

Cuadernos I. Geográfica	15	1-2	55-65	Logroño	1989
-------------------------	----	-----	-------	---------	------

APORTACION AL DESARROLLO DIFERENCIAL DE LAS REPOBLACIONES FORESTALES EN RELACION CON FACTORES TOPOGRAFICOS Y GEOMORFOLOGICOS (LA RIOJA)

Luis María Ortigosa Izquierdo*

RESUMEN

Sobre una muestra de 110 parcelas experimentales de repoblación forestal, se miden crecimientos y coberturas forestales, y se contrastan sus resultados con la disposición topográfica y la forma de las laderas en que se sitúan. Se demuestra el desigual crecimiento arbóreo a nivel de laderas y pequeñas cuencas. Se concluye que la dinámica geomorfológica de las laderas, en relación con la topografía y geomorfología, condiciona las disponibilidades hídricas y nutritivas para el crecimiento forestal.

SUMMARY

A sampling of 110 experimental plots of reforestation was made, measuring the growth and the forest covering. Results are contrasted with the topography and the slope form. An unequal growth in the slopes and small basins was found. We conclude that the hydromorphological dynamics, with respect to the topography and form of the slope, conditions the water supplies and nutriments for the forest growing.

PALABRAS CLAVE: Reforestación, topografía, crecimiento forestal, La Rioja.

KEY WORDS: Reforestation, topography, growing forest, La Rioja

* Dpto. Geografía y Ordenación del Territorio. Colegio Universitario de La Rioja. Logroño.

ORTIGOSA IZQUIERDO

El desarrollo y crecimiento de las masas forestales está en relación con numerosas variables medioambientales y la propia adaptación de las especies forestales a esas condiciones. Así, características climáticas, propiedades edáficas y dinámica del biotipo (vegetación acompañante, microfauna, etc.) colaboran muy relacionados entre sí para determinar los crecimientos arbóreos. El desarrollo general de las repoblaciones forestales está igualmente sometido a dichos factores, y su variabilidad está patente no sólo a escala local sino también a nivel de laderas y cuencas. A pequeña escala, existen importantes diferencias en la dinámica hidrogeomorfológica, calidades de suelos y vegetación acompañante, que generan condiciones ambientales distintas para el crecimiento forestal.

Estas diferencias en el crecimiento forestal son comprobables en las formaciones naturales, pero en las repoblaciones forestales pueden ser mejor cuantificadas y observadas debido a las propias características de las áreas repobladas. Las reforestaciones realizadas en nuestro país en las últimas décadas se han llevado a cabo con técnicas y especies muy similares, creando perímetros de repoblación muy homogéneos que al cabo de pocos años presentan desarrollos fácilmente comparables. Este carácter homogéneo de las repoblaciones forestales en su origen es debido al método reforestador:

- La preparación del terreno para la reforestación posterior –desbroce y eliminación del matorral–, a pesar de la variedad de métodos posibles, es el mismo para cada perímetro a repoblar, bien sea el decapado por desmonte (terrazas de *bulldozer*) o rozas manuales, por ejemplo (NAVARRO GARNICA, 1975).

- Las técnicas de plantación se agrupan en tres tipos fundamentales: Hoyos, Fajas de buey y Terrazas de *bulldozer*. Cada una de ellas exige una diferente remoción y conforma una diversa distribución de los plantones. Aunque, generalmente en cada proyecto de repoblación se utilizó una única técnica, por lo que a nivel de perímetros resulta un reparto muy similar.

- Por último las especies de repoblación utilizadas son, en la mayor parte de los casos coníferas. Su elección se basa en la adaptación de las especies a las condiciones ecológicas del área a repoblar, particularmente observando el régimen climático, tipo de sustrato y suelo. De modo general, sólo una única especie y de la misma edad caracteriza un perímetro repoblado.

Por ello, las repoblaciones forestales proporcionan unas condiciones de partida similares en un mismo perímetro de repoblación, aunque las dimensiones de éste puedan ser muy variables; desde una simple ladera a un conjunto de cuencas. A partir de la reforestación, las diferencias observadas en el desarrollo de estas masas forestales dependerá de las desiguales condiciones medioambientales a pequeña escala.

Basándonos en estas diferencias, el objetivo fundamental de este trabajo es cuantificar los desarrollos diferenciales del crecimiento en repoblaciones forestales jóvenes de acuerdo a la localización topográfica y geomorfológica en laderas y pequeñas cuencas. De los resultados obtenidos, se desprenden algunas causas que explican estas diferencias. Contamos para ello con información de campo de parcelas experimentales de repoblación forestal en La Rioja.

