

# Producción de Madera de Sierra de alta Calidad con *Eucalyptus globulus*

✍ Leif Nutto  
Manuel C. Touza Vázquez  
CIS-Madera



Este artículo presenta los resultados preliminares de un proyecto de investigación orientado a producir madera de sierra y chapa de alta calidad en plantaciones de *Eucalyptus globulus*.

Durante el proyecto se han realizado mediciones de diversos parámetros en 900 eucaliptos procedentes de 23 parcelas del norte de Galicia y, sobre la base de modelos de crecimiento del árbol individual, se han desarrollado algunos escenarios orientados a producir madera de calidad, con diámetros normales próximos a los 50 cm, en turnos de 20 a 25 años.

En sitios de buena calidad, este objetivo es alcanzable siempre que se aproveche el gran potencial de crecimiento en diámetro del eucalipto en la fase juvenil, ofreciendo suficiente espacio vital para el desarrollo de la copa y realizando podas tempranas que limiten la presencia de nudos a un núcleo central de pequeña dimensión.

El desarrollo de una selvicultura orientada a producir madera de calidad puede suponer tanto una importante oportunidad para los pequeños propietarios forestales como un requisito indispensable para mejorar la competitividad de las empresas transformadoras que, en número creciente, aprovechan este recurso en nuevos productos de elevado valor añadido.

## ANTECEDENTES E INTRODUCCIÓN

Los resultados de varios proyectos de investigación están permitiendo el acceso de la madera de eucalipto blanco (*Eucalyptus globulus*) a nuevas aplicaciones en el campo de la carpintería y mobiliario.

Recientemente han surgido nuevos productos en torno a la madera de eucalipto (perfiles de madera laminada para carpintería, mobiliario de cocina, ventanas, elementos constructivos, pavimentos, tableros contrachapados de altas prestaciones, puertas de paso, escaleras, etc.) que precisan disponer de madera de calidad para sus procesos productivos.

En Galicia no existe una selvicultura de eucaliptares orientada a la producción de madera de sierra y/o chapa por lo que los árboles seleccionados para estos empleos suelen ser un resultado casual; árboles gruesos, plantados inicialmente con una elevada densidad para producir madera de trituración y pasados de turno por distintas razones.

Los espaciamientos densos, aunque no permiten una poda natural perfecta, garantizan la posibilidad de disponer de un pequeño volumen de madera limpia o con nudos pequeños. Sin embargo, la elevada competencia impide el desarrollo de las copas limitando el crecimiento diametral y generando tensiones de crecimiento elevadas.

En estas condiciones, es difícil encontrar árboles con diámetros suficientes para producir madera de sierra que no tengan 35 o 40 años. Por otro lado, las tensiones de crecimiento disminuyen los rendimientos de los procesos industriales al originar fendas y deformaciones durante la corta, aserrado y secado de la madera.

Las tensiones de crecimiento constituyen uno de los mayores problemas que limitan la diversificación de las aplicaciones de los eucaliptos de plantación y en el proyecto de investigación sobre sistemas de aserrado adecuados para procesar *Eucalyptus globulus* con tensiones de crecimiento, coordinado por el CIS-Madera (Touza 2001), se analizaron las posibilidades tecnológicas de reducir los problemas encontrados al aserrar la madera de eucalipto.

Las conclusiones de éste y otros estudios recientes coinciden en señalar que es la competencia entre árboles y no su tasa de crecimiento la que genera tensiones de crecimiento elevadas. Este aspecto es crucial, porque permite emplear la selvicultura para producir madera de sierra de calidad en turnos cortos.

Con estos antecedentes, se ha presentado el proyecto "European *Eucalyptus* solidwood production. Reduced impact of growth stresses by adapted silvicultural management and processing technology". El proyecto ha sido aprobado por la

Unión Europea dentro de la iniciativa Marie Curie Individual Fellowship y tiene una duración de dos años (abril 2003-abril 2005). Este artículo resume el estado actual del proyecto.

