



8º CONGRESO FORESTAL ESPAÑOL

La **Ciencia forestal** y su contribución a  
los **Objetivos de Desarrollo Sostenible**



8CFE

Edita: Sociedad Española de Ciencias Forestales

**Cataluña | Catalunya - 27 junio | juny - 1 julio | juliol 2022**

**ISBN 978-84-941695-6-4**

© Sociedad Española de Ciencias Forestales

---

Organiza



## Ensayos multiambiente de progenies de nogal productoras de madera

TEIXIDÓ COMPAÑÓ, A<sup>1</sup>, TRANQUE PASCUAL, F.J<sup>2</sup>, CIORDIA ARA, M<sup>3</sup>, ALETÀ SOLER, N<sup>1</sup>.

<sup>1</sup> Institut de Recerca i Tecnología Agroalimentàries (IRTA). Programa de Fruticultura. Torre Marimon. Caldes de Montbui.

<sup>2</sup> Dirección General de Patrimonio Natural y Política Forestal. Junta de Castilla y León.

<sup>3</sup> Servicio Regional de Investigación y Desarrollo Agroalimentario (SERIDA). Villaviciosa. Asturias

### Resumen

En las plantaciones europeas de nogal para madera se recurre a *Juglans nigra*, especie de EE. UU, y a los híbridos *J. regia* x *J. nigra* o *J. major*, seleccionados en Francia. La poca utilización de *J. regia* ha estado condicionada a la escasez de materiales en el mercado con buenas aptitudes forestales, por lo que la selección de *Juglans* para madera del IRTA incluyó desde el principio esta especie. En 2008 se estableció una red de ensayos de potenciales nuevos materiales de distintos *Juglans* incluyendo tres selecciones de *J. regia* y dos de *J. nigra* que se compararían con los híbridos franceses en seis localidades del norte peninsular para evaluar su capacidad productiva y adaptativa en fase juvenil. El seguimiento posterior en las distintas plantaciones ha sido dispar, pero se dispone de los datos hasta los 12-13 años en tres localidades: Calabazanos-Castilla y León, Cangas de Onís-Asturias y Caldes de Montbui-Cataluña. Los resultados muestran que en estaciones de alta calidad *J. regia* es comparable en crecimiento y conformación a los híbridos comerciales y que, para algunas zonas, *J. nigra* también es una alternativa. La respuesta productiva de algunos de estos materiales los convierte en candidatos al registro en el Catálogo Nacional de Materiales de Base.

### Palabras clave

*Juglans* sp. materiales de base, características adaptativas, características tecnológicas de la madera.

### 1. Introducción

Cuando nos referimos a la madera de nogal en realidad estamos hablando de un conjunto de especies del género *Juglans* cuya madera es considerada valiosa. Desde muy antiguo esta madera ha sido muy apreciada, su gran ductilidad ha permitido usarla en la fabricación de muebles de alta gama. En Europa la especie de referencia ha sido *J. regia* L, el único *Juglans* que crecía naturalmente en esta zona del mundo, mientras que en Norte América esta destacada calidad se ha asignado a *J. nigra* L. Todavía actualmente, toda la industria de la madera del nogal gira entorno a los estándares marcados en estas dos especies (ALETÀ y VILANOVA, 2014).

La demanda de madera de frondosas crece acentuadamente en las últimas décadas, tanto a nivel europeo como mundial. En el caso del nogal, hasta hace unos pocos años la industria europea se abastecía de los árboles silvestres de *J. regia* de países como Irán, Turquía, Bulgaria, Hungría o de repúblicas centroasiáticas como Kirguizistán (ROUSKAS et al., 1995; JAY-ALLEMAND et al., 1996; HEMERY, 1998). Recientemente, el gran valor otorgado a los recursos genéticos autóctonos ha cambiado las reglas del juego y se han promulgado leyes estrictas en muchos de estos países que impiden la tala indiscriminada de las especies autóctonas (BOURNE, 2011). Paralelamente, también se han creado disposiciones de protección a nivel internacional como las nuevas reglamentaciones del comercio que exigen un origen legal y sostenible de la madera para evitar la sobreexplotación de los recursos forestales del planeta o el protocolo de Nagoya (2014) que impulsan, recomiendan y protegen los productos forestales locales.

Actualmente, aunque la industria europea preferiría disponer de madera de nogal común, la demanda se está cubriendo con la producción de las plantaciones de *J. nigra* de EE. UU; la falta de garantías de un suministro y calidad sostenidos de *J. regia* lleva a los transformadores a asegurarse los estándares de las materias primas con estas importaciones. Hace unos 25 años, ya se trató de afrontar esta situación y gracias a las ayudas europeas para plantar especies forestales se instalaron en distintos países de la UE, especialmente en Francia, Italia y España, nuevas plantaciones dirigidas a la producción de madera de distintas frondosas, mayoritariamente el nogal (ALETÀ y NINOT, 2001; ALETÀ y VILANOVA, 2014). El objetivo de estas plantaciones era convertirse en suministro sostenido de este tipo de maderas (ALETÀ et al., 2021). Sin embargo, la incentivación pública llevó a utilizar el material disponible en los viveros en ese momento, a menudo no el más apropiado, y a aplicar criterios de intensificación productiva poco adecuados para un producto forestal como la madera. Posteriormente, se ha ido observando que en muchos casos estas producciones primarias pueden ser complementarias, o alternativas, a la agricultura y ganadería convencional. Presentan un interés estratégico para su uso bajo criterios de explotación agroforestal, al suponer un esfuerzo de gestión significativamente inferior y también pueden formar parte de proyectos de restauración y enriquecimiento de ecosistemas forestales (COELLO et al., 2009).

