

BERCEO	124	37-59	Logroño	1993
--------	-----	-------	---------	------

EFECTOS GEOMORFOLÓGICOS Y AMBIENTALES DE LAS REPOBLACIONES FORESTALES EN ÁREAS DEGRADAS DE LA DEPRESIÓN NOROCCIDENTAL DEL EBRO (LA RIOJA)*

Luis Ortigosa Izquierdo**

RESUMEN

En este trabajo se plantean los resultados forestales (crecimientos) y los problemas geomorfológicos de las reforestaciones en la Depresión Noroccidental del Ebro (La Rioja). Este área de estudio presenta limitaciones al desarrollo forestal debido a la degradación antrópica del espacio y al clima seco mediterráneo. En primer lugar, se analiza la evolución de las reforestaciones (crecimientos, mortalidad), en relación con las especies y técnicas de plantación. Posteriormente, se estudian los efectos erosivos de las labores de refrestación. Las terrazas han demostrado ser la técnica más agresiva y negativa para el desarrollo forestal. Por último, se exponen algunos criterios para mejorar los futuros proyectos reforestadores.

Palabras clave: reforestación, erosión, crecimiento arbóreo, áreas degradadas.

In this work we explain the forest results (growing) and the geomorphological problems of the reforestations in the Northwest Depression of the Ebro (La Rioja). This studying area presents several limitations to the forestal development due to the antropic degradation and dry mediterranean climate. First, we analyze the evolution of the reforestations (growing, mortality) in relation to the species and plantation techniques. After we study the erosive effects of the reforestations works. The terrazes of bulldozer are the most impactant and negative technique for the forestal development. To finish we establish some rules to improve the future reforestation projects.

Key words: refforestation, erosion, growing tree, degraded areas.

* El presente trabajo ha sido financiado por el Instituto de Estudios Riojanos mediante una Ayuda a la Investigación.

Recibido el 19 de diciembre de 1990. Aprobado el 23 de octubre de 1992.

** Universidad de La Rioja.

La restauración forestal a gran escala es un fenómeno relativamente reciente en nuestro país, que se inició a partir de 1940, fecha en la que se aprobó un ambicioso proyecto de recuperación forestal, conocido como el *Plan General de Repoblación Forestal de España*. Desde entonces hasta la actualidad se han reforestado más de 3,5 millones de hectáreas (6,9% de territorio nacional aproximadamente). La mayor parte de las repoblaciones han sido realizadas por la Administración, tanto en montes estatales como en régimen de consorcio, y sólo un 7% pertenece en su totalidad a la propiedad privada (Castroviejo et al., 1984). El Patrimonio Forestal del Estado (P.F.E.), los Distritos Hidrológico-Forestales y, desde 1971, el ICONA, han realizado una rápida tarea reforestadora, sin precedentes por su envergadura, que alcanza a todas las provincias españolas y se ha centrado especialmente en los espacios de montaña y en otros terrenos abandonados por el uso agropecuario (Chauvelier, 1987). En La Rioja, la superficie repoblada supone aproximadamente unas 40.000 Ha., lo que significa que un 8% del territorio regional corresponde a repoblaciones forestales realizadas en las últimas cinco décadas, incluyendo tanto el sector montañoso del Sistema Ibérico como las reforestaciones en el sector de la Depresión del Ebro (García-Ruiz, 1976; Arizaleta y Lopo, 1984; Ortigosa, 1990).

La intervención del Estado en materia forestal ha sido unánimemente justificada por la acusada degradación del paisaje vegetal y la limitada producción de recursos madereros. Las actividades agrícolas y ganaderas y la explotación forestal en ambientes vulnerables (con fuertes contrastes térmicos y pluviométricos estacionales e incluso interanuales, sobre suelos poco profundos o permeables, sustratos extremadamente frágiles) han dado lugar a paisajes muy degradados en muchas regiones de montaña. Tras siglos de cultivos cerealistas, pisoteo del ganado y consiguiente compactación del suelo, e incendios periódicos para mejorar momentáneamente la calidad de los pastos (Agee *et al.*, 1982), los suelos han perdido gran parte de su potencial productivo tras la destrucción de sus mejores horizontes y el aumento de la pedregosidad superficial. Sobre margas y arcillas pueden haberse desarrollado espectaculares redes de cárcavas, con gran capacidad para producir sedimentos durante precipitaciones de mediana y alta intensidad.

Por supuesto, allí donde el problema es de conservación de suelo, las plantaciones arbóreas tratan de frenar la producción de sedimentos, el aterramiento de los embalses y el retroceso de cabeceras activas, o buscan una mejora de la calidad del paisaje y de su funcionamiento hidromorfológico (potenciar el medio natural), a la vez que aumentan los recursos maderables. En consecuencia, las repoblaciones forestales se plantean un doble objetivo (véase la Ley de Montes del 8 de Junio de 1957):

1. Incrementar la producción forestal, para satisfacer sobre todo la creciente demanda industrial.
2. Restaurar la dinámica hidrológica para reducir la erosión de los suelos, aprovisionar de agua a las cuencas y limitar la intensidad de las crecidas (Mintegui, 1989).

En primer lugar, conviene precisar que los resultados obtenidos por las restauraciones hidrológico-forestales son muy heterogéneos y no siempre son tan positivos como cabría esperar. De hecho, la política reforestadora llevada a cabo hasta el momento no está exenta de duras críticas por parte de científicos e interesados en la conservación del medio ambiente. Por una parte, se acusa a las repoblaciones masivas de ser responsables de la desaparición de la ganadería extensiva en muchos municipios de montaña e incluso se ha llegado a afirmar que la despoblación demográfica está en relación con grandes operaciones masivas. Por otra parte, desde el punto de vista del medio físico, las reforestaciones han sido aún más cuestionadas, por las negativas repercusiones que implican en muchos casos,

y cuyas razones debemos buscar sobre todo en las especies empleadas y las técnicas aplicadas en las plantaciones.

Se han utilizado casi exclusivamente especies de rápido crecimiento -sobre todo coníferas-, sin duda muy demandadas por el sector industrial dada su rentabilidad, pero cuyos efectos negativos sobre determinados ambientes son evidentes, ya que perjudican la evolución ecológica hacia posibles estadios climáticos (Velasco, 1968). Además, las coníferas y eucaliptos favorecen los incendios forestales porque -entre otras razones- sus maderas poseen un alto contenido en resinas y esencias fácilmente combustibles. Véase en la tabla I la relación de las especies arbóreas utilizadas en las reforestaciones a nivel nacional y los incendios forestales que han originado; las especies de frondosas apenas han sido afectadas por fuegos forestales.

Tabla I: Superficies repobladas e incendiadas en España por especies forestales

Especies	Sup. repoblada (Ha.) %		Sup. incendiada (Ha.) %	
	1940-1982		1970-1983	
P. pinaster	782.414	24,5	348.807	33,2
P. sylvestris	552.973	17,3	123.716	11,8
P. halepensis	466.282	14,6	285.838	27,2
P. nigra	378.542	11,8	24.418	2,3
P. pinea	212.761	6,6	23.917	2,2
P. radiata	163.813	5,1	74.618	7,1
P. canariensis	27.086	0,8	17.199	1,6
P. uncinata	17.322	0,5	66	
Otras coníferas	77.858	2,4	3.275	0,3
Eucaliptus sp	431.012	13,5	61.770	5,9
Alcornoque	11.161	1,0		
Encina	3.978	0,3		
Robles	6.811	0,6		
Otras frondosas	80.624	2,5	17.380	1,6
Varias	46.349	4,4		
Total	3.190.687	100,0	1.049.223	100,0

Datos elaborados por Castroviejo *et al.* (1985).

Sin embargo, pese a estas observaciones, hay que tener en cuenta que muchas de las repoblaciones, sin duda la mayor parte de ellas, afectan a espacios muy poco aptos para las frondosas, ya que carecen de la calidad de suelos y la regulación hídrica que requieren tales especies, mientras que las coníferas son muy resistentes a medios ambientales adversos y, por tanto, muy apropiadas para la primera fase de recuperación forestal.

Las técnicas reforestadoras, especialmente el método de terrazas de *bulldozer*, han sugerido igualmente críticas, porque remueven intensamente el suelo de las laderas al crear fajas y rellanos donde se plantan los árboles. En concreto los aterrazamientos, que es una técnica inspirada en las prácticas agrícolas tradicionales, alteran las laderas de modo muy importante, tanto en cuanto a la superficie como en profundidad, con el objetivo de controlar la dinámica hidrológica de las vertientes, favoreciendo así la infiltración y reduciendo los mecanismos de erosión. Pero también es cierto que en numerosas ocasiones han servido para promover la degradación de los suelos y la inestabilidad geomorfológica, lo que

en tales casos no redonda en un mejor crecimiento forestal (García-Ruiz y Ortigosa, 1989). A pesar de ello y durante la última etapa -coincidiendo con la gestión del ICONA-, los aterrazamientos con maquinaria pesada han sido los métodos más utilizados, debido -según opiniones próximas a la Administración forestal- a imperativos de mano de obra y a la eficacia de la técnica.

Estas objeciones a los modos de repoblación forestal afectan a todo tipo de ámbitos, tanto a las reforestaciones en los medios de montaña más húmedos y menos alterados -con unas características ecológicas muy avanzadas y muy apropiadas para la restauración de los bosques- como también a las intervenciones en los espacios que han sufrido una gran utilización antrópica, donde las condiciones naturales han evolucionado hacia la destrucción de las cubiertas edáficas y la pérdida de recursos naturales. Sin embargo, las repercusiones más graves se aprecian sobre todo en los ambientes más frágiles, en los que debido a los fuertes contrastes térmicos y pluviométricos estacionales, a las deficiencias de los suelos (poco potentes y con escasez de nutrientes) y a un comportamiento geomorfológico muy erosivo (sustratos muy deleznable), el crecimiento arbóreo está muy comprometido y, además, las propias tareas de reforestación pueden acelerar la degradación edáfica e hidrológica de estas laderas y cuencas.

