

# **APROXIMACIÓN AL ESTUDIO DEL CRECIMIENTO DE *Pinus halepensis* EN LA PROVINCIA DE MURCIA A PARTIR DE LOS DATOS DE LOS INVENTARIOS FORESTALES NACIONALES Y EL CÁLCULO DE INTENSIDADES BIOCLIMÁTICAS.**

Fernando García Robredo y Sonia Condés Ruiz

Departamento de Economía y Gestión Forestal  
Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Montes  
Ciudad Universitaria s/n, 28040 MADRID

e-mail: [fernando.garcia.robredo@upm.es](mailto:fernando.garcia.robredo@upm.es)

## **Resumen**

El pino carrasco (*Pinus halepensis*) ocupa extensas superficies en el Levante y Sureste de nuestro país y presenta un gran interés por su capacidad para hacer frente a fenómenos extremos de aridez y sequía. Es interesante profundizar en el conocimiento de las características fitoclimáticas de la especie con el fin de conocer la estabilidad biológica de sus poblaciones y su productividad potencial. En el presente trabajo se han utilizado los datos de las parcelas de campo del Segundo y Tercer Inventario Forestal Nacional en la provincia de Murcia para estimar el crecimiento de las masas provinciales de *Pinus halepensis*. Se han investigado las relaciones entre las estimaciones de crecimiento en las distintas parcelas y las condiciones de la estación (clima, suelo y pendiente) mediante la utilización de los diagramas bioclimáticos de Montero de Burgos y González Rebollar. El empleo de los datos de crecimiento procedentes de las parcelas del IFN ha permitido estimar un modelo donde interviene como variable explicativa la intensidad bioclimática libre. Este trabajo permite estimar el crecimiento de la especie en distintas zonas de la provincia a partir de los datos de precipitación y temperatura y de una información somera sobre las características del suelo.

## **Palabras clave**

Crecimiento, producción, bioclimatología, estimación, validación.

## **INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS**

El pino carrasco (*Pinus halepensis*), pese a estar ampliamente representado en gran parte de nuestro país y desempeñar un importante papel en zonas sometidas a un importante riesgo de desertificación (en muchas ocasiones es la única especie capaz de formar masas arboladas que frenen el avance del desierto), ha sido poco estudiado en comparación con otras especies forestales. Así, sólo el 2% de las referencias incluidas en la base de datos BIBLIOFOR correspondientes al periodo 1930-1998 incluyen el nombre de esta especie en su título o en sus palabras clave. De ellas, el 60% tratan sobre la repoblación, la silvicultura o la defensa de sus masas, pero sólo el 8,6% están dedicados a su medición o a su ordenación. (RUIZ PEDREIRA, 2000).

Entre estas últimas, cabe destacar las que recogen los trabajos realizados a partir de los datos procedentes de una red de 72 parcelas permanentes, establecida por el desaparecido I.F.I.E. y actualmente mantenida por el INIA, que han dado lugar a distintos estudios sobre la producción de las masas de esta especie, el último de los cuales ha conducido a la elaboración de unas tablas de producción para *Pinus halepensis* en nuestro país. (MONTERO et al, 2000).

No obstante lo anterior, la producción bibliográfica sobre esta especie sigue siendo inferior a su importancia forestal.

El objetivo de este trabajo es investigar la existencia de una relación entre el crecimiento de las masas de *Pinus halepensis* en la provincia de Murcia y la calidad de la estación, que integra aspectos relativos al clima, el suelo y la fisiografía. Con el fin de caracterizar la influencia de la calidad de la estación sobre la productividad se ha recurrido a la utilización de los diagramas bioclimáticos de MONTERO DE BURGOS y GONZÁLEZ REBOLLAR (1974). Los índices

bioclimáticos desarrollados por estos dos autores consideran la influencia del clima, en concreto de la temperatura y las disponibilidades hídricas, sobre el comportamiento de la vegetación, pero también hacen uso, aunque en menor medida, de la información sobre el suelo y la fisiografía, pues la textura del suelo y la pendiente intervienen en el cálculo de las intensidades bioclimáticas a través de las hipótesis sobre capacidad de retención de agua y porcentaje de escorrentía superficial. (GARCÍA SALMERÓN, 1980).