Para el desarrollo de plantaciones de *J. regia* el principal freno sigue siendo la falta de material comercial adecuado (VILANOVA y ALETÀ, 2014). Si bien se han hecho algunos esfuerzos en la selección de materiales de base de esta especie, la mayoría de los existentes en el Catálogo Nacional de Materiales de Base (CNMMB) español corresponden a 'Fuentes semilleras' con pocas garantías de adecuada conformación de los árboles, o a progenies de algunas variedades tradicionales que siguen utilizándose en Francia o Italia (FADY et al, 2003). Sólo existe un 'Huerto semillero' clonal y cinco 'Progenitores de familia' de *J. regia* registrados en catálogo español, de los cuales dos fueron seleccionados por el IRTA, pero se dispone todavía de poca semilla (ALETÀ y VILANOVA, 2012). Así que se sigue plantando, aunque a un ritmo muy pausado en los últimos cinco años, la progenie híbrida francesa Ng209×Ra (comercialmente conocida como Mj209×Ra) de la que se dispone de material cualificado en España y algunos clones de esta misma progenie, obtenciones de una empresa privada, registrados en este caso como protegidos.

En el marco de un proyecto INIA coordinado entre diferentes CC AA, en 2006-2009 se puso en marcha una red de ensayos multi-ambiente en el norte peninsular (en seis localidades) para evaluar el material de nogal para madera existente en el mercado español, o en fase de selección. Así se instalaron briznales de cinco 'Progenitores de familia' (PF), tres de *J. regia* y dos de *J. nigra*, todos preseleccionados por el IRTA, para compararlos con las dos progenies híbridas francesas comerciales, Ng23×Ra y Ng209×Ra, como testigos. Gracias a los resultados obtenidos hasta 2012, se registraron dos PF de *J. regia* en el CNMMB para producción de MFR cualificado (IRTA-MB1 e IRTA-MB2).

En este trabajo se presentan distintos resultados hasta 2020 de tres de las parcelas de esta red de ensayos en las que se fueron tomando los datos más allá de la fase juvenil, hasta los 12-13 años: Calabazanos de Castilla y León, Cangas de Onís de Asturias y Torre Marimon-Caldes de Montbui en Cataluña.

## 2. Objetivos

Evaluar la interacción Genotipo × Ambiente para conocer el comportamiento adaptativo y productivo de los diferentes materiales y establecer criterios de uso de los distintos PFs.

Estimar la producción de madera, cuantitativa y cualitativamente, de las progenies en estudio a un tercio del turno previsible de tala.

### 3. Metodología

#### Características y gestión de las parcelas

Las tres parcelas consideradas en este estudio de comportamiento multi-ambiente (EMA) se hallan ubicadas en Calabazanos (Castilla y León), Cangas de Onís (Asturias) y Torre Marimon- Caldes de Montbui (Cataluña). La de Calabazanos se instaló en abril 2009, mientras que la de Cangas de Onís y la de Torre Marimon un año antes, en 2008.

Las características generales de las distintas ubicaciones se resumen en la Tabla 1. En cuanto a condiciones de clima, partimos que en Torre Marimon el clima es mediterráneo, en Calabazanos estamos en unas condiciones de mayor continentalidad y en Cangas de Onís en un clima temperado de tipo atlántico. El suelo de Cangas de Onís tiene un pH ácido, mientras que en las otras dos parcelas es básico. La gestión de las parcelas fue parecida en cuanto a la preparación inicial del suelo e intervenciones de poda, se condujeron en formación dinámica (ALETÀ y VILANOVA, 2012) siendo la principal diferencia el soporte hídrico recibido en Calabazanos y Torre Marimon (1500m<sup>3</sup>-2000m<sup>3</sup>/ha/año de media) frente al no riego en Cangas de Onís al considerarse que un aporte de más 800 mm es suficiente para el crecimiento de los *Juglans* (MASSON, 2005).

#### Material vegetal

Los materiales en evaluación en estos ensayos son PFs de distintos *Juglans* seleccionados por el IRTA. Los dos *J. regia* ya registrados en el CNMMBB para la producción de MFR cualificado: IRTA-MB1 y IRTA-MB2; y otros todavía en vías de selección el MBT-218 de *J. regia*, el MBNg-3 y el MBNg-10 de *J. nigra*. Como testigos están las progenies híbridas comerciales: Ng209×Ra y Ng23×Ra. En Calabazanos no están representados los MFR IRTA-MB1 y Ng209×Ra. Todos los plantones utilizados en la red de ensayos fueron producidos por Forestal Catalana, SA., a partir de las semillas de los PF correspondientes instalados en la finca de Mas Bové - Constantí (Tarragona). Todos ellos eran briznales de una savia, entregados a raíz desnuda con altura y grosor comercial según especie: unos 50 cm para los híbridos; unos 40 cm para los *J. nigra* y unos 30 cm para los de *J. regia*.

#### Diseño de los ensayos y gestión aplicada

El marco de plantación utilizado fue de 5×5 m, ocupando cada ensayo una superficie total de unos 4,700 m<sup>2</sup>. Los diseños se correspondieron con unos bloques completos al azar con tres repeticiones y nueve árboles por unidad experimental, lo que supone un total de 27 árboles de la misma familia en cada plantación.

Se convino que todas las parcelas se gestionarían siguiendo directrices muy similares y con un criterio de intervención mínima, en relación de la poda, la fertilización y el aporte hídrico, para no desvirtuar la expresión de los caracteres que se iban a observar. El tipo de poda aplicado ha sido el de intervención dinámica, elevando poco a poco el fuste y manteniendo como criterio básico la dominancia del eje; las intervenciones se han procurado realizarlas en verano, durante los 3-4 primeros años, en el momento de parada vegetativa estival. En las parcelas de Calabazanos y T. Marimon los árboles disponen de riego de soporte para el período estival. El criterio para aportar agua ha sido el de evitar las condiciones de déficit en el período de crecimiento de abril a julio. Las condiciones en las que se plantó en Cangas de Onís no presuponen déficit hídrico estival.