I. AREA DE ESTUDIO Y METODOS

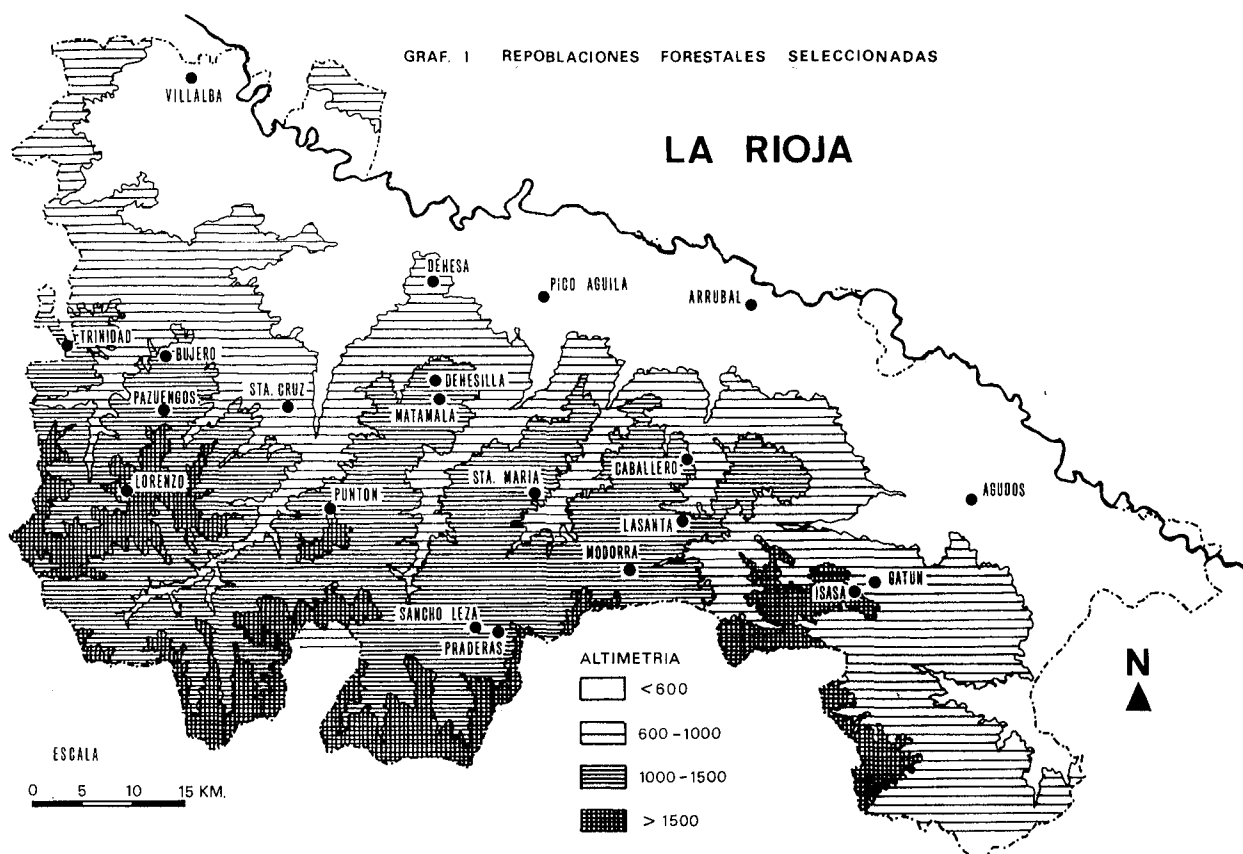
En el trabajo de campo se tomó información de crecimientos forestales en repoblaciones (altura, densidad de reforestación, cubrimientos de copa, etc.) en 110 parcelas experimentales. Estas se distribuyen en un área de estudio correspondiente a la provincia de La Rioja.

REPOBLACIONES FORESTALES

Desde un punto de vista estructural, el territorio de La Rioja agrupa dos unidades bien diferenciadas: Depresión del Ebro y Sistema Ibérico noroccidental (Sierra de la Demanda y los Cameros). Al norte de la provincia, la Depresión del Ebro corresponde al hundimiento del bloque tectónico alpino, relleno con materiales terciarios y cuaternarios. Su geomorfología responde a la de una cuenca sedimentaria, dominada por relieves de distintos niveles de glaciares, relieves testigo y terrazas fluviales, con una topografía predominante de llanuras alomadas. Esta unidad abarca toda la banda septentrional de la provincia, desde los 330-400 m. de altitud por los que discurre el Ebro a su paso por la región, hasta los 700-800 m. de altitud que se consideran el límite con el sector montañoso del Sistema Ibérico

En la Sierra de la Demanda, núcleo paleozoico de cuarcitas y pizarras mayoritariamente, se alcanzan las mayores altitudes (San Lorenzo, 2.271 m.). Los Cameros, resultado del levantamiento de una sedimentación deltaica de facies Purbeck-Weald (TISCHER, 1966), con predominio de areniscas, argilitas y niveles calcáreos, ofrece un relieve montañoso más suavizado y valles más abiertos, y con un techo altitudinal más bajo. Las líneas de cumbres cameranas, salvo puntos concretos, no rebasan los 1.700 m. de altitud (ARNAEZ VADILLO *et al*, 1988).

