

Evaluación de la tolerancia a helada de diez variedades de olivo

M. Gómez del Campo*
A. García*
D. Barranco**

Introducción

En los últimos años la demanda de aceite de oliva ha experimentado un incremento y, como consecuencia de ello, el cultivo del olivo se ha extendido por zonas fuera de su tradicional área de cultivo. Se busca, en algunos casos, una mayor calidad del aceite en zonas de otoños fríos en los que se ralentiza la postmaduración de la aceituna (Palliotti y Bongj, 1996). Este es el caso de la Vega del Tajo de la Comunidad de Madrid, donde los otoños son fríos y el riesgo de heladas es elevado.

El olivo es una especie de hoja perenne cultivada en zonas de climas cálidos y templado cálidos. Por debajo de -12°C los olivos no sobreviven (Larcher, 1970) y por debajo de -7°C se producen daños que reducen su productividad (Palliotti y Bongj, 1996).

La **helada** produce en primer lugar, formación de cristales de hielo en los vasos conductores de las plantas, que van alcanzando a gran velocidad todas las partes del brote; posteriormente, el hielo pasa a los espacios intercelulares que, ocasiona diferencias de presión osmótica entre el interior y el exterior de la célula por lo que, tiene lugar una salida de agua del interior de la célula, lo que provoca una concentración de los compuestos celulares hasta alcanzar niveles tóxicos, precipitación de proteínas, alteraciones en la permeabilidad de la membrana, reducción del volumen celular y cambios en el pH (Levitt, 1980). La deshidratación se considera el mayor estrés que sufren las células heladas (Wisniewski y col., 2003), por eso los genoti-



pos resistentes a heladas son igualmente resistentes a sequía (Chen y col., 1975). En campo, no se suelen producir daños por formación de hielo en el interior de las células de plantas endurecidas (Burke y col., 1976).

En diversas especies se ha observado que el jugo celular se mantiene líquido, aunque se encuentre a temperaturas por debajo del punto de congelación, este mecanismo que evita la helada es conocido como subenfriamiento (Ashworth, 1993). Los mecanismos de subenfriamiento no son bien conocidos, parece que la porosidad y/o la permeabilidad de las paredes celulares juegan un papel esencial en la regulación del subenfriamiento de los tejidos del xilema (Wisniewski y col., 2003).

Los **órganos del olivo** muestran distinto grado de sensibilidad a la helada. Mancuso (2000) determinó, en laboratorio, la sensibilidad a la helada de distintos órganos de olivos endurecidos, los clasificó de mayor a menor sensibilidad en este orden: raíces, hojas, brotes y yemas. Las **raíces** casi nunca se encuentran expuestas a condiciones de

helada por el efecto protector del suelo (Mancuso, 2000). Los daños originados en **hojas** se producen según el siguiente orden: torsión transversal de la lámina foliar hacia el envés, manchas cloróticas debido a la muerte de células del parénquima en empalizada (Denney y col., 1993), desecación total o parcial adquiriendo un característico color cuero, pudiendo producirse o no defoliación (Bini y col., 1987), y por último defoliación transcurridos diez o 15 días (Pezzarossa, 1985). En los brotes, se produce el quemado de la zona apical de tal manera, que en la primavera siguiente los olivos adquieren un porte arbustivo (Connell y col., 1990). Las **yemas** afectadas por la helada tienen un menor número de inflorescencias, se desarrollan con mayor lentitud y emiten hojas nuevas con deformaciones (Connell y col., 1990). En **troncos y ramas**, se produce agrietado de la corteza y cambium debido a la falta de elasticidad de la corteza (Denney y col., 1993), decoloración de la corteza, la madera presenta tonalidades de crema a marrón (Connell y col., 1990), producción de exudados por el tejido cortical (Bini y col., 1987) y tuberculosos, que pueden considerarse un

* Departamento de Producción Vegetal: Fitotecnia. Universidad Politécnica de Madrid.

