



5º CONGRESO FORESTAL  
ESPAÑOL

# 5º Congreso Forestal Español

Montes y sociedad: Saber qué hacer.

---

REF.: 5CFE01-051

Editores: S.E.C.F. - Junta de Castilla y León  
Ávila, 21 a 25 de septiembre de 2009  
ISBN: 978-84-936854-6-1  
© Sociedad Española de Ciencias Forestales

## Tipificación de la calidad de estación en base a variables ecológicas para el pino silvestre en Cataluña

VERICAT GRAU, P.<sup>1</sup>, PIQUÉ NICOLAU, M.<sup>1</sup>, TRASOBARES RODRÍGUEZ, A.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Área de Gestión Forestal Sostenible. Centre Tecnològic Forestal de Catalunya. Ctra. Sant Llorenç de Morunys, km. 2 (Ctra. vella). 25280-Solsona, Spain.

<sup>2</sup> ForEco Technologies, Av. Diagonal 416, Estudio2, 08037-Barcelona, Spain.

### Resumen

Dentro del proceso de elaboración de las orientaciones regionales de gestión forestal, se ha tipificado la calidad de estación en base a variables ecológicas para el pino silvestre en Cataluña. La metodología utilizada se basa en una combinación de conocimiento experto y análisis cuantitativo a partir de los datos del IFN (2 y 3). Las fases de aproximación sucesiva han supuesto: (a) dinámica de grupo de tipo panel de expertos para establecer el número de clases de calidad de estación, las variables ecológicas y sus rangos que configuran o indican la calidad de estación, así como su importancia relativa, (b) regresión de un índice de crecimiento entre el IFN2 e IFN3 vs distintas variables ecológicas fácilmente identificables por el gestor. El resultado final es una clave dicotómica donde se asigna a cada combinación de variables ecológicas y rangos una clase de calidad. Esta clave, debe permitir al gestor asignar rápida y objetivamente, e independientemente de la masa existente, la clase de calidad de estación de un rodal forestal de *Pinus sylvestris*.

### Palabras clave

Panel de expertos, *Pinus sylvestris*, Inventario Forestal Nacional, rodal.

### 1. Introducción

La calidad de estación se define como la suma de todos los factores ambientales que afectan la comunidad biótica de un ecosistema (DANIELS et al, 1979; SPURR & BARNES, 1980). Por su parte, la productividad forestal se define como la máxima cantidad de madera que un lugar puede producir en un tiempo dado (DAVIS & JOHNSON, 1987). La capacidad productiva de una estación forestal puede estimarse a partir de diversos estimadores indirectos, que pueden ser (CARMEAN, 1975; HAGGLUND, 1981; ORTEGA y MONTERO, 1988): intrínsecos de la masa arbolada o dendrométricos (alturas dominantes o medias, crecimientos medios máximos, volumen total al final del turno, intercepción) o extrínsecos, bien abióticos (clima, litología, edafología, fisiografía) o bien de la biocenosis (especies o asociaciones indicadoras). De todos ellos, el método más ampliamente utilizado y que ha dado mejores resultados ha sido el que utiliza la altura como índice (ORTEGA y MONTERO, 1988), y en concreto la relación edad-altura dominante.

No obstante, la utilización de estos métodos intrínsecos presenta una serie de limitaciones, ya que están concebidos para su utilización en masas puras y regulares, y requieren además de mediciones sobre la masa principal establecida que reflejen únicamente la incidencia de los factores ambientales. No es adecuada por tanto su utilización en aquellas situaciones en que la masa no sea regular o se encuentre afectada por cortas diamétricas. Para el pino silvestre del ámbito de Cataluña existen curvas de edad-altura dominante (GARCÍA y TELLA, 1986; PALAHÍ et al, 2002), pero paradójicamente, las masas de esta especie en Cataluña, presentan en general unas características estructurales, de composición específica y de interacción humana que frecuentemente no permiten la utilización correcta de los métodos intrínsecos. Se

trata en general de masas históricamente sometidas a cortas diamétricas que presentan estructuras complejas (no regulares o irregulares desequilibradas, estratificación diversa) y aparecen en gran proporción como masas mixtas.

Por el contrario, el uso de factores extrínsecos o variables ecológicas para estimar la calidad de estación presenta un gran interés y aplicabilidad. Diversos estudios han abordado la relación SI *vs* variables ecológicas. En el caso de especies procedentes de regeneración natural en España, algunos modelos elaborados, como por ejemplo ELENA y SÁNCHEZ (1991) para *Pinus nigra*, GANDULLO y SÁNCHEZ (1994), para los *Pinus*; ELENA et al (2001) para el haya en Cataluña, obtienen un elevado porcentaje de varianza explicada. A pesar de ello, estos modelos tienen como principal limitación a su uso práctico la dificultad en medir en campo algunas variables del modelo, como por ejemplo la sequía fisiológica, porcentaje de cal activa, porcentaje de limos, carbonatos o materia orgánica.