## METODOLOGÍA

La metodología empleada en el presente trabajo se recoge en el diagrama de flujo de la Figura 1.

### Datos empleados en el análisis

De las parcelas medidas en el Segundo y Tercer Inventario Forestal Nacional en la provincia de Murcia, se han seleccionado 719 parcelas que se caracterizan por presentar como única especie arbórea *Pinus halepensis* y por no haber registrado cortas en el periodo entre inventarios, es decir, entre los años 1986 y 1999.

En el trabajo se han considerado tanto los datos de pies mayores como los datos generales de las parcelas, en particular sus coordenadas UTM y los datos de clase de pendiente y tipo de suelo.

Las características dasométricas de la masa inicial aparecen resumidas en la Tabla 1.

Se han utilizado, además, los datos meteorológicos, de precipitación y temperatura, de las 76 estaciones que el Instituto Nacional de Meteorología (I.N.M.) tiene distribuidas por toda la provincia. De estas estaciones se han eliminado 19 en las que faltaban las series de datos de años completos, y se han completado las series correspondientes a las 57 estaciones restantes. Estas 57 estaciones están correctamente georreferenciadas al ser conocidas su latitud y longitud.

### Estimación del crecimiento

Antes de describir el procedimiento de cálculo, es conveniente recordar la estructura de las parcelas de los inventarios forestales nacionales. Son parcelas concéntricas en las que el diámetro de selección es función del radio de la parcela. Todos los árboles están identificados mediante rumbo y distancia, y por lo tanto se pueden clasificar de acuerdo a lo siguiente:

- s – árboles supervivientes: aparecen medidos en los dos inventarios.
- i – árboles “*ingrowth*”, medidos en el IFN3, no se habían medido en el IFN2, y además están en la parcela de radio más pequeño, esto es, 5 metros.
- o – árboles “*ongrowth*”, medidos en el IFN3, no aparecen en el IFN2, pero no están en la parcela de radio inferior. Esto significa que probablemente tenían un diámetro superior al mínimo inventariable, pero no suficiente para inventariarlos en su radio correspondiente.

Una vez hecha esta clasificación se procede a cubicar cada árbol. Para ello se han empleado las tablas de cubicación de *Pinus halepensis* que aparecen en la publicación del Segundo Inventario Forestal Nacional correspondiente a la provincia de Murcia (ICONA, 1992). En dichas tablas el volumen es una función del diámetro normal, la altura y la forma del árbol tal y como se expresa a continuación.

- forma de cubicación 1 o 2:  $v = 41,04 + 0,0002608 \cdot d^2 \cdot h.$
- forma de cubicación 3:  $v = 6,23 + 0,0002965 \cdot d^2 \cdot h.$
- forma de cubicación 5:  $v = 40,91 + 0,0001892 \cdot d^2 \cdot h.$

donde el volumen (v) aparece en decímetros cúbicos, el diámetro (d) en milímetros y la altura (h) en metros.

Obviamente, las tablas de cubicación empleadas son las mismas para los dos inventarios, si bien en cada caso se utilizan los diámetros, alturas y formas de cubicación registrados en el inventario correspondiente.

En el caso de los árboles incorporados, ya estén clasificados como “*ingrowth*” o como “*ongrowth*”, no existen datos de ningún tipo para calcular el volumen al comienzo del periodo entre inventarios.

En ambos casos se ha optado por asignar al árbol incorporado un diámetro inicial correspondiente al inmediatamente inferior al mínimo inventariable para el círculo en el que se ha incorporado. Así pues, si un árbol tiene un diámetro en el IFN3 comprendido entre 125 y 224 milímetros, es un árbol incorporado a la parcela de radio 10 metros, y por lo tanto se le asignará un diámetro inicial de 124 mm.

