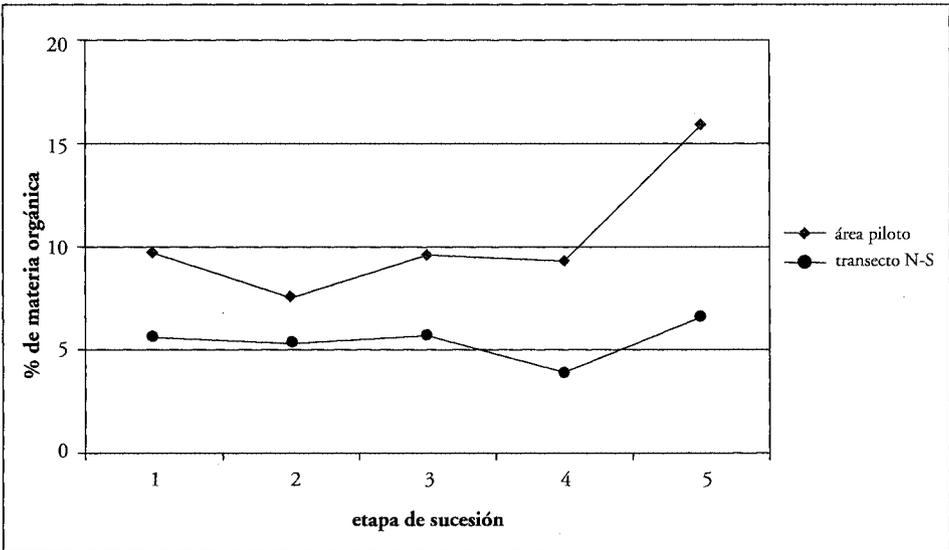


Gráfico 2
Variación del contenido en K asimilable según el estadio de sucesión vegetal en las parcelas orientadas hacia el sur

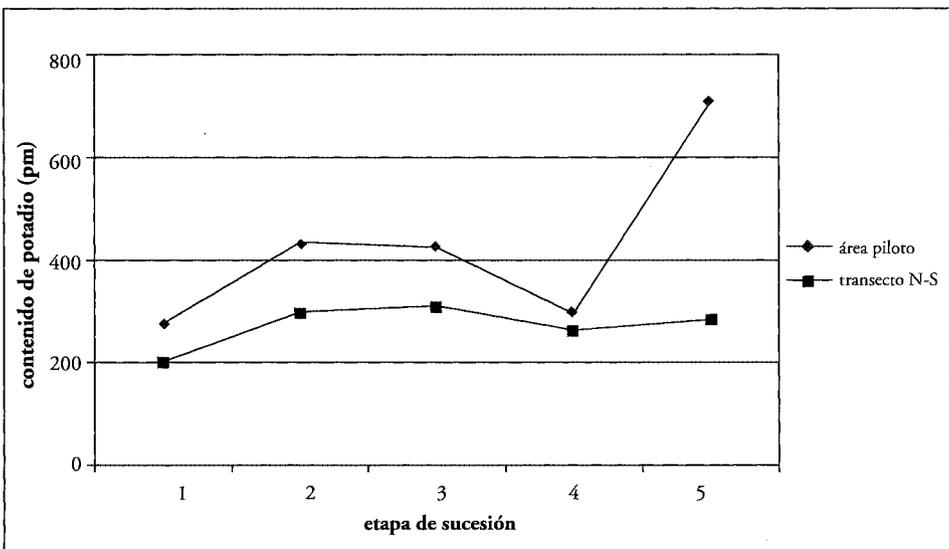


Gráfico 3
Variación del contenido en P asimilable según el estadio de sucesión vegetal en las parcelas orientadas hacia el sur