Una selvicultura orientada a las necesidades de la industria de transformación de la madera sólida de eucalipto tiene que incentivar el potencial de crecimiento diametral del árbol bajo las condiciones de la estación y al mismo tiempo producir un volumen considerable de madera "limpia", sin nudos.

Para estudiar la posibilidad de desarrollar esta selvicultura se han realizado mediciones de diversos parámetros en más de 900 eucaliptos procedentes de 23 parcelas del norte de Galicia.

La localización de las parcelas y el rango de variación de los parámetros anteriores aparece reflejados en la Figura 1.

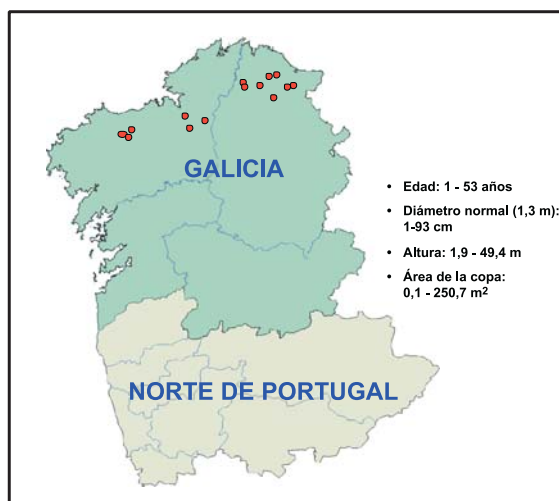


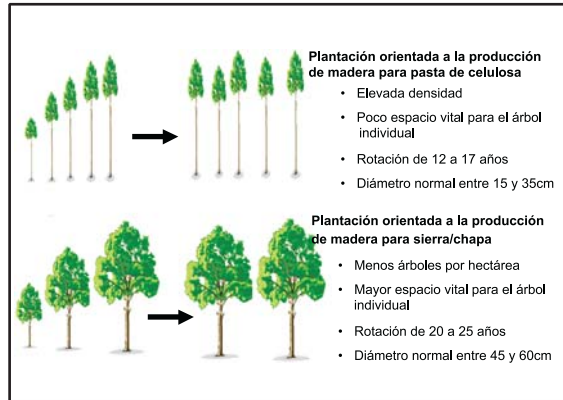
Figura 1: Mapa con la localización de las parcelas medidas

En cada árbol seleccionado se ha medido su altura total, altura de la primera rama muerta, altura de la base de la copa, diámetro normal, área de proyección de la copa y coordenadas de los árboles. Con estos datos se elaboraron mapas de distribución de los árboles y de sus copas y se desarrollaron modelos matemáticos para estimar la evolución del crecimiento en diámetro y el proceso de poda natural.

Estos modelos permiten simular propuestas de selvicultura para producir madera de sierra en turnos de corta reducidos (Figura 2).

La primera parte de este artículo analiza el espacio vital requerido por un árbol individual para alcanzar el crecimiento diametral deseado, utilizando la relación entre el tamaño de la copa y el diámetro normal. El objetivo es concentrar el incremento de volumen de un área en un número reducido de árbo-

**Objetivo 1:** Plantación de máxima producción (volumen) orientada a la industria de trituración. Bajo esta situación, los árboles sólo alcanzarán los diámetros adecuados para chapa o madera de sierra transcurridos entre 40 y 50 años y la alta competencia entre los individuos provoca la aparición de tensiones de crecimiento elevadas.

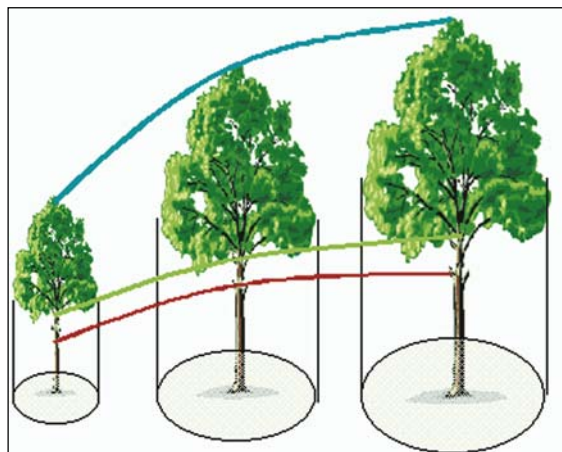


**Objetivo 2:** Plantación orientada a la producción de madera de sierra y chapa. Un mayor espaciamiento inicial, combinado con claros intermedios, provocan un elevado crecimiento diametral del árbol individual. A través de la silvicultura, este crecimiento se concentra en un menor número de árboles por hectárea y la madera para triturar se considera un subproducto.

