

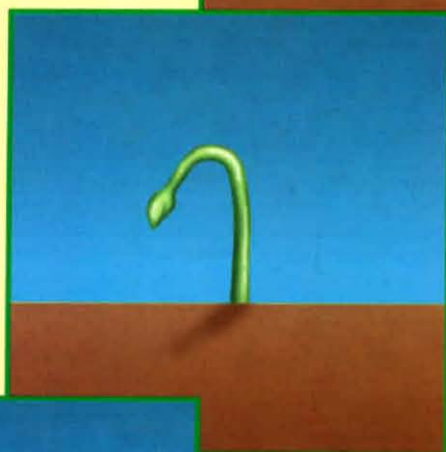
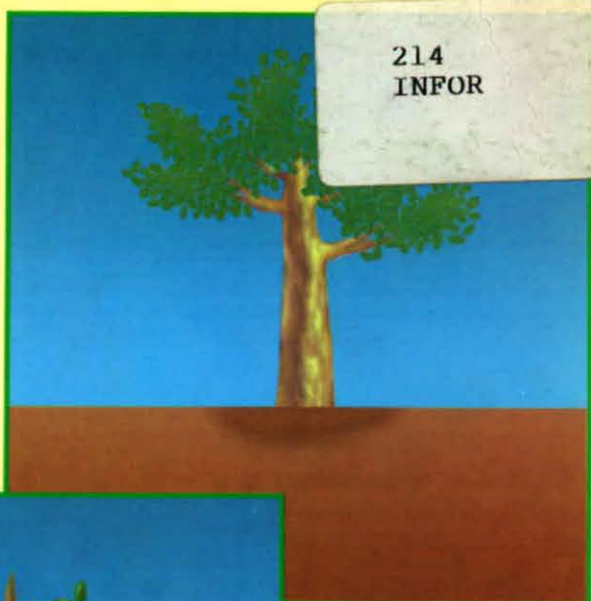


INFOR
INSTITUTO FORESTAL



0004109

214
INFOR



Monografía de Nogal negro
(*Juglans nigra*)

A

Monografía de Nogal negro
(*Juglans nigra*)

SILVICULTURA DE ESPECIES NO TRADICIONALES: UNA MAYOR DIVERSIDAD PRODUCTIVA

PROYECTO FINANCIADO POR FIA (MINAGRI) - FONSI (CORFO)

NOGAL NEGRO

Juglans nigra

MONOGRAFÍA



AUTORES:

**VERÓNICA LOEWE M.
MARÍA EUGENIA CAMELIO R.**

- INFOR -

SANTIAGO, MAYO 1998.

ÍNDICE



1. ANTECEDENTES GENERALES	1
1.1 Descripción del árbol	1
1.2 Distribución	2
1.3 Tipo forestal	2
1.4 Aspectos reproductivos	3
1.5 Aspectos genéticos	3
2. REQUERIMIENTOS ECOLÓGICOS	8
2.1 Suelo	8
2.2 Clima	8
2.3 Altitud	9
3. PLAGAS Y ENFERMEDADES	10
3.1 Hongos	10
3.2 Insectos	12
3.3 Animales	15
3.4 Clima	15
4. SILVICULTURA Y MANEJO	16
4.1 Propagación	16
4.1.1 Regeneración natural	16
4.1.2 Propagación artificial	16
4.1.2.1 Producción, colecta, extracción y almacenamiento	16
4.1.2.2 Germinación	18
4.1.2.3 Viverización	18
4.1.2.4 Propagación vegetativa	19
4.2 Establecimiento	19
4.2.1 Plantación	19
4.2.2 Densidad de plantación	22
4.2.2.1 Objetivo maderero	22
4.2.2.2 Objetivo frutal	22
4.2.2.3 Objetivo multipropósito	23
4.2.2.4 Objetivo agroforestal	23
4.2.2.5 Otros objetivos	23
4.2.3 Riegos	23
4.2.4 Fertilización	24
4.2.5 Control de malezas	28
4.3 Manejo	33
4.3.1 Crecimiento	33

4.3.2 Tratamientos silviculturales	38
4.3.2.1 Plantaciones mixtas	38
4.3.3 Raleos	43
4.3.4 Podas	44
5. PRODUCCIÓN	47
5.1 Producción de madera	47
5.1.1 Características y clasificación	47
5.1.1.1 Características macroscópicas	47
5.1.1.2 Características microscópicas	48
5.1.2 Propiedades físicas	48
5.1.3 Propiedades mecánicas	50
5.1.4 Secado de la especie	51
5.1.5 Aprovechamiento	52
5.1.6 Usos	52
5.2 Rentabilidad	53

BIBLIOGRAFIA

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1: Control de <i>Datana integerrina</i> según tipo de insecticida	12
Cuadro 2: Producción esperada de nueces con cáscara según diámetro del árbol	17
Cuadro 3: Características de la siembra según tratamiento pregerminativo	18
Cuadro 4: Comparación de crecimiento en altura y sobrevivencia entre plantación y siembra directa en Nueva Zelanda	20
Cuadro 5: Sobrevivencia y crecimiento en altura según tipo de contenedor después de tres años de realizada la plantación	20
Cuadro 6: Sobrevivencia y crecimiento en altura según tipo de planta después de dos años de realizada la plantación	21
Cuadro 7: Sobrevivencia y altura según tipo de planta después de 3 temporadas de crecimiento	21
Cuadro 8: Crecimiento en altura según tipo de planta en los 6 primeros años	22
Cuadro 9: Niveles de nutrientes (%) en hojas de nogal negro	24
Cuadro 10: Crecimiento en diámetro en árboles con y sin fertilización nitrogenada	25
Cuadro 11: Crecimiento en diámetro después de 4 años de controlar malezas y fertilizar	26
Cuadro 12: Crecimiento y desarrollo según tipo de fertilizante e inoculación	27
Cuadro 13: Herbicidas recomendados para un control pre – plantación	28
Cuadro 14: Sobrevivencia y crecimiento según tipo de control de malezas	29
Cuadro 15: Sobrevivencia y crecimiento en altura y diámetro según tipo	

control de malezas	30
Cuadro 16: Altura de las plantas según tipo de herbicida aplicado	31
Cuadro 17: Crecimiento en altura y diámetro según tipo de herbicida utilizado	32
Cuadro 18: Respuesta de nogal negro según nivel de control de malezas	33
Cuadro 19: Crecimiento y desarrollo según tipo de micorrizas utilizadas	34
Cuadro 20: Supervivencia y desarrollo de diferentes procedencias después de 10 años	35
Cuadro 21: Crecimiento de nogal negro con manejo agroforestal	36
Cuadro 22: Crecimiento proyectado para plantaciones de nogal negro en Chile	37
Cuadro 23: Principales especies recomendadas para plantaciones mixtas con nogal negro	40
Cuadro 24: Diferencia en diámetro (%) entre plantaciones puras de nogal negro y plantaciones mixtas de 13 años de edad según localidad	41
Cuadro 25: Diferencia en diámetro (cm) entre plantaciones puras de nogal negro y plantaciones mixtas según la edad	42
Cuadro 26: Número de árboles por hectárea antes y después del raleo	44
Cuadro 27: Desarrollo de árboles después de 3 y 6 podas consecutivas	45
Cuadro 28: Número de brotes epicórmicos según intensidad de poda	45
Cuadro 29: Respuesta a distintas intensidades de poda	46
Cuadro 30: Propiedades físicas, térmicas y químicas de la corteza de nogal negro	49
Cuadro 31: Variación de algunas propiedades físicas según la localidad, sitio y tasa de crecimiento	49
Cuadro 32: Algunas propiedades mecánicas de nogal negro creciendo en Estados Unidos y Nueva Zelanda	50
Cuadro 33: Propiedades mecánicas en estado verde y seco	51
Cuadro 34: Programa de secado para nogal negro	51
Cuadro 35: TIR (%) según tipo de plantación multipropósito	53

Juglans nigra

1. ANTECEDENTES GENERALES

Pertenece a la familia **Juglandaceae** y al género **Juglans**, que incluye 15 especies de árboles deciduos o arbustos altos, de la zona temperada de Norte América y del noroeste de Sur América, y desde la parte noreste de Europa hasta el este de Asia. **Juglans nigra** también se conoce como nogal americano, american walnut, black walnut, noce nero, nogal negro, noyer noir, entre otros (Carnevale, 1955; Hovie, 1969; Brinkman, 1974). Albert (1914) señala que el nombre indígena norteamericano de la especie es dentosoe kwanone.

1.1 DESCRIPCIÓN DEL ÁRBOL

Especie caduca de gran tamaño que puede alcanzar 18 – 27 m de altura y 61 – 91 cm de diámetro. Presenta un fuste recto y limpio, y una copa abierta y amplia (Calvo *et al*, s.f.; Albert, 1914; Preston, 1962; Streets, 1962).

Al respecto Streets (1962) y Albert (1914) señalan que puede alcanzar alturas de 45,7 m y diámetros de 4 a 6 m.

Desarrolla una pequeña copa cuando se encuentra en bosquetes; en situaciones abiertas la copa es amplia, lo que muestra su intolerancia a la sombra (Hovie, 1969).

La corteza es delgada de color café claro cuando joven, pero empieza a oscurecerse cuando madura, con surcos profundos y delgados (Albert, 1914; Carnevale, 1955; Van Camp, 1956; Grimm, 1962; Preston, 1962; Hovie, 1969; Bourger y Castaneri, 1988). El sistema radicular posee una raíz principal pivotante y raíces secundarias profundas (Hovie, 1969).

Presenta hojas alternadas y compuestas que miden entre 30 a 60 cm de largo, con 15 – 23 folíolos de 7,6 a 10,2 cm de longitud y 3 – 4 cm de ancho, obovado - lanceolados, finamente aserrados, de color amarillo verdoso, glabras en la cara superior y pubescentes en el envés (Albert, 1914; Carnevale, 1955; Van Camp, 1956; Grimm, 1962; Preston, 1962; Collingwood y Brush, 1964; Hovie, 1969; IDF, 1981; Montagna y Lassini, 1983; Bourger y Castaneri, 1988).

El fruto es una nuez globosa de 3,8 a 5,0 cm de diámetro, que se encuentra solitaria o en racimos de 2 ó 3; su cáscara es delgada de color amarillo verdoso, pubescente, y la cubierta de la nuez rugosa (Grimm, 1962; Preston, 1962; Bourger y Castaneri, 1988).

1.2 DISTRIBUCIÓN

Es originaria del este de los Estados Unidos y se extiende desde el sudeste de Canadá hasta el Golfo de México, donde es una de las especies más apreciadas por la alta calidad de su madera (Accademia Nazionale di Agricoltura, s.f.; Calvo *et al*, s.f.; Albert, 1914; Forest Products Research, 1956; Streets, 1962; Lucier y Hinckley, 1982; Haslett, 1986; Loewe, 1994). En Estados Unidos se encuentra en los suelos aluviales de Maryland, Pennsylvania y Virginia, en el oeste de Nebraska y Texas (Collingwood y Brush, 1964).

Fowells (1965) señala que se distribuye al norte y sur de Minnesota, sur de Wisconsin, sur de Michigan, sur de Ontario, sur de Nueva York y Vermont, oeste de Massachusetts y noroeste de Connecticut.

En Europa se introdujo en 1630, siendo en un principio una especie ornamental, pero gracias a su rápido crecimiento se convirtió en una especie maderera. En Italia su presencia se limita al Valle del río Po (Calvo *et al*, s.f.).

Debido a que soporta bajas temperaturas también se encuentra en Suecia, Checoslovaquia, y Polonia, entre otros países (Loewe, 1994).

1.3 TIPO FORESTAL

Es muy común encontrarla asociada a otras especies de maderas duras, siendo poco frecuente en bosques puros (Bett, 1958; Grimm, 1962; Hovie, 1969).

En Canadá se asocia con *Fraxinus americana*, *Prunus serotina*, *Tilia sp.*, *Carya sp.*, *Fagus sp.*, *Quercus velutina*, *Quercus alba*, *Betula alleghanensis* entre otras (Hovie, 1969).

En su rango de distribución natural crece junto a otras formaciones vegetales, pero rara vez es abundante. Es una especie secundaria en 4 tipos forestales de Estados Unidos (Fowells, 1965), a saber:

Tipo 48: Bosques de maderas duras – *Juniperus virginiana*

Tipo 52: *Quercus alba* – *Quercus rubra* – *Carya sp.*

Tipo 56: *Quercus rubra* – *Carya tomentosa* – *Liquidambar styraciflua*

Tipo 60: *Fagus grandiflora* – *Acer saccharum*.

Generalmente se encuentra entre otras especies, pero pocas veces se encuentra en forma pura dentro de su rango de distribución natural (Betts, 1958; Fowells, 1965).

Entre las principales especies asociadas se encuentran *Liriodendron tulipifera*,

Fraxinus americana*, *Prunus serotina*, *Tilia sp.*, *Fagus sp.*, *Acer saccharum*, *Quercus sp.*, y *Carya sp. (Fowells, 1965).

El tipo forestal Bosques de maderas duras – ***Juniperus virginiana*** (Tipo 48) se encuentra en Kentucky y la parte central de Tennessee, y frecuentemente presenta un mayor porcentaje de nogal negro.

Cerca del límite oeste de su distribución natural, en la parte baja se asocia con ***Ulmus americana*, *Celtis occidentalis*, *Fraxinus pennsylvanica***, y con ***Tilia sp.***, y ***Quercus rubra*** en bajas laderas (Weaver et al, 1925).

1.4 ASPECTOS REPRODUCTIVOS

Es una especie monoica que presenta flores masculinas en amentos colgantes de 10 – 15 cm de longitud que se desarrollan en brotes axilares; las flores femeninas tienen un pedúnculo corto y se ubican en brotes terminales (Carnevale, 1955; Brinkman, 1974); estas últimas maduran en diferentes épocas dentro del mismo árbol (Brinkman, 1974).

El fruto es una drupa globosa, de 3 – 5 cm de diámetro, con una cubierta gruesa de color verdosa a negruzca, que encierra una nuez redondeada, aplanada, con surcos longitudinales medianamente profundos y un endocarpio grueso, leñoso y duro (Carnevale, 1955; Brinkman, 1974).

En el hemisferio norte florece entre abril y junio, mientras que la maduración de los frutos ocurre entre septiembre y octubre, dispersándose las semillas en los meses de octubre y noviembre (Lamb, 1915; Carnevale, 1955; Brinkman, 1974).

1.5 ASPECTOS GENÉTICOS

Existen numerosas razas locales adaptadas a las diferentes condiciones de suelo y clima, que presentan distintas características de crecimiento. En las plantaciones se ha observado que existen grandes diferencias en el comportamiento de procedencias distintas (Loewe, 1994).

Nogal negro presenta una amplia variación en el crecimiento en función de la calidad y origen de las semillas; así plantas de 6 años de edad presentan alturas que varían entre 1,2 y 4,0 m (Nicholas, 1988).

Rink (1989a) menciona que existen más de 400 variedades de nogal negro; sin embargo las más conocidas se pueden clasificar en dos grupos, variedades para la producción de nueces y variedades para la producción de maderera.

➔ *Variedades para la producción de nueces:*

- **Burns:** originaria de Ontario; su fruto es de tamaño pequeño, con una cáscara delgada. Un alto porcentaje del fruto lo constituye la semilla, que es fácil de extraer del pericarpio.
- **Edras:** originaria de Iowa; el porcentaje del fruto que ocupa la semilla es alto, al igual que su peso.
- **El - tom:** originaria de Ohio; es una mezcla entre las variedades **Thomas** y **Elmer myers**, y se caracteriza por presentar una cáscara delgada, y una semilla de color claro que ocupa casi todo el fruto.
- **Emma k:** variedad originaria de Illinois; se caracteriza por presentar una semilla de un excelente sabor que ocupa casi todo el fruto.
- **Grundy:** originaria de Iowa; es la que presenta el mayor peso y porcentaje del fruto ocupado por la semilla. Se produce pobremente en Kentucky, no siendo una buena selección para la producción en climas cálidos.
- **Hare:** originaria de Illinois; sus semillas son largas y lisas, y debido a la consistencia de la cáscara son fáciles de limpiar. Es fácil de propagar por estacas y semillas.
- **Harney:** originaria de Kentucky.
- **Homeland:** originaria de Virginia; se caracteriza por madurar tempranamente y producir nueces alargadas y ligeramente rugosas.
- **Mintle:** originaria de Iowa; su nuez es pequeña y está catalogada como la de mejor sabor dentro de las nueces producidas por nogal negro. Pueden ser almacenadas a temperatura ambiente durante dos años sin ponerse rancias. Presentan una alta sobrevivencia en plantaciones.
- **Monterrey:** originaria de Pennsylvania; sus frutos son largos. Es fácil de propagar en forma vegetativa y a través de injertos; sobrevive bien en plantaciones.
- **Myiers:** originaria de Ohio; se caracteriza por presentar una cáscara muy delgada, y por ser resistente a la antracnosis, pero requiere de buenos suelos y adecuados cuidados culturales.
- **Ohio:** como su nombre lo dice, esta variedad es originaria de Ohio; es moderadamente resistente a la antracnosis.

- **Pinecrest**: originaria de Pennsylvania; produce frutos alargados, cuya semilla ocupa un alto porcentaje de éste.
- **Snyder**: originaria de Nueva York; se caracteriza por ser de color medio. En general no esta bien catalogada como productora de frutos.
- **Sparrow**: originaria de Illinois; se caracteriza por tener un buen color y sabor y ser muy resistente a la antracnosis.
- **Stambaugh**: originaria de Illinois; produce frutos alargados, es susceptible a la antracnosis.
- **Stabler**: originaria de Maryland. La semilla desarrolla un solo lóbulo.
- **Thomas**: originaria de Pennsylvania; fue descubierta en 1881, por lo que es ampliamente conocida dentro de Estados Unidos. Se caracteriza por presentar semillas alargadas de buen sabor.
- **Todd**: originaria de Ohio. Esta variedad es fácil de limpiar, presentado un alto rendimiento.
- **Vandersloot**: originaria de Pennsylvania; presenta una nuez de gran tamaño. Es resistente a la antracnosis.
- **Victoria**: originaria de Kentucky. En general son árboles vigorosos.

Zarger (1975) por su parte señala además a las siguientes variedades como adecuadas para la producción de frutos:

- **Cochrane**: originaria de Wisconsin. Se caracteriza por presentar una semilla grande; presenta sobrevivencias en plantaciones de aproximadamente un 75%. Es muy susceptible a la antracnosis, la cual puede causar una defoliación temprana en verano.
- **Michigan**: como su nombre lo indica, esta variedad es originaria de Michigan. La semilla ocupa un alto porcentaje del fruto. Presenta alta sobrevivencia en plantaciones.
- **Schreiber**: originaria de Indiana; presenta un alto porcentaje de sobrevivencia en plantaciones.

➔ *Variedades para la producción maderera:*

Rink (1989a), señala que Purdue Research Fundation (Universidad de Purdue) ha desarrollado nueve variedades de nogal negro para la producción maderera, seleccionadas por su rápido crecimiento en altura y diámetro, y buena forma.