La forma de cubicación que se ha asignado a estos árboles es la misma con la que aparecen registrados en el IFN3, y la altura se ha calculado a partir del diámetro y la forma de cubicación mediante las siguientes curvas altura-diámetro, obtenidas por regresión con los datos del IFN2:

- formas de cubicación 1 o 2:  $h = 0,9731 d^{0,4062}$
- forma de cubicación 3:  $h = 0,8445 d^{0,3919}$
- forma de cubicación 5:  $h = 0,4513 d^{0,4917}$

donde la altura (h) está expresada en metros y el diámetro (d) en milímetros.

Una vez calculados los volúmenes en el segundo y tercer inventario para cada árbol de forma independiente, se estima el incremento de volumen como diferencia de ambos valores. El resultado obtenido se refiere a  $m^3/ha$  aplicando los correspondientes coeficientes de expansión.

Para obtener el crecimiento en volumen por hectárea y año se suman los incrementos de volumen de todos los árboles de la parcela dividiendo el resultado por el número de años que han transcurrido entre los dos inventarios.

### **Cálculo de las intensidades bioclimáticas**

Para el cálculo de las intensidades bioclimáticas se han obtenido los valores medios mensuales de temperatura y precipitación en cada una de las estaciones meteorológicas a lo largo del periodo de trece años transcurrido entre ambos inventarios. La utilización de los datos correspondientes al año medio permite suavizar valores atípicos que, por su carácter puntual, no van a tener una gran influencia en el crecimiento.

Además de los datos de precipitaciones y temperaturas, el cálculo de las intensidades bioclimáticas requiere datos de evapotranspiración potencial mensual, así como la formulación de unas hipótesis de cálculo sobre la capacidad de retención de agua en el suelo y el porcentaje de escorrentía superficial.

A estos efectos, la evapotranspiración potencial (ETP) se ha calculado por el método de Thornthwaite, descrito en GANDULLO (1994), mientras que la capacidad de retención de agua en el suelo y el porcentaje de escorrentía, en ausencia de datos concretos procedentes de análisis de suelos, se han estimado en función de la textura del suelo y la pendiente del terreno, respectivamente, datos estos últimos que aparecen en la información recogida en las parcelas del IFN2.

En la Tabla 2 se asocia la información del IFN2 sobre clases de pendiente con el porcentaje de escorrentía superficial y en la Tabla 3 se hace lo propio entre la textura del suelo y su capacidad de retención de agua.

Como se ha mencionado anteriormente, los diagramas bioclimáticos de Montero de Burgos y González Rebollar tratan de caracterizar la influencia del clima sobre la actividad vegetativa. A tal efecto, definen varios tipos de intensidad bioclimática que se refieren a distintos aspectos de esa interacción clima-vegetación. Entre estas intensidades se encuentra la Intensidad Bioclimática Libre (IBL), que cuantifica la capacidad de un clima para producir biomasa vegetal, y que puede ser considerada una medida de la productividad potencial de la estación.

Se han calculado las intensidades bioclimáticas en las coordenadas de cada estación, aplicando todas las posibles combinaciones de capacidad de retención y escorrentía, que configuran 20 alternativas diferentes. A título de ejemplo, en la Figura 2 se recogen los diagramas bioclimáticos obtenidos en las estaciones de Yecla y Ricote para  $CR = 100$  mm y  $W = 5\%$ .

A continuación, para cada una de las veinte hipótesis de cálculo se ha elaborado un mapa de curvas Iso-IBL interpolando los resultados obtenidos en las 57 estaciones. En la Figura 3 se recoge el mapa de Iso-IBL obtenido para la hipótesis  $CR = 100$  mm y  $W = 5\%$ .

Puesto que el objetivo es el dato de IBL en las coordenadas de las parcelas del Inventario Forestal Nacional, a partir de los veinte mapas de Iso-IBL se han extraído los datos correspondientes a las características particulares de cada una de las parcelas del IFN.