**Figura 2.** Esquema de distintos objetivos de producción.

les de buena calidad, sin demasiada pérdida de volumen (Figura 3).

La segunda parte tiene como objetivo optimizar la poda de eucalipto, objetivo indispensable para combinar el rápido crecimiento diametral con la producción de madera de calidad. Las conclusiones confirman que este proceso depende en gran medida del crecimiento en altura, del espacio vital del árbol individual y de la edad del árbol (Figura 3).



**Figura 3:** Un análisis de la poda natural del eucalipto, permite estimar el momento óptimo de las intervenciones necesarias para producir madera sin nudos.

## MODELOS DE CRECIMIENTO BASADOS EN EL ÁRBOL INDIVIDUAL

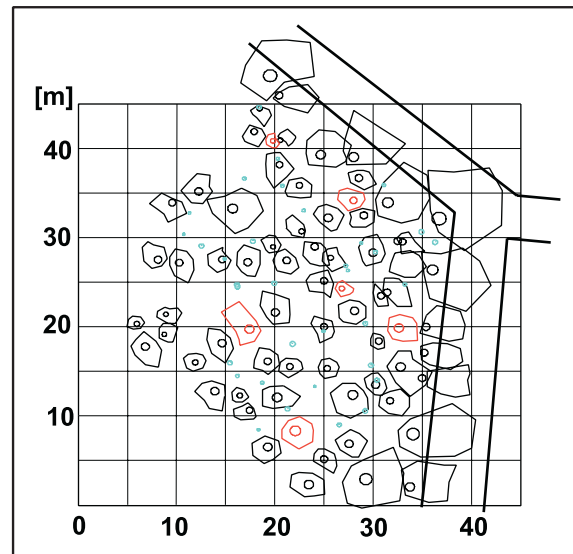
En los árboles se producen dos crecimientos distintos, un crecimiento en altura y un crecimiento en diámetro.

El crecimiento en altura depende en gran medida de la calidad de la estación, es decir de factores como la fertilidad del suelo, su capacidad de suministrar agua y nutrientes, factores climáticos, etc. Otros factores con influencia son la genética y el grado de competencia entre los árboles, aunque este último es menos significativo.

En general, el crecimiento en altura es un factor estable y constituye uno de los mejores indicadores para estimar la productividad de una estación, a través de los índices de sitio que suelen calcularse en función de la altura dominante a una cierta edad.

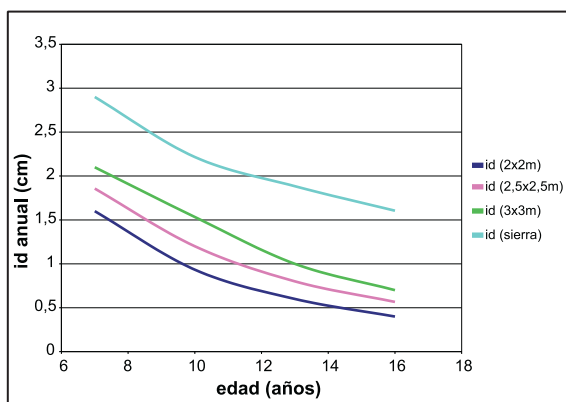
Las medidas para mejorar el crecimiento en altura suelen tener costes elevados y presentar dificultades técnicas. En plantaciones, la principal medida para promover este crecimiento suele ser la adición de fertilizantes.