Tabla 1. Localización y características generales de las distintas parcelas que integran el ensayo multi-ambiente.

| Datos                    | Calabazanos | Cangas de Onís | Torre Marimon |
|--------------------------|-------------|----------------|---------------|
| Provincia                | Palencia    | Asturias       | Barcelona     |
| Longitud                 | 4°29'44"O   | 5°01'32"O      | 2°09'59"E     |
| Latitud (N)              | 41°56'32"   | 43°19'4"       | 41°36'56"     |
| Altitud (m)              | 720         | 468            | 203           |
| RIU1                     | 17          | 4              | 9             |
| Precipitación anual (mm) | 434         | 825            | 630           |

|  |  |  |  |
|--|--|--|--|
| Precipitación estival (mm)             | 153  | 277  | 277  |
| Temperatura media anual (°C)           | 12,3   | 12.0   | 15.5   |
| Continentalidad (°C) <sup>2</sup>      | 17.6   | 12   | 15   |
| Índice (°C/mm*1000) <sup>3</sup>       | 138  | 66   | 85   |
| Días libres de heladas                 | 310  | 338  | 359  |
| pH <sup>4</sup>                        | 8.6  | 5.5  | 8  |
| Caliza activa (%) <sup>4</sup>         | 6  | 6  | <3   |
| MO oxidable (%) <sup>4</sup>           | 1.1  | 2.75   | 1.62   |
| Profundidad suelo sol (m) <sup>4</sup> | <1m  | <1m  | <1m  |
| Clase textural <sup>4</sup>            | Franco-arcillosa   | Franco-limosa  | Franco-arcillosa   |
| Años de toma de datos                  | 2009; 2010; 2012; 2013; 2015; 2016; 2017; 2019; 2020; 2021 | 2008; 2010; 2011; 2012; 2013; 2014; 2015; 2016; 2017; 2018; 2019; 2020; 2021 | 2008; 2009; 2010; 2011; 2012; 2013; 2014; 2015; 2016; 2017; 2018; 2019; 2020; 2021 |

<sup>1)</sup> Región de identificación y utilización del MFR donde se ubica cada ensayo. <sup>2)</sup> Diferencia entre la temperatura media del mes más cálido y la media del mes más frío (°C); <sup>3)</sup> Ratio temperatura media del mes más cálido vs precipitación estival\*1000; <sup>4)</sup> Según análisis del suelo antes de plantar.

### Caracteres evaluados

Para el estudio se escogieron un conjunto de caracteres que permitieran mostrar la aptitud productiva cuantitativa y cualitativa de la madera y sus capacidades adaptativas al medio. Así, se evaluaron crecimientos primarios y secundarios y la conformación de los fustes valorando rectitud y dominancia, anualmente en parada vegetativa. La fenología de la brotación y la senescencia se tomó en la época correspondiente semanalmente.

Las variables estudiadas han sido: 1) altura total anual (H) desde la plantación; 2) altura del fuste limpio (Hf) a partir de los nueve años; 3) diámetro a 1,30 m (Dbh) a partir de los seis años; 4) dominancia apical (Dom), según escala ordinal: 7, guía dominante; 4, guía recuperable con intervención de poda y 1, guía irrecuperable; 5) rectitud del tronco (Rec) hasta los 2 m a partir de los cuatro años, según la escala ordinal: 7, árbol recto; 4, rectitud recuperable con el crecimiento (>5 cm de desviación respecto a la vertical) y 1 árbol irrecuperable; 6) la evolución fenológica de la brotación se tomó siguiendo la metodología de descrita por GERMAIN et al. (1999), escogiendo el estadio Cf (visualización de los primordios foliares) como el carácter a considerar (fecha en días julianos); 7) para evaluar la entrada en dormancia se escogió la fecha en la que el árbol había perdido el 50% de su follaje según metodología propuesta por DÍAZ y FERNÁNDEZ-LÓPEZ (2005).

Para caracterizar la madera producida hasta los 12-13 años se midieron los diámetros a 2,50 m (D2.5). Así se obtuvo: 8) la cilindricidad del tronco ( $Tc = Dbh/D2.5$ ); y 9) se evaluó el número de nudos abiertos hasta 2,5 m; y 10) se estimó el estado productivo de la plantación en su conjunto aunando parámetros de producción y calidad para definir el porcentaje de fustes capaces de generar al final del turno madera de 1<sup>a</sup> calidad. Se seleccionaron los árboles con Dbh superior al de la media de la parcela, sobre estos, todos los que tenían una buena rectitud (valor 4 y 7) y, finalmente de ellos los que no mostraban defectos superficiales, tenían los nudos bien cerrados.

### Análisis de los datos

A partir de los datos disponibles anualmente de cada parcela se han ajustado modelos mixtos lineales generalizados con los datos del árbol individual. Para las variables consideradas de distribución normal se estimaron las medias familiares (LSMeans del Proc MIXED de SAS) y se contrastó la significación de las diferentes familias utilizando el método de diferencias mínimas cuadradas (LSD). Para las variables ordinales se ha recurrido a estimar el genotipo como aleatorio y así establecer los mejores predictores lineales (BLUPs) de los efectos genotípicos.

La relevancia relativa de las interacciones Genotipo×Ambiente ( $G \times A$ ) se estimó a partir de la ratio  $\sigma^2_{G \times A} / \sigma^2_G$ , donde  $\sigma^2_G$  y  $\sigma^2_{G \times A}$  son los componentes de la varianza del genotipo y de la interacción  $G \times A$ , respectivamente. Para estimar los componentes de la varianza se tomaron todos los efectos como aleatorios.