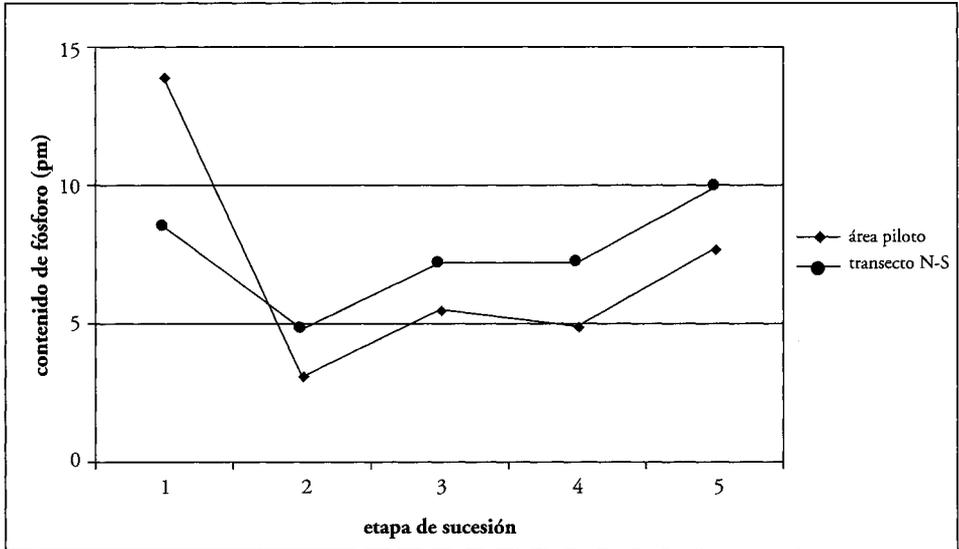


Gráfico 4
Variación de la relación carbono/nitrógeno según el estadio de sucesión vegetal en las parcelas orientadas hacia el sur

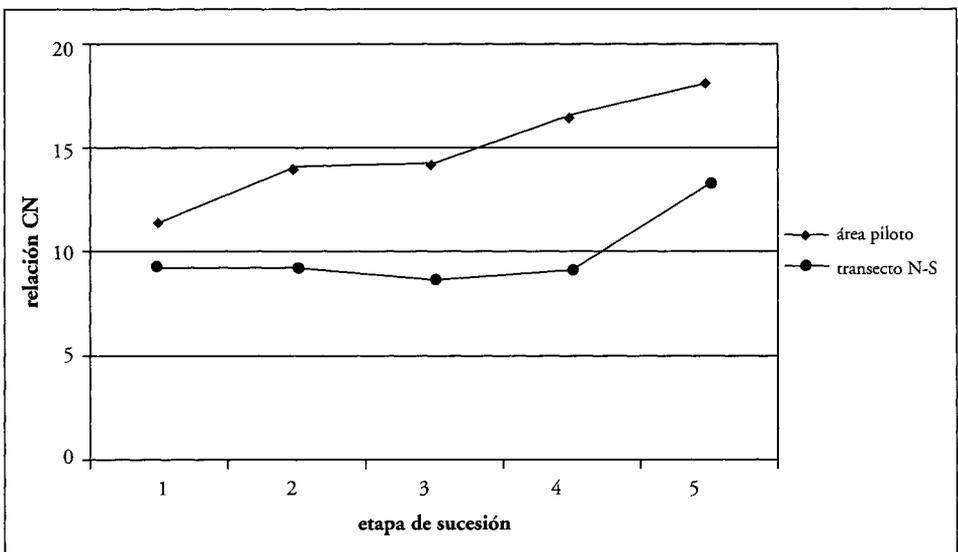


Gráfico 5
Variación del % de materia orgánica según el estadio de sucesión vegetal en las parcelas orientadas hacia el norte

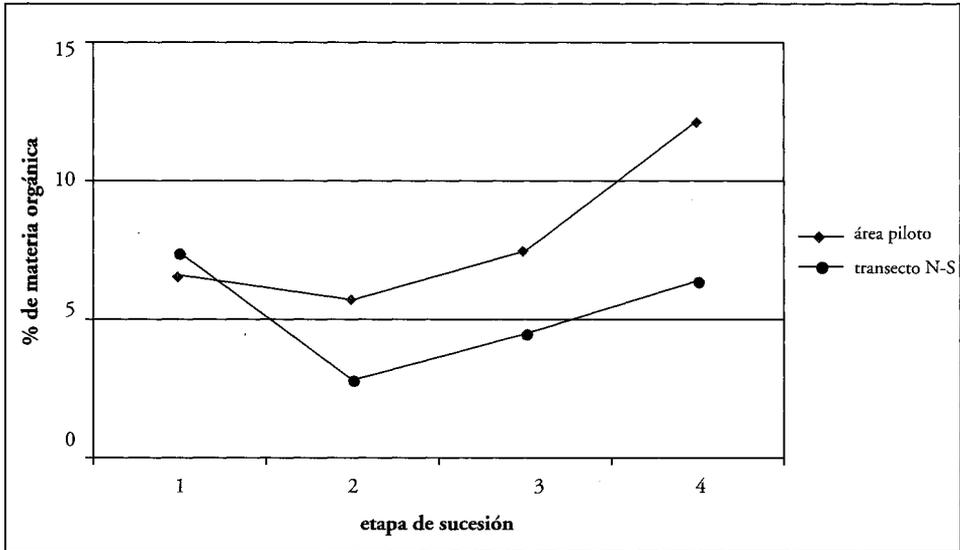


Gráfico 6
Variación del contenido en K asimilable según el estadio de sucesión vegetal en las parcelas orientadas hacia el norte