El crecimiento en diámetro es más fácil de controlar en función de factores como la densidad de los árboles (Figura 4). A edades tempranas un espaciamiento inicial de 3x3 m muestra un crecimiento en diámetro superior al de otros espaciamientos como 2,5x2,5 m o 2x2 m, pero cuando los árboles entran en competencia estos incrementos disminuyen significativamente.



**Figura 4.** Distribución de los árboles y copas en un monte de 17 años de edad. Los árboles rojos fueran cortados para análisis de madera y los puntos azules muestran árboles dominados. Es apreciable como los árboles de borde expanden sus copas hacia las pistas forestales y como su cobertura del dosel se aproxima al 60%, mientras disminuye en los árboles sometidos competencia en el interior de la masa.

La curva denominada “id (sierra)” (Figura 5) es una selección del crecimiento de los 5 árboles más dominantes en cada una de las parcelas estudiadas.

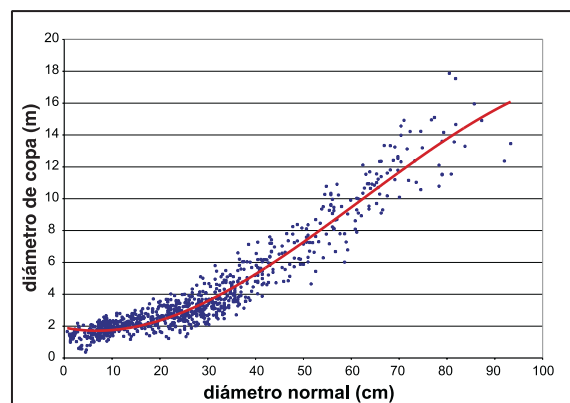


**Figura 5:** Incremento corriente anual en diámetro para diferentes espaciamientos según la tabla de producción de Fernández (1985) comparado con el incremento de los 5 árboles dominantes de cada parcela (id sierra). La figura permite apreciar la influencia del espacio vital en el crecimiento diametral y la necesidad de intervenir mediante claros intermedios en la producción de madera de sierra de eucalipto.

En una selvicultura orientada a producir madera de sierra, el principal objetivo es permitir que no sólo los árboles dominantes (capaces de dominar los vecinos por un crecimiento natural más vigoroso) sino un número adicional de árboles en la misma masa puedan crecer con una tasa comparable.

La especie *Eucalyptus globulus* puede alcanzar rápidamente dimensiones para su aserrado si se aumenta el espaciamiento desde edades tempranas y se realizan aclareos intermedios.

Es importante considerar que el espacio vital adicional ofrecido a cada árbol por una intervención selvícola no siempre podrá ser utilizado ya que, así como la disponibilidad de agua y nutrientes influye



**Figura 6:** Correlación entre el diámetro normal y el diámetro de la copa

decisivamente en el crecimiento en altura, también constituye un factor limitante para la capacidad de un árbol para la expansión de la copa. En otras palabras, en una estación de baja calidad el potencial de crecimiento diametral está muy limitado, incluso ofreciendo suficiente espacio vital para un árbol.

Para estimar el espacio vital de un árbol y su relación con el diámetro normal se midieron las áreas de proyección de las copas. La elevada relación entre el diámetro de la copa y el diámetro normal se muestra en la Figura 6. El coeficiente de correlación es muy elevado ( $r=0,96$ ) y altamente significativo, lo que permita estimar con precisión el tamaño necesario de una copa de eucalipto para alcanzar un diámetro determinado.

La ecuación resultante del modelo es:

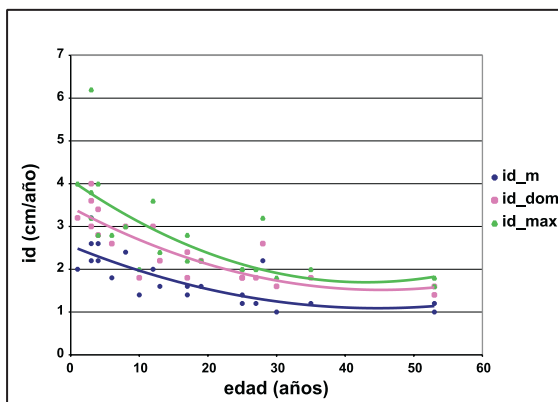
$$dc = -0,0000254 * d_n^3 + 0,00465 * d_n^2 - 0,0615 * d_n + 1,925$$

donde:

$d_n$  = diámetro normal (cm)  
 $dc$  = diámetro da copa (m)

Esta ecuación permite estimar el área de copa necesaria para obtener un diámetro objetivo aunque no muestra el límite diametral que es posible obtener bajo unas determinadas condiciones. En este sentido es necesario considerar dos factores de influencia: la edad y la calidad de la estación.