#### 4. Resultados

##### Interacción $G \times A$

El comportamiento de los distintos materiales en las tres estaciones evaluadas varió con el material y la interacción  $G \times A$  resultó significativa para todos los caracteres analizados,  $H_3$  (3 años y 10 años),  $Dbh$  (6 años y 10 años) o brotación y entrada en senescencia ( $P < 0,001$ ). En las Figuras 1 y 2 se representan los resultados correspondientes a la  $H_{10}$  y la brotación. En Cangas de Onís, todas las progenies presentaron un menor crecimiento primario ( $H_{10}$ ) y los mejores comportamientos se han visto en las que tienen genética de *J. nigra* como Ng23xRa o MBNg-10. En contrapartida, en Calabazanos casi todos los materiales tuvieron mayores alturas. Torre Marimon destacó por dar un crecimiento muy uniforme entre progenies y sólo un material, el MBNg-3, tuvo un crecimiento en altura marcadamente menor al resto de los ensayados. Considerando un carácter fenológico como la brotación se observó que los materiales más tardíos, MBNg-10 o Ng23xRa, no fueron los que menos crecieron en altura. Fue en Cangas de Onís donde la brotación estuvo más perturbada por la estación.

En la Tabla 1 se señalan los resultados de la importancia relativa de los distintos factores  $G$ ,  $G \times A$  y  $A$  sobre la respuesta de algunos de los parámetros considerados  $H_3$ ,  $H_{10}$ ,  $Dbh_{10}$ ,  $C_f$  y Durm a partir de los valores de las varianzas ( $\sigma^2$ ). Se observó que el efecto de la estación ( $A$ ) sobre los parámetros de crecimiento es muy elevado, pero esta tendencia disminuye con los años mientras que el del genotipo va aumentando. En  $H_{10}$  el genotipo mostró su importancia vs la componente  $G \times A$  representado el 141% de esta ratio. En el caso del  $Dbh_{10}$ , la  $\sigma^2_G$  vs  $\sigma^2_{G \times A}$  representó un 28%; un claro incremento respecto a  $H_3$  y  $Dbh_6$ , respectivamente. Cuando se evaluaron los caracteres fenológicos la respuesta fue completamente opuesta, como era de esperar, siendo el efecto de  $A$  vs el total de la variación cercano a 0. El peso del  $G$  en relación del  $G \times A$  es del 22% para la brotación y alcanzó el 140% en el caso de la entrada en senescencia.

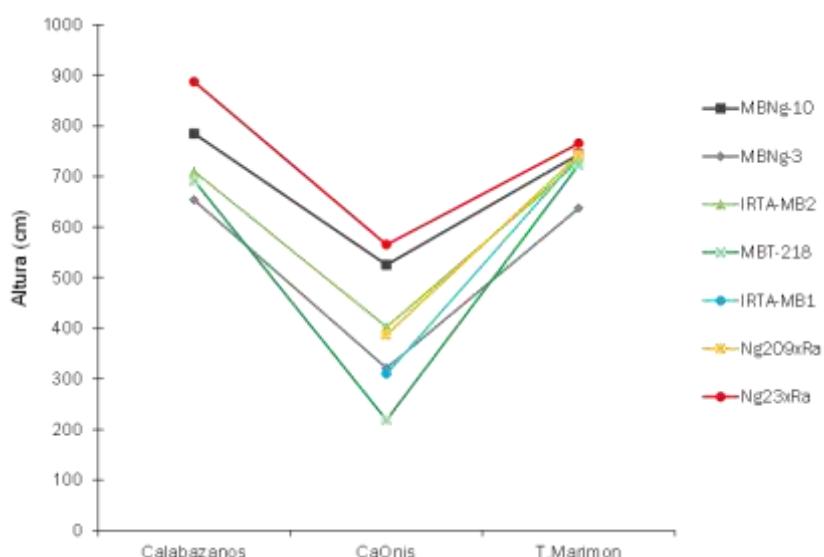


Figura 1. Altura total a los 10 años.

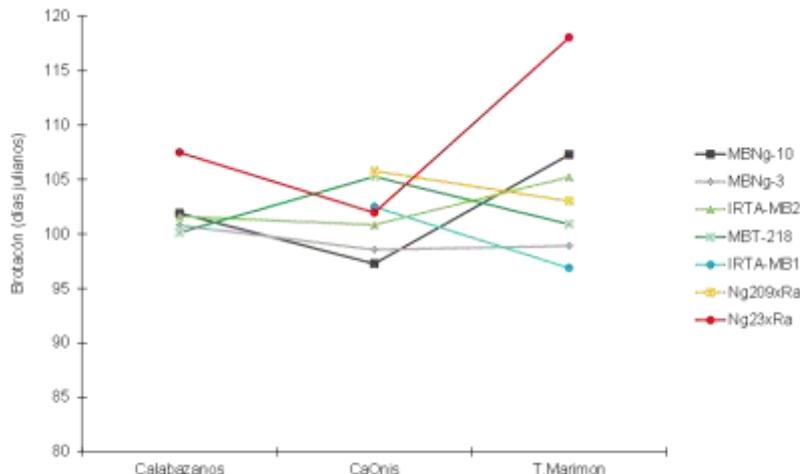


Figura 2. Brotación en días julianos

#### Las distintas estaciones: Calabazanos, Cangas de Onís y Torre Marimon

La comparación entre genotipos se realizó a nivel de estación dado que la interacción G×A fue significativa para todos los caracteres considerados ( $P<0,001$ ). Ver Tabla 2. En Calabazanos en fase juvenil no destacó ninguna de las progenies estudiadas en crecimiento, pero al año 10 sobresalió significativamente Ng23×Ra por su vigor y en el otro extremo, el poco crecimiento primario y secundario de MBNg-3. En Cangas de Onís desde la primera toma de datos, en el año 3, se marcaron las diferencias y también en esta estación Ng23×Ra destacó significativamente frente a la pobre respuesta vegetativa de MBNg-3. El comportamiento de los genotipos evaluados fue completamente diferente en Torre Marimon. Desde los tres años, los crecimientos de los *J.×intermedia* vs los materiales de *J. regia* estuvieron siempre a la par. A los 10 años las progenies de *J. regia* evaluadas en esta estación no diferían en H ni Dbh de los híbridos de *Juglans*. En estas condiciones más mediterráneas, el híbrido mejor valorado en crecimiento fue el Ng209×Ra no el Ng23×Ra como en Cangas de Onís.