- **Purdue 1:** moderadamente susceptible a la antracnosis.
- **Purdue 2:** de rápido crecimiento pero moderadamente recta, las hojas se desarrollan más tarde que el promedio. Es una buena alternativa cuando el cultivo frutícola no va a ser considerado.
- **Purdue 3:** combina rápido crecimiento con una buena resistencia a la antracnosis y una forma recta. La producción de nueces es errática año a año.
- **Knox 1:** es de rápido crecimiento, presenta una alta producción de nueces y una adecuada resistencia a la antracnosis, pero no es del todo recta. Es susceptible a las heladas de primavera ya que sus hojas emergen una semana más temprano que el promedio.
- **Lawrence 1:** una variedad de rápido crecimiento, recta y con una excelente resistencia a la antracnosis.
- **Lawrence 2:** no crece tan rápido como la anterior, pero es extremadamente recta; no siendo además susceptible al daño por viento ni a la antracnosis.
- **Tippecanoe 1:** es la de más rápido crecimiento, recta, pero susceptible a la antracnosis. Produce pocos frutos.
- **Fayette 1:** es de rápido crecimiento, recta.
- **Fayette 2:** en un principio fue catalogada como una variedad para la producción de nueces, pero posteriormente se consideró como maderera, a pesar de su baja tasa de crecimiento. Es resistente a la antracnosis. Presenta una abundante producción de nueces cada 3 ó 4 años.

Al respecto, Jacobson (1996) señala que existen dos variedades de nogal negro, independientemente de su utilización:

- **Juglans nigra var. deming purple:** de origen desconocido, extremadamente rara y de hojas de color púrpura.
- **Juglans nigra var. laciniata:** Es una variedad difícil de propagar, rara y de hojas bipinnadas.

Albert (1914) señala que hay una variedad proveniente de Bolivia (*Juglans nigra var. boliviensis*) que es de crecimiento más rápido.

Por otra parte, Rink (1984) y Rink y Clausen (1989) observaron valores de heredabilidad para la altura de 0,55 en plántulas de nogal negro de 10 años de edad provenientes de polinizaciones abiertas de Illinois, Kentucky, Tennessee y Kansas y establecidas en Illinois.

2. REQUERIMIENTOS ECOLÓGICOS

2.1 SUELOS

Crece mejor en suelos profundos, frescos, bien drenados y con alto contenido de materia orgánica y sales minerales. En cuanto a las propiedades físicas del suelo es muy exigente, prefiriendo suelos profundos (1,0 a 1,5 m), aireados, con una buena estructura y reservas de agua (Calvo *et al*, s.f.; Charlot y Germain, s.f.; Albert, 1914; Auten, 1945; Hadfield, 1977; Ponder, 1982; Haslett, 1986; Ponder, 1989a; Ente Nazionale per la Cellulosa e per la Carta, 1990; Loewe, 1994).

El pH no debe sobrepasar 7,5 – 8,0 tolerando más los pH ácidos que los básicos (pH hasta 5) (IDF, 1990; Loewe, 1994). Prefiere suelos de textura medias, arcillo arenosos, arcillosos, areno arcillosos, entre otros (Albert, 1914; Fowells, 1965; Hovie, 1969; Ponder, 1989a).

Para un óptimo crecimiento es adecuada la presencia de una napa freática a 1,5 ó 2,0 m de profundidad (IDF, 1981).

Prefiere los suelos de laderas bajas, aluviales y fondos de valle (Charlot y Germain, s.f.; Albert, 1914; Forest Products Research, 1956; Streets, 1962).

Crece lentamente en terrenos impermeables, arenosos y pedregosos, pobres y secos (Albert, 1914; Fowells, 1965). Al respecto Fowells (1965) señala que en Estados Unidos comúnmente se encuentra en suelos de piedra caliza.

Respecto al nogal común, nogal negro es más exigente y menos plástico, no tolera los suelos calcáreos, adaptándose bien a terrenos con pH entre 5,0 – 7,5. Nogal negro soporta breves períodos con inundaciones, presentando una exigencia hídrica similar a la de *Populus sp.* (Calvo *et al*, s.f.; Ente Nazionale per la Cellulosa e per la Carta, 1990; IDF, 1990).

Piou (1979) señala que las plántulas de nogal negro detienen su crecimiento radicular en suelos calcáreos.

No soporta suelos poco profundos y arcillosos (Accademia Nazionale di Agricoltura, s.f.; Nicholas, 1988).

2.2 CLIMA

En su rango de distribución natural requiere precipitaciones anuales que varían entre 650 mm al norte de Nebraska hasta 1.780 mm o más en los Montes Apalaches (Tennessee y Carolina del Norte), observándose en la zona de óptimo crecimiento una precipitación media anual de 900 – 1.000 mm (Accademia Nazionale di Agricoltura, s.f.; Fowells, 1965; Ente Nazionale per la Cellulosa e per la Carta, 1990).

En Italia requiere de 800 a 1.200 mm al año (Accademia Nazionale di Agricoltura, s.f.; Ente Nazionale per la Cellulosa e per la Carta, 1990). En Francia requiere precipitaciones anuales de 700 mm (IDF, 1990).

En su rango de distribución natural presentan una temperatura media anual de 7°C en el norte y 19°C en el sur. En su zona de óptimo crecimiento la temperatura media anual varía entre 12 – 14°C, con un período libre de heladas de 170 días (Accademia Nazionale di Agricoltura, s.f.; Fowells, 1965; Ente Nazionale per la Cellulosa e per la Carta, 1990). Albert (1914) señala que resiste temperaturas superiores a 37°C.

Soporta temperaturas de hasta -35°C en invierno. Es muy sensible a las heladas de primavera debido a que brota tempranamente (Accademia Nazionale di Agricoltura, s.f.; Loewe, 1994). No se adapta a situaciones ventosas, observándose daños en la copa (Accademia Nazionale di Agricoltura, s.f.).

2.3 ALTITUD

En los montes Apalaches, los mejores crecimientos se encuentran en las partes bajas, bajo 1.250 msnm.

En Francia crece hasta los 700 msnm (IDF, 1981). En Italia se encuentra entre 500 – 600 msnm (Accademia Nazionale di Agricoltura, s.f.).

3. PLAGAS Y ENFERMEDADES

3.1 HONGOS

Existen diversos hongos que atacan la especie, ya sea provocando manchas foliares o canchros; a continuación se indican los hongos más frecuentes observados en Estados Unidos:

Sclerotia bataticola: Las raicillas de nogal son las primeras en ser atacadas por este hongo que causa pudrición. La planta presenta una marchitez inicial, con hojas flácidas que tienden a enrollarse en el nervio medio. Aparecen luego manchas negras que avanzan desde la raíz principal hasta el cuello de la planta y posteriormente al tallo. Al cabo de un tiempo el tallo se estrecha y se dobla. Por último las hojas se doblan alrededor del nervio medio se ennegrecen y la planta se seca. Al arrancarla sale fácilmente de la maceta ya que no existe sistema radicular (Herrera, 1968).

Microstroma juglandis: Forma un micelio blanco en el envés de la hoja; es poco importante, ya que no causa defoliación (Weber *et al.*, 1980).

Microsphaera alni: Ataca las hojas y brotes jóvenes de nogal negro, cubriéndolas con una capa de esporas blancas (*Op. cit.*).

Gnomonia leptostyla: Enfermedad conocida como antracnosis, es la más común; causa pequeñas manchas en las hojas de color negro o café oscuro, con un borde amarillento, de 1 cm de diámetro, finalmente las hojas caen. Las primaveras húmedas favorecen el desarrollo de esta enfermedad (Berry, 1973; Neely y Black, 1976; Black y Neely, 1978; Neely, 1979; Weber *et al.*, 1980; Funk *et al.*, 1981; Kessler, 1984; Kessler, 1989c). Fertilizaciones con nitrógeno reducen el ataque de este hongo (Weber *et al.*, 1980; Neely, 1981; 1986).

Cristulariella pyramidalis: Causa manchas circulares en las hojas con anillos concéntricos de color café dentro de la mancha. Solo se ha reportado en Illinois y Ohio (Neely y Evers, 1976; Cline y Neely, 1979; Weber *et al.*, 1980). Los sitios planos o de bajas laderas, fértiles y con lluvias tardías de verano contribuyen al desarrollo de esta enfermedad (Neely *et al.*, 1976).

Fusarium sp.: Causa la muerte del ápice y canchros en la base del árbol, lo cual produce múltiples rebrotes en esa zona (Weber *et al.*, 1980; Tisserat *et al.*, 1982).

Nectria galligena: En el noreste de los Estados Unidos, árboles dañados o debilitados, o árboles creciendo en suelos pobres son susceptibles a este hongo, también conocido como cancro europeo (Fowells, 1965; Weber *et al.*, 1980; Merrill y Finley, 1981; Thomas y Hart, 1986a). Los árboles infectados generalmente

mueren, aunque en plantaciones de 15 años en el oeste de Virginia se ha observado un 71% de sobrevivencia de árboles infectados con este hongo (Fowells, 1965; Weber *et al*, 1980; Wendel y Dorn, 1985; Kessler, 1989a; Schuler, 1993). En cambio en Michigan, un 75% de los árboles presentó múltiples canchros causados por estos hongos (Thomas y Hart, 1986b).

***Phytophthora cinamomi*, *P. cactorum*, *P. citricola*:** Se asocia a las raíces de nogal en vivero; generalmente se observan decoloraciones verdosas o negras en el cuello de la raíz (Berry, 1973; Green y Ploetz, 1979; Kessler, 1982; Tisserat *et al*, 1982).

***Cylindrocladium scoparium*, *C. floridanum*, *C. crotalariae*:** Afecta principalmente las raíces en vivero, adquiriendo estas un color negruzco, y causando finalmente la pudrición (Berry, 1973; Roth y Griffin, 1979; 1981; Kessler, 1982; Tisserat *et al*, 1982; Hamelin *et al*, 1996). En Kentucky se ha observado daños serios en vivero causados por estos hongos, aproximadamente un 80% de las plantas presentó al menos un 50% de las raíces dañadas (Cordell y Matuszewski, 1974).

***Cylindrocarpon radicola*, *C. candicum*:** Hongos que causan pudrición radicular en viveros de nogal negro (Berry, 1973).

***Pythium spp*:** Causa damping off en las plántulas y pudrición radicular (Berry, 1973; Affeltranger *et al*, 1980; Kessler, 1982).

***Mycosphaerella sp.*:** Causa una defoliación prematura, reduciendo el crecimiento, la calidad y cantidad de frutos. Esta enfermedad se ha observado en Carolina del Norte, Georgia, Illinois, Indiana e Iowa, siendo común en árboles jóvenes. Los climas húmedos hacen que esta enfermedad sea más severa. Químicamente se controla con Benomyl, aplicado a mediados de junio (hemisferio Norte), repitiendo el tratamiento cada 3 semanas. Para controlar la enfermedad se deben realizar al menos 4 aplicaciones (Kessler, 1985; 1989b).

***Coriolus versicolor* y *Poria placenta*:** Hongos que provocan pudrición en la madera de nogal negro, siendo el duramen más susceptible (Hart, 1982).

Phomopsis sp.* y *Phyllosticta sp.*:** Producen canchros en árboles jóvenes, llegando en algunos casos a causar la muerte de los individuos (Kuntz y Prey, 1982). En Indiana se ha observado un 30% de pérdidas a causa de ***Phomopsis elaeagni (Green, 1977).

En Italia, nogal negro es sensible a ***Marsonia juglandis***, ***Rosellinia necatrix***, y a los hongos del género ***Fusarium spp.*** Respecto a nogal común es más resistente a ***Phytophthora sp.***, ***Armillaria sp.***, y a los taladradores ***Cossus cossus*** y ***Zeuzera pyrina*** (Accademia Nazionale di Agricoltura, s.f.).

3.2 INSECTOS

La especie es afectada por pocos insectos de importancia. A continuación se indican los insectos más frecuentemente observados en Estados Unidos:

***Datana integerrima*:** La cual se encuentra en la parte este de Estados Unidos y sur de Canadá (Fowells, 1965; Weber, 1989). Los árboles atacados presentan fuertes defoliaciones, que causan una disminución del crecimiento, pero rara vez mueren (Fowells, 1965; Miller, 1973; Farris y Appleby, 1979). Afecta además el desarrollo de la nuez, no formándose completamente la cáscara (Farris y Appleby, 1979; Weber *et al*, 1980). Viven en colonias, pudiendo llegar a defoliar un árbol entero en corto tiempo (Weber, 1989).

Farris y Appleby (1980) analizaron la aplicación de tres insecticidas (malation 50 EC, diazinon 25 EC y acephate 75 SP) para controlar ***Datana integerrima***, dando todos ellos excelentes resultados (Cuadro 1).

CUADRO 1
CONTROL DE *Datana integerrima* SEGÚN TIPO DE INSECTICIDA UTILIZADO

Tratamiento	Nº de larvas promedio antes tratamiento	Nº de larvas promedio encontradas después de aplicar el tratamiento	
	Vivas	Vivas	Muertas
Malation 50 EC	77	0	60
Diazinon 25 EC	68	0	23
Acephate 75 SP	48	0	18
Testigo	32	20	0

Fuente: Modificado de Farris y Appleby (1980).

***Datana ministra*:** Se distribuye en el este de Estados Unidos, causa defoliación (Weber *et al*, 1980).

***Hyphantria cunea*:** Se distribuye en el este de Estados Unidos, se reconoce debido a la formación de gran cantidad de telarañas que aparecen en las ramas a mediados de julio (hemisferio norte). Si la población del insecto es abundante puede llegar a causar defoliación, produciendo una disminución en las tasas de crecimiento, pero rara vez causa la muerte.

***Saltamontes*:** son de variadas especies, en general de color verde. No se consideran una peste seria, pero cuando se encuentran en cultivos agroforestales pueden llegar a causar serios daños. La presencia de altas poblaciones causa defoliaciones.

Phyllophaga sp.: Son avispa nocturnas que provocan defoliación en nogal negro; en general atacan hojas y brotes, y se reconoce por la presencia de perforaciones en las hojas conocidas como *tiro de munición*. Generalmente su ataque no es severo, por lo que no requiere control (*Op. cit.*).

Acrobasis juglandis: Se distribuye en la parte sur de Estados Unidos (Martinat y Wilson, 1979). En árboles muy infectados se observa defoliación; además causa daños en los brotes y ramillas, especialmente en los terminales (Miller, 1973; McKeague y Simmons, 1979; Martinat y Wallner, 1980; Weber *et al*, 1980; Rink *et al*, 1991).

Acrobasis caryivorella: Se alimenta de los brotes y hojas de nogal negro. Produce 3 a 4 generaciones en un año (Miller, 1973).

Acrobasis demotella: Es destructivo cuando ataca los brotes terminales y laterales, causando doble flecha; además excava galerías dañando la madera (Armstrong y McGinnes, 1979; Kearby, 1979; Martinat y Wallner, 1980; Weber *et al*, 1980).

Monellia sp.*, *Monelliopsis sp.: Son áfidos que atacan en la temporada de crecimiento. Extraen la savia de las hojas y depositan una sustancia en las mismas que causa necrosis. Los principales síntomas son encarrujamiento de la hoja, defoliación y en casos extremos caída de las ramas (Miller, 1973; Weber *et al*, 1980).

Magicialada sp.: El daño principalmente lo causan las hembras, las cuales al colocar los huevos provocan heridas en la corteza. Afecta ramas y ramillas, las que se debilitan y caen con fuertes vientos (*Op. cit.*).

Anormenis septentrionales* y *Mecalfa pruinosa: Son insectos chupadores, que extraen savia de las hojas y tallos pequeños. Las hembras causan daños en la corteza al poner sus huevos (Weber *et al*, 1980).

Enchenopoda binotana: Insecto de color café oscuro con dos manchas amarillas en la espalda. Extrae savia de las hojas; las hembras dañan ramillas al depositar los huevos, debido a que los cubren con una especie de espuma blanca, que más tarde se torna café (Armstrong *et al*, 1979; Weber *et al*, 1980).

Corythuga juglandis: Se encuentra en las hojas de donde extrae savia. Más de 100 de estos insectos pueden estar presentes al mismo tiempo en una hoja, produciendo decoloraciones, dejando la hoja con manchas blancas (Weber *et al*, 1980).

Xylosandrus germanus: Es un coleóptero que se introdujo desde Japón y se distribuye en la parte noreste de Estados Unidos (Hoffmann,

1941; Schneider y Farrier, 1969; Weber y McPherson, 1982). Afecta en mayor grado a árboles mayores a 8 años de edad. Causa principalmente muerte apical, y además excava galerías en la madera; normalmente debido a la presencia de *Fusarium sp.* se observan canchales y múltiples rebrotes (Kessler, 1974; Weber, 1979; 1982; Weber *et al*, 1980). Estudios realizados en Illinois señalan que de 2.000 árboles analizados 310 se encontraban infectados (Weber y McPherson, 1984; Weber y McPherson, 1985; Van Sambeek y Schlesinger, 1989b). Los meses de mayo y junio (hemisferio norte) son los de mayor ataque (Miller, 1973; Weber, 1982).

Chrysobothris femorata, C. sexsignata: Se distribuye en el este de Estados Unidos. Las larvas se alimentan del floema, causando galerías en la madera (Weber *et al*, 1980).

Conotrachelus retentus: Se distribuye en la parte este de Estados Unidos. Las hembras colocan sus huevos sobre los frutos en mayo, junio y julio en el hemisferio norte, lo que provoca la caída temprana de éstos, antes de que alcancen a madurar (Weber *et al*, 1980; Schreiber y Linit, 1991). Es considerada una peste de los frutos importante en Estados Unidos, ya que provoca pérdidas de entre un 19 y 78% de los frutos según la localidad geográfica (Miller, 1973; Blair y Kearby, 1979; Blair, 1982).

Rhagoletis suavis: Coloca huevos en la cáscara de la nuez, volviéndose el fruto de un color negruzco; finalmente causa pudrición (Miller, 1973; Weber *et al*, 1980).

Gwendolina concitatricana: Las larvas se alimentan de los brotes terminales de las ramas, causando una disminución en el crecimiento (Miller, 1973).

Panonychus ulmi: Arácnidos que extraen savia de las hojas.

Tetranychus urticae: Arañas que extraen savia de las hojas, dejándolas de un color grisáceo a bronce.

Ennomos subsignarius: Se alimenta de las hojas, pudiendo incluso llegar a causar la muerte de los árboles infectados.

Euzophera semifunerales: Sus larvas se alimentan de tallos y ramas de nogal negro.

Agrilus otiosus, Pseudothysanotes lecontei: Avispas presentes en nogal negro (*Op cit.*).

3.3 ANIMALES

En su rango de distribución natural las nueces constituyen el principal alimento de ardillas, pájaros carpinteros y algunos ciervos, los que afectan la regeneración natural (Collingwoog y Brush, 1964; Clark, 1970; Weber y Van Sambeek, 1989).

Generalmente la corteza se encuentra dañada en la base del árbol, debido a la acción de roedores, conejos y otros animales pequeños (Weber y Van Sambeek, 1989).