La edad constituye un factor importante y es evidente que el potencial de crecimiento disminuirá a medida que aumente la edad del árbol. Este efecto puede apreciarse en la Figura 7 que muestra, para distintas edades, los incrementos diametrales del árbol más grueso de la parcela (id\_max), el valor medio de los 5 árboles más gruesos (id\_dom) y el valor medio de todos los árboles de una parcela (id\_m).



**Figura 7:** Crecimiento diametral en el árbol más grueso (id\_max), los 5 más gruesos (id\_dom) y el valor medio de todos los árboles de una parcela (id\_m) en las distintas edades (todas las estaciones).

### LOS RESULTADOS DE UNA EXPERIENCIA PARA PRODUCIR MADERA DE SIERRA CON *Eucalyptus globulus* ENTUSIASMAN A LA INDUSTRIA AUSTRALIANA



Con una edad de 21 años, el diámetro medio de las trozas de *Eucalyptus globulus* era de 50 cm s.c. llegando a alcanzar en algún caso los 70 cm. El rendimiento en madera verde tras realizar las pruebas de aserrado es equivalente al obtenido con las mejores trozas de *Eucalyptus globulus* procedentes de los bosques nativos del sudeste australiano y un elevado porcentaje de la madera aserrada estaba libre de defectos debido a la poda de los árboles.

La experiencia está incluida en un proyecto liderado por la División Forestal y de Productos de Madera del CSIRO (Australia's Commonwealth Scientific and Industrial Research Organisation) en colaboración con la Corporación FWPRDC (Forest and Wood Products Research and Development Corporation), el Departamento de Sostenibilidad y Medioambiente del estado de Victoria.

Los árboles procedían de una plantación localizada en Vasse (Busselton) en el oeste de Australia y forman parte de una demostración forestal realizada hace 21 años para comprobar la posibilidad de producir madera de sierra de *Eucalyptus globulus* en regímenes selvícolas de corta rotación. En este sentido, esta parcela constituye el primer ejemplo de una rotación completa orientada a producir madera de calidad con *Eucalyptus globulus* en Australia.

Los eucaliptos fueron podados a los 3-5 años, hasta una altura de 2,5-3 m y se realizó una clara hasta dejar 150 árboles por hectárea. A los cinco años se realizó una segunda poda hasta los 10 m de altura. Para realizar las experiencias de aserrado se cortaron 20 árboles de 21 años de edad, obteniéndose 51 trozas de 2,7 m de longitud, con un diámetro medio de 49 cm s.c. y máximo próximo a los 80 cm.

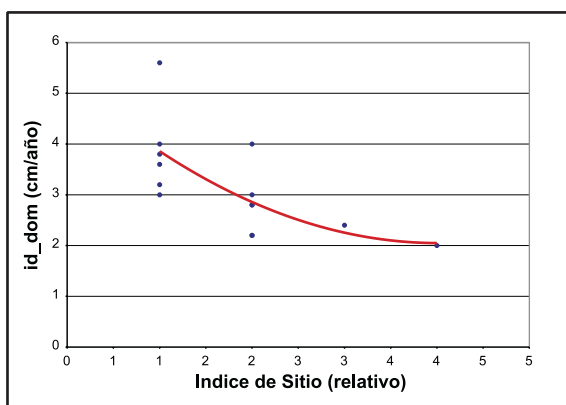
El director del proyecto, Dr. Russell Washusen, anticipa que el rendimiento de madera en verde tras realizar las pruebas de aserrado puede considerarse, como mínimo, equivalente al obtenido con las mejores trozas de *Eucalyptus globulus* procedentes de los bosques nativos del sudeste australiano. Asimismo, manifiesta la poca incidencia de las fendas y deformaciones producidas como consecuencia de la liberación de las tensiones de crecimiento durante el procesado de la madera.