El clima varía también siguiendo dos direcciones. Por un lado, de sur a norte de la provincia y con el descenso altitudinal, el clima pierde sus caracteres de montaña, reduciendo las precipitaciones, incrementando las temperaturas, etc. Y una segunda componente hace variar el clima de oeste a este (o NW-SE) reflejándose la pérdida de influencia atlántica a medida que nos adentramos en el Valle medio del Ebro. Siguiendo esta dirección y con independencia del nivel altitudinal, el clima adquiere un matiz más mediterráneo, con menores precipitaciones y mayores sequías estivales (ORTIGOSA, 1988).



ORTIGOSA IZQUIERDO

En este heterogéneo territorio, desde 1941 el Patrimonio Forestal Español –a partir de 1971 el ICONA– han llevado a cabo una amplia reforestación que supone en la actualidad aproximadamente el 8% del conjunto provincial (GARCIA-RUIZ, 1977; ARIZALETA y LOPO, 1984). Aunque estas actuaciones han favorecido al territorio de montaña, por su más apta predisposición ambiental, también el sector del Valle se ha visto afectado por las repoblaciones forestales.

Las parcelas de muestreo seleccionadas para el presente trabajo se escogieron mediante las fotografías aéreas escala 1:18.000 (1977). Se seleccionaron 21 perímetros de repoblación de características diversas, sobre los cuales se determinaron un número variable de parcelas siguiendo criterios topográficos y geomorfológicos. En total suman 110 parcelas de repoblación forestal, localizados entre 350 y 1.840 m. de altitud, utilizando cuatro especies de coníferas, plantadas mediante diversas técnicas (hoyos, fajas de buey y terrazas de *bulldozer*), sobre laderas de desigual pendiente (desde 0 hasta 29 grados), en diferentes disposiciones topográficas y con características geomorfológicas contrastadas. Puede considerarse realizado, por tanto, un muestreo estratificado que representa aceptablemente las repoblaciones forestales del área de estudio. En el gráfico 1 puede observarse la distribución de los perímetros seleccionados en el marco territorial de La Rioja.

En cada punto de muestreo y sobre el terreno, se completó una ficha de campo con la siguiente información:

- a) Características generales (edad, técnica, especie, altitud, etc.).
- b) Disposición topográfica: Divisoria, Parte Alta, P. Media, Pies de ladera, Fondos de valle, tomando estas categorías con independencia de la longitud de la ladera u otras consideraciones.
- c) Forma de la ladera, distinguiendo tres tipos muy simples: ladera Recta, Cóncava y Convexa.
- d) Crecimientos forestales, midiéndose la altura, diámetro de copas y separación al árbol contiguo para cada árbol de la parcela (en total se midieron 20 árboles). Además se tomó la distancia entre terrazas o hileras, que permitirán, como veremos, obtener un índice de cubrimiento forestal en ese punto.

Esta información fue posteriormente procesada para obtener los promedios de los indicadores del crecimiento, que utilizaremos para obtener otros datos y comparar los desarrollos forestales.

II. FACTORES DEL CRECIMIENTO FORESTAL

El crecimiento de las plantas y entre ellas las especies forestales, dependen de la interacción de sus propiedades fisiológicas y el entorno en el cual crecen. Para una determinada especie, el ritmo de crecimiento está en relación con una compleja interdependencia de factores medioambientales que se sintetizan en el crecimiento anual durante los períodos vegetativos de la planta. Para KRAMER y KOZLOWSKI (1979), el diagrama de estas interacciones viene dado por el efecto directo sobre la planta de muchos aspectos: radiación solar, suelos, sustrato, agua, animales, vegetación acompañante, etc. Y con ellos, el efecto tiempo, que incide tanto sobre la propia planta como en los cambios de las condiciones ambientales. No obstante, señalan también los autores, muchos de estos factores actúan sólo en determinadas condiciones.