Tabla 1. Importancia relativa (ratio en %) de la varianza ( $\sigma^2$ ) entre los distintos factores.

| Carácter   | $\sigma^2 G / \sigma^2 Total$ | $\sigma^2 G \times A / \sigma^2 Total$ | $\sigma^2 A / \sigma^2 Total$ | $\sigma^2 G / \sigma^2 G \times A$ |
|------------|-------------------------------|--|-------------------------------|------------------------------------|
| $H_3$      | 0,8                           | 7,3                                    | 72                            | 11,8                               |
| $H_{10}$   | 7,3                           | 5,2                                    | 66,1                          | 141,0                              |
| $Dbh_6$    | 0                             | 3,4                                    | 83,6                          | 0                                  |
| $Dbh_{10}$ | 1,4                           | 5,0                                    | 80,4                          | 28,0                               |
| $C_f$      | 8,0                           | 37,0                                   | 0                             | 22                                 |
| Durm       | 10,1                          | 7,2                                    | 0                             | 140,4                              |

$\sigma^2 G$ : varianza atribuible al Genotipo;  $\sigma^2 G \times A$ : varianza atribuible a la interacción;  $\sigma^2 A$ : varianza atribuible a la estación.

$H_3$ : Altura a los 3 años;  $H_{10}$ : Altura a los 10 años;  $Dbh_{10}$ : Diámetro normal a los 10 años;  $C_f$ : Brotación media; Durm: Entrada en dormición.

Si consideramos la fenología vemos que en Calabazanos sólo 7 días transcurrieron desde el más temprano en brotación, MBT-218, al más tardío, Ng23xRa; en Cangas de Onís el período se alargó a 8 días, entre MBNg-10/MBNg-3, los más tempranos, y los dos más tardíos MBT-218 y Ng209xRa; en cambio en Torre Marimon la diferencia se extendió a 18 días entre IRTAMB-1/MBNg-3, y Ng23xRa la progenie más tardía. Cabe destacar que los caracteres fenológicos tuvieron valores muy estables en cada una de las estaciones consideradas, con un error estándar muy reducido (Tabla 2).

Tabla 2. Valores medios ( $\pm$ se) de la altura del árbol (H) a los tres y diez años, del diámetro normal (Dbh) a los seis y diez años, del desborre (C<sub>f</sub>) y de la entrada en dormancia (Durm) de las progenies de *Juglans* sp. evaluadas en Calabazanos, Cangas de Onís y T. Marimon.

| Estación      | Progenie    | Especie     | Nº<br>árboles | H3±se<br>(cm) | H10±se<br>(cm) | Dbh6±se<br>(mm) | Dbh10<br>(mm) | Cf<br>días | Durm<br>días |
|---------------|-------------|-------------|---------------|---------------|----------------|-----------------|---------------|------------|--------------|
| Calabazanos   | IRTA-MB2    | J. regia    | 26            | 235±15        | 710±23 bc      | 67±4            | 121± 5 bc     | 102±1 b    | ND           |
|               | MBT-218     | J. regia    | 27            | 249±15        | 691±22 bc      | 66±3            | 137±5 b       | 100±1 b    | ND           |
|               | Ng23×Ra     | ×intermedia | 27            | 262±15        | 887±23 a       | 68±3            | 171±5 a       | 107±1 a    | ND           |
|               | MBNg-10     | J. nigra    | 15            | 268±21        | 785±32 ab      | 70±5            | 137±7 bc      | 103±1 ab   | ND           |
|               | MBNg-3      | J. nigra    | 23            | 250±17        | 653± 25c       | 70±4            | 112±6 c       | 101±1 b    | ND           |
| Cagás de Onís | IRTA-MB2    | J. regia    | 21            | 95±8 cd       | 402±29 b       | 20±2 bc         | 39±4 bc       | 101±1abc   | 327±4 a      |
|               | MBT-218     | J. regia    | 10            | 52±12 d       | 223±43 c       | 13±5 bc         | 20±6 c        | 105±2 a    | 317±6ab      |
|               | IRTA-MB1    | J. regia    | 22            | 82±8 d        | 313±29 bc      | 17±2 bc         | 30±4 c        | 102±1 ab   | 319±4ab      |
|               | Ng209×Ra    | ×intermedia | 17            | 133±9 b       | 390±33 b       | 19±2 bc         | 33±4 c        | 105±1 a    | 304±4 b      |
|               | Ng23×Ra     | ×intermedia | 25            | 190±7 a       | 565±27 a       | 33±1 a          | 60±3 a        | 101±1 ab   | 310±4 b      |
| Torre Marimon | MBNg-10     | J. nigra    | 25            | 128±7 bc      | 525±27 a       | 23±2 b          | 50±3 ab       | 97±1 c     | 309±4 b      |
|               | MBNg-3      | J. nigra    | 22            | 91±8 cd       | 322±29 bc      | 14±2 bc         | 29±4 c        | 98±1 bc    | 319±4ab      |
|               | IRTA-MB2    | J. regia    | 25            | 314±7 a       | 730±16 a       | 89±2 a          | 118±4 ab      | 105±1 bc   | 322±2 a      |
|               | MBT-218     | J. regia    | 20            | 316±8 a       | 719±18 a       | 91± 2 a         | 123±4 a       | 101±1cde   | 323±2 a      |
|               | IRTA-MB1    | J. regia    | 25            | 323±7 a       | 738±16 a       | 92±2 a          | 124±4 a       | 97±1 e     | 320±2ab      |
| Ng209×Ra      | ×intermedia | 23          | 346±8 a       | 741±16 a      | 92±2 a         | 122±4 a         | 103±1bcd      | 318±2ab    |              |
|               | Ng23×Ra     | ×intermedia | 27            | 314±7 a       | 766±15 a       | 84±2 a          | 112±3abc      | 118±1 a    | 315±2ab      |
|               | MBNg-10     | J. nigra    | 26            | 266±8 b       | 743±15 a       | 74±2 bc         | 104±3 bc      | 107±1 b    | 306±2 c      |
|               | MBNg-3      | J. nigra    | 27            | 249±7 b       | 637±15 b       | 71±2 c          | 100±3 c       | 98±1 de    | 314±2bc      |

