

CAPÍTULO.-

SELVICULTURA DE *FRAXINUS EXCELSIOR*

Oscar Cisneros

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

Gregorio Montero

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

1. **Tipología**
 - 1.1. **Taxonomía: razas y variedades**
 - 1.2. **Tipología de las masas en que aparece el fresno**
2. **Regeneración y tratamientos de regeneración**
 - 2.1. **Principales factores que afectan a la regeneración**
 - 2.2. **Tratamientos generales**
 - 2.2.1. **Tratamiento del fresno por regeneración natural en monte**
 - 2.2.2. **Tratamiento de bosquetes monoespecíficos de fresno y plantaciones de alta densidad**
 - 2.2.3. **Tratamiento de plantaciones de fresno en terrenos agrícolas**
3. **Tratamientos parciales**
 - 3.1. **Limpias**
 - 3.2. **Clareos**
 - 3.3. **Claros**
 - 3.4. **Podas**
 - 3.5. **Fertilización**
 - 3.6. **Sanitarios**
4. **Crecimiento y Producción**
 - 4.1. **Calidad de estación**
 - 4.2. **Crecimiento**
 - 4.3. **Turno**
 - 4.4. **Producción**
 - 4.5. **Modelos de crecimiento y producción**
5. **Esquema selvícola**

0. INTRODUCCIÓN

El fresno es un integrante muy habitual de los bosques de ribera del tercio norte peninsular. Está presente en numerosos sotos y bosques de frondosas y coníferas, aprovechando las condiciones de humedad edáfica que genera la topografía y la litología. También aparece en los bordes de prados y caminos, en ocasiones trasmochado para servir como alimento al ganado. Además de servir como fuente de alimentación en ganadería, el destacado papel en ecosistemas de alto valor como las riberas o diversificar y estabilizar los bosques, el fresno proporciona una de las maderas de mayor calidad en el bosque templado. Su belleza, y las importantes características tecnológicas de resistencia y flexibilidad, no se corresponden con el escaso interés que ha despertado en la gestión forestal. La gestión cuidadosa que requieren las masas próximas a cursos de agua se puede compensar con el elevado valor de los productos obtenidos. La reforestación como especie principal, orientada a la producción de madera de calidad en turnos medios, es una buena alternativa para esta especie, tanto en antiguos terrenos agrícolas como en áreas forestales.

1. TIPOLOGÍA

1.1. Taxonomía. Razas y variedades

En España no se citan razas o variedades, aunque existen en otras localizaciones europeas. Se han reconocido híbridos con *Fraxinus angustifolia* Vahl. en los solapes de sus áreas de distribución, (Fraxingen, 2005).

1.2. Tipología de las masas en las que aparece el fresno (Blanco et al., 1997)

Las únicas masas forestales en las que aparece el fresno con presencia mayoritaria, son algunos bosques de ribera que se prolongan varios kilómetros a lo largo de los ríos de la región eurosiberiana. Habitualmente su presencia es diseminada, en bosques de planocaducifolios, en bosques de ribera en compañía de otras especies o bien salpica los bosques dominados por otras especies como robledales, pinares o hayedos. También se encuentra en los bordes de prados y en la proximidad de campos de cultivo, testimonios de su presencia habitual en el bosque que precedió a la transformación por parte del hombre. Su uso como fuente de alimento para el ganado ha propiciado el mantenimiento de algunas masas en forma de trasmochos, si bien este aprovechamiento no alcanza la importancia que en *Fraxinus angustifolia* Vahl. Hay que señalar que existen poblaciones en el área mediterránea consideradas relictos con alto valor ecológico, como en el Alto Tajo (Herranz, 1995).

1.2.1. El fresno en el bosque de planocaducifolios

Los aspectos generales expuestos en el capítulo dedicado a *Acer pseudoplatanus* L. son aplicables en este punto. Quizá la diferencia entre ambas especies dentro de estas masas es la posición del fresno en situaciones más higrófilas que el arce.

1.2.2. El fresno como integrante minoritario de otras masas

En la región eurosiberiana es frecuente encontrar fresnos en bosques dominados por otras especies. Es el caso de los hayedos-abetales del Pirineo, donde el fresno aparece salpicando el paisaje junto a arces, serbales, tilos o temblones. En el mismo tramo altitudinal, los pinares mesófilos de *Pinus sylvestris* L. de facies calcícolas también incluyen con frecuencia al fresno como integrante. En ambos casos se trata de masas en condiciones ambientales húmedas. Otras masas en que es habitual el fresno es como acompañante del abedul en las formaciones de alta y media montaña en que esta especie

es dominante, en los temblares de la mitad norte de la península, en las alisedas atlánticas, en las avellanedas pirenaicas de montaña, en los melojares cantábricos integrados por *Quercus pyrenaica* Willd., *Quercus robur* L. y el híbrido de ambos. También aparece en condiciones más xéricas en los quejigares de la meseta y el Sistema Ibérico, en las manifestaciones septentrionales de Cantabria, Álava y norte de Burgos, donde el quejigo suele incluir carballos, encinas, los híbridos de estos con el quejigo y *Acer campestre* L. En condiciones próximas a la costa cantábrica, el fresno aparece en las particulares condiciones del encinar basal de *Quercus ilex* L. subsp. *ilex*, en cotas inferiores a 500 m.

1.2.3. El fresno en las formaciones riparias de la región eurosiberiana

Con este apartado se pretende señalar la existencia de bosques de ribera en los que el fresno es la especie dominante. Realmente se trata de casos particulares de alguno de los ejemplos anteriores (abedulares, temblares, alisedas), en los que el fresno se convierte en especie principal en tramos que pueden alcanzar algunos kilómetros. La presencia de estas fresnedas se puede entender como transición entre los tipos principales de bosques riparios, cuando la altitud o el sustrato no favorecen la presencia dominante del aliso, el abedul o los sauces arbustivos.

2. REGENERACIÓN Y TRATAMIENTOS DE REGENERACIÓN

2.1. Principales factores que afectan a la regeneración

Las flores del fresno pueden ser masculinas, femeninas o hermafroditas. Las dos últimas producen frutos, que consisten en sámaras con un ala que facilita su dispersión por el viento. La polinización también es anemófila. Existen árboles con distintos porcentajes de los tres tipos de flores, desde árboles que sólo tienen flores masculinas, otros con distinta proporción de flores masculinas y hermafroditas, con distinta proporción de flores femeninas y hermafroditas, y árboles con mayoría de flores femeninas. Algunos autores han sugerido que existe variación en el sexo del árbol durante los años, sin embargo los análisis de Fraxigen (2005) al respecto indican que existe estabilidad a lo largo de varios años.

Disponibilidad de semillas

Es autocompatible, pero las semillas autopolinizadas sobreviven en escasa proporción. Es más frecuente que el polen provenga de otros árboles (Fraxigen, 2005).

Las flores se abren en abril-mayo, justo antes de la foliación. Los frutos se empiezan a desprender en septiembre-octubre, aunque algunos permanecen en el árbol durante el invierno. Suszka et al. (1994) indican que en ese momento el embrión sólo alcanza la mitad del desarrollo necesario para germinar. Es necesaria una fase cálida de varios meses para permitir su desarrollo completo, seguida de otra fase fría. Las semillas que al caer al suelo completan esta fase cálida, pueden germinar a la primavera siguiente. El resto lo hará a la segunda primavera (Thill, 1970). Un aspecto interesante apuntado por estos autores es que el desarrollo del embrión en el árbol es mayor hacia el sur del área de distribución de la especie. Por lo tanto en la península se pueden esperar que la fase de calor sea más corta, y por lo tanto la germinación en condiciones naturales el primer año sea más importante que en el resto de Europa.

A pesar de desarrollo incompleto del embrión y de otros mecanismos que dificultan la germinación, la semilla puede secarse hasta el 8-10% de humedad y permanecer viable durante 10 años. A diferencia del arce, existe banco de semillas en el suelo, lo que unido

a la frecuencia de grandes cosechas y a la abundancia de semillas por árbol, permite identificar al fresno como una especie con gran capacidad de propagación.

Germinación y primer desarrollo

Las semillas recogidas en verde en agosto y sembradas inmediatamente presentan un buen porcentaje de germinación, en torno al 60-70% en la primera primavera. Esto es debido a que existen suficientes semanas de calor antes de la germinación para completar el desarrollo del embrión.

