Resistencia a las heladas de otoño y su heredabilidad en *Juglans regia* L.

Mercè Guàrdia, Antoni Vilanova, Robert Savé y Neus Aletà.
IRTA –Torre Marimon, 08140. Caldes de Montbui (Barcelona, Catalunya)

INTRODUCCIÓN

Las plantas leñosas que crecen en zonas con un clima estacional deben ajustar su desarrollo y las actividades metabólicas a estos cambios. En el área mediterránea, las previsiones climáticas preconizan importantes cambios fenológicos en las especies, asociados a las temperaturas elevadas de otoño (ACCUA, 2011), y un aumento de los eventos extremos (IPCC, 2007). Un .incremento del período vegetativo, con el consiguiente retraso en los procesos relacionados con la aclimatación a las temperaturas invernales, aumentaría la vulnerabilidad de las especies a las primeras heladas de la temporada.

El uso de *Juglans regia* L. en el Mediterráneo occidental para la producción de madera de calidad ha puesto en evidencia que no sólo el vigor es importante para acortar turnos de explotación y que juegan un importante papel los caracteres adaptativos, entre ellos la resistencia a las heladas tempranas (Fady *et al*., 2003).

El presente estudio se centra en evaluar la resistencia a los descensos bruscos de temperatura de otoño en progenies de *J. regia* elegidas como representativas de la diversidad genética de la especie para el área mediterránea. Se relaciona esta resistencia con su origen y se calcula la heredabilidad familiar del carácter a partir del parámetro LT_{50}, temperatura a la cual el 50% de las células presentan daños irreversibles por helada.

Imágenes de *J. regia* afectados por heladas otoñales

MATERIAL Y MÉTODOS

Se evaluaron 22 progenies de nogal (medios-hermanos), de progenitores procedentes de zonas diferenciadas ecológicamente de la península Ibérica junto a referencias (Tabla 1). Estos materiales se hallan instalados en un ensayo de progenies plantado en 2003 en Constantí (Tarragona). Cada progenie está representada por 18 árboles distribuidos en BC al azar en tres repeticiones.

En la segunda semana de noviembre de 2010, se recogieron cuatro varetas apicales del año (de 20 cm de largo) por árbol, escogiendo 12 individuos por progenie (cuatro por repetición). Estas muestras se sometieron a dos temperaturas de helada, -8ºC, -14ºC, en una cámara de frío controlado, y a -75°C, en un congelador, manteniendo también una de las varetas a una temperatura control de 5 °C. El daño por helada se evaluó a partir de la medida de la conductividad eléctrica de la solución agua-vareta. Con los resultados se calculó la LT_{50} (temperatura letal para el 50% del tejido sometido a las heladas) para cada individuo evaluado, siguiendo la función establecida por Charrier *et al*. (2011) en *J. regia*.

Con los datos de LT_{50} se realizó un test Anova, dónde los factores fueron: progenie, bloque y la interacción entre ambos y se calculó la heredabilidad familiar a partir de las componentes de la varianza (considerando el factor progenie e la interacción como aleatorios): $h^2_f = \sigma^2_f / \sigma^2_f + \sigma^2_{bf} / b + \sigma^2_e / bk$, *dónde* σ^2_f es la varianza familiar; σ^2_{bf} es la varianza de la interacción entre los factores familia y bloque; σ^2_e es la varianza correspondiente al error; h^2_f corresponde a la heredabilidad familiar; *b* es el número de bloques; *k* es el número de individuos por bloque.

Fig 1. Ensayo con 22 progenies de *J. regia*. La líneas rojas muestran un ejemplo de escisión de las varetas anuales.

Fig 2. Varetas en el laboratorio. Preparación de paquetes para evitar la desecación dentro de la cámara de frío. La envoltura está hecha con gasas y papel de aluminio.

Fig 3. Varetas envueltas dentro de la cámara, preparadas para la aplicación de frío.

Tabla 1. Información de las zonas de origen de las 22 progenies que conforman el ensayo y la LT50 de cada una de ellas.