** Departamento de Agronomía. Universidad de Córdoba.



Variedad Cornicabra con escaso daño de helada

cir la exoterma en 2,3°C. Las temperaturas que favorecen el endurecimiento son más efectivas a medida que avanza el invierno (Bartolozzi y col., 2001). Aparte del endurecimiento de la corteza y madera, hay diversos factores implicados en el proceso de endurecimiento, como son el inicio de la dormición y de la brotación, tolerancia a la helada de las yemas, endurecimiento de raíces, influencia de la raíz en el crecimiento de la variedad, relación del endurecimiento del año en curso con crecimientos previos, influencia de la carga de frutos sobre la tolerancia a la helada y el efecto de las prácticas de cultivo (Wisniewski y col., 2003). El ABA parece estar relacionado con la activación del endurecimiento (Li, 1985). Durante el endurecimiento se produce una disminución del contenido de agua de los tejidos, incremento de solutos totales lo que incrementa la concentración en el interior de

realizadas a un grupo reducido de variedades. En este artículo se recoge el comportamiento ante unas fuertes heladas naturales de diez variedades olivo de almazara incluidas en un ensayo comparativo situado en una zona de alto riesgo de heladas como es la Vega del Tajo de la Comunidad Autónoma de Madrid.

Material y métodos

El 25 de abril de 2001, se plantaron dos parcelas de ensayo a un marco de 7 x 7 m en el Centro de Olivicultura situado en el Centro de Transferencia Tecnológica de "La Chimenea" (Colmenar de Oreja) perteneciente al Instituto Tecnológico de Desarrollo Agrario (Comunidad de Madrid). Cada parcela estaba constituida por diez bloques con diez variedades al azar. La unidad experimental era un olivo. Los olivos procedían de estacilla semileñosa de las variedades 'Arbequina', 'Cornicabra', 'Frantoio', 'Hojiblanca', 'Nevadillo de Jaén', 'Picual', 'Picudo', 'Empeltre', 'Verdial de Badajoz' y 'Manzanilla Cécereña'. El 31 de julio de 2001 las plantas alcanzaron una altura media de 1,2±0,4 m. Durante la campa-

El proceso de aclimatación en otoño permitirá que el olivo soporte temperaturas por debajo de 0°C

efecto secundario de la helada, ya que la bacteria penetra a través de las heridas originadas por ésta (Tombesi, 1986). Las heladas severas afectan a los **frutos** originando la aparición de arrugas en la epidermis, tonalidades marrones en los pedúnculos, que se marchitan, y una disminución del contenido y calidad de los aceites (Navarro y Parra, 2004).

El proceso de **endurecimiento** o aclimatación, que tiene lugar a lo largo del otoño, permite al olivo soportar temperaturas por debajo de 0°C. El proceso de endurecimiento es una respuesta a las temperaturas y al fotoperiodo (Weiser, 1970), se inicia cuando las temperaturas son moderadamente bajas, entre 5 y 0°C (Bongi y Palliotti, 1994) y los días empiezan a acortarse. Bongi y Palliotti (1994) observaron que sometiendo olivos a cuatro semanas a 5°C conseguían redu-

la célula, así como cambios en los componentes lipídicos y las proteínas que integran la membrana plasmática (Steponkus y col., 1998). El incremento de manitol extracelular, parece jugar un importante papel en el endurecimiento del olivo (Drossopoulos y Nivvis, 1988). La permeabilidad de la membrana celular aumenta, de esta forma previene la formación de hielo intracelular y permite a la membrana recuperar su actividad durante el deshielo (Levitt, 1980).

Existen en la bibliografía diferencias entre variedades en cuanto a la resistencia a la helada (Barranco y col., 2000; Fontanazza y Preziosi, 1969; Pezzarossa, 1985; Fiorino y Mancuso 2000) pero, generalmente, corresponden con informaciones referentes a datos de prospección o a evaluaciones



Variedad Arbequina con tallos helados y defoliados



Variedad Empeltre con parte aérea helada

Tabla 1. Materia seca total de tallos y porcentaje de materia seca en tallos helados respecto al total de plantas jóvenes de 10 variedades de olivo. Análisis factorial de la varianza (VAR = variedad, LOC = localidad, VAR-LOC = interacción).