## Estimación del modelo

El proceso descrito en los párrafos precedentes conduce a la obtención de una base de datos en la que para cada una de las 719 parcelas de inventario se dispone de información relativa a las variables de la masa inicial (número de pies/ha, área basimétrica, altura dominante, índice de Hart-Becking, ...), al incremento en volumen de la masa en el periodo considerado (IV) y al valor de la intensidad bioclimática libre (IBL).

La fase de estimación del modelo consiste en la búsqueda de relaciones entre el valor obtenido para el incremento de volumen (variable a explicar) y las demás variables consideradas, que son las variables explicativas. Se ha realizado un análisis de regresión múltiple paso a paso entre la variable IV y las demás, ensayando distintas transformaciones de las variables.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Mediante la aplicación de la metodología descrita, se han obtenido estimaciones de número de pies/ha, área basimétrica, existencias, altura dominante, crecimiento e intensidad bioclimática libre en cada una de las 719 parcelas de inventario. Asimismo, se han obtenido veinte mapas de Iso-IBL que muestran la distribución provincial de la productividad potencial de la estación.

Tras la investigación de las posibles relaciones entre el crecimiento y las restantes variables consideradas, el modelo seleccionado es el siguiente:

$$\log IV = -2,9899 + 0,6454 \log N - 8,2553 H_{\text{dom}}^{-1} + 0,1403 \text{ IBL}$$

(0,1649) (0,0224) (0,4649) (0,0195)

El coeficiente de determinación ( $R^2$ ) corregido es de 0,6454, todos los coeficientes son significativos al 99% y los errores estándar se muestran entre paréntesis. Tomando antilogaritmos, el modelo se puede expresar en la forma:

$$IV = 0,0502 \cdot N^{0,6454} \cdot e^{\left(0,1403 \cdot \text{IBL} - \frac{8,2553}{H_{\text{dom}}}\right)}$$

El modelo así estimado tiene el comportamiento esperado en las variables explicativas, pues el crecimiento (IV) aumenta con la densidad de la masa (N), con la IBL y con la altura dominante de la masa ( $H_{\text{dom}}$ ). Para cada una de las variables independientes, la figura 4 representa la relación entre el crecimiento para un determinado valor de la variable independiente y el crecimiento para un valor de referencia de la misma.

El crecimiento real de una masa forestal de una especie determinada no sólo depende de la potencialidad productiva de la estación, sino de la edad de la masa y del tipo de gestión al que ha estado sometida. Pues bien, las variables seleccionadas en el proceso de ajuste del modelo obedecen a estos dos grupos de factores, con la IBL desempeñando el papel de estimador de la calidad de la estación y el número de pies por hectárea y la altura dominante representando la respuesta a las intervenciones selvícolas realizadas en unas condiciones determinadas.

En este sentido, se ha comparado este modelo con el modelo resultante de representar la calidad de la estación por la productividad potencial calculada según la metodología propuesta por SÁNCHEZ PALOMARES y SÁNCHEZ SERRANO (2000), obteniéndose un mejor ajuste con el modelo en el que intervenía la IBL.

## CONCLUSIONES

Se ha estimado un modelo que relaciona el crecimiento de las masas puras de *Pinus halepensis* en la provincia de Murcia con variables de masa como el número de pies por hectárea o la altura dominante y con la intensidad bioclimática libre (IBL). Las variables explicativas del modelo

presentan la característica de ser variables de fácil determinación.

La IBL se puede utilizar para representar la calidad de la estación con ventaja frente a otros índices de productividad potencial ampliamente utilizados.

Por otra parte, la utilización de la IBL como variable definitoria de la calidad de la estación permite prescindir del dato de edad, que interviene en la determinación de los índices de calidad empleados habitualmente, y que no siempre está disponible.