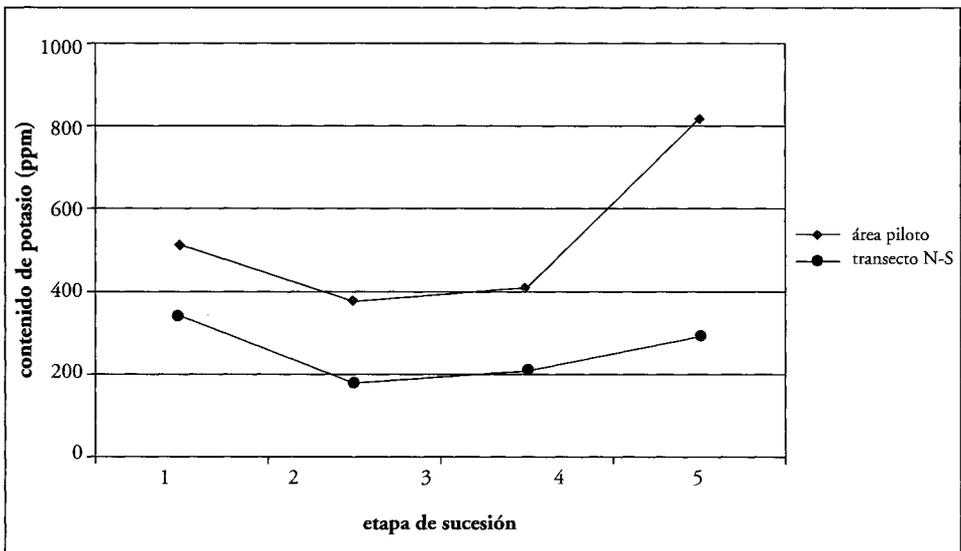


Gráfico 7
Variación del contenido en P asimilable según el estadio de sucesión vegetal en las parcelas orientadas hacia el norte

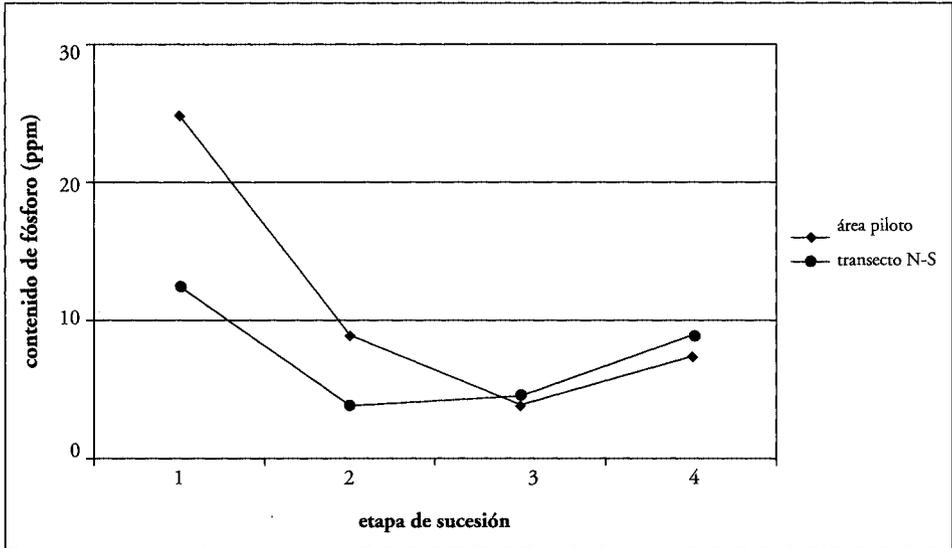


Gráfico 8
Variación de la relación carbono/nitrógeno según el estadio de sucesión vegetal en las parcelas orientadas hacia el norte