REPOBLACIONES FORESTALES

De modo sintético, para los especialistas que analizan el crecimiento forestal, dos caracteres fundamentales ejercen la mayor influencia en el desarrollo arbóreo: el clima y los suelos (véase, por ejemplo, GANDULLO, 1969; ROSELLO *et al*, 1985). Ambos factores explican en gran medida el estado de muchas variables medioambientales: disponibilidad hídrica, regímenes térmicos, nutrientes edáficos, etc. Y tanto las condiciones climáticas como las propiedades del suelo son consideradas en este trabajo, si bien con indicadores indirectos y de un modo relativo:

- Las características climáticas de las repoblaciones forestales seleccionadas son bien distintas, como apuntábamos en el anterior apartado. Y las reforestaciones se han adaptado utilizando diferentes especies, que de modo general reflejan los distintos regímenes climáticos. Así, el pino de Aleppo ha sido utilizado en la Depresión del Ebro por su adaptación a ambientes más cálidos y xerófilos. Por el contrario, el pino silvestre ocupa las mayores altitudes de la Montaña y especialmente el sector occidental (S. Demanda), ya que resiste rigurosas condiciones térmicas pero sin déficit hídrico. En la tabla 1 se ofrecen los promedios y la dispersión altitudinal (desviación estándar) de las repoblaciones forestales seleccionadas.

Tabla 1. *Características altitudinales de las repoblaciones forestales por especies*

Especies	Nº parcelas	Altitud media	Desv. Estándar
Pinus sylvestris	41	1.337,1	243,6
Pseudotsuga douglasii	10	1.046,0	183,4
Pinus nigra	48	969,3	193,2
Pinus halepensis	11	450,9	61,8

- La localización topográfica y la forma de la vertiente se comportan como indicadores indirectos de las diferencias relativas de los suelos. Resulta bien conocido, como señala FITZPATRICK (1984), los efectos del relieve sobre el régimen hidrológico y la potencia de suelos, que forman así una secuencia con variación de las propiedades edáficas.

Así pues, por ambas razones -diferentes especies de repoblación y formas de laderas- podemos considerar que están representados los principales factores del crecimiento forestal: clima y suelos, al menos en sus diferencias más contrastadas.

III. INDICADORES DEL DESARROLLO FORESTAL

El desarrollo de las repoblaciones forestales puede observarse desde diferentes indicadores: volumen maderable, altura media, densidad de repoblación, cubierta arbórea, y algunos más. Unos y otros suelen estar bien correlacionados, aunque con distorsiones en la medida de que se comportan como variables independientes.

Para nuestros propósitos, el desarrollo forestal de una determinada repoblación puede sintetizarse en dos componentes de la masa forestal: el desarrollo en altura y el cubrimiento arbóreo sobre el suelo (%). Disponemos de ambos valores para cada una de las muestras. La fracción de cabida cubierta o cobertura arbórea la hemos calculado mediante la densidad real de pies y el diámetro medio de la proyección sobre el suelo del ramaje de los árboles, siguiendo la fórmula:

$$\text{I cubrimiento (\%)} = \frac{\text{Circunferencia} \times \text{N.º árboles ha.}}{10.000} \times 100$$

ORTIGOSA IZQUIERDO

Tanto la altura media como el cubrimiento dependen, en una repoblación, del tiempo de crecimiento, es decir, de la edad. Más aún en el caso de repoblaciones jóvenes, cuando el desarrollo anual es proporcionalmente más importante que en formaciones maduras. En el gráfico 2 aparecen relacionados los crecimientos en altura y la edad de las repoblaciones. Efectivamente se cumple una tendencia positiva con un coeficiente de correlación lineal de 0,663 y claramente significativo. Sin embargo, no son menos evidentes las desviaciones pronosticadas por la regresión, y de hecho la varianza explicada es de poco más del 44%. Buena parte de los residuales quedan explicados por las especies utilizadas en las repoblaciones, debido a un ritmo diferencial de crecimiento para cada una de ellas. Para comprobar estas diferencias, realizamos correlaciones lineales en el origen ($Y=bX$) entre la altura y la edad según las diferentes especies. Los resultados obtenidos quedan reflejados en la tabla 2.

Tabla 2. *Promedios del crecimiento en altura por especies*

Especies	Coefficiente regresor en el origen (b)
<i>Pinus sylvestris</i>	23,62
<i>Pseudotsuga douglasii</i>	34,73
<i>Pinus nigra</i>	20,98
<i>Pinus halepensis</i>	15,33

Como vemos en la tabla, el mayor coeficiente regresor¹ corresponde al *Pseudotsuga douglasii*, especie propia de montañas húmedas oceánicas (GINES LOPEZ, 1982), de modo que cada año se le predice por término medio un crecimiento de 34,7 cm. En último lugar, el pino de Alepo sólo alcanza por término medio 15,3 cm. Resulta lógico, por tanto, que los residuos negativos de la regresión altura/edad correspondan en buena parte a las especies con menor crecimiento y viceversa. Para evitar estos desajustes y comparar relativamente el crecimiento en altura en todas las repoblaciones, utilizaremos un indicador corregido que se basa en los residuales estandarizados de las regresiones lineales edad-altura por especies. Estos nuevos valores tienen signo positivo cuando el crecimiento en altura para esa especie es superior al predicho por el ajuste, y al contrario el valor es negativo.