## 2. Objetivos

Con el objetivo de proporcionar una herramienta práctica que permita una clasificación rápida y suficientemente precisa de la calidad de estación de rodales forestales, se han elaborado claves de clasificación de la calidad de estación basadas en variables ecológicas de sencilla estimación en campo para *Pinus sylvestris* del ámbito pirenaico y prepirenaico de Cataluña (no se incluyen las sierras prelitorales de Tarragona). Con estas claves, deberá ser posible determinar lo más objetivamente posible los grandes grupos de calidad a nivel regional que el gestor utiliza *a priori* cuando evalúa un rodal y asigna objetivos y tratamientos selvícolas. Por tanto, con estas claves no se busca tanto una equivalencia concreta clase de calidad-producción, sino obtener grupos afines en cuanto al conjunto de condiciones ecológicas que influyen en el crecimiento y la respuesta de la especie a la gestión. De este modo, se logran una serie de ventajas prácticas:

- Rapidez. Permiten una identificación rápida de la calidad de estación forestal, sin incurrir en los costes de medidas dendrométricas ni esperar al procesado de los datos. Esto permite realizar propuestas de gestión *in situ* ya ajustadas a la calidad de estación.
- Suficiente poder discriminante. A pesar de que a partir de variables ecológicas de fácil estimación en campo es difícil establecer un índice cuantitativo preciso de la calidad de estación, sí permiten establecer clases de calidad suficientemente definidas para basar una gestión diferenciada.
- En masas mixtas, es posible evaluar la clase de calidad para cada especie presente por separado.

## 3. Metodología

La metodología se basó en el análisis de conocimiento experto mediante dinámicas de grupo con panel de expertos. Paralelamente se realizó un análisis del efecto de las variables ecológicas sobre un indicador de la producción forestal, obtenido a partir de datos dasométricos del IFN2 y 3, al objeto de corroborar las conclusiones del panel de expertos.

### 3.1. Análisis del conocimiento experto

Se realizó una selección de un panel de expertos en la gestión de la especie desde distintos ámbitos. El panel quedó compuesto por 3 gestores de la administración, 1 consultor técnico forestal y 1 técnico rematante de la mayor empresa de aprovechamiento y primera transformación de madera de *Pinus sylvestris* de Cataluña.

A cada experto le fue enviado un cuestionario-tipo. En el cuestionario se le solicitó:

- Opinión sobre el número de clases diferentes de calidad de estación para esta especie. La diferenciación de clases de calidad sólo estaba justificada si posteriormente se va a basar una gestión diferenciada en función de la calidad para un objetivo dado.
- Opinión sobre la importancia de una serie de variables ecológicas (Tabla 1) en la configuración de la calidad de estación para *Pinus sylvestris*. La importancia de cada variable se valoraba en tres grados: 0 (nada importante, no influye en la calidad de estación); 1 (medianamente importante, influencia moderada o variable según casos); 2 (muy importante, frecuentemente se trata del factor clave).

Se solicitó además consignar los niveles de cada variable que más frecuentemente se encuentran para una calidad alta, media o baja.

Tabla 1: Variables ecológicas abióticas valoradas por los expertos.

Pluviometría: anual (mm/año), estival (mm/junio+julio+agosto)
Temperaturas (°C): medias anuales, medias mensuales de las máximas o mínimas.
Orientación (N, S, E, O)
Altitud (m)
Pendiente (%)
Fisiografía: posición en la ladera (divisoria, part alta, media o baja de ladera, llanos y fondos de valle).
Fisiografía: forma de la ladera (rectilínea, cóncava, convexa)
Litología (tipo de roca madre)
Características del sustrato: profundidad del suelo, textura, pH, pedregosidad, afloramientos de roca.
Otras variables que se consideren de interés

Cada experto retornó el cuestionario completado. Días más tarde, se reunió al panel de expertos con un equipo moderador y se estableció una dinámica de grupo en la que se revisó y discutió un documento con el conjunto de las respuestas. De esta manera, se aseguró la correcta comprensión de las preguntas por parte de todos los encuestados y se contrastaron las respuestas divergentes. En primer lugar, se discutió y consensuó el número de clases de calidad de estación que se consideraba necesario establecer para la especie. En segundo lugar, se discutió la valoración de las variables ecológicas realizada y se consensuó un grado de importancia para cada una de ellas, y los niveles a los que se da una u otra calidad.

### 3.2. Construcción de claves dicotómicas de clasificación de la calidad de estación

A partir de la información anterior se construyó una clave dicotómica para identificar la clase de calidad de estación en base a variables ecológicas abióticas. En la construcción de esta clave se asumieron las siguientes premisas:

- La clave debía basarse en unos pocos parámetros ecológicos, fácilmente observables a pie de rodal o datos meteorológicos medios de fácil conocimiento con suficiente precisión a escala de rodal o monte.
- Cada combinación de variables y rangos da lugar a una clase de calidad. Esta clase de calidad se concibe como la que más probablemente se encontraría para esa combinación de variables.
- No obstante, en algunos casos podrá haber características particulares de cada lugar, no recogidas en la clave, que hagan variar la clase asignada. En la utilización de las claves, será necesario verificar en cada caso que en el rodal objeto de evaluación no actúa ningún factor particular que altera la clasificación dada por la clave.