El Dr. Glen Kile, director de la Corporación FWPRDC añade que el eucalipto blanco constituye una opción interesante para la industria del aserrado y que esta experiencia les ha enseñado que si se desea obtener un volumen importante de madera de alta calidad es necesario realizar podas y clareos en las plantaciones a edades tempranas.

Considera que la demanda internacional de madera de frondosas de calidad se incrementará en el futuro y que la industria de aserrado australiana tiene una oportunidad de expansión a través del desarrollo de las plantaciones. Este desarrollo requiere fórmulas de planificación y gestión de las plantaciones diferentes de las realizadas en el pasado y, este proyecto, constituye un importante paso en esa dirección.

El valor medio de los árboles dominantes puede servir como indicador del crecimiento diametral que podría alcanzarse en una selvicultura orientada a producir madera de sierra aunque será necesario considerar en cada caso la calidad de la estación en la que se realiza la plantación. En la Figura 8 fueron consideradas todas las estaciones que aparecen clasificadas en la tabla de producción de Fernández (1985).

Como se observa en la Figura 8, a medida que disminuye la calidad de la estación, también disminuye el potencial de incremento diametral. Dentro de esta tendencia, la gran dispersión de los valores que se observa en el gráfico se debe a la existencia de plantaciones de distintas edades con la misma calidad de estación (SI).



**Figura 8:** Correlación entre el incremento diametral de los árboles dominantes (*id\_dom*) y la calidad de la estación (SI, relativo, de I a IV según Fernández 1985). La gran variación encontrada se justifica por la no consideración del factor edad y por las distintas condiciones de competencia en las masas.

Una primera conclusión es que sólo debe optarse por una selvicultura para producir madera de sierra en rotaciones cortas, en aquellas estaciones que permitan un rápido crecimiento del eucalipto. De acuerdo con las tablas de producción de Fernández (1985) estos serían los sitios de la clase I a II. Dentro de esas condiciones, será posible mantener incrementos de diámetro de entre 1,5 y 2 cm durante todo el ciclo de rotación de los eucaliptos.

En un espaciamiento de 3x3 m (1111 árboles/hectárea) y un turno de rotación de 16 años, estas clases se definen por los siguientes parámetros:

La calidad I se caracteriza por un crecimiento medio de 37 m<sup>3</sup>/ha-año y alturas medias que evolucionan desde los 15,3 m a los 7 años hasta los 37 m a los 16 años.

La calidad II se caracteriza por un crecimiento medio de 25 m<sup>3</sup>/ha-año y alturas medias que evolucionan desde los 13,5 m a los 7 años hasta los 25 m a los 16 años.

Junto con la dimensión diametral, la presencia de nudos constituye el principal criterio para valorar la calidad de la madera de sierra y chapa decorativa por lo que el productor de este tipo de madera intentará obtener el diámetro final lo más rápido posible y, al mismo tiempo, producir madera sin nudos.

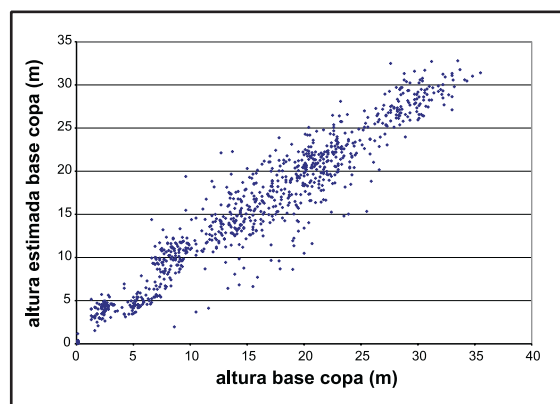
Si los eucaliptos crecen disponiendo de espacio vital para poder obtener diámetros gruesos en ciclos cortos, desarrollan una copa grande con ramas gruesas que permanecen durante mucho tiempo en el árbol. Cuando no se ha podado, la existencia de un núcleo nudoso limitará el empleo de la madera en aplicaciones de elevado valor añadido.