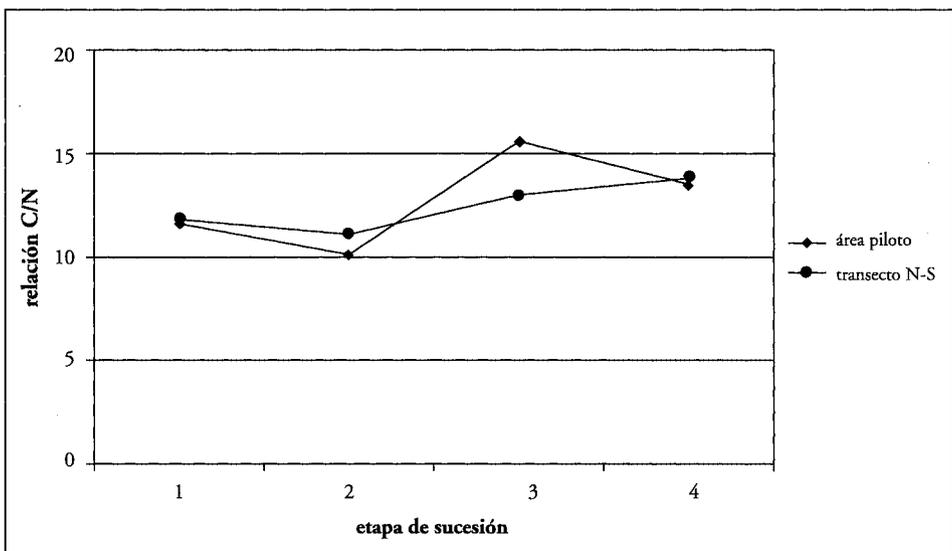


Gráfico 9
Comparación de los niveles fertilidad edáfica entre diversas intensidades de uso en solana

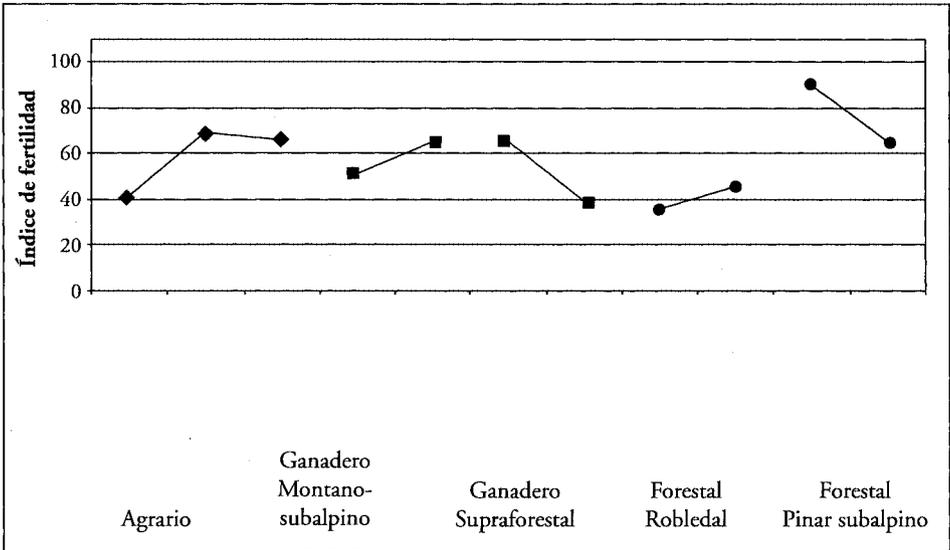


Gráfico 10
Comparación de los niveles de fertilidad edáfica entre diversas intensidades de uso en umbría