## REFERENCIAS

- GANDULLO GUTIÉRREZ, J.M.; 1994. *Climatología y ciencia del suelo*. Fundación Conde del Valle de Salazar, E. T. S. de Ingenieros de Montes. Madrid. 404 pp.
- GARCÍA SALMERÓN, J.; 1980. Los diagramas bioclimáticos y su utilización forestal. *Forêt Méditerranéenne*. Tomo 1, nº 2: 105-133.
- INSTITUTO NACIONAL PARA LA CONSERVACIÓN DE LA NATURALEZA (ICONA); 1992. *Segundo Inventario Forestal Nacional 1986-1995*. Murcia. Instituto Nacional para la Conservación de la Naturaleza (ICONA). Madrid. 160 pp + 10 mapas.
- MONTERO DE BURGOS, J.L. y GONZÁLEZ REBOLLAR, J.L.; 1974. *Diagramas bioclimáticos*. Instituto Nacional para la Conservación de la Naturaleza (ICONA). Madrid. 380 pp.
- MONTERO, G.; GRAU, J.M.; RUIZ-PEINADO, R.; ORTEGA, C. y CAÑELLAS, I.; 2000. Tablas de producción para *Pinus halepensis* Mill. En: ABELLANAS B, MADRIGAL A y OROZCO E (Eds.); *Actas de la Reunión sobre Selvicultura del Pino Carrasco*. SECF. Albacete, 28-30/9/1999. Cuadernos de la Sociedad Española de Ciencias Forestales 10:183-188.
- RUIZ PEDREIRA, J.; 2000. Caracterización de la bibliografía sobre *Pinus halepensis* a partir de los registros contenidos en la base de datos BIBLIOFOR. En: ABELLANAS B, MADRIGAL A y OROZCO E (Eds.); *Actas de la Reunión sobre Selvicultura del Pino Carrasco*. SECF. Albacete, 28-30/9/1999. Cuadernos de la Sociedad Española de Ciencias Forestales 10:189-194.
- SÁNCHEZ PALOMARES, O. y SÁNCHEZ SERRANO, F.; 2000. *Mapa de la Productividad Potencial Forestal de España*. Cartografía Digital. Ministerio de Medio Ambiente. Madrid. 317 pp.

## TABLAS Y FIGURAS

Tabla 1. Variables de masa en las parcelas consideradas

	N (pies/ha)	G (m <sup>2</sup> /ha)	H <sub>dom</sub> (m)	IV (m <sup>3</sup> ·ha <sup>-1</sup> ·año <sup>-1</sup> )
Media	258,86	4,67	6,41	0,91
Desviación típica	283,34	4,75	1,99	0,97
Q5 (Cuantil 5%)	14,15	0,67	3,50	0,06
Q95 (Cuantil 95%)	797,77	14,09	10,00	2,91

Tabla 2. Valores del % de escorrentía

Clase de pendiente	Pendiente (%)	Escorrentía (%)
1	0 a 3	0
2	3 a 12	5
3	12 a 20	10
4	20 a 35	15
5	>35	20

Tabla 3. Valores de la capacidad de retención de agua

Clase suelo	Tipo de suelo	Capacidad de retención (mm)
1	Arenoso	75
2	Intermedio	100
3	Arcilloso	125
4	Roca	50