Éste es el caso de la Depresión noroccidental del Ebro (La Rioja), que es el objeto de estudio del presente trabajo. El espacio de la Depresión se caracteriza por una predominante utilización agraria, pero también presenta numerosos relieves apenas empleados hoy día para las actividades agroganaderas. Tras un aprovechamiento histórico poco conservador, tales relieves están afectados por una acusada degradación ambiental: laderas deforestadas con una cubierta de matorral poco evolucionado y xerófilo, intensa erosión de los suelos y, en definitiva, con un estado ecológico muy regresivo. Estas áreas se corresponden con relieves testigos de antiguos glaciares o escarpes formados por la incisión fluvial (Bajo Leza, riberas del Ebro...). Con frecuencia conforman relieves aislados, de escasa altura pero con pendientes pronunciadas, que se dispersan entre las llanuras agrícolas de la región. En las laderas y cuencas de estos relieves marginales se han llevado a cabo algunas repoblaciones forestales, como son por ejemplo las de los términos de Arrúbal, Nájera, Murillo de Río Leza, Calahorra (Los Agudos), etc. Tales repoblaciones presentan en muchos casos crecimientos deficientes y además plantean ciertas incógnitas en cuanto a su eficacia como recuperadoras de las condiciones ambientales.

Los objetivos del presente estudio se centran precisamente en la consideración de los resultados forestales e hidrológicos de las repoblaciones en el sector de la Depresión del Ebro, cuyas características climáticas, litológicas y rasgos ambientales previos a la repoblación implican limitaciones no comparables a los de los espacios de montaña propiamente dichos.

1. LAS REPOBLACIONES FORESTALES EN LA DEPRESIÓN NOROCCIDENTAL DEL EBRO

En La Rioja la evolución de la superficie repoblada ha sido muy similar a la de otras provincias españolas. Aunque no es un fenómeno exclusivo de las últimas décadas, las primeras reforestaciones de las que se tienen noticias fidedignas se remontan al año 1941, cuando el P.F.E. y el Servicio Hidrológico Forestal realizan plantaciones de coníferas en los valles medios y altos de la Sierra de la Demanda. Sin embargo, como señalan Arizleta y Lopo (1984), es difícil conocer con exactitud las superficies totales repobladas de-

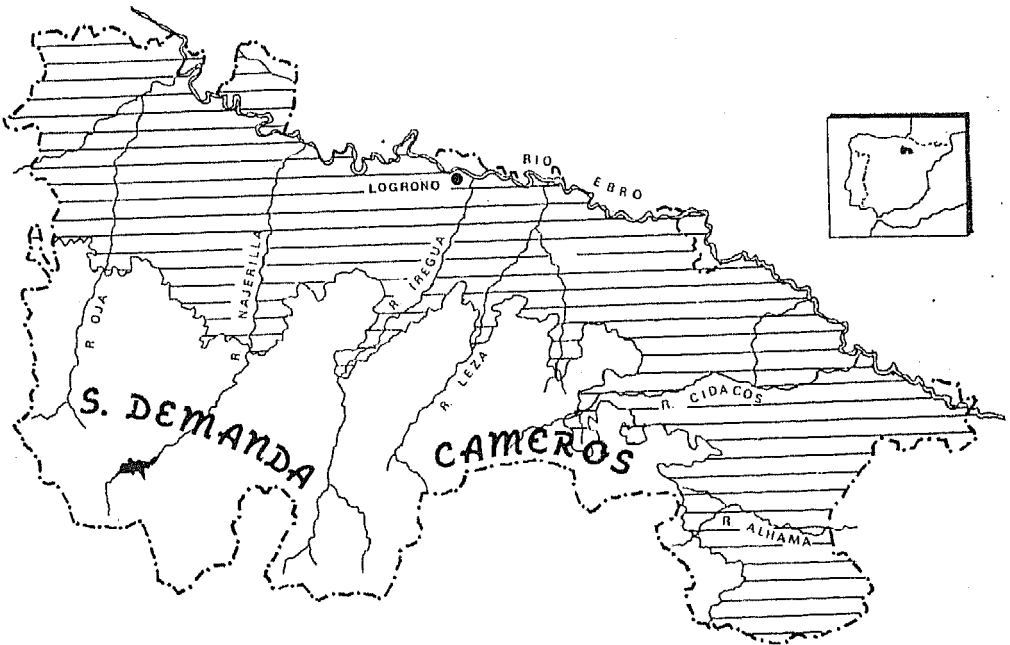
bido a la insuficiente documentación de muchos de los proyectos llevados a cabo, pero podemos considerar que aproximadamente hasta 1980 se implantaron unas 40.000 Ha. (8% de la superficie provincial). Estas repoblaciones se distribuyen de modo desigual, ya que en el sector montañoso podemos encontrar la mayor parte la superficie reforestada, localizada preferentemente en laderas en pendiente y formando manchas de desigual dimensión, desde unas pocas hectáreas hasta perímetros que ocupan más de 1000 Ha.

En el sector de la Depresión del Ebro, donde se asienta la mayor parte de la población y la superficie cultivada de la región, gracias a unos suaves relieves de llanura y de baja altitud (310-750 m.), las repoblaciones son mucho más escasas, y sólo agrupan apenas un 10% del total. En este capítulo se caracterizan los aspectos geográficos más sobresalientes del área de estudio, así como de sus repoblaciones forestales.

1.1. El área de estudio

La Rioja se sitúa en el tercio septentrional de la Península Ibérica, limitando al N con las provincias de Álava y Navarra, al O y S con Burgos y Soria respectivamente, y al E con la provincia de Zaragoza. La región se localiza por tanto en torno a los 42° de latitud y los 2-3° de longitud oeste. Los límites naturales son, por el N, el trazado del río Ebro y en algunos tramos la Sierras de Obarenes-Cantabria (Cordillera Ibérica), mientras que al S, las altas divisorias del Sistema Ibérico noroccidental son las que sirven de límite administrativo de la provincia (Sierras de la Demanda, Urbión, Cebollera y Los Cameros). Hacia el este, la región termina sin discontinuidades paisajísticas, cuya unidad morfoestructural continúa hacia el Valle medio del Ebro en la provincia de Zaragoza.

Figura 1: Área de estudio



El sector riojano de la Depresión del Ebro (ver figura 1) ocupa más de la mitad del conjunto regional (52,7%), y es una unidad fisiográfica bien distinta a la de las serranías montañosas del Sistema Ibérico. Corresponde genéticamente al hundimiento de una fosa tectónica de la orogenia alpina y, por ello, la litología predominante corresponde a materiales recientes del Terciario y Cuaternario: aluviones, margas, arcillas, yesos, areniscas y conglomerados de borde de cuenca en los límites con el sector montañoso del Sistema Ibérico. Estos materiales se estructuran de modo tabular, como corresponde a las áreas poco afectadas por la tectónica; no obstante, los cambios laterales de la sedimentación en la cuenca dotan a la Depresión de una cierta diversidad litoestructural.

Las formas del relieve se resuelven en extensos glacis de acumulación que arrancan del contacto con el Sistema Ibérico, formando extensos planos que descienden hacia el Ebro en suave pendiente, conformando relieves alomados y una topografía general de llanuras. Aún así, la erosión finiterciaria y cuaternaria ha generado distintos niveles de terrazas fluviales y glacis, cuyo desmantelamiento ha dejado en resalte relieves testigos y escarpes formados por la red fluvial. Estos cerros y paredes escarpadas han modelado con frecuencia laderas acarcavadas (*bad-lands*) sobre un sustrato arcilloso fácilmente deleznable, intercalado por estratos de areniscas y, hacia el eje de la Depresión, yesos.

Tabla 2: Distribución de los usos del suelo en el sector riojano de la Depresión del Ebro

Usos del espacio	Superficie (Ha.)	%
Bosques	12.525	4,71
Matorral, Pastizales	50.636	19,07
Cultivos	191.957	72,31
Improductivos	10.339	3,89
Total	265.457	100,00

Inventario Forestal Nacional de Logroño (1969)

El dominio potencial de la vegetación corresponde a los bosques esclerófilos mediterráneos, representados por la carrasca (*Q. ilex rotundifolia*) y la coscoja (*Q. coccifera*); en las zonas más elevadas (por encima de los 550 m.) y umbrías debiéramos encontrar importantes formaciones de robles (*Q. faginea*). Ahora bien, como se deduce de los datos aportados en la tabla 2, la mayor parte de bosques climácicos han desaparecido en favor de los pastizales y del espacio cultivado, por lo que este piso mesomediterráneo ha desaparecido casi por completo (Mensúa y García-Ruiz, 1976; Fernández Aldana *et al.*, 1989; Sobrón, 1987). Gran parte de esa deforestación es relativamente reciente, corresponde a este siglo, coincidiendo con la expansión de la vid y el impulso demográfico.

Respecto al clima, el régimen termo-pluviométrico se enmarca dentro del clima mediterráneo que caracteriza a la mayor parte de la Península. Ahora bien, un análisis detallado hace considerar ciertas características y diferencias a lo largo del eje de la Depresión riojana. Por su localización interior y posición altitudinal, todo este conjunto está definido por una escasez de precipitaciones (380-500 mm. anuales), con unos tipos de tiempo muy calurosos en verano (20-22°) e inviernos templados (4-5° de temperatura media anual en el mes de enero), por tanto con una isoterma media anual variable entre los 10-13°C. Desde el punto de vista botánico, el factor más limitante es la acusada sequía estival, ya que por término medio se reciben solamente unos 20 mm. durante los meses de julio y agosto,

pero con una escasez hídrica que hace de las sequías prolongadas (30 o más días) un fenómeno frecuente (ver Ortigosa, 1987). Existe un contraste climático apreciable entre el sector más noroccidental de la Depresión (Haro, Santo Domingo...) y el extremo oriental (Calahorra, Alfaro...), motivado por la dilución de las influencias atlánticas a medida que avanzamos hacia el interior del Valle del Ebro. Este factor modifica progresivamente el clima, de modo que hacia el este el clima mediterráneo adquiere matices continentales, aumenta el contraste térmico estacional debido sobre todo a unos veranos más calurosos y decrecen las precipitaciones, al mismo tiempo que se agudizan los períodos de sequía. En las tablas 3 y 4 podemos comprobar estas diferencias climáticas mediante los datos observados en diversas estaciones meteorológicas.