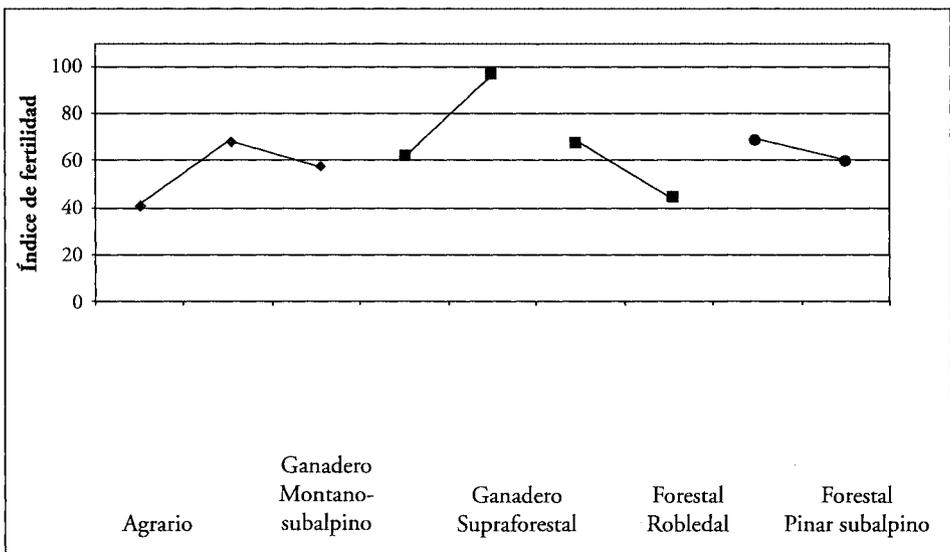


Gráfico 11
Evolución de la relación C/N a partir de abandono de campos de cultivo en solanal

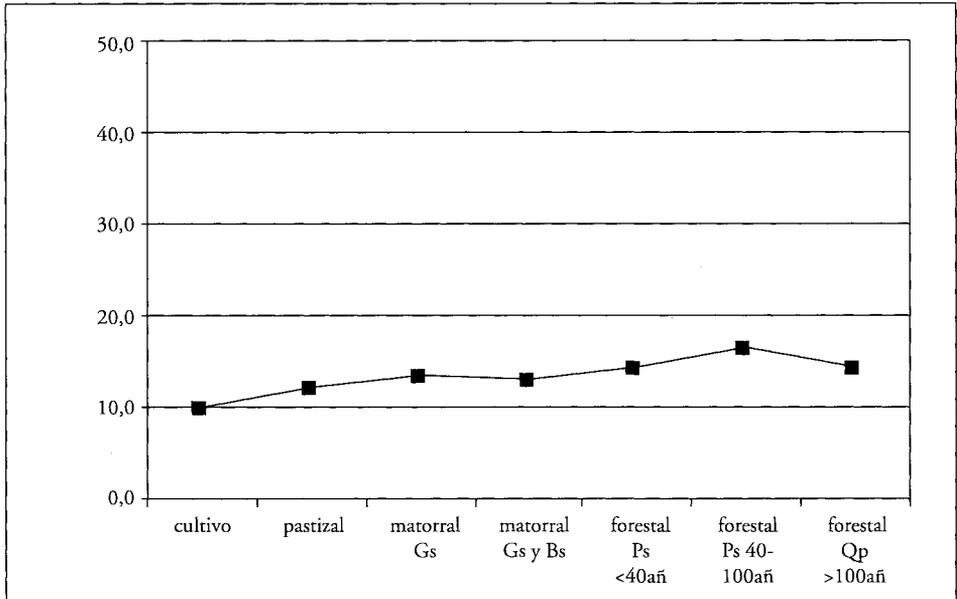
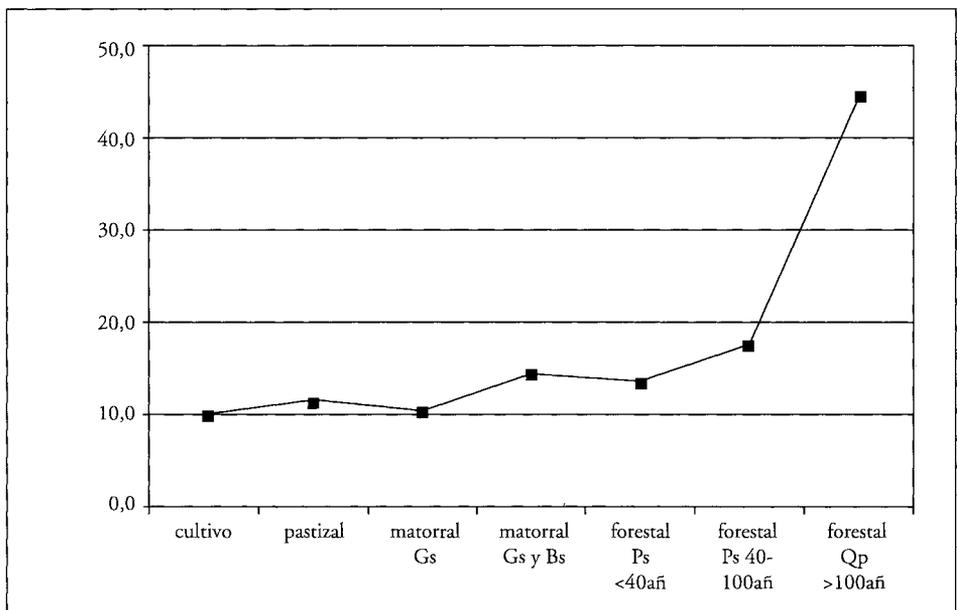