Análisis para cada estación. Diferentes letras corresponden a diferencias significativas ( $p<0,05$ ). Test de comparación múltiple de Tukey HSD. ND: sin dato

#### Calidad del fuste

La calidad del fuste en Calabazanos, valorada por la combinación del crecimiento secundario y la rectitud con datos de 12 años, queda resumida en la Figura 5. De los cinco materiales evaluados en estas condiciones, tres tuvieron un pobre crecimiento secundario, de manera que menos del 50% de los árboles superaron el diámetro medio de la parcela; los dos restantes, uno de ellos la progenie de *J. regia*, tuvo además el 48% de individuos rectos, y la otra, correspondiente a la progenie híbrida Ng23×Ra, el 77% de árboles quedaron clasificados como rectos.

En Cangas de Onís, con datos de 13 años, la calidad del fuste se pudo valorar por el crecimiento secundario y la rectitud, pero también se tomaron datos sobre la situación de los nudos hasta los 2,5 m(ver resumen en la Figura 6). En estas condiciones de estación, el principal problema fue la falta de crecimiento generalizada, con un Dbh<sub>13</sub> medio de la parcela de 69mm. Esta falta de crecimiento fue particularmente observada en *J. regia*. Descartando el caso extremo de la progenie MBT-218, de la que además sólo se disponía de datos de 10 árboles, con un 100% de los árboles clasificados como de poco crecimiento, se observó también esta falta de crecimiento en los otros dos *J. regia* y la progenie *J.×intermedia* Mj209×Ra. Ninguna de ellas superó el 50% de árboles con un crecimiento superior al medio del ensayo en esa ubicación. En estas condiciones, sí destacó la progenie híbrida Ng23×Ra en la que el 60% de los árboles mostraron un buen crecimiento, eran rectos y tenían los nudos bien cerrados. También la progenie de *J. nigra* MBNg-10 tuvo el 44% de fustes con madera clasificada, con estos parámetros, como de 1<sup>a</sup> calidad.

En Torre Marimon, sobre datos de 11 años, la calidad del fuste se valoró bajo los mismos parámetros/criterios que en Cangas de Onís (ver la Figura 7). En este caso, la progenie *J. nigra* MBNg-3 mostró el peor comportamiento. En las condiciones de esta estación, el mayor porcentaje de madera de 1<sup>a</sup> calidad se correspondió con un *J. regia*, la progenie IRTA-MB1, en el 56% de los pies.

Los fustes de todos los materiales tuvieron unos valores de cilindricidad muy elevados,  $Tc > 0,9$ , en todas las estaciones, siendo una respuesta vegetativa común a todos los *Juglans* estudiados y no ligada al crecimiento (datos no mostrados).

## 5. Discusión

La relevancia de la calidad de estación es evidente, pero podría atribuirse también una parte importante de la respuesta vegetativa a las condiciones de gestión, especialmente la aportación hídrica, como riego de soporte en verano. El crecimiento alcanzado en Cangas de Onís no es comparable ni en altura ni en diámetro a los de Calabazanos y Torre Marimon. La buena correlación edad-edad descrita por distintos autores en estas especies para los caracteres de crecimiento (RINK y KUNG, 1995; ALETÀ et al., 2009) y las curvas de crecimientos de plantaciones españolas (ALETÀ et al. 2021) permiten estimar que nos hallamos entre la mitad y el tercio del turno de corta en el caso de Calabazanos y Torre Marimon, mientras que en Cangas de Onís no llegamos ni al tercio.

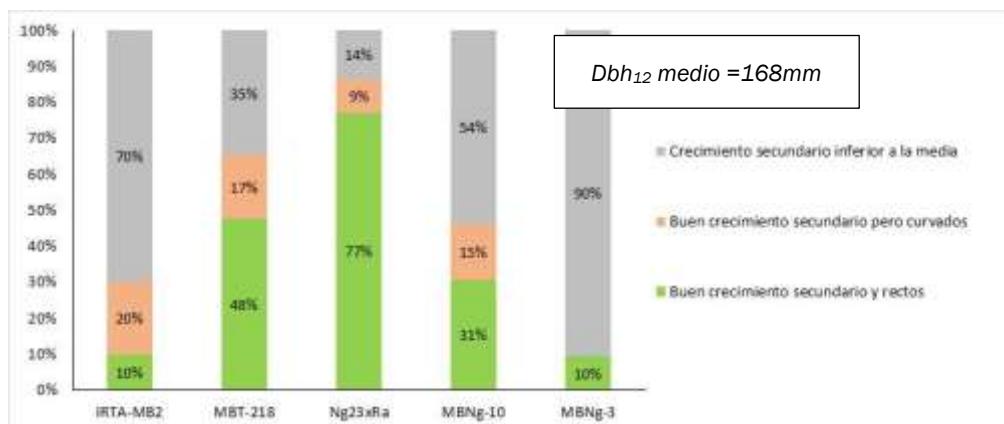


Figura 5. Calidad del fuste en Calabazanos. Clasificación según (%) de fuste, hasta los 2m de altura, con buen crecimiento en diámetro y rectitud para cada progenie. Evaluación a los 12 años.