	Materia seca en tallos (g)	Tallo helado (%)
VAR	NS ¹	*
LOC	NS	**
VAR-LOC	NS	NS
Parcela 1	122	67,7
Parcela 2	100	81,7
Empeltre	53	100,0 a
Frantoio	151	94,7 ab
Hojiblanca	57	89,2 abc
Manzanilla C.	64	83,8 abcd
Nevadillo de J.	57	75,4 bcd
Picual	106	71,0 bcd
Picudo	83	64,2 cde
Arbequina	139	62,6 cde ²
Verdial de B.	117	61,5 de
Cornicabra	143	44,5 e

¹ NS, **, * diferencias no significativas al 5%, significativas al 5% y significativas al 1% respectivamente.

² Separación de medias realizado con test de Duncan (P=0.05%).

ña se dieron tres riegos a pie en mayo, julio y agosto.

Las parcelas de ensayo se encontraban separadas por una fila de 'Cornicabra'. La pendiente de la parcela era del 2%. La cota a la que se encontraba cada una de las plantas del ensayo se determinó con un medidor electromagnético de distancias (PENTAX PCS-1). Las plantas de la parcela más alta (Parcela 1) se encontraban a una altitud media de 522,2 m, las plantas de la parcela más baja (Parcela 2) se encontraban a 520,7 m. El suelo es uniforme de textura franco-arenosa, profundo (>1 m), alcalino (pH 8) y nivel de materia orgánica bajo (1%).

El otoño del 2001 e invierno del 2002 fue especialmente frío en la Vega del Tajo (Figura 1). El 11 de noviembre de 2001, a las 6:40 horas, el termómetro de la finca alcanzó -6,5°C, las temperaturas se incrementaron posteriormente a una velocidad de 3,8°C/hora. El 16 de diciembre del mismo año, a las 8:00 horas, alcanzó -10,5°C, las temperaturas se incremen-

taron a una velocidad de 4,2°C/hora.

El 18/5/2002 se valoró visualmente el porcentaje de defoliación de las plantas. Se podó cada olivo a ras de suelo para cuantificar la materia seca de la parte aérea. Se separaron tallos (ramos+tronco) y hojas, helados y no helados. Se metieron en estufa a 80°C hasta pesada constante. El 20/8/2002 se evaluó visualmente el rebrote de las plantas.

El análisis de la varianza y separación de medias se ha realizado con el programa estadístico MSTAT-C (Universidad de Michigan, USA).

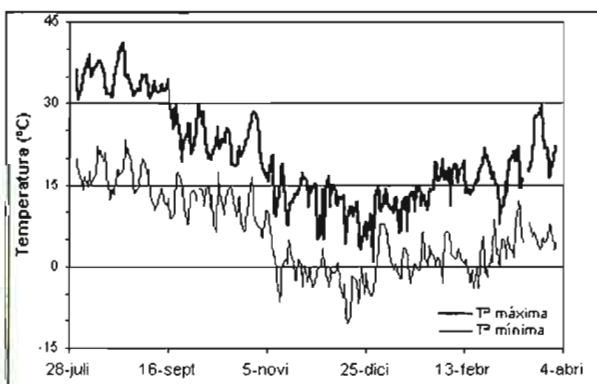


Figura 1. Evolución de las temperaturas diarias desde agosto de 2001 hasta abril de 2002. Estación meteorológica de La Chimenea (Aranjuez).