Para construir las claves, se seleccionaron las variables ecológicas señaladas por los expertos como más importantes, con una valoración de “2” en el cuestionario. En algunos casos, se seleccionó alguna variable señalada como “medianamente importante” por el panel de expertos, o una combinación de dos variables cuando se consideró necesario para definir mejor algún efecto ambiental. Seguidamente se establecieron los rangos o clases de cada variable según su influencia en la calidad de estación. Finalmente, se estudió cada posible combinación de variables y rangos, se asignó una clase de calidad de estación y se simplificaron las combinaciones de variables redundantes.

### 3.3. Efecto de las variables ecológicas sobre la calidad de estación en base a los datos del IFN2-IFN3.

Para analizar la relación entre el crecimiento de la masa y las variables ecológicas de la estación, se calculó en primer lugar un índice de calidad a nivel de parcela. Teniendo en cuenta los datos limitados de edades del IFN, y dadas las características de las masas de *P. sylvestris* en Cataluña expuestas anteriormente, se procedió a calcular un índice de crecimiento (índice de calidad), en base al método propuesto por TRASOBARES & PUKKALA (2004) y TRASOBARES et al (2004b). El cálculo del índice se obtiene comparando el crecimiento diametral medido en cada árbol de la parcela, con la predicción de crecimiento para un árbol del mismo tamaño que crece bajo las mismas condiciones de competencia, pero en una parcela de calidad media en la región. Para predecir el crecimiento de un árbol de *P. sylvestris* en una parcela de calidad media en la región se han utilizado 16650 árboles remedidos entre el IFN2 y el IFN3 en Cataluña, correspondientes a 888 parcelas donde el pino silvestre presentaba más del 80% en área basimétrica. En base a dichos árboles se ha desarrollado un modelo lineal simple, seleccionando variables explicativas de tamaño y competencia, así como sus transformaciones. Todas las variables han tenido que ser significativamente distintas de cero al nivel 0,05, indicando la distribución de los errores de predicción un modelo no sesgado. El modelo resultante para el crecimiento futuro de 10 años de *P. sylvestris*, ajustado mediante minimización de residuos al cuadrado (SPSS, 2003), ha sido el siguiente:

$$id10 = \exp(4,0115 - 0,6736 \times \ln(d) - \frac{9,3946}{d} - 0,0623 \times \frac{BAL}{\ln(d)} - 0,1383 \times \ln(G) + 0,0236BAL\_ext) \times 1,2016 \quad [1]$$

donde  $id10$  es el crecimiento de los próximos 10 años (cm en 10 años),  $d$  el diámetro normal del árbol (cm),  $BAL$  el área basimétrica de los árboles mayores al árbol individual ( $m^2ha^{-1}$ ), y  $G$  el área basimétrica en la parcela ( $m^2ha^{-1}$ ).

Finalmente, el índice de calidad para cada parcela (Ec.2) se ha calculado promediando las relaciones crecimiento medido/crecimiento predicho correspondientes a los árboles medidos:

$$IQ = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left( \frac{id10_i}{\hat{id10}_i} \right) \quad [2]$$

donde  $IQ$ : índice de calidad a nivel de parcela;  $id10_i$ : incremento diamétrico observado entre IFN2 e IFN3;  $\hat{id10}_i$ : incremento diamétrico estimado entre IFN2 e IFN3.

Valores para el índice de crecimiento mayores a uno indican crecimiento superior a la media, valores cercanos a uno indican crecimiento medio, y valores inferiores a uno indican crecimiento pobre.

Este índice de calidad para las 888 parcelas remedidas (periodo IFN2-IFN3) en Cataluña donde el pino silvestre presentaba más del 80% en área basimétrica, se relacionó mediante regresión múltiple con las variables ecológicas de la tabla 2 (las variables cualitativas se transformaron en *dummies*), para cada una de las parcelas.

Tabla 2: Variables ecológicas.

Datos climatológicos	A partir del Atlas Climático Digital de la Península Ibérica (Ninyerola et al, 2005). <ul style="list-style-type: none"> <li>• Pluviometría media (anual, mensual, estacional)</li> <li>• Temperaturas (°C): medias anuales, medias mensuales de las máximas o mínimas.</li> <li>• Radiación solar</li> </ul>
Áreas climáticas	Según MORÉ et al (2005). 0: Zonas sin vegetación.; 1: Temperatura muy alta en verano y media en invierno, precipitación muy baja, radiación alta; 2: Temperatura alta en verano y media en invierno, precipitación baja, radiación media; 3: Temperatura media, precipitación media, radiación alta; 4: Temperatura alta, precipitación media en la estación húmeda i muy baja en la estación seca, radiación alta; 5: Temperatura moderadamente baja, precipitación media, radiación baja; 6: temperatura alta, precipitación muy alta en la estación húmeda y media en la estación seca, radiación media; 7: Temperatura media, precipitación muy alta estación húmeda y alta estación seca, radiación alta; 8: Temperatura muy baja, precipitación muy alta, radiación muy alta; 9: Temperatura muy baja, precipitación muy alta, radiación muy baja.
Orientación	Calculada a partir del MDT (25m) del Centro Nacional de Información Geográfica (Ministerio de Fomento). 1: zonas llanas; 2: N (337.5-22.5°); 3: NE (22.5-67.5°); 4: E (67.5-112.5°); 5: SE (112.5-157.5°) 6: S (157.5-202.5°); 7: SO (202.5-247.5°); 8: O (247.5-292.5°); 9: NO (292.5-337.5°)
Altitud (m)	Obtenida a partir del MDT (25m) del Centro Nacional de Información Geográfica (Ministerio de Fomento)
Pendiente (%)	Calculada a partir del MDT (25m) del Centro Nacional de Información