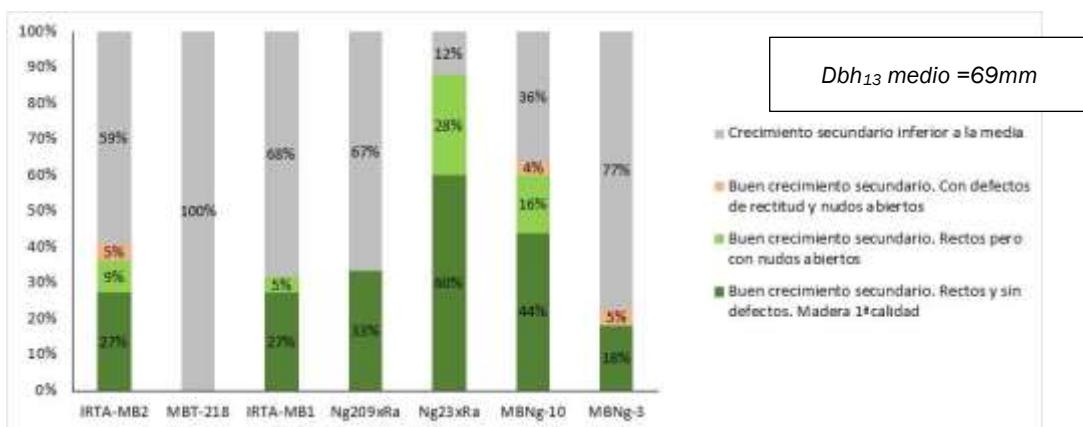


Figura 6. Calidad del fuste en Cangas de Onís. Clasificación según (%) de fuste, hasta los 2,5m de altura, con buen crecimiento en diámetro, rectitud y buen cierre de los nudos para cada progenie. Evaluación a los 13 años.

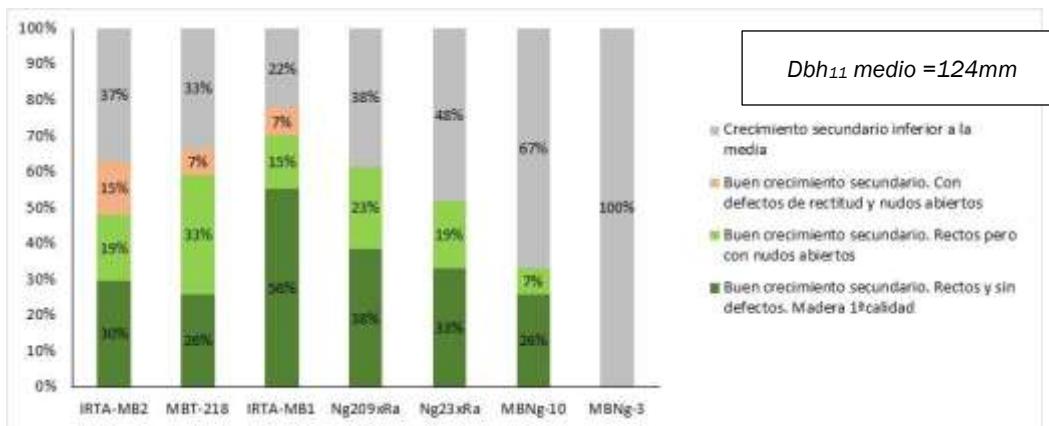


Figura 7. Calidad del fuste en Torre Marimon. Clasificación según (%) de fuste, hasta los 2,5m de altura, con buen crecimiento en diámetro, rectitud y buen cierre de los nudos para cada progenie. Evaluación a los 11 años.

La mala adaptación de *J. regia* a las condiciones de Cangas de Onís podría atribuirse a la acidez del suelo de esta estación, a la que en cambio se adaptan mejor los materiales con genética de *J. nigra* como MBNg-10 o la progenie híbrida Ng23×Ra (MASSON, 2005). Los materiales híbridos suelen adaptarse con mayor facilidad, por su condición, a distintos ambientes y, tanto en Cangas de Onís como en Calabazanos, la progenie Ng23×Ra destacó claramente y en Torre Marimon estuvo también entre las mejores. Sin embargo, no ocurrió lo mismo con Ng209×Ra, ya que en Cangas de Onís tuvo un pobre crecimiento mientras que en Torre Marimon fue incluso mejor que el de Ng23×Ra, y en esta estación equiparable a los crecimientos medios de las plantaciones españolas de Ng209×Ra, el material mayoritariamente plantado en España (VILANOVA et al., 2011; ALETÀ et al. 2021).

El efecto G×A fue significativo en los caracteres fenológicos estudiados, pero con los datos de esta red de ensayos sólo en Torre Marimon el periodo brotación-dormancia merecería tenerse en consideración a la hora de elegir un material que se adaptará mejor al período libre de heladas, pensando en aprovechar al máximo su potencial crecimiento. Quizás por esta razón, el IRTAMB-1 con el periodo vegetativo más largo, 223 días, destacó en esta estación sin problemas de heladas (hasta ahora).

La valoración de la calidad del fuste realizada en pie ha permitido observar que algunos materiales de *J. regia* seleccionados para producción de madera, como el progenitor de familia registrado como IRTAMB-1, pueden competir con las progenies híbridas, habitualmente utilizadas en las plantaciones para producción de madera de nogal en Europa, no sólo en crecimiento sino también en conformación, siempre que se escoja bien la estación.