Según Thill (1970), el desarrollo óptimo de los brinzales se produce en los suelos frescos, con pH neutro y libres de tapiz herbáceo. La foliación del regenerado se produce antes de la del resto de la cubierta, y su crecimiento anual concluye aproximadamente cuando los árboles están en máxima foliación. Los dos o tres primeros años se desarrollan correctamente bajo la cubierta de otros árboles, pero posteriormente requieren la puesta en luz. En cuanto al enraizamiento, en el primer año es pivotante y puede llegar hasta 50 cm (Bibelriether, 1966; en Thill, 1970). A partir del 2º año se producen raíces laterales que se desarrollan horizontalmente en las capas superiores del suelo y generan raíces secundarias que descienden verticalmente. El sistema radical es muy sensible a la disponibilidad de luz, de forma que en crecimiento libre el fresno desarrolla desde temprana edad un sistema de raíces profuso y mayoritariamente superficial, en varios metros alrededor, mientras que bajo cubierta, las raíces en el horizonte superficial (0-5 cm) descienden en un 78% y se distribuyen preferentemente en profundidad (Rust y Savill, 2000). Se puede deducir que la disponibilidad de espacio en los primeros años determina el tamaño del sistema radical y éste marcará el crecimiento futuro.

Los claros en los que el regenerado se instala sin dificultad son del orden de 1000 m² (Faure et al., 1975). En comparación con el arce, el fresno coloniza áreas más pequeñas, lo que indica mayor necesidad de protección en los primeros años.

Establecimiento

Los principales enemigos del regenerado son la cubierta prolongada, y en menor medida la acidez del suelo, la competencia herbácea, las heladas tardías y la caza (Thill, 1970).

Kerr (2003) estudió el efecto del espaciamiento sobre el establecimiento y crecimiento inicial de plantaciones de fresno, y encontró una mejor respuesta en las densidades mayores. Sus resultados parecen apuntar a una mejora en las condiciones microclimáticas por el efecto de autoprotección entre los árboles, de la eliminación de competencia herbácea por el mayor sombreado de las copas y de un balance más favorable en los rangos del espectro luminoso recibido. En los 5 primeros años la competencia entre árboles, al menos hasta 0,7 m de espaciamiento, parece beneficiosa. Este efecto edades también ha sido señalado por otros autores (Poulain, 2000), si bien el exceso de competencia que se produce en regenerados naturales puede dar lugar a heridas por frotamiento que favorecen el desarrollo de chancros bacterianos (Faure et al, 1975). Otros autores como Perrin (1964) y Lanier (1986) han señalado el efecto indeseable de la autocompetencia en los regenerados naturales, de forma que consideran necesario realizar limpiezas frecuentes a favor de un único árbol por golpe de regeneración, para evitar que la lucha por los recursos de lugar a numerosos árboles débiles y sin futuro.

Rust y Savill (2000) encontraron que la sombra al del haya induce la mortalidad de los brinzales, cuyo aspecto general bajo cubierta es etiolado. Por el contrario, en los claros el crecimiento inicial supera al haya y supone una ventaja en el establecimiento del regenerado de fresno.

El potente enraizamiento del fresno desde las primeras edades se considera el factor determinante para explicar su mejor arraigo y crecimiento inicial en comparación con otras frondosas (Montero et al., 2003; Kerr y Cahalan, 2004).

Reproducción vegetativa

El fresno rebrota de cepa y de raíz. El aprovechamiento del rebrote mediante el trasmocho, con turnos que varían de 7 a 15 años (González, 1947), ha sido uno de los tratamientos habituales. Existen numerosas referencias que evidencian una moderada facilidad para la propagación mediante estaquillado. Los porcentajes de enraizamiento alcanzados por Jinks (1995), llegan al 65% con estaquillas de árboles podados en forma de seto, estaquillados en sistema de niebla bajo cubierta. Cahalan y Jinks (1992) alcanzaron una media del 49% para estaquillas procedentes de árboles podados en seto anualmente y 26% para estaquillas de árboles adultos. Silveira y Cottignies (1994) obtuvieron porcentajes bajos de enraizamiento (en torno al 6 %) para estaquillas

recogidas en parada vegetativa de árboles jóvenes, mientras que fue nulo para estaquillas herbáceas. La micropropagación se ha conseguido con éxito por varios autores (Hammatt y Ridout, 1992; Silveira y Cottignies, 1994). El problema de estos métodos es conseguir la viabilidad comercial, aunque Thompson et al., (2001) han elaborado un protocolo para la propagación vegetativa a escala industrial.

2.2. Tratamientos generales

Aparte del trasmocho para la producción de ramón, no se puede hablar de tratamientos generales para esta especie. No se han practicado labores encaminadas a la regeneración, debido a su capacidad de propagación vegetativa y al importante regenerado obtenido por semilla. Tampoco ha existido mayor interés por su madera, ciñéndose a la extracción de árboles para atender a necesidades puntuales. Respecto a la forma fundamental más habitual, existen poblaciones en monte alto en los bosques de planocaducifolios y en numerosas riberas, si bien su cepa tiene una elevada capacidad de rebrote y longevidad, por lo que en áreas antropizadas se encuentra habitualmente en monte bajo. En particular, se encuentran chirpiales en los setos y riberas cerca de prados, limpiados con cierta frecuencia para evitar la sombra sobre el cultivo, así como en límites de fincas y bordes de caminos.

Las recomendaciones siguientes se basan en trabajos europeos, aunque sintetizan los casos habituales en las poblaciones de España. El objetivo principal de los tratamientos es la consecución de la regeneración y la obtención de madera destinada al aserrío o la producción de chapa para ebanistería y carpintería interior.

2.2.1. Tratamiento del fresno por regeneración natural en monte

El fresno aparece habitualmente en pequeños bosquetes o aislado, dentro del bosque de planocaducifolios o en robledales, pinares o hayedos. El objetivo general de los tratamientos lo describe Thill (1975), quien recomienda conseguir entre 60 y 80 años fresnos de 45-50 cm de diámetro, con trozas de calidad sin ramas de 6 a 9 m. Para ello se deben realizar claros enérgicos desde el momento en que los árboles dominantes tienen 8 m. Se eliminan los peores individuos para favorecer a los mejores, pero conservando el subpiso que favorece la autopoda. Cuando la altura limpia mediante autopoda es la deseada, se inician los claros y claras para conservar el espaciamiento adecuado de los árboles de porvenir. El inicio de estas intervenciones está entre 15 y 20

años y son frecuentes, con rotaciones de 5 años. De esta forma se optimiza el crecimiento y los crecimientos son regulares y constantes, lo que redundaría en la calidad de la madera. Es conveniente distinguir los tratamientos en monte medio y en monte alto. Respecto a la gestión del monte medio en España, Madrigal (1994) señala que no es una forma habitual en nuestros montes, por lo tanto habría que hablar de monte bajo resalveado. En cuanto al monte bajo, hay que recordar que el mercado no demanda pequeñas dimensiones de frondosas, ya que el uso en mangos y pequeñas piezas es testimonial, por lo tanto la gestión mediante este método de beneficio es dudosamente recomendable.

→ Monte alto: Thill (1970) recomienda que el fresno se mantenga en monte alto para evitar las deformaciones y crecimientos irregulares habituales en monte medio. Además indica que el temperamento del fresno se ajusta a la regeneración natural continua en masa irregular, de esta forma el fresno cuenta con el balance adecuado de iluminación y protección. La masa irregular también es adecuada para las rotaciones cortas, entorno a 5 años, que requiere la producción de madera de calidad de fresno. El tratamiento propuesto por este autor es el de masa irregular por bosquetes. Sin embargo es muy adecuada la reflexión de González (2005) sobre este tratamiento. Según este autor, la ordenación en monte irregular por bosquetes carece tanto de las ventajas del tratamiento en monte irregular pie a pie como de las del monte regular, y suma algunas de sus desventajas. Propone como alternativa la gestión como masas regulares, mediante una silvicultura cuidadosa que aproveche al máximo las distintas estaciones presentes. Este criterio se adapta a la ecología de las frondosas acompañantes, típicamente enmarcadas en pequeñas estaciones en las que algún factor ecológico les proporciona una ventaja sobre la especie principal. Se obtendría una mezcla de especies y turnos, similar a lo que sucede de forma natural en el bosque de planocaducifolios, sin requerir la intensidad de gestión típica del monte irregular. La ordenación por rodales es el modelo adecuado para conducir estas masas.

Como valor indicativo del objetivo perseguido en monte irregular por bosquetes, Huffel (1919, en Thill 1970) indica que la masa de fresno se compone de 110 a 160 arb/ha de 15 a 70 cm de diámetro normal, que representa un área basimétrica de 12 a 15 m² y un volumen comercial de 120 m³. Boudru (1989) recomienda que el número

de bosquetes sea de 6 a 10, con superficie mínima de 10 a 30 áreas por bosquete, con lo que la superficie de la serie completa varía entre 60 y 300 áreas.

Perrin (1964) recoge que la madera de fresno producida en monte alto es de menor calidad que la de monte medio, y recomienda este último método. Sin embargo reconoce que es interesante mantener el fresno en monte alto como especie acompañante en bosques de roble o haya. La abundante fructificación genera golpes con elevada densidad que deben reducirse hasta un único árbol mediante limpiezas. El crecimiento en competencia dentro de latizales, puede proporcionar fresnos de 40 cm, que incrementan el valor del monte.

→ Monte medio: Perrin (1964) preconiza la adecuación del fresno a la gestión en monte medio frente a la de monte alto, en particular en los robledales de *Quercus petraea* (Matt.) Liebl. Esta forma se adapta bien a sus buenas condiciones de rebrote, que se desarrolla por encima de otras especies y escapa rápidamente a la competencia. También es adecuado como brinzales en las mejores estaciones donde puede desarrollarse más rápido que el roble y dar madera de mayor valor. Los resalvos no deben pasar del tercer estado, antiguos de 1ª (entre 3 y 4 veces el turno), para evitar problemas de decrepitud y corazón negro (ver 4.3 “Turno”). El turno más habitual en la explotación del monte medio es de 25 años (Franc y Ruchaud, 1996). Lanier (1986) recomienda la plantación de fresnos para enriquecer este tipo de monte, en densidades que no deben bajar de 400 arb/ha.

En el caso de que el fresno ocupe el estrato inferior de un monte medio, Bessièrès (1992) recomienda su gestión mediante la liberación de la copa de entre 40 y 60 arb/ha cuando su altura esta cerca de 10 m, para permitir un crecimiento constante y una adecuada reacción a la puesta en luz tras las claras siguientes. Tras la corta final, se puede plantear el paso a monte alto irregular.

2.2.2. Tratamiento de bosquetes monoespecíficos de fresno y plantaciones de alta densidad

Ocasionalmente se encuentran fresnos que regeneran pequeñas superficies como huertos o prados abandonados, huecos de montes o bordes de masas, convirtiéndose en la especie dominante de un pequeño bosquete. Este grupo se separa del anterior porque son pequeñas masas coetáneas, que a efectos de gestión se asimilan a plantaciones,

frente a los bosques tratados en el punto anterior. Por esta razón también se incluyen las repoblaciones de alta densidad (por encima de 1100 arb/ha), generalmente realizadas en terrenos forestales (no agrícolas).

En estas poblaciones la elevada densidad del regenerado o la presencia de sotobosque y árboles cercanos hacen que el efecto de protección sobre los fresnos sea muy marcado. Las ventajas de este acompañamiento sobre el desarrollo y la forma del árbol son evidentes, si bien la competencia debe controlarse para que no se vuelva en contra del fresno.

Los principios generales son similares al caso anterior, la consecución de madera de alto valor en turnos máximos de 60 a 70 años mediante la realización de claras frecuentes. El objetivo es conseguir trozas cilíndricas de 6 m, con 50 cm de diámetro normal, madera clara (sin corazón negro) y con crecimientos constantes y amplios. Las recomendaciones de manejo expuestas en los párrafos anteriores coinciden con las de otros autores, como Evans (1984) o Bessi res (1992), que prescriben clareos tempranos para favorecer a los mejores árboles, puntualmente podas para eliminar horquillas y claras frecuentes desde que la altura alcanza 10 m. Faure et al. (1975) proponen intervenciones frecuentes, cada 5 años hasta los 20   30 años, momento en el que se seleccionan de 60 a 70 arb/ha destinados a la corta final, que serán favorecidos mediante claras por lo alto. A continuación se recogen algunos itinerarios selvícolas propuestos para estas masas.

→ Itinerario selvícola propuesto por Claessens (2002). Este autor agrupa la selvicultura del fresno para regenerados de alta densidad bajo el epígrafe de selvicultura próxima a la naturaleza, tanto en caso de regenerados naturales como artificiales. Las recomendaciones generales para estas poblaciones son:

- En caso de partir de regeneración artificial se debe realizar una plantación a elevada densidad, por encima de 2000-2500 arb/ha. La calidad genética debe ser elevada. A pesar de partir de un gran número de árboles, no es comparable a la intensidad de selección que ocurre en población silvestres, donde 1 de cada 1000 árboles son seleccionados como árboles de futuro, frente a la proporción de 1 de 30 en repoblados de alta densidad.

- Cuando la altura está entre 3 y 4 m (4 a 5 años) se realiza un aclareo eliminando los mal conformados y eventualmente una poda de formación (eliminación de horquillas).
 - Cuando la altura está entre 5 y 6 m (6 a 7 años) se hacen clareos alrededor de 400 arb/ha para favorecer su crecimiento. Se realiza otra poda de formación si es necesario.
 - Cuando la altura de fuste es de 4 m (8 – 10 años) se realiza la primera clara por lo alto para liberar a los árboles preseleccionados.
 - En el caso de que el efecto de autocompetencia no sea suficiente, pueden ser necesarias otra poda de formación y otra de calidad.
 - Aproximadamente a los 15 años se consigue la troza de calidad y se inicia la fase de engrosamiento. El objetivo es seleccionar entre 70 y 100 arb/ha para la corta final, mediante claras por lo alto, con rotaciones de 3 a 6 años que buscan mantener un área basimétrica entre 12 y 15 m²/ha.
- Itinerario selvícola propuesto por Armand (1995). Los principales puntos que establece para la gestión de plantaciones densas en ambiente forestal son:
- Cuando la altura dominante alcanza 4 m, se reduce la densidad hasta 2500 arb/ha, cuando llega a 6 m se reduce hasta 1100 arb/ha y cuando alcanza 8 m se llega a 666 arb/ha.
 - Se preseleccionan entre 150 y 280 arb/ha cuando la altura media está entre 6 y 8 m. Sobre estos árboles se concentran los trabajos de poda, la eliminación de competencia, etc.
 - Para la corta final se marcan entre 50 y 70 arb/ha, en el momento en que se alcanzan 12-14 m de altura media.
 - Las claras se marcan para favorecer a estos árboles, y siguen el calendario expuesto en la tabla 6.
- Itinerario selvícola propuesto por Pilard-Landeau y Le Goff (1996). El objetivo es la producción de 60 arb/ha en la corta final, a los 60 años, y distinguen dos calidades (buena-muy buena, media-buena) con las características selvícolas recogidas en la tabla 1.

Tabla 1. Objetivos selvícolas según clase de calidad (Pilard-Landeanu y Le Goff, 1996)					
Calidad	Turno	Densidad final	Dnormal final	Altura de troza	Altura dominante
Clase I (buena a muy buena)	60 años	60 arb/ha	60-70 cm	8 m	30 (de 28 a 32 m)
Clase II (media a buena)	60 años	60 arb/ha	40-60 cm	6 m	26 (de 24 a 28 m)

Los tratamientos que proponen estos autores para regenerados silvestres son:

- La creación de calles cada 5 m durante los primeros años para permitir los trabajos posteriores
- La realización de clareos para llegar inicialmente a 4000 arb/ha antes de que alcancen 5 m de altura dominante y posteriormente a 2000 arb/ha cuando la altura dominante alcanza 7 m
- La realización de claras para desarrollar la copa a partir de los 10 m de altura dominante. Se consigue de esta forma la autopoda de la troza de calidad, si bien se pueden mantener una elevada densidad hasta que alcancen los 14 ó 16 m de altura dominante y conseguir una troza mayor.
- En caso de que la autopoda no haya sido suficiente, hay que programar una poda de calidad sobre los 60 árboles seleccionados cuando la altura dominante es de 14 - 16 m.
- Las claras se programan en función de la calidad según la tabla 5. Se trata de intervenciones frecuentes, para cada incremento de 3 m en la mejor calidad y de 2 m en la de calidad media. Son claras por lo alto que buscan favorecer a los árboles seleccionados.
- La selección de los árboles para la corta final se realiza sobre 60 arb/ha, cuando la altura dominante llega a 16 y 14 m en la calidad mejor y media respectivamente.

→ Itinerario selvícola propuesto por COFORD (2002). Para la gestión de plantaciones de alta densidad, propone los siguientes tratamientos selvícolas (tabla 2).

Tabla 2. Tratamientos selvícolas en plantaciones de alta densidad (COFORD, 2002).		
Altura (m)	Densidad antes de la intervención (arb/ha)	Tratamiento

0,4 - 0,9	3300	Plantación
0,5 - 2,0	3300	Control de la vegetación (limpia)
2 - 3	3000	1ª poda de formación
4 - 5	3000	2ª poda de formación
7 - 8	2100	Aclareo, eliminar enfermos y defectuosos
8 - 10		Seleccionar y realizar poda de calidad sobre 200 arb/ha, hasta 3-4 m si es necesario
15	490	Seleccionar 150 arb/ha para la corta final, podar hasta 6 m si es necesario y realizar claras sobre los competidores

2.2.3. Tratamiento de plantaciones de fresno en terrenos agrícolas

La experiencia adquirida en el programa de reforestación de tierras agrarias emprendido en 1993, indica que el fresno tiene una elevada aptitud para la producción de madera de calidad en terrenos agrícolas. A pesar de que se asocia a los ambientes húmedos de riberas y bosques del norte, también se adapta a estaciones más expuestas, como antiguos terrenos agrícolas. Cumpliendo el requisito de que exista cierta humedad edáfica, el fresno tiene un crecimiento similar a nogal y cerezo, mayor dominancia apical y una ramificación más favorable a la producción de madera de calidad. Por lo tanto se puede considerar que la reforestación de terrenos agrícolas con baja densidad (< 1100 arb/ha) es una buena alternativa para numerosas estaciones.

Los objetivos de estas plantaciones son los mismos que en caso anterior, si bien es necesario recurrir a la realización de podas para conseguir la troza de calidad. La ventaja frente a las plantaciones de alta densidad es la menor inversión inicial, si bien hay que observar las siguientes precauciones:

- Hay que asegurar la calidad genética de los árboles, para alcanzar un mínimo de 60 árboles/ha bien adaptados y conformados en la corta final.
- La elevada insolación favorece copas más abiertas y menor altura que en las poblaciones silvestres. Por lo tanto, la troza de calidad habitualmente será de menor longitud (3 – 4 m).
- El escaso número de árboles hace que la plantación sea muy sensible a los daños de la caza y el ganado, por lo tanto hay que contar con los métodos de protección necesarios (tubos protectores, pastor eléctrico, cerramiento...).

- Las podas de calidad y formación son necesarias. Aunque la mejor solución es podar anualmente todos los árboles defectuosos, se puede aumentar la frecuencia hasta rotaciones de 3 años.

Las recomendaciones generales para la gestión de plantaciones son:

- Utilización de planta pequeña (< 1 m), de uno o dos años.
- Plantar entre 600 y 800 arb/ha, excepto en plantaciones silvopastorales, en las que se reduce hasta 50-100 arb/ha.
- Siguiendo las recomendaciones de Armand (1995), se deben preseleccionar un número de árboles entre 150 y 280 bien repartidos cuando estos alcancen los 6 m, y concentrar en ellos el trabajo de formación y de poda de calidad.
- Posteriormente se seleccionan los 50 y 70 arb/ha de mejor conformación (12 – 14 m de altura) como árboles para la corta final, y en ellos se alcanza la altura definitiva podada. Como sucede con otras frondosas, en estas plantaciones los árboles coronan su crecimiento en altura antes y la troza de calidad es más corta que en terrenos forestales, en torno a 3 – 4 m.
- La programación de claras es similar a la expuesta en las plantaciones densas. A partir de los 10 m de altura se deben realizar en rotaciones cortas (en torno a 5 años) favoreciendo en primer lugar los árboles preseleccionado y posteriormente los seleccionados para la corta final.
- La programación de las claras puede realizarse según los modelos recogidos en el apartado de claras. En particular es recomendable la norma establecida por Faure et al. (1975), recogida en la tabla 3.

3. TRATAMIENTOS CULTURALES

3.1. Limpias

Como especie colonizadora, el fresno crece inicialmente con mucho vigor. Para que pueda mostrar su capacidad de crecimiento, en los primeros años debe estar libre de competencia, pues en caso contrario el sistema radical no llega a un cuarto del desarrollado en crecimiento libre. Por lo tanto es obligado controlar la vegetación herbácea durante los primeros 5 años. Respecto a los métodos de control, Bazin (1995) recomienda no utilizar herbicidas de tipo simazina y atrazina por la gran sensibilidad del fresno. También hay que mantener los gradeos anualmente, sin años de descanso, para obligar a las raíces superficiales a explorar horizontes por debajo del pase de la grada. En caso contrario las raíces secundarias se desarrollan horizontalmente cerca de la superficie y pueden resultar dañadas cuando se reinicien los gradeos.

3.2. Clareos y claras

Las claras deben ser frecuentes, con rotaciones cortas acordes con el carácter heliófilo de la especie. La mayoría de los autores proponen rotaciones de 5 años desde que la altura de los árboles alcanza 10 m. Juodvalkis et al. (2005) han realizado un largo seguimiento en ensayos de claras y determinan que los incrementos más significativos en el volumen se producen para claras sobre masas jóvenes, entre 10 y 20 años. Tras dos años de la realización de una clara en la que se extrajo el 20% del volumen de una masa de 20 años, se produjo un incremento del 18% sobre la masa no aclarada. Sin embargo para árboles de 50 años el incremento en volumen logrado sólo llegó al 6%. Bessièrès (1992) concluye que el crecimiento disminuye sensiblemente después de los 15 años si no hay intervenciones, y que a partir de los 30-35 años los fresnos no reaccionan tras las claras.

Existen varias normas de silvicultura para orientar en la gestión del fresno. Las más destacadas se recogen a continuación.

El modelo propuesto por Faure et al. (1975) se ajusta a la evolución de una plantación en terreno agrícola a partir de densidades bajas (tabla 3).

Tabla 3. Modelo de silvicultura propuesto por Faure et al. (1975) para plantaciones de fresno para la producción de madera				
Intervención	Diámetro (cm)	Altura (m)	Nº pies/ha inicial	Nº pies/ha tras la clara
Clareo	10	10	650	400
Clara	20	13	400	300
Clara	30	17	300	150
Clara	40	21	150	100
Clara	50	25	100	70
Clara/Corta final	60	28	70	60
Corta final	70	30	60	-

La norma de silvicultura elaborada por Thill (1975) permite mantener una distancia entre árboles equivalente al diámetro de copa. El objetivo es que los árboles dispongan en cada momento de un espacio vital acorde con su tamaño. Para ello el autor determina la relación entre diámetro normal y diámetro de copa, y establece que el espaciamiento en cada momento debe ser igual al diámetro de copa correspondiente al diámetro normal en cada momento (tabla 4). Las claras se programan para evitar que la densidad supere a la correspondiente al diámetro normal medio.

Tabla 4. Distancia entre árboles y densidad correspondiente, en función de la relación entre el diámetro de copa (D) y el diámetro normal (Dn) (Thill 1975)			
Diámetro normal (cm)	D/Dn	Distancia entre árboles	Densidad máxima (arb/ha)
12,7	21,9	3,0	1111
19,1	20,3	4,0	625
25,5	19,3	5,0	400
31,8	18,6	6,0	278
38,2	18,0	7,0	204
44,6	17,5	8,0	156
50,9	17,1	9,0	123
57,3	16,7	10,0	100
63,7	16,4	11,0	83
70,0	16,1	11,5	76

Pilard-Landeau y Le Goff (1996) han desarrollado modelos selvícolas basándose en las relaciones de altura-edad encontradas en poblaciones naturales de la región de Picardía

en Francia (tabla 5). Hay que señalar que los dos modelos incluidos corresponden a las dos mejores calidades de estación de entre las cinco posibles.

Tabla 5. Modelo selvícola propuesto por Pilard-Landeau y Le Goff (1996) para masas naturales de fresno para dos mejores calidades de estación				
Clase 1				
Intervención	Edad (años)	Altura (m)	Árboles/ha antes de la clara	Árboles/ha después de la clara
Clara	10	10	1100	800
Clara	14	13	800	500
Clara	20	16	500	350
Clara	27	19	350	225
Clara	35	22	225	150
Clara	42	25	150	95
Clara	53	28	95	60
Corta final	60	30	60	-
Clase 2				
Intervención	Edad (años)	Altura (m)	Árboles/ha antes de la clara	Árboles/ha después de la clara
Clara	30	18	275	200
Clara	37	20	200	150
Clara	44	22	150	90
Clara	50	24	90	60
Corta final	60	26	60	-

Armand (1995) propone las siguientes intervenciones (tabla 6) para realizar una selvicultura dinámica en las poblaciones realizadas en terrenos forestales. Los planteamientos de esta norma son partir de marco real, contar con un crecimiento medio en altura de 0,6 m, una relación entre altura total y diámetro normal cercana a 50 y entre diámetro de copa y diámetro normal de 20.

Tabla 6. Intervenciones propuestas por Armand (1995) en una alternativa de selvicultura dinámica.					
Rotación (años)	Edad (años)	Altura (m)	Dn (cm)	Dcopa (m)	Densidad (arb/ha)
5	15	10	20	4	625
5	20	13,5	27	5,5	333
5	25	16	32	6,3	250
7	30	18	36	7,2	188
7	37	21	42	8,3	142
7	44	25	49	9,7	106

9	51	28	56	11	80
9	60	30	60	11	80
Altura/Dn $\approx$ 50, Dcopa/Dn $\approx$ 20, marco $\approx$ real; crecimiento en altura $\approx$ 0,6 m.					

3.3. Podas

La ramificación dicotómica del fresno genera horquillas con mucha frecuencia cuando la yema terminal sufre algún daño. Este defecto se debe principalmente a condiciones estacionales (heladas primaverales y estrés hídrico fundamentalmente), y en menor medida a razones genéticas o daños de insectos (Ningre et al., 1992; Kerr y Boswell, 2001). Es necesario eliminar estas horquillas mediante podas de formación. Aunque la horquilla puede desaparecer con el tiempo si una de las 2 ramas domina a la otra, la dominada crea un nudo muerto que deprecia significativamente la madera. En caso de que no desaparezca de forma natural, además de nudos, se produce un decrecimiento brusco del tronco y la reducción de la troza de calidad (Le Goff y Ningre, 1989). Afortunadamente, esta poda se puede retrasar hasta 3 años desde el establecimiento de la horquilla sin que el fresno presente problemas de cicatrización o de forma (Ningre et al., 1992). Uno de los estudios más interesantes en lo que concierne a la ramificación del fresno en plantaciones fue el realizado por Balandier y Marquier (1998). Estos autores concluyen que la densidad no influye de forma significativa sobre el número de horquillas ni sobre el crecimiento de las ramas, para valores entre 555 y 2220 árboles/ha. Santiago et al. (2006) han encontrado que en plantaciones sobre antiguos terrenos agrícolas en la provincia de Soria las podas de formación son necesarias en densidades de 1100 arb/ha, y su rotación se sitúa en 3 años.

A la vista de estos resultados, se deduce que la poda del fresno es una operación necesaria, pero fácil de ejecutar mediante podas cada 2-3 años. En este aspecto, la silvicultura del fresno es mucho más sencilla que la del cerezo o nogal, especies que requieren podas anuales cuando crecen sin acompañamiento. Las intervenciones mínimas a la hora de gestionar estas plantaciones se pueden planificar según la tabla 7 (Montero et al., 2003).

Tabla 7. Programación de las podas para plantaciones de fresno (intervenciones mínimas según Montero et al., 2003)

Tipo de poda	Edad	Nº de árboles que podar
1ª Poda de formación	año 3	Todos los árboles defectuosos
2ª poda de formación	año 6	250 árboles escogidos
1ª Poda de calidad	año 9	250 árboles escogidos
2ª poda de calidad	año 12	60 árboles definitivos

3.4. Fertilización

Aunque se considera una especie de importantes requerimientos nutricionales, el principal problema observado en relación con la nutrición mineral es la clorosis (Kerr y Cahalan, 2004). Frente a este problema no se realizan labores de corrección, simplemente se evitan los suelos calcáreos de escasa profundidad (< 30 cm).

No es habitual abordar fertilizaciones en poblaciones silvestres, aunque se han realizado algunos ensayos en plantaciones. Kilbride (2002) concluye que el fósforo es el único elemento químico que influye como factor limitante en el crecimiento en las poblaciones irlandesas, aunque es el porcentaje de arena el que determina las mayores diferencias en crecimiento. Por el contrario, Le Goff y Levy (1984) determinaron que los únicos factores ecológicos con peso real sobre el crecimiento de la especie son los relacionados con la disponibilidad hídrica. Balandier y Marquier (1998) han evaluado el efecto positivo del enriquecimiento en nitrógeno que supone la plantación de aliso junto al fresno, y no observan efectos significativos en los primeros 5 años. El nitrógeno fijado por el aliso tarda en incorporarse al ciclo de nutrientes, por lo que los autores recomiendan que el esfuerzo inicial en el establecimiento de plantaciones se haga sobre el control de la vegetación herbácea. Estos problemas también fueron detectados por Le Tacon et al. (1988). En un ensayo de fertilización de fresno en el que se incluye también un acompañamiento con aliso (*Alnus incana* (L.) Moench.) se concluye un efecto positivo de la adición de lodos de estación de tratamiento de residuos, mientras que el efecto de la incorporación de nitrógeno por el aliso es tardío y de nuevo no parece que sea suficiente para compensar los costes del tratamiento.

3.5. Sanitarios

El daño principal lo produce *Pseudomona syringae* sp. *savastanoi* (Smith) Young, bacteria que produce chancros y excrescencias oscuras de forma irregular sobre tronco y ramas. Estos daños son más habituales en regenerados y poblaciones densas, y se

combaten eliminando los árboles dañados en clareos y claras. También se forman chancros por la presencia del hongo *Nectria galligena* Bresad.

Entre las plagas, la más reseñada es *Abraxas pantaria* L., lepidóptero de la familia Geometridae, que produce defoliaciones que pueden ser muy llamativas.

4. CRECIMIENTO Y PRODUCCIÓN

4.1. Calidad de estación

Existen varios trabajos sobre calidad de estación en Europa, aunque se desconoce su utilidad para España. En ausencia de otra información, se ha considerado adecuado adjuntar las ecuaciones que definen estos modelos, así como las principales tablas de producción. Se deja al criterio del gestor su posible aplicación, en la medida en que se ajusten a las características del monte en cuestión.

Claessens et al. (1999) han elaborado curvas de calidad para el fresno en el sur de Bélgica, utilizando el modelo de Johnson-Schumacher:

$$H_{dom} = b_0 \exp\left(\frac{-b_1}{A - b_2}\right)$$

Donde A es la edad, y b0, b1 y b2 parámetros dependientes del índice de sitio, definido como la altura a los 50 años, en 4 clases (H50 = 20, 23, 26 y 29 m, figura 1).

$$b_0 = \frac{0,2}{\exp\left(\frac{-b_1}{1 - b_2}\right)}; \quad b_2 = -8,72 + 0,199 * H50; \quad b_1 = \frac{(50 - b_2)(1 - b_2)\left(\ln\left(\frac{H50}{0,2}\right)\right)}{49}$$

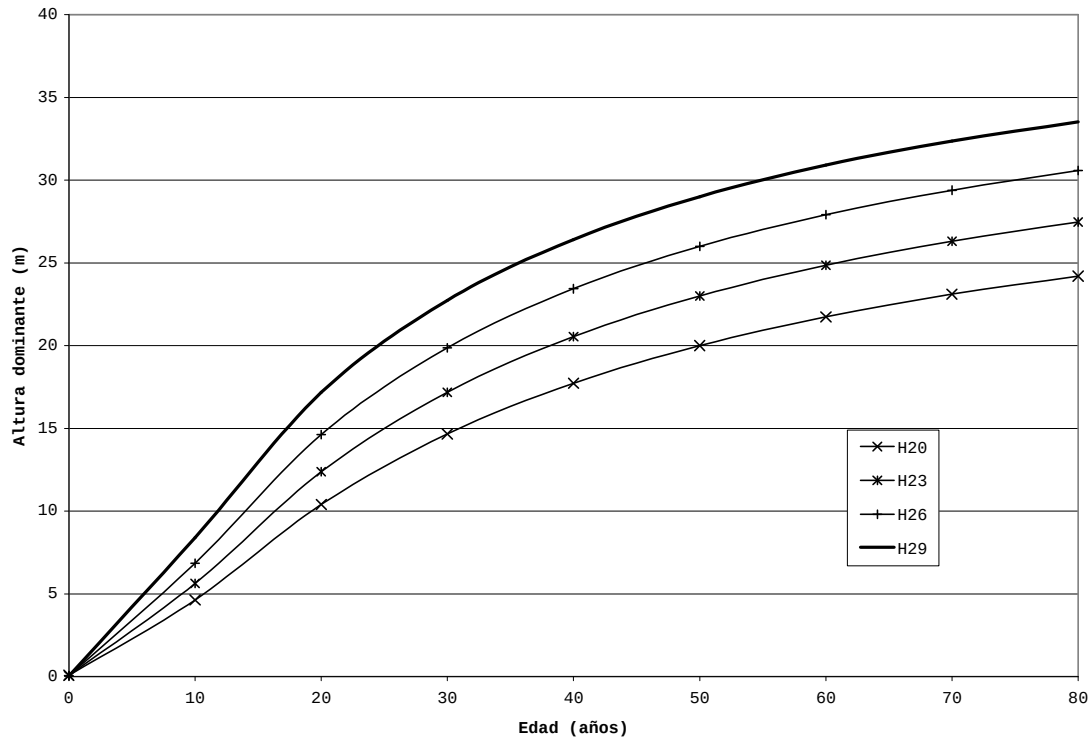


Figura 1. Curvas de calidad del fresno en el sur de Bélgica (Claessens et al., 1999)

Del estudio entre el índice de sitio y factores ecológicos, se deduce que en esta región belga, los factores favorables para el crecimiento de la especie son las posiciones de valle u hondonadas, ausencia de encharcamiento, profundidad mayor de 100 cm, presencia de capa freática y suelos aluviales. Por el contrario, son desfavorables las posiciones de meseta, pendientes superiores a 10°, profundidad del suelo inferior a 40 cm, ausencia de capa freática y origen del suelo distinto al aluvial, como calizas, psamitas y loes.

Le Goff (1982) elaboró curvas de crecimiento en altura en la región francesa de Nord-Picardie. El modelo ajustado es el de Bailey-Clutter, y el índice de calidad se refiere a la altura a los 40 años, definiendo 6 clases: H40 = 9, 12, 15, 18, 21 y 24 m (figura 2)

$$H = ((\alpha_1 * A - 20,34) * 1,961)^{1/1,961}$$

Donde A es la edad y $\alpha_1 = (H_{40}^{1,961} / 1,961 + 20,34) / 40$

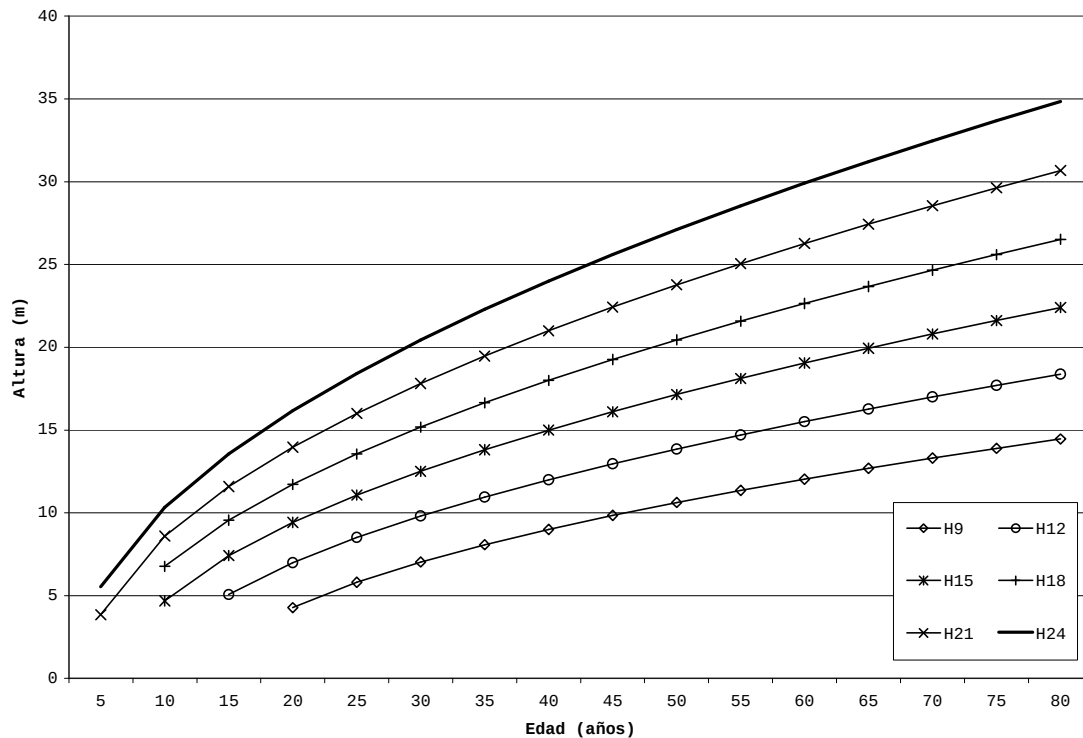


Figura 2. Calidad de estación para Nord-Picardie (Le Goff, 1982)

El análisis de la relación entre crecimiento y calidad de estación indica que los factores ecológicos que afectan con mayor intensidad a la calidad de estación son los relacionados con el balance hídrico: topográficos, climáticos y profundidad de suelo.

En las tablas 11 y 12 se pueden consultar las calidades de estación establecidas por Volquardts (1958; en Schober, 1975) para el estado de Schleswig-Holstein, en el norte de Alemania.

4.2. Crecimiento y producción

Además de los datos sobre crecimiento y producción que ofrecen las tablas de producción del apartado 4.1 y 4.4, se resumen a continuación otros datos sobre crecimiento del fresno.

Bessièrès (1992) resume los datos recogidos por Lux (1984) en masas regulares de fresno en Alsacia (Francia) en la siguiente tabla:

Tabla 8. Crecimiento del fresno en Alsacia (Lux, 1984; en Bessièrès, 1992)			
Edad (años)	10-12	13-17	18-22

Crecimiento anual en diámetro (mm)	7,7	6,3	4,7
------------------------------------	-----	-----	-----

Bartoli y Dall'Armi (1999) encuentran que la relación entre edad y diámetro para fresnos dominantes en buenas estaciones en cuanto a alimentación hídrica y mineral en la región francesa del Pirineo Central es lineal, con la forma

$$D_n = 13,42 + 0,63 * \text{Edad}.$$

Thill (1990) proporciona los siguientes datos para plantaciones realizadas en Bélgica sobre antiguos terrenos agrícolas (tabla 9)

Tabla 9. Altura dominante y crecimiento medio anual en altura para fresno en terrenos anteriormente cultivados (Thill, 1990)				
Edad (años)	Altura dominante		Incremento anual en altura (cm)	
	máxima (m)	mínima (m)	máximo	mínimo
20	18,00	14,75	90	74
30	22,25	18,25	76	62
60	28,75	24,00	47	40
80	31,00	25,50	39	32
100	32,50	27,50	32	27

Este mismo autor obtiene que el crecimiento anual medio a los 55 años está entre 8 y 11,5 m³/ha. También en Bélgica, Bary-Lenger et al. (1988) sitúan el crecimiento anual medio para la edad de 50 años entre 6 y 11 m³/ha según la estación. Para Evans (1984) en Gran Bretaña la clase de productividad media es de 10-12 m³/ha/año en las mejores estaciones y 5-7 m³/ha/año en las peores.

Un estudio interesante, por su aplicabilidad a las plantaciones en terrenos agrarios, es el de Malo (1976; en Guitton et al., 1990). El trabajo se refiere a fresnos que han crecido sin competencia, y ofrece los siguientes valores (tabla 10).

Tabla 10. Datos dasométricos de fresnos en crecimiento sin competencia según Malo (1976, en Guitton et al., 1990).

Altura total (m)	Diámetro de copa (m)	Circunferencia normal (cm)
14	8,2	88
17	10,0	109
20	11,5	130
21	12,1	136
28	16,0	186

4.3. Turno

En la mayoría de los textos sobre la especie se recomienda que el turno no supere los 70 años para evitar el riesgo de aparición de corazón negro. Este defecto es una coloración oscura del duramen que se extiende por la troza desde la base. No supone una merma en la calidad tecnológica de la madera, es un defecto estético. Curiosamente, cuando la coloración está extendida por toda la troza se produce un efecto llamado olivado que aumenta el precio de la madera. El turno debe conseguir que la madera sea clara y tenga el máximo diámetro. Esto se consigue cortando antes de los 60 años. En caso de que la estación no permita un adecuado desarrollo, es muy probable que se produzca corazón negro antes de que haya una buena troza. Por ello es recomendable dejar que estos árboles pasen de turno y se oscurezcan homogéneamente.

4.4. Modelos de crecimiento y producción

En este apartado no se han incluido las conocidas tablas de producción de Hamilton y Christie (1971), ya que son las mismas que para el arce y el abedul. Para el fresno, estos autores indican que se debe usar la tabla correspondiente a una clase inferior a la que corresponde según la relación altura-edad.

Las tablas 11 y 12 han sido elaboradas por Volquardts (1958, en Schober 1975) para el estado de Schleswig-Holstein en el norte de Alemania.

Tabla 11. Tabla de producción del fresno en el norte de Alemania (estado de Schleswig-Holstein). Volquardts (1958), en Schober (1975). Calidad I

	Masa antes de la clara								Masa extraída						Crecimiento corriente en volumen		Volumen total extraído	Volumen total	Porcentaje de volumen total extraído	Crecimiento medio	
Edad	Nº pies	Altura media	Rango inferior altura	Rango superior altura	Área basimétrica	Díametro medio	Coefficiente de forma	Volumen	Nº pies extraídos	Altura media	Área basimétrica	Díametro medio	Coefficiente de forma	Volumen						de la masa principal	de la masa total
años		m	m	m	m ²	cm		m ³		m	m ²	cm		m ³	m ³	%	m ³	m ³	%	m ³	m ³
20	3620	12.0	10.1	13.9	12.0	6.5	0.265	38										38		1.9	1.9
30	1220	16.5	14.4	18.6	15.0	12.5	0.430	106	2400	13.5	10.9	7.6	0.329	20	8.8	23.1	20	126	15.9	3.5	4.2
40	650	20.6	18.4	22.9	16.5	18.0	0.464	158	570	17.7	6.8	12.3	0.412	31	9.2	8.7	51	209	23.4	4.2	5.5
50	475	23.9	21.6	26.2	19.7	23.0	0.477	225	175	21.3	3.7	16.5	0.463	37	9.5	5.7	88	313	28.1	4.5	6.3
60	363	26.5	24.2	28.8	21.4	27.4	0.484	275	112	24.3	3.7	20.6	0.476	43	9.2	4.1	131	406	32.3	4.6	6.8
70	295	28.5	26.2	30.9	22.7	31.3	0.487	315	68	26.6	3.2	24.4	0.480	41	8.1	3.0	172	487	35.4	4.5	6.9
80	253	30.0	27.6	32.4	23.8	34.6	0.488	348	42	28.3	2.6	27.9	0.483	35	6.9	2.2	207	555	37.3	4.4	6.9
90	220	31.0	28.7	33.4	24.4	37.6	0.488	370	33	29.6	2.5	30.8	0.486	35	5.5	1.6	242	610	39.7	4.1	6.8
100	195	31.9	29.5	34.3	24.6	40.1	0.489	384	25	30.6	2.2	33.2	0.487	32	4.8	1.3	274	658	41.6	3.8	6.6
110	178	32.5	30.2	34.9	24.9	42.2	0.489	396	17	31.6	1.7	35.7	0.487	26	3.8	1.0	301	696	43.1	3.6	6.3
120	164	33.1	30.8	35.5	24.9	44.0	0.489	404	14	32.3	1.6	37.8	0.490	25	3.3	0.8	325	729	44.6	3.4	6.1

Tabla 12. Tabla de producción del fresno en el norte de Alemania (estado de Schleswig-Holstein). Volquardts (1958), en Schober (1975). Calidad II

	Masa antes de la clara								Masa extraída						Crecimiento corriente en volumen		Volumen total extraído	Volumen total	Porcentaje de volumen total extraído	Crecimiento medio	
Edad	N° pies	Altura media	Rango inferior altura	Rango superior altura	Área basimétrica	Díametro medio	Coefficiente de forma	Volumen	N° pies extraídos	Altura media	Área basimétrica	Díametro medio	Coefficiente de forma	Volumen						de la masa principal	de la masa total
años		m	m	m	m ²	cm		m ³		m	m ²	cm		m ³	m ³	%	m ³	m ³	%	m ³	m ³
20	8820	8.2	6.3	10.0	10.0	3.8															
30	3000	12.3	10.2	14.3	12.9	7.4	0.305	48	5820	9.6	8.5	4.3	0.123	10			10	58	17.2	1.6	1.9
40	1355	16.1	13.9	18.3	15.3	12.0	0.442	109	1645	13.4	7.5	7.6	0.340	25	8.6	17.9	35	144	24.3	2.7	3.6
50	845	19.3	17.0	21.5	17.4	16.2	0.468	157	510	16.6	5.0	11.2	0.396	33	8.1	7.4	68	225	30.2	3.1	4.5
60	610	21.9	19.6	24.1	19.0	19.9	0.478	199	235	19.5	3.9	14.6	0.450	35	7.7	4.9	103	302	34.1	3.3	5.0
70	500	23.8	21.5	26.1	20.4	22.8	0.482	234	110	21.7	2.6	17.4	0.466	26	6.1	3.1	129	363	35.5	3.3	5.2
80	425	25.2	22.8	27.5	21.2	25.2	0.483	259	75	23.5	2.3	19.8	0.473	26	5.2	2.2	155	414	37.4	3.2	5.2
90	380	26.3	24.0	28.6	22.1	27.2	0.484	280	45	24.8	1.7	21.8	0.478	20	4.1	1.6	175	455	38.5	3.1	5.1
100	346	27.1	24.7	29.4	22.5	28.8	0.485	296	34	25.8	1.5	23.8	0.479	19	3.5	1.3	194	490	39.6	3.0	4.9
110	317	27.8	25.5	30.1	22.7	30.2	0.485	306	29	26.6	1.5	25.3	0.481	19	2.9	1.0	213	519	41.0	2.8	4.7
120	298	28.4	26.1	30.7	22.8	31.2	0.486	315	19	27.3	1.0	26.5	0.483	14	2.3	0.8	227	542	41.9	2.6	4.5

5. ESQUEMA SELVÍCOLA

En España la experiencia en la gestión del fresno es muy escasa, por lo tanto es difícil proponer un esquema selvícola. Los modelos y tablas recogidos en este capítulo son la mejor aproximación disponible, y su elección debe realizarse en función de la densidad, relación altura-edad, intensidad de gestión deseada, etc. Como referencia se ha elaborado la siguiente tabla en la que se resumen los tratamientos requeridos en una gestión media para conseguir madera de sierra y chapa en turno medio. Se basa en las recomendaciones de los distintos autores, en particular en los modelos de Faure et al. (1975), Armand (1995) y Claessens et al. (1999).

Tabla 13. Esquema de selvicultura según las recomendaciones de Faure et al. (1975) y Armand (1995). Alturas aproximadas según el modelo de Claessens et al. (1999)						
Rangos			Podas		Cortas	
Altura	Edad	Dn	Operación	Árb/ha	Operación	Árb/ha restantes
0,8-1,2	3		Formación	300-800		
1,7-3	5		Formación	215		
			Calidad			
2,8-5,1	7		Formación	215	1 ^{er} clareo	800
			Calidad			
4-7,3	9		Calidad	150		
5,3-9,4	11		Calidad	60		
7,7-13,3	15	13-20			2 ^o clareo	625
10,4-17,2	20	17-27			1 ^a clara	333
12,7-20,3	25	21-32			2 ^a clara	250
14,7-22,7	30	26-36			3 ^a clara	188
16,9-25,5	37	32-42			4 ^a clara	142
18,7-27,6	44	38-49			5 ^a clara	106
20,2-29,2	51	44-56			6 ^a clara	70
21,7-30,9	60	52-60			Corta final	70

BIBLIOGRAFÍA

ARMAND G., 1995. Feuillus précieux. Conduite des plantations en ambiance forestière. Merisier, érable sycomore, frêne, chêne rouge d'Amérique. Ed. Institut pour le Développement Forestier, Paris, Francia. 112 pp.

BALANDIER P., MARQUIER A., 1998. Vers une remise en question des avantages d'une plantation frêne-aulne. Rev. For. Fr. L(3). 231-243.

BARTOLI M., DALL'ARMI C., 1999. Critères d'exploitabilité de l'érable sycomore, de l'érable plane, du merisier et du frêne commun dans les Pyrénées Centrales et leur piémont. Rev. For. Fr., XLVIII n°1. 42-48.

BAZIN P., 1995. Repoblación forestal de tierras agrícolas. (Versión en Español del original 'Boiser une terre agricole', ed. Institut pour le Développement Forestier, Paris, Francia) Ed. Mundi-Prensa, Madrid. 63 pp.

BESSIÈRES F., 1992. La conduite des peuplements de frêne (*Fraxinus excelsior* L.) et de merisier (*Prunus avium* L.). Rev. For. Fr. n° sp. 115-120.

BLANCO E., CASADO M.A., COSTA M., ESCRIBANO R., GARCÍA M., GÉNOVA M., GÓMEZ A., GÓMEZ F., MORENO J.C., MORLA C., REGATO P., SAINZ H., 1997. Los bosques ibéricos. Una interpretación geobotánica. Ed. Planeta. Barcelona. 572 pp.

CAHALAN C.M., JINKS R.L. 1992. Vegetative propagation of clones of ash (*Fraxinus excelsior* L.), sycamore (*Acer pseudoplatanus* L.) and sweet chestnut (*Castanea sativa* Mill.) in Britain. En "Mass Production Technology for Genetically Improved Fast Growing Forest Tree Species", AFOCEL-IUFRO. 371-378.

CLAESSENS H., 2002. Itinéraires sylvicoles pour la production de frêne de qualité. Les Cahiers Forestiers de Gembloux, n° 20. Faculté des Sciences Agronomiques de Gembloux. Gembloux. Belgique. 16 pp. [en línea]. Disponible en http://www.fsagx.ac.be/gf/Cahiers_forestiers/CaFor20.pdf [Consulta: 15 abril de 2006]

CLAESSENS H., PAUWELS D., THIBAUT A., RONDEUX J., 1999. Site index curves and autecology of ash, sycamore and cherry in Wallonia (Southern Belgium). Forestry, Vol. 72, n° 3. 171-182.

- COFORD. 2002. Silviculture of Broadleaves. COFORD Connects. Silviculture and forest management nº 6. 5 pp. [en línea]. Disponible en http://www.coford.ie/iopen24/pub/pub/COFORD-Connects/Silviculture_Of_Broadleaves.pdf [Consulta: 15 febrero de 2007]
- EVANS J., 1984. Silviculture of broadleaved woodland. Forestry Commision Bulletin Nº 62. Londres. Reino Unido. 232 pp.
- FAURE J.J., JACAMON M., LANIER L., VENET J., 1975. Le frêne (*Fraxinus excelsior* L.) en France. Production et culture. Rev. For. Fr. vol. XXVII, nº 2. 101-114.
- FRANC A., RUCHAUD F. 1996. Autécologie des feuillus précieux : frêne commun, merisier, érable sycomore, érable plaine. Études du Cemagref. Serie Gestion des territoires nº 18. Ediciones Cemagref. Riom. Francia. 170 pp.
- FRAIXIGEN, 2005. Ash species in Europe: biological characteristics and practical guidelines for sustainable use. Oxford Forestry Institute, University of Oxford, Reino Unido. 128 pp.
- GONZÁLEZ E., 1947. Selvicultura. Libro primero: Fundamentos naturales y especies forestales. Los bosques ibéricos. Editorial Dossat, S.A. Madrid. 575 pp.
- GONZÁLEZ J.M., 2005. Introducción a la selvicultura general. Universidad de León, Secretariado de Publicaciones. León. 309 pp.
- HAMILTON G.J., CHRISTIE J.M. 1971. Forest management tables (metric). Forestry Commision Booklet nº 34. Londres, Reino Unido. 201 pp.
- HAMMATT N., RIDOUT M.S., 1992. Micropropagation of common ash (*Fraxinus excelsior*). Plant Cell, Tissue and Organ Culture 13. 67-74.
- HERRANZ J.M., 1995. *Fraxinus excelsior* L. en el Alto Tajo, límite meridional ibérico. Ecología, nº 9. 191-200.
- JINKS R.L., 1995. The effects of propagation environment on the rooting of leafy cuttings of ash (*Fraxinus excelsior* L.), sycamore (*Acer pseudoplatanus* L.), and sweet chestnut (*Castanea sativa* Mill.). New Forest 10. 183-195.
- JUODVALKIS A., KAIRIUKSTIS L., VASILIAUSKAS R., 2005. Effects of thinning on growth of six tree species in north-temperate forests of Lithuania. Eur. J. Forest Res., 124. 187-192.

- KERR G. 2003. Effects of spacing on the early growth of planted *Fraxinus excelsior* L. Can. J. For. Res., 33. 1196-1207.
- KERR G., BOSWELL R.C., 2001. The influence of spring frosts, ash bud moth (*Prays fraxinella*) and site factors on forking of young ash (*Fraxinus excelsior*) in southern Britain. Forestry 74(1). 29-40.
- KERR G., CAHALAN C., 2004. A review of site factors affecting the early growth of ash (*Fraxinus excelsior* L.). For. Ecol. Manag., 188. 225-234.
- KILBRIDE C., 2000. Soil and site indicators for the production of high quality ash (*Fraxinus excelsior* L.). COFORD. Dublin, Irlanda. 22 pp.
- LANIER L., 1986. Précis de sylviculture. ENGREF, Nancy, Francia. 468 pp.
- LE GOFF N., 1982. Productivité du frêne en région Nord-Picardie. A.- Courbes de croissance en hauteur. Ann. Sci. Forest. 39 (3). 259-288.
- LE GOFF N., LEVY G., 1984. Productivité du frêne (*Fraxinus excelsior* L.) en région Nord-Picardie. B.- Étude des relations entre la productivité et les conditions de milieu. Ann. Sci. For. 41 (2). 135-170.
- LE GOFF N., NINGRE F., 1989. Concurrence des rameaux latéraux vis-à-vis de la pousse terminale chez le frêne (*Fraxinus excelsior* L.) : relation avec les défauts de branchaison et de fourchaison. Ann. Sci. For. 46. 213-216.
- LE TACON F., BOUCHARD D., GARBAYE J., 1988. Augmentation de la croissance initiale du frêne (*Fraxinus excelsior* L.) par épandage de boues de station d'épuration urbaine et plantation intercalaire d'aulne blanc (*Alnus incana* (L.) Moench.). Rev. For. Fr., XL. 117-125.
- MADRIGAL A., 1994. Ordenación de montes arbolados. Ed. Icona (Colección técnica). Madrid. 375 pp.
- MONTERO G., CISNEROS O., CAÑELLAS I., 2003. Manual de selvicultura para plantaciones de especies productoras de madera de calidad. Ed. MundiPrensa. Madrid. 284 pp.
- NINGRE F., CLUZEAU C., LE GOFF N., 1992. La fourchaison du frêne en plantation: causes, conséquences et contrôle. Rev. For. Fr. XLIV n° sp. 104-114.

- PERRIN H., 1964. Sylviculture. Tome II: Le traitement des Fôrets. Théorie et pratique des techniques sylvicoles. Ecole Nationale des Eaux et Forêts. Nancy, Francia. 411 pp.
- PILARD-LANDEAU B., LE GOFF N. 1996. Sylviculture du frêne. ONF-Bulletin Technique n° 31. 9-14.
- POULAIN G., 2000. Planter du frêne sur d'anciennes terres agricoles. Forêt-entreprise n° 133. 34-37.
- RUST S., SAVILL P.S., 2000. The root systems of *Fraxinus excelsior* and *Fagus sylvatica* and their competitive relationships. Forestry, Vol. 73 n° 5. 499-508.
- SANTIAGO G., CISNEROS O., GARCÍA D., MODREGO P., HERNÁNDEZ A., MONTERO G., 2006. Crecimiento en ramas de *Fraxinus excelsior* L. en parcelas agrícolas excedentarias de la provincia de Soria. Recomendaciones de poda. Foresta. n° 32. 64-73.
- SCHÖBER, R., 1975. Ertragstabeln wichtiger Baumarten. J.D. Sauerländer's Verlag, Frankfurt a.M., Alemania. 166 pp.
- SILVEIRA C.E., COTTIGNIES A., 1994. Period of harvest, sprouting ability of cuttings, and in vitro plant regeneration in *Fraxinus excelsior*. Can. J. Bot., Vol 72. 261-267.
- SUSZKA B., MULLER C., BONNET-MASIMBERT M., 1994. Graines des feuillus forestiers. De la récolte au semis. INRA, Paris. 292 pp.
- THILL A., 1970. Le frêne et sa culture. Les Presses Agronomiques de Gembloux. Ediciones J. Duculot, Gembloux, Bélgica. 85 pp.
- THILL A., 1975. Contribution à l'étude du frêne, de l'érable sycomore et du merisier (*Fraxinus excelsior* L., *Acer pseudoplatanus* L., *Prunus avium* L.). Bull. Soc. R. For. Belg. 82(1). 1-12.
- THILL A., 1990. An example of ash plantations on previously cultivated land in the southern part of Belgium. Congreso: Marginal agricultural land and efficient afforestation. Gembloux, Bélgica, 20-21 de octubre de 1988. pp. 29-37.
- THOMPSON D., HARRINGTON F., DOUGLAS G., HENNERTY M.J., NAKHSHAB N., LONG R., 2001. Vegetative propagation techniques for oak, ash, sycamore and spruce. COFORD. Dublin, Irlanda. 54 pp. [en línea]. Disponible en

<http://www.coford.ie/iopen24/pub/pub/Reports/vegprop.pdf> [Consulta: 15 abril de 2006]