	Geográfica (Ministerio de Fomento)
Fisiografía	Calculado a partir del MDT (25m) del Centro Nacional de Información Geográfica (Ministerio de Fomento), según PENNOCK et al (1987), PENNOCK et al (1994), PENNOCK & CORRE (2001). Parte superior de la ladera, media ladera, parte inferior de la ladera, altiplanos, divisorias, fondos de valle.
Litología	A partir del mapa geológico de Cataluña 1:50.000 (ICC, 2006) Materiales silíceos ácidos; Materiales silíceos básicos; Lutitas; Gres/conglomerados (que dan lugar a suelos ácidos) ; Gres/conglomerados (que dan lugar a suelos básicos) ; Materiales carbonatados (litologías formadas por carbonatos); Materiales carbonatados (margas i margocalcáreas); Materiales evaporíticos; Materiales aluviales-coluviales; Morrenas, tills, diamícton, tarteras.
Textura	Información del IFN3. 1. Suelo arenoso; 2. Suelo franco; 3. Suelo arcilloso.
pH	Información del IFN3. Ácido y básico.
Tipo de suelo 1	Información del IFN3. 1. No se observan sales, yesos ni procesos de hidromorfía; 2. Suelo salino; 3. Suelo yesífero; 4. Suelo hidromorfo.
Tipo de suelo 2	Información del IFN3. 1. Suelo calizo; 2. Suelo silíceo.
Rocidad	Información del IFN3. 1: Sin afloramientos de roca, la superficie de la parcela está completamente cubierta de vegetación; 2: La superficie de la parcela cubierta por rocas coherentes es menor del 25 %; 3: La superficie rocosa está comprendida entre el 25 % y el 50 %; 4: La superficie rocosa se sitúa entre el 50 % y el 75%; 5: La superficie de rocas es mayor del 75 %.

Para la regresión se utilizó el procedimiento regresión lineal en SPSS. Inicialmente se llevó a cabo una identificación de posibles variables explicativas mediante *Forward stepwise*, para luego seleccionar el conjunto de variables y sus transformaciones teniendo en cuenta criterios de consistencia biológica, fácil disponibilidad de las variables, etc. Este proceso empírico de análisis mediante regresión múltiple servirá para evaluar las claves dicotómicas de decisión establecidas en base al criterio y experiencia de los expertos, teniendo en cuenta la buena representación de las condiciones de crecimiento en la región ofrecida por la red sistemática de parcelas permanentes del IFN en la región.

## 4. Resultados

### 4.1. Clave de clasificación de calidades de estación basada en conocimiento experto.

Respecto al número de clases de calidad de estación necesarias para el pino silvestre en Cataluña, se consideró adecuado diferenciar 3 clases. Dada la amplia distribución de la especie en Cataluña, los expertos coincidieron en diferenciar tres ámbitos geográficos: Pirineos y Prepireneos (separando el Valle de Aran); Centro de Cataluña y comarcas orientales. Los rangos óptimos de altitud se sitúan entre los 900 y 1600 m, mientras que la pluviometría óptima debe ser superior a los 800 mm. Los expertos señalaron que la profundidad mínima enraizable para obtener buenas calidades debe ser superior a los 50 cm. Finalmente, las exposiciones de umbría son mejores que las de solana, a excepción de altitudes superiores a los 1600 m y del valle de Arán, dadas sus condiciones climáticas atlánticas. La clave dicotómica elaborada a partir del conocimiento experto se presenta en las Figuras 1 y 2.



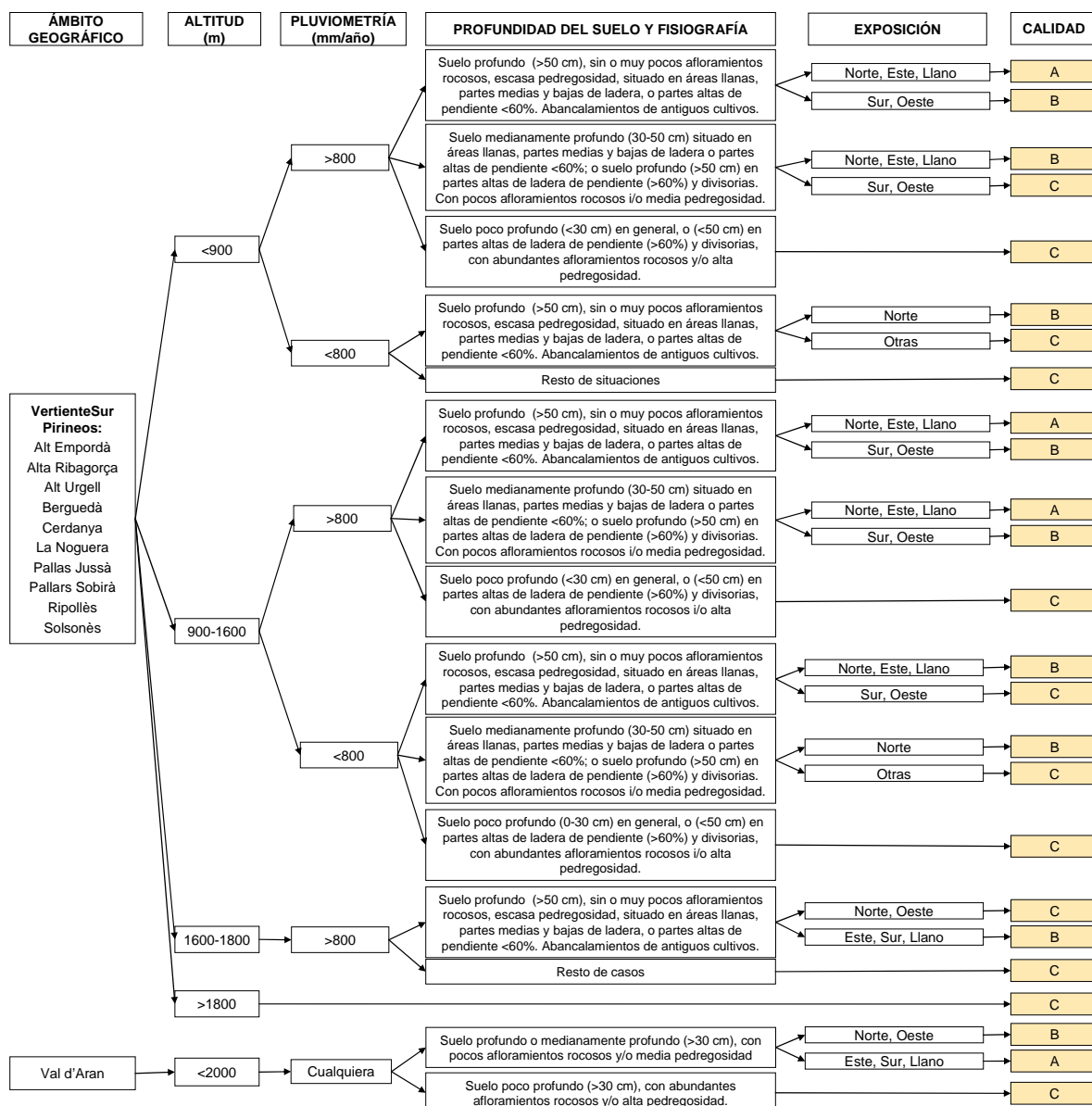


Figura 1. Clave dicotómica de clasificación de la calidad de estación basada en variables ecológicas a partir de conocimiento experto para el ámbito geográfico de las comarcas pirenaicas y prepirenaicas de Cataluña.





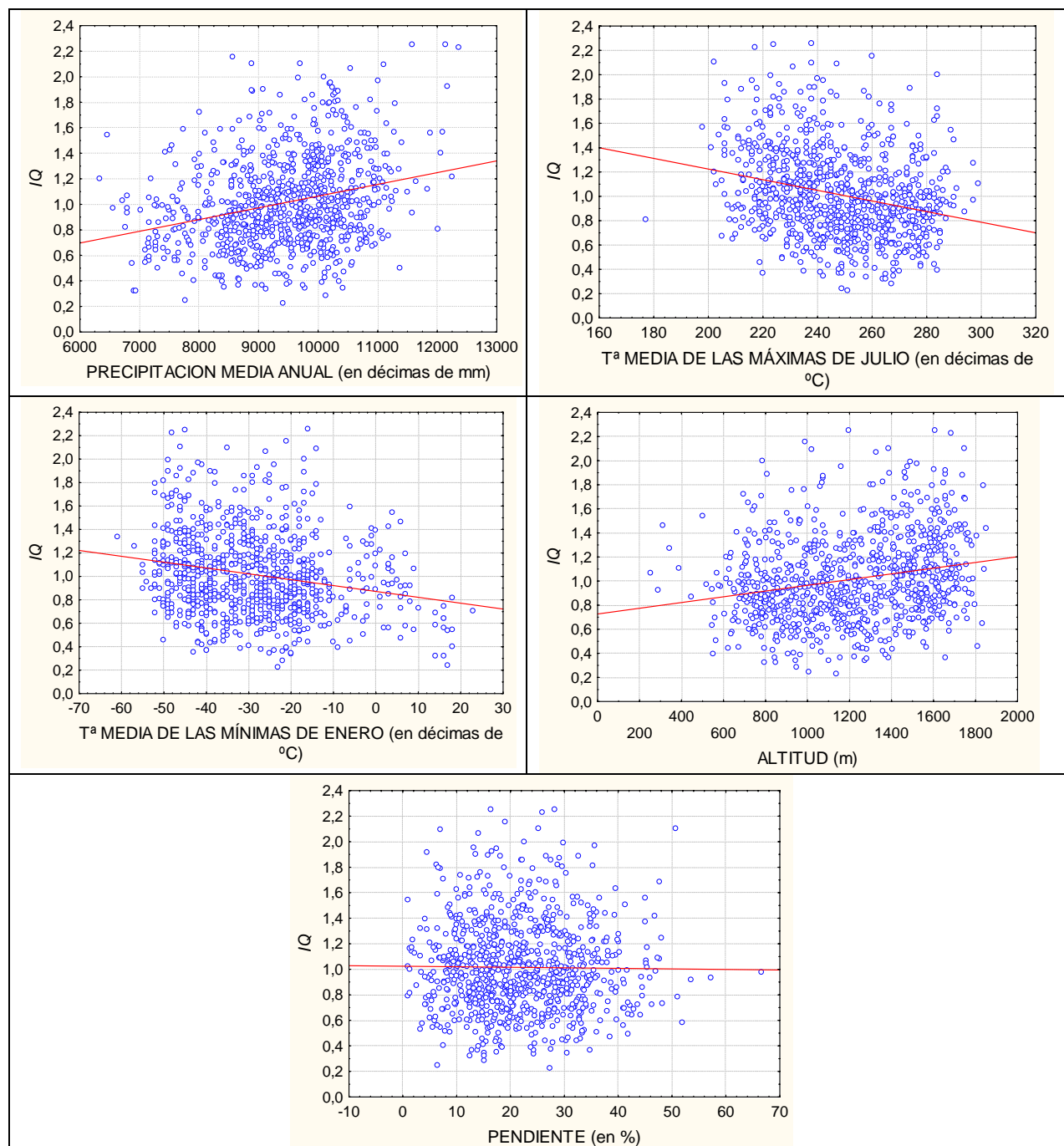


Figura 3. Variables ecológicas continuas que mostraron relación con el IQ.

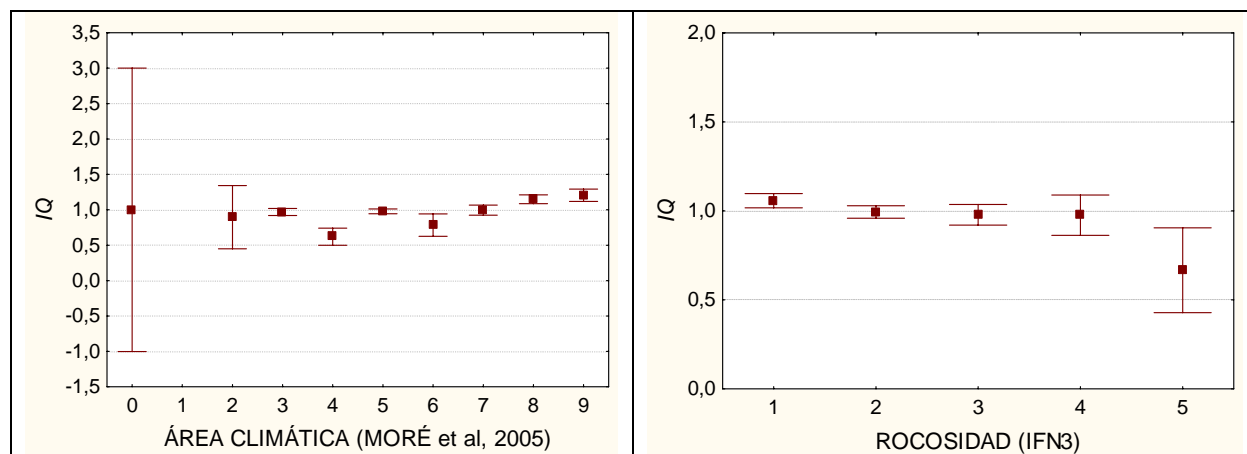


Figura 4. Variables ecológicas cualitativas que mostraron relación con el IQ.

La regresión del índice de crecimiento vs variables ecológicas permite una primera aproximación a la interrelación entre las variables ecológicas que configuran la calidad de estación. Las variables seleccionadas con efecto positivo fueron la clase de rocosidad 1 del IFN3 (sin pedregosidad, la superficie de la parcela está completamente cubierta de vegetación), el área climática 9 de MORÉ et al (2005) (Temperatura muy baja, precipitación muy alta, radiación muy baja) y la precipitación media anual. Con efecto negativo fueron seleccionadas las temperaturas medias de las mínimas de enero, las temperaturas medias de las máximas de julio, la pendiente en %, la altitud (en su transformación ln) y la orientación Sur (entre 157,5-202,5°). El modelo de regresión ajustado fue significativo ( $p < 0,001$ ) y todas las variables fueron significativas para  $p < 0,05$ .

## 5. Discusión

El panel de expertos otorgó la máxima importancia a variables ecológicas relacionadas con la disponibilidad de agua (pluviometría, profundidad del suelo, fisiografía, y orientación). Los expertos consideraron la altitud y la pluviometría como las variables más representativas del rango ecológico de esta especie, y no las temperaturas. Altitud y temperaturas presentan una elevada correlación, pero la altitud es una variable más intuitiva y por tanto mejor referencia para los expertos. Las altas calidades de estación se configuran dentro de los rangos óptimos climáticos de la especie (representados por la combinación de altitud y pluviometría), cuando las condiciones locales (disponibilidad de suelo útil y orientación) son las adecuadas.

La regresión permite diferenciar dos grupos de variables. Por una parte, las variables que acotan el rango ecológico de la especie (temperaturas, altitud, precipitación anual), y por otra parte las variables que condicionan la calidad de estación a determinadas condiciones locales (rocosidad, pendiente y orientación). En un marco de efectos negativos de la altitud y las temperaturas medias de las mínimas de enero, la variable “área climática 9” de MORÉ et al (2005), refuerza el sentido positivo para la calidad de estación de las localizaciones lluviosas y frías de montaña.

El índice de crecimiento/calidad calculado para cada parcela permite predecir una proporción importante de la variación en calidades de estación de *P. sylvestris* en la región. Así lo demuestran estudios previos desarrollados también para Cataluña y utilizando la misma base de datos (TRASOBARES & PUKKALA, 2004, TRASOBARES et al, 2004b). El índice de crecimiento, al igual que el índice de sitio en las masas regulares, es un buen indicador de

la calidad de estación a nivel local (condiciones microclimáticas, genotipo de cada individuo, tipo de suelo y profundidad, etc.) como regional (clima, localización, topografía, etc.). Las variables ecológicas en cambio, nos permiten una clasificación lógica de la calidad de estación de un rodal a nivel regional pero difícilmente nos permiten explicar una buena proporción del potencial de crecimiento a nivel local (ver por ejemplo MONSERUD & STERBA, 1996 o TRASOBARES et al 2004a,b) si no se consideran variables clave como la profundidad útil del suelo (variable no considerada en esta regresión).

Ambos procedimientos (panel de expertos y regresión) han destacado el papel de la profundidad del suelo en la calidad de estación de esta especie. En el modelo de regresión, las variables más relacionadas con la profundidad del suelo (pendiente y rocosidad) han sido seleccionadas. Por tanto, más allá de las características del suelo en cuanto a textura o pH, la profundidad útil o enraizable del suelo se intuye como uno de los factores más importantes en la configuración de la calidad de estación. La profundidad efectiva del suelo (espesor del suelo que es ocupado o puede ser ocupado por las raíces del árbol) es uno de los factores que contribuye en mayor medida al crecimiento potencial de éstos (ORTEGA y MONTERO, 1988). Algunos estudios para la especie en el Prepirineo de Lérida (OLARIETA et al, 2001) encontraron que, a un nivel geográfico pequeño (escala geográfica de macizo), la profundidad enraizable es la variable de la que más depende el crecimiento.

Por el contrario, ninguna de las variables referentes a las características del suelo en cuanto a litología, reacción o textura fueron seleccionadas por el panel de expertos ni en el ajuste de la regresión. Este hecho está en lógica con la ecología de la especie (plástica e indiferente al sustrato).

## 6. Conclusiones

Las líneas apuntadas por el panel de expertos coinciden con los resultados de la regresión, tanto a nivel de variables clave en la conformación de la calidad de estación como en el sentido (favorable o desfavorable) de éstas, cuando se encuentran interactuando.

El suelo, y concretamente su profundidad útil o enraizable, se intuye como la variable ecológica no climática más importante para la calidad de estación de esta especie en Cataluña. Por el contrario, otras características edafológicas (litología, pH, textura) tendrían una importancia secundaria para esta especie.

La inclusión en futuros modelos de la profundidad útil del suelo, permitiría una validación más robusta de las tipificaciones de base experta. No obstante, la consideración práctica de esta variable siempre representará una limitación a tener en cuenta (al menos con los instrumentos disponibles en la actualidad), dada la dificultad de su estimación más o menos precisa en campo.

Los resultados obtenidos, aunque en fase inicial, indican que el trabajo conjunto conocimiento experto – análisis estadístico en base a datos del IFN (IFN2-IFN3) puede ser una herramienta útil para establecer tipificaciones de la calidad de estación que permitan una tipificación rápida, y económica a nivel de rodal. Todo ello independientemente de la historia selvícola del mismo y sin necesidad de realizar medidas dasométricas para establecer la calidad de estación. Éstas deberían reservarse sólo para aquellos casos en que la relación coste-beneficio lo justifique.



## 7. Agradecimientos

Al Centre de la Propietat Forestal y a la Direcció General del Medi Natural del Departament de Medi Ambient i Habitatge (Generalitat de Catalunya).

## 8. Bibliografía

CARMEAN, W.H.; 1975. Forest site quality evaluation in the United States. *Adv. Agron.* 27, pp 209-269.

DANIELS, T.W.; HELMS, J.A; BAKER, F.S.; 1979. *The Principles of Silviculture*, 2nd edn. McGraw-Hill, New York, 500 pp.

DAVIS, L.S. AND JOHNSON, K.N., 1987. *Forest Management*, 3rd edn. McGraw-Hill, New York, 790 pp.

ELENA, R.; SÁNCHEZ, F.; RUBIO, A.; GÓMEZ, V.; AUNÓS, A.; BLANCO, A.; SÁNCHEZ, O.; 2001. Autoecología de los hayedos catalanes. *Investigación Agraria. Sistemas y Recursos Forestales* 10 (1):21-42.

ELENA-ROSSELLÓ, R.; SÁNCHEZ-PALOMARES, O.; 1991. Los pinares españoles de *Pinus nigra* Arn Síntesis ecológica. - Ministerio de Agricultura, Madrid.

GANDULLO, J.M.; SÁNCHEZ PALOMARES; O., 1994. Estaciones ecológicas de los pinares españoles. ICONA-Colección Técnica. Madrid. 188 págs. ISBN: 84-8014-116-6.

GARCÍA ABEJÓN J.L.; TELLA G.; 1986. Tablas de producción de densidad variable para *Pinus sylvestris* L. en el Sistema Pirenaico. *Comunicaciones INIA Serie: Recursos Naturales*, nº 43.

HAGGLUND, B.; 1981. Evaluation of forest site productivity. *Forestry Abstracts*, 42:515–527.

ICC; 2006. Mapa Geològic de Catalunya 1:50.000. Institut Cartogràfic de Catalunya. Generalitat de Catalunya.

MONSERUD R.A.; STERBA H.; 1996. A basal area increment model for individual trees growing in even- and uneven-aged forest stands in Austria, *For. Ecol. Manage.* 80: 57-80.

MORÉ G.; PONS X.; BURRIEL J.A.; CASTELLS R.; IBÀÑEZ J.J.; ROIJALS X.; 2005. Generación de cartografía detallada de vegetación mediante procesamiento digital de imágenes Landsat, variables orográficas y climáticas. 6 *Geomatic Week*, Barcelona, 8-11 Febrero de 2005. On-line en: <http://www.creaf.uab.es/MIRAMON/publicat/papers/6set-geo/GeneracionDeCartografiaDetalladaDeVegetacion.pdf>

NINYEROLA M.; PONS X.; ROURE J.M.; 2005. Atlas Climático Digital de la Península Ibérica. Metodología y aplicaciones en bioclimatología y geobotánica. Universidad Autónoma de Barcelona, Bellaterra.



OLARIETA, J.R.; MOLINS, J.; RODRÍGUEZ, R.; BLANCO, R.; ANTÚNEZ, M.; 2001. Aproximación a los requerimientos del territorio para el crecimiento de pino silvestre (*Pinus sylvestris* L.) en la Sierra de Odén. Edafología 8-2: 13-20.

ORTEGA, A.; MONTERO, G.; 1988. Evaluación de la calidad de las estaciones forestales. Revisión bibliográfica. Ecología 2: 155-184

PALAHÍ M.; MIINA J.; TOMÉ M.; MONTERO G.; 2002. Stand-level yield model for Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) in north-east Spain. Invest Agr: Sist Recur For 11, 409-424.

PENNOCK, D.J.; ANDERSON, D.W.; DE JONG, E.; 1994. Landscape-scale changes in indicators of soil quality due to cultivation in Saskatchewan, Canada. Geoderma 64: 1-19.

PENNOCK, D.J.; CORRE, M.D.; 2001. Development and application of landform segmentation procedures. Soil & Tillage Research 58: 151-162

PENNOCK, D.J.; ZEBARTH, B.J.; DE JONG, E.; 1987. Landform classification and soil distribution in hummocky terrain, Saskatchewan, Canada. Geoderma 40: 297-315.

SPSS Inc.; 2003. SPSS Base system syntax reference Guide. Release 12.0.

SPURR, S.H.; BARNES, B.V.; 1980. Forest Ecology. 3rd edn. Wiley, New York, 678 pp.

TRASOBARES A.; PUKKALA T.; MIINA J.; 2004a. Growth and yield model for uneven-aged mixtures of *Pinus sylvestris* L. and *Pinus nigra* Arn. in Catalonia, north-east Spain. Annals of Forest Science 61 (1), 9-24.

TRASOBARES A.; TOMÉ M.; MIINA J.; 2004b. Growth and yield model for *Pinus halepensis* Mill. in Catalonia, north-east Spain. Forest Ecology and Management 203 (1): 49-62.

TRASOBARES, A.; PUKKALA, T.; 2004. Using past growth to improve individual-tree diameter growth models for uneven-aged mixtures of *Pinus sylvestris* L. and *Pinus nigra* Arn.