Progenie	RIU	Altitud (m)	P anual (mm)	T max anual (ºC)	LT50 (º)
P1	2	1	1300	17.7	-14.84
P2	2	50	1060	16.7	-15.64
P3	2	65	1218	18.3	-15.80
P4	24	76	648	21.8	-16.39
P5	24	41	505	21.8	-16.78
P6	24	129	598	21.8	-17.30
P7	24	76	648	21.8	-18.04
P8	3	490	1346	17.6	-16.38
P9	3	50	998	16.4	-16.82
P10	3	720	1346	16.5	-16.66
P11	35	1600	570	20.7	-16.39
P12	1	330	1346	17.9	-16.62
P13	1	380	1346	19.4	-16.57
P14	1	10	1346	18.6	-16.75
P15	1	455	1184	17.5	-16.96
P16	11	849	489	18.5	-16.54
P17	11	830	603	16.8	-16.85
P18	9	831	899	16.3	-17.10
P19	9	322	498	20.5	-18.44
P20	S-89	-	-	-	-18.50
P21	Chase D-9	-	-	-	-18.27
P22	Serr	-	-	-	-17.38

RIU: región de procedencia española; Panual = precipitación acumulada anual, T max= media de las temperaturas máximas anuales.

Fuentes: RIUs según Regiones de identificación y utilización de material forestal de reproducción. (García del Barrio *et al*., 2003)
Variables climáticas según Atlas Climático Digital de la Península Ibérica (Ninyerola *et al*., 2005)

Tabla 2. Efecto del daño producido por las temperaturas de helada (variable LT_{50}).
Anova del ensayo

Factor	gdl	Suma cuadrados	F	Prob>F
Progenie	21	134.71	2.24	0.0028*
Bloque	2	1.65	0.28	0.7479
Progenie*Bloque	42	66.51	0.55	0.9860

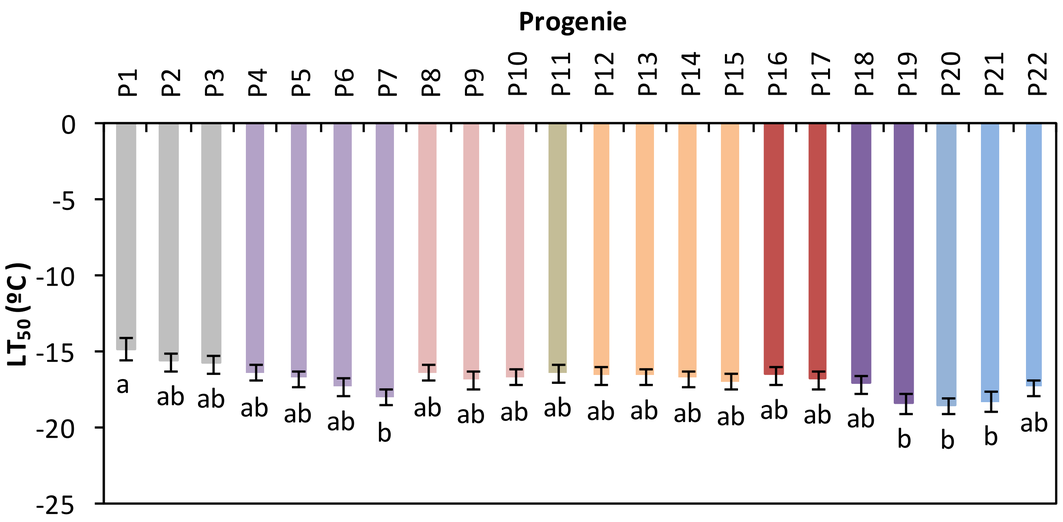

Fig 4. Media y error estándard (n=9-12) de los daños registrados entre las 22 progenies estudiadas mediante la LT50. Letras iguales no muestran diferencias significativas (test Tukey, p<0.05)..