Tomando en consideración los cubrimientos forestales en relación con la edad, se obtiene igualmente una tendencia directa, $r=0,730$. A medida que maduran las repoblaciones, su cubrimiento sobre el suelo se incrementa². En el gráfico 3 se observa esta correlación. E igualmente, para la comparación entre repoblaciones, utilizaremos los residuos estandarizados de la regresión, pero en este caso sin distinción de especies u otros criterios.

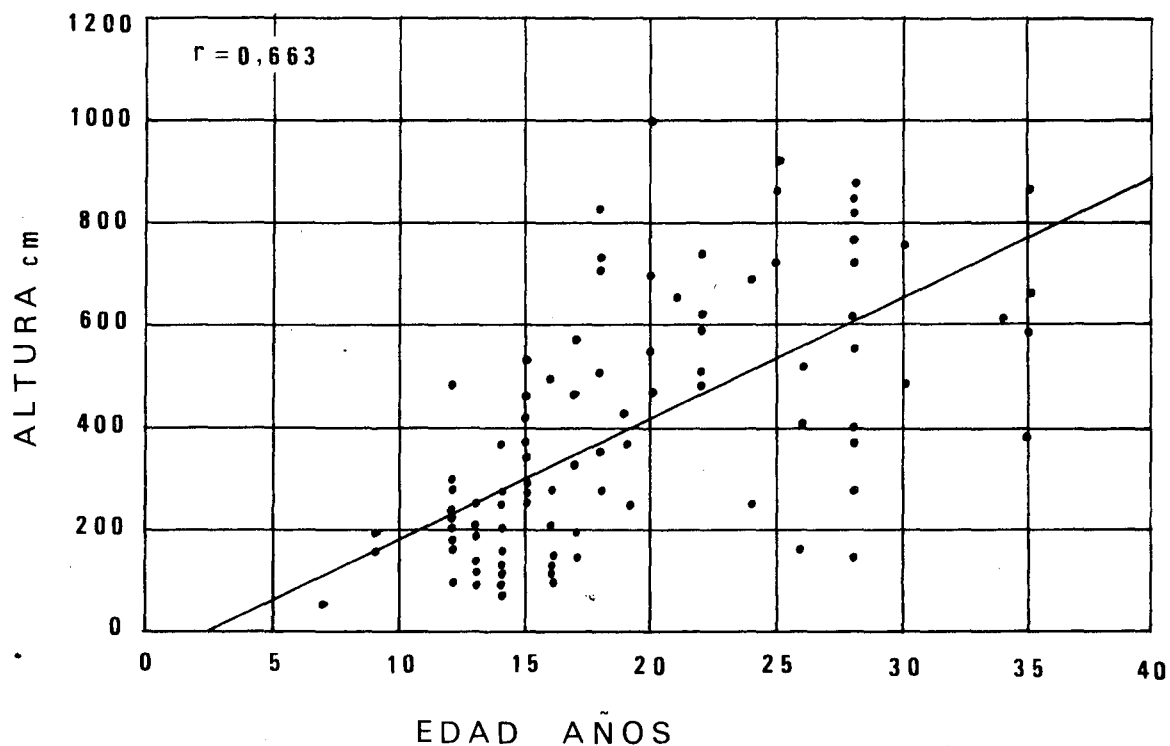
Con estos nuevos valores relativos de la altura de los árboles y el cubrimiento forestal, trataremos de cuantificar los crecimientos diferenciales del desarrollo de las repoblaciones forestales de acuerdo a la disposición topográfica y forma de las laderas.

1. El coeficiente regresor (b) proporciona un valor muy próximo al índice altura/edad e indica la pendiente de la recta de regresión; cuanto mayor es el coeficiente más rápido es el crecimiento de la especie.

2. Aunque la densidad de repoblación, y por consiguiente la fracción de cabida cubierta, difiere según la técnica de repoblación, en esta ocasión no la hemos considerado. La mayor parte de las muestras corresponden a terrazas y siempre son más jóvenes que en el caso de hoyos o fajas de buey.