Tabla 3: Características climáticas en diferentes estaciones de la Depresión del Ebro

Estaciones	Altitud (m.)	Precipitación anual (mm.)	Temperatura media anual (°C)
Haro	479	467,5	12,8
Cenicero	437	455,0	12,8
Logroño	384	454,1	13,3
Arnedo	547	466,3	13,2
Calahorra	358	394,1	13,3

Tabla 4: Períodos de retorno observados para secuencias de sequía de 30 o más días

Estaciones	Recurrencia (años)
Haro	2,2
Cenicero	2,7
Logroño	1,4
Arnedo	1,5
Calahorra	1,2

Datos obtenidos de Ortigosa (1987).

1.2. Caracterización de las repoblaciones forestales

Como hemos señalado anteriormente, en el área de estudio las repoblaciones suponen solamente un 10% del total provincial, es decir, unas 4.000 Ha., más de la mitad de ellas comprendidas entre el nivel altitudinal de los 600-800 m. Las áreas repobladas se localizan preferentemente en los relieves residuales y en los abruptos creados entre los niveles de glaciares, que son espacios que por su topografía son muy poco aptos para la agricultura y -en el mejor de los casos- se utilizaban como eriales o pastos. Sin embargo, también hay que señalar algunas reforestaciones realizadas sobre relieves prácticamente llanos, como es el caso de algunos perímetros de propiedad privada y las arboledas trazadas a lo largo de carreteras.

En general, y a diferencia de otras muchas repoblaciones de montaña, son manchas de pequeña dimensión (decenas de hectáreas), ocupando laderas concretas y a veces pequeñas cuencas (por ejemplo, Dehesa de Navarrete, proximidades de Nájera); el perímetro de mayor dimensión corresponde sin duda a Los Agudos, en Calahorra, con un repoblado disperso que abarca unas 1.000 Ha. Todas ellas tienen en común un aspecto muy homogéneo, como es característico de los monocultivos de repoblación, en los que se utilizan ge-

neralmente una única especie de árbol, con una separación entre individuos muy escasa (1,5-3 m., dependiendo de la técnica empleada).

Estas repoblaciones, salvo contadas excepciones, se basan en especies de coníferas adaptadas a las limitaciones climáticas y la precariedad de los suelos. Por ello, la conífera más empleada ha sido el *Pinus halepensis*, ya que es una especie termófila y xerófila, muy resistente a las deficiencias hídricas del clima y los suelos, capaz de regenerarse en ambientes con una precipitación total de 250 mm.; en ciertos casos se ha utilizado conjuntamente con los cipreses, que también aguantan muy bien la sequía estival. Como podemos observar en la tabla 5, casi el 47% de la superficie repoblada se ha realizado con el pino carrasco. El pino laricio (*P. nigra*) es la segunda especie en importancia, ya que engloba el 31,7% del conjunto; aunque en menor medida que el *P. halepensis*, es también una conífera que soporta bien las deficiencias de humedad estival y no está limitada por los suelos básicos, tan frecuentes en el área de estudio; esta especie requiere un mínimo de unos 500 mm. de precipitación y unas lluvias estivales de al menos 100 mm., por lo que se ha utilizado sobre todo en áreas por encima de los 600 m. de altitud. El pino silvestre (*P. sylvestris*), que es la especie más utilizada en la montaña riojana, no se ha empleado prácticamente en el sector de la Depresión (por debajo de los 800 m. de altitud), puesto que necesita una lluvias mínimas de 600 mm. y sin sequías prolongadas. Sin embargo, podemos encontrar localmente otras coníferas, como es el *Pinus pinaster*, *P. pinea* y, por supuesto, plantaciones de chopos (*Populus* sp.), si bien éstas últimas corresponden más bien a cultivos de ribera de propiedad individual.

Tabla 5: Distribución de las repoblaciones de la Depresión según las especies y las técnicas utilizadas

Especies	Superficie (Ha.)	%
<i>Pinus halepensis</i>	1.868	46,7
<i>Pinus nigra</i>	1.268	31,7
Otras coníferas	860	21,5

Técnicas	Superficie (Ha.)	%
Hoyos y fajas de buey	2.560	64,0
Terrazas de bulldozer	1.440	36,0

Por otra parte, tres técnicas principales se han aplicado para realizar la reforestación, conocidas como *hoyos, fajas de buey o surcos* y *terrazas de bulldozer*. Como veremos más adelante, cada una de ellas exige un desbroce inicial de la vegetación competitiva, una remoción del suelo y un sistema de plantación diferente. Ciertamente son métodos diferentes, que inciden desigualmente tanto en lo que se refiere a la remoción del suelo de las laderas como a la distribución de las plantas. El método menos traumático es el del ahoyado manual, que se realiza sin maquinaria ni tracción animal, y ha sido también el más utilizado para realizar estas repoblaciones, cuya finalidad es sobre todo conservacionista. No obstante, un 36% de la superficie repoblada por debajo de los 800 m. de altitud se ha implantado mediante aterrazamientos con maquinaria pesada, lo que supone que grandes cantidades de suelo se han removido en estas laderas para crear los rellanos donde se plantan dos hileras de árboles.

2. LAS ESPECIES Y EL CRECIMIENTO FORESTAL

Los reforestaciones se han realizado de modo mayoritario con especies de coníferas (pinos, tsugas y pseudotsugas, cipreses...), de manera que las frondosas -tales como robles o encinas- se han empleado muy poco si exceptuamos los chopos (*Populus sp.*), que tienen una notable importancia gracias a su interés industrial y su adaptabilidad a determinados ambientes higrófilos. El empleo masivo de coníferas no es sorprendente en las regiones muy continentales, de elevadas altitudes o latitudes (Himalaya o norte de Europa, por ejemplo), donde estas especies representan el óptimo forestal. Su justificación es más difícil y compleja en otras áreas de montaña, en las que los bosques de frondosas son considerados como el estadio climácico de la vegetación. En estas montañas, como ocurre en los países ribereños mediterráneos, el uso mayoritario de coníferas ha sido motivado en primer lugar por la gran resistencia ecológica de estos árboles, capaces de enraizar en ambientes edáficos degradados (suelos erosionados y laderas pedregosas con sustratos muy próximos), donde otras especies más evolucionadas tienen menores posibilidades de crecimiento; además, gran parte de las especies empleadas son ecotipos autóctonos (*P. nigra*, *P. halepensis*) bien adaptados a los climas locales. En segundo lugar, no hay que olvidar que las coníferas en general producen altos rendimientos en madera y tienen un alto valor industrial (papeleras, contrachapados), ya que sus ciclos de corta oscilan entre los 30-70 años frente a los 100-150 que requieren los robles y hayedos, por ejemplo.

Aun así, la política de especies seguida por las administraciones no ha sido tan inapropiada como se ha evaluado en ocasiones, ya que si bien los ambientes ecológicamente avanzados admitirían sin dificultad la regeneración con especies más "nobles", gran parte de las montañas repobladas corresponden a espacios degradados, donde las coníferas son muy aconsejables por su adaptación a la precariedad de los suelos y a la sequía edáfica. No olvidemos que los organismos encargados de las reforestaciones no han podido elegir sistemáticamente las áreas de actuación más idóneas, sino que en la mayor parte de los casos se han encontrado con territorios en fase de abandono, a veces muy marginales y poco productivos. A partir de aquí es fácil comprender que no todas las repoblaciones parten de las mismas condiciones y aptitudes forestales, lo que se manifiesta en unos crecimientos del arbolado muy contrastados.

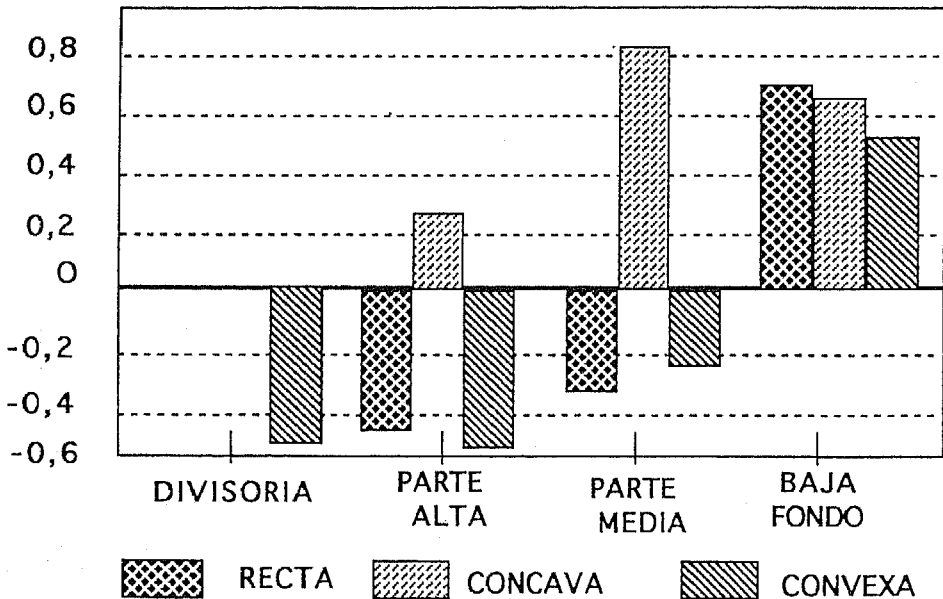
La variabilidad climática de la montaña obliga a la elección de especies adaptadas a los regímenes termo-pluviométricos, lo que incide de algún modo en la respuesta forestal puesto que cada especie presenta ritmos peculiares de desarrollo. Estas diferencias son muy evidentes entre las reforestaciones de climas secos (pino carrasco y cipreses, pino laricio) y las de los ámbitos más húmedos (pino silvestre, insigne, alerces, pseudotsugas), cuyos árboles evolucionan en general más rápidamente en todos los aspectos dasométricos. En la tabla 6 podemos comparar los resultados del crecimiento forestal obtenidos a partir de un muestreo aleatorio, donde se comprueba que efectivamente las especies idóneas para las reforestaciones de la Depresión (pino carrasco y laricio) implican un crecimiento medio menor que las especies propias de los ámbitos de montaña (pino silvestre y pseudotsuga). Es importante subrayar este hecho, porque los resultados forestales no deben compararse únicamente por el crecimiento del arbolado, ya que este parámetro depende sobre todo de las aptitudes de los ecosistemas y no de la calidad de las repoblaciones.