Resultados y discusión

Las variedades presentaron diferencias significativas en la sensibilidad a la helada (Tabla 1) como ya observaron otros autores (Barranco y col., 2000; Fontanazza y Preziosi, 1969; Pezzarossa, 1985; Fiorino y Mancuso 2000a). Las diferencias varietales en el ritmo de endurecimiento pueden explicar la resistencia de las variedades de olivo (Antognozzi y col., 1994). Las diferencias varietales en la densidad estomática parecen estar relacionadas con la resistencia a la helada, quizás debido al efecto en la transpiración foliar lo que produce deshidratación (Rosselli et al, 1989).

La resistencia a la helada no estuvo influenciada por el vigor de cada variedad, ya que no se apreciaron diferencias significativas entre variedades en la materia seca total de la parte aérea de las plantas (Tabla 1). Sin embargo, el porcentaje de materia seca en tallos helados estuvo significativamente influenciada por la localización de la parcela (Tabla 1). Un descenso en la cota de dos metros fue suficiente para incrementar un 14% el porcentaje de materia seca de tallos helados como valor medio de las variedades.

Las heladas acontecidas en el ensayo provocaron la helada del 75% de la materia seca de los tallos, como media de las parcelas y variedades (Tabla 1). Este daño tan elevado fue debido a la edad de los olivos, fecha de helada y temperaturas de endurecimiento previas a la helada (Figura 1). El endurecimiento se incrementa con la edad del árbol, por eso, los olivos jóvenes son especialmente sensibles a la helada (Fontanazza y Preziosi, 1969), independientemente de la variedad de que se trate (Denney y col., 1993). En el olivo, las heladas de otoño hacen más daño que las de invierno, ya que en esos meses se está iniciado el proceso de endurecimiento. En un ensayo de laboratorio An-



Variedad Hojiblanca con hojas heladas y momificadas

tognozzi y col. (1994) constataron que en enero y febrero las hojas y brotes presentaron la máxima resistencia a la helada, así mismo las mayores diferencias varietales se producían al principio y al final del periodo de heladas.

Las variedades 'Empeltre' y 'Frantoio', presentaron un porcentaje de materia seca en tallos afectados por la helada significativamente superior a 'Picudo', 'Arbequina', 'Verdial de Badajoz' y 'Cornicabra', con valores superiores al 94% en el primer grupo de variedades e inferiores a

63% en el segundo grupo (Tabla 1). Las variedades 'Hojiblanca', 'Manzanilla Cacereña', 'Nevadillo de Jaén' y 'Picual' presentaron daño intermedio entre esos dos grupos de variedades.

La capacidad de rebrote de cada variedad estuvo linealmente relacionada con el porcentaje de tallos helados (Figura 2). La variedad 'Cornicabra' y 'Arbequina' destacaron por la alta capacidad de rebrote. 'Arbequina' presentó un porcentaje de tallos helados similar a 'Verdial de Badajoz' y 'Picudo', sin embargo rebrotaron un 30% más de plantas. 'Empeltre', 'Frantoio' y 'Hojiblanca' con materia seca en tallos helados superior al 90% rebrotó el 8% de las plantas. El porcentaje de rebrote tras la helada depende del daño sufrido por las raíces y la capacidad o velocidad de almacenamiento de reservas en las raíces, ya que si no existen reservas no rebrotará aunque las raíces no se encuentren heladas.

Las hojas resultaron ser más sensibles a la helada que los tallos (Figura 3), coincidiendo con lo observado por Mancuso (2000), Denney y col. (1993) y Antognozzi y col. (1994), estos últimos investigadores observaron que la temperatura letal de helada (LT50) de las hojas alcanzaba -12°C , mientras que la de los brotes -18°C . La mayor sensibilidad de las hojas puede ser debido a la mayor exposición al frío, y por lo tanto, pérdida más rápida de calor (Denney y col., 1993). La relación entre la sensibilidad de tallos y hojas a la helada permite diferenciar tres grupos de variedades. En 'Empeltre', 'Frantoio', 'Hojiblanca' y 'Manzanilla Cacereña' el porcentaje de tallos helados superó el 80% y las hojas heladas el 95%,