REPOBLACIONES FORESTALES

FIG. 2
REGRESION LINEAL DE LA ALTURA FORESTAL SOBRE
LA EDAD



IV. RESULTADOS

El efecto topográfico en repoblaciones forestales ha sido estudiado anteriormente en el Pirineo central (GARCIA-RUIZ y ORTIGOSA, 1989), demostrándose cómo el crecimiento en altura de los árboles se incrementa desde las partes altas hacia la base de la ladera. Del mismo modo y utilizando el mismo procedimiento estadístico, análisis de varianza, se comprueban de nuevo estos efectos, al margen de otras características morfométricas (longitud de la ladera, pendiente, etc.). En la tabla 3 se ofrecen los resultados de este análisis, y se observa por las medias aritméticas cómo tanto en los índices de altura como de cubrimientos, desde los sectores de divisorias hasta las partes bajas y fondos aluviales los desarrollos se incrementan, pasando de valores negativos a ser claramente positivos.

De manera similar, efectuamos estos análisis teniendo en cuenta el factor geomorfológico, en el cual hemos considerado tres categorías atendiendo a la forma de la vertiente: Recta, Convexa, Cóncava, entendiéndose por formas convexas las divisorias, interfluvios y en general aquellos sectores que incrementan su gradiente tanto longitudinal como lateralmente. Por el contrario, las formas cóncavas conforman depresiones más o menos pronunciadas y con tendencia a suavizar su pendiente, correspondiendo a cabeceras y pies de vertiente en la mayor parte de los casos. Las laderas rectas se identifican con perfiles más o menos regularizados. Las medias resultantes tienen plena significación estadística: las formas cóncavas favorecen el crecimiento forestal en mayor medida que las laderas de perfil rectilíneo, siendo las formas convexas las menos favorables al crecimiento en altura y cobertura forestal.

Avanzando más en el detalle de estos resultados, realizamos un análisis de varianza con la interrelación de los tipos topográficos y geomorfológicos sobre las variables del desarrollo forestal (tabla 3). Los resultados reflejados en la matriz de medias corroboran las diferencias obtenidas individualmente por los factores topográficos y geomorfológicos. Sin embargo, interesantes diferencias se añaden al poner en relación ambos factores:

– Los crecimientos más desarrollados se obtienen en las partes medias cóncavas y en las partes bajas de laderas rectas; aunque en general las concavidades o partes bajas tienen los mayores desarrollos dasométricos, si se cumplen las dos condiciones no se obtienen los mejores resultados.

– El menor crecimiento no se alcanza en las divisorias (formas convexas en los sectores más elevados), sino en las partes altas convexas o rectilíneas³.

– Sólo las laderas rectas tienen un claro descenso en crecimientos desde los sectores topográficamente más elevados hasta los fondos de valle.

En el gráfico 4 se dibujan los histogramas representando los resultados sobre los valores relativos a la altura de los árboles repoblados (recordemos que se trata de los residuos estandarizados). En ellos pueden verse los crecimientos más destacados en las topografías bajas y formas cóncavas. Pero especialmente con los dos factores interactuando. Véase la importancia de las laderas cóncavas en el sector medio.

3. En el caso de las coberturas forestales, el índice más negativo lo han dado las formas convexas de pie de vertiente. Sin embargo, creemos que este valor tan negativo puede ser debido al mayor distanciamiento de las terrazas *bulldozer* en estos sectores de las laderas.

REPOBLACIONES FORESTALES

Tabla 3. Resultados de los análisis de varianza. Tablas de medias

Factor: TOPOGRAFIA		Variable: ALTURA MEDIA DE ARBOLES			
Divisorias	P. altas	P. media	P. bajas-Fondos	Sig. F: 0,009	
-0,52	-0,27	+0,02	+0,61		
Factor: TOPOGRAFIA		Variable: FRACCION DE CABIDA CUBIERTA			
Divisorias	P. altas	P. media	P. bajas-Fondos	Sig. F: 0,3 13	
-0,52	-0,27	+0,02	+0,61		
Factor: GEOMORFOLOGIA		Variable: ALTURA MEDIA DE ARBOLES			
Laderas Rectas	Concavidades	Convexidades	Sig. F: 0,001		
-0,16	+0,62	-0,35			
Factor: GEOMORFOLOGIA		Variable: FRACCION DE CABIDA CUBIERTA			
Laderas Rectas	Concavidades	Convexidades	Sig. F: 0,052		
-0,06	+0,39	-0,28			
Factor: TOPOGRAFIA Y GEOMORFOLOGIA		Variable: ALTURA MEDIA DE ARBOLES			
Divisorias	P. altas	P. media	P.bajas-Fondos	Sig. F: 0,18 6	
Rectas	-	-0,48	-0,36	+0,69	
Cóncava	-	+0,27	+0,84	+0,63	
Convexas	-0,52	-0,54	-0,26	+0,34	
Factor: TOPOGRAFIA Y GEOMORFOLOGIA		Variable: FRACCION DE CABIDA CUB.			
Divisorias	P. Altas	P. media	P. bajas-Fondos	Sig. F: 0,045	
Rectas	-	-0,43	-0,23	+0,81	
Cóncavas	-	+0,35	+0,58	+0,13	
Convexas	-0,25	-0,34	-0,20	-0,45	