Tabla 6: Características del crecimiento forestal en las distintas especies de repoblación

Especies	Edad media (años)	Altura media (cm)	Crecimiento 5 últimos años (cm)	Circunferencia tronco 1,30 m. suelo	Índice A/E (cm/años)
<i>Pinus sylvestris</i>	18,4	422,9	142,1	23,6	22,0
<i>Pinus nigra</i>	16,5	287,7	105,2	17,0	16,4
<i>Pinus halepensis</i>	28,0	427,6	76,6	21,9	15,2
<i>Pseud. douglasii</i>	17,6	607,9	252,6	31,2	34,5

Pero el crecimiento individual de los árboles y la mortalidad de las plantas (marras) están condicionados especialmente por las cualidades edáficas y el comportamiento hidromorfológico de las vertientes. Con frecuencia se ha pretendido recuperar los estadios forestales en laderas muy afectadas por los procesos de erosión o vertientes pronunciadas, que coincidan con suelos desestructurados y ofrecen condiciones poco óptimas para el desarrollo radicular y la nutrición órgano-mineral de los árboles; en estos casos se observan árboles de porte muy reducido y un fracaso forestal muy elevado por inadaptación o falta de recursos. En las repoblaciones de la Depresión es frecuente observar crecimientos muy contrastados; mientras que algunas repoblaciones han conseguido una notable elevación y cubierta del arbolado (Dehesa de Navarrete, Villalba...), otras por el contrario presentan unas plantas dispersas y diminutas para su edad (cerros de Lardero, Arrúbal, Autol...). Hay que entender que buena parte de estas diferencias forestales están implícitas en las aptitudes previas del terreno, de modo que los espacios naturales más degradados producirán las repoblaciones más problemáticas.

Figura 2: Índice relativo de crecimiento forestal según la forma de la vertiente y la disposición topográfica de las áreas repobladas



La importancia de estos factores puede comprobarse en la mayor parte de las áreas repobladas a pequeña escala, al comparar el crecimiento en relación con la disposición topográfica y la forma de la vertientes. En general, los mayores crecimientos y las cubiertas más densas se observan en las partes bajas de las vertientes y en las áreas cóncavas, que acumulan los aportes enviados desde otros sectores de la cuenca (agua, nutrientes, sedimentos finos). Por el contrario, las partes más elevadas, los sectores de mayor pendiente y las formas muy convexas (divisoria, interfluvios) son áreas exportadoras, por lo que ofrecen condiciones menos favorables para el desarrollo arbóreo (mayor índice de marras, menores elongaciones, vuelo de copas más abierto, etc). En la figura 2 se representa el crecimiento de las repoblaciones en función de los criterios topográficos y morfológicos de las laderas.

3. LAS TÉCNICAS Y LOS MODOS DE REFORESTACIÓN

Las repoblaciones se han realizado mediante *hoyos*, *fajas de buey* o *terrazas de bulldozer*. La primera de ellas es la más tradicional y fue prácticamente la única técnica que se utilizó hasta principios de los años 60, cuando se comenzó a emplear la técnica de las fajas de buey. Éstas a su vez fueron reemplazadas una década después por los aterrazamientos. Al margen de las repercusiones geomorfológicas, cada técnica genera una distribución diferente de los árboles y obtiene una desigual densidad de repoblación. No obstante, cada técnica puede contener numerosas variantes, tanto en lo que se refiere a la preparación del terreno como en el marco de la repoblación (geometría de la distribución de árboles). Por ello, para describir sus características en cuanto a crecimientos y desarrollos forestales se refiere, nos basaremos en los rasgos observados sobre el terreno:

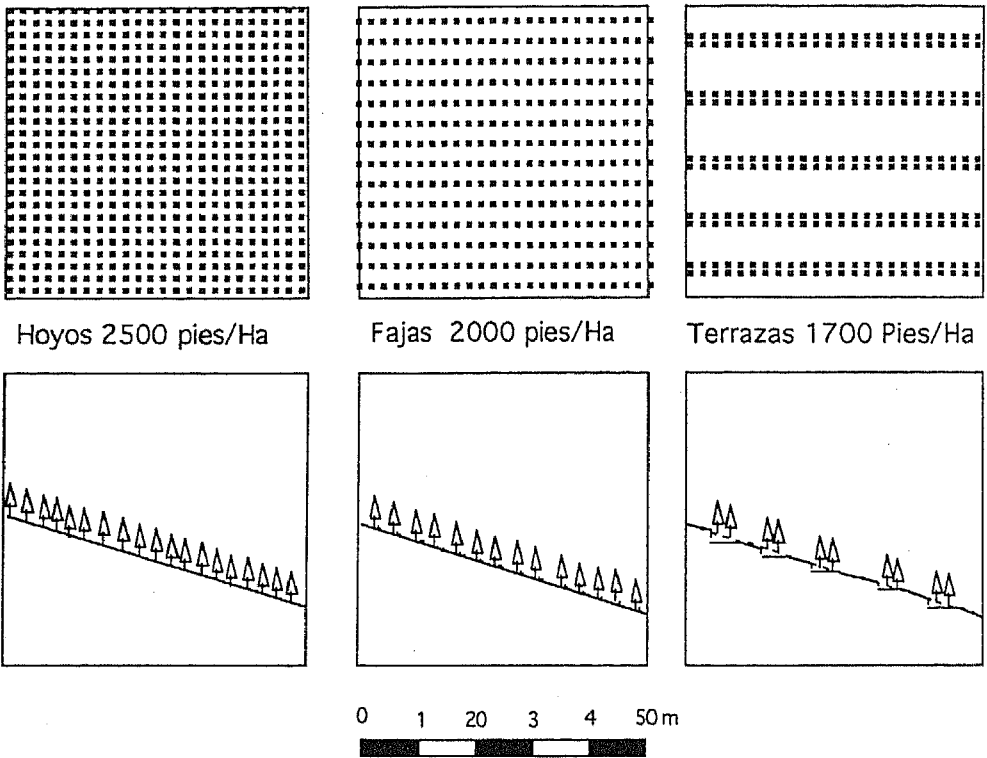
Hoyos: Esta técnica de repoblación está basada en la formación de hoyos puntuales donde se instalan las plantas, distribuyendo muy homogéneamente los pies repoblados y creando una geometría aproximadamente ortogonal. En la figura 3 presentamos un esquema característico del marco de repoblación y de la distribución de los árboles en el perfil de la ladera. Normalmente, la plantación se realiza siguiendo hileras perpendiculares a la pendiente o paralelas a las curvas de nivel, y al mismo tiempo alineando los árboles de las hileras adyacentes o bien desencuadrándolos al *tresbolillo*. El operador utilizaba una distancia fija para separar los árboles de una misma hilera (unos 200 cm.). A su vez, cada hilera quedaba separada de sus contiguas a igual distancia que entre árboles, proporcionando finalmente una densidad muy próxima a 2.500 pies/Ha.

Fajas de buey o surcos: Con esta técnica reforestadora la plantación se realiza también siguiendo hileras, exclusivamente en el sentido de las curvas de nivel, en las cuales se instalan los plantones en unas zanjas o surcos realizados con un arado. Los árboles se separan unos de otros 150-200 cm., y entre fajas por término medio hemos calculado una distancia de 3,37 m. Por ello, se obtienen aproximadamente 2.000 pies/Ha., aunque este valor puede variar a una menor o mayor densidad según las repoblaciones.

Terrazas de bulldozer (terrazas argelinas): Esta técnica crea mediante desmontes y recargas, rellanos de aproximadamente 3 m. de anchura, plantando en ellos dos hileras de árboles paralelas y separadas entre sí unos 150 cm., e incluso menos. En estos sectores de plantación destaca el hecho de que corresponden a un suelo totalmente removido por el arranque de la ladera, cuya profundidad deja ver en muchas ocasiones el sustrato, con el efecto paradójico de acumular la mayor parte del suelo excavado en la parte externa de la

terrazza. Por otra parte, la distancia entre terrazas es muy variable, oscilando entre los 3 y los 10 m., dependiendo generalmente del gradiente de la ladera. En áreas de poca pendiente, las terrazas se aproximan hasta el punto de remover completamente el suelo original; así ocurre generalmente sobre antiguos bancales de cultivo o en topografías llanas. A medida que aumenta el gradiente -aunque no es una regla fija- la distancia entre terrazas aumenta, dejando en la ladera una banda intacta, no removida ni alterada. Como promedio, la distancia entre los extremos de las terrazas es 7,8 m. Por tanto, la geometría de repoblación que se consigue con esta técnica es muy peculiar y fácilmente reconocible sobre el terreno, ya que forma cinturones de repoblación forestal con dos hileras de árboles y sectores no utilizados que conservan la vegetación preforestal, y todo ello siguiendo las curvas de nivel. La densidad de repoblación obtenida suele ser inferior al de las otras técnicas, y por término medio es de 1.780 pies/Ha.