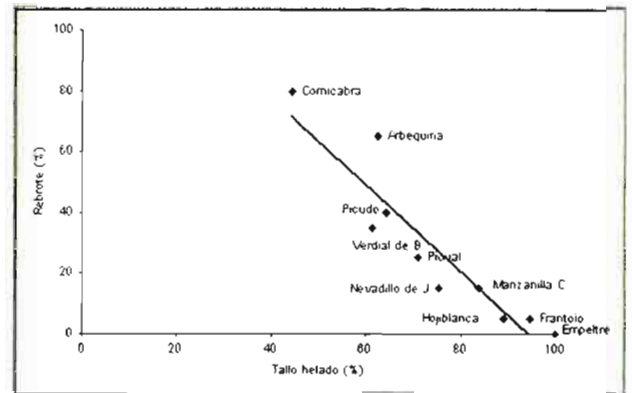


Figura 2. Relación entre la capacidad de rebrote de las variedades y el daño de la helada sufrido por los tallos de plantas jóvenes de 10 variedades de olivo, cultivadas en el Centro de Olivicultura de la Comunidad de Madrid (Colmenar de Oreja). Recta de regresión: $Y = -1,4x + 135$; $R^2 = 0,85$.

'Empeltre' y 'Manzanilla Cacereña' sufrieron una defoliación superior a las otras variedades de este grupo (Figura 4). 'Nevadillo de Jaén', 'Picual', 'Picudo', 'Arbequina' y 'Verdial de Badajoz' el porcentaje de tallos helados se situó entre el 60 y 75%, las hojas heladas entre el 80 y 95%, 'Arbequina' destacó entre este grupo de variedades por la elevada defoliación que sufrieron las plantas. En 'Picual' un porcentaje elevado de hojas heladas quedaron momificadas en la planta (Figura 4). 'Cornicabra' presentó un comportamiento diferente al resto de las variedades. Se heló el 45% de los tallos y el 55% de las hojas, quedando más del 80% de las hojas momificadas en la planta. Nuestros resultados no confirman que la momificación de las hojas sea un síntoma de ma-

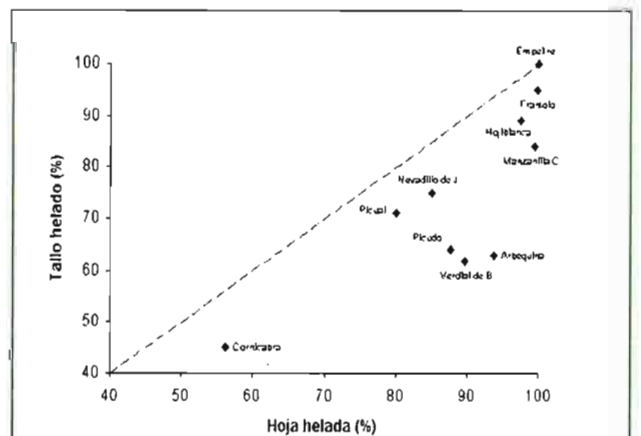


Figura 3. Relación entre el porcentaje de materia seca de hojas heladas y el porcentaje de materia seca de tallos helados de plantas jóvenes de 10 variedades de olivo, cultivadas en el Centro de Olivicultura de la Comunidad de Madrid (Colmenar de Oreja).

yor gravedad en el daño de la helada (Bini y col., 1987), por el contrario, presentó una elevada componente genética como ya constataron Denney y col. (1993).

Conclusiones

'Cornicabra' y 'Arbequina', han mostrado un bajo porcentaje de tallos helados y alta capacidad de rebrote tras la helada. La variedad más resistente a la helada fue la 'Cornicabra', coincidiendo con la apreciación que de esta variedad hicieron Barranco y col. (2000) y Barranco (2004), muestra una capacidad de rebrote del 80%, porcentaje de tallos helados del 45% y porcentaje de hojas heladas del 55%; es de destacar que esta variedad, a pesar de que su zona de cultivo se caracteriza por el alto riesgo de helada, ha sido considerada sensible a la helada por numerosos autores (Pastor y col., 1998, Guerrero, 1991; de Andrés, 1988). En la 'Arbequina' se heló el 63% de los tallos, pero rebrotaron el 65% de las plantas, sin embargo se heló el 95% de las hojas, produciéndose una defoliación de la planta; nuestros resultados coinciden con la apreciación que hicieron de esta variedad Barranco y col. (2000) y Barranco (2004), sin embargo Denney y col. (1993) la consideraron susceptible a la helada.

Las variedades más sensibles a la helada fueron 'Empeltre', 'Frantoio' y 'Hojiblanca', que muestran elevados porcentajes de tallos helados y capacidad de rebrote nula o prácticamente nula. La 'Empeltre' fue la más afectada por la helada, se produjeron daños en todos los tallos y la caída total de las hojas, no rebrotaron ninguna de las plantas. La sensibilidad de esta variedad ya fue puesta de manifiesto por Guerrero (1988), de Andrés (1991) y Barranco (2004). 'Frantoio' es una variedad italiana que ha sido considerada tanto tolerante (Pezzarossa, 1985), como susceptible (Tombesi, 1986; Barranco y col., 2000) o medianamente resistente a la helada (Fontanazza y

Preziosi, 1969; Fontanazza, 1993).

'Picual', 'Picudo', 'Verdial de Badajoz', 'Manzanilla Cacereña' y 'Nevadillo de Jaén' pueden considerarse medianamente resistentes a la helada.

En zonas con riesgos de heladas, la elección varietal y el **manejo de la plantación** tienen una gran importancia en el daño que puedan sufrir los olivos por la helada. El olivar Californiano sufrió una helada a finales de diciembre en 1990 en la que se alcanzaron $-6,7\text{ }^{\circ}\text{C}$. El Departamento de Pomología de la Universidad de California se encargó de realizar un estudio exhaustivo del daño ocasionado

por la helada. Observaron que los árboles podados en otoño sufrieron más helada que los no podados debido, posiblemente, a que las copas abiertas estuvieron más expuestas al frío. El riego excesivo en variedades de verdeo después de recolección, produjo mayores daños, sin embargo después de la helada se recuperaron mejor los que estaban en regadío. Aplicaciones de nitrógeno después del mes de julio retrasaron el endurecimiento (Denney y col., 1993). Es importante no olvidar que, para que se inicie el endurecimiento, el árbol debe estar predispuesto a poner en marcha dicho mecanismo, para ello se debe encontrar en buen estado de salud (Yelenosky, 1985). La resistencia a la helada está altamente relacionada con la acumulación de carbohidratos, esto se consigue manteniendo el árbol durante la

campaña con niveles de hidratación y nutrición equilibrados (Pellett y Carter, 1981) y, es en el momento que interesa se inicie el proceso de endurecimiento, cuando, con el objeto de ralentizar el desarrollo vegetativo del árbol, se deja de aplicar N y se provoca estrés hídrico moderado. No está suficientemente demostrado que aportaciones extras de K beneficien al proceso de endurecimiento (Pellett y Carter, 1981). Aunque se sabe que más de 20 productos químicos favorecen el endurecimiento, incluidos crioprotectores y reguladores de crecimiento, ninguno de ellos se utiliza a nivel comercial (Pallioti y Bonghi, 1996). La presencia de tuberculosis en el olivo (*Pseudomonas savastanoi*) no incrementa el daño de helada, por lo tanto, esta especie no debe considerarse bacteria criogénica activadora de núcleos de hielo (Denney y col., 1993), como se han considerado a otras especies pertenecientes al género *Pseudomonas* y *Erwinia* (Yelenosky, 1985).

En la primavera después de una helada, la actividad vegetativa se reinicia por la brotación de yemas en la madera más vieja, mientras que los ramos del año, en muchos casos, no reanudan su actividad debido a los daños producidos en el cambium (Bini y col., 1986). Por tanto, lo más recomendable es no podar hasta que se no se haya producido la brotación de yemas latentes o adventicias a costa de las reservas acumuladas en madera y raíces.

