

Populus × interamericana 'Unal' en Castilla y León

Jesús Rueda
José Luis García Caballero

2024



© Junta de Castilla y León

El contenido de este documento no es vinculante para el posicionamiento institucional de la Junta de Castilla y León.

Cita recomendada: Rueda J, García Caballero JL (2024): *Populus ×interamericana* 'Unal' en Castilla y León. Junta de Castilla y León, Consejería de Medio Ambiente, Vivienda y Ordenación del Territorio. Valladolid, 28 pp.

Índice

1. Introducción	5
2. El clon 'Unal'	6
2.1. Identificación	6
2.2. Descripción	6
2.3. Fenología	8
2.4. Condiciones edáficas	8
2.5. Condiciones climáticas	9
2.6. Plagas y enfermedades	9
2.7. Crecimiento	10
2.8. Manejo	10
2.9. Madera	12
2.10. Utilización	12
3. Curvas de calidad	13
3.1. Clases de calidad	13
3.2. Relación diámetro/edad	14
3.3. Relación altura/diámetro	16
3.4. Tabla de cubicación	16
3.5. Productividad	17
3.6. Turno de máxima renta en especie	17
4. Comentarios	17
Bibliografía	19
Anexos	23
Anexo I. Tabla de cubicación	25
Anexo II. Curvas de calidad	26



1. Introducción

La utilización del clon 'I-214' a partir de los años 1950 en el cultivo de chopos en Castilla y León, y posteriormente la de otros clones, como 'MC' y más tarde los interamericanos belgas ('Beaupré', 'Raspalje', 'Unal'), ha provocado cambios en distintos aspectos de la populicultura tradicional castellano-leonesa.

En primer lugar, se puede hablar de una reducción de los turnos de aprovechamiento de las choperas al cultivar clones más productivos. Así, se ha pasado de turnos de unos 25 años o más a rotaciones de 15-18 años, según las condiciones pedoclimáticas de las estaciones.

A estas ganancias de productividad, hay que añadir una ganancia en la forma de los árboles, especialmente en lo que se refiere a la rectitud del tronco y a la ramificación. Los nuevos clones que se han ido implantando después de 'I-214' son cada vez más rectos y presentan ramificaciones generalmente más fáciles de seguir en las podas, tanto de formación como de conformación.

Los cambios han afectado también al estado fitosanitario de las plantaciones. Con el tiempo, la generalización del empleo de 'I-214' ha elevado los riesgos de aparición de plagas del pulgón lanígero, a las que han mostrado mayor resistencia los clones interamericanos. Pero, con estos últimos, ha aumentado la presencia de la roya del alerce, ante la que muestran una mayor sensibilidad, especialmente 'Beaupré'. Recurrir a tratamientos químicos no ha solventado los problemas sanitarios, pues enseguida se han revelado delicados de realizar, costosos y no siempre eficaces.

Para aprovechar las ventajas de los clones más modernos y disminuir los efectos negativos de la silvicultura clonal, se aconseja la diversificación de clones en los cultivos, entre los que conviene tener en cuenta al interamericano 'Unal', cada vez más utilizado en Castilla y León.

Con el mismo esquema que se ha seguido para las monografías de los clones de chopos que ya se han publicado, ofrecemos ahora las características más sobresalientes que pueden afectar al cultivo y la utilización de 'Unal' en las choperas de Castilla y León, junto con una tabla de cubicación y la construcción de unas curvas de calidad indicativas que permitan valorar las choperas implantadas con este clon, aplicar el turno de corta más aconsejable y predecir su aprovechamiento y producción en el futuro.

2. El clon 'Unal'

Se revisan a continuación las características más sobresalientes del clon 'Unal' y su comportamiento en la populicultura de Castilla y León, de acuerdo con las observaciones realizadas en ensayos de campo y en otras plantaciones. Se incluyen su origen y descripción, los requerimientos del medio necesarios para obtener un buen rendimiento de su cultivo, la silvicultura más idónea que se debe aplicar en las plantaciones de este clon, su respuesta ante los ataques de los principales patógenos que afectan a los chopos en Castilla y León y las características del producto final, la madera, que constituye el objetivo último de su cultivo.

2.1. Identificación

El clon 'Unal' pertenece al híbrido *Populus* × *generosa* A. Henry (= *Populus* × *interamericana* van Broekhuizen). Su parental femenino es *P. trichocarpa* 'Fritzi Pauley' V235; su parental masculino es *P. deltoides* 'S1-173' (*P. deltoides* Iowa V5 × *P. deltoides* Missouri V9). Tiene los mismos parentales que 'Beaupré', 'Boelare' y 'Raspalje'. Se trata, por tanto, de un chopo interseccional Aigeiros×Tacamahaca.

Fue obtenido en 1961 en la Rijksstation voor Populiernteelt (Estación Nacional de Populicultura) de Geraardsbergen, en Bélgica, bajo la dirección de Victor Steenackers, mediante semilla obtenida de cruzamiento controlado. El conservador oficial del clon es el Instituut voor Bosbouw en Wildbeheer (IBW), de Geraardsbergen, Bélgica.

Forma parte de la llamada serie Unal, constituida por clones euramericanos, interamericanos y trichocarpa, numerados del 1 al 10. A uno de ellos, 'Unal 7', se le dio el nombre de la serie. Por tanto, 'Unal 7' es sinónimo de 'Unal' y, en fase de experimentación, se identificó como S.910-1 y 29/79. La denominación 'Unal' es un acrónimo del nombre de la empresa "Union Allumettièrè", fabricante de fósforos en Bélgica.

El clon 'Unal' es de sexo masculino, por lo que no produce borra y esta característica lo hace idóneo para ser plantado en las inmediaciones de núcleos de población y en zonas de acumulación o paso frecuente de personas, ya que la borra puede ser molesta en ocasiones, aunque no produzca alergia. La ausencia de borra disminuye también enormemente la posibilidad de inicio y propagación de incendios en las choperas durante la época de dispersión de las semillas.

2.2. Descripción

Es un árbol de tronco recto. Tiene la corteza lisa que se hace rugosa bastante tardíamente, de color gris a gris verdoso, con marcas acostilladas suberosas en forma de herradura.

Copa semiextendida, es decir, intermedia entre amplia y fastigiada, equilibrada, simétrica. Con fuerte dominancia apical. La copa es cónica en los individuos jóvenes y después se hace algo más ovoide a redondeada.