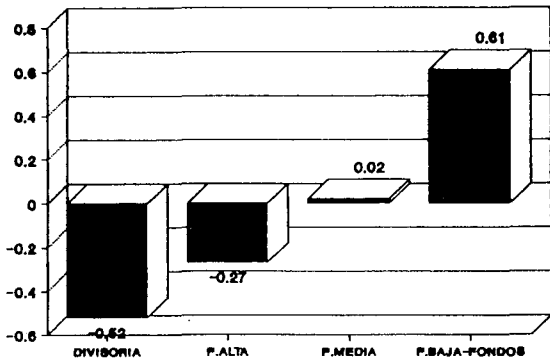
V. INTERPRETACION Y CONCLUSIONES

El desigual crecimiento forestal en repoblaciones reproduce la dinámica superficial de flujos y el intercambio energético de las laderas, y con ello las características medioambientales y sectoriales que dirigen el crecimiento. Las formas convexas, y especialmente en las partes altas, tienen un funcionamiento claramente difusor (POU, 1985), y con escasa capacidad de acumulación de suelo y retención hídrica; esta dinámica favorece una exportación continua de agua y de elementos edáficos, limitando la disponibilidad hídrica y de nutrientes para el árbol. Esta degradación de los suelos se acusa aún más con la pendiente de las laderas convexas (parte alta), que incrementa la velocidad y la intensidad del intercambio (FITZPATRICK, 1982). Sin embargo, las formas cóncavas cumplen una función receptora en el conjunto de la ladera, concentrando la esorrentía superficial y redistribuyendo los elementos removidos aguas arriba. Las concavidades tienden a disponer de mayores recursos hídricos y nutrientes para el crecimiento forestal, particularmente en los sectores inferiores de la ladera. No obstante, un exceso de humedad y elementos edáficos -como puede ocurrir con frecuencia en las concavidades de la parte baja- resulta negativo para el crecimiento forestal, incrementándose la proporción de elementos negativos en el suelo (cationes, fósforo, minerales ferromagnésicos, pH o relación C/N) o bien el cese del crecimiento de las raíces por deficiencias de oxígeno (KRAMER y KOZLOWSKI, 1979). Las laderas rectas tienen un comportamiento más previsible, mejorando los crecimientos en relación con la pérdida de pendiente y la capacidad de acumular las exportaciones de la parte superior de la ladera.

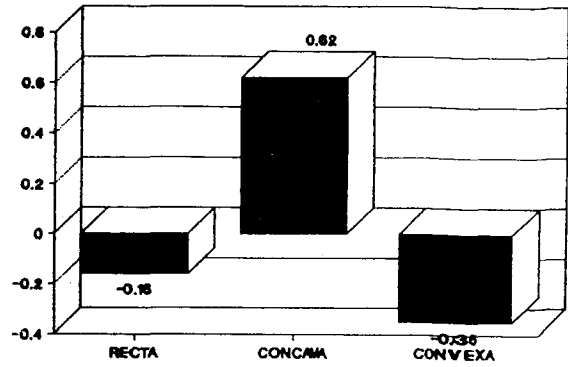
Por último, se concluye que los factores topográficos y geomorfológicos resultan buenos indicadores del desigual crecimiento forestal, reflejando al menos de modo general los trasvases energéticos a nivel de laderas o pequeñas cuencas.

ORTIGOSA IZQUIERDO

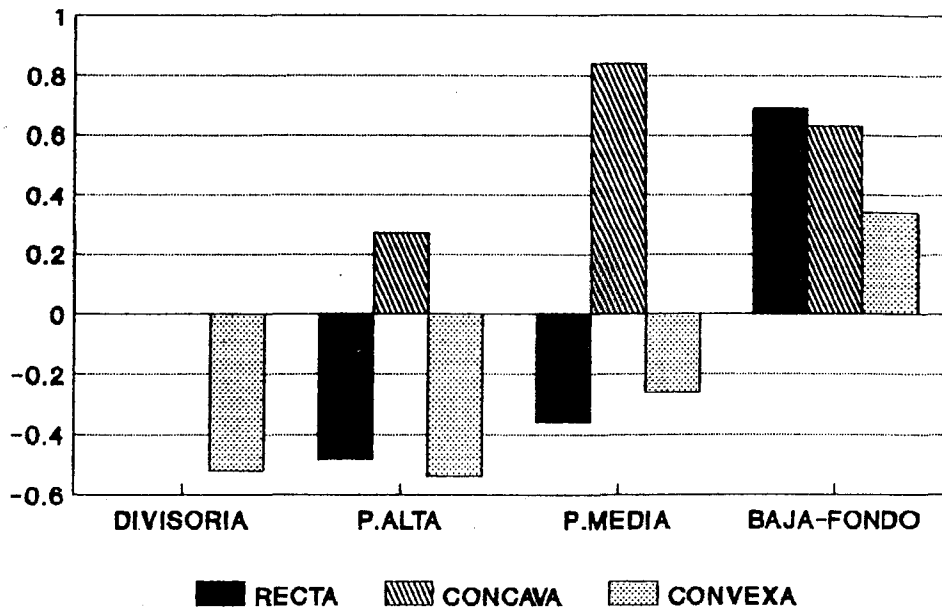
INDICE DE CRECIMIENTO EN PARCELAS DE REPOBLACION FORESTAL
SEGUN LA DISPOSICION TOPOGRAFICA



INDICE DE DECREMENTO EN PARCELAS DE REPOBLACION FORESTAL
SEGUN LA FORMA DE LA LADERA



**INDICES DE CRECIMIENTO EN PARCELAS DE REPOBLACION FORESTAL
SEGUN FORMA DE LA VERTIENTE Y DISPOSICION TOPOGRAFICA**



REPOBLACIONES FORESTALES

BIBLIOGRAFIA

- ARIZALETA, J.A. y LOPO, L., 1984. *Situación actual y problemática de las repoblaciones de coníferas en La Rioja*. Proyecto de la Consejería de Ordenación del Territorio y Medioambiente. (Inédito).
- ARNAEZ VADILLO, J., ORTIGOSA, L. y GÓMEZ, A., 1988. La Sierra de la Demanda y los Cameros. *Guía de las Zonas de Montaña de la Península Ibérica*. Miraguano Ediciones: 169–192. Madrid.
- FITZPATRICK, E.A., 1984. *Suelos. Su formación, clasificación y distribución*. Compañía Editorial Continental S.A.: 430 pp. México.
- FORTALEZA DEL REY, M., 1981. *Caracterización agroclimática de la provincia de La Rioja*. M.A.P.A. Madrid.
- GARCIA-RUIZ, J.M., 1977. Las repoblaciones forestales en la provincia de Logroño. *Cuadernos de Investigación (Geografía e Historia)*. 2 (1): 25-36. Logroño.
- GARCIA-RUIZ, J.M. y ORTIGOSA, L.M., (en prensa). Afforestation as a way of land reclamation in Central Pyrenees. *Mountain Research and Development*. Boulder (Colorado).
- KRAMER, P.J. y KOZLOWSKI, T.T., 1979. *Physiology of woody plants*. Academic Press.
- LOPEZ GONZALEZ, G., 1982. *La guía de INCAFO de los árboles y arbustos de la Península Ibérica*. Incafo: 886 pp. Madrid.
- NAVARRO GARNICA, M., 1975. *Técnicas de forestación*. Monografías del ICONA, 9: 211 pp. Madrid.
- NICOLAS, A. y GANDULLO, J.M., 1969. *Ecología de los pinares españoles: Pinus silvestris L.* Instituto Forestal de Investigaciones y Experiencias: 303 pp. Madrid.
- ORTIGOSA, L.M., 1988. Las sequías climáticas en el extremo noroccidental de la Depresión del Ebro (La Rioja). *Estudios Geográficos*, 189: 639–658. Madrid.
- POU, A., 1985. Relación entre los flujos hídricos superficiales y morfología de laderas. Un método sencillo de visualización. *I Coloquio sobre Procesos Actuales en Geomorfología. Cuadernos de Investigación Geográfica*, XI: 161–170. Logroño.
- ROSELLO, R.E., SANCHEZ PALOMARES, O. y CARRETERO, P., 1985. *Estudio fisiográfico y climático de los pinares autóctonos españoles de Pinus nigra Arn.* Instituto Nacional de Investigaciones Agrarias. Serie Recursos Naturales, 36: 128 pp. Madrid.
- TISCHER, G., 1966. *El delta wealdico de las Montañas Ibéricas occidentales y sus enlaces tectónicos*. Notas y Comunicaciones I.G.M.E., 81. Madrid.