Agradecimientos

Este trabajo se ha realizado gracias a la oportunidad que nos brindó el Instituto Tecnológico de Desarrollo Agrario de la Comunidad de Madrid de tomar los datos, que se recogen en esta publicación, antes de proceder al arranque y reposición de los olivos del ensayo.

Bibliografía

A disposición de los lectores en: mcampo@agricolas.upm.es

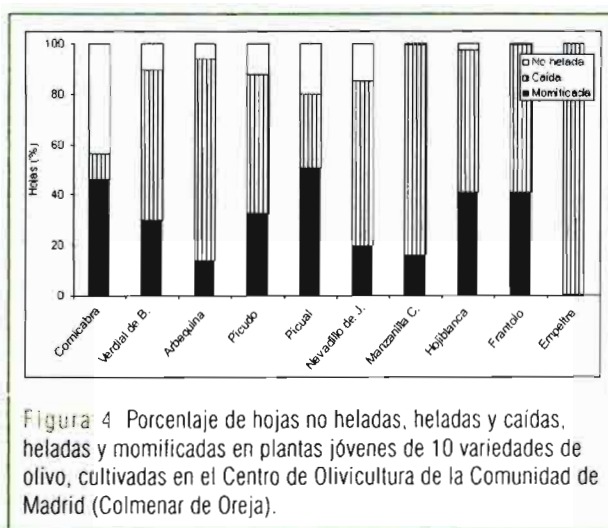


Figura 4 Porcentaje de hojas no heladas, heladas y caídas, heladas y momificadas en plantas jóvenes de 10 variedades de olivo, cultivadas en el Centro de Olivicultura de la Comunidad de Madrid (Colmenar de Oreja).

nado por la helada. Observaron que los árboles podados en otoño sufrieron más helada que los no podados debido, posiblemente, a que las copas abiertas estuvieron más expuestas al frío. El riego excesivo en variedades de verdeo después de recolección, produjo mayores daños, sin embargo después de la helada se recuperaron mejor los que estaban en regadío. Aplicaciones de nitrógeno después del mes de julio retrasaron el endurecimiento (Denney y col., 1993). Es importante no olvidar que, para que se inicie el endurecimiento, el árbol debe estar predispuesto a poner en marcha dicho mecanismo, para ello se debe encontrar en buen estado de salud (Yelenosky, 1985). La resistencia a la helada está altamente relacionada con la acumulación de carbohidratos, esto se consigue manteniendo el árbol durante la

ARGO

Legend

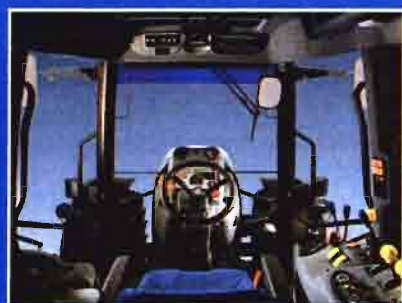
TDI

Algo más que potencia

Legend no es solamente una de las series de tractores de alta potencia más prestigiosas del mercado. Es un concepto que va más allá, en renovación permanente. Su gama actual, que comprende modelos de 117 a 183 CV, equipa motores de 6 cilindros que cumplen la normativa **Euro 2**.



Argo



excepcional ergonomía



múltiples prestaciones

Legend
TDI
125 135 145 165 185

TEORNO / TOP / TOP-TRONIC	EP TOP-TRONIC
---------------------------	------------------

AgriARGO IBÉRICA, S.A.
Industria, 17 - 19 • Pol. Inds. Gran Vía Sur • 08908 Hospitalet de Llobregat • (BARCELONA)
Tel.: 93 223 18 12 • Fax: 93 223 09 78 • Recambios: Tel.: 93 223 08 28 • Fax: 93 223 32 58
E-mail: info@argoiberica.com

Landini

Desde 1884, a todo campo