Además, las ramas de eucaliptos no se desprenden completamente, sino que se quiebran en las proximidades del tronco dejando un pequeño tocón en la base de la rama que suele ser envuelto por la corteza y absorbido durante el posterior crecimiento diametral del árbol. Este proceso provoca un desvío de las fibras y, con frecuencia, se producen heridas en el tejido del cambium que induce la formación de bolsas de una sustancia gomosa (kino) como mecanismo defensivo por parte del árbol. Lo anterior influye negativamente en las propiedades físicas, mecánicas y estéticas de la madera, devaluando su valor económico.

Este proceso también ocurre cuando se podan ramas muertas por lo que, cuando el objetivo es producir madera de eucaliptos de alta calidad, sólo es recomendable realizar una poda de ramas vivas.

Los datos anteriores señalan la importancia de conocer cuándo se produce la muerte de las ramas bajo distintas opciones selvícolas.

Para estimar la altura de la base de la copa viva (primera rama viva) se desarrolló un modelo con las variables independientes altura del árbol, diámetro normal y edad (Figura 9).



**Figura 9.** Estimación de la altura de la base de la copa viva con ayuda de un modelo multivariable.

La altura de la base de la copa se define a partir de la primera rama viva (originaria de un brote primario), si dentro de una distancia de 1,5 m existe otra rama viva. Este criterio es necesario para evitar que las raras pero existentes ramas de baja inserción entren en el modelo.

La ecuación resultante del modelo es:

$$cb = -2,25 - 0,25 * d_n + 0,9 * altura + 0,39 * edad - 0,009 * edad^2, \\ R^2 = 0,92$$

donde:

cb = altura de la base de la copa viva (en metros)  
 altura = altura total del árbol (en metros)  
 d<sub>n</sub> = diámetro normal (en 1,30m de altura, en centímetros)  
 edad (en años)

Las variables consideradas influyen en el modelo de distinto modo.

Por ejemplo, en estaciones donde el eucalipto crece más rápido la muerte de las ramas más bajas de la copa se inicia antes y, por el contrario, cuanto mayor es el crecimiento diametral más baja es la inserción de la copa. Esto puede explicarse considerando el espacio vital disponible por el árbol, para tener un crecimiento diametral elevado necesita una copa grande y menor competencia. En estas condiciones, las ramas vivas más bajas de la copa tienen acceso a la luz durante más tiempo, lo que demora su proceso de poda natural.

Otra de las variables medidas es la altura de la primera rama muerta con un resto de tocón todavía visible. En la Figura 10 se observa que sólo a partir de una altura del árbol próxima a los 20 m es posible encontrar fustes con más de 2 m de longitud limpia de nudos. Especialmente problemáticos son los árboles de borde, que generalmente desarrollan grandes copas desequilibradas al carecer de competencia por uno de sus lados.

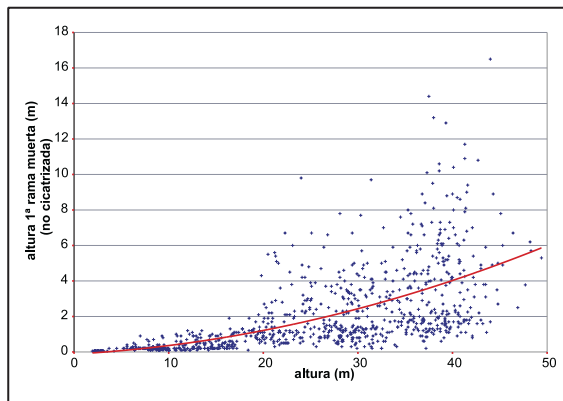


Figura 10. Altura de la primera rama muerta aún no cicatrizada sobre la altura total.

### APLICACION DE LOS MODELOS

Los modelos expuestos permiten decidