

CAPÍTULO.-

SELVICULTURA DE JUGLANS REGIA

Oscar Cisneros

Departamento de Investigación y Experiencias Forestales Valonsadero. Junta de Castilla y León
Apdo. nº 175. 42080 SORIA. cisgonos@jcyl.es

Gregorio Montero

Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria (INIA).
Carretera de La Coruña Km 7, E-28040 MADRID. montero@inia.es

Neus Aletà

Institut de Recerca i Tecnologies Agroalimentàries (IRTA) Producció Agroforestal.
Torre Marimón. E-08140 Caldes de Montbui (Barcelona). neus.aleta@irta.es
Investigación y Tecnología Agroalimentarias (IRTA).
Mas de Bove Producción Agroforestal. Torre Marimón Caldas de Montbui (Barcelona) r Crta. De
Reus – El Morell Km 4,5 43120 Constantí TARRAGONA neus.aleta@irta.es

Con formato: Borde: Inferior: (Línea continua sencilla, Automático, 0,5 pto Ancho de línea)

0. INTRODUCCIÓN

I. TIPOLOGÍA

- I.1. TAXONOMÍA: RAZAS Y VARIEDADES
- I.2. TIPOLOGÍA

II. REGENERACIÓN Y TRATAMIENTOS DE REGENERACIÓN

- II.1. PRINCIPALES FACTORES QUE AFECTAN A LA REGENERACIÓN
- II.2. TRATAMIENTOS GENERALES
 - II.2.1. Plantaciones puras de nogal en turno corto
 - II.2.2. Plantaciones puras de nogal en turno medio o largo
 - II.2.3. Plantaciones de nogal con acompañamiento

III. TRATAMIENTOS PARCIALES

- III.1. LIMPIAS
- III.2. CLAREOS Y CLARAS
- III.4. PODAS
- III.5. FERTILIZACIÓN
- III.6. SANITARIOS

IV. CRECIMIENTO Y PRODUCCIÓN

- IV.1. CALIDAD DE ESTACIÓN
- IV.2. CRECIMIENTO
- IV.3. TURNO
- IV.4. PRODUCCIÓN
- IV.5. MODELOS DE CRECIMIENTO Y PRODUCCIÓN

V. ESQUEMA SELVÍCOLA

VI. BIBLIOGRAFÍA

0. INTRODUCCIÓN

El nogal es la especie que mejor se identifica con el término madera noble o madera de calidad. Su empleo en ebanistería y carpintería de lujo se remonta a varios siglos (Ruiz de la Torre, 2006), además de emplearse en escultura y en la industria de armería (culatas de fusil, hélices de aviones en la 1ª Guerra Mundial (Ducros, 1996; en Muncharaz, 2001). Aunque su madera es muy apreciada, es el empleo como frutal lo que propició su difusión por todo el país. Por el contrario, la búsqueda de individuos añosos para suministrar madera de veta oscura ha supuesto una importante regresión en sus efectivos, ya que se trata de árboles aislados próximos a poblaciones que rara vez forman bosquetes que permitan su regeneración natural. La regeneración artificial no ha sido una práctica habitual hasta fechas muy recientes, y la producción de madera se debe considerar como subsidiaria de la actividad frutal (Aletà, 2005).

El déficit permanente de madera de calidad en nuestro país es una razón suficiente para extender su cultivo, al amparo de la necesaria transformación de terrenos excedentarios de la agricultura en sistemas forestales. Otro motivo que debe tenerse en cuenta es la presencia constante de este árbol en el paisaje rural, asociado a caminos, huertos y poblaciones de todo el territorio.

A propósito del interés de repoblar con esta especie Ximénez de Embún (1962) escribía: “La madera, como es sabido, es magnífica y apta para muebles y ebanistería, y alcanza unos precios elevadísimos. Tal es precisamente la causa de la paulatina disminución de los nogales en España donde, justo es confesarlo, existe una población excesivamente añosa que precisa renovar. De ahí que los Distritos Forestales, al autorizar la corta de un nogal decrepito, obliguen a plantar cinco o seis en sustitución, entregando para ello la planta criada al efecto en sus viveros. De ahí también el interés de que se asesore a los propietarios de nogales en la enorme conveniencia de criar planta de alto fuste, evitando la excesivamente temprana formación de la copa”

1. TIPOLOGÍA

1.1. TAXONOMÍA. RAZAS Y VARIEDADES

Se considera una especie muy plástica, como demuestra su amplia distribución y la existencia de numerosas variedades seleccionadas o creadas por el hombre para la producción de nuez en distintos climas y suelos. Al estar asociada su distribución al hombre, se diferencian variedades artificiales, naturalizadas y poblaciones silvestres en su área natural. Según Germain (2000) es originario de Asia Central, en las regiones de Cachemira, Tadjikistán y Kirguizistán. Posteriormente se expandió hacia el oeste: Uzbekistán, Afganistán, norte de Irán, Cáucaso y este de Turquía. También se expandió hacia el este: norte de India, Nepal, y hacia el noreste hacia China occidental. En todos estos países el nogal se encuentra—puede hallar en estado silvestre—y, formando agrupaciones boscosas—forma bosque. En algunas zonas persisten Estas poblaciones con gran variabilidad genética que parecen ser el origen de los nogales cultivados.

En ~~stos árboles presentan su zona de origen, los árboles presentan~~ formas que difieren del nogal al que estamos acostumbrados, ~~ya que son así en el Kirguizistán se pueden encontrar~~ pequeños árboles, ~~casi —o~~ arbustos, que empiezan a producir fruta ~~desde el al~~ año siguiente ~~de a la~~ plantación. ~~Estos árboles se caracterizan por su~~ Floreecen de forma abundante y repetida floración durante el período estival el verano, por lo que el mismo mostrando árbol presenta flores y frutos en todos los estados de madurez. El fruto también difiere de las formas europeas, entre otras propiedades, por su menor tamaño y ~~menor— mala~~ lignificación. Sin embargo, son genotipos muy resistentes Resisten a los grandes fríos invernales y son muy precoces en foliación y maduración (Germain et al., 1995). Según el mismo autor, antes de la última glaciación el nogal se extendió hasta Corea y Japón por el este y hasta el oeste de Europa pasando por los Balcanes. En el transcurso de esta progresión, por selección natural se impusieron las formas vigorosas con poca fructificación, —capaces de competir con otros árboles de la zona templada. De esta forma, se impuso la fructificación terminal frente a la fructificación lateral, en esta especie existe antagonismo entre fructificación y vigor. Los árboles de gran fructificación de Asia central se introdujeron fueron introducidos en Grecia en el siglo IV A.C. por Alejandro Magno. De la hibridación entre las formas de fructificación terminal y las asiáticas proceden los árboles de fructificación lateral que se distribuyen por el norte del Rif marroquí y el sur de Europa, que coinciden con las zonas en que los romanos propagaron los nogales desde Grecia.

La expansión por la mano del hombre se ha considerado el origen de la especie en la península, aunque los estudios palinológicos han constatado su presencia anterior a la última glaciación. Por lo tanto se apunta a una presencia en refugios glaciares en Francia y España que obligan a considerar la existencia de poblaciones silvestres. Posteriormente se produjo su expansión artificial. Blanco et al. (1997) citan como refugios más probables el Levante, sistema Ibérico, el Cantábrico oriental o el Prepirineo catalán.

En España se han realizado numerosas acciones relacionadas con la identificación y conservación de variedades silvestres o naturalizadas adaptadas a distintas estaciones (Aletà y Ninot, 1995; Díaz, 2001), y existen colecciones de árboles forestales en varios centros, entre los que destacan las del CIFA Lourizán y el IRTA de Mas de Boveré (Fernández et al, 2000). Al estar formadas las poblaciones por muy pocos árboles y debido al elevado peso del polen, es previsible que el flujo genético entre rodales sea

escaso y pueda existir una importante diferenciación adaptativa entre poblaciones situadas en distintas condiciones ecológicas (Fernández-López et al., 2005).

Actualmente está en recesión el empleo de variedades silvestre obtenidas por semilla para el uso frutal, y se generaliza el empleo de variedades injertadas de origen francés o californiano, francesas o californianas mediante injerto (Muncharaz 2001). Ante esta situación, por lo tanto es necesario intensificar la selección y conservación de individuos adaptados a las condiciones ambientales de las distintas estaciones para evitar la erosión genética y asegurar la disponibilidad de material apto para el uso en reforestación.

I.2. TIPOLOGÍA

No existen estudios al respecto en España, sin embargo las poblaciones de nogal se pueden englobar en dos tipos:

- Árboles aislados procedentes del cultivo o asilvestrados a partir de frutales, típicamente asociados a poblaciones, campos de cultivo, huertos o construcciones rurales.
- Bosquetes o árboles diseminados en masas forestales

En el primer caso se trata de poblaciones artificiales, habituales en la mayoría de los municipios. Su interés selvícola se basa en que han sido la base del abastecimiento de madera para el sector de transformación y de exportación, si bien no han sido habituales las plantaciones orientadas a la producción de madera. La producción de madera se ha supeditado a la de fruta, por lo que ha sido habitual guiar los árboles para producir fustes cortos, frente a las trozas largas que requiere la carpintería. En algunos casos sin embargo, los propietarios han seguido las recomendaciones de los rematantes, y han conducido los árboles hacia trozas de mayor longitud para conseguir una mejor venta en el futuro. Sin embargo, difícilmente se hallan nogales con pocos defectos en el tronco que puedan ser utilizados como madera de calidad.

Los bosquetes diseminados en masas forestales tienen su origen a menudo en las poblaciones anteriores. Se asocian con frecuencia con ríos o arroyos, en áreas resguardadas y de suelo profundo. Se observa una buena regeneración natural y el porte habitualmente es favorable a la producción de madera de calidad, más dominante y menos globoso que en los árboles frutales.

En el escalón superior de naturalidad de las poblaciones, hay que situar las del norte peninsular que aparecen bien en el bosque mixto de frondosas o en bosques de ribera dominados por temblones o alisos. Se trata de estaciones caracterizadas por la riqueza del sustrato y de humedad elevada, capaces de albergar una gran diversidad de especies arbóreas y arbustivas (Blanco et al., 1997). La presencia del nogal es muy escasa, aunque en algunos montes y riberas llega a ser mayoritario. Entre este grupo y las plantaciones frutales se pueden encontrar diversos grados de asilvestramiento.

II. REGENERACIÓN Y TRATAMIENTOS DE REGENERACIÓN

No se han realizados tratamientos específicos para conseguir la regeneración del nogal de forma silvestre, debido a que no existe una selvicultura del nogal en masas naturales. Las masas que actualmente se gestionan son plantaciones, y su implantación es por lo tanto artificial. También existen bosquetes plantados o naturalizados en las inmediaciones de poblaciones, pero es difícil encontrar regeneración de importancia porque los terrenos suelen estar dedicados a la agricultura o ganadería. No obstante, se puede observar en alguno de estos bosquetes la existencia de brinzales en distintos grado de madurez. Habitualmente se trata de terrenos abandonados tras el éxodo rural que han sido colonizados por la especie, aunque excepcionalmente existen localizaciones donde la presencia del nogal es frecuente y continua desde hace muchos años y tradicionalmente se ha favorecido al regenerado espontáneo, mediante limpieas y trasplantando los brinzales a zonas libres de competencia.

II.1. PRINCIPALES FACTORES QUE AFECTAN A LA REGENERACIÓN

Disponibilidad de semillas

El nogal es una especie monoica con flores unisexuales. Las flores aparecen sobre yemas desarrolladas en cicatrices foliares ubicadas en ramas de un año. Las masculinas se agrupan en amentos desarrollados directamente a partir de yemas floríferas, en ramas del año precedente. Las femeninas se generan en yemas mixtas, que dan lugar a brotes nuevos en primavera en cuyo extremo aparecen habitualmente 2 ó 3 flores.

Es una especie autocompatible, aunque las floraciones masculina y femenina no coinciden. Este fenómeno se conoce como dicogamia, y da lugar a plantas protandras cuando la floración masculina es anterior a la femenina, protoginas en caso contrario y homógamas cuando ambas floraciones coinciden. La dicogamia favorece el cruzamiento entre individuos, de forma que facilita el mantenimiento de la variabilidad de las poblaciones. Estas características (protandria o protoginia, lapso entre floraciones, etc) dependen de la variedad, sin embargo el mayor o menor grado de solapamiento entre floraciones ~~pero~~ están muy influenciados por la edad del árbol y las características climáticas. Son más habituales las variedades protandras. Valores elevados de la temperatura primaveral tienden a adelantar la floración masculina, y sucede de forma inversa en las primaveras frescas. En las poblaciones naturales europeas, la protandria es más habitual que la protoginia en plantas de poblaciones naturales y se expresa más en el período juvenil de los árboles en los individuos jóvenes. (Giannini y Raddi, 1997).

La duración y momento de la floración femenina depende de la variedad ~~y~~ pero está también muy ligada al clima. Sucede a lo largo de 2 ó 3 semanas, pero el momento de máxima floración se suele ~~ciñe~~ a 10 días. La emisión de polen acontece durante 1 ó 2 semanas, con un máximo de floración también en torno a 10 días. La polinización es anemófila. La receptividad de los estigmas se extiende de 5 a 7 días y la vida del polen es de 2 a 3 días. Todas las fases están muy influenciadas por los factores climáticos de primavera y finales de invierno (Germain, 1992). En España la floración tiene lugar entre abril y junio.

Existe alta heredabilidad para algunos caracteres directamente relacionados con la disponibilidad de semillas, en particular, la época de apertura de yemas. Otro factor directamente relacionado es que las poblaciones de zonas de inviernos suaves tienen menores requerimientos de frío para iniciar la actividad tras la parada vegetativa. (Germain, 1992). La mayoría de los variedades-genotipos presentes en España son tempranas en brotación, lo cual influye directamente sobre su sensibilidad a las heladas primaverales.

A la disponibilidad de semillas también afecta directamente la susceptibilidad de los materiales a la bacteria *Xanthomonas campestris* pv. *juglandis* y al hongo *Gnomonia leptostyla*, muy elevada en algunos rodales. Estas enfermedades se desarrollan especialmente en primaveras lluviosas o en zonas con elevada humedad ambiental y atacan a una proporción muy elevada de las semillas haciéndolas completamente inviables.

Con formato: Fuente: Sin Cursiva

De los párrafos anteriores se deduce que la disponibilidad de semilla en las poblaciones silvestres o asilvestradas depende de la variedad, el número de individuos presentes y las condiciones climáticas de invierno y primavera. De hecho, la regeneración natural sólo ocurre con frecuencia en las estaciones resguardadas, cerca de cursos de agua, sobre terrenos profundos y en poblaciones con varias decenas de árboles adultos.

Germinación y primer desarrollo

Por Las características de la nuez, aunque no disponemos de datos al respecto, es previsible que el banco de semillas sea de escasa importancia. El tamaño de la nuez y su elevado contenido en lípidos y humedad hacen que sean buscadas con avidez por los animales (Fernández-López et al, 2005) y que sus condiciones se alteren rápidamente si no se desecan gradualmente hasta el 25-35%, y deben llegar hasta el 15% para que se conserven varios años (Ducci y Tani, 1997). Las escasas semillas que se salvan de la preda y la degradación, germinan sin problemas en la primera primavera, tras pasar un periodo de frío. Los porcentajes de germinación son muy elevados siempre que la semilla pueda rehidratarse, lo cual ocurre habitualmente entre piedras e irregularidades del terreno que también actúan de protección frente a la fauna. Las heladas tardías son el último obstáculo antes de iniciar su desarrollo. La combinación de todos estos factores hace que el regenerado no sea especialmente abundante ni regular.

El desarrollo inicial del nogal es rápido en las condiciones adecuadas. En un experimento en el que se compararon la supervivencia y desarrollo de nogales instalados mediante siembra directa, planta de contenedor y planta a raíz desnuda, los brinzales de siembra directa proporcionaron los mejores resultados en cuanto a supervivencia, crecimiento en altura y en diámetro a los 4 años (Ciccarese, 1998).

Establecimiento

El importante desarrollo inicial de la raíz pivotante es característico del nogal, al igual que en otras especies con germinación hipógea y grandes reservas en las semillas. A partir de esta raíz se desarrollan otras laterales y un tronco grueso y relativamente corto el primer año, cuya yema apical generará en años sucesivos brotes de longitud creciente. Desde el 2º-4º año aparece la ramificación, generalmente en la parte media y apical del brote anual, con un año de retraso sobre el crecimiento del mismo. Es una especie de luz y la ramificación genera una gran copa, caracterizada por los grandes arcos de las ramas. Cuando se desarrolla en competencia con otros individuos, puede crecer sin

dificultad si no está dominado, con brotes más delgados y escaso desarrollo de la ramificación. Si tiene la copa cubierta, presenta un desarrollo deficiente, corona pronto y mueren con frecuencia los brotes de las yemas apicales, incluso puede morir el árbol (Barthélémy et al., 1995).

Reproducción vegetativa

No presenta elevada aptitud para la propagación vegetativa, y apenas interviene esta vía en su propagación y establecimiento. Además del injerto, habitual en árboles frutales, rebrota de cepa. El *recepado* es una técnica habitual en la gestión de plantaciones, cuando la ausencia de podas o las heladas dañan irreversiblemente al tronco y no se puede formar un eje dominante y recto. No se propaga por brotes de raíz o estaquilla, y se debe recurrir al cultivo in vitro para multiplicar los mejores individuos, si bien esta técnica no es fácil y dista de ser tan eficaz como en otras especies (cerezo, populus...).

II.2. TRATAMIENTOS GENERALES

La selvicultura del nogal es principalmente una selvicultura de plantaciones. La regeneración se consigue mediante plantación, habitualmente en pequeñas parcelas de propietarios privados, y no se observan tratamientos asociados a métodos de ordenación. Existen diferencias entre las plantaciones, debido a que el nogal puede adaptar su crecimiento a las condiciones de la estación, y al ser una especie longeva, alcanzar los objetivos productivos en turnos muy variables, que superan con frecuencia los 80 años, pero que en las mejores estaciones están en torno a 25 años (Becquey, 2003). El objetivo general de estas plantaciones es lograr un fuste recto de al menos 3 m, con 45-50 cm de diámetro normal, con los nudos circunscritos a un núcleo central de 10-12 cm y crecimientos constantes. La selvicultura de plantaciones de nogal se ha abordado en distintas situaciones:

II.2.1. Plantaciones puras de nogal en turno corto.

La pérdida de rentabilidad de numerosos terrenos ha propiciado su paso al uso forestal. El nogal se viene empleando durante los últimos años en antiguos terrenos agrícolas de fertilidad media – alta, en plantaciones gestionadas para acortar el turno hasta los 25-30 años. Aunque la siembra directa ha dado muy buenos resultados en experimentos (Ciccarese, 1998), se emplean preferentemente la plantación. Los mejores resultados se consiguen con plantas de dos savias, que superen los 30 cm de altura y 0,5 cm de diámetro basal y que hayan sido repicadas (1+1). También se puede emplear brinzales de un año (1+0) aunque su tamaño suele ser escaso y sufre excesivamente de la competencia herbácea y el hielo. La utilización de plantas grandes, de 3 años o más, es desaconsejable porque el nogal evidencia la crisis fisiológica del trasplante, por el gran tamaño de la raíz pivotante. Han dado buenos resultados en las mejores estaciones, sin sequía, bajo clima oceánico y sin heladas de importancia. En caso contrario es frecuente que se desequie en mayor o menor medida desde la yema apical hacia la base, y sea necesario recepar al año siguiente para generar un eje dominante. Un aspecto importante en estas plantaciones es la disponibilidad de riego. Alcanzar turnos cortos (menores de 30 años) exige que no existan limitaciones ecológicas al crecimiento, por lo tanto se debe disponer de riego, suelo con suficiente profundidad y sin asfixia. Según Bergognoux y Grosperrière (1981; en Mercurio y Minotta, 2000) es necesario que la precipitación anual supere 700-800 mm, con 100-150 mm de precipitación estival. En

caso contrario hay que disponer de riego si se quiere alcanzar turnos cortos. En cuanto al clima, el periodo libre de heladas y la duración del periodo vegetativo condicionan la productividad. Como cifras orientativas, Mercurio y Minotta (2000) indican que la temperatura media anual debe estar entre 10 y 17 °C, y al menos 5 meses deben tener temperatura media superior a 10 °C. En función de que se cumplan en mayor o menor medida estos requerimientos, se alcanzarán antes o después los objetivos de crecimiento. El nogal que se consigue en estas plantaciones es de madera blanca si crece deprisa y se corta antes de que alcance grandes diámetros, entre 30 y 50 cm. En España se gestionan en la actualidad numerosas plantaciones con este objetivo. Se trata de alcanzar un turno tecnológico, entre 25-30 años y producir madera clara que admita el teñido de forma homogénea, con pocos desperdicios y el máximo volumen disponible para chapa mediante un programa estricto de podas. Hasta la fecha no han existido cortas en estas plantaciones, al menos de importancia, pero los resultados de Italia auguran la consecución de estos objetivos productivos. Se pueden diferenciar dos modelos dentro de este tipo de plantación, la plantación a espaciamiento definitivo y la plantación en marcos menores.

- **Plantación a espaciamiento definitivo:** En este caso la densidad varía entre 70 y 200 arb/ha, aunque el marco más habitual es 10x10 m (100 arb/ha). El objetivo es no realizar claras, y cortar todos los árboles en el momento que se establezca la competencia entre los árboles. Esta disposición tiene varias ventajas: elimina la necesidad de hacerclareos y claras de dudosa rentabilidad, disminuye el riesgo de que aparezca *Armillaria* al no existir restos de tocones y raíces, abarata los costes iniciales en cuanto al coste de planta y permite el cultivo intercalar agrícola durante varios años (Barone et al., 1997; Becquey, 1997). La desventaja evidente es que al contar con pocas plantas hay que asegurar al máximo su calidad, y que la ausencia de competencia facilita el engrosamiento de las ramas. Conviene reservar este grupo de plantaciones a las mejores fincas, aquellas de mayor fertilidad, frescas y resguardadas, con el objetivo de concentrar la capacidad de crecimiento en el mínimo número de árboles. Así se obtienen pocos árboles pero de buenas dimensiones, lo cual siempre es preferible a muchos árboles de escasas dimensiones cuando se trata de madera de calidad. La elección de la densidad de plantación se debe plantear en función del objetivo productivo. Para optimizar la plantación, la densidad debería ser la máxima que permita un crecimiento sin competencia hasta que se alcance el diámetro objetivo. En la tabla III.1 se indica el diámetro que se puede alcanzar sin problemas de competencia para varias densidades iniciales de plantación. Densidades iguales o inferiores a 200 arb/ha permiten, en teoría, que los árboles se puedan dedicar a la producción de chapa o sierra de calidad ($D_n \approx 35$ cm). En algunas zonas, se recurre a intercalar cultivos herbáceos durante los primeros años, esta práctica agroforestal suele mejorar los crecimientos, al verse los árboles favorecidos con los cuidados aplicados al cultivo intercalar. Sin embargo, el manejo agrícola de plantación debe ser cuidadoso para no ocasionar daños en la base de los troncos con los distintos aperos empleados.
- **Plantaciones a espaciamiento no definitivo:** Cuando el material vegetal no es de calidad o la finca presenta alguna limitación ecológica, conviene plantar a espaciamientos de 7 x 7 m o inferiores, sin descender de 4 x 4 m.

En estos casos se realizan clareos y claras a favor de los mejores árboles, para alcanzar el espaciamiento definitivo paulatinamente. Además de la posibilidad de seleccionar los nogales de la corta final, se aminora el crecimiento de las ramas laterales y es más rápido el incremento en altura. Densidades no superiores a 400 arb/ha permiten que la primera clara tenga aprovechamiento maderero ($D_n > 20$ cm).

II.2.2. Plantaciones puras de nogal en turno medio o largo.

Las condiciones ideales para explotar el rápido crecimiento del nogal no se dan en la mayoría de las estaciones, sin embargo la plasticidad de la especie es suficientemente amplia para abordar su cultivo en estaciones menos productivas. Las recomendaciones del apartado anterior son aplicables a estas plantaciones, con la diferencia básica de los crecimientos. La silvicultura tradicional se ha basado en conseguir las dimensiones para la producción de chapa en turnos cercanos a los 60 años, sin aportar riego y plantando preferentemente a espaciamiento definitivo. Este esquema se ajusta a la revalorización de parcelas a largo plazo, con esfuerzos concentrados en los 10 primeros años. El interés para el propietario radica en que no suelen existir otras alternativas agrícolas para la finca, y la gestión de la plantación es compatible con otras labores.

- **Plantación a espaciamiento definitivo:** Al igual que en el caso anterior, el espaciamiento inicial debe ser consecuente con la calidad de la estación y la calidad del material vegetal disponible. En las fincas de calidad media (precipitación anual superior a 700 mm, 100-150 mm de precipitación estival, temperatura media superior a 10 °C, profundidad del suelo de 80 cm, sin encharcamiento) el crecimiento medio en diámetro es aproximadamente de 1 cm/año y se puede plantar a la densidad definitiva, entre 7 x 7 m y 12 x 12 m.
- **Plantaciones a espaciamiento no definitivo:** En fincas en las que no se dan las condiciones anteriores, como en la mayoría de las fincas de secano, el crecimiento es lento, y en alcanzar 50 cm de diámetro se puede tardar más de 100 años (Montero y Cisneros, 2006). En estas condiciones ecológicas, la realización de una correcta preparación del suelo, el gradeo durante los primeros años y la ejecución de podas durante los primeros 10-12 años permite optimizar el crecimiento en la medida de lo posible, y se puede esperar recoger madera de sierra a partir de 50 años y reservar los mejores árboles para la producción de chapa en turnos largos, probablemente por encima de 80 años. El crecimiento lento genera madera con mucho color y veteado marcado, la de mayor valor, lo cual puede justificar este tipo de plantaciones. Parece recomendable plantar a densidad superior a la definitiva, para poder escoger los árboles destinados a chapa y contar con suficientes nogales para afrontar las adversidades que pueden surgir en un turno largo. El espaciamiento debe permitir el paso de la maquinaria de mantenimiento y que la competencia no se establezca demasiado pronto, para disminuir el número de clareos sin valor económico. La densidad recomendable está entre 4 x 4 m y 5 x 5 m.

II.2.3. Plantaciones de nogal con acompañamiento.

Para evitar los inconvenientes del crecimiento libre en terrenos muy expuestos, diversos autores han ensayado la plantación conjunta de nogales con acompañamiento de un sotobosque (Buresti et al., 1997; Courraud, 1990; Hemery, 2001). Éste tiene el papel de proteger al nogal del efecto desecante del sol y el viento, favorecer el crecimiento en altura, la disminución del grosor de las ramas, eliminar la competencia herbácea, reducir la evaporación del horizonte superior en el entorno del árbol y la posibilidad de incorporar nitrógeno atmosférico mediante especies como aliso o eleagno. A las ventajas que repercuten directamente sobre la forma y el crecimiento del árbol hay que añadir el aumento de la diversidad, la posibilidad de obtener algún beneficio económico de los arbustos (miel, biomasa, hongos, etc.) e incluso dificultar la proliferación de plagas y enfermedades (Buresti et al., 1995). El inconveniente radica en el encarecimiento de las labores de plantación y en la complicación que supone la gestión de varias especies frente a una finca monoespecífica. El esquema básico de esta gestión consiste en aprovechar los beneficios de la competencia intraespecífica sin que llegue a repercutir negativamente sobre el crecimiento del nogal. Para ello las especies arbustivas deben acompañar al nogal en su crecimiento hasta que éste alcanza 8 – 10 m, sin llegar nunca a dominarlo (Courraud, 1990). A falta de experiencia al respecto, las recomendaciones generales para escoger las especies acompañantes son que soporten la sombra, no superen los 10 m de altura, que crezcan a una velocidad similar a la del nogal, con un crecimiento inicial superior, preferentemente fijadoras de nitrógeno y que puedan tener algún aprovechamiento (Courraud, 1990). Evidentemente el primer requisito es la adaptación a la estación, por lo que conviene emplear los arbustos y árboles existentes en las proximidades de la finca. Las especies escogidas determinan la distancia a la que se plantarán respecto a los nogales, desde las de menor porte como el saúco (*Sambucus nigra* L.), eleagno (*Eleagnus angustifolia* L.) o avellano (*Corylus avellana* L.) plantadas entre 0,5 y 2 m, hasta las de porte elevado como los alisos (*Alnus glutinosa* (L.) Gaertn., *Alnus cordata* (Loisel.) Duby, *Alnus incana* (L.) Moench), sauces (*Salix* sp.), o acacia (*Robinia pseudoacacia* L.) plantadas de 2 a 4 m. Otra alternativa es plantar filas de coníferas de crecimiento rápido (*Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco, *Pinus radiata* D. Don, *Thuja aplicata* Donn ex D. Don) intercaladas entre las frondosas para que ejerzan un papel de cortavientos y permitan un aprovechamiento como madera de industria cuando se deban eliminar. Un caso particular es la plantación en fincas cortadas a hecho o rozadas, para aprovechar la rápida competencia que se establece con los rebrotes de los árboles y arbustos cortados.

III. TRATAMIENTOS CULTURALES

III.1. LIMPIAS

Al tratarse de plantaciones a densidad media o baja, no es necesario eliminar árboles en las primeras edades para modificar la competencia intraespecífica. Por el contrario, son muy importantes los desherbajes, binas o gradeos para eliminar la competencia herbácea que es habitual en terrenos destinados anteriormente al cultivo agrícola. Con esto se consigue que el arraigo y crecimiento inicial sea óptimo y se pueden alcanzar una adecuada productividad. Existen numerosas referencias de la disminución de crecimiento que genera la competencia herbácea (p.e. Paris et al., 2005). Las técnicas empleadas son las habituales en la forestación de tierras agrarias (gradeo, suelo plástico,

herbicidas...), siendo el gradeo cruzado (1 ó 2 pases) durante los primeros 5-7 años la más habitual entre los propietarios.

III.2. CLAREOS Y CLARAS

Buena parte de las plantaciones realizadas en España en los últimos años han seguido el esquema habitual en Francia de utilizar el espaciamiento definitivo. En este caso no es necesario planificar intervenciones intermedias antes de la corta final. Cuando las condiciones ecológicas, la calidad del material vegetal o la disponibilidad del propietario aconsejan que se parta de un mayor número de plantas, hay que procurar que la competencia no influya negativamente sobre el crecimiento, a la vez que se busca la rentabilidad de los árboles extraídos ~~con~~ a tal fin.

Frattegiani y Mercurio (1991) proponen el empleo del factor de competencia de copas (CCF) para caracterizar el momento y la intensidad de la clara en plantaciones de nogal. A partir de las recomendaciones de Schlesinger y Funk (1977) y de mediciones realizadas en plantaciones italianas, establecen que CCF no debe superar 110 para mantener el crecimiento sin competencia, y que tras la clara se debe alcanzar un valor de 70. En la práctica esta recomendación se concreta en la corta del 30-35% de los árboles en cada intervención (Mercurio y Minotta, 2000). Las claras siempre se hacen a favor de los árboles de mejores características morfológicas y de crecimiento, para maximizar el porcentaje de nogales dedicado a chapa en la corta final.

A partir de mediciones realizadas sobre 1100 árboles en plantaciones forestales de Castilla y León y 55 árboles adultos en crecimiento libre, Montero y Cisneros (2006) obtienen una relación entre diámetro normal (Dn) y diámetro de copa (Dc) para determinar el rango de densidad (árboles/ha) recomendable en plantaciones.

$$Dc = 0,580511 Dn^{0.759553}$$

Mediante esta relación se puede establecer la densidad teórica de una plantación distribuida a marco real para cada valor de diámetro medio. Incorporando a esta ecuación las recomendaciones de Frattegiani y Mercurio (1991), se puede determinar:

- El diámetro normal medio al que debe realizarse la primera intervención en función de la densidad de partida (tabla III.1)
- Una propuesta de intervenciones para alcanzar la producción de madera de chapa de grandes dimensiones (Dn = 60 cm) en crecimiento sin competencia (tabla III.2), según las calidades descritas en el apartado IV.1.
- La densidad inicial de plantación menor o igual a 400 arb/ha permite que en la primera clara se extraigan árboles con valor comercial (Dn > 20cm).
- La plantación a espaciamiento definitivo con densidad igual o inferior a 200 arb/ha permite obtener dimensiones aptas para la producción de chapa (Dn ≈ 35 cm).

Tabla III.1: Dn medio en el que existe exceso de competencia en función de la densidad inicial de plantación, según el criterio de Frattegiani y Mercurio (1991)

Densidad de plantación inicial (arb/ha)	Dn medio para el que existe exceso de competencia (cm)	Arb/ha a cortar para que no exista competencia
100	53	36
150	41	55
200	34	73
250	29	91
300	26	109
350	23	127

400	21	145
500	18	182
600	16	218
700	15	255
800	13	291
900	12	327
1000	12	364
1100	11	400

Tabla III.2: Programación de intervenciones propuestas

Edad		Antes de la intervención (CCF = 110 %)			Tras la corta (CCF= 70%)	Arb. a cortar
Calidad I	Calidad II	Dn (cm)	Dc (m)	N (arb/ha)	N (arb/ha)	N (arb/ha)
13	20	21	6	400	255	145
19	27	29	7	255	162	93
27	38	39	9	162	103	59
40	55	52	12	103	66	37
51	70	60	13	66		66

Calidades descritas en el apartado IV.1

III.3. PODAS

Probablemente se trata de la tarea de mayor importancia para la selvicultura de nogal, porque la ramificación del nogal no es adecuada para la producción de madera de calidad. El porte natural es globoso, con ramas muy gruesas y agrupadas aproximadamente en pisos. Si no se poda anualmente, el árbol no alcanza ninguno de los objetivos productivos y su valor es nulo (Buresti et al, 2002). Los pasos para producir madera de calidad en nogal los define el programa de podas, y se pueden sintetizar en una primera fase de podas de formación en la que se logra una troza única y recta, una segunda fase para determinar la altura de la troza de calidad y lograr que no presente nudos, y por último la fase de desarrollo libre de la copa, en la que no se realizan podas y pueden ser precisas claras en función de la densidad inicial. En la figura III.1 se representa el esquema habitual de podas de nogal (Lefièvre, 1994).

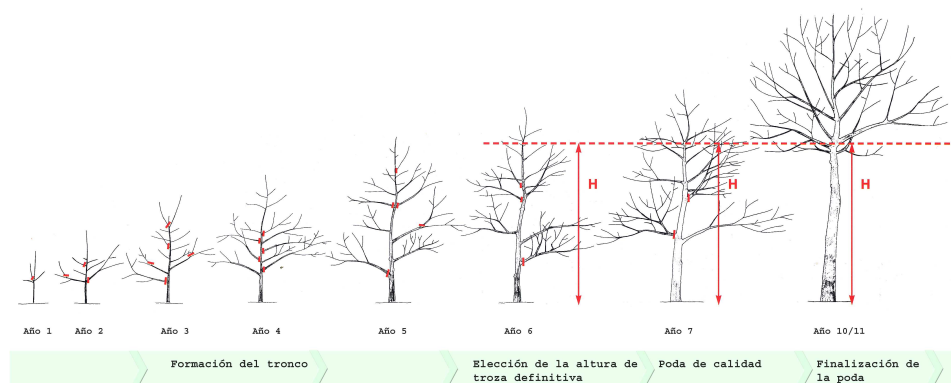


Figura III.1: Curvas Esquema general de la poda del nogal (Lefièvre, 1994)

Duración de las podas

La poda del nogal se inicia en el primer año si se ha producido un buen arraigo, en caso contrario se puede retrasar al segundo año. La fase de podas acaba cuando la troza de calidad está bien definida y limpia de ramas, y habitualmente se extiende durante los 10 ó 12 años iniciales. En esta fase, el árbol crece preferentemente en altura, ya que todos los años se elimina una parte de la copa y esto ralentiza el incremento diametral. El engrosamiento del árbol, que definirá el volumen maderable y su valor, se logra en los años sucesivos, mediante el desarrollo libre de la copa. En los primeros años (4-7 según Lefièvre (1994), al menos 5 según Aletà (2005), se define la altura de la troza de calidad, la porción del tronco entre la base y la copa que se destinará a la producción de chapa o madera de sierra.

Recepe

Cuando el árbol ha agarrado pero la conformación es muy deficiente, se recurre a recepar, cortando a ras del suelo en enero-febrero, antes de que inicie el movimiento de savia. El brote que se genera en la primavera es muy vigoroso porque se beneficia de las reservas y la estructura radical existente, y puede ser conducido adecuadamente. Aunque el nogal rebrota de cepa con facilidad, hay que reservar el recepe a los árboles bien arraigados (con crecimientos superiores a 50 cm), porque los árboles sin vigor no emiten rebrotes o son muy pequeños.

Época de poda

Aunque se puede podar en invierno y en verano, la poda de verano (desde finales de mayo a mediados de julio) presenta mayores ventajas. Permite recuperar los defectos provocados por las heladas de primavera, disminuye en riesgo de emisión de chupones, facilita la valoración de la intensidad de la poda al observar directamente el volumen foliar disponible y propicia una rápida cicatrización. La poda de invierno es recomendable para eliminar las ramas muy gruesas que no se cortaron a tiempo y deben iniciar su cicatrización cuanto antes, pero no elimina la necesidad de la poda estival. Hay que recalcar que el nogal reacciona con intensidad a las podas y que la poda

invernal puede generar un chupón a la misma altura de la cicatriz que supere en diámetro a la rama podada (Bidini y Casini, 2000), la eliminación de estos chupones vigorosos se efectuará con la poda de verano y muy probablemente se deberá recurrir a más de una intervención.

Altura de la troza a podar

El procesamiento industrial de la madera requiere trozas de al menos 2,20 m, lo que supone que el objetivo mínimo en campo alcance los 2,5-3 m de altura. La altura máxima a la que se puede llegar podando son 6 m, a veces más (Becquey, 1997). Entre ambos valores, el selvicultor debe escoger la altura en función del vigor y conformación del árbol y la calidad de estación. Hay que ser prudente a la hora de valorar la potencialidad del árbol, porque subir en exceso la altura de poda genera árboles desequilibrados con escasos crecimientos diametrales y muy sensibles a los daños por viento (árboles con forma de ‘chupachups’). En parcelas agrícolas muy expuestas conviene plantear inicialmente el objetivo de 3 m y podar por encima sólo los mejores árboles. Los terrenos profundos y fértiles en los que crecen nogales con cierta dominancia permiten llegar fácilmente a trozas de 6 m. Las recomendaciones de Léfievre (1994) indican que la copa se debe crear a partir de un conjunto de ramas más o menos horizontales situadas aproximadamente a la misma altura (la “palma” del nogal), no se puede acabar la poda en una horquilla marcada porque existe un gran riesgo de que se acabe desgarrando por acción del viento. Tampoco es adecuado finalizar la troza en ramas finas que no darán lugar a las ramas principales de la copa, porque acabarán muriendo y generando una pudrición (Becquey, 1997). Por último, en el caso de plantaciones a espaciamiento mayor del definitivo, hay que concentrar los trabajos de poda de calidad a mayor altura en los árboles destinados a la corta final, no tiene sentido podar hasta 6 m en árboles cuya segunda troza (por encima de 3 m) no tiene un diámetro suficiente para aprovecharse.

Metodología de la poda

El corte se efectúa en perpendicular al eje de la rama, respetando el rodete de cicatrización. Hay que evitar tanto los muñones que produce un corte que no se ajusta al rodete de cicatrización, como el corte paralelo al tronco desgarrando este rodete. La cicatrización se facilita si el corte es limpio, la herida circular y el rodete está intacto. Las ramas del nogal cicatrizan correctamente cuando su diámetro en la inserción con el tronco no supera los 2,5 - 3 cm, por lo tanto hay que cortar esas ramas y en previsión las que puedan alcanzarlo al año siguiente. También hay que conseguir que los nudos que producen estos cortes se sitúen en un núcleo interior lo menor posible, es deseable que esté entre de 10-15 cm de diámetro, por lo que las ramas se cortan antes de que el diámetro del tronco a la altura de la rama podada alcance esta dimensión. En ocasiones no se corta la rama completamente porque puede suponer una pérdida excesiva de biomasa y descompensar la copa, o porque a la misma altura ya se ha cortado otra u otras ramas. Se procede despuntando o terciando la rama, con un corte a la altura de una yema sana situada en la parte baja de la rama. Con este corte se consigue ralentizar el engrosamiento de la rama mediante el desarrollo de una rama a partir de la yema inferior. Otra opción al corte de la rama es curvarla, para inhibir su dominancia y favorecer al tronco principal. Se realiza sobre las brotaciones verdes, en el momento en que se inicia la lignificación y en la fase de ralentización del crecimiento en verde, forzando retorciendo, sin romper la rama, a lo largo de toda su longitud, con presiones realizadas a pequeños intervalos con las dos manos. También se puede atar al tronco o colocar un peso en la punta. Al año siguiente se corta, con la ventaja de que no habrá

engrosado tanto como si se hubiera dejado libre, por tanto la relación entre el diámetro del trono y el de la rama será más favorable a su cicatrización.

Como recomendaciones generales en cuanto a intensidad de la poda, no hay que cortar más de la mitad de la biomasa foliar, y conviene distribuir las podas de forma que las ramas se repartan homogéneamente en toda la altura de la copa y en toda su circunferencia. La creación de desequilibrios en esta distribución genera deformaciones en el crecimiento del tronco. Una regla habitual para mantener el equilibrio es podar una rama y dejar otra en la dirección opuesta, bien a la misma altura o a otro nivel (Lefièvre, 1994).

II.2.1. Poda de formación.

El objetivo de esta poda es conseguir un eje único, favoreciendo el desarrollo de la yema apical sin competencia de otras ramas. La pérdida de la guía terminal del nogal es relativamente frecuente, por heladas, sequía, competencia herbácea, enterramiento del cuello de la raíz, estación inadecuada, ataques de insectos u hongos o genotipos de escasa dominancia (Becquey, 1997). Si no se realizan podas de formación, el porte se vuelve globoso o surgen grandes horquillas que imposibilitan la producción de madera de calidad. Se puede llevar a cabo por varias vías, mediante poda equilibrada, poda dinámica o poda sistemática.

II.2.1.1 Poda equilibrada

Se trata de podar a lo largo de todo el tronco, priorizando las ramas que pueden suponer un riesgo para la dominancia de la guía. Conviene actuar de arriba hacia abajo. En primer lugar se eliminan las ramas del año que tiene inserción aguda y compiten con la guía terminal, en particular las horquillas. Después se cortan por la base las ramas de un año o más crecidas ~~sobre el tronco~~, con inserción aguda y cuyo desarrollo hace peligrar la dominancia de la guía. Por último se cortan las ramas que han alcanzado el grosor máximo (2,5 – 3 cm), las que pueden alcanzarlo a lo largo del año o las que puedan hacerlo al inicio del próximo periodo vegetativo.

En la poda dinámica pueden quedar ramas sin podar, que deberían haber sido eliminadas según los criterios anteriores, pero cuyo corte implica una pérdida excesiva de biomasa y compromete el crecimiento y la estabilidad del árbol. En ese caso conviene terciarlas, y dejar a las intervenciones de años posteriores la recuperación de estos defectos. En la elección de ramas a podar y en su ejecución hay que seguir las recomendaciones indicadas previamente en “Metodología de la poda”.

II.2.1.2 Poda dinámica

Lefièvre y Carmeille (2005) han simplificado el proceso de poda equilibrada. Con el objetivo de facilitar su aplicación, se elimina el concepto de altura objetivo y la poda de formación se ciñe a producir un tronco recto de 3-4 m. Para ello los dos primeros años, se eliminan todas las ramas. El árbol alcanza unos 2 m al final del 2º año. El tercer año, se siguen eliminando las ramas por la parte inferior pero se pueden dejar crecer algunas ramas entre 2 y 4 m. Es necesario controlar la longitud de las ramas para impedir que desequilibren la copa y se produzcan roturas, por lo que en el momento de la poda, se acortan las ramas horizontales que se han conservado. Esta labor de equilibrado hay que mantenerla durante 1 ó 2 años después de que la troza basal está sin ramas (desde los 5 a los 7 años aproximadamente).

Con formato: Español (alfab. internacional)

El proceso concluye a los 6 ó 7 años. Se puede subir un metro más la altura podada siempre que la forma y el vigor sean favorables.

Con formato: Español (alfab. internacional)

II.2.1.3 Poda sistemática.

Con formato: Español (alfab. internacional)

La conformación del nogal no es favorable a la poda, por la disposición y grosor de las ramas. Para facilitar su ejecución, algunos selvicultores han desarrollado metodologías para podar sistemáticamente según un esquema prefijado. Su principal ventaja es la facilidad para aplicarlas, independientemente del conocimiento o experiencia del operario. Los inconvenientes derivan de que el material vegetal plantado hasta la fecha es muy heterogéneo y no se puede asegurar una buena respuesta, además se deben practicar en estaciones convenientes a la especie, porque implican podas constantes de un volumen foliar importante. La presencia de microcuencas dentro de la finca, vientos de importancia y material de origen desconocido puede producir desequilibrios de importancia en la relación entre la copa y la altura total del árbol. Conviene por lo tanto reservar esta metodología a los mejores árboles y fincas. Existen varias aproximaciones:

- **Poda en taco de billar:** Consiste en eliminar todas las ramas anualmente, de forma que sólo se deja la metida anual de la yema apical o bien eliminar todas las yemas sobre el tronco al inicio del periodo vegetativo, antes de que se desarrollen. Posteriormente hay que volver a intervenir a lo largo del verano para podar los chupones generados (Becquey, 1997). Se puede realizar durante 2 ó 3 años seguidos como máximo y permite formar rápidamente una troza corta de 3 m aproximadamente y sin nudos (Lefièvre, 1994). La principal ventaja es que todo el volumen se puede aprovechar para chapa, pero el desequilibrio producido obliga a emplear tutores. Se debe reservar a las mejores estaciones, con suelo profundo y sin vientos de importancia, para que pueda recuperar la copa rápidamente cuando finalice la poda. Se practica en las plantaciones de doble uso, frutal y forestal, para definir rápidamente la troza y permitir la expansión de la copa para conseguir fruto (Becquey, 1997). Exige grandes cuidados, que con frecuencia incluyen fertilización y riego, y genera trozas más cortas que las alcanzadas en las mismas estaciones con poda dinámica, por lo que hay que valorar adecuadamente su utilidad cuanto el fin es exclusivamente forestal.
- **Poda replicativa:** Buresti et al. (2001) han desarrollado una metodología que puede incluirse en este grupo. Una vez que el nogal ha arraigado, se puede iniciar la poda. Se requiere que el árbol tenga un incremento en altura en torno a 50 cm para que supere sin dificultad el estrés de las podas. En junio-julio del primer año (o marzo del segundo, antes de que mueva la savia) se eliminan todas las ramas cuyas yemas apicales estén por encima de la inserción del crecimiento del año. En años sucesivos se repite esta operación y además se cortan todas las ramas de 3 años. Con esta metodología se consigue replicar una misma estructura en la copa del árbol durante los años que se tarda en alcanzar la altura de la troza de calidad.

II.2.2. Poda de calidad

La distinción entre poda de calidad y poda de formación sólo se observa con claridad en el método de poda equilibrada. En el resto la consecución del eje y la eliminación de nudos son simultáneas. La consecución de un eje sin nudos implica la eliminación de todas las ramas en la troza de calidad, con la precaución de no desequilibrar la copa. Las recomendaciones generales recogidas anteriormente son aplicables aquí.

III.4. FERTILIZACIÓN

Las plantaciones realizadas en antiguos terrenos agrícolas se benefician de los nutrientes residuales que quedan en el suelo tras los anteriores cultivos, y los resultados obtenidos hasta la fecha son satisfactorios si el objetivo es un turno de 60 años. Para reducir este turno, la gestión intensa de la plantación requiere del aporte de nutrientes en caso de que el suelo no pueda suministrar los aportes necesarios. Hay que tener en cuenta que el abonado debe orientarse a la mejora del arraigo y del crecimiento inicial, no se trata de compensar las extracciones de nutrientes de las plantaciones frutales. Aunque existen plantaciones gestionadas con fertirrigación, hay que recordar que el exceso de abonado facilita el engrosamiento de las ramas, retrasa la lignificación y puede ocasionar mayor sensibilidad a heladas tardías y a roturas por viento. No son adecuadas por tanto las programaciones establecidas para frutales.

El cálculo de las dosis de abonado depende de un gran número de factores ecológicos (textura, riqueza en nutrientes, pH, pluviometría, temperatura, etc). No se puede generalizar, aunque algunos autores aportan valores generales que pueden servir de orientación.

Luna (1990) recomienda el abonado orgánico con 20 a 30 t/ha de estiércol (o 20 a 30 kg/hoyo en caso de no cubrir todo el terreno), 100 a 150 kg/ha de P_2O_5 y 150 a 200 kg/ha de K_2O . Estos valores son similares a los recomendados por Barone et al. (1997), 15 a 20 t/ha como mínimo de estiércol, 100 a 200 kg/ha de P_2O_5 y 150 a 200 kg/ha de K_2O . Becquey (1997) recomienda valores más elevados de P_2O_5 y de K_2O , entre 200 y 300 kg/ha, probablemente por la mayor precipitación anual en Francia. También señala la conveniencia de aportar abonado orgánico de fondo, y de utilizar aportaciones puntuales de nitrógeno para recuperar árboles con escaso vigor. Una regla sencilla es abonar con 50 a 70 g de nitrógeno por planta (mediante la correspondiente cantidad de sulfato amónico, urea, etc), esparciéndolo a unos 30 cm del árbol. Posteriormente se añaden otros 30-50 g/planta a esta cantidad hasta el 5º año (si fuera necesario) en que se puede llegar a 180 g/planta.

III.5. SANITARIOS

La gestión de plantaciones mediante una selvicultura cuidadosa exige prestar atención a los aspectos fitopatológicos. Aunque las enfermedades y plagas que causan graves perjuicios en las plantaciones frutales no suelen tener el mismo impacto en las forestales, conviene señalar algunas que pueden mermar la potencialidad del crecimiento.

Daños abióticos

El nogal vegeta en estaciones sometidas a frío intenso durante el invierno sin que suponga un inconveniente para su vigor. Sin embargo el crecimiento y la forma del árbol se ven gravemente afectadas por las heladas fuera de temporada. Las heladas

primaverales son muy frecuentes y desaniman a muchos propietarios a la hora de afrontar la plantación, pero el daño producido se puede recuperar mediante podas desde finales de mayo o mediados de junio, una vez que ha pasado la época de heladas. Son más perjudiciales las heladas de otoño, al final del periodo vegetativo, porque deforman el crecimiento del año y comprometen el del siguiente. Para evitar este riesgo no hay que abusar del riego al final del verano, ya que prolongar en exceso el periodo de crecimiento no permite alcanzar una adecuada lignificación.

El otro daño biótico de importancia es la asfixia radicular. La elección del terreno y la programación y diseño del riego deben perseguir que no exista riesgo de encharcamiento en los primeros 60 cm, aunque lo más recomendable es contar con una profundidad en torno al metro.

En algunas zonas de la Península Ibérica la cantidad de caliza activa puede ser muy elevada, superando fácilmente valores de un 6%; el nogal se desarrolla en estas condiciones pero su crecimiento se ve afectado, especialmente los primeros años, pudiendo llegar a padecer efectos irreversibles por clorosis férrica que le pueden ocasionar la muerte. En áreas muy calizas tratamientos preventivos de la clorosis a base de quelatos pueden ser muy necesarios.

Enfermedades

Antracnosis: *Gnomonia leptostyla* (Fr.) Ces. & De Not. Este hongo es muy frecuente. Produce manchas de color marrón oscuro sobre hojas, frutos y ramillos verdes, que llegan a producir defoliaciones importantes, pérdida de frutos y chancros que acaban secando a las ramas. Es favorecido por las primaveras húmedas y cálidas. Los medios de lucha son la poda y quema de las ramillas afectadas, junto con las hojas caídas y el tratamiento en primavera con fungicidas.

Tinta: La provoca el hongo *Phytophthora cinnamomi* Rands o *Phytophthora cambivora* (Petri) Buisson. El hongo vive en el suelo y se extiende e infecta al árbol cuando el ambiente es húmedo y cálido. Los síntomas son la debilidad en el vigor, ramas puntisecas y caída prematura de las hojas, pero lo más característico es la supuración negra en la base del árbol. Penetra a través de las raíces, normalmente por heridas, y puede llegar a alcanzar el cuello produciendo la muerte del árbol. El perjuicio causado por este hongo es importante, ya que afecta a árboles adultos y cuando se observan los síntomas en la copa, el daño producido en la base del tronco, la parte más valiosa del tronco, está muy avanzado. En árboles jóvenes la infección es más rápida y el nogal muere rápidamente. Los tratamientos eficaces son preventivos, se deben evitar las fincas donde exista noticia de esta enfermedad, los suelos pesados, los sistemas de riego que produzcan un mal drenaje y el movimiento de herramientas y suelo sin desinfectar entre fincas. En plantaciones jóvenes se realizan tratamientos con fungicidas. En las plantaciones afectadas se deberá evitar el riego superficial para no diseminar la enfermedad por toda la parcela, sustituirlo por localizado, y descalzar los troncos de los árboles que muestren los primeros síntomas.

Armilaria, podredumbre: Producida por el hongo *Armillaria mellea* (Vahl: Fr.) Kummer, que al penetrar bajo la corteza de la raíz, produce el amarilleamiento prematuro de algunas hojas, el secado de ramas y un micelio blanco bajo la corteza del tronco. Permanece en el suelo, en madera muerta (restos de poda, raíces muertas). Cuando aparece en una plantación es muy complicado erradicarlo, por lo tanto se recomienda ~~no~~ evitar los suelos en los que se sospeche de la presencia del hongo, antiguas plantaciones y parcelas con restos de cortas (Muncharaz, 2001). En Francia, los daños provocados por este hongo motivan que se prefiera la plantación a espaciamiento definitivo, para evitar que las raíces de árboles apeados sirvan como

vector de propagación hacia los árboles reservados para la corta final (Becquey, 1997). Los árboles afectados deben arrancarse lo antes posible y airear la zona donde se hallaban ubicados para eliminar el hongo por oxigenación.

Bacteriosis. Causada por la bacteria *Xanthomonas campestris* pv. *juglandis* (Pierce) Dye (*Xanthomonas arboricola* pv. *juglandis* (Pierce) Vauterin et al.). Afecta a todas las partes verdes del árbol, produciendo manchas cloróticas de pequeño tamaño en las hojas, que posteriormente se necrosan y deforman el limbo. Las manchas son más alargadas en el ~~pecíolo~~pecíolo. También produce manchas y desecamiento de amentos, flores femeninas, yemas y frutos. En las ramas no lignificadas produce chancros que acaban por anillarlas y secarlas. El calor y la humedad favorecen su desarrollo, así como el exceso de abonado y riego. No existen tratamientos curativos eficaces, hay que prevenir el daño mediante la aplicación de compuestos de cobre en el momento de desborre, floración femenina y cuajado (Ninot; 1999, en Muncharaz, 2001). También es recomendable podar y quemar las ramas infectadas, retirar las hojas y frutos atacados y evitar que el riego moje las hojas.

Plagas

Aunque son numerosos los insectos citados como dañinos en plantaciones frutales de nogal, los que causan más daño en plantaciones forestales son los ~~xilófagos~~xilófagos, en particular dos lepidópteros, *Zeuzera pyrina* L y *Cossus cossus* L.

Zeuzera pyrina L.: Lepidóptero nocturno. La oruga, de 5 a 6 cm de largo, hace galerías en la madera, en cuyas salidas deposita los excrementos. En el tronco de los árboles jóvenes los daños son notables, ya que deforma el eje, debilita la planta e incluso llegar a morir. En ramas produce el desecamiento por encima de la galería y también puede ocasionar roturas. Cuando el ataque es leve, en particular sobre árboles de escasa altura, se pueden tratar de forma puntual las galerías introduciendo algodón con insecticida mediante un alambre, un aplicador tubular o directamente matando a la larva por presión en la galería. Para los casos más graves hay que recurrir al control químico o a trampas de feromonas. Tienen un riesgo especial las plantaciones situadas cerca de frutales o choperas, donde también ataca este insecto.

Cossus cossus L.: Se trata de otro lepidóptero xilófago. La larva es de mayor tamaño que la de *Zeuzera* y suele atacar árboles de mayor tamaño, en particular al tronco y ramas gruesas. Aunque no es frecuente que mate al árbol, las galerías que taladra en el tronco devalúan notablemente la calidad de la madera. Los tratamientos son similares a *Zeuzera*.

IV. CRECIMIENTO Y PRODUCCIÓN

IV.1. CALIDAD DE ESTACIÓN

No existen trabajos específicos sobre calidad de estación en España. Montero y Cisneros (2006) proponen curvas de crecimiento de diámetro elaboradas a partir de dos fuentes, los datos obtenidos en parcelas forestadas con la especie en Castilla y León dentro del Programa de Forestación de Tierras agrarias (1993-2006); y pares de valores edad-diámetro normal recogidos en bibliografía. Esta clasificación de calidades pretende recoger la variabilidad de situaciones en las que crece el nogal, desde el crecimiento escaso en cultivos de secano hasta los extraordinarios crecimientos recogidos en plantaciones con riego y abonado. Las curvas representativas de las

calidades no corresponden con el valor medio de la calidad, pretenden ajustarse a los resultados obtenidos en la mayoría de las parcelas y citas bibliográficas analizadas (figura IV.1). Se ha empleado el modelo de Richards

$$Dn = a * \exp(1 - b * Edad)^c$$

donde Dn es el diámetro normal medio de la parcela, Edad son los años de la plantación y a, b y c son parámetros a estimar (tabla IV.1).

Tabla IV.1: Parámetros del modelo de Richards para las calidades propuestas por Montero y Cisneros (2006)

Calidad	Parámetros		
	a	b	c
I	82,9593	0,0272422	1,13268
II	79,4889	0,0237244	1,36059
III	60,1773	0,0259649	1,69596

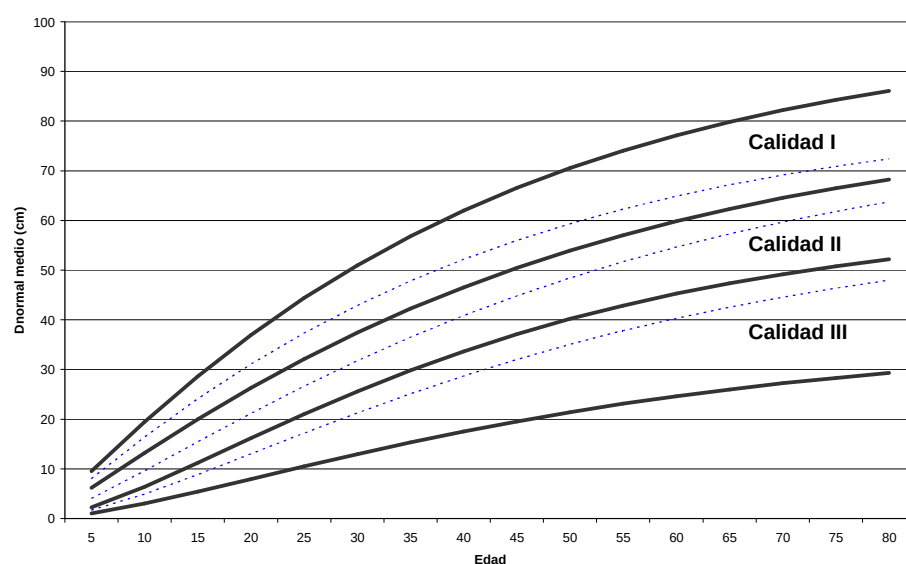


Figura IV.1: Curvas de calidad para el nogal en plantaciones. En trazo continuo los límites de calidades, en trazo discontinuo la curva representativa de la calidad (Montero y Cisneros, 2006).

IV.2. CRECIMIENTO

El nogal es capaz de adaptar su crecimiento a la estación, en un rango amplio de valores. Ximénez de Embún (1962) cita como 34 cm el valor medio del diámetro a 80 años, mientras que en algunas parcelas plantadas sobre antiguos cultivos a los 13 años se superan los 20 cm (Montero y Cisneros, 2006). Como valor de referencia de crecimiento en diámetro, se considera que en una estación adecuada alcanza un crecimiento medio entorno a 1 cm/año (Becquey, 1997; Mercurio y Tabacchi, 1997). Este valor está citado en plantaciones de España (Aletà et al., 2003; Montero y

Cisneros, 2006), aunque existen referencias de crecimientos superiores a 2 cm/año en plantaciones jóvenes (Minotta et al., 1993).

En plantaciones de 6 a 26 años y 5 a 35 cm de diámetro normal, Bordin et al. (1996) han desarrollado el siguiente modelo de incremento diametral

$$Id = 0,1949 e^{17,0980/Edad} + 0,0333 Dn - 0,0012 Dn^2$$

donde Id es la previsión de crecimiento diametral bianual

En plantaciones de 7 a 27 años, Di Vaio y Minotta (2005) obtienen el siguiente modelo de crecimiento diametral

$$Dnormal\ medio = 7,2917 e^{0,0599Edad}$$

El modelo de crecimiento elaborado por Montero y Cisneros (2006) se recoge en la tabla III.2. La calidad II de esta tabla describe la curva guía del crecimiento diametral para los datos recogidos en plantaciones de Castilla y León junto con los citados en bibliografía.

IV.3. TURNO

El turno se condiciona habitualmente a la producción de madera para chapa. Ha ido descendiendo a lo largo de los años, según disminuían las existencias de grandes árboles que abastecían mayoritariamente la demanda. Era frecuente hablar de nogales negros cuando el árbol superaba los 80 años, por el color oscuro que tomaba la madera, y se cita esta edad como referencia de corta en algunos trabajos, aunque ha sido habitual cortar árboles de más de 100 años.

Cuando se abordó la plantación forestal como alternativa selvícola para la especie, se tomó como valor de referencia el turno de 60 años (Becquey, 1997; Mercurio y Tabacchi, 1997), con el objetivo de obtener trozas de diámetro superior a 50 cm. Las favorables condiciones del cultivo en parcelas frente al crecimiento sin cuidados específicos ha permitido abordar la producción de madera de chapa en turnos de 40-50 años (Mercurio y Tabacchi, 1997)

Berti (1997) sitúa en 35-40 cm el diámetro mínimo para producir chapa, y Di Vaio y Minotta (2005) obtienen que estas dimensiones se pueden alcanzar en 30-35 años. Los extraordinarios crecimientos que se observan en algunas plantaciones realizadas recientemente en España parecen indicar que el turno tecnológico inferior a 30 años es factible. Berti y Mercurio (1992; en Mercurio y Tabacchi, 1997) advertían contra esta opción, por no resultar interesante económicamente, aunque trabajos posteriores parecen indicar que cuando el nogal crece rápido y sin competencia, el color de la madera es claro y homogéneo, y toma muy bien el tinte, por lo que parece existir un mercado para árboles crecidos en turnos entre 25 y 30 años. Becquey (2003) también indica que es posible producir nogales de dimensiones interesantes para el mercado a los 25-30 años.

IV.4. PRODUCCIÓN

Como corresponde a la variabilidad en el crecimiento expuestas anteriormente, existe un amplio rango de productividad. En la revisión realizada por Mercurio y Tabacchi (1997) se citan producciones medias de 2,1 a 6 m³/ha/año. Según Becquey (1997) se produce 1 m³/ha/año de madera de calidad para chapa o ebanistería en turno de 60 años. En plantaciones jóvenes, de 16 a 26 años, Bordin et al. (1996) han obtenido productividades de 1,9 a 2,3 m³/ha/año. Di Vaio y Minotta (2005) encuentran valores entre 0,45 y 2,93 m³/ha/año en plantaciones de 7 a 27 años, y proponen la siguiente relación entre edad y crecimiento en volumen

Con formato: Color de fuente: Rojo

$$\text{Vol (m}^3\text{/ha)} = 11.181 e^{0.0514\text{Edad}}$$

Los datos de este apartado corresponden al volumen del tronco. Hay que recordar que en el nogal alcanzan un elevado valor la raíz y la palma, incluso las ramas gruesas. Por lo tanto habría que contar con una productividad real mayor. Para cubicar el volumen del tronco, se puede recurrir a la tarifa obtenida en el 1^{er} Inventario Forestal Nacional (ICONA, 1980) o por Bordin et al. (1986) en plantaciones en Italia

$$V = -11,6 + 0,336 Dn + 0,2692 Dn^2 \quad (\text{ICONA, 1980})$$

$$V = 0,8508 - 0,5674 Dn + 0,3237 Dn^2 \quad (\text{Bordin et al., 1986})$$

En ambos casos V es el volumen en dm³. La primera ecuación produce valores inferiores, típicos de árboles en crecimiento libre sin podas orientadas a la producción de madera, por lo que en la valoración de plantaciones es más recomendable la segunda.

V. ESQUEMA SELVÍCOLA

Se han comentado a lo largo del texto las variadas posibilidades en cuanto a objetivos y crecimientos que admite esta especie. En el esquema se recogen de forma simplificada los dos planteamientos más habituales en las plantaciones actuales. En el primer itinerario se sintetiza la plantación a espaciamiento definitivo en un terreno de buena calidad, con riego y un periodo vegetativo largo y sin heladas. El objetivo es la obtención en el menor tiempo posible de madera para chapa o sierra de calidad superior, con un tono claro homogéneo, en una troza de 4 – 6 m con diámetro superior a 40 cm. El segundo itinerario corresponde un terreno de calidad media plantado a espaciamiento superior al definitivo, en general adecuado al nogal, con precipitación anual superior a 700 mm, periodo vegetativo de 7 meses y sin encharcamiento, pero con alguna limitación en cuanto a heladas o sequía estival. El objetivo es producir en torno 100 arb/ha de la mejor calidad, a partir de una densidad inicial de 400 arb/ha. El resto de los árboles se extraen en tres claras y se destinan a sierra de distintas calidades.

Tabla V.1: Esquema selvícola

Edad	1 ^{er} itinerario, calidad I		2 ^o itinerario, calidad II		
	Dn (cm)	Densidad (arb/ha)	Dn (cm)	Densidad (arb/ha)	Intervención
1 a 6	0 -->10	150	0 -->4	400	Poda de formación
7 a 11	10 --> 18	150	4 --> 11	400	Poda de calidad
20	31	150	21	400-->255	Clara
27	40	150 (corta final)	29	255-->162	Clara
38			39	162-->103	Clara
55			52	103	Corta final

VI. BIBLIOGRAFÍA

ALETÀ N., 2005. El nogal para producción forestal. Conferencia del curso “Maderas nobles: oportunidades reales de la producción de maderas nobles”. Organizado por Ibercaja. Cogullada (Zaragoza), 14-15 de marzo.

ALETÀ, N., NINOT, A., 1995. Field evaluation of *J. regia* selected clones from seedling populations of Mediterranean and Atlantic Spanish coasts. Acta Horticulturae 442: 63-69.

Con formato: Inglés (Reino Unido)

Con formato: Inglés (Reino Unido)

Con formato: Inglés (Reino Unido)

- ALETÀ N., NINOT A., VOLTAS J., 2003. Caracterización del comportamiento agroforestal de doce genotipos de nogal (*Juglans* sp.) en dos localidades de Cataluña. Invest. Agrar.: Sist. Recur. For. 12(1), 39-50.
- BARONE E., BURESTI E., CANNATA F., DI MARCO L., MERCURIO R., MINOTTA G., PARIS P., 1997. Modelli colturali e tecniche di coltivazione. En: Il noce comune per la produzione legnosa, coordinado por Giannini R. y Mercurio R. Ed. Avenue Media, Bologna, Italia, pp 115-163.
- BARONE E., BURESTI E., CANNATA F., DI MARCO L., MERCURIO R., MINOTTA G., PARIS P., 1997. Modelli colturali e tecniche di coltivazione. En: Il noce comune per la produzione legnosa, coordinado por Giannini R. y Mercurio R. Ed. Avenue Media, Bologna, Italia, pp 115-163.
- BARTHÉLÉMY D., SABATIER S., PASCAL O., 1995. Le développement architectural du noyer común *Juglans regia* L. (Juglandaceae). Fôret-Entreprise n° 103, 61-68.
- BECQUEY J., 1997. Les noyers à bois. Institut pour le Développement Forestier. Paris, Francia. 144 pp.
- BECQUEY J., 2003. Les noyers, des feuillus comme les autres. Forêt-entreprise, n° 150, 51-54.
- BERTI S., 1997. Caratteristiche tecnologiche. En: Il noce comune per la produzione legnosa, coordinado por Giannini R. y Mercurio R. Ed. Avenue Media, Bologna, Italia, pp 261-274.
- BIDINI C., CASINI L., 2000. Ricacci e potatura nel noce comune (*Juglans regia* L.). Sherwood, n° 57, 10-11.
- BLANCO E., CASADO M.A., COSTA M., ESCRIBANO R., GARCÍA M., GÉNOVA M., GÓMEZ A., GÓMEZ F., MORENO J.C., MORLA C., REGATO P., SAINZ H., 1997. Los bosques ibéricos. Una interpretación geobotánica. Ed. Planeta. Barcelona. 572 pp.
- BORDIN C., FRATTEGANI M., MERCURIO R., TABACCHI G., 1996. Valutazioni sulla produzione legnosa in piantagioni di noce comune dell'Italia centrale. Modelli di previsione e indici de competizione. Monti e Boschi 47(3), 54-61.
- BURESTI E., BIDINI C., MORI P., 2001. Una nuova tecnica per il noce : la potatura replicativa. Sherwood, n° 66, 11-16.
- BURESTI E., BIDINI C., MORI P., 2002. Come affrontare la potatura del noce (*Juglans regia* L.). Ed. Compagnia delle Foreste, Arezzo, Italia. [en línea]. Disponible en <http://www.arboricoltura.it/PUBBLICAZIONI/File/ArPotature.pdf> [Consulta : 24 de noviembre de 2006]
- BURESTI E., DE MEO I., FALCIONI S., FRATTEGANI M., 1997. L'utilizzo del noce comune, del noce nero e del noce híbrido in arboricoltura da legno. Primi risultati di una prova comparativa in impianti misti di 8 anni di età. Ann. Ist. Sper. Selv., XXV y XXVI, 243-260.
- BURESTI E., FRATTEGANI M., SESTINI L., 1995. Le consociazioni in arboricoltura da legno: primi risultati di impianti sperimentali con latifoglie pregiate. Congreso Arboricoltura da legno e politiche comunitarie, Tempio Pausania (Italia), 22-23 junio 1993. pp 173-180.

- CICCARESE L., 1998. Performance in campo di noce comune (*Juglans regia*) da legno: confronto dopo 4 anni dall'impianto tra semina directa, semenzali a radice nuda e in contenitore. Monti e Boschi, n° 3/4, 51-58.
- COURRAUD R., 1990. Les sous-étages. Forêt-entreprise, n° 67, 25-31.
- DI VAIO C., MINOTTA G., 2005. Indagine sulla coltivazione del noce da legno in Campania. Forest@ 2 (2), 185-197. [en línea]. Disponible en <http://www.sisef.it/> [Consulta: 14 de marzo de 2007].
- DÍAZ R., 2001. Mejora genética de *Juglans regia* L. para uso forestal. Tesis Doctoral. Universidad Politécnica de Madrid. Madrid.
- DUCCI F., TANI A., 1997. Propagazione e tecnica vivaistica. En: Il noce comune per la produzione legnosa, coordinado por Giannini R. y Mercurio R. Ed. Avenue Media, Bologna, Italia, pp 91-112.
- FERNÁNDEZ LÓPEZ J., DÍAZ R., COGOLLUDO M.A., PEREIRA S. 2000. Conservación de recursos genéticos de las frondosas nobles en España. Invest. Agr.: Sist. Recur. For.: Fuera de Serie n° 2. 71-93.
- FERNÁNDEZ-LÓPEZ J., ALETÀ N., ALÍA R., 2005. Walnut (*Juglans regia*) genetic resources conservation strategy. [en línea]. Disponible en: http://www.ipgri.cgiar.org/networks/euforgen/Networks/Scattered_Broadleaves/NHStrategies/JuglansSppConsStrategy.htm. [Consulta: 10 de noviembre de 2006].
- FRATTEGANI M., MERCURIO R., 1991. Il fattore di competizione delle chiome (CCF) nella gestione delle piantagioni da legno di noce comune (*Juglans regia* L.). Monti e Boschi. n° 5, 59-61.
- GERMAIN E., 1992. Le noyer. En : Amélioration des espèces végétales cultivées. Objectifs et critères de sélection. Coordinado por Gallais A. y Bannerot H. Ed. INRA, Paris, Francia. pp 621-632
- GERMAIN E., 2000. Origine, centres de diversification et dissémination du noyer dans le monde. Noyer infos n° 2. Institut pour le Développement Forestier.
- GERMAIN, E., DELORT, F., KANIVETS, V., 1995. Precocious maturing walnut populations originating from Central Asia : their behaviour in France. Acta Horticulturae 442: 83-91.
- GIANNINI R., RADDI S., 1997. Caratteristiche riproduttive e miglioramento genetico. En: Il noce comune per la produzione legnosa, coordinado por Giannini R. y Mercurio R. Ed. Avenue Media, Bologna, Italia, pp 67-89.
- HEMERY G.E., 2001. Growing walnut for fruit and timber in the UK: conference at HRI East Malling. Q. J. Forest. n° 95, 29-36.
- ICONA., 1980. Las frondosas en el primer inventario forestal nacional. Publicaciones del Ministerio de Agricultura. Madrid. 236 pp.
- LEFIÈVRE J., 1994. Le noyer à bois. Guide pratique de taille. Ed. Groupement de Développement du Noyer à Bois en Aquitaine, Monbazillac, Francia. 27 pp.

Con formato: Inglés (Reino Unido)

Con formato: Inglés (Reino Unido)

LEFÈVRE J., CARMEILLE J., 2005. Técnicas de poda de nogal para madera en Aquitania. Jornadas hispano-francesas sobre el nogal: la producción de fruto y de madera. La Poble de Mafumet (Tarragona), 22, 23 y 24 de noviembre de 2005.

Con formato: Español (alfab. internacional)

Con formato: Español (alfab. internacional)

Con formato: Español (alfab. internacional)

LUNA F., 1990. El nogal. Ed. MAPA (Servicio de Extensión Agraria) y Mundi-Prensa. Madrid. 155 pp.

MERCURIO R., MINOTTA G., 2000. Arboricoltura da legno. Ed. CLUEB, Bolonia, Italia, 203 pp.

MERCURIO R., TABACCHI G., 1997. Produzione legnosa. En: Il noce comune per la produzione legnosa, coordinado por Giannini R. y Mercurio R. Ed. Avenue Media, Bolonia, Italia, pp 165-178.

MINOTTA G., LOEWE V., FERRI D., 1993. Indagine sulla coltivazione del noce da legno (*Juglans regia* L.) in alcuni ambienti dell'Appennino settentrionale e della pianura padana. Monti e Boschi, n° 3. 46-56.

MONTERO G., CISNEROS O., 2006. Informe sobre el desarrollo del proyecto AGL2003-09347-CO2-01, "Selvicultura de plantaciones de frondosas autóctonas productoras de madera de calidad en Castilla y León". Documento de trabajo de uso interno.

MUNCHARAZ M., 2001. El nogal. Ed. Mundi-Prensa, Madrid, España. 299 pp.

PARIS P., PISANELLI A., TODARO L., OLIMPIERI G., CANNATA F., 2005. Growth and water relations of walnut trees (*Juglans regia* L.) on a mesic site in central Italy: effects of understory herbs and polyethylene mulching. Agroforestry System n° 65, 113-121.

RUIZ DE LA TORRE J., 2006. Flora mayor. Ed. MMA, Organismo Autónomo de Parques Nacionales. Madrid. 1756 pp.

SCHLESINGER R.C., FUNK D.T., 1977. Manager's handbook for black walnut. North Central Forest Experimental Station. Forest Service U.S.D.A., General Technical Report NC-38. 22 pp. [en línea]. Disponible en http://www.ncrs.fs.fed.us/pubs/gtr/gtr_nc038.pdf [Consulta: 12 de enero de 2003].

XIMÉNEZ DE EMBÚN J., 1962. Los nogales. Hojas divulgadoras n° 17. Ministerio de Agricultura. 16 pp.