## 6. Conclusiones

Conocer la adaptación de los materiales a cada estación es fundamental para tener éxito en una plantación productora de madera, pero a menudo se olvida que, además de la importancia del crecimiento, la calidad del fuste en los primeros años será lo que realmente marcará el éxito de una plantación en la que la rentabilidad depende esencialmente de la calidad del producto.

Los criterios de uso de estos MFR no están definidos, ni siquiera de los registrados, a menudo por la dificultad de establecer, y sobre todo de mantener en el tiempo, redes de ensayo que permitan extraer estos resultados. Del presente trabajo se desprenden algunas claras orientaciones: a) el comportamiento generalista del híbrido Ng23×Ra; b) el interés que pueden tener algunos materiales

de *J. regia* para la producción de madera; c) la mala adaptación a los suelos ácidos de los *J. regia* evaluados frente al buen comportamiento de algunos *J. nigra* como el MBNg-10.

## 7. Agradecimientos

La red de plantaciones de *Juglans* sp. en el norte peninsular se instaló en el marco de un proyecto INIA coordinado entre distintas CCAA: "Avances en la selección y mejora del nogal, cerezo, peral y pistachero para uso agroforestal. Obtención de modelos de manejo de las plantaciones para la producción de madera de calidad" que se desarrolló entre 2006-2009. Posteriormente, la financiación de dos proyectos más coordinados también entre CC. AA, RTA2011-00046-00-00 y RTA2014-00008-00-00, facilitó la gestión de estas parcelas. Un explícito agradecimiento al personal de la Junta de Castilla y León, y al del SERIDA de Asturias por el seguimiento que han venido realizando en estas parcelas durante los años posteriores, y a todo el personal de soporte del IRTA y estudiantes en prácticas, sin su apoyo no hubiéramos llegado hasta aquí.

## 8. Bibliografía

ALETA, N.; NINOT, A.; 2001. Aprofitament forestal dels *Juglans*. *Catalunya Rural Agrària* 75 29-30.

ALETÀ, N. ; VILANOVA, A. ; 2012. *Juglans* spp. En: PEMÁN, J.; NAVARRO-CERRILLO, RM.; NICOLÁS, JL.; PRADA, A.; SERRADA, R. (eds.): Producción y manejo de semillas y plantas forestales Tomo I 606-631. Organismo Autónomo de Parques Naturales-MAPA. Madrid.

ALETÀ, N.; VILANOVA, A.; 2014. Les plantacions espanyoles d'alt valor. *Catalunya Forestal* 119 21-24.

ALETÀ, N.; VILANOVA, A.; DÍAZ, R.; VOLTAS, J.; 2009. Comportamiento de 24 progenies de nogal común (*Juglans regia* L.) para su uso en la producción de madera. Resultados hasta el sexto año de crecimiento. 5º Congreso Forestal Español de la SECH. Ávila.

ALETÀ, N.; ABEL, J.; TEIXIDÓ, A.; URBÁN, I.; FERNÁNDEZ-MAOYA, J.; VILANOVA, A.; 2021. Plantaciones de Nogal para madera. En: Bases técnicas y ecológicas de los proyectos de repoblación forestal. Eds. Pemán J, Navarro-Cerrillo RM, Prada MA, Serrada R (eds). MITECO. Vol. II: 399-416.

BOURNE, W; 2011. Forest and rural livelihoods in the Kyrgyz Republic–Development potential. PROFOR document (Ed). World Bank. 88.

COELLO, J.; PIQUE, M.; VERICAT, P.; 2009. Producció de fusta de qualitat: plantacions de noguera i cirerer. Departament de Medi Ambient i Habitatge. Centre de la Propietat Forestal. 175.

DÍAZ, R.; FERNÁNDEZ-LÓPEZ, J.; 2005. Genetic variation at early ages for several traits of interest for timber production breeding of *J. regia*. *Can. J. For. Res.* 35 235-243.

FADY, B.; DUCCI, F.; ALETÀ, N.; BECQUEY, J.; DÍAZ, R.; FERNÁNDEZ-LÓPEZ, J.; JAY-ALLEMAND, C.; LEFIÈVRE, F.; NINOT, A.; PANETSOS, K.; PARIS, P.; PISANELLI, A.; RUMPF, H.; 2003.

Walnut demonstrates strong genetic variability for adaptive and wood quality traits in a network of juvenile field tests across Europe. *New Forests* 25 211-225.

GERMAIN, E. ; PRUNET, J.P. ; GARCIN, A. ; 1999. Le noyer. CTIFL. 279. Paris.

HEMERY, G.E.; 1998. Walnut (*Juglans regia*) seed-collecting expedition to Kyrgyzstan in Central Asia. *Q. J. For.* 92(2) 152-157.

JAY-ALLEMAND, C.; FADY, B.; BECQUEY, J.; 1996. Walnut tree for woodland use in Mediterranean countries: current situation and prospects. *Nucis Newsletter* 5 10-13.

MASSON, G. ; 2005. Autoécologie des essences forestières. Editions Tec & Doc, Paris. pp: 171-177.

RINK, G.; KUNG, F.H.; 1995. Age trends in genetic control of *J. nigra* L. height growth. Technical Report of Northeastern Forest Experiment Station. USDA Forest-Service NE-197 247-255.

ROUSKAS, D. ; KATRANIS, N. ; ZAKINTHINOS, G. ; ISAAKIDIS, A. ; 1995. Walnut Seedling Selection in Greece. *Acta Hortic.* 442 109-116.

VILANOVA, A.; GARCÍA-TURU, D.; ALETÀ, N.; 2011. Evaluación del crecimiento y de la producción de madera en plantaciones españolas de nogal realizadas con progenies híbridas. Resultados en fase semiadulta. *Navarra Forestal* 28 12-19.