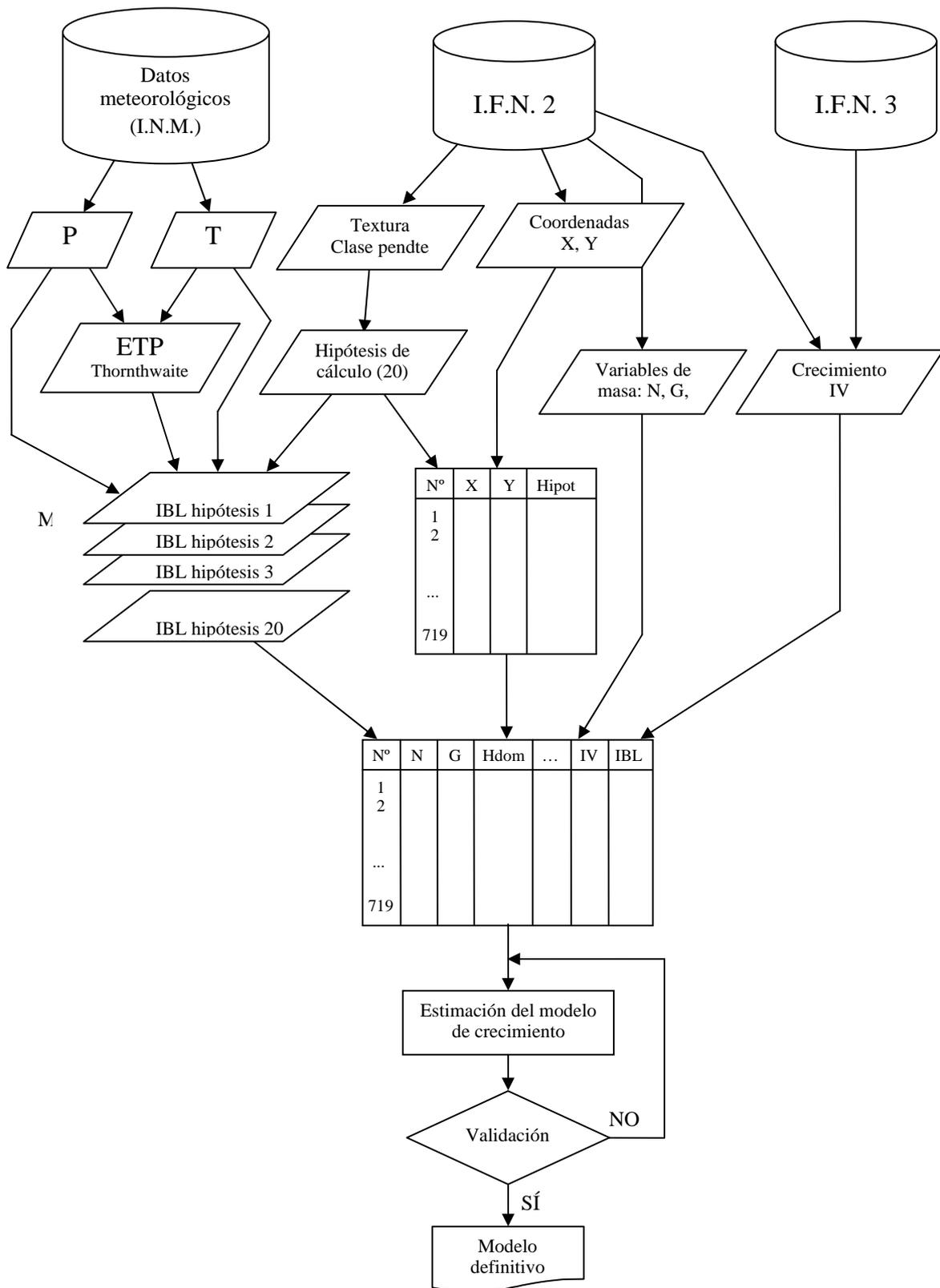


Figura 1. Diagrama de flujo de la metodología

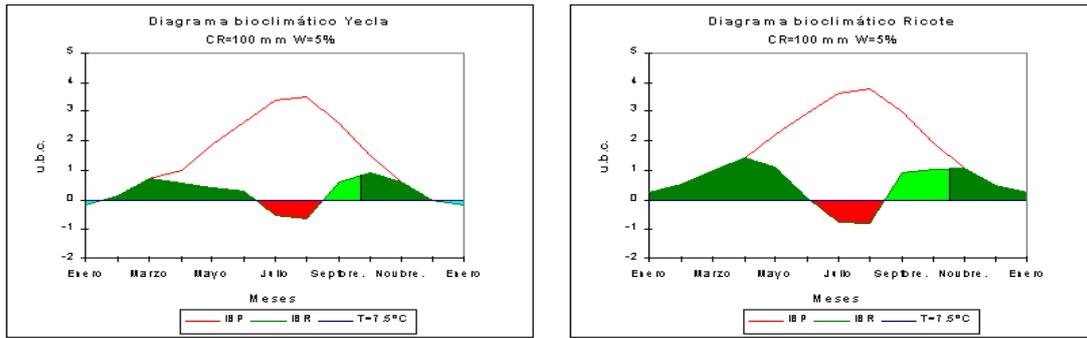


Figura 2. Diagramas bioclimáticos en las estaciones de Yecla (IBL=2,91) y Ricote (IBL=5,86)