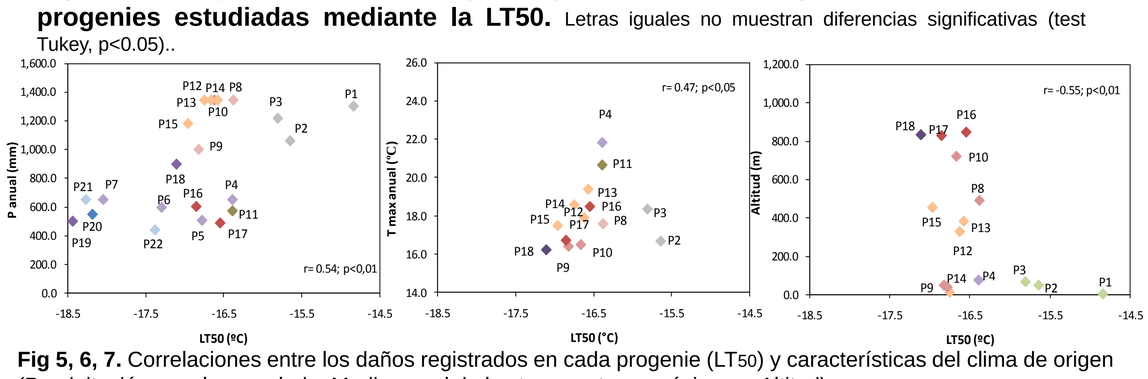

Fig 5, 6, 7. Correlaciones entre los daños registrados en cada progenie (LT_{50}) y características del clima de origen (Precipitación anual acumulada, Media anual de las temperaturas máximas y Altitud).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se observaron diferencias significativas entre progenies en relación a los daños producidos por las heladas provocadas. Estas diferencias intraespecíficas, que también se observaron en *Salix Viminalis* (Ogren, 1999), se podrían atribuir al diferente estado de aclimatación de las progenies analizadas, reflejado en el distinto estadio de senescencia de las hojas de cada una de ellas el día de la recogida de las varetas. El comienzo del proceso de aclimatación es un carácter adaptativo y como tal está íntimamente ligado al origen de cada material. En el presente estudio los daños registrados por las temperaturas de helada en las progenies se correlacionan positivamente con la media de la temperatura máxima anual y la pluviometría acumulada e inversamente con la altitud del lugar de origen (Fig. 5-7).

El valor de la heredabilidad familiar del carácter estudiado fue de $\mathbf{h_f^2=0,81}$ (±0.09), un valor considerado alto en relación al de otros caracteres estudiados en esta especie. En este mismo ensayo se calculó anteriormente la heredabilidad del carácter 'longitud del período vegetativo', que presentó valores superiores a 0,70 y con el que podría estar relacionada la resistencia al frío (Aletà *et al*., 2009). Estos son los primeros resultados que permitirán valorar las posibilidades de incluir este carácter en un proceso de selección de progenies de *J.regia* para uso maderero una vez que se establezca la relación de esta resistencia con el crecimiento..

CONCLUSIONES

- El clima de origen de las progenies parece jugar un papel importante en el desarrollo de la resistencia a las heladas tempranas en *J. regia* L..
- La alta heredabilidad del carácter facilitará la selección en una especie en la que la incidencia de las heladas de otoño es determinante para la formación de madera de calidad .

REFERENCIAS

ACCUA, 2011. http://www.creaf.uab.cat/accua/
Aleta, N., Vilanova A., Diaz R. and Voltas J. 2009. Genetic variation for carbon isotope composition in *Juglans regia* L.: relationships with growth, phenology and climate of origin. Annals of Forest Science 66(4):413-424
Charrier, G. and Ameglio T. 2011. The timing of leaf fall affects cold acclimation by interactions with air temperature through water and carbohydrate contents. Environmental and Experimental Botany 72(3):351-357.
Fady, B., Ducci, J., Aleta, N., Becquey J., Vazquez R.D., Lopez F.F., Jay-Allemand C., Lefevre F., Ninot A., Panetsos K., Paris P., Pisanelli A., and 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(3):211-225.
Ogren, E. 1999. Fall frost resistance in willows used for biomass production I. Characterization of seasonal and genetic variation. Tree physiology 19 (11):749-754.