Hojas adultas

Detalle de la corteza



Aspecto de la copa



Ramificación verticilada

Tiene la ramificación verticilada, con los verticilos muy marcados. Presenta ramas muy numerosas; algunas ramas son gruesas.

Yemas estrechas y puntiagudas, de color marrón rojizo, que se disponen de manera no aplicada.

Las hojas adultas son grandes, de forma lanceolada, estrechas pero ensanchadas en la base, con la base cordada, de color verde oscuro en la cara superior del limbo y de color blanquecino con reflejos metálicos en la inferior; la cara inferior presenta nerviaciones secundarias aparentes abundantes; las hojas tienen el pecíolo comprimido lateralmente cerca del limbo, de longitud inferior a la mitad de la longitud de éste, con pilosidad. En su brotación, las hojas son de color verde

2.3. Fenología

En un estudio comparativo de los clones de chopos incluidos en el catálogo nacional de materiales de base, la foliación de 'Unal' se ha calificado de a medio plazo, casi precoz, igual que la de 'B-1M', 7 días después de la correspondiente a 'I-214'. Su defoliación se ha considerado tardía, como la de los clones 'MC' y 'Viriato', 2 días después de la correspondiente a 'I-214'.

Las fechas observadas para la foliación y la defoliación de 'Unal' definen un período de actividad vegetativa de 234 días en el sitio de estudio, que se encuentra a 700 metros de altitud en la meseta castellana. La duración de este período es muy próxima a la de 'MC', 'Anadolu', 'Raspalje' y 'Luisa Avanzo' y resulta 5 días menor que la correspondiente a 'I-214', que es de 239 días.

La floración de 'Unal' está considerada bastante precoz.

2.4. Condiciones edáficas

Es bastante rústico y se adapta bien a suelos variados, aunque es exigente en fertilidad para ser interamericano.

Prefiere los suelos de textura limoso-arenosa o franco-arenosa, incluso vive bien en suelos de textura franco arcillosa, pero no le gusta el exceso de arcilla ni la turba. Soporta la aridez de los suelos arenosos, aunque en estos casos las producciones no son tan elevadas.

Prefiere suelos de pH neutro, aunque acepta bien los suelos básicos fértiles, pero no los muy básicos.

Rechaza el encharcamiento temporal durante el período vegetativo en los primeros años de la plantación, al igual que 'Raspalje', aunque no sufre esta circunstancia de manera tan acusada.

Los clones interamericanos están acreditados por poder vegetar en zonas no aluviales, recibiendo el agua que necesitan de las precipitaciones. Sin embargo, en las condiciones que se encuentran en Castilla y León, no se producen precipitaciones suficientes a lo largo del período vegetativo de los chopos para obtener unas

producciones aceptables cuando no existe una capa freática al alcance de las raíces de los chopos. En estos casos, es necesario aportar agua mediante riegos.

En las parcelas experimentales de Castilla y León se observan crecimientos más elevados en los suelos con mayor proporción de materia orgánica, variando ésta del 0,21% al 3,38%.

Es sensible a la caliza activa y a la salinidad.

No parece haber correlación entre el contenido en fósforo del suelo y el crecimiento de los árboles en el clon 'Unal'. Pero éstos Responden bien al contenido en potasio, que conviene que sea superior a 50 ppm

2.5. Condiciones climáticas

El clon 'Unal' tiene una buena tolerancia al efecto del fototropismo, presentando fustes rectos; pero a veces puede observarse cierta inclinación en busca de la luz, tanto en vivero como en plantación.

Es relativamente sensible a las heladas precoces por presentar una defoliación tardía. pero tolera bien las heladas tardías y, en general, soporta bien las bajas temperaturas invernales en Castilla y León.

Es sensible al calor estival, aunque no se ve especialmente afectado por esta circunstancia con las temperaturas que se alcanzan en las zonas más populícolas de Castilla y León durante el verano.

Resiste bien la acción de los vientos dominantes, no inclinándose por ello, ni se abate por la acción del viento, aunque puede producirse la pérdida de guías por el efecto del viento debido al tamaño de sus hojas.

2.6. Plagas y enfermedades

Se puede decir que tiene cierta tolerancia a los ataques de *Leucoma salicis* en comparación con otros clones de chopos de corriente utilización. En la parcela experimental LE-6 Vega de Infanzones se evaluó la pérdida de crecimiento diametral de ocho clones ocasionada por el ataque de *Leucoma salicis* durante el octavo período vegetativo de la chopera. La pérdida de crecimiento diametral experimentada por 'Unal' fue del 44,3%, mientras que para los demás clones comparados esta pérdida fue: 'I-214' (66,5%), 'MC' (56,5%), 'Branagesi' (52,2%), 'A3A' (41,6%), 'A4A' (34,3%), 'Beaupré' (18,6%) y 'Raspalje' (10,7%). En general, los chopos tienen una buena capacidad de recuperación después de los ataques de *Leucoma salicis*, porque no suelen repetirse en años consecutivos en las mismas zonas, lo que hace innecesarios los tratamientos químicos contra este insecto.

Es resistente al pulgón lanígero (*Phloeomyzus passerinii*), con resistencia similar a la que presentan los demás clones interamericanos y muy superior a la de los euramericanos 'I-214', 'Triplo' y 'Dorskamp'.

En general, los clones interamericanos son más sensibles a los ataques de *Gypsonoma aceriana* que los clones euramericanos y los deltoides. Entre los interamericanos, 'Unal' presenta una mayor sensibilidad a la acción de este insecto

que 'Raspalje' y 'Beaupré' y, en comparación con los euramericanos, su sensibilidad es mucho mayor que la de 'I-214' y 'Triplo'.

Por otro lado, los clones interamericanos suelen ser menos atacados por *Melanophila picta* que los euramericanos, ya que, en general, presentan una mayor resistencia al estrés hídrico, causante del debilitamiento de los pies que favorece los ataques del insecto.

También es resistente a la enfermedad cortical ocasionada por *Dothichiza populea*, así como a la enfermedad de las manchas pardas.

Presenta una buena resistencia a la defoliación primaveral causada por *Venturia populina*, igual que 'B-1M', aunque no es tan resistente como 'Beaupré', 'Dorskamp', 'Guardi', 'Lux', 'Mincio', 'Raspalje' o 'Triplo'.

Es tolerante a *Marssonina brunnea*, como '49-177', 'Anadolu', 'Guardi' y 'Triplo', más resistente que 'B-1M', 'Canadá Blanco', 'MC', 'Branagesi' e 'I-214'.

Es muy sensible a la roya de *Melampsora larici-populina* (raza E4), pero con menor sensibilidad que 'Beaupré', cuya utilización se ve muy comprometida actualmente en Castilla y León por esta causa; es más sensible que 'Raspalje' y '49-177'. Por el contrario, es resistente en vivero y en plantación a la roya de *Melampsora allii-populina*. También es sensible a *Melampsora medusae* que, por el momento, no se encuentra en Castilla y León.

El clon 'Unal' se puede calificar de mediana tolerancia en las primeras observaciones realizadas al ataque de la bacteria *Lonsdalea populi*, con menor resistencia que 'I-214', 'Anadolu' y 'MC'.

Está considerado resistente al virus del mosaico y muy resistente a la bacteria *Xanthomonas populi*. También es resistente a *Cytospora chrysosperma*. Sin embargo, es sensible a los insectos xilófagos.

2.7. Crecimiento

En plantación presenta un crecimiento elevado en condiciones adecuadas, sobre todo en terrenos fértiles. En este tipo de terrenos, el crecimiento de 'Unal' es superior al de 'I-214', 'MC' y 'Agathe F'. En terrenos menos fértiles, el crecimiento de 'Unal' suele ser inferior al de 'I-214', 'MC' y 'Agathe F'. Por otra parte, en el conjunto de los ensayos instalados en Castilla y León, el crecimiento de 'Unal' es similar al de 'Branagesi' e 'I-454/40', pero siempre inferior al de 'Raspalje'.

El crecimiento en vivero es inferior al de 'I-214' y también inferior al crecimiento de otros clones interamericanos ('Raspalje', 'Beaupré', '49-177') y euramericanos ('A4A', 'Dorskamp', 'I-454/40', 'Triplo'). Supera, sin embargo, a 'Branagesi' y 'MC'.

2.8. Manejo

El excesivo número de ramas que presenta tiene una incidencia especial en su tratamiento en vivero, donde requiere una mayor atención en este aspecto que otros clones euramericanos o interamericanos.



Plantas madre



Plantas de 1^{er} año en vivero



Chopera de 'Unal'



Fuste apeado

Posee una buena aptitud a la propagación vegetativa por estaquillas, en la que se suele producir un porcentaje de marras situado entre el 1% y el 3%, similar al rendimiento que se obtiene para otros clones de corriente empleo.

Tiene una buena capacidad de enraizamiento de las plantas y no suelen producirse marras después de la plantación, si ésta se realiza correctamente, tanto para las plantas de una savia como para las de dos savias, con o sin raíz.

Al igual que los demás clones interamericanos utilizados habitualmente, soporta mejor la competencia que los clones euramericanos.

Se adapta bien al marco de plantación de 6×6 metros, el más generalizado en Castilla y León para los cultivos con finalidad de producción de madera. Con este espaciamiento, en terrenos idóneos se alcanza el turno de máxima renta en especie a los 14-15 años, con dimensiones de sus troncos muy adecuadas para el desarrollo.

La poda del fuste es relativamente fácil de realizar por la presencia de verticilos bien marcados y la ausencia de ramas gruesas en una copa de amplitud media, muy equilibrada y simétrica; sólo presenta la dificultad del elevado número de ramas de que dispone. Sin embargo, el clon 'Unal' reacciona de manera irregular a las podas con formación de brotes epicórmicos. Por este motivo, se aconseja que las podas del fuste sean poco intensas, aumentando el número de intervenciones con relación a las que se planifican de manera general para los chopos; si se actúa de esta manera, emitirá pocos brotes epicórmicos o ninguno.

En cuanto a la poda de guía, por tener una fuerte dominancia apical, únicamente hay que atender a la posible pérdida accidental de guías, debido al tamaño de sus hojas, y realizar la poda si es necesario. No obstante, 'Unal' suele sufrir menos pérdidas accidentales de guía que otros clones interamericanos como 'Raspalje' o 'Beaupré', por tener aquél las hojas más pequeñas.

2.9. Madera

El clon 'Unal' ofrece una madera muy apta para el desarrollo y también para sierra, con gran rendimiento debido a una baja pérdida volumétrica. Esta madera tiene una mediana densidad basal: 0,335 (0,290-0,380) g/cm³.

La contracción volumétrica de la madera de 'Unal' se califica de intermedia, inferior a las de 'Boelare', 'Beaupré' y 'Raspalje', pero superior a las de 'Hunnegem' y 'Donk'.

La dureza de la madera de 'Unal', es baja, similar a la de la madera de 'I-214', muy inferiores a las de 'Raspalje', 'Hunnegem', 'Boelare' y 'Beaupré'. Lo mismo ocurre con el trabajo de ruptura al choque.

Presenta una buena aptitud para la resistencia a la flexión estática, similar a la de otros clones interamericanos, muy superior a la de 'I-214'. Igualmente, la madera de los clones interamericanos se muestra resistente a la tracción perpendicular a las fibras, mucho más que la madera de 'I-214'.

Tiene poca tendencia a formar madera de tensión, ya que no es especialmente sensible al efecto del fototropismo y forma fustes rectos. Además, no se desechan trozas abiertas en el desarrollo, por lo que no acusa una especial pérdida volumétrica debida a este defecto.

Presenta una relativamente elevada tendencia a la formación de corazón negro en comparación con otros clones de común utilización, siendo éste un defecto que deprecia la madera para algunas utilizaciones y dificulta su secado. En el apeo de los árboles incluidos en la parcela de ensayo SO-1 Almazán, que se realizó con un turno de 19 años, se observó la presencia de corazón negro en la madera de un número elevado de pies. Se evaluó el porcentaje de madera afectada por este defecto en la sección de corte, que osciló entre el 0,0% y el 23,8%. Para el clon 'Unal', el índice aplicado tomó el valor del 22,2%, superado solamente por 'Triplo' de entre los 20 clones presentes en el ensayo. Para evitar la formación de corazón negro, es conveniente no alargar demasiado la duración del turno de aprovechamiento.

En un estudio comparativo realizado por Carlos Álvarez, Pedro Romero y Antonio Padró, sobre la calidad de la madera de 22 clones de chopos en una parcela experimental instalada en Haro (La Rioja), se concluye que los clones más adecuados para la obtención de chapa de calidad con buenos rendimientos y altas producciones son 'Beaupré', 'Unal' y 'Raspalje'. En el mismo estudio, se determina que los clones que alcanzan mayor valor económico son también los interamericanos, ya que conjugan los elevados crecimientos con los porcentajes más altos de chapa de calidad. Más concretamente, 'Raspalje' resulta ser el clon que alcanza mayor valor, seguido de 'Unal', 'Dorskamp' y 'Beaupré'. Los demás clones que intervienen en la comparación, en orden de valor económico, son 'Luisa Avanzo', 'MC', 'Hunnegem', 'Triplo', 'Boelare', 'I-214', 'San Martino', 'I-45/51', 'B-1M', 'I-262', 'Flevo', 'Branagesi', 'Lux', 'Onda', 'Alcinde', 'I-488', 'Canadá Blanco' y 'Pinseque'.

2.10. Utilización

Populus ×interamericana 'Unal' está incluido en los catálogos de Bélgica, España, Francia y Hungría. Se encuentra en el catálogo de España desde 2003. Figura también en el catálogo de materiales de base de Castilla y León, como material controlado.

En España, se cultiva principalmente en Cataluña, La Rioja y Castilla y León.

Fue suministrado al INIA en 1982 por la Association Foret-Cellulose (AFOCEL) de Francia e incorporado a la red de ensayos clonales del INIA años más tarde. En España, ha sido ensayado también por la Diputación General de Aragón, la Junta de Castilla y León y la empresa Garnica Plywood.

El clon 'Unal' comenzó a difundirse en las choperas de Castilla y León hace unos 25 años, junto con 'Beaupré' y 'Raspalje', aunque la experimentación de estos clones se había iniciado con anterioridad. En el inventario de choperas realizado en los años 1990 en Castilla y León, no se identificó el clon 'Unal' en ninguna de las fichas consignadas. Según las declaraciones de cultivo y de comercialización y existencias presentadas en 2019 por los viveros que producen plantas de chopos en Castilla y León, el clon 'Unal' representaba el 8,0% de las plantas cultivadas

en vivero, con un total de 115.055 plantas, sólo por detrás de 'I-214', 'Raspalje' y 'Beaupré', ganando paulatinamente terreno a este último.

3. Curvas de calidad

En este apartado se definen cinco clases de calidad para choperas del clon 'Unal', en función de su diámetro normal a la edad de 11 años. Para cada una de estas clases, se determina la altura total de los árboles en función de su diámetro normal. También se construye una tabla de cubicación que facilita el volumen con corteza en función del diámetro normal y la altura total de los árboles para cada clase. Asimismo, se establece el turno de máxima renta en especie, lo que da una indicación del momento óptimo para realizar el aprovechamiento de las choperas.

3.1. Clases de calidad

Se dispone de los datos de diámetro normal, obtenidos a través de la medición anual de la circunferencia normal, de 165 árboles del clon 'Unal'. Estos árboles están incluidos en 9 parcelas de ensayo de clones de chopos que han llegado al turno de aprovechamiento o que se encuentran en edad avanzada y que están distribuidas en las provincias de León, Palencia, Segovia, Soria y Zamora. Las mediciones efectuadas proporcionan 2.900 pares de valores (edad, diámetro) (tabla 1).

Tabla 1. Parcelas de ensayo que incluyen el clon 'Unal'.

Parcela	edad (años)	nº árboles	nº pares (e,d)
LE-5 Valle de Mansilla	18	15	285
LE-6 Vega de Infanzones	18	26	494
LE-7 Valencia de Don Juan	16	27	459
PA-7 Calabazanos	15	15	240
SG-3 Fresno de Cantespino	17	14	252
SG-4 Gomezserracín	13	14	196
SO-1 Almazán	19	20	400
ZA-6 Villaralbo	15	19	304
ZA-7 Calzada de Tera	17	15	270
Total	-	165	2900

Se han determinado cinco clases de calidad para el clon 'Unal' en función de su diámetro normal con corteza a la edad de 11 años, distribuidos tal como figura en la tabla 2.

Tabla 2. Clases de calidad.

Clase	d ₁₄ (cm)	nº árboles	nº pares (e,d)
I	>34,4	16	301
II	29,8-34,4	42	778
III	25,2-29,8	41	720
IV	20,6-25,2	37	623
V	<20,6	29	478
Total	-	165	2900

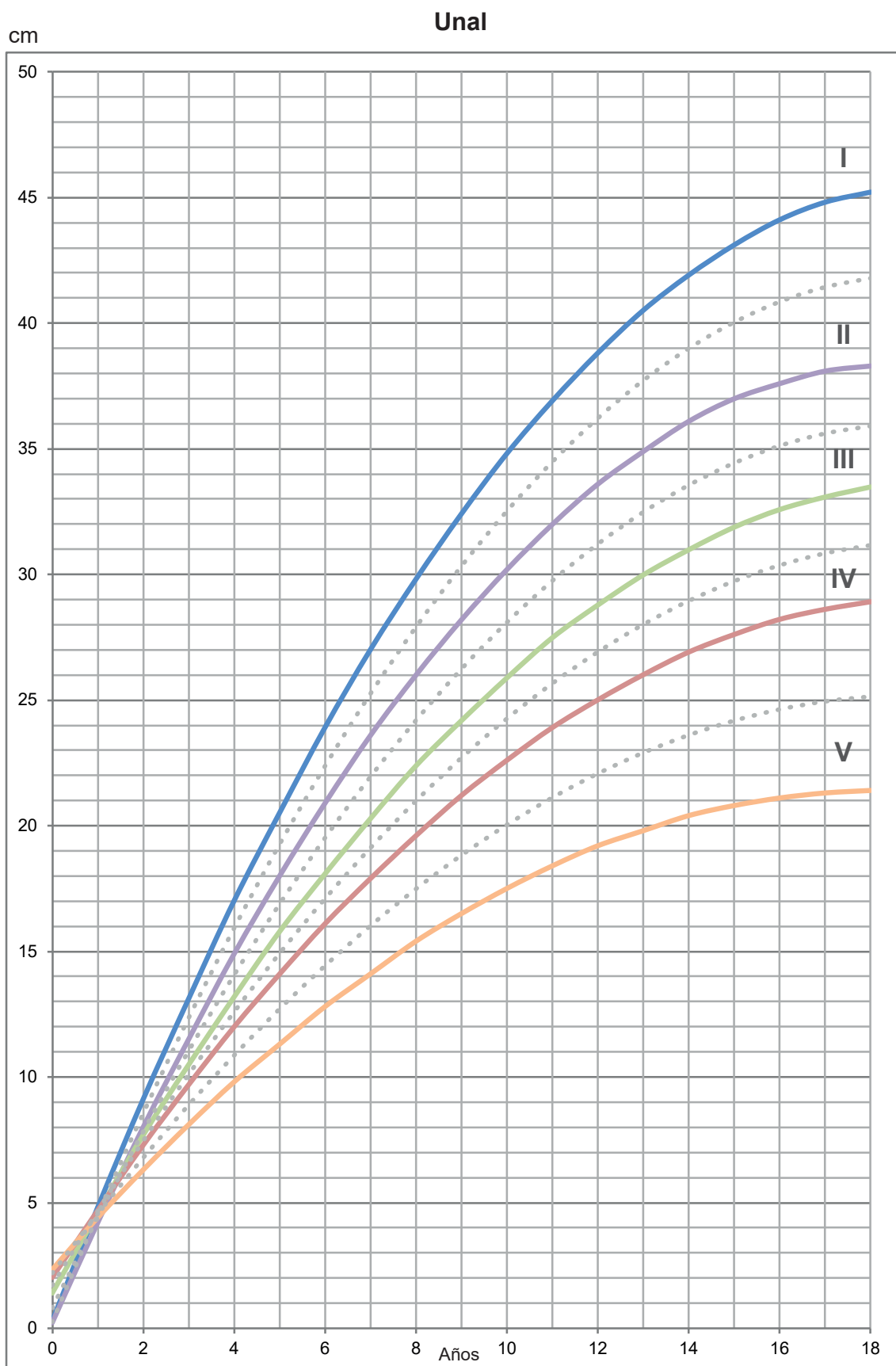


Figura 1. Curvas de calidad diámetro/edad.

3.2. Relación diámetro/edad

Para el ajuste entre el diámetro normal con corteza y la edad, en cada clase de calidad de las previamente determinadas, se ha utilizado el modelo:

$$d = a_0 + a_1e + a_2e^2$$

siendo:

d: diámetro normal con corteza (cm)

e: edad (años)

Los valores de los parámetros y de los coeficientes de determinación obtenidos en los ajustes figuran en la tabla 3.

Tabla 3. Relación diámetro/edad por clases de calidad.

Clase	a_0	a_1	a_2	R^2
I	0,28	4,645	-0,1193	0,98
II	0,22	4,108	-0,1106	0,97
III	1,41	3,293	-0,0840	0,96
IV	2,04	2,764	-0,0707	0,95
V	2,33	2,084	-0,0568	0,88

Las curvas límite entre las correspondientes a las clases de calidad que se han definido tienen la misma forma que éstas y sus parámetros se ofrecen en la tabla 4.

Tabla 4. Curvas límite entre las clases de calidad.

Curva límite	a_0	a_1	a_2
I-II	0,25	4,377	-0,1150
II-III	0,81	3,701	-0,0973
III-IV	1,73	3,029	-0,0774
IV-V	2,18	2,424	-0,0638

En la figura 1 se muestran las curvas de calidad diámetro/edad.

3.3. Relación altura/diámetro

Se dispone de mediciones de la altura total en 22 árboles del clon 'Unal' presentes en las parcelas de ensayo mencionadas anteriormente, completando 355 pares de valores (diámetro normal, altura total). Para el ajuste de la altura total con el diámetro normal, se ha utilizado el modelo que mejor correlación ha proporcionado:

$$h = a_0d^{a_1}$$

siendo:

h: altura total (m)

d: diámetro normal con corteza (cm)

Los parámetros y el coeficiente de determinación obtenidos en el ajuste son:

$$a_0 = 1,7507$$

$$a_1 = 0,7716$$

$$R^2 = 0,98$$

3.4. Tabla de cubicación

Se ha construido una tabla de cubicación para el clon 'Unal' a partir de las mediciones de diámetro normal, altura total y volumen con corteza efectuadas en 90 árboles que habían llegado al turno de aprovechamiento en cinco parcelas de experimentación (LE-5 Valle de Mansilla, LE-6 Vega de Infanzones, SG-3 Fresno de Cantespino, SO-1 Almazán y ZA-7 Calzada de Tera).

Los valores del diámetro normal se obtuvieron por medición de la circunferencia normal con el árbol en pie. Las mediciones de altura y volumen se realizaron sobre el árbol abatido. El volumen se calculó aplicando la fórmula de Smalian a trozas de 1 metro de longitud, desde la base del fuste hasta alcanzar el diámetro en punta delgada de 8 centímetros.

La ecuación elegida para el ajuste de los datos ha sido:

$$v = a_0 + a_1 d^2 h$$

siendo

d: diámetro normal con corteza (cm)

h: altura total (m)

v: volumen con corteza (dm³)

Los parámetros y el coeficiente de determinación obtenidos en el ajuste han resultado ser:

$$a_0 = 29,55$$

$$a_1 = 0,0297$$

$$R^2 = 0,98$$

Esta tabla de cubicación se desarrolla en el anexo I.

3.5. Productividad

Conocidos los pares de valores (d,h) de cada clase de calidad a lo largo del tiempo, la tabla de cubicación construida para 'Unal' proporciona los valores del volumen con corteza a cada edad del árbol. Ello permite obtener la evolución del crecimiento medio en volumen de los pies. Considerando el número de pies por hectárea que corresponde al espaciamiento de 6×6 metros, el más generalizado en Castilla y León, se obtiene fácilmente la producción en m³ha⁻¹año⁻¹.

Las curvas de calidad obtenidas se desarrollan en el anexo II. En la figura 2 se muestran las Curvas de calidad productividad/edad.

3.6. Turno de máxima renta en especie

El turno de máxima renta en especie, para cada clase de calidad, viene dado por el máximo valor del crecimiento medio. El turno obtenido para las cinco clases de calidad de 'Unal' figura en la tabla 5.

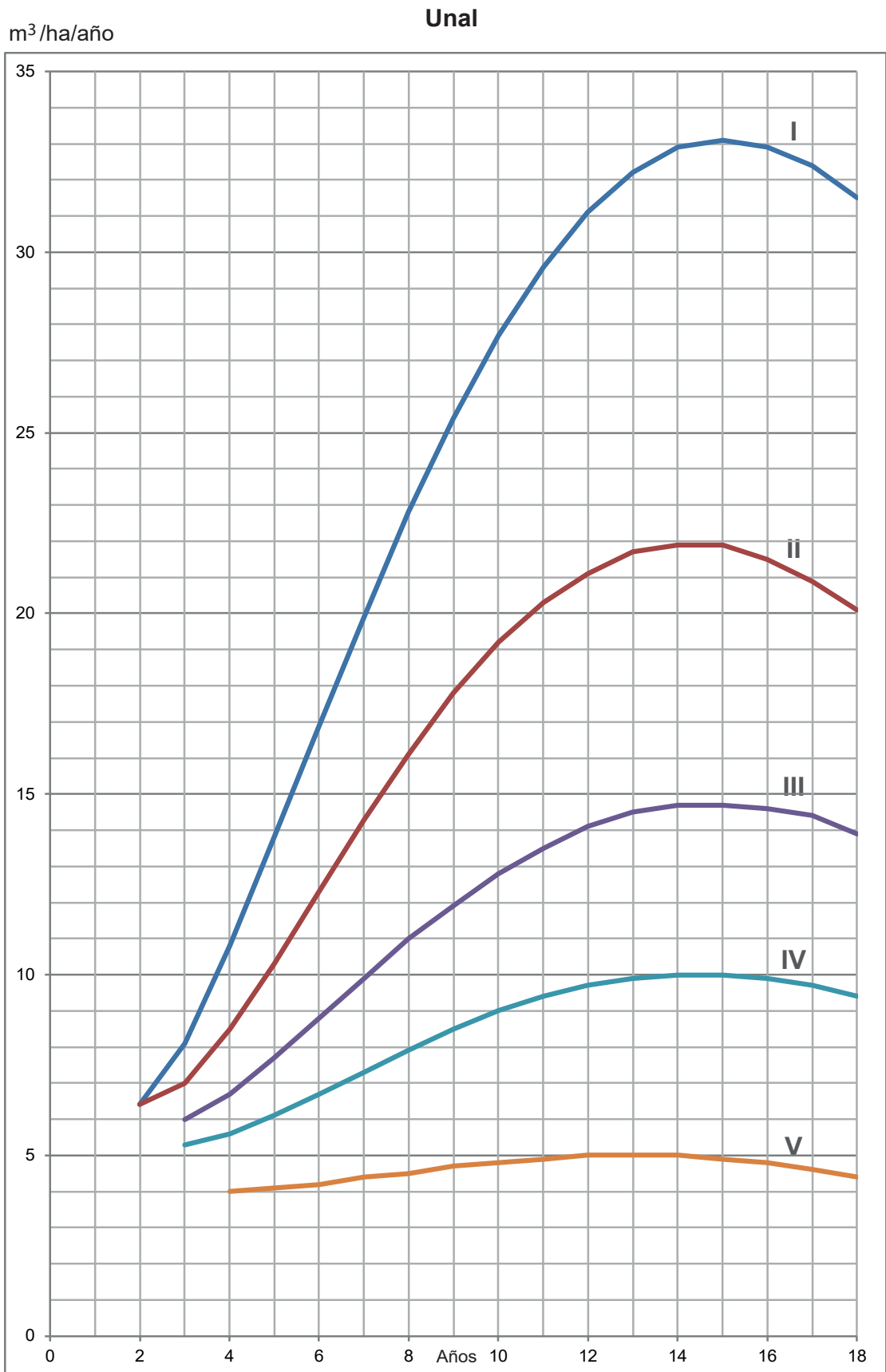


Figura 2. Curvas de calidad productividad/edad.

Tabla 5. Turno de máxima renta en especie.

Clase de calidad	turno (años)
I	15
II	14
III	15
IV	14
V	13

4. Comentarios

El clon 'Unal', junto con otros clones interamericanos de la misma serie ('Raspalje', 'Beaupré'), se ha ido extendiendo por los terrenos dedicados a la populicultura en Castilla y León. Frente a los clones que se venían cultivando, este clon aporta algunas ventajas, como son la rectitud del tronco, que disminuye la pérdida volumétrica experimentada por otros clones en el desarrollo, y el relativamente fácil manejo en las podas por su fuerte dominancia apical en una copa equilibrada y simétrica. También cabe reseñar su resistencia al pulgón lanígero (*Phloeomyzus passerinii*), en oposición a la elevada sensibilidad que presenta 'I-214'. Todo ello ofreciendo buenos rendimientos, sobre todo en terrenos de cierta fertilidad. Además, 'Unal' es de sexo masculino, lo que lo hace idóneo para utilizarlo en las proximidades de poblaciones o de zonas de tránsito de personas.

Como desventaja, puede comentarse su sensibilidad a la raza E4 de la roya de *Melampsora larici-populina*, pero no tan marcada como la de 'Beaupré'. También es una desventaja su sensibilidad al encharcamiento del suelo en primavera, aunque no es tan acusada como en el caso de 'Raspalje'.

Teniendo en cuenta estas consideraciones, los resultados obtenidos hasta ahora con la experimentación del clon 'Unal' en las parcelas de ensayo instaladas y estudiadas en esta región confirman que éste es un clon con el que conviene contar en la planificación de las plantaciones de chopos y, por ello, fue incluido en el catálogo de materiales de base del género *Populus* de Castilla y León.

En el pasado se han construido tablas de cubicación para chopos en función del diámetro normal del árbol y de su altura maderable, considerando esta la correspondiente al diámetro del fuste de 7 o 10 cm. Sin embargo, la medición de la altura maderable es mucho más imprecisa cuando se realiza sobre árboles en pie, a no ser que se empleen procedimientos con escalada en el árbol, lo que conlleva un tiempo muy prolongado que los hace antieconómicos. La medición de la altura total es más fácil en árboles en pie, especialmente si se realiza cuando están desprovistos de hojas. Últimamente se ha comenzado a utilizar drones para realizar mediciones de la altura total desde el aire.

Por otra parte, en la comercialización de choperas en pie es corriente utilizar fórmulas sencillas de cubicación que dan siempre valores del volumen

significativamente inferiores a los proporcionados por las mediciones directas sobre el árbol abatido y por las tablas de cubicación.

La tabla de cubicación que se ofrece se ha construido a partir de mediciones efectuadas en 90 árboles de cinco parcelas en el momento de su aprovechamiento, con edades comprendidas entre 17 y 19 años. Los valores obtenidos del diámetro normal con corteza para estos árboles oscilan entre 17,7 cm y 51,4 cm y la altura total va de 17,48 m a 40,55 m. Por eso no se ajusta bien a los valores correspondientes a las edades más bajas.

Las curvas de calidad permiten realizar estimaciones sobre futuros valores del crecimiento y la producción de choperas, así como la edad que corresponde al turno de máxima renta en especie.

Las curvas de calidad obtenidas representan valores medios de los períodos en los que se han efectuado las mediciones. Para un año concreto, los valores que se obtengan pueden desviarse más o menos de los previstos por las curvas, en función de las condiciones climáticas de ese año o de la ocurrencia de catástrofes como incendios o aparición de plagas o enfermedades.

En los primeros años del establecimiento de una chopera, los valores del diámetro y la altura de los árboles se ajustan peor a los determinados para las distintas clases de calidad, ya que, durante ese período, tienen gran influencia el tamaño de las plantas y la profundidad de plantación. En general, estas características dejan de tener un peso importante a partir del cuarto año desde la plantación. Además, los tramos finales de las curvas de mejor calidad tienden a alcanzar la horizontal, manifestando que el árbol deja de crecer en diámetro a partir de cierta edad. Ocurre que estos últimos tramos no responden a la realidad y los datos proporcionados por las curvas en ellos, al tratarse de extrapolaciones, no son aplicables.

Bibliografía

Rueda J (1997): La madera de chopo y sus aplicaciones. Junta de Castilla y León, Consejería de Medio Ambiente. Valladolid, 100 pp.

Álvarez C, Romero P, Padró A (2005): Estudio de la calidad de la madera de chopo para el desarrollo en una plantación experimental. Revista Montes, nº 79.

Rueda J, López Negredo L, Barrio JM, Peña M (2007): Parcela de experimentación de clones de chopos SO-1 Almazán. Junta de Castilla y León, Consejería de Fomento y Medio Ambiente. Valladolid, 68 pp.

Rueda J, García Caballero JL, Villar C (2011): Elección de clones idóneos para la populicultura en la cuenca del Duero. Forestalis, nº 17, primer semestre de 2011. pp 8-13.

Rueda J, Padró A, Grau JM, Sixto H, Villar C, García Caballero JL, Martínez Sierra F, Prada MA, Garavilla V, De Lucas A, Hidalgo E, Aguilar S, Villamediana J, Bellera C (2016): Clones de chopos del catálogo nacional de materiales de base. Junta de Castilla y León, Consejería de Fomento y Medio Ambiente. Valladolid, 72 pp.

Rueda J, García Caballero JL (2016): Efecto del ataque de *Leucoma salicis* L. en una parcela experimental de clones de chopos en la ribera del Esla (León). Junta de Castilla y León, Consejería de Fomento y Medio Ambiente. Valladolid, 12 pp.

Rueda J (2016): *Melampsora larici-populina* Kleb.: incidencia en Castilla y León. Junta de Castilla y León, Consejería de Fomento y Medio Ambiente. Valladolid, 10 pp.

Rueda J, Aguilar S (2017): Fenología de los clones de chopos del catálogo nacional. Junta de Castilla y León, Consejería de Fomento y Medio Ambiente. Valladolid, 8 pp.

Rueda J (2018): Susceptibilidad clonal de *Populus* spp. a *Marssonina brunnea* (Ell. Et Ev.) Magn. Junta de Castilla y León, Consejería de Fomento y Medio Ambiente. Valladolid, 12 pp.

Rueda J (2018): Calidad de *Populus ×euramericana* (Dode) Guinier 'I-214' en Castilla y León. Actas del II Simposio del Chopo. Valladolid, 8 pp.

Rueda J, Villamediana J, Santos L, Olaizola J (2018): Presencia de *Lonsdalea populi* en un banco clonal de chopos de producción. Actas del II Simposio del chopo. Valladolid, pp 121-125.

Rueda J, García Caballero JL, Cuevas Y, García-Jiménez C, Villar C (2019): Cultivo de chopos en Castilla y León. Junta de Castilla y León, Consejería de Fomento y Medio Ambiente. Valladolid, 115 pp.

Rueda J, García Caballero JL, Martínez Sierra F, Prada MA (2020): Viveros de chopos en Castilla y León. Junta de Castilla y León, Consejería de Fomento y Medio Ambiente. Valladolid, 127 pp.

Rueda J, García Caballero JL (2020): *Populus ×interamericana* 'Raspalje' en Castilla y León. Junta de Castilla y León, Consejería de Fomento y Medio Ambiente. Valladolid, 26 pp.

Rueda J, García Caballero JL (2022): Parcela de experimentación de clones de chopos LE-5 Valle de Mansilla. Junta de Castilla y León, Consejería de Medio Ambiente, Vivienda y Ordenación del Territorio. Valladolid. 53 pp.



Anexos

Anexo I. Tabla de cubicación 'Unal'

$$v = 29,55 + 0,0297 d^2h$$

$$R^2 = 0,9824$$

$$n = 90$$

$$p = 5$$

d: diámetro normal (cm)

h: altura total (m)

v: volumen con corteza (dm³)

$\frac{h}{d}$	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	
15	130	136	143	150	157			177														
16	144	151	159	166	174	182	189	197														
17	158	167	175	184	193	201	210	218														
18	174	184	193	203	212	222	232	241														
19	190	201	212	223	233	244	255	265														
20	208	220	232	243	255	267	279	291	303	315	327											
21	226	239	252	265	278	292	305	318	331	344	357	370	383									
22	245	260	274	288	303	317	331	346	360	375	389	403	418	432								
23	265	281	297	312	328	344	359	375	391	407	422	438	454	469								
24	286	303	320	337	355	372	389	406	423	440	457	474	491	509	526							
25	308	327	345	364	382	401	419	438	456	475	494	512	531	549	568	586	605					
26		351	371	391	411	431	451	471	491	511	531	552	572	592	612	632	652					
27		376	398	419	441	463	484	506	528	549	571	592	614	636	657	679	701					
28		402	425	449	472	495	519	542	565	588	612	635	658	682	705	728	751	775	798			
29		429	454	479	504	529	554	579	604	629	654	679	704	729	754	779	804	829	854			
30			511	537	564	591	618	644	671	698	725	751	778	805	831	858	885	912				
31			543	572	600	629	657	686	715	743	772	800	829	857	886	914	943	971				
32			577	607	638	668	699	729	759	790	820	851	881	912	942	972	1003	1033				
33				644	676	709	741	773	806	838	870	903	935	968	1000	1032	1065	1097	1129	1162		
34				682	716	751	785	819	854	888	922	957	991	1025	1060	1094	1128	1163	1197	1231		
35				721	757	794	830	866	903	939	975	1012	1048	1085	1121	1157	1194	1230	1267	1303		
36					838	876	915	953	992	1030	1069	1107	1146	1184	1223	1261	1300	1338	1377			
37					883	924	965	1005	1046	1087	1127	1168	1209	1249	1290	1331	1371	1412	1453			
38					930	973	1016	1059	1102	1145	1187	1230	1273	1316	1359	1402	1445	1488	1531			
39					978	1023	1069	1114	1159	1204	1249	1294	1340	1385	1430	1475	1520	1565	1611			
40					1027	1075	1123	1170	1218	1265	1313	1360	1408	1455	1503	1550	1598	1645	1693			
41					1078	1128	1178	1228	1278	1328	1378	1427	1477	1527	1577	1627	1677	1727	1777			
42					1182	1235	1287	1339	1392	1444	1496	1549	1601	1654	1706	1758	1811	1863				
43					1293	1348	1402	1457	1512	1567	1622	1677	1732	1787	1842	1897	1952					
44						1467	1525	1582	1640	1697	1755	1812	1870	1927	1985	2042						
45							1533	1593	1653	1714	1774	1834	1894	1954	2014	2074	2135					
46								1664	1726	1789	1852	1915	1978	2041	2103	2166	2229					
47									1735	1801	1867	1932	1998	2063	2129	2195	2260	2326				
48																2219	2288	2356	2425			
49																	2311	2383	2454	2525		
50																		2406	2480	2554	2628	

Anexo II. Curvas de calidad

Calidad I

e (años)	d (cm)	h (m)	v (dm ³)	c (dm ³ /año)	p (m ³ /ha/año)
1	4,8	5,88	26		
2	9,1	9,62	46	23,0	6,4
3	13,1	12,78	88	29,3	8,1
4	17,0	15,55	155	38,8	10,8
5	20,5	18,02	248	49,6	13,8
6	23,9	20,24	365	60,8	16,9
7	27,0	22,24	502	71,8	19,9
8	29,8	24,03	657	82,1	22,8
9	32,4	25,65	823	91,5	25,4
10	34,8	27,09	997	99,7	27,7
11	36,9	28,36	1172	106,6	29,6
12	38,8	29,48	1344	112,0	31,1
13	40,5	30,45	1507	115,9	32,2
14	41,9	31,27	1656	118,3	32,9
15	43,1	31,95	1787	119,1	33,1
16	44,1	32,49	1897	118,5	32,9
17	44,8	32,90	1981	116,5	32,4
18	45,2	33,16	2039	113,3	31,5

Calidad II

e (años)	d (cm)	h (m)	v (dm ³)	c (dm ³ /año)	p (m ³ /ha/año)
1	4,2	5,31	32		
2	8,0	8,70	46	23,0	6,4
3	11,5	11,56	75	25,1	7,0
4	14,9	14,06	122	30,5	8,5
5	18,0	16,28	186	37,2	10,3
6	20,9	18,26	266	44,4	12,3
7	23,6	20,04	360	51,4	14,3
8	26,0	21,63	464	58,0	16,1
9	28,2	23,05	575	63,9	17,8
10	30,2	24,30	690	69,0	19,2
11	32,0	25,40	803	73,0	20,3
12	33,6	26,35	913	76,1	21,1
13	34,9	27,16	1014	78,0	21,7
14	36,1	27,83	1104	78,9	21,9
15	37,0	28,37	1180	78,7	21,9
16	37,6	28,77	1240	77,5	21,5
17	38,1	29,04	1281	75,4	20,9
18	38,3	29,18	1303	72,4	20,1

Calidad III

e (años)	d (cm)	h (m)	v (dm ³)	c (dm ³ /año)	p (m ³ /ha/año)
1	4,6	5,70	33		
2	7,7	8,42	44		
3	10,5	10,77	65	21,7	6,0
4	13,2	12,85	96	24,1	6,7
5	15,8	14,71	138	27,6	7,7
6	18,1	16,38	190	31,6	8,8
7	20,3	17,90	250	35,6	9,9
8	22,4	19,26	316	39,5	11,0
9	24,2	20,49	387	43,0	11,9
10	25,9	21,59	461	46,1	12,8
11	27,5	22,56	535	48,6	13,5
12	28,8	23,42	608	50,6	14,1
13	30,0	24,17	676	52,0	14,5
14	31,0	24,80	739	52,8	14,7
15	31,9	25,33	795	53,0	14,7
16	32,6	25,75	842	52,6	14,6
17	33,1	26,06	878	51,7	14,4
18	33,5	26,28	904	50,2	13,9

Calidad IV

e (años)	d (cm)	h (m)	v (dm ³)	c (dm ³ /año)	p (m ³ /ha/año)
1	4,7	5,81	33		
2	7,3	8,11	42		
3	9,7	10,11	58	19,3	5,3
4	12,0	11,88	80	20,0	5,6
5	14,1	13,48	109	21,8	6,1
6	16,1	14,93	144	24,0	6,7
7	17,9	16,23	184	26,4	7,3
8	19,6	17,41	229	28,6	7,9
9	21,2	18,47	276	30,7	8,5
10	22,6	19,42	324	32,4	9,0
11	23,9	20,26	373	33,9	9,4
12	25,0	21,00	420	35,0	9,7
13	26,0	21,64	465	35,8	9,9
14	26,9	22,19	506	36,1	10,0
15	27,6	22,64	542	36,1	10,0
16	28,2	23,01	572	35,7	9,9
17	28,6	23,28	595	35,0	9,7
18	28,9	23,46	611	33,9	9,4

Calidad V

e (años)	d (cm)	h (m)	v (dm³)	c (dm³/año)	p (m³/ha/año)
1	4,4	5,45	33		
2	6,3	7,21	38		
3	8,1	8,77	46		
4	9,8	10,15	58	14,6	4,0
5	11,3	11,39	73	14,6	4,1
6	12,8	12,51	90	15,0	4,2
7	14,1	13,51	110	15,7	4,4
8	15,4	14,41	131	16,3	4,5
9	16,5	15,21	152	16,9	4,7
10	17,5	15,92	174	17,4	4,8
11	18,4	16,55	195	17,8	4,9
12	19,2	17,08	216	18,0	5,0
13	19,8	17,54	234	18,0	5,0
14	20,4	17,91	250	17,9	5,0
15	20,8	18,21	264	17,6	4,9
16	21,1	18,43	274	17,1	4,8
17	21,3	18,57	281	16,5	4,6
18	21,4	18,63	284	15,8	4,4

colección de documentos técnicos
para una gestión forestal sostenible



**Junta de
Castilla y León**

Consejería de Medio Ambiente,
Vivienda y Ordenación del Territorio