Figura 3: Distribución del arbolado según las técnicas de reforestación



A pesar de estas técnicas forestales, los objetivos reforestadores estarían muy comprometidos si sólo se realizase la plantación de árboles, puesto que su crecimiento no es independiente de las condiciones edáficas y de los recursos hídricos disponibles, más aún en los ambientes de clima mediterráneo donde el agua es uno de los principales factores limitantes de la evolución del suelo y del crecimiento forestal. Es fácil comprender que en ambientes cuya dinámica hidrológica es muy negativa -escasa infiltración e intensos procesos de arroyada superficial-, la creación de una masa forestal capaz de estabilizar las condiciones geomorfológicas se puede retrasar considerablemente; en el peor de los casos, estas condiciones conducen a un fracaso forestal generalizado. Por lo tanto, las técnicas de repoblación realizan una preparación de las laderas en dos fases:

a) Eliminación del matorral, en general realizada de forma parcial, destruyendo así las plantas que más compiten con los árboles por los recursos vitales (agua, nutrientes, luz, etc.).

b) Reestructuración y remoción de la ladera, que se realiza en primer lugar para instalar las plantas, pero al mismo tiempo para controlar en la medida de lo posible la circulación del agua. Esta función es importante a su vez por un doble motivo: incrementa la provisión de agua para los nuevos árboles -facilitando así su crecimiento- y reduce la capacidad erosiva de la escorrentía superficial.

Por tanto, toda reforestación implica una alteración de las laderas con cualquiera de las técnicas utilizadas: hoyos, surcos (fajas de buey) o terrazas de *bulldozer*. Ahora bien, cada una de estas técnicas lleva consigo un tratamiento muy diferente de las laderas, especialmente en cuanto a la intensidad y al volumen de tierra removida se refiere. El método de hoyos, que basa la plantación en unas excavaciones puntuales, apenas llega a remover un 10% de la superficie repoblada, recolocando además la mayor parte del suelo en el mismo lugar de la excavación; las únicas estructuras de control hídrico son las pequeñas microbanquetas alrededor del árbol plantado, que tienen escasa capacidad de regulación hídrica. La técnica de surcos genera una mayor transformación de la ladera, ya que una buena parte del material excavado se utiliza para formar los caballones que retienen la escorrentía superficial; estas formas son pequeñas acumulaciones continuas, de dimensiones similares a las de los surcos semi-rellenados, es decir, tienen un altura sobre el perfil de la ladera original de 20 a 40 cm. y una anchura no inferior a 50 cm. Por ello, la técnica de surcos afecta aproximadamente a un 25% de la superficie de las laderas, aunque esta intervención no suele alcanzar de forma visible al sustrato. Por último, la técnica de terrazas consiste esencialmente en la construcción de plataformas llanas o con ligera pendiente, realizadas removiendo la ladera en profundidad y depositando de nuevo este material a modo de terraplén. Aunque los aterrazamientos pueden ser muy diferentes, en relación con su finalidad y las necesidades de control hidrológico, remueven un gran volumen de tierra, que depende del distanciamiento de los bancales y la pendiente de la ladera. La alteración superficial de las laderas con esta técnica no es inferior a un 50%, y llega a ser de un 100% cuando las terrazas son contiguas.

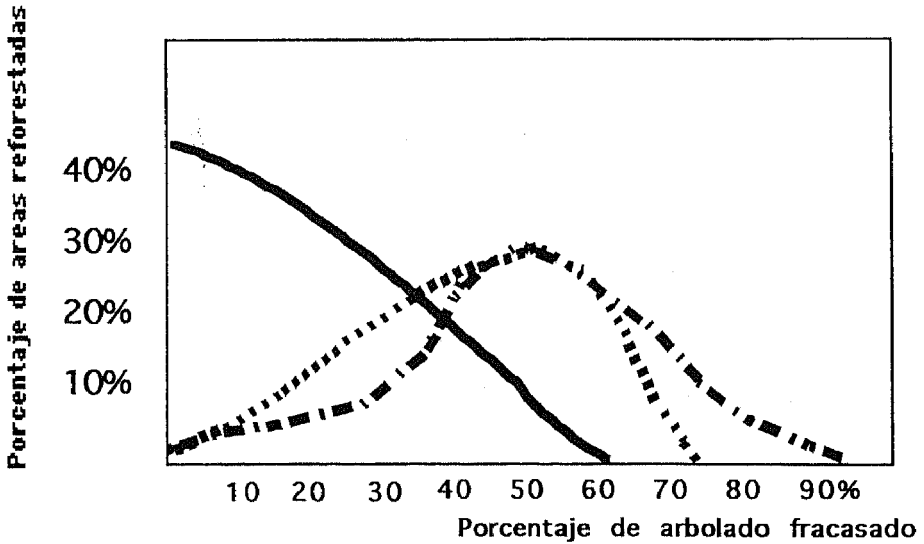
Con todo lo anterior, podemos comprender que las distintas técnicas tienen cierta importancia para explicar el crecimiento de los árboles, el fracaso forestal y la evolución geomorfológica de las laderas repobladas. Sobre estos aspectos, las terrazas argelinas o de *bulldozer* demuestran los efectos más negativos. En la tabla 7 se ofrecen los resultados del crecimiento sobre un amplio muestreo, cuyo índice estadístico es relativo y pondera las elongaciones del arbolado corrigiendo su edad y el tipo de especie. Así, comprobamos que efectivamente las reforestaciones de la Depresión crecen menos que las de montaña (índice negativo, y por tanto inferior a la media total), lo cual no es sorprendente debido a los

condicionantes climáticos. Ahora bien, es más interesante observar que las repoblaciones en terrazas presentan un índice menos favorable que la técnica de fajas de buey o el ahoyado manual. Incluso contra la lógica que defiende que las terrazas son más apropiadas en dominios secos que otras técnicas gracias a la mayor disponibilidad hídrica para el arbolado, la realidad demuestra que en general no es así.

Tabla 7: Índice relativo de crecimiento medio según las técnicas de repoblación y otros factores

Especies	Terrazas	Fajas de buey	Diferencia entre ambas técnicas
<i>Pinus sylvestris</i>	-0,211	+0,906	1,117
<i>Pinus nigra</i>	-0,092	+0,461	0,553
Altitud en metros			
Menos de 800 m.	-0,323	-0,135	0,135
800 - 1200 m.	+0,046	+0,661	0,615
Más de 1200 m.	-0,283	+0,906	1,189
Exposición			
Umbrías	+0,086	+1,514	1,428
Solanas	-0,400	-0,070	0,330
Promedio	-0,143	+0,669	

Figura 4: Observaciones muestrales del fracaso forestal según las técnicas empleadas



Por otra parte, las técnicas reflejan diferencias en los fracasos forestales de las repoblaciones. A medida que evolucionan los repoblados, difícilmente se desarrollan todas las plantas; la fauna, la ganadería, la competencia entre árboles... son causas de una mayor o menor mortalidad del arbolado. Las *marras* son un hecho bien conocido por los técnicos forestales, sin embargo, la técnica de terrazas es la que produce también los resultados más graves en general. En la figura 4 nuevamente se comprueba los efectos más negativos de las terrazas a partir de 110 repoblaciones muestrales. Por término medio, la técnica de hoyos permite una pervivencia del 82% de las plantas enraizadas, las fajas de buey un 68,5% y las terrazas sólo un 59%, lo que significa en términos generales una mortalidad del 40,8% para reforestaciones de al menos 25 años de edad.

Sin duda, los hechos demuestran que los modos de repoblación mediante aterrazamientos con maquinaria pesada introducen unas condiciones ambientales menos propicias que otras técnicas menos impactantes. Entre estas condiciones desfavorables debemos señalar (Ortigosa, 1991):

- Suelo removidos, desestructurados y menos fértiles.
- Exhumación del sustrato y carencia de suelo en determinados sectores.
- Inestabilidad geomorfológica e intensidad de los procesos erosivos.
- Fenómenos de encharcamiento, geliturbación y acumulación de arcillas, etc., que se producen en los rellanos.

4. EL COMPORTAMIENTO HÍDRICO Y GEOMORFOLÓGICO DE LAS CUENCAS REPOBLADAS

Las repoblaciones, gracias a las condiciones creadas por la propia masa forestal, tratan de cumplir a medio y largo plazo la función de regular el ciclo hidrológico a escala de laderas y cuencas, disminuyendo la intensidad y volumen de la escorrentía superficial, y limitando con ello la capacidad erosiva y la exportación de sedimentos hacia los cauces. Así, concretamente, en las reforestaciones realizadas en cuencas con embalses y presas, la regeneración de la cubierta forestal tiene como objetivos específicos limitar el aporte de sedimentos transportados por los cauces y regular los aportes erosivos de las laderas adyacentes. En cualquier caso, el control hidrológico de las cuencas con bosques está en relación con diferentes efectos de las masas forestales:

- El fuste de los árboles y las raíces en general favorecen la infiltración hacia los distintos niveles del suelo, mediante el escurrimiento del agua de precipitación por el tronco y los huecos de las raíces en el suelo. Este incremento de permeabilidad debe ser más importante en laderas donde los suelos están poco evolucionados o bien son muy compactos.

- Las copas de los árboles, sobre todo en formaciones que cubren gran parte del suelo, interceptan una buena proporción de la lluvia, controlando la intensidad del agua precipitada que alcanza el suelo y dispersando así su energía de impacto (*splash*). De otro modo, los contactos continuados de las gotas de lluvia favorecen la disgregación del suelo y su posterior denudación por escorrentía. Además, la retención de la lluvia en el ramaje de los árboles es muy positiva porque aporta agua por goteo acabada la precipitación, dando así tiempo a una infiltración más eficaz de los suelos. Por otro lado, el mantillo que aportan los árboles, aunque en menor medida que las copas, también intercepta la precipitación y reduce la velocidad de la escorrentía (Lee, 1980).

- Por último, como hemos estudiado en los apartados precedentes, no podemos olvidar que las reforestaciones han sido realizadas con técnicas que crean estructuras de retención

hídrica. Bien se trate de terrazas o fajas de buey, se construyen rellanos o surcos limitados por un caballón, que retienen superficialmente el agua y favorecen teóricamente la infiltración (González Alonso *et al.*, 1989).

Binns (1979) demostró en Gran Bretaña la relación existente entre el crecimiento de los árboles de una repoblación y la disminución de la escorrentía. Los cauces de estas cuencas presentaban picos de crecida inferiores a los producidos en cuencas deforestadas. Siguiendo estos planteamientos, cabe esperar que las cuencas repobladas de suficiente edad muestren un mejor comportamiento hidrológico en las vertientes y, a su vez, una dinámica geomorfológica menos activa en los cauces. Debemos pensar que una mayor tasa de infiltración, o simplemente una mayor retención superficial en las laderas, contribuye a reducir la concentración de caudal en los cauces, disminuyendo así la erosión remontante de los canales y la energía de transporte de sus lechos. El grado de actividad de los cauces y el tipo de sedimentos que transportan reflejan la intensidad de los procesos dominantes en la cuenca. En este sentido, los cauces pueden ser considerados como sistemas abiertos -o, mejor aún, subsistemas del complejo cuenca- «que acumulan información cada vez más compleja e interrelacionada... por lo que pueden considerarse como una expresión sintética de la estructura y dinámica del conjunto del sistema» (García-Ruiz *et al.*, 1987).

Para comprobar estos efectos geomorfológicos de las repoblaciones hemos realizado un muestreo en varios cauces de cuencas repobladas y de otras no repobladas, que atestiguan los ambientes previos a la reforestación. Hemos seleccionado cuatro conjuntos de cuencas, considerando en cada uno de ellos una cuenca reforestada y una cuenca testigo. Estas áreas de muestreo se concretan en el Alto de La Grajera (Logroño), el término municipal de Arrúbal y en Los Agudos (Calahorra); en esta última zona se han estudiado dos conjuntos de cuencas. Su elección responde a una adecuada combinación entre cuencas repobladas y testigo, pero también porque tienen unas características comunes muy apropiadas para nuestros propósitos:

- Todas las cuencas, repobladas y testigos, se localizan en la Depresión del Ebro, entre 400 y 550 m. de altitud. Tienen un régimen climático y unas condiciones ambientales y biogeográficas similares. La vegetación natural que encontramos en estas cuencas es característica de ambientes xerófilos y de etapas seriales regresivas.

- Las cuencas repobladas han sido realizadas fundamentalmente con la misma especie (*Pinus halepensis*), con la técnica de fajas u hoyos, y sus edades oscilan entre 30 y 40 años.

- La litología es muy similar y característica de la Depresión del Ebro, predominando las arcillas y margas, con niveles alternantes de areniscas y yesos (Gonzalo Moreno, 1981).

El objetivo concreto de este muestreo es el de comparar el comportamiento geomorfológico de los cauces tras la reforestación y en ambientes degradados. En cada cuenca de muestreo -repoblada o testigo- se han elegido algunos cauces, generalmente cuatro, hasta completar un total de 29, casi la mitad de los cuales corresponden a cuencas sin repoblación forestal. A su vez, en cada cauce se ha recogido información del lecho fluvial (canal de inundación) y de los taludes que lo limitan a ambos lados.

En el lecho fluvial de cada barranco se han tenido en cuenta 10 puntos del mismo, separados entre sí 5 m. a lo largo del trazado del canal, en los cuales se anotó en una ficha de campo la siguiente información:

- *Cubrimiento de la vegetación (%)* que se enraiza en el lecho del cauce. Esta vegetación corresponde con mayor frecuencia a herbáceas de carácter húmedo y en menor medida a pequeños matorrales. Esporádicamente podemos encontrar la vegetación desprendida de los taludes (pinos repoblados y otras especies leñosas).

- *Suelo desnudo (%)*, cuyo valor porcentual no tiene necesariamente por qué ser el complementario del cubrimiento de la vegetación, aunque de modo general está muy relacionado. Al mismo tiempo, en el suelo desnudo hemos desglosado proporcionalmente (%) la composición sedimentológica, distinguiendo los siguientes tipos:

- Material fino: arenas, limos y arcillas.
- Cantos y gravas.
- Sustrato al descubierto.

Por otro lado, también han sido observados los taludes de cada cauce. Éstos enlazan topográficamente las laderas de la cuenca con la incisión de los barrancos y son sectores de fuerte pendiente pero de escasa elevación (de uno a varios metros), dependiendo de la incisión del cauce. Los taludes suelen ser muy activos geomorfológicamente -nos referimos concretamente a los de estos cauces estudiados-, y están afectados por diversos procesos de erosión relacionados con el arroyamiento superficial (difuso y concentrado) y movimientos en masa de distinta escala, que tienden a mantener fresco el perfil. No podemos olvidar que estos sectores están sometidos a inundaciones esporádicas del canal, que inciden el cauce y erosionan los pies del talud, provocando el zapamiento de la base (socavación lateral) y los desprendimientos. La inestabilidad de los taludes depende en gran parte de la actividad de los canales, por lo que son buenos indicadores de la dinámica hidrológica de las cuencas. Por ello, en cada uno de los barrancos estudiados y en diversos puntos de su trazado hemos tomado la siguiente información de los taludes:

- Cubrimiento de la vegetación (%).

- Microambientes geomorfológicos, distinguiendo cuatro tipos que pueden combinarse de diferente modo y que conjuntamente completan el 100% de este sector: (1) canales e incisiones por arroyamiento concentrado; (2) movimientos en masa: pequeños *slumps* o flujos del suelo; (3) arroyamiento difuso fuerte, con un suelo fuertemente lavado y (4) erosión moderada o nula.

Posteriormente, estos datos de lechos y taludes de cada barranco han sido procesados para calcular el valor medio en porcentaje de los diferentes parámetros cuantificados (cubrimiento vegetal del canal y del talud, suelo desnudo, etc.), para comparar especialmente el comportamiento diferencial entre cuencas repobladas y no repobladas (García-Ruiz y Ortigosa, 1988).

4.1. Caracterización de la dinámica geomorfológica de los cauces

La gestión humana, sobre todo por un intenso pastoreo, dio lugar a la sustitución de los encinares climácicos y los carrascales -de los que aún quedan testigos- por un matorral de tipo submediterráneo y por comunidades herbáceas abiertas. Paralelamente, las características edáficas se fueron transformando al mismo tiempo que se alteraba el funcionamiento hidrológico superficial. Por ello, algunas reforestaciones fueron realizadas en estas pequeñas cuencas de la Depresión del Ebro, con un objetivo claramente conservacionista. La actividad hidrológica y geomorfológica de los cauces, correspondientes a áreas repobladas o sin repoblar (testigos), es actualmente muy intensa a pesar de la discontinuidad de sus caudales, ya que sólo en períodos de lluvia transportan agua y sedimentos. En sus taludes se aprecian frecuentemente diversos procesos de erosión muy activos, que rejuvenecen constantemente las zonas próximas al cauce. Los lechos fluviales contienen una alta proporción de material fino, hídricamente seco la mayor parte del año, y sin embargo la colonización vegetal es relativamente escasa, demostrando así la actividad de estos canales.

La litología arcillosa que compone el suelo y sustrato de estas cuencas, fácilmente deleznable, y el limitado cubrimiento vegetal de estos ambientes xerófilos, son factores que favorecen diversos mecanismos: arroyamiento superficial, *splash*, *piping* o sufusión (Gutiérrez Elorza y Rodríguez Vidal, 1984; García Prieto, 1986) y movimientos en masa. Tal es así que muchas de estas cuencas presentan el aspecto y la actividad geomorfológica que caracteriza a los ambientes acarcavados o *badlans* (Bryan y Yair, 1982), dotados de un gran dinamismo e inestabilidad en sus vertientes y cauces.

No obstante, la capacidad de transporte y erosión de estos cauces difiere notablemente en función de la dinámica geomorfológica local. En algunos cauces, hemos podido observar una colonización vegetal que apenas cubre el 10% del suelo, mientras que en otros más del 70% del lecho de inundación está cubierto por vegetación. La sedimentos transportados en estos canales es igualmente variable, ya que, por ejemplo, en unos cauces el sustrato al descubierto ocupa un 20% y en otros muchos no se observa. Respecto a los taludes que encauzan estos barrancos se aprecia también una gran variación, de modo que algunos barrancos presentan taludes muy estabilizados, con predominio de la forma definida como erosión moderada, y contrariamente otros muestran un dominio de desprendimientos, con una proporción variable de canales y erosión difusa.

Para todos los cauces en conjunto, por término medio el cubrimiento de la vegetación de cauces y taludes es respectivamente de 47,3 y 43,8%, pero también con variaciones. Predominan los materiales finos (41% como media para todos los cauces), debido al material arcilloso de las laderas. La carga gruesa de fondo es escasa (14,2%), pero lo es aún más la roca al descubierto (3,6%). En los taludes, el microambiente geomorfológico más frecuente es la erosión moderada (40,5%), pero hay mucha variabilidad entre los barrancos; el índice de dispersión de la serie (Desviación Estándar) demuestra que en la mayor parte de ellos la proporción de erosión moderada oscila entre un 25 y un 65%. Los desprendimientos y el arroyamiento difuso fuerte tienen también una notable importancia en los taludes (23,5 y 27,6%, respectivamente). El arroyamiento concentrado en pequeños canales es poco frecuente (8,1%) y en algunos casos inexistente (véase Tabla 8).

Asimismo, hemos comprobado estadísticamente mediante correlaciones lineales la dependencia existente entre el comportamiento de los lechos fluviales y sus respectivos taludes, de manera que los barrancos que muestran taludes desnudos y con alta proporción de procesos erosivos coinciden de modo general con lechos desprotegidos de vegetación y con un alto porcentaje de cantos y sustrato.

Tabla 8: Características descriptivas de los cauces y taludes muestreados

	Promedio	Desviación estándar		Promedio	Desviación estándar
Cauces			Taludes		
Cub. vegetac. (%)	47,3	21,1	Cub. vegetac. (%)	43,8	13,1
Composición de los lechos (%)			Microambientes geomorfológicos (%)		
Finos	41,0	19,4	Erosión moderada	40,5	15,2
Cantos	14,2	10,3	Canales	8,1	4,9
Sustrato	3,6	5,8	Desprendimientos	23,5	11,3
			Erosión dif. fuerte	27,6	6,4

Los barrancos correspondientes a áreas repobladas han mostrado en taludes y lechos fluviales un comportamiento más estabilizado y menos erosivo. Para comprobarlo, expondremos a continuación los resultados comparativos entre los cauces de cuencas repobladas y cuencas testigo.

4.2. Los efectos de la repoblación forestal en los cauces

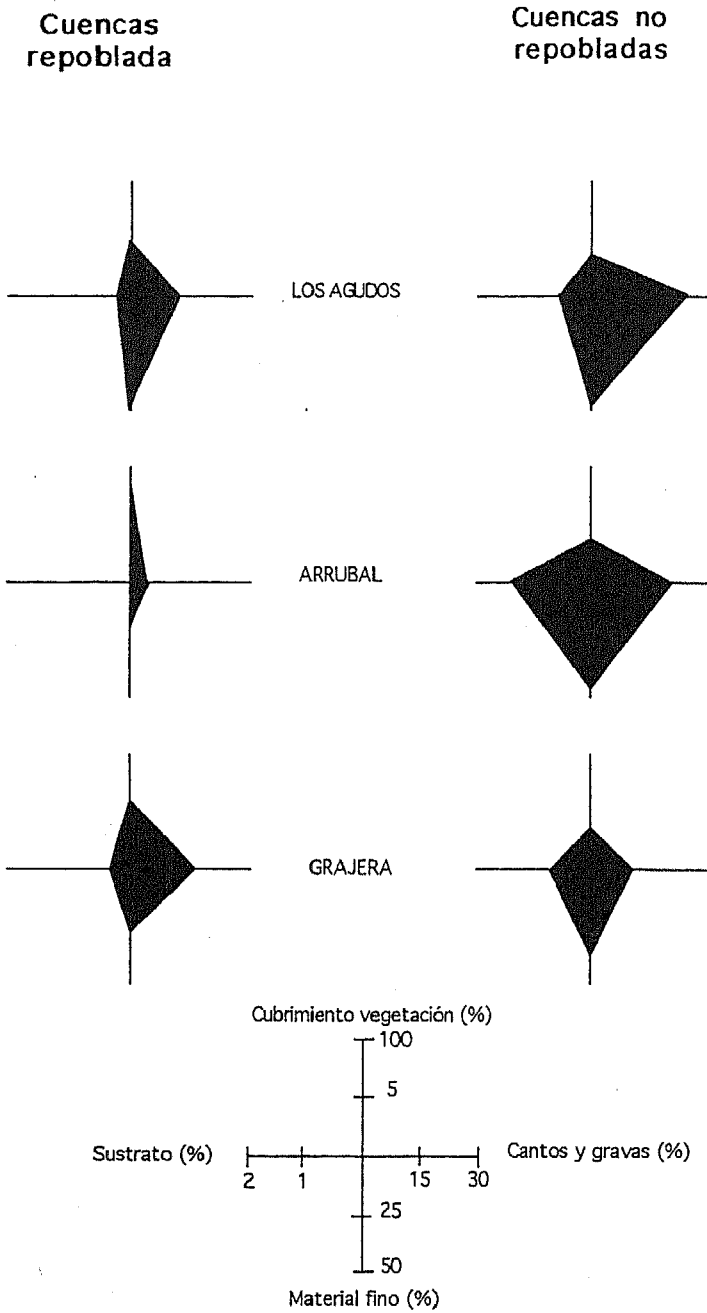
Al discriminar los resultados de los lechos fluviales entre cuencas repobladas y cuencas testigo, comprobamos mediante análisis de varianza las diferencias existentes entre ambos tipos de barrancos. Así, los lechos de inundación de cauces en áreas repobladas presentan por término medio una mayor cobertura vegetal (53,9%) que los de áreas no repobladas (41,2%). Por ello, el suelo desnudo de los cauces es proporcionalmente mayor en barrancos de cuencas testigo, y además estos cauces transportan una carga de fondo más grosera (17,5% de cantos y bloques, frente al 10,6% en cauces de áreas reforestadas).

Las diferencias más contrastadas se observan con el sustrato al descubierto; en cauces de cuencas con repoblación forestal es apenas perceptible la roca subyacente (0,9%) y, sin embargo, en los lechos de barrancos de áreas no reforestadas el sustrato exhumado supera el 6%. Debemos pensar que el afloramiento de la roca en los lechos fluviales es indicador de una mayor capacidad incisiva y de transporte, ya que el material sedimentario que llega a los canales es transportado y los caudales tienen aún energía para incidir el lecho. Por tanto, en los cauces de áreas repobladas la potencia hidráulica debe ser forzosamente menos acusada (García-Ruiz *et al.*, 1987).

Estos resultados generales en los cauces pueden observarse individualmente en las diferentes áreas de muestreo: Alto de La Grajera, Arrúbal y Los Agudos. En la figura 5 hemos representado mediante gráficos individuales a escala la composición sedimentológica y el cubrimiento vegetal de los cauces en las diferentes cuencas y sectores. En todas las áreas el porcentaje de sustrato es inferior en los barrancos que drenan cuencas repobladas. Por otra parte, también el cubrimiento vegetal es superior en los lechos pertenecientes a reforestaciones. En los taludes de los barrancos se observan también diferencias significativas entre los sectores repoblados y testigos, especialmente en lo que respecta a la proporción de erosión moderada y canales. En cuencas repobladas, los escarpes adyacentes a los cauces presentan una mayor estabilidad, indicada por una mayor proporción de la erosión moderada (45,6%); en los taludes de barrancos no repoblados la estabilidad es apreciablemente inferior (35,8%). A su vez, los canales son menos frecuentes en los barrancos de áreas repobladas (5,4%) que en los barrancos de cuencas testigo (10,6%). En definitiva, las cuencas repobladas presentan cauces con lechos y taludes más estables, menos dinámicos geomorfológicamente y más densamente colonizados por la vegetación.

De los resultados obtenidos cabe concluir, pues, que las repoblaciones forestales mejoran el régimen hidrológico de los cauces. Debemos aceptar que, en condiciones preforestales similares, los ambientes sin repoblación forestal están sometidos a una mayor tasa de escorrentía superficial en sus laderas y, consecuentemente, sus cauces tienen mayor actividad hidrológica, capacidad de erosión y transporte de sedimentos. Las repoblaciones forestales sobre laderas degradadas reducen la escorrentía superficial de las laderas favoreciendo la infiltración y, por tanto, limitan el caudal instantáneo que llega a la red de drenaje. Por ello, los cauces de áreas repobladas presentan un aspecto más estabilizado por la vegetación, con una carga de transporte menos gruesa y una dinámica de los respectivos taludes menos activa.

Figura 5: Cobrimiento vegetal y composición sedimentológica de los lechos fluviales en cuencas repobladas y no repobladas



5. CONCLUSIONES: CONSIDERACIONES ACERCA DE LA POLÍTICA REFORESTADORA EN AMBIENTES DEGRADADOS

Si admitimos que las repoblaciones deben potenciar y conservar los recursos medioambientales, sin menospreciar por ello la producción maderera u otros usos, es evidente que no todas las actuaciones han alcanzado resultados que justifiquen la alteración producida en las laderas. Es importante insistir en que los crecimientos arbóreos dependen de las aptitudes naturales (calidad de los suelos, disponibilidad hídrica, ciclo de nutrientes, bondad climática, etc.).

Las plantaciones en ambientes muy poco idóneos, incluso intentado acelerar su desarrollo mediante técnicas agresivas y de fuerte control hídrico, conducen a un fracaso generalizado de la repoblación, que repercute negativamente en la conservación de los suelos; paradójicamente, sólo en ambientes geomorfológicos relativamente estables son eficaces para incrementar la retención de la escorrentía, y en estos casos es innecesaria tanta infraestructura.

Las repoblaciones representan un salto en la sucesión vegetal. Si este avance es reducido, forzando ligeramente la capacidad productiva del ecosistema -como ocurre en formaciones de matorral denso o en ambientes próximos al clímax forestal-, el crecimiento del arbolado es óptimo y en poco tiempo se mejora la dinámica hidrológica de las cuencas. Por el contrario, cuando la reforestación pretende un gran salto en la evolución vegetal, pasando de las condiciones más degradadas a estadios muy avanzados, el arbolado presenta resultados muy pobres (mueren muchos de los árboles y el resto tiene crecimientos raquíuticos) que no crean condiciones nemorales ni frenan la erosión; éste es el caso frecuente en laderas de suelos poco evolucionados, relieves de fuerte pendiente, cabeceras de barranco muy activas o, incluso, los intentos con frondosas en ambientes hostiles. Desde esta perspectiva, la regeneración forestal y la restauración hidrológica no son objetivos independientes, y es muy difícil aceptar la distinción entre repoblaciones de producción y de conservación, salvo que éste sea un criterio puramente descriptivo.

En regiones húmedas, con suelos profundos y mejor aún en pendientes suaves, donde los problemas de conservación quedan subordinados a los de producción, las tareas reforestadoras apenas se encuentran con factores limitantes: las plantaciones pueden efectuarse casi con cualquier técnica, con tal de que favorezca el drenaje, y casi con cualquier especie. Los resultados serán excelentes, la productividad muy alta y la protección del suelo, muy eficaz. No es ése el caso de la mayoría de las montañas con fuertes contrastes térmicos y pluviométricos estacionales y con una larga historia de utilización del suelo, como es el caso de la Depresión noroccidental del Ebro. En esas situaciones la política reforestadora debe atender prioritariamente a la reconstrucción del paisaje y a la restauración del funcionamiento hidrológico de las vertientes, para evitar la producción de sedimentos. Por ello, a nuestro modo de ver, deben adoptarse tres medidas que aumentan la eficacia forestal de toda repoblación:

1. Diversificar las especies y adecuarlas a las condiciones naturales. La mayoría de las veces se deberán utilizar especies de coníferas por su mayor adaptabilidad a cierta degradación ambiental, pero sin olvidar esfuerzos técnicos y científicos por implantar otras especies, incluso no forestales. Las frondosas tienen un gran interés ecológico -mejora edáfica, menores riesgos de incendios, control erosivo de las plataformas aluviales- y aportan mejores soluciones para los aprovechamientos mixtos silvopastorales. En áreas donde el desarrollo forestal es muy dudoso, la alternativa debe ser la revegetación con matorral, como fase anterior a la plantación de árboles.

2. Evitar técnicas que remuevan grandes volúmenes de suelo. Las técnicas que suponen un cambio importante del perfil topográfico de la ladera para facilitar la retención de agua -como son las terrazas de bulldozer- tienen una eficacia en relación inversa a las necesidades de control hidrológico, favorecen la erosión y perjudican la calidad del suelo, especialmente en los territorios montañosos con precipitaciones irregulares y de gran erosividad.

3. Discriminar el espacio de repoblación. Las actuaciones extensivas, intentando una reforestación homogénea en todo tipo de relieves, son con demasiada frecuencia un derroche económico inútil y una acción traumática en los sectores con un equilibrio geomorfológico delicado.

Resulta más conveniente no intervenir en laderas escarpadas, ejes de arroyos, ciertas divisorias, etc., adaptando así la reforestación a la potencialidad del espacio y no a la cartografía planimétrica. Este tipo de consideraciones tiene un gran interés de cara a los usos ganaderos, control de incendios forestales y a la reducción de problemáticos cortafuegos.

6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AGEE, J.K. (ed.), 1982, *La gestión del fuego y del combustible en los ecosistemas de clima mediterráneo*. Serbal-Unesco, Barcelona, 72 pp.
- ALBERTO, F., 1989, Consideraciones edáficas sobre la reforestación en el Pirineo aragonés. En: *Evolución ecológica de las áreas reforestadas en el Pirineo aragonés*. C.S.I.C. Informe para la Diputación General de Aragón (inédito).
- ARIZALETA, J.A. y LOPO, L., 1984, *Situación actual y problemática de las repoblaciones de coníferas en La Rioja*. Consejería de Ordenación del Territorio y Medio Ambiente, Comunidad Autónoma de La Rioja. Informe (inédito).
- ARNÁEZ-VADILLO, J., 1984, Producción y consumo de madera en La Rioja. Aportación al conocimiento del sector forestal riojano. *Pirineos*; 122: 89-108.
- ARNÁEZ-VADILLO, J., LASANTA, T., ORTIGOSA, L. y RUIZ FLAÑO, P., 1990, L'abandon de l'espace agricole dans la montagne submediterranéenne en Espagne (Pyrenées centrales et Système Ibérique). *Revue Géographique des Pyrenées et du Sud-Ouest*, 61(2): 237-253 pp.
- BINNS, W.O., 1979, The hydrological impact of afforestation in Great Britain. *Man's impact on the hydrological cycle in the United Kingdom*. University of East Anglia, Norwich, 55-70 pp.
- BRYAN, R.B. y YAIR, A., 1982, Perspectives on studies on badland geomorphology. *Badland geomorphology and piping*. Ed. R.B. Bryan & A. Yair, Geo Books, 1-12, Norwich.
- CASTROVIEJO, S., GARCÍA-DORY, M.A., MARTÍNEZ VICENTE, S. y PRIETO, F., 1985, Política forestal en España (1940-1985). *Quercus*, 19.
- CHAUVELIER, F., 1987, *Reboisements et aménagements de l'espace: l'exemple de la province de Huesca (Espagne)*. Tesis de Doctorado de Geografía, Université de Bordeaux III, 2 tomos.
- CHAUVELIER, F., 1990, *Las repoblaciones forestales en la provincia de Huesca*. Instituto de Estudios Altoaragoneses, Huesca, 174 pp.
- DARBY, H.C., 1956, The Clearing of the Woodland in Europe. *Man's role in changing the face of the earth*. University of Chicago Press: 185-210 pp.
- FERNÁNDEZ ALDANA, R., LOPO, L. y RODRÍGUEZ, R., 1989, *Mapa forestal de La Rioja*. Gobierno de La Rioja. Serie Estudios, nº 18, Logroño, 72 pp.
- FORTALEZA DEL REY, M., 1981, *Caracterización agroclimática de la provincia de La Rioja*. M.A.P.A., Madrid.
- GARCÍA-DORY, M.A., LLORCA, A. y PRIETO, F., 1984, Evolución del sector forestal. *Quercus*, 13: 10-14 pp.
- GARCÍA-RUIZ, J.M., 1976, La repoblación forestal en la provincia de Logroño. *Cuadernos de Investigación (Geografía e Historia)*, II: 25-36 pp.

- GARCÍA-RUIZ, J.M., GÓMEZ VILLAR, A. y ORTIGOSA, L.M., 1987, *Aspectos dinámicos de un cauce fluvial en el contexto de su cuenca: el ejemplo del río Oja*. Instituto Pirenaico de Ecología e Instituto de Estudios Riojanos, Zaragoza, 112 pp.
- GARCÍA-RUIZ, J.M. y ORTIGOSA, L.M., 1988, Algunos efectos geomorfológicos de las repoblaciones forestales: cambios en la dinámica de cauces en pequeñas cuencas del Pirineo Central. *Cuatrernario y Geomorfología*, 2 (1-4): 33-41 pp.
- GIL ALBARELLOS, M., 1988, La riqueza forestal de La Rioja. *El Campo. Boletín de Información agraria*. Banco Bilbao-Vizcaya, Bilbao, 83-87.
- GONZÁLEZ ALONSO, S. (Coord.) et al., 1989, *Guías metodológicas para la elaboración de estudios de impacto ambiental: Repoblaciones Forestales*. Monografías de la Dirección General de Medio Ambiente (MOPU), nº 3, 181 pp.
- GONZALO MORENO, A.N., 1981, *El relieve de La Rioja. Análisis de Geomorfología estructural*. Instituto de Estudios Riojanos, Logroño, 2 vol.
- GRACIA PRIETO, F.J., 1986, Dinámica erosiva del piping: un ejemplo en la Depresión del Ebro. *Cuadernos de Investigación Geográfica*, XII (1-2): 11-24.
- GUTIÉRREZ ELORZA, M. y RODRÍGUEZ VIDAL, J., 1984, Fenómenos de sofusión (piping) en la Depresión media del Ebro. *Cuadernos de Investigación Geográfica*, X (1-2): 7-15 pp.
- ICONA, 1984, *Los incendios forestales en España durante 1984*. MAPA, Icona. Madrid.
- INVENTARIO FORESTAL NACIONAL DE LOGROÑO, 1969, Ministerio de Agricultura, Dirección General de Montes, Caza y Pesca Fluvial, Logroño.
- LASANTA MARTÍNEZ, T. y SOBRÓN GARCÍA, I., 1988, Influencia de las prácticas de laboreo en la degradación de suelos cultivados con viñedo. *Cuadernos de Investigación Geográfica*, XIV: 81-98.
- LEE, R., 1980, *Forest hidrology*. Columbia University Press, New York, 349 pp.
- MANZANARES, C., 1987, El impacto de las transformaciones del medio rural en la utilización de los bosques: los encinares de La Rioja. *Estudios Geográficos*, 189: 619-638.
- MENSÚA, S. y GARCÍA-RUIZ, J.M., 1976, *Mapa de utilización del suelo de la provincia de Logroño*. Instituto de Estudios Riojanos, Logroño, 8 pp.
- MINTEGUI, J.A., 1989, Evaluación de beneficios físicos derivados de la restauración hidrológico-forestal y la conservación de suelos en cuencas torrenciales. *Degradación de zonas áridas en el entorno mediterráneo*. Monografías de la Dirección General de Medio Ambiente, Madrid, 37-54 pp.
- NAVARRO GARNICA, M., 1975, *Técnicas de forestación*. Monografías del ICONA, 9, Madrid, 211 pp.
- ORTIGOSA, L.M., 1987, Las sequías climáticas en el extremo noroccidental de la Depresión del Ebro (La Rioja). *Estudios Geográficos*, 189: 639-658 pp.
- ORTIGOSA, L.M., 1989, Aportación al desarrollo diferencial de las repoblaciones forestales en relación con factores topográficos y geomorfológicos (La Rioja). *Cuadernos de Investigación Geográfica*, XV (1-2): 55-65.
- ORTIGOSA, L., 1990, Techniques de reboisement dans la croissance des masses forestières. *Revue Géographique des Pyrénées et du Sud-Ouest*, 61 (2): 271-284 pp.
- ORTIGOSA, L., 1991, *Las repoblaciones forestales en La Rioja: resultados y efectos geomorfológicos*. Geoforma Ediciones, Logroño, 149 pp.
- RIVAS-MARTÍNEZ, S. et al., 1987, *Memoria del mapa de series de vegetación de España 1:400.000*. ICONA, Madrid.
- SOBRÓN GARCÍA, I., 1987, Aproximación al estudio del escalonamiento vegetal en las montañas de La Rioja. *Estudios Geográficos*, 189: 574-594 pp.
- VELASCO, F., 1968, Variaciones de la composición y naturaleza de las sustancias húmicas de un suelo climax de *Quercus toza* Bosch. producidas por la implantación de *Pinus pinaster* Sol. *Anales de Edafología y Agrobiología*, 27 (5-6): 389-398 pp.
- VELASCO, F. y ALBAREDA, J.M., 1965, Evolución de un suelo de bosque de *Quercus pyrenaica* provocada por una plantación de *Pinus silvestris*. *Anales de Edafología y Agrobiología*, 24 (11-12): 623-631 pp.