3.4 CLIMA

Los árboles generalmente no se ven afectados por tormentas de viento y granizo. La gruesa corteza y el duramen durable lo hacen resistente a daños e incendios (Fowells, 1965).

Nicholas (1988) señala que nogal negro es susceptible al daño por viento, especialmente al final de primavera y comienzos del verano, cuando los árboles están en etapa de crecimiento quebrándose en la parte más débil del fuste.

Nogal negro soporta climas continentales con cambios de estaciones predecibles, por lo que es tolerante a las bajas temperaturas; sin embargo es extremadamente susceptible a las heladas fuera de temporada, ya que dañan las yemas, provocando malformación en el árbol; en algunos casos pueden llegar a causar la muerte del individuo (*Op cit.*).

4. SILVICULTURA Y MANEJO

4.1 PROPAGACIÓN

4.1.1 Regeneración natural

La germinación ocurre en primavera después que las semillas caen (Brinkman, 1974). Gran parte de la regeneración natural por semillas en Estados Unidos se debe a la acción de las ardillas.

Normalmente las bajas temperaturas y los deshielos son los principales factores que ayudan a que las semillas rompan la latencia y puedan germinar (Fowells, 1965).

Uno de sus principales competidores por luz en el hemisferio norte son las vides (parras creciendo en forma natural), que con su gran capacidad de retoñación, y rápido crecimiento, pueden deformar los árboles e incluso llegar a matarlos si no se controlan (Ponder y Schlesinger, 1989).

Carnevale (1955) señala que la especie rebrota de cepa, sobretodo cuando es dañada por incendios.

4.1.2 Propagación artificial

4.1.2.1 Producción, colecta, extracción y almacenamiento de nueces

La producción de frutos se verifica en otoño y comienza cuando los árboles alcanzan 8 a 10 años de edad, siendo fértiles desde la primera temporada (Albert, 1914). La producción de nueces varía con el tamaño de árbol; Garrett y Kurtz (1982) señalan la producción según el diámetro a 1,3 m de altura del árbol en plantaciones con objetivos madereros y frutícolas (Cuadro 2).

CUADRO 2

PRODUCCIÓN ESPERADA DE NUECES CON CASCARA SEGÚN DIÁMETRO DEL ÁRBOL

Diámetro a 1,3 m de altura (cm)	Producción esperada (kg/ha)
27,9	2.385
34,2	2.563
39,4	2.509
47,0	3.292
57,2	3.292
69,9	3.269
82,6	3.269

Fuente: Garrett y Kurtz (1982).

Las semillas son cosechadas en marzo o abril (hemisferio sur), cuando han llegado a su completa madurez. Un kilo de semillas contiene aproximadamente 67 nueces (Carnevale, 1955; Rink, 1989b). Al respecto Albert (1914) menciona que un kilo de semillas contiene entre 60 a 80 nueces, las cuales pierden su viabilidad en 6 ó 12 meses si se secan totalmente.

Generalmente, se colectan removiendo mecánicamente los árboles antes que caigan las nueces, para evitar las pérdidas causadas por ardillas o roedores (Rink, 1989b).

Las nueces se extraen fácilmente cuando maduras debido a que la cubierta se suelta, pudiendo removerse a mano o mecánicamente a través de agitadores (Brinkman, 1974).

Las semillas vivas son separadas a través de flotación en agua, quedando las semillas vanas en la superficie (*Op. cit.*).

Se almacenan con contenidos de humedad de 20 – 40% a 3°C en bolsas de polietileno durante un año, mientras que aquellas con contenidos de humedad cercanos al 50% se almacenan en contenedores al exterior durante 4 años sin pérdidas considerables de la capacidad germinativa (Williams, 1971; Brinkman, 1974).

Clausen (1989), recomienda considerar los siguientes aspectos al colectar semillas en Estados Unidos:

- Colectar semillas de áreas a no más de 160 a 320 km al sur de donde se desea establecer la plantación, ya que estas semillas producen árboles con mayores crecimientos que las semillas de las procedencias locales en Estados Unidos.

- En la parte oeste de su distribución solo recomienda utilizar semillas de estas localidades, ya que las de la parte este presentan escasos desarrollos.

4.1.2.2 Germinación

Las semillas poseen un embrión latente y una cubierta dura por lo que requieren tratamientos pregerminativos (Williams, 1982). Al respecto Brinkman (1974) y Rink (1989b) señalan que la latencia puede romperse con una estratificación fría a 1 ó 5°C durante 90 a 120 días.

La capacidad germinativa de semillas estratificadas durante 90 a 120 días y puestas a germinar con un período de 8 horas de luz a 30°C durante 15 – 40 días alcanza aproximadamente un 50%, con una energía germinativa de 62% y un período de energía de 24 días (Brinkman, 1974; Forest Service, 1948).

Rietveld y Williams (1981) señalan que para comenzar a germinar las semillas de nogal negro requieren aproximadamente de 3.100 horas de frío a 3°C.

4.1.2.3 Viverización

Una vez que se ha extraído la cubierta y se han estratificado las semillas en arena se siembran a fines de invierno, aunque es más recomendable realizar un almácigo una vez que las semillas han sido colectadas, a una profundidad de una vez el tamaño de las nueces, conservando entre cada semilla una distancia de 10 – 12 cm dentro de la fila y 30 – 100 cm entre hileras según el tipo de cultivo (Carnevale, 1955). Por su parte, según Brinkman (1974) las semillas estratificadas deben ser sembradas en primavera (Cuadro 3).

CUADRO 3
CARACTERÍSTICAS DE LA SIEMBRA SEGÚN TRATAMIENTO PREGERMINATIVO

Actividad	Valor	
Época de siembra	Otoño	Primavera
Tratamiento pregerminativo	Sin tratamiento	Estratificación en arena durante 90 – 150 días.
Número de semillas (Nº/m ²)	43 – 109	109
Profundidad de siembra (cm)	2,5 – 5,0	2,5 – 5,0
Capacidad germinativa (%)	50	30
Edad de las plantas antes de ser llevadas a terreno	1:0	1:0

Fuente: Modificado de Chase (1947); Rambo (1966); Williams (1971); Brinkman (1974).

Las semillas no estratificadas se siembran en otoño, y germinan en

primavera (Carnevale, 1955). Al año siguiente a fines de invierno pero antes de la brotación, las plantas deben ser repicadas. Chase (1947) señala que las plántulas emergen entre abril o mayo (hemisferio norte) de la primera o segunda primavera después de la siembra.

Antes de sembrar las semillas, éstas deben ser esterilizadas con Captan al 4 – 6% (Brinkman, 1974).

Si se requiere producir plantas para parques y jardines, entonces al año de la siembra se debe repicar a vivero a unos 25 cm sobre la fila y 60 – 100 cm entre filas (Carnevale, 1955).

En las plantas producidas a raíz desnuda se realiza una poda radicular a 20 – 25 cm de profundidad, para inducir un sistema radicular más compacto.

Tisserat y Kuntz (1984) y Green (1985) señalan que las plantas de nogal negro sufren daños en las raíces en vivero, producto de la baja temperatura del suelo. Este problema puede ser solucionado utilizando mulching.

4.1.2.4 Propagación vegetativa

Farmer (1973) y Van Sambeek (1989a) señalan que nogal negro es una especie difícil de propagar vegetativamente, siendo el método más utilizado los injertos ya sea laterales o por hendidura. Al respecto, Farmer (1973) menciona que para que los injertos den buenos resultados se requiere de una temperatura de 25 a 28°C y una humedad relativa alta, formándose rápidamente un callo.

Stefan (1989) menciona que nogal negro puede ser propagado a través de micropropagación de los brotes terminales, utilizando el medio de Murashige y Skoog (MS), aunque las plantas producidas no son de buena calidad pero sí más resistentes a enfermedades.

4.2. ESTABLECIMIENTO

4.2.1 Plantación

La siembra directa es un método de plantación muy utilizado en nogal negro; el crecimiento es similar al observado en plantaciones realizadas con plantas, solo que en estas últimas se presenta una sobrevivencia y un crecimiento en altura levemente superior (Cuadro 4).

CUADRO 4
COMPARACIÓN DE CRECIMIENTO EN ALTURA Y SOBREVIVENCIA ENTRE
PLANTACION Y SIEMBRA DIRECTA EN NUEVA ZELANDIA

Edad (Años)	Altura (m)		Sobrevivencia (%)	
	Plántulas	Siembra Directa	Plántulas	Siembra Directa
6	3,8	3,6	94	88
5	2,1	1,8	92	74
4	1,5	1,4	95	92
3	1,7	1,3	98	93

Fuente: Modificado de Nicholas (1988).

Goodwin *et al* (1982) analizaron la sobrevivencia y el crecimiento de nogal negro en Carolina del Norte en dos tipos de contenedores (352 y 740 cm³), con y sin inoculación con micorrizas. Los contenedores de 352 cm³ presentaron una mayor altura y sobrevivencia que las plantas de contenedores de 740 cm³. Las plantas inoculadas con micorrizas presentaron un mayor porcentaje de sobrevivencia, pero alcanzaron menores alturas que las plantas sin inoculación (Cuadro 5).

CUADRO 5
SOBREVIVENCIA Y CRECIMIENTO EN ALTURA SEGÚN TIPO DE CONTENEDOR
DESPUÉS DE TRES AÑOS DE REALIZADA LA PLANTACIÓN

Tratamiento	Sobrevivencia (%)	Altura (m)
Contenedor de 740 cm ³	83	2,01
Contenedor de 740 cm ³ + micorrizas	83	1,80
Contenedor de 352 cm ³	90	2,26
Contenedor de 352 cm ³ + micorrizas	97	2,10

Fuente: Goodwin *et al* (1982).

Al comparar además estos dos tipos de contenedores con plantas producidas a raíz desnuda, se observó que estas últimas alcanzaban mayores porcentajes de sobrevivencia y altura (Cuadro 6).

CUADRO 6
SOBREVIVENCIA Y CRECIMIENTO EN ALTURA SEGÚN TIPO DE PLANTA
DESPUÉS DE 2 AÑOS DE REALIZADA LA PLANTACIÓN

Tratamiento	Sobrevivencia (%)	Altura (m)
Contenedor de 740 cm ³	9	0,00
Contenedor de 352 cm ³	20	0,30
Raíz desnuda (plantas 1:0)	88	0,52

Fuente: Goodwin *et al* (1982).

McQuilkin (1975), analizó la sobrevivencia y desarrollo de nogal negro según el tipo de planta utilizada (1:0 a raíz desnuda, siembra directa y tubetes). Después de 3 temporadas de crecimiento las plantas de tubetes mostraron un pobre desarrollo en altura y una baja sobrevivencia (Cuadro 7). Los mejores crecimientos en altura se consiguieron con plantas producidas a raíz desnuda, mientras que no se observaron diferencias significativas en la sobrevivencia entre plantas producidas a raíz desnuda y las de una siembra directa (Cuadro 7).

CUADRO 7
SOBREVIVENCIA Y ALTURA SEGÚN TIPO DE PLANTA DESPUÉS DE 3
TEMPORADAS DE CRECIMIENTO

Tipo de planta	Altura (cm)	Sobrevivencia (%)
1:0 a raíz desnuda	88	72
Siembra directa	73	74
Tubetes	67	50

Fuente: McQuilkin (1975).

Al respecto, Von Althen y Prince (1986) analizaron la sobrevivencia y desarrollo de nogal negro al establecimiento con dos tipos de plantas (contenedor y 1:0 a raíz desnuda). En general la sobrevivencia de las plantas provenientes de contenedor fue bastante inferior a la observada en plantas a raíz desnuda; sin embargo las plantas producidas en contenedor alcanzaron una mayor altura (Cuadro 8).

CUADRO 8

CRECIMIENTO EN ALTURA SEGÚN TIPO DE PLANTA EN LOS 6 PRIMEROS AÑOS

Año	Altura de plantas en container (cm)	Altura de las plantas a raíz desnuda (cm)
1	27	33
2	54	19
3	88	70
4	67	78
5	33	44
6	147	141
Total	416	385

Fuente: Von Althen y Prince (1986).

Para Chile se recomienda emplear plantas a raíz desnuda (1:0), con un buen equilibrio entre la parte aérea y radicular, pues han demostrado buenos resultados, coincidentes con la bibliografía consultada.

4.2.2 Densidad de plantación

4.2.2.1 Objetivo maderero

Collingwood y Brush (1964) recomiendan espaciamientos de 7 x 9 m en Estados Unidos. Al respecto Albert (1914) y Schlesinger y Funk (1977) señalan que en Europa y Estados Unidos se planta a 2 x 2 m, 3 x 3 m o 4 x 4 m, para producir madera de alto valor.

Para plantaciones con objetivos madereros en Nueva Zelanda, Nicholas (1988) recomienda una densidad inicial de 1.000 a 1.200 arb/ha, es decir un distanciamiento aproximado de 3,0 x 3,0 m; en suelos fértiles una densidad de 600 arb/ha es suficiente. Al respecto, McElwee (1970) señala que en Estados Unidos se utiliza una densidad de 2,5 x 2,5 m en plantaciones puras; mientras que para plantaciones mixtas con *Quercus spp.* el espaciamiento varía entre 2,5 x 2,5 m y 4,0 x 4,0 m.

Carnevale (1955) señala que en Argentina se han usado espaciamientos de 2 x 2 m para plantaciones con objetivo maderable.

4.2.2.2 Objetivo frutal

Para obtener buenas producciones de nueces Van Sambeek (1989c) recomienda espaciamientos iniciales de 4,5 x 6,0 m. Schlesinger y Funk (1977)

mencionan para este mismo tipo de plantaciones densidades de 4,5 x 4,5 m.

4.2.2.3 Objetivo multipropósito

Para cultivos multipropósitos Garrett y Kurtz (1983) recomiendan distanciamientos de 12 x 12 m, con lo cual sólo se producen 67 arb/ha, por lo que también recomiendan como alternativa espaciamientos de 3 x 12 m es decir 267 arb/ha, de los cuales sólo llegarán al final de la rotación 67. Al respecto Jonhson (1978) y Ponder (1989c) señalan espaciamientos de 10 x 10 m o 12 x 12 m para cultivos de este tipo.

En Italia Calvo *et al* (s.f.) recomiendan densidades de plantación de 6 x 6 m y 10 x 10 m. En Francia se planta a 7 x 7 m o a 9 x 9 m, para producir madera aserrable y nueces (IDF, 1990).

4.2.2.4 Objetivos agroforestales

Cutter y Garrett (1993) recomiendan espaciamientos en plantaciones agroforestales de 3 x 12 m y 6 x 12 m, ya que de este modo queda suficiente espacio entre las hileras para preparar el sitio para los cultivos agrícolas. Schlesinger y Funk (1977) mencionan distanciamientos para este tipo de plantaciones de 1,5 x 9 m o de 1,5 x 12 m.

4.2.2.5 Otros objetivos

Albert (1914) recomienda para plantar en avenidas distancias de 2 a 10 m sobre la hilera, ya que los árboles no dan sombra a los caminos en invierno, por ser de hoja caduca.

4.2.3 Riegos

Para el establecimiento de plantaciones frutales o doble propósito es necesario considerar el riego dentro de los costos del proyecto, más aun si los suelos presentan un drenaje excesivo, o si la profundidad del suelo para el desarrollo de las raíces es insuficiente. En estos sitios el riego ayuda a mantener las plantaciones en las épocas críticas (Ponder y McBride, 1989).

La humedad necesaria para el crecimiento proviene de la humedad del suelo y de las precipitaciones; si éstas están bien distribuidas el riego no es necesario, esto ocurre en áreas donde llueven al menos 760 mm, aunque dependerá también de la cantidad de agua que sea capaz de retener el suelo (*Op. cit*).

Estos autores señalan que nogal negro requiere alrededor de 25 a 38 mm de agua por semana.

4.2.4 Fertilización

Nicholas (1988) menciona que el crecimiento de nogal negro depende de las propiedades físicas del suelo; si el suelo es delgado, muy seco, muy húmedo, pobremente aireado, la fertilización no provocará un aumento en el crecimiento y si este existiera no compensará el costo de la fertilización.

Por otra parte, Ponder (1989b) recomienda no fertilizar nogal negro en sitios buenos, especialmente si se trata de árboles jóvenes. La fertilización en este tipo de sitios no provocará un aumento del crecimiento de nogal, si no que por el contrario aumentará la presencia de malezas.

El Cuadro 9 indica los niveles adecuados de nutrientes en las hojas de nogal negro, que determinan si la fertilización es o no necesaria.

CUADRO 9
NIVELES DE NUTRIENTES (%) EN HOJAS DE NOGAL NEGRO

Nutriente	Deficiente	Intermedio	Adecuado
Nitrógeno	Bajo 2,00	2,00 – 2,60	Sobre 2,60
Fósforo	Bajo 0,10	0,10 – 0,25	Sobre 0,25
Potasio	Bajo 0,75	0,75 – 1,30	Sobre 1,30
Calcio	Bajo 0,50	0,50 – 1,10	Sobre 1,10

Fuente: Ponder (1989b)

Un nivel deficiente indica que probablemente una fertilización daría buenos resultados; con un nivel intermedio, la fertilización puede o no dar resultados; mientras que un nivel adecuado indica que la fertilización no es recomendable, ya que es probable que las plantas no respondan a esta (Ponder, 1989b).

Maeglin *et al* (1977) analizaron el efecto de aplicar nitrógeno en forma de nitrato de amonio sobre árboles de 40 años de edad creciendo en el sur de Wisconsin, en dos situaciones altitudinales: baja y alta ladera. Para esto se fertilizó en tres temporadas (1965, 1969 y 1972).

En la alta ladera los árboles incrementaron el crecimiento en diámetro aunque no significativamente; además se produjo un fuerte aumento de los brotes, que no fueron controlados. En la baja ladera los crecimientos no fueron buenos, pero los árboles no rebrotaron (Cuadro 10).

CUADRO 10
CRECIMIENTO EN DIÁMETRO EN ARBOLES CON Y SIN FERTILIZACIÓN
NITROGENADA

Período	Con fertilizante (cm)		Sin fertilizante (cm)	
	Baja ladera	Alta ladera	Baja ladera	Alta ladera
1965 – 1968	2,69	1,57	2,97	1,14
1969 – 1971	1,83	1,07	2,18	0,79
1972 – 1975	1,50	0,81	1,85	0,61
1965- 1975	6,02	3,45	7,01	2,54

Fuente: Maeglin (1977).

Los mismos autores recomiendan no fertilizar con nitrógeno en sitios con altos niveles de fósforo y potasio.

Pope *et al* (1982) analizaron el crecimiento en diámetro en árboles de 16 años de edad después de ser fertilizados durante 4 años. Además observaron el efecto combinado de una fertilización con y sin control de malezas. Para esto ensayaron dos dosis de fertilización: 56 y 112 kg/ha de nitrógeno.

Los mejores resultados se observaron con fertilizaciones de 112 kg/ha combinados con un control de malezas. La aplicación de un solo control de malezas incrementó el volumen en un 38% después de 4 años, pero al ser combinado con una fertilización de 112 kg/ha de nitrógeno este incremento fue de 121% (Cuadro 11).

CUADRO 11
CRECIMIENTO EN DIÁMETRO DESPUÉS DE 4 AÑOS DE CONTROLAR MALEZAS Y FERTILIZAR

Tratamiento	Control de malezas	Incremento en diámetro (cm)				
		1 año	2 año	3 año	4 año	Total
0	No	0,53	0,51	0,86	0,46	2,36
	Si	0,53	0,84	1,40	0,51	3,28
50	No	0,64	0,46	1,22	0,84	3,15
	Si	0,86	0,96	1,30	0,71	3,84
100	No	0,81	0,76	1,55	1,24	4,37
	Si	0,91	0,94	1,60	0,99	4,45
Tratamiento	Control de malezas	Incremento en altura (m)				
		1 año	2 año	3 año	4 año	Total
0	No	0,67	0,24	0,61	0,40	2,01
	Si	0,85	0,24	1,04	0,27	2,41
50	No	0,91	0,40	0,43	0,85	2,59
	Si	0,88	0,61	0,79	1,10	3,38
100	No	0,98	0,43	1,31	0,88	3,60
	Si	1,37	0,64	1,16	0,94	4,11
Tratamiento	Control de malezas	Incremento en volumen (m ³ /ha)				
		1 año	2 año	3 año	4 año	Total
0	No	4,21	2,79	5,49	5,47	17,96
	Si	4,77	4,18	9,40	6,42	24,78
50	No	5,42	3,04	6,80	9,98	25,24
	Si	6,37	5,94	7,72	11,87	31,91
100	No	6,43	4,45	11,11	14,85	36,84
	Si	8,18	5,85	10,82	14,77	39,70

Fuente: Pope *et al* (1982).

Por otra parte, Ponder (1984) analizó la fertilización con nitrógeno y fósforo en plantas con y sin inoculación con *Glomus fasciculatus*, mediante dos tipos de aplicaciones, una directamente al suelo y la otra mediante pulverizaciones al follaje. Las mayores alturas se presentaron en plantas inoculados y con una aplicación del fertilizante directamente al suelo. La fertilización con nitrógeno presentó las mejores respuestas en crecimiento y desarrollo (Cuadro 12).

CUADRO 12
CRECIMIENTO Y DESARROLLO SEGÚN TIPO DE FERTILIZANTE E INOCULACIÓN

Parámetro	Tratamiento	Plantas inoculadas		Plantas sin inocular	
		Fertilizante aplicado sobre el follaje	Fertilizante aplicado directamente al suelo	Fertilizante aplicado sobre el follaje	Fertilizante aplicado directamente al suelo
Altura (cm)	Testigo	45,6	43,5	40,5	49,9
	Nitrógeno	54,1	97,4	59,3	57,3
	Fósforo	44,8	61,6	53,0	50,9
	Nitrógeno + Fósforo	43,2	59,0	51,3	57,5
Diámetro (mm)	Testigo	9,8	9,0	8,4	8,5
	Nitrógeno	11,0	9,4	8,8	10,8
	Fósforo	10,3	10,6	9,6	11,4
	Nitrógeno + Fósforo	10,1	11,4	9,2	11,8
Peso Seco Radicular (g)	Testigo	61,1	29,5	31,7	38,9
	Nitrógeno	68,0	38,3	36,5	37,4
	Fósforo	67,2	53,6	44,0	33,8
	Nitrógeno + Fósforo	71,4	54,0	44,9	42,0
Peso Seco Total (g)	Testigo	105,8	102,7	50,3	54,4
	Nitrógeno	111,1	148,5	70,2	81,1
	Fósforo	105,4	108,1	86,9	83,7
	Nitrógeno + Fósforo	109,9	146,0	88,4	81,2

Fuente: Ponder (1984).

Schlesinger y Funk (1977) señalan los siguientes síntomas como deficiencias de algunos nutrientes:

- ⇒ **Nitrógeno:** Hojas y folíolos pequeños de color amarillo a amarillo verdoso. El número de folíolos es inferior a una planta normal.
- ⇒ **Fósforo:** Hojas y folíolos de menor tamaño, nervadura de color amarillenta, zonas cloróticas en las hojas. Número de folíolos inferior a una planta normal.
- ⇒ **Potasio:** Folíolos de color amarillo verdoso claro, con el margen amarillo, especialmente en las puntas. Nervadura de color amarillo – verdoso a amarillo. Hojas pequeñas y en menor número que en una planta normal.
- ⇒ **Calcio:** Hojas muy pequeñas. Los folíolos presentan manchas cloróticas. Brote terminal quemado. Número de folíolos inferior a una planta normal.
- ⇒ **Magnesio:** Hojas de mayor tamaño de lo normal, de color amarillo verdoso a

verde claro, con pequeñas manchas cloróticas en la superficie. Número de folíolos inferior a una planta normal.

⇒ Azufre: Hojas pequeñas, de color verde pálido. Número de folíolos inferior a una planta normal.

⇒ Hierro: Similar al azufre, pero presenta un número de folíolos normal.

⇒ Manganeso: Hojas de mayor tamaño que lo normal. Raquis de color café claro, la base de los folíolos muestra signos de decoloración. El número de folíolos es normal.

4.2.5 Control de malezas

Las plantas de nogal negro no se desarrollan sin un estricto control de malezas; es necesario mantener un área libre de malezas de un mínimo de 1 m de radio alrededor de la planta por al menos dos temporadas de crecimiento (Boyette, 1973; Burke y Williams, 1973; Haslett, 1986; Nicholas, 1988).

Al respecto Ponder (1989d) y Byrnes *et al* (1973) coinciden en que nogal negro requiere de un adecuado control de malezas antes de realizar la plantación. La vegetación puede ser controlada mecánica o químicamente, o una combinación de ambos, dependiendo de la cantidad, densidad y tamaño de las malezas.

Los controles mecánicos deben ser realizados en otoño, debiendo despejar al menos 1 m alrededor de la planta los dos primeros años; esta distancia debe ser aumentada a 1,8 m los años 3 y 4 (Bey y Williams, 1976). En cuanto a los controles químicos, Ponder (1989d) recomienda para un control pre-plantación los productos y dosis indicados en el Cuadro 13.

CUADRO 13
HERBICIDAS RECOMENDADOS PARA UN CONTROL PRE-PLANTACION

Herbicida	Dosis
Fenuron (Tratamiento del suelo)	56 – 112 kg/ha
Tordon 10K (Tratamiento del suelo)	67 –95 kg/ha
Tordon 101 (Tratamiento del suelo)	9 – 37 l/ha
2,4 – D (Foliar)	4,7 l/ha
Glyfosato (Foliar)	4,7 l/ha
2,4 – D (Basal)	4,7 – 9,0 l/ha
Monosodiummethane arsonate (Basal)	1 ml/inyección
Triclopyr (Basal)	4,7 l/ha

Fuente: Ponder (1989d)

Para controles post – plantación existen herbicidas pre-emergentes

(simazina) los cuales se aplican en primavera, antes que las semillas comiencen a germinar, y los herbicidas post – emergentes (antrazina, amitrol, dalapon, glyphosato y 2,4 –D), que se aplican cuando las plantas crecen vigorosamente (Ponder, 1989e)

Mejores resultados se obtienen cuando se aplica una combinación de estos, tal como simazina como pre - emergente y antrazina como post – emergente (Byrnes *et al*, 1973).

En plantaciones de mayor edad, cuyo crecimiento ha disminuido producto de la competencia de la estrata herbácea, se ha logrado recuperar el desarrollo mediante un control adecuado de malezas; con ello en plantaciones de 8 años de edad se ha logrado incrementar el crecimiento en diámetro y altura en un 153 y 222% respectivamente (Nicholas, 1988).

Byrnes *et al* (1973) estudiaron el efecto del control químico (antrazina, 7,8 kg/ha) y mecánico durante 3 años consecutivos sobre el crecimiento en altura y diámetro y sobrevivencia, observándose los mejores resultados al aplicar un control químico (Cuadro 14)

CUADRO 14
SOBREVIVENCIA Y CRECIMIENTO SEGÚN TIPO DE CONTROL DE MALEZAS

Tratamiento	Sobrevivencia (%)	Altura (m)	Diámetro (cm)
Testigo	89	2,44	2,29
Control químico	88	4,08	5,08
Control mecánico	79	3,41	3,81

Fuente: Byrnes *et al* (1973)

Por su parte, Krajicek y Williams (1971) también analizaron el control de malezas con diferentes métodos: preparación del suelo, aplicación química de antrazina (4,5 kg/ha), y aplicación química de simazina (4,5 kg/ha). Para ello aplicaron los diferentes tratamientos durante tres años consecutivos, evaluando su efecto acumulativo sobre la sobrevivencia, altura y diámetro de las plantas.

El control de la competencia durante 3 años consecutivos produjo un aumento en la sobrevivencia de las plantas, así como también un mayor crecimiento en altura (Cuadro 15).

CUADRO 15
SOBREVIVENCIA Y CRECIMIENTO EN ALTURA Y DIÁMETRO SEGÚN TIPO DE CONTROL DE MALEZAS

Tratamiento	Duración control de Malezas (Años)	Iowa			Indiana		
		Sobrevivencia (%)	Diámetro (cm)	Altura (m)	Sobrevivencia (%)	Diámetro (cm)	Altura (m)
Preparación de sitio	1	88	1,78	1,13	76	0,76	0,52
	2	97	3,05	1,48	84	1,27	0,73
	3	97	3,30	1,40	81	2,03	1,04
Antrazina	1	97	1,78	1,10	97	1,52	0,88
	2	95	3,05	1,50	94	2,03	1,10
	3	90	3,30	1,49	88	2,29	1,31
Simazina	1	98	2,03	1,28	93	1,78	0,98
	2	95	3,30	1,55	96	2,54	1,40
	3	97	3,81	1,58	98	2,79	1,55

Fuente: Krajicek y Williams (1971).

Ponder y Schlesinger (1984) evaluaron el efecto de 4 herbicidas para controlar la competencia de la estrata herbácea (dalapon, 2,4 – D, simazina y difenamida) y sus combinaciones, sobre la sobrevivencia y altura de plantas de nogal negro, fresno blanco y tulipero establecidas a 3,0 x 1,5 m. Para esto utilizaron dos terrenos agrícolas abandonados, uno en alta ladera con presencia principalmente de *Festuca arundinaceae*, y otro en baja ladera con presencia de pastos anuales y malezas de hoja ancha como *Polygonum spp*, *Amaranthus spinosus*, *Rumex obtusifolius*, *Ambrosia artemisiifolia*, entre otras. Los tratamientos utilizados correspondieron a:

- Testigo
- Dalapon (0,5 kg/ha)
- – D (3,5 kg/ha)
- Simazina (4,5 kg/ha)
- Dalapon + 2,4 – D (9,5 + 3,5 kg/ha)
- Dalapon + Simazina (9,5 + 4,5 kg/ha)
- - D + Simazina (3,5 + 4,5 kg/ha)
- Dalapon + 2,4 – D + Simazina (9,5 + 3,5 + 4,5 kg/ha) mezclados antes de la aplicación.
- Dalapon+ 2,4 – D + Simazina (9,5 + 3,5 + 4,5 kg/ha) aplicados separadamente.
- Difenamida (5,6 kg/ha)
- Difenamida + 2,4 – D (5,6 + 3,5 kg/ha).

Ningún individuo mostró síntomas visuales de toxicidad con los distintos tratamientos aplicados. En alta ladera dalapon y simazina benefician el crecimiento de nogal negro especialmente cuando se aplican en conjunto. Por otro lado el crecimiento

en altura no mejora sustancialmente al aplicar 2,4 – D con dalapon y simazina (Cuadro 16). La combinación de difenamida con 2,4 – D dio mejores resultados que su aplicación en forma separada.

En baja ladera nogal negro crece mejor cuando dalapon y simazina se aplican combinados (*Op. cit.*).

CUADRO 16
ALTURA DE LAS PLANTAS SEGÚN TIPO DE HERBICIDA APLICADO

Tratamiento	Altura (cm) Alta ladera	Altura (cm) Baja ladera
Dalapon	92	174
2,4 – D	83	178
Simazina	90	182
Difenamida	81	161
Dalapon + 2,4 – D	85	130
Dalapon + Simazina	109	145
Simazina + 2,4 – D	87	139
Difenamida + 2,4 – D	88	106

Fuente: Ponder y Schlesinger (1984).

La principal competencia la presentaron las gramíneas, que fueron controladas eficientemente con dalapon, mientras que simazina controló los pastos anuales y las malezas de hoja ancha; su aplicación conjunta permite realizar un control pre y post emergente. La combinación de dalapon con simazina parece ser el tratamiento ideal para nogal negro.

En sitios con pocas gramíneas no es necesaria la aplicación de dalapon, mientras que en sitios en que las gramíneas son dominantes y las malezas de hoja ancha son escasas, dalapon junto a simazina es una buena alternativa (*Op cit.*).

Por otro lado, Torbert *et al* (1985) estudiaron la respuesta de nogal negro a la aplicación de un herbicida sistémico (Roundup) en una dosis de 1,9 l/ha en el suroeste de Virginia. Después de dos temporadas de crecimiento observaron que la sobrevivencia se ve afectada al aplicar este tipo de herbicida, ya que disminuye de 18 a 12%. También se observó una disminución en el crecimiento en altura.

Philo *et al* (1983) analizaron el desarrollo de plantas controlando las malezas con los siguientes tratamientos:

- Testigo
- Control manual
- Roundup (aplicado un año después de efectuada la plantación)
- Roundup + Princep (aplicados un año después de efectuada la

- plantación)
- Roundup (aplicado dos años después de efectuada la plantación)
- Roundup + Princep (aplicados dos años después de efectuada la plantación)

En este caso, por el contrario, la aplicación de raundup después de dos años de efectuada la plantación fue el tratamiento más efectivo para controlar las malezas presentes, alcanzando además los mejores crecimientos en altura y diámetro (Cuadro 17).

CUADRO 17
CRECIMIENTO EN ALTURA Y DIÁMETRO SEGÚN TIPO DE HERBICIDA UTILIZADO

Tratamiento	Altura (cm)	Diámetro (mm)
Testigo	25,7	5,3
Control manual	24,8	7,4
Raundup (1 año)	30,6	7,1
Raundup + Princep (1 año)	44,3	10,3
Raundup (2 año)	48,3	12,5
Raundup + Princep (2 año)	41,9	12,7

Fuente: Philo *et al* (1983).

Krajicek (1975) analizó la respuesta de nogal negro a distintos niveles de control de malezas, utilizando los siguientes tratamientos:

- Testigo
- Control total de la vegetación: Simazina (2,2 kg/ha) + Antrazina (2,2 kg/ha) + Dalapon (7,9 kg/ha) + 2,4 – D (0,84 kg/ha).
- Control de pastizales: Dalapon (7,9 kg/ha) + 2,4 – D (0,84 kg/ha).
- Control de las especies leñosas: 2,4 – D pulverizado al follaje de las plantas.

Cada uno de estos tratamientos fue aplicado en forma anual, bianual y trianual, controlándose la respuesta en altura y diámetro de nogal negro después de 5 y 7 años (Cuadro 18).

CUADRO 18
RESPUESTA DE NOGAL NEGRO SEGÚN NIVEL DE CONTROL DE MALEZAS

Tratamiento	Tipo de Control	5 años		7 años	
		Altura (cm)	Diámetro (cm)	Altura (cm)	Diámetro (cm)
Testigo		1,25	0,76	3,02	1,78
Control Total	Anual	3,23	4,10	5,76	5,59
	Bianual	2,26	2,29	3,60	3,30
	Trianual	2,13	2,54	4,36	3,81
Control de Pastizales	Anual	2,59	3,56	5,33	4,57
	Bianual	2,04	2,29	3,87	3,30
	Trianual	1,71	1,78	3,57	2,79
Control Especies Leñosas	Anual	1,04	0,76	2,53	2,03
	Bianual	1,25	1,02	2,86	2,03
	Trianual	1,31	1,02	2,74	2,29

Fuente: Krajicek (1975).

La aplicación de un control total de las malezas dio mejores resultados que los otros tratamientos; además se observó que la principal competencia sobre nogal negro la ejercen los pastizales, ya que con un control de éstos se obtienen mayores desarrollos que sólo controlando las especies leñosas.

4.3 MANEJO

4.3.1 Crecimiento

El período de crecimiento en su rango de distribución natural varía desde 140 días en el norte a 280 días en el oeste de Florida (Fowells, 1965). Al respecto, Kramer (1943) señala que la especie tiene un período de crecimiento de 115 a 135 días.

El desarrollo en altura comienza a fines de la primavera, alcanzando su máximo a mediados de abril y mayo y es completado a mediados de julio o principios de agosto (hemisferio norte) (*Op. cit.*).

Albert (1914) señala que es una especie de crecimiento lento los primeros 8 años. En Estado Unidos el crecimiento es lento en bosques muy densos, alcanzando en 20 años un diámetro sólo de 4,5 – 8,0 cm, en 60 años 13 – 30 cm, en 100 años, diámetros de 33 – 70 cm y en 192 años 67 – 105 cm; sin embargo, en situaciones más abiertas y terrenos favorables crece mucho más rápido.

Van Sambeek y Schlensinger (1989a) señalan que presenta un incremento medio anual en altura de 45 cm, mientras que el incremento medio anual en diámetro solo alcanza valores de 7,6 mm. Al respecto Garrett y Kurtz (1980) señalan incrementos medios anuales en diámetro que varían entre 8,4 y 12,7 mm, mientras que Wylie (1966) señala que éste puede alcanzar valores del orden de 14,2 mm.

En Wisconsin se han observado árboles con diámetros de 2,5 m y alturas de 39,6 m.

En suelos profundos, ricos, húmedos, bien drenados y con baja pendiente, las plantas pueden crecer 60 a 90 cm el primer año y el doble durante la segunda temporada. Cuando crece en buenos sitios acompañado de tulipero y fresno americano no alcanza buenas alturas (Kramer, 1943). En sitios regulares se obtienen alturas de 9,0 a 12,2 m en 20 años (Roger, 1949).

Kormanik *et al* (1982) analizaron el crecimiento y desarrollo de plantas con y sin micorrización, utilizando para esto 4 tipos de tratamientos:

- Testigo (T)
- Micorrización con *Glomus fascicularis* (G.F.)
- Micorrización con *Glomus mosseae* y *G. etunicatus* (G.M.)
- Micorrización con hongos de los géneros *Glomus* y *Gigaspora* (G.G.)

Los tratamientos con *Glomus fascicularis* y con mezclas de los géneros *Glomus* y *Gigaspora* aumentaron significativamente el peso de la parte aérea, así como también se vio favorecido el crecimiento en altura y en diámetro (Cuadro 19). Entre 55 y 86% de las raíces se vieron infectadas con estos hongos.

CUADRO 19
CRECIMIENTO Y DESARROLLO SEGÚN TIPO DE MICORRIZAS UTILIZADAS

Tratamiento	Altura (cm)	Diámetro (cm)	Peso seco raíz (g)	Peso seco tallo (g)	Peso seco hojas (g)	Infección (%)
T	24,8	0,79	75,4	5,9	4,3	-
G.F.	20,9	0,62	35,0	3,3	2,8	84,6
G.M.	25,7	0,79	80,0	7,0	4,8	72,5
G.G.	21,0	0,57	14,9	2,1	-	71,3

Fuente: Kormanik *et al* (1982).

En 1967 semillas de 15 a 25 procedencias fueron plantadas en 8 sitios y controladas durante 10 años, observándose diferencias en el crecimiento en altura, sobrevivencia y diámetro según la localidad. Las plantas instaladas en Missouri e Illinois

presentaron una mayor sobrevivencia, pero no los mejores crecimientos, que se obtuvieron en las plantaciones de Kansas, Ohio e Indiana (Cuadro 20) (Bey, 1979; 1980).

CUADRO 20
SOBREVIVENCIA Y DESARROLLO DE DIFERENTES PROCEDENCIAS DESPUÉS DE 10 AÑOS

Localidad	Sobrevivencia (%)	Altura (m)	Diámetro (cm)
Illinois	84	5,00	6,7
Missouri	87	4,21	5,7
Indiana	61	5,76	8,8
Kansas	65	7,83	14,2
Ohio	68	5,70	9,2
Iowa	75	4,82	7,1
Michigan	81	4,57	6,5
Minnesota	40	2,80	-

Fuente Bey (1979; 1980).

Por otra parte, Heiligmann y Schneider (1975) analizaron el desarrollo de plantas de nogal negro con y sin protección contra el viento. Una protección semipermeable¹ reduce la velocidad del viento en un 67%, la radiación solar en un 18% y aumenta la temperatura 1 ó 3 °C, comparado con la zona sin protección, lo que se traduce en un aumento de un 15% en la altura, 85% del área foliar y 110% el peso seco de las raíces.

Campbell *et al* (1991) señalan los siguientes manejos y rendimientos para nogal negro creciendo en sistemas agroforestales:

¹ Semipermeable: Puede ser atravesado parcialmente por el viento, radiación solar u otros.

CUADRO 21
CRECIMIENTO DE NOGAL NEGRO CON MANEJO AGROFORESTAL

Año	DAP (cm)	FCC	Nº arb/ha	Volumen (m³/ha)	
				Pulpable	Aserrable
Rotación: 50 años					
10	6,1	18,1	267	0	0
20	12,2	41,0	267	0	0
30	17,3	69,8	267	0	0
40	22,6	100,0	267	0	0
50	26,9	131,8	267	69,2	0
Rotación: 60 años					
10	6,1	18,1	267	0	0
20	12,2	41,0	267	0	0
30	17,3	69,8	267	0	0
40	22,6	100,0	267	0	0
44	24,1	110,2	267	0	0
44	28,7	70,2	128	18,0	0
50	31,5	82,1	128	0	0
60	36,3	104,0	128	26,7	78,6
Rotación: 70 años					
10	6,1	18,1	267	0	0
20	12,2	41,0	267	0	0
30	17,3	69,8	267	0	0
40	22,6	100,0	267	0	0
44	24,1	110,2	267	0	0
44	28,7	70,2	128	18	0
50	31,5	82,1	128	0	0
60	36,3	104,0	128	0	0
70	40,6	126,9	128	31,8	98,8

Donde: FCC: Factor de competencia de copa.

Fuente: Campbell *et al* (1991).

En este tipo de plantaciones los árboles alcanzan un factor de competencia de copa de 110 a la edad de 44 años, por lo cual es conveniente realizar un raleo en ese momento, reduciendo este factor a 70, lo que significa en este caso una reducción de aproximadamente un 50%.

En el centro de Chile, en terrenos fértiles y frescos, Albert (1914) señalaba los crecimientos indicados en el Cuadro 22.

CUADRO 22

CRECIMIENTO PROYECTADO PARA PLANTACIONES DE NOGAL NEGRO EN CHILE

Edad (años)	Altura (m)	Diámetro (cm)
5	3 – 5	4 – 6
10	8 – 12	10 – 15
15	15 – 20	18 – 25
20	22 – 29	26 – 35
25	25 – 35	39 – 45

Fuente: Albert (1914).

Carnevale (1955) señala que en Argentina en terrenos adecuados presenta un incremento medio anual en diámetro de aproximadamente 7 – 12 mm y en altura de 50 – 80 cm.

En Italia presenta un incremento medio anual de 5 a 10 m³/ha/año (Calvo *et al*, s.f.).

Hengst y Dawson (1994) encontraron la siguiente ecuación para determinar el espesor de corteza:

$$e = 0,0487 * DAP - 0,0962$$

Donde:

- r^2 : 0,89
- e : Espesor de corteza en centímetros
- DAP : Diámetro a 1,3 m en centímetros.

Por otra parte, Ponder y Schlesinger (1989) señalan la siguiente ecuación para determinar el diámetro de copa de nogal negro según el diámetro a 1,3 m de altura:

$$D.C. = 1,993 * DAP + 4,873$$

Donde:

- D.C. : Diámetro de copa (pies)
- DAP : Diámetro a 1,3 m de altura (pulgadas).

4.3.2 Tratamientos silviculturales

Es una especie de plena luz, que requiere de un gran espacio vital. A diferencia del nogal común, es más utilizado como árbol forestal, ya que soporta mejor la competencia de otros individuos y presenta un rápido crecimiento en altura (Loewe, 1994). La sombra causa una fuerte disminución en el crecimiento en altura y diámetro (Ashby *et al*, 1979).

Durante los dos primeros años es recomendable una cobertura leve, para protegerlo de las heladas tardías, pero posteriormente esta debe ser eliminada; también es recomendable la utilización de un abrigo lateral y/o un sotobosque durante los primeros años, por lo que puede ser usada en enriquecimiento (Loewe, 1994). Coincide Carnevale (1955), quien señala que cuando jóvenes los individuos toleran una sombra discreta.

A principios de siglo en Estados Unidos se aplicaba una corta semillera 2 a 3 años antes de la corta final en árboles de 40 a 60 años de edad (Albert, 1914).

Kurtz *et al* (1984) y King (1973) señalan que si se desea obtener buenas rentabilidades con plantaciones de nogal es necesario considerar una plantación con doble propósito, considerando la producción de madera y nueces. Para esto es necesario un manejo adecuado para obtener madera para chapas, muebles, etc. La rentabilidad mejora aun más si se considera la introducción de cultivos intermedios como por ejemplo porotos soya o porotos de invierno (Smith, 1973).

Garrett y Kurtz (1983) y Kincaid *et al* (1982) mencionan los siguientes sistemas multipropósitos como los más adecuados para nogal negro:

- ⇒ Nogal negro intercalado con porotos soya y en invierno con trigo durante los 10 primeros años, seguido por 5 años con festuca y finalmente hasta el final de la rotación con pastizales.
- ⇒ Nogal negro con pastizales durante toda la rotación.
- ⇒ Nogal negro con porotos soya y trigo los primeros 10 años, seguido de 5 años de festuca y el resto de la rotación acompañado de heno.
- ⇒ Nogal negro con festuca mezclada con heno durante los primeros 15 años, seguido de pastizales hasta el final de la rotación.

4.3.2.1 Plantaciones mixtas

En plantaciones puras rara vez crece bien, presentando desarrollo pobre y baja calidad de los árboles (Fowells, 1965).

Brooks (1951) y Schreiner (1949) mencionan la existencia de ciertas

alelopatías entre nogal negro y muchas otras especies a nivel radicular. Esto se debe a la presencia de una sustancia tóxica llamada *juglone*. Esta sustancia se encuentra en las hojas, cáscara del fruto y raíces de nogal negro (Lee y Campbell, 1969; Rietveld, 1982).

Al respecto, Perry (1967) menciona que el *juglone* restringe la respiración de las hojas de tomates y porotos; también se ha señalado que esta sustancia afecta el crecimiento de muchas coníferas, llegando incluso a causarles la muerte (Schreiner, 1949; Wiant y Ramírez, 1974). Rietveld (1982) recomienda no plantar pinos junto a nogal negro.

Funk *et al*, (1979) establecieron plántulas de *Larix leptolepis*, *Picea abies*, *Pinus strobus* y *Pinus sylvestris* en un medio de cultivo hidropónico que contenía diferentes concentraciones de *juglone* (desde 10^{-2} a 10^{-7} M), durante 8 a 10 semanas. Una concentración de 10^{-7} M inhibió el crecimiento de todas las especies, mientras que concentraciones de 10^{-2} y 10^{-3} M resultaron letales; además *Larix leptolepis* y *Pinus sylvestris* no toleraron concentraciones superiores a 10^{-5} M.

Por otra parte, Gabriel (1975) señala la existencia de alelopatías negativas entre *Juglans nigra* y *Betula spp.*, la que ha causado una alta mortalidad en ambas especies.

Van Sambeek (1989b) recomienda las especies indicadas en el Cuadro 23 como adecuadas para realizar plantaciones mixtas con nogal negro.

CUADRO 23 **PRINCIPALES ESPECIES RECOMENDADAS PARA PLANTACIONES MIXTAS CON** **NOGAL NEGRO**

Especie	Tolerancia a la sombra	Tasa de crecimiento	Fijadora de nitrógeno	Principales usos
<i>Eleagnus umbellata</i>	Intermedia	Excede o es similar a nogal negro	Si	Hábitat vida silvestre, ornamental
<i>Eleagnus angustifolia</i>	Intermedia a intolerante	Excede o es similar a nogal negro	Si	Hábitat vida silvestre, ornamental
<i>Alnus glutinosa</i>	Intolerante	Excede a nogal negro	Si	Hábitat vida silvestre, ornamental, pulpa y postes
<i>Robinia pseudoacacia</i>	Intolerante	Excede a nogal negro	Si	Hábitat vida silvestre, pulpa y postes
<i>Lonicera maacki</i>	Intermedia	Excede o es similar a nogal negro	No	Hábitat vida silvestre, ornamental
<i>Pinus strobus</i>	Tolerante a intermedia	Similar a nogal negro	No	Hábitat vida silvestre, ornamental, pulpa y postes, productos forestales
<i>Quercus rubra</i>	Intermedia	Excede o es similar a nogal negro	No	Hábitat vida silvestre, ornamental, pulpa y postes, productos forestales
<i>Fraxinus americana</i>	Intermedia	Excede o es similar a nogal negro	No	Hábitat vida silvestre, ornamental, pulpa y postes, productos forestales
<i>Acer saccharum</i>	Tolerante	Similar o inferior a nogal negro	No	Hábitat vida silvestre, ornamental, productos forestales

Fuente: Van Sambeek (1989b)

Tanto en Europa como en Estados Unidos se realizan plantaciones mixtas de nogal negro con pinos, hayas y encinas, pero da mejores resultados cuando éstas se

realizan en forma de bosquetes, debido a que tiene menor competencia por luz y protección lateral requerida por la especie (Albert, 1914).

Al respecto Nicholas (1988) menciona a *Robinia pseudoacacia*, *Alnus glutinosa* y *Chamaecytisus palmensis* como especies fijadoras de nitrógeno que han dado buenos resultados al ser plantadas junto a nogal negro.

Por otra parte, Schlesinger y Williams (1984) estudiaron el crecimiento de nogal negro en 5 sitios en Illinois, Missouri e Indiana, en plantaciones mixtas con especies fijadoras de nitrógeno como *Eleagnus umbellata*, *Robinia pseudoacacia* y *Alnus glutinosa*. Utilizaron plantas de 1 año con un distanciamiento de plantación de 4,88 m entre nogales y 3,66 m entre nogales y demás especies; además se aplicó un control anual de malezas durante los primeros 5 años.

Se observó que *Eleagnus umbellata* produjo un incremento en el crecimiento en diámetro, resultando además árboles un 24% más altos que las plantaciones puras a los 6 años de edad, mientras que a los 9 años se observaron incrementos de 69%. A los 7 años *Robinia pseudoacacia* produjo un aumento en el crecimiento de nogal negro de un 22% (Cuadros 24 y 25)

CUADRO 24
DIFERENCIA EN DIÁMETRO (%) ENTRE PLANTACIONES PURAS DE NOGAL NEGRO Y PLANTACIONES MIXTAS DE 13 AÑOS DE EDAD SEGÚN LOCALIDAD

Tratamiento	Illinois, baja ladera	Illinois, alta ladera	Illinois, baja ladera	Missouri, baja ladera	Indiana, alta ladera
Eu	351	120	56	56	11
Rp	135	28	10	31	5
Ag	102	35	13	25	-9

Fuente: Schlesinger y Williams (1984).

Donde: Eu : *Eleagnus umbellata*

Rp : *Robinia pseudoacacia*

Ag : *Alnus glutinosa*

CUADRO 25
DIFERENCIA EN DIÁMETRO (cm) ENTRE PLANTACIONES PURAS DE NOGAL
NEGRO Y PLANTACIONES MIXTAS SEGÚN LA EDAD

Localidad	Tipo de Plantación (*)	Edad (años)			
		10 (**)	11	12	13
Illinois, terrenos en baja ladera	Eu - P	5,93	7,49	8,53	9,65
	Rp - P	2,45	2,91	3,26	3,72
	Ag - P	1,04	1,37	2,05	2,81
Illinois, terrenos en alta ladera	Eu - P	5,56	6,17	6,60	6,85
	Rp - P	0,63	0,98	1,29	1,58
	Ag - P	0,17	0,97	1,49	2,00
Illinois, terrenos en baja ladera	Eu - P	4,77	4,67	4,59	4,34
	Rp - P	0,95	0,83	0,82	0,76
	Ag - P	1,25	1,15	1,08	0,98
Missouri, terrenos en baja ladera	Eu - P	3,38	4,22	4,18	4,31
	Rp - P	2,20	2,41	2,44	2,35
	Ag - P	1,54	1,88	2,04	1,96
Indiana, terrenos en alta ladera	Eu - P	0,54	0,80	0,97	1,25
	Rp - P	0,38	0,44	0,41	0,62
	Ag - P	-0,95	-0,92	-1,07	-1,07

Fuente: Schlesinger y Williams (1984).

(*) Donde

- Eu : Plantaciones mixtas de *Juglans nigra* y *Eleagnus umbellata*.
 Rp : Plantaciones mixtas de *Juglans nigra* y *Robinia pseudoacacia*.
 Ag : Plantaciones mixtas de *Juglans nigra* y *Alnus glutinosa*.
 P : Plantaciones puras de *Juglans nigra*.

(**)

- Eu - P : Diámetro plantaciones mixtas de *Juglans nigra* y *Eleagnus umbellata* - Diámetro plantaciones puras de *Juglans nigra*.
 Rp - P : Diámetro plantaciones mixtas de *Juglans nigra* y *Robinia pseudoacacia* - Diámetro plantaciones puras de *Juglans nigra*.
 Ag - P : Diámetro plantaciones mixtas de *Juglans nigra* y *Alnus glutinosa* - Diámetro plantaciones puras de *Juglans nigra*.

Por otra parte en Francia se ensayó la introducción de especies de latifoliadas para recuperar sistemas silvopastorales desgastados. Dentro de las especies se introdujeron castaño, fresno, cerezo común, nogal negro, tulipero, entre otras.; todas estas especies dieron buenos resultados en estos sistemas productivos, observándose sobrevivencias superiores al 90% y crecimientos en altura adecuados (Pascouau, 1994).

4.3.3 Raleos

El raleo es una de las prácticas silviculturales más importantes en nogal negro, ya que el valor de la madera depende de su calidad y dimensión. Los crecimientos se incrementan al ralear, debido a que aumenta el nivel de humedad, los nutrientes disponibles y la luminosidad, entre otros (Schlensinger, 1989b).

Nicholas (1988) señala que el factor de competencia de copa (FCC) con otros cultivos indica el momento en que se debe realizar un raleo; cuando FCC es 100 las copas de los árboles se han cerrado, siendo necesario ralear.

El factor de competencia de copa se calcula a través de la siguiente ecuación, según la superficie, diámetro a 1,3 m de altura y número de árboles por unidad de superficie (Schlesinger, 1989b).

$$FCC = (N * 3,14 * D.C)/(44.000*S)$$

Donde:

- FCC : Factor de competencia de copa
- N : Número total de árboles
- D.C : Diámetro de copa (pies) ($D.C = 0,997 * DAP + 2,436$)
- S : Superficie (acres)
- DAP : Diámetro a 1,3 m de altura (pulg.)

Van Sambeek (1989c) y Van Sambeek y Rink (1982) recomiendan para plantaciones fruto – forestales mantener un factor de competencia de copa del orden de 70 a 90, es decir, coberturas no superiores al 90% de la superficie.

El máximo crecimiento se logra cuando el factor de competencia de copa es 100; por cada 10% que se sobrepasa este valor las tasas de crecimiento disminuyen en 4 a 5% anual (Schlensinger, 1989b).

En plantaciones fruto – forestales se deben realizar al menos tres raleos. Al respecto Foster y Kung (1980) señalan que una plantación con una rotación de 80 años debe tener por lo menos 8 raleos, realizándose el primero de ellos cuando los árboles comienzan a fructificar, con lo cual se proyecta un incremento medio anual en diámetro de 8,4 mm (Naughton, 1970).

Al respecto, Kincaid *et al* (1982) señalan que en plantaciones forestales se debe ralear cuando el factor de competencia de copas alcance valores de 110, debiendo reducirse a 70, mientras que plantaciones fruto – forestales el raleo se debe realizar cuando el factor de competencia de copas alcanza valores de 90, debiéndose reducir a un mínimo de 60, es decir un 60% de cobertura.

Para una explotación final de diámetros de 60 cm se debe llegar al final de la rotación con 60 – 70 arb/ha (Nicholas, 1988).

Schlesinger y Funk (1977) recomiendan para plantaciones con objetivo maderero, plantar 1.077 arb/ha para llegar al final de la rotación, después de realizar 5 raleos, a una densidad de 57 arb/ha, es decir a un espaciamiento final de 13,3 x 13,3 m (Cuadro 26).

CUADRO 26
NUMERO DE ARBOLES POR HECTÁREA ANTES Y DESPUÉS DEL RALEO

Raleo	Antes del raleo		Después del raleo	
	No árboles/ha	DAP (cm)	No árboles/ha	DAP (cm)
1	1.077	8,89	580	10,16
2	580	14,22	323	15,75
3	323	21,34	180	23,11
4	180	30,73	101	33,02
5	101	42,93	57	45,72
Cosecha	57	59,44	-	-

Fuente: Schlesinger y Funk (1977).

4.3.4 Podas

Nogal negro requiere de dos tipos de poda, podas de formación o correctivas y podas laterales.

⇒ *Podas de formación o correctivas:* Para producir madera de calidad nogal negro debe ser podado. Las malformaciones en los primeros 4 años pueden ser corregidas mediante podas de formación (Boyette, 1973; Burke y Williams, 1973; Schlesinger, 1982; Nicholas, 1988; Schlesinger, 1989a).

El objetivo de este tipo de poda es evitar árboles con doble o múltiple flecha, siendo este un problema muy frecuente en esta especie, generalmente producido por daños por viento, animales, insectos, y otros (Schlesinger, 1989a). Cuando se producen dobles flechas, dos ramas compiten por la dominancia apical, disminuyendo el crecimiento de las plantas (Schlesinger, 1982).

Para producir madera aserrable y para la producción de chapas, nogal negro debe crecer recto, y con un ápice principal claramente diferenciado (Schlesinger, 1989a).

⇒ *Podas laterales:* El objetivo de estas podas es obtener madera libre de nudos y por ende, de alto valor comercial, la cual no se obtiene en forma natural

debido a que la poda natural de nogal negro no es buena (Schlesinger, 1982; Schlesinger, 1989c).

Al podar se debe dejar al menos la mitad del fuste con ramas, para evitar pérdidas de crecimiento y la aparición de brotes epicórmicos por podas excesivas (Schlesinger, 1989c).

Las ramas gruesas deben ser podadas en invierno antes de que estas alcancen 5 cm de diámetro; las podas deben comenzar a aplicarse cuando los árboles tienen 3 ó 4 m de altura; de este modo se puede tener a futuro madera libre de nudos hasta 1/3 de la altura de los árboles (Nicholas, 1988).

Podar cuando las ramas tienen un bajo diámetro facilita la cicatrización de las heridas y como consecuencia evita la entrada de patógenos (Schlesinger, 1989c).

Clark y Seidel (1961) analizaron el efecto de distintas intensidades de podas laterales, observándose que con podas de un 80 % de las ramas de árbol se obtiene un efecto negativo ya que disminuyen la tasa de crecimiento de los árboles y aumenta la producción de brotes epicórmicos (Cuadro 27 y 28).

CUADRO 27
DESARROLLO DE ARBOLES DESPUÉS DE 3 y 6 PODAS CONSECUTIVAS

Poda (%)	Altura (m)		Diámetro a 0,3 m de altura (cm)		Diámetro a 1,3 m de altura (cm)	
	3 podas	6 podas	3 podas	6 podas	3 podas	6 podas
0	3,3	4,5	7,8	11,0	7,9	7,8
20	3,2	4,3	7,2	10,0	4,3	7,3
40	3,4	4,5	7,5	10,4	4,8	7,7
60	3,6	4,9	7,5	10,3	5,3	8,0
80	3,6	4,8	6,5	8,6	4,5	6,6

Fuente: Modificado de Clark y Seidel (1961).

CUADRO 28
NUMERO DE BROTES EPICORNICOS SEGÚN INTENSIDAD DE PODA

Poda (%)	DAP a los 6 años (cm)	Número de brotes	
		3 podas	6 podas
0	1,2	0,1	0,1
20	1,0	0,2	0,0
40	0,9	0,6	0,4
60	0,8	1,3	2,9
80	0,6	6,7	10,7

Fuente: Modificado de Clark y Seidel (1961)

Por otra parte, Funk (1979) analizó distintas intensidades de poda (0, 20, 40, 60, 80%) durante 3 años consecutivos en nogales negros de 5 años de edad en Tennessee. La remoción de las ramas produce: un incremento en el crecimiento en altura, árboles más cilíndricos y un mayor número de brotes epicórmicos, sobretodo en los tratamientos de 60 y 80% (Cuadro 29).

CUADRO 29
RESPUESTA A DISTINTAS INTENSIDADES DE PODA

Tratamiento	Altura inicial	Crecimiento después de 3 años			No de brotes en la sección podada
	(m)	Altura (m)	Diámetro a 0,3 m (cm)	Volumen (m ³)	
0	2,2	1,1	2,9	0,0041	0,1
20	2,1	1,1	2,8	0,0038	0,2
40	2,2	1,2	2,9	0,0046	0,6
60	2,1	1,5	2,7	0,0054	1,3
80	2,1	1,5	2,3	0,0039	6,7

Fuente: Funk (1979).

Al respecto, Shigo *et al* (1978; 1979) y Shigo (1979) señalan que el mayor defecto en la madera de nogal es la presencia de nudos, decoloraciones y pudriciones. Si al podar se daña el anillo cicatricial de la rama (*branch collar*) se producen serios defectos en la madera, ya que la herida requiere de un mayor tiempo para cicatrizar, y es factible la entrada de patógenos, además de producirse bandas de decoloración alrededor de la rama. Las podas deben comenzar tempranamente y hacerse cuantas sean necesarias; en los árboles jóvenes se debe tener cuidado, debido a que esta estructura preformada en la base de las ramas son poco visibles.

Un exceso de poda puede provocar la salida de brotes epicórmicos, que desvalorizan la madera (Nicholas, 1988).

En Italia requiere podas de formación durante los 15 primeros años (Calvo *et al.*, s.f.).

5. PRODUCCIÓN

5.1 PRODUCCIÓN DE MADERA

5.1.1 Características y clasificación

5.1.1.1 Características macroscópicas

El color de la madera varía de café claro a café oscuro, dependiendo de la edad. La albura presenta un color cercano al blanco y muestra considerables variaciones en el ancho. Algunas trozas presentan un 50% de volumen en albura, mientras que otras sólo un 30%. El volumen de albura varía según los tratamientos silviculturales y la tasa de crecimiento (Haslett, 1986).

El duramen es de color café claro a café oscuro, similar al color del chocolate, presentando tintes violáceos y gran variabilidad en el color (Calvo *et al*, s.f.; Albert, 1914; Forest Products Research, 1956; Hovie, 1969; Rink y Phelps, 1989).

El color de la madera del duramen es un importante parámetro de calidad y clasificación de las chapas de nogal negro, ya que a pesar de tener buenas propiedades físicas y químicas su principal atractivo es estético (Phelps *et al*, 1983; Boardman *et al*, 1992).

Para oscurecer la albura se han utilizado tratamientos con altas temperaturas, altos contenidos de humedad y largos períodos de vaporizado, con lo que se logra un oscurecimiento más rápido y uniforme (Chen y Workman, 1980).

Rast *et al* (1988) mencionan los siguientes como los principales agentes causales de defectos en la madera de nogal negro:

- Ramas suprimidas: estas pueden persistir por muchos años y causan serios daños en la madera.
- Mordeduras de pájaros: dejan marcas, formándose callosidades alrededor de ellas.
- Distorsiones en la corteza: se observan irregularidades en el veteado.
- Heridas: pueden ser originadas por una gran variedad de agentes.
- Hoyos: generalmente causados por pájaros carpinteros, los cuales atraen la entrada de insectos y patógenos.
- Bolsas de resina: a pesar de que se cierran rápidamente, estas trozas no pueden ser

utilizadas en la producción de chapas.

5.1.1.2 Características microscópicas

Nogal negro está clasificada como una especie de textura gruesa y estrecha (Grimm, 1962; Haslett, 1986). Presenta fibra recta (Ente Nazionale per la Cellulosa e per la Carta, 1990).

En plantaciones multipropósitos a los 15 años presenta largos de fibra de aproximadamente de 1,3 mm (Cutter y Garrett, 1993).

5.1.2 Propiedades físicas

Presenta una baja contracción y por lo tanto una excelente estabilidad dimensional; la contracción tangencial alcanza valores de 3,2% mientras que la radial alcanza un 2,1% (Haslett, 1986). Por el contrario Forest Service (1986) menciona valores de contracción tangencial de 7,8%, radial de 5,5% y volumétrica de 12,8%.

Presenta un contenido de humedad de equilibrio de 16,6% (Haslett, 1986).

Se clasifica como una madera dura, durable y resistente, aunque su mayor uso son los muebles de interior (Forest Products Research, 1956; Preston, 1962; Haslett, 1986)

Cutter y Garrett (1993) señalan que en Estados Unidos la densidad básica de nogal negro creciendo en cultivos multipropósitos alcanza valores de 569 kg/m³ en promedio; mientras que la densidad de la albura y el duramen son del orden de 534 y 606 kg/m³ respectivamente.

En Nueva Zelandia se clasifica como una especie de densidad media. En árboles de 30 a 90 años de edad la densidad básica varía entre 479 a 577 kg/m³ (densidad promedio de 520 kg/m³). La densidad verde es del orden de 1.000 kg/m³, mientras que la anhidra es 640 kg/m³ (Haslett, 1986).

En Italia alcanza un peso específico de 550 – 560 kg/m³ (Calvo *et al*, s.f.).

Algunas propiedades físicas, térmicas y químicas de la corteza de algunas especies de maderas duras de la región central de Estados Unidos fueron estudiadas para determinar su potencial como protector del cambium vascular contra daños ocurridos por incendios. Los resultados obtenidos para nogal negro se entregan en el Cuadro 30 (Hengst y Dawson, 1994).

CUADRO 30
PROPIEDADES FÍSICAS, TÉRMICAS Y QUÍMICAS DE LA CORTEZA DE NOGAL NEGRO

Característica	Valor
Espesor de corteza (cm)	1,5
Diámetro a 1,3 m (cm)	26,3
Relación espesor de corteza: diámetro a 1,3 m	11,57
Contenido de humedad (%)	81,33
Densidad (gr/cm ³)	0,44
Conductividad térmica	2,12
Contenido de sustancias volátiles (%)	60,51
Tiempo hasta alcanzar 300° C de ignición (s)	22
Tiempo hasta alcanzar 600° C de ignición (s)	9

Fuente: Hengst y Dawson (1994).

Se observó que la corteza de nogal negro presenta una baja gravedad específica y un alto contenido de sustancias volátiles; además su espesor es bajo, lo que la hace una especie muy sensible a daños por incendios.

Wahlgren (1973) analizó la variación de la contracción volumétrica, contenido de extraíbles, gravedad específica y la dureza, según la localidad, calidad del sitio y tasa de crecimiento, obteniendo los resultados indicados en el Cuadro 31.

CUADRO 31
VARIACIÓN DE ALGUNAS PROPIEDADES FÍSICAS SEGÚN LOCALIDAD, SITIO Y TASA DE CRECIMIENTO

Factor		Contenido de extraíbles (%)	Contracción volumétrica (%)	Gravedad específica	Dureza (kg)
Localidad	Indiana	5,3	5,14	0,556	524,5
	Missouri	6,6	4,75	0,560	514,1
Calidad del sitio	Bueno	5,5	5,05	0,563	532,7
	Pobre	6,5	4,84	0,554	505,9
Tasa de crecimiento	Rápido	6,2	5,00	0,565	531,8
	Lento	5,7	4,90	0,551	506,8

Fuente: Wahlgren (1973).

En sitios de mala calidad nogal negro presenta un mayor contenido de extraíbles, así como también una menor contracción volumétrica; sin embargo la madera presenta menor gravedad específica y dureza.

5.1.3 Propiedades mecánicas

La madera de nogal negro es pesada, dura, resistente, rígida y con una buena resistencia al impacto; el nogal producido en Nueva Zelanda es similar en cuanto a resistencia y dureza, pero es notoriamente menos rígido y presenta valores más bajos en la compresión paralela al grano (Cuadro 32).

CUADRO 32
ALGUNAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE NOGAL NEGRO CRECIENDO EN
ESTADOS UNIDOS Y NUEVA ZELANDIA

Propiedad	Origen			
	Estados Unidos		Nueva Zelanda	
	Verde	12% C. H.	Verde	12% C. H.
Módulo de ruptura (kg/cm ²)	689	1.062	614	1.018
Módulo de elasticidad (kg/cm ²)	81.000	108.300	62.000	91.700
Compresión paralela (kg/cm ²)	308	543	221	400
Dureza	506	s.i	214	s.i

Donde : C. H: Contenido de humedad.

s.i : sin información

Fuente: Haslett (1986).

Es una madera fácil de aserrar, torneear, pulir y taladrar, lográndose terminaciones finas. Es fácil de defoliar después de aplicar un acondicionamiento en agua caliente (Carnevale, 1955; Haslett, 1986). Carnevale (1955) además señala que la madera de nogal negro no se tuerce.

Forest Service (1986) señala las propiedades mecánicas indicadas en el Cuadro 33 para nogal negro en estado verde y seco.

CUADRO 33

PROPIEDADES MECÁNICAS EN ESTADO VERDE Y SECO PARA NOGAL NEGRO

Propiedad	Unidad	Estado verde	Estado seco
Gravedad específica		0,51	0,55
Flexión estática:			
Módulo de ruptura	Kg/cm ²	678,57	1042,86
Módulo de elasticidad	Kg/cm ²	101.428,50	120.000,00
Flexión dinámica	cm	93,98	86,36
Compresión paralela al grano	Kg/cm ²	307,14	541,42
Compresión perpendicular al grano	Kg/cm ²	35,00	72,14
Cizalle paralelo	Kg/cm ²	87,14	97,86
Tracción perpendicular	Kg/cm ²	19,29	42,29
Dureza	Kg	274,32	307,85

Fuente: Forest Service (1986).

5.1.4 Secado de la especie

Haslett (1986) señala que presenta tendencia al colapso, demorándose en deshumificarse entre 22 y 35 días para espesores de 25 y 50 mm respectivamente. Piezas de 25 y 50 mm de espesor tardan entre 5 y 7 meses respectivamente en alcanzar un contenido de humedad de un 30%. Este mismo autor señala el siguiente programa de secado (Cuadro 34).

CUADRO 34

PROGRAMA DE SECADO PARA NOGAL NEGRO

Contenido de Humedad (%)	Temperatura (°C)	
	Bulbo seco	Bulbo húmedo
Verde	43,3	85
70	43,3	75
50	43,3	65
40	43,3	60
25	49	50
15	49	40

Fuente: Haslett (1986).

Chen y Workman (1980) señalan que nogal negro ha sido sometido a tratamientos de vaporizado para oscurecer el color de la albura y mejorar la permeabilidad, tasa de secado y calidad de la madera secada.

Al respecto, Chen (1975) señala que nogal negro es una especie de secado lento, el que puede ser acelerado por medio del vaporizado, ya que este tratamiento aumenta la permeabilidad de la madera.

Los tratamientos pre - frío (pre - congelamiento) disminuyen fuertemente las contracciones, colapso y los tiempos de secado del duramen de nogal negro (Ilic, 1995).

Para secar chapas producidas de duramen de nogal negro y obtener el color café oscuro deseado, se debe esperar 24 horas antes de introducirlas al horno, debido a que el duramen tiene un color verdoso que permanece en la chapa si ésta se seca inmediatamente (Phelps *et al*, 1983).

5.1.5 Aprovechamiento

Wilde (1953) señala que nogal negro madura aproximadamente a los 150 años, pero puede llegar a vivir 250.

En Italia Calvo *et al* (s.f.) señalan rotaciones de 40 a 60 años, llegando al final de la rotación con 80 a 140 árboles. En cambio IDF (1990) en Francia indica rotaciones de 50 – 65 años para producir 60 árboles/ha.

Para una óptima conversión de madera aserrada a chapas se requieren diámetros a 1,3 m de al menos 60 cm, con fustes limpios de ramas de 5 a 6 m de altura, lo que se podría obtener con rotaciones de 40 – 50 años (Haslett, 1986).

Albert (1914) señala que en Chile las rotaciones se podrían acortar a 25 ó 35 años debido a su rápido crecimiento.

5.1.6 Usos

Su fruto es de interés comercial, comestible, por lo que se utiliza en plantaciones doble propósito (Streets, 1962; Loewe, 1994).

Su madera se utiliza en muebles de alta calidad, incluso llegó a ser catalogada como "*la reina de los armarios*" (Grimm, 1962). También se usa en la fabricación de chapas decorativas, culatas de rifles y pistolas, en tornería, ebanistería, carrocerías, embarcaciones, revestimientos de interiores, etc. (Camevale, 1955; Forest Products Research, 1956; Streets, 1962; Hovie, 1969; Lucier y Hinckley, 1982; Haslett, 1986; Ente Nazionale per la Cellulosa e per la Carta, 1990; IDF, 1990). También ha sido utilizada en paneles, pisos y leña (Haslett, 1986), y en la fabricación de partes y piezas de pianos y órganos (Schumann, 1971).

Antiguamente su madera se usaba para durmientes de ferrocarril, postes, botes y barcos, pero a medida que las existencias han disminuido su utilización se ha concentrado principalmente en la producción de muebles (Albert, 1914).

5.2 RENTABILIDAD

En Estados Unidos, Kurtz *et al* (1984) mencionan valores de la tasa interna de retorno para nogal negro que varían entre 6,7 a 10,9% según el tipo de plantación multipropósito utilizado (Cuadro 35).

CUADRO 35
TASA INTERNA DE RETORNO (%) SEGÚN TIPO DE PLANTACIÓN
MULTIPROPOSITO

Tipo de cultivo	Índice de sitio	
	20	25
Madera	4,3	6,7
Madera y nueces	5,9	7,7
Madera, nueces y maíz	7,8	9,4
Madera, nueces, maíz, poroto de soya	8,7	10,9

Fuente: Kurtz *et al* (1984).

BIBLIOGRAFIA

- ACCADEMIA NAZIONALE DI AGRICOLTURA. s.f. Arboricoltura da legno in collina e in montagna. Accademia Nazionale di Agricoltura, Edagricole – Edizioni Agricole. p: 165.
- AFFELTRANGER, C.; FALLIN, F.; MORRIS, P. 1980. *Pythium* root rot of black walnut (*Juglans nigra*) found in Louisiana. U. S. Department of Agriculture, Forest Service, Tree Planter's Note 31(3): 11 –12.
- ALBERT, F. 1914. EL nogal negro (*Juglans nigra*). Boletín de Bosques, pesca y caza 12(7): 386 – 390.
- AMSTRONG, J. E.; KEARBY, W. H.; MGINNES, E. A. Jr. 1979. Anatomical response and recovery of twigs of *Juglans nigra* following oviposition injury inflicted by the two-spotted treehopper *Enchenopa biontata*. Wood and Fiber 11(1): 29 – 37.
- AMSTRONG, J. E.; MGINNES, E. A. Jr. 1979. Wound reactions in twigs of black walnut (*Juglans nigra*), inflicted by walnut shoot borer, *Acrobasis demotella*. In: Walnut insects and diseases, Workshop, Carbondale U.S. Department of Agriculture, Forest Service, North Central Forest Experimental Station, General Technical Report NC 52: 83 – 87.
- ASHBY, W. C.; KOLAR, C. A.; HENDRICKS, T. R.; PHARES, R. E. 1979. Effects of shaking and shading on growth of three hardwood species. Forest Science 25(2): 212 – 216.
- AUTEN, J.T. 1945. Some soil factors associated with site quality for planted black locust and black walnut. Journal of Forestry 43: 592 – 598.
- BERRY, F. H. 1973 Diseases (*Juglans nigra*). In: Black walnut as crop. U.S. Department of Agriculture, Forest Service, North Central Experimental Forest Station, General Technical Report NC N° 4. p: 88 – 90.
- BETTS, H. S. 1958. Black walnut. U.S. Forest Service. American Woods Service. 8 p.
- BEY, C. F. 1979. Geographic variation in *Juglans nigra* in the midwestern United States. Silvae Genetica 28(4): 132 – 135.
- BEY, C. F. 1980. Growth gains from moving black walnut provenance northward. Journal of Forestry 82(10): 604 – 608.
- BEY, C. F.; WILLIAMS, R. D. 1976. Weed control in black walnut (*Juglans nigra*) plantations. U.S. Department of Agriculture, Forest Service, North Central Forest Experimental Station, Research Note N° 203. 4 p.

- BLACK, W. M.; NEELY, D. 1978. Effects of temperature, free moisture, and relative humidity on occurrence of walnut (*Juglans nigra*) anthracnose (*Gnomonia leptostyla*, *Marssonina juglandis*). *Phytopathology* 68(7): 1054 – 1056.
- BLAIR, L. M. 1982. Black walnut curculio, a factor in walnut productions *Juglans nigra*, *Conotrachelus retentus*, nut drop, economic impact, Missouri trapping studies. In: Black Walnut for the future, U.S. Department of Agriculture, Forest Service, North Central Forest Experimental Station, General Technical Report NC 74: 43 – 46.
- BLAIR, L. M.; KERBY, W. H. 1979. The black walnut curculio *Conotrachelus retentus* and its impact on nut production *Juglans nigra*, Missouri. In: Walnut insects and diseases, Workshop, Carbondale. U.S. Department of Agriculture, Forest Service, North Central Forest Experimental Station, General Technical Report NC 52: 51 – 54.
- BOARDMAN, B. E.; SENFK, J. F.; McCABE, G. P.; LADISCH, C.M. 1992. Colorimetric analysis in grading black walnut veneer. *Wood and Fiber Science* 24 (1): 99 – 107.
- BOURGIER, C.; CASTANERI, D. 1988. Les plantations d'alignement, le long des routes, chemins, canaux, allées. Institut pour le Développement Forestier (IDF). Collection Mission du Paysage. 416 p.
- BOYETTE, W. G. 1973. Tree culture in the southeast (*Juglans nigra*). In: Black walnut as crop. U.S. Department of Agriculture, Forest Service, North Central Experimental Forest Station, General Technical Report NC N° 4. p: 55 – 58.
- BRINKMAN, K. A. 1974. *Juglans* L. (Walnut). In: Seeds of woody plants in the United States of America. U.S. Department of Agriculture, Forest Service. Agriculture Handbook N° 450. p: 454 – 459.
- BROOKS, M. G. 1951. Effect of black walnut trees and their products in other vegetation. W. Va. Agr. Expt. Sta. Bulletin N°347. 31 pp.
- BURKE, R. D.; WILLIAMS, R. D. 1973. Establishment and early culture of plantations (*Juglans nigra*). In: Black walnut as crop. U.S. Department of Agriculture, Forest Service, North Central Experimental Forest Station, General Technical Report NC N° 4. p: 36 – 41.
- BYRNES, W. R.; KRAJICEK, J. E.; WICHMAN, J. R. 1973. Weed control (*Juglans nigra*). In: Black walnut as crop. U.S. Department of Agriculture, Forest Service, North Central Experimental Forest Station, General Technical Report NC N° 4. p: 42 – 48.
- CALVO; MENEGHETTI; MEZZALANA. s.f. Le specie legnose pregiate per la valorizzazione ecologica paesaggistica e produttiva dei boschi e delle aree

marginali. Azienda Regionale Delle Foreste. 29 p.

- CAMPBELL, G. E.; LOTTES, G. J.; DAWSON, J. O. 1991. Design and development of agroforestry systems for Illinois, U.S.A.: Silvicultural and economic considerations. *Agroforestry Systems* 13(3): 203 – 224.
- CARNEVALE, J. 1955. Arboles forestales, descripción, cultivo y utilización. Buenos Aires, Argentina. 689 p.
- CHARLOT, G.; GERMAIN, E. s.f. Le noyer: Nouvelles techniques. Centre Technique interprofessionnel des fruits et légumes. p: 34 – 35.
- CHASE, S. B. 1947. Eastern black walnut germination and seedbed studies. *Journal of Forestry* 45: 661 – 668.
- CHEN, P.Y.S. 1975. The effect of steaming time and temperature on the longitudinal permeability of black walnut. *Wood and Fiber* 7(3): 222 – 225.
- CHEN, P.Y.S.; WORKMAN, E. C. Jr. 1980. Effect of steaming on some physical and chemical properties of black walnut heartwood. *Wood and Fiber* 11(4): 218 – 227.
- CLARK, F. B. 1970. Measure necessary for natural regeneration of oaks, yellow – poplar, sweetgum and black walnut (*Quercus*, *Liriodendron tulipifera*, *Liquidambar styraciflua*, *Juglans nigra*). U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Northeastern Experimental Station, Research Paper NE 144: 1-16.
- CLARK, F. B.; SEIDEL, K. W. 1961. Growth and quality of pruned black walnut. U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Central States Forest Experimental Station. Technological Paper N° 180, 11 p.
- CLAUSEN, K. E. 1989. Finding suitable seed. In: Walnut notes. U.S. Department of Agriculture, Forest Service, North Central Forest Experimental Station. p: 1.01.
- CLINE, M. N.; NEELY, D. 1979. *Cristulariella pyramidalis* and its pathogenesis on black walnut (*Juglans nigra*). *Plant Disease Report* 63(12): 1028 – 1032.
- COLLINGWOOD, G. H.; BRUSH, W. D. 1964. Knowing your trees. p: 152 – 153.
- CORDELL, C. E.; MATUSZEWSKI, M. 1974. *Cylindrocladium scoparium* damaging black walnut seedlings in Kentucky nurseries. *Plant Disease Report* 58(2): 188 – 189.
- CUTTER, B. E.; GARRETT, H. E. 1993. Wood quality in alleycropped eastern black walnut. *Agroforestry Systems* 22: 25 – 32.
- ENTE NAZIONALE PER LA CELLULOSA E PER LA CARTA. 1990. Principali latifoglie da legno. Ente Nazionale per la Cellulosa e per la Carta. 80 p .

- FARMER, R. E. 1973. Vegetative propagation: problems and prospects (*Juglans nigra*). In: Black walnut as crop. U.S. Department of Agriculture, Forest Service, North Central Experimental Forest Station, General Technical Report NC N° 4. p: 66 – 70.
- FARRIS, M. E.; APPLEBY, J. E. 1979. The walnut caterpillar, (*Datana integerrima*), defoliating pest of *Juglans nigra*. In: Walnut insects and diseases, Workshop, Carbondale U.S. Department of Agriculture, Forest Service, North Central Forest Experimental Station, General Technical Report NC 52: 22 - 28.
- FARRIS, M. E.; APPLEBY, J. E. 1980. Chemical control studies of the black walnut caterpillar (*Datana integerrima*) (*Juglans nigra*). Journal of Arboriculture 6(6): 150 – 152.
- FOREST PRODUCTS RESEARCH. 1956. The timbers, A handbook of hardwoods. Forest Products Research, London. p:231 – 232.
- FOREST SERVICE, 1948. Woody plant seed manual. U.S. Department of Agriculture, Forest Service. Miscellaneous Publication N° 654. 416 p.
- FOREST SERVICE. 1986. Wood handbook: Wood as a Engineering Material. U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Forest Products Laboratory, Agriculture Handbook N° 72.
- FOSTER, L. H.; KUNG, F. H. 1980. Economic efficiency of two pruning heights in black walnut. In: Central Hardwoods Forestry Conference III, Columbia. Montana. P: 390 – 400.
- FOWELLS, H.A. 1965. Silvics of forest trees of the United States. U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Agricultural Handbook N° 271. 762 p.
- FUNK, D. T. 1979. Stem form response to repeated pruning of young black walnut trees. Canadian Journal of Forest Research 9(1): 114 – 116.
- FUNK, D. T.; CASE, P. J.; RIETVELD, W. J. PHARES, R. E. 1979. Effect of juglone on the growth of coniferous seedlings. Forest Science 25 (3): 452 – 454.
- FUNK, D. T.; NEELY, D.; BEY, C. F. 1981. Genetic resistance to anthracnose of black walnut. Silvae Genetica 30(4 – 5): 115 – 117.
- GABRIEL, W. J. 1975. Allelopathic effects of black walnut on white birches. Journal of Forestry 73(4): 234 – 237.
- GARRETT, H. E.; KURTZ, W. B. 1980. Black walnut multicropping management. Walnut Council Bulletin 7 (1): 15 – 19.
- GARRETT, H. E.; KURTZ, W. B. 1982. Nut production – a valuable asset in black walnut

management *Juglans nigra*, dual cropping, cost and returns, timber management. In: Black Walnut for the future, U.S. Department of Agriculture, Forest Service, North Central Forest Experimental Station, General Technical Report NC 74: 53 – 56.

- GARRETT, H. E.; KURTZ, W.B. 1983. Silvicultural and economic relationships of integrated forestry – farming with black walnut. *Agroforestry Systems* 1: 245 – 256.
- GOODWIN, O. C.; BRENNEMAN, D. L.; BOYETTE, W.G. 1982. Container seedling survival and growth: pine and hardwood in North Carolina *Pinus spp*, *Juglans nigra*, *Fraxinus american*, *Liquidambar styraciflua*, *Liriodendron tulipifera*. U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experimental Station, General Technical Report SO 37: 125 – 131.
- GREEN, R. J. Jr. 1977. Dieback in black walnut (*Juglans nigra*) seedlings caused by *Phomosis elaeagni*. *Plant Disease Report* 61(7): 582 – 584.
- GREEN, R. J. Jr. 1985. Control of a molding – root rot complex of black walnut seedlings in storage. *Plant Disease* 69(5): 398 – 400.
- GREEN, R. J. Jr.; PLOETZ, R. C. 1979. Root rot of black walnut (*Juglans nigra*) seedlings caused by *Pytophthora citricola*. In: Walnut insects and diseases, Workshop, Carbondale U.S. Department of Agriculture, Forest Service, North Central Forest Experimental Station, General Technical Report NC 52: 5 - 10.
- GRIMM, W. C. 1962. The book of trees. 487 p.
- HADFIELD, M. 1977. The black walnut (*Juglans nigra*). *Quarterly Journal of Forestry* 71(4): 220 – 222.
- HAMELIN, R.C.; BERUBE, P.; GIGNAC, M.; BOURASSA, M. 1996. Identification of root rot fungi in nursery seedlings by nested multiplex PCR. *Applied and Environmental microbiology* 62(11): 4026 – 4031.
- HART, J. H. 1982. Variation in inherent decay resistance of black walnut sapwood and heartwood, *Coriolus versicolor*, *Poria placenta*, *Schizophyllum commune*. In: Black Walnut for the future, U.S. Department of Agriculture, Forest Service, North Central Forest Experimental Station, General Technical Report NC 74: 12 – 17.
- HASLETT, A. N. 1986. Properties and utilization of exotic specialty timbers grow in New Zealand. Forest Research Institute, New Zealand. FRI Bulletin N° 19.
- HEILIGMANN, R.; SCHNEIDER, G. 1975. Black walnut seedling growth in wind protected microenvironments. *Forest Science* 21(3): 293 – 297.

- HENGST, G.E.; DAWSON, J.O. 1994. Bark properties and fire resistance of selected tree species from the central hardwood region of North America. *Canadian Journal of Forest Research* 24:4 (688 – 696).
- HERRERA, S. 1968. Pudrición radicular en plántulas de pino insignie (*Pinus radiata*), pino oregon (*Pseudotsuga menziesii*) y nogal negro (*Juglans nigra*). Ministerio de Agricultura, Instituto de Investigación Agropecuaria. *Agricultura Técnica* 28(1): 43 – 48.
- HOFFMANN, C. H. 1941. Biological observations on *Xylosandrus germanus* (Bldfd). *Journal Economic Entomologist* 34: 38 – 42.
- HOVIE, R. C. 1969. Native trees of Canada. Canadian Forestry Service. p: 132 – 137.
- IDF. 1981. Cultiver les arbres feuillus pour récolter du bois de quillite. Institut pour le développement Forestier. 277 p.
- IDF. 1990. Bosier – une teire agricole. Institut pour le développement Forestier. 64 p.
- ILIC, J. 1995. Advantages of pre-freezing for reducing shrinkage related degrade in eucalyptus; general considerations and review of the literature. *Wood Science and Technology* 29(4): 277 – 285.
- JACOBSON, A. L. 1996. North american landscape trees. Ten speed press. 722 p.
- JOHNSON, R. L. 1978. Hardwood culture in the eastern United States (*Populus deltoides*, *Platanus occidentales*, *Liquidambar styraciflua*, *juglans nigra*) U.S. Department of Agriculture, Forest Service, PAC Northeastern Forest Range Experimental Station, General Technical Report PNW 70: 55 – 59.
- KEARBY, W. H. 1979. The life history of *Acrobasis demotella* and its role in *Juglans nigra* seedling and sapling stem deformities in Missouri. In: Walnut insects and diseases, Workshop, Carbondale U.S. Department of Agriculture, Forest Service, North Central Forest Experimental Station, General Technical Report NC 52: 55 – 57.
- KESSLER, K. J. Jr. 1974. Apparent symbiosis between *Fusarium sp.* fungi and ambrosia beetles (*Xylosandrus germanus*) causes canker of black walnut (*Juglans nigra*) stems. *Plant Disease Report* 58(11): 1044 – 1047.
- KESSLER, K. J. Jr. 1982. Control of black walnut root rot diseases in nurseries *Phytophthora*, *Cylindrocladium*, *Phythium*, *Sclerotium*. U.S. Department of Agriculture, Forest Service, North Central Forest Experimental Station, Research Paper NC N° 229. 8 p.
- KESSLER, K. J. Jr. 1984. Similarity of annual anthracnose epidemics in young *Juglans nigra* plantations form 1978 through 1982 (*Gnomonia leptostyla*, effect of

- temperature and leaf wetness, Illinois). *Plant Disease* 68(7): 571 – 583.
- KESSLER, K. J. Jr. 1985. *Mycosphaerella* sp. leaf spot of black walnut. *Plant Disease* 69(12): 1092 – 1094.
- KESSLER, K. J. Jr. 1989a. Canker disease. In: Walnut notes. U.S. Department of Agriculture, Forest Service, North Central Forest Experimental Station. p: 5.03.
- KESSLER, K. J. Jr. 1989b. *Mycosphaerella* sp. leaf spot. In: Walnut notes. U.S. Department of Agriculture, Forest Service, North Central Forest Experimental Station. p: 5.02.
- KESSLER, K. J. Jr. 1989c. Walnut anthracnose. In: Walnut notes. U.S. Department of Agriculture, Forest Service, North Central Forest Experimental Station. p: 5.01.
- KINCAID, W. H.; KURTZ, W. B.; GARRETT, H. E. 1982. A silvicultural – economic model for black walnut, *Juglans nigra*, includes dual cropping systems. In: Black Walnut for the future, U.S. Department of Agriculture, Forest Service, North Central Forest Experimental Station, General Technical Report NC 74: 122 – 127.
- KING, A. 1973. Forage and trees (*Juglans nigra*, multiple cropping, cost, returns). In: Black walnut as crop. U.S. Department of Agriculture, Forest Service, North Central Experimental Forest Station, General Technical Report NC N° 4. p: 86 – 87.
- KORMINAK, P. P.; SCHULTZ, R. C.; BRYAN, W. C. 1982. The influence of vesicular – arbuscular mycorrhizae on the growth and development of eight hardwood tree species. *Forest Science* 28 (3): 531 – 539.
- KRAJICEK, J. E. 1975. Planted black walnut (*Juglans nigra*) does well on cleared forest sites; if competition is controlled. U.S. Department of Agriculture, Forest Service, North Central Forest Experimental Station, Research Note NC N° 192. 4 p.
- KRAJICEK, J. E.; WILLIAMS, R. D. 1971. Continuing weed control benefits young-planted black walnut (*Juglans nigra*). U.S. Department of Agriculture, Forest Service, PAC North Central Forest Experimental Station, Research Note NC N° 122. 3 p.
- KRAMER, P. J. 1943. Amount and duration of growth of various species of tree seedlings. *Plant Physiology* 18: 239 – 251.
- KUNTZ, J. E.; PREY, A. J. 1982. Dieback, decline and stem canker of black walnut in Wisconsin *Juglans nigra*, *Fusarium* sp., *Phomopsis* sp., *Phyllosticta* sp. fungal pathogens. In: Black Walnut for the future, U.S. Department of Agriculture, Forest Service, North Central Forest Experimental Station, General Technical Report NC 74: 32 – 34.

- KURTZ, W.B.; GARRETT, H. E.; KINCAID, W. H. Jr. 1984. Investment alternatives for black walnut plantation management. *Journal of Forestry* 82: 604 – 608.
- LAMB, G. N. 1915. A calendar of the leafing, flowering and seeding of the common trees of the eastern United State. *Monthly Weather Review Supplement* 2. Pt. 1. 19 p.
- LEE, K. C.; CAMPBELL, R. W. 1969. Nature and occurrence of juglone in *Juglans nigra*. *Horticultural Science* 4: 297 – 298.
- LOEWE, M. V. 1994. La arboricultura: una nueva alternativa productiva para el sector forestal. En: Tercer taller silvícola. Fundación Chile, Grupo Silvícola, Corporación Nacional Forestal. p: 29 – 36.
- LUCIER, A. A.; HINCKLEY, T. M. 1982. Phenology, growth and water relations of irrigated and non irrigated black walnut. *Forest Ecology and Management* 4(2): 127 – 142.
- MAEGLIN, R. R.; HALLOCK, H.; FREESE, F.; McDONALD, K. A. 1977. Effect of nitrogen fertilization on black walnut (*Juglans nigra*) growth, log quality and wood anatomy (foliar analysis). U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Forest Products Laboratory, Research Paper FPL N° 294. 11 p.
- MARTINAT, P. J.; WALLNER, W. E. 1980. Notes on the biology and damage of two *Acrobasis spp.* species (*Lepidoptera; Pyralidae*) on black walnut in Michigan. *The Great Lakes Entomologist* 13(1): 41 – 45.
- MARTINAT, P. J.; WILSON, L. F. 1979. The life histories of *Acrobasis juglandis* and *Acrobasis demotella* on black walnut(*Juglans nigra*) in Michigan. In: Walnut insects and diseases, Workshop, Carbondale U.S. Department of Agriculture, Forest Service, North Central Forest Experimental Station, General Technical Report NC 52: 40 -43.
- McELWEE, R. L. 1970. Artificial regeneration of hardwoods walnut (*Quercus*, *Liriodendron tulipifera*, *Liquidambar styraciflua*, *Juglans nigra*). U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Northeastern Experimental Station, Research Paper NE 144: 17 - 25.
- McKEAGUE, M.; SIMMONS, G. 1979. Effects of insecticidal and cultural methods to reduce *Acrobasis spp.* And forest injury on black walnut (*Juglans nigra*)in southern Michigan. In: Walnut insects and diseases, Workshop, Carbondale U.S. Department of Agriculture, Forest Service, North Central Forest Experimental Station, General Technical Report NC 52: 44 - 50.
- McQUILKIN, R. A. 1975. A Comparison of three methods of black walnut (*Juglans nigra*) plantation establishment (culture). U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Tree Planter's Notes 26(1): 27 – 28.

- MERRIL, W.; FINLEY, R. J. 1981. Relationship of stem tissue age to frequency of *Nectria galligena* canker of hardwoods (*Betula pendula*, *Sassafras albidum*, *Juglans nigra*). Plant Disease 65(1): 66 – 67.
- MILLER, W. E. 1973. Insects as related to wood and nut production. In: Black walnut as crop. U.S. Department of Agriculture, Forest Service, North Central Experimental Forest Station, General Technical Report NC N° 4. p: 91 – 96.
- MONTAGNA, G.; LASSINI, P. 1983. Gli alberti e il bosco. Azienda Regionale delle Foreste. 98 p.
- NAUGHTON, G. G. 1970. Growth and yield of black walnut plantations. Kansas State University. Ext. Serv. 11 p.
- NEELY, D. 1979. Etiology, epidemiology and control of black walnut (*Juglans nigra*) anthracnose caused by *Gnomonia Leptostyla*, Illinois studies. In: Walnut insects and diseases, Workshop, Carbondale. U.S. Department of Agriculture, Forest Service, North Central Forest Experimental Station, General Technical Report NC 52: 5 - 10.
- NEELY, D. 1981. Application of nitrogen fertilizer to control anthracnose of black walnut (*Juglans nigra*). Plant Disease 65(7): 580 – 581.
- NEELY, D. 1986. Total leaf nitrogen correlated with black walnut anthracnose resistance. Journal of Arboriculture 12(12): 312 – 315.
- NEELY, D.; BLACK, W. M. 1976. Anthracnose (*Gnomonia leptostyla*) of black walnut (*Juglans nigra*) in the midwest. Plant Disease Reporter 60(6): 519 – 521.
- NEELY, D.; EVERS, R. A. 1976. New host records for *Cristulariella pyramidalis* (Understory plants in *Juglans nigra* plantations. Plant Disease Report 60(7): 590 – 593.
- NEELY, D.; PHARES, R.; WEBER, B. C. 1976. *Cristulariella pyramidalis* leaf spot associated with defoliation of black walnut (*Juglans nigra*) plantations in Illinois. Plant Disease Report 60 (7): 587 – 590.
- NICHOLAS, I. D. 1988. The silviculture of black walnut in New Zealand. In: The International Forestry Conference for the Australian. Bicentenary and for Presented and Histories of Australian Forestry and Forest Products Intitutions and Associations. Albury – Wadonga. 8 p.
- PASCOUUAU, M. 1994. Vers la reconciliation de la foret et du pastoralisme en Pays Basque. Revue Forestiere Francaise 46: Numero special (102 – 112).
- PERRY, S. F. 1967. Inhibition of repiration by juglone in *Phaseolus* and *Lycopersicon*. Bulletin Torrey Botanic Club 94: 26 – 30.

- PHELPS, J. E.; MCGINNES, E. A. Jr. GARRETT, H. E.; COX, G. S. 1983. Growth quality evaluation of black walnut wood. Part II: Color analyses of veneer produced on different sites. *Wood and Fiber Science* 15(2) 177 – 185.
- PHILO, G. R.; SPANIOL, J. A.; KOLAR, C. A.; ASHBY, W. C. 1983. Weed control for better black walnut on strip mines. Reclamation, tree seedlings, *Juglans nigra*, Illinois. U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Tree Planter's Notes 34(1): 13 – 15.
- PIOU, D. 1979. Importance de la mycorrhization dans la resistance au calcaire de diverses especes forestieres. *Revue Forestier Francaise* 31(2): 116 – 125.
- PONDER, F. Jr. 1982. Some guidelines for selecting black walnut planting sites (*Juglans nigra*), soil variables. In: Black Walnut for the future, U.S. Department of Agriculture, Forest Service, North Central Forest Experimental Station, General Technical Report NC 74: 69 – 72.
- PONDER, F. Jr. 1984. Growth and mycorrhizal development of potted white ash and black walnut fertilization by two methods (*Fraxinus americana*, *Juglans nigra*). *Canadian Journal of Botany* 62(3): 509 – 512.
- PONDER, F. Jr. 1989a. Choosing a good walnut site. In: Walnut notes. U.S. Department of Agriculture, Forest Service, North Central Forest Experimental Station. p: 2.01.
- PONDER, F. Jr. 1989b. Fertilization. In: Walnut notes. U.S. Department of Agriculture, Forest Service, North Central Forest Experimental Station. p: 2.07.
- PONDER, F. Jr. 1989c. Multicropping. In: Walnut notes. U.S. Department of Agriculture, Forest Service, North Central Forest Experimental Station. p: 2.10.
- PONDER, F. Jr. 1989d. Site preparation. In: Walnut notes. U.S. Department of Agriculture, Forest Service, North Central Forest Experimental Station. p: 2.02.
- PONDER, F. Jr. 1989e. Weed control. In: Walnut notes. U.S. Department of Agriculture, Forest Service, North Central Forest Experimental Station. p: 2.05.
- PONDER, F. Jr.; MCBRIDE, F. D. 1989. Irrigation. In: Walnut notes. U.S. Department of Agriculture, Forest Service, North Central Forest Experimental Station. p: 2.08.
- PONDER, F.; SCHLESINGER, R.C. 1984. Site influences herbicide efficiency and growth of planted hardwoods. *Forest Ecology and Management* 9:2 (147 – 153).
- PONDER, F. Jr.; SCHLESINGER, R. C. 1989. Releasing walnut in natural stands. In: Walnut notes. U.S. Department of Agriculture, Forest Service, North Central Forest Experimental Station. p: 3.05.
- POPE, P. E.; HOLT, H. A.; CHANEY, W. R. 1982. Interaction of nitrogen fertilization and

chemical weed control on four – year volume growth of a black walnut plantation (*Juglans nigra*), Indiana. In: Black Walnut for the future, U.S. Department of Agriculture, Forest Service, North Central Forest Experimental Station, General Technical Report NC 74: 105 – 109.

PRESTON, R. J. 1962. North American trees. 395 p.

RAMBO, R. W. 1966. Techniques of stock production. In: Black walnut culture, North Central Experimental Station. p: 13 – 15.

RAST, E. D.; BEATON, J. A.; SONDERMAN, D. L. 1988. Photographic guide to selected defect indicators and associated internal defects in black walnut. U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Northeastern Forest Experimental Station, Research Paper NE - RP N° 617. 27 p.

RIETVELD, W. J. 1982. The significance of allelopathy in black walnut cultural systems *Juglans nigra*, toxicity, associated forest trees, herbaceous vegetation. In: Black Walnut for the future, U.S. Department of Agriculture, Forest Service, North Central Forest Experimental Station, General Technical Report NC 74: 73 – 86.

RIETVELD, W. J.; WILLIAMS, R. D. 1981. Lifting date effects black walnut planting stock quality hardwood planting stock, storage duration, and field performance (*Juglans nigra*). U.S. Department of Agriculture, Forest Service, PAC North Central Forest Experimental Station, Research paper NC N° 205. 8 p.

RINK, G. 1984. Trends in genetic control of juvenile black walnut height growth. Forest Science 30(3): 821 – 827.

RINK, G. 1989a. Black walnut cultivars. In: Walnut notes. U.S. Department of Agriculture, Forest Service, North Central Forest Experimental Station. p: 1.06.

RINK, G. 1989b. Seed handling. In: Walnut notes. U.S. Department of Agriculture, Forest Service, North Central Forest Experimental Station. p: 1.02.

RINK, G.; CLAUSEN, K. E. 1989. Site and age effects on genotypic control of juvenile *Juglans nigra* L. tree height. Silvae Genetica 38(1): 17 – 21.

RINK, G.; PHELPS, J. E. 1989. Variation in heartwood and sapwood properties among 10 year old black walnut trees. Wood and Fiber Science 21(2): 177 – 182.

RINK, G.; WEBER, B. C.; BAINES, D. M.; FUNK, D. T. 1991. Acrobasis shoot moth (*Lepidoptera: Pyralidae*) infestation tree height link in a young black walnut plantation. The Great Lakes Entomologist 24(1): 21 – 25.

ROGER, N. F. 1949. The growth and development of black walnut on coal strip – mined land in southeast Kansas. Kansas Academic Sciences Trans. 52: 99 – 104.

- ROTH, D. A.; GRIFFIN, G. J. 1979. *Cylindrocladium* root rot of black walnut (*Juglans nigra*) seedlings. In: Walnut insects and diseases, Workshop, Carbondale U.S. Department of Agriculture, Forest Service, North Central Forest Experimental Station, General Technical Report NC 52: 11 - 21.
- ROTH, D. A.; GRIFFIN, G. J. 1981. *Cylindrocladium* root rot of black walnut (*Juglans nigra*) seedlings and inoculum pattern in nursery soil. Canadian Journal of Plant Pathology 3(1): 1 - 5.
- SCHLENSINGER, R. C. 1982. Pruning for quality to development straight boles for veneer, logs (*Juglans nigra*). In: Black Walnut for the future, U.S. Department of Agriculture, Forest Service, North Central Forest Experimental Station, General Technical Report NC 74: 87 - 91.
- SCHLENSINGER, R. C. 1989a. Corrective pruning. In: Walnut notes. U.S. Department of Agriculture, Forest Service, North Central Forest Experimental Station. p: 3.01.
- SCHLENSINGER, R. C. 1989b. First thinning. In: Walnut notes. U.S. Department of Agriculture, Forest Service, North Central Forest Experimental Station. p: 3.03.
- SCHLENSINGER, R. C. 1989c. Lateral pruning. In: Walnut notes. U.S. Department of Agriculture, Forest Service, North Central Forest Experimental Station. p: 3.02.
- SCHLESINGER, R. C.; FUNK, D. T. 1977. Black walnut (*Juglans nigra*). U.S. Department of Agriculture, Forest Service, North Central Experimental Forest Station, General Technical Report NC N° 38. 22 p.
- SCHLESINGER, R. C.; WILLIAMS, R. D. 1984. Growth response of black walnut to inter-planted trees. Forest Ecology and Management 9(3): 235 - 243.
- SCHNEIDER, I.; FARRIER, M. H. 1969. New-hosts, distribution, and biological notes on an imported ambrosia beetle (*Xylosandrus germanus*) (*Coleoptera: Scolytidae*). Canadian Entomologic 101: 412 - 415.
- SCHREIBER, A. A.; LINIT, M. J. 1991. Patterns of nut mortality in black walnut plantation with particular reference to insects. Journal of the Kansas Entomological Society 64(1): 38 - 44.
- SCHREINER, E. J. 1949. Can black walnut poison pines?. Pa Univ. Morris Arbor Bulletin 4: 94 -96.
- SCHULER, T. M. 1993. Survival, growth, and target canker infection of black walnut families 15 years after establishment in West Virginia. U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Northeastern Forest Experimental Station, Research Paper NE N° 674. 10 p.
- SCHUMANN, D. R. 1971. Dimension yields from black walnut lumber (*Juglans nigra*)

- SHIGO, A. L. 1979. Patterns of discolored and decayed wood in black walnut: includes electrical equipment to detect internal defects in *Juglans nigra*. In: Walnut insects and diseases, Workshop, Carbondale U.S. Department of Agriculture, Forest Service, North Central Forest Experimental Station, General Technical Report NC 52: 88 – 93.
- SHIGO, A. L.; MCGINNES, E. A. Jr.; FUNK, D. T.; ROGERS, N. F. 1978. Internal defects associated with pruned and nonpruned branch stubs in black walnuts (*Juglans nigra*), discolored wood due to improper pruning. U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Northeastern Forest Experimental Station, Research Paper NE N° 440. 27 p.
- SHIGO, A. L.; ROGERS, N. F.; MCGINNES, E. A. Jr.; FUNK, D. T. 1979. Black walnuts (*Juglans nigra*) on Kansas strip mine spoils: some observations 25 years after pruning. U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Northeastern Forest Experimental Station, Research Paper NE N° 393. 14 p.
- SMITH, R. C. 1973. Returns from two systems of multicropping (*Juglans nigra*). In: Black walnut as crop. U.S. Department of Agriculture, Forest Service, North Central Experimental Forest Station, General Technical Report NC N° 4. p: 106 – 110.
- STEFAN, S. 1989. Micropropagating black walnut. American Nurceryman February 169 (3): 89 – 92.
- STREETS, R. J. 1962. Exotic forest trees in the British Commonwealth. Clarendon Press. Oxford. 765 p.
- THOMAS, C. S.; HART, J. H. 1986a. Relationship between year of infection, tree age, tree growth, and necrotic canker of black walnut Michigan. Plant Disease 70(12): 1121 – 1124.
- THOMAS, C. S.; HART, J. H. 1986b. Site factors associated with necrotic canker on black walnut Michigan. Plant Disease 70(12): 1117 – 1121.
- TISSERAT, N. A.; KUNTZ, J. E. GURIES, R. P. CAMP, R. F. 1982. Walnut root rot in seedbeds, heeling in beds, and storage *Juglans nigra*, *Phytophthora citricola*, *Cylindrocladium spp.*, *Fusarium spp.* In: Black Walnut for the future, U.S. Department of Agriculture, Forest Service, North Central Forest Experimental Station, General Technical Report NC 74: 38 – 42.
- TISSERAT, N.; KUNTZ, J. E. 1984. Root deterioration of black walnut seedlings during over-winter storage in Wisconsin (*Juglans nigra*) (damage from subfreezing soil temperatures. U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Tree Planter's

- TORBERT, J.P.; BURGER, J.A.; LIEN, J.N.; SCHOENHOLTZ, S.H. 1985. Results of a tree species trial on a recontoured surface mine in southwestern Virginia. *Southern Journal of Applied Forestry* 9:3 (150 - 153).
- VAN CAMP, J.L. 1956. Fifty trees of Canada, East of the Rockies. The Book Society of Canada. 64 p.
- VAN SAMBEEK, J. W. 1989a. Grafting. In: Walnut notes. U.S. Department of Agriculture, Forest Service, North Central Forest Experimental Station. p: 1.05.
- VAN SAMBEEK, J. W. 1989b. Interplantings. In: Walnut notes. U.S. Department of Agriculture, Forest Service, North Central Forest Experimental Station. p: 2.09.
- VAN SAMBEEK, J. W. 1989c. Nut production. In: Walnut notes. U.S. Department of Agriculture, Forest Service, North Central Forest Experimental Station. p: 4.01.
- VAN SAMBEEK, J. W.; RINK, G. 1982. Physiology and silviculture of black walnut for combined timber and nut production *Juglans nigra*. In: Black Walnut for the future, U.S. Department of Agriculture, Forest Service, North Central Forest Experimental Station, General Technical Report NC 74: 47 – 52.
- VAN SAMBEEK, J. W.; SCHLESINGER, R. C. 1989a. Revitalizing Stagnating Stands. In: Walnut notes. U.S. Department of Agriculture, Forest Service, North Central Forest Experimental Station. p: 3.06.
- VAN SAMBEEK, J. W.; SCHLESINGER, R. C. 1989b. Twig and stem borers. In: Walnut notes. U.S. Department of Agriculture, Forest Service, North Central Forest Experimental Station. p: 5.05.
- VON ALTEHN, F. W.; PRINCE, F. A. 1986. Black walnut (*Juglans nigra*) establishment: six year survival and growth of containerized and 1:0 seedlings. U.S. Department, Forest Service, Tree Planter's Notes 37(1): 11 – 14.
- WAHLGREN, H. E. 1973. Evaluation of selected wood properties in relation to soil site conditions (*Juglans nigra*). In: Black walnut as crop. U.S. Department of Agriculture, Forest Service, North Central Experimental Forest Station, General Technical Report NC N° 4. p: 17 – 22.
- WEAVER, J. E.; HANSON, H. C.; ALKMAN, J. M. 1925. Transect method of studying woodland vegetation along streams. *Botanic Gazette* 80: 168 – 87.
- WEBER, B. C. 1979. *Xylosandrus germanus* (Coleoptera:Scolytidae), a new pest of black walnut (*Juglans nigra*): a review of its distribution, host plants, and enviromental conditions of attack includes association with *Fusarium spp.* Species. In: Walnut insects and diseases, Workshop, Carbondale U.S.

- WEBER, B. C. 1982. Ambrosia beetles in your black walnut plantation- how serious are they *Juglans nigra*, *Xylosandrus germanus*, statistics from Illinois, Indiana, North Carolina, Ohio, Tennessee. In: Black Walnut for the future, U.S. Department of Agriculture, Forest Service, North Central Forest Experimental Station, General Technical Report NC 74: 7 – 11.
- WEBER, B. C. 1989. Walnut Caterpillars and others defoliators. In: Walnut notes. U.S. Department of Agriculture, Forest Service, North Central Forest Experimental Station. p: 5.04.
- WEBER, B. C.; ANDERSON, R. L.; HOFFARD, W. H. 1980. How diagnose black walnut (*Juglans nigra*) damage insect pest, animal pest, fungal diseases. U.S. Department of Agriculture, Forest Service, North Central Forest Experimental Station, General Technical Research N° 57. 21 p.
- WEBER, B. C.; McPHERSON, J. E. 1982. The distribution of *Xylosandrus germanus* in America north of Mexico (*Coleoptera: Scolytidae*). Pest of *Juglans nigra* and *Liriodendron tulipifera*. The Great Lakes Entomologist 15(3):171 – 174.
- WEBER, B. C.; McPHERSON, J. E. 1984. Attack on black walnut trees by the ambrosia beetle *Xylosandrus germanus* (*Coleoptera: Scolytidae*). Forest Science 30(4): 864 – 870.
- WEBER, B. C.; McPHERSON, J. E. 1985. Relation between attack by *Xylosandrus germanus* (*Coleoptera: Scolytidae*) and disease symptoms in black walnut. The Canadian Entomologist 117(10): 1275 – 1277.
- WEBER, B. C.; VAN SAMBEEK, J. W. 1989. Preventing animal damage. In: Walnut notes. U.S. Department of Agriculture, Forest Service, North Central Forest Experimental Station. p: 5.06.
- WENDEL, G. W.; DORN, D. E. 1985. Survival and growth of black walnut families after 7 years in West Virginia. U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Northeastern Forest Experimental Station, Research Paper NE N° 569. 6 p.
- WIANT, H. V. Jr.; RAMIREZ, M. A. 1974. Don't plant white pine near walnut !. U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Tree Planter's Notes 25 (4): 30.
- WILDE, S. A. 1953. Trees of Wisconsin – their ecological and silvicultural silhouettes. Wisconsin University, Soils Department . 44 p.
- WILLIAMS, R. D. 1971. Stratified walnut seed still viable after four years in storage. Forest Service, Tree Planter's Note 22(4): 1-2.

- WILLIAMS, R. D. 1982. Black walnut Seed: from tree to seedling *juglans nigra*, includes collecting, testing, storage, sowing. In: Black Walnut for the future, U.S. Department of Agriculture, Forest Service, North Central Forest Experimental Station, General Technical Report NC 74: 114 – 117.
- WYLIE, J. E. 1966. Nuts and wood – dual crops for management. In: Black Walnuts Culture. Proceedings of Black Walnut Symposium, Carbondale. U. S. Department of Agriculture, Forest Service, North Central Forest Experimental Station. p: 91-94.
- ZARGER, T. G. 1975. Black walnuts – As nut trees. In: Handbooks of North American Nut Trees. p: 203 – 211.



PROYECTO
SILVICULTURA DE ESPECIES NO TRADICIONALES:
UNA MAYOR DIVERSIDAD PRODUCTIVA
(FONSIP-FIA)

Dirección:
VERONICA LOEWE



INFOR
INSTITUTO FORESTAL