Gráfico 12
Evolución de la relación C/N a partir de abandono de campos de cultivo en umbria



Conclusiones

–El abandono del medio rural pirenaico supone un incremento de las superficie ganadera en detrimento del espacio agrícola, pero sobre todo un aumento generalizado de la superficie forestal que avanza sobre otros usos. El incremento de la biomasa y densificación del bosque depende de la intensidad y perdurabilidad de las explotaciones silvícolas. Así en las masas forestales tradicionalmente maderables, las talas se han incrementado en los últimos 50 años mientras que los bosques de nueva colonización se aprovechan de forma irregular. En cualquier caso son factores que dependen fundamentalmente de la rentabilidad de la explotación y del grado de protección del espacio.

–Los procesos erosivos más frecuentes en los espacios estudiados se circunscriben generalmente a procesos de erosión areal o colapso de estructuras en campos abancalados. Sin embargo los grandes movimientos de masa también son característicos de las zonas de montaña con fuertes pendientes y litologías variadas. En este caso se ha estudiado un movimiento rotacional en la cabecera sucedido de una colada de barro, sobre materiales plásticos del garumnien-se que pone de relieve la inestabilidad de esta unidad en todo el sector centro-oriental surpirenaico.

–El proceso de recolonización vegetal de los campos abandonados se manifiesta en una serie de fases, en algunos casos de naturaleza sucesional, a las que acompañan diferentes estados de fertilidad edáfica. En general es notorio el incremento de la fertilidad con etapas maduras de colonización vegetal, sobre todo a partir de la transición entre las fases de matorral y las plenamente forestales.

–Las diferencias de fertilidad ponderada entre usos a solana y umbría muestran unos valores en general superiores al índice 50, similares en ambas exposiciones a excepción de los pastos montano-subalpinos y el espacio forestal en umbría con valores más elevados. Los valores más bajos de fertilidad corresponden a los cultivos, los pastos supraforestales de elevada carga ganadera y el forestal montano seco (robleal).

Bibliografía

- BONET, A. (1997). *La dinàmica de la vegetació després de l'abandonament de conreus a la Conca de l'Alt Llobregat*, Barcelona: Universitat de Barcelona (Tesis Doctoral).
- COBERTERA, E. (1983). *Edafología aplicada*. Madrid: Cátedra.
- CLOTET, N., GALLART, F., JULIÀ, R., MARQUÈS, M^aA.; SERRAT, D. (1985). *Mapa de riscos geomorfològics del Parc Natural del Cadí-Moixeró*. Barcelona: Generalitat de Catalunya D.G. de Política Territorial.
- MCRÆ, S.G. (1988). *Practical Pedology. Studing Soils in the Field*. Nueva York: Horwood.

- MOLINA, D. (1996). «Processos erosius als camps abandonats del Parc Natural del Cadí-Moixeró». *Treballs de la Societat Catalana de Geografia* [Barcelona], 46, p. 71-96.
- MOLINA, D. (2000). *Conservació i degradació de sòls a les àrees de muntanya en procés d'abandonament. La fertilitat del sòl al Parc Natural del Cadí-Moixeró*. Bellaterra: Universitat Autònoma de Barcelona (Tesis Doctoral).
- MONTSERRAT, G. (1990). *Estudio de la colonización vegetal de los campos abandonados del valle de Aísa (Jaca, Huesca)*. Jaca: LUCDEME
- PÉREZ-CHACÓN, M.E.; VABRE, J. (1985). *Friches et enfrichements de la moyenne-montagne ariègeoise (Pyrénées françaises). Une dynamique socio-écologique: l'exemple du brachypode (*Brachipodium pinnatum* P.Beauv)*. Tolosa: Universidad de Toulouse-le Mirail (Memoria de investigación).
- PORTA, J.; LÓPEZ-ACEVEDO, M.; RODRÍGUEZ, R. (1986). *Técnicas y experimentos en edafología*. Barcelona: Colegio Oficial Ingenieros Agrónomos de Cataluña.
- SORIANO, J.M. (1994). *Efectes del despoblament sobre el medi físic d'un territori de muntanya (Tuixén. Parc Natural del Cadí-Moixeró). Estudi de la variació de la fertilitat del sòl en camps abandonats*. Bellaterra: Universitat Autònoma de Barcelona (Tesis Doctoral).