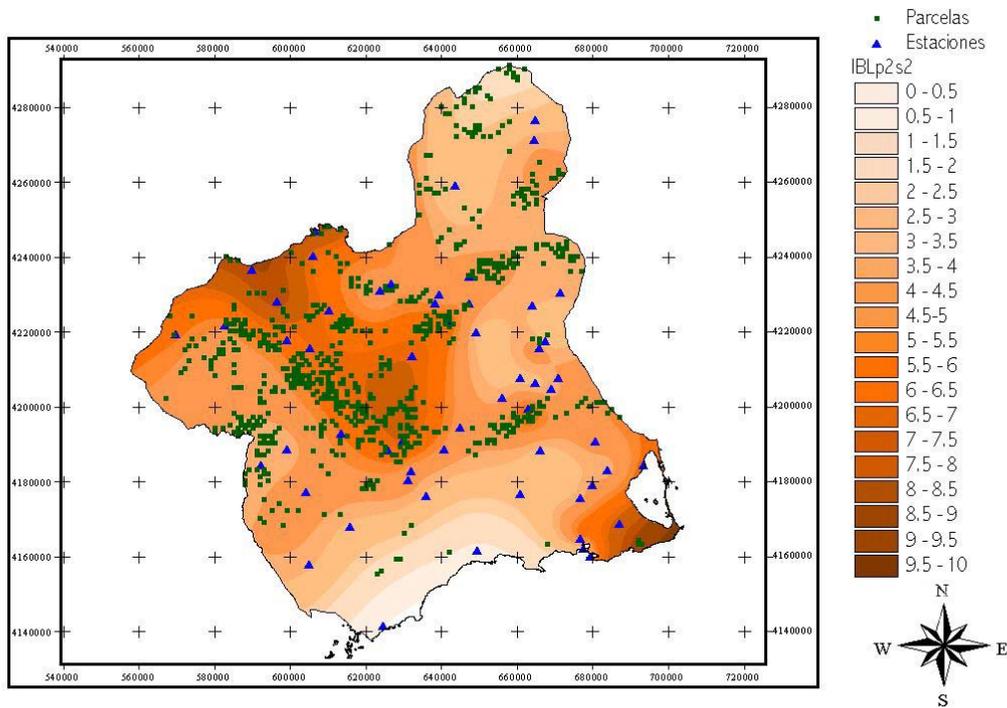


Figura 3. Mapa de Iso-IBL en las hipótesis  $CR = 100 \text{ mm}$  y  $W = 5\%$  (Suelo de textura intermedia con pendiente del 3 al 12%)

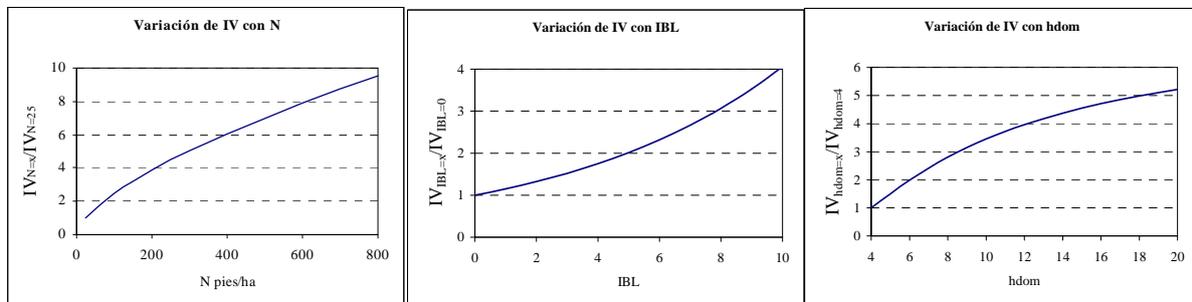


Figura 4. Variación del crecimiento en función de cada una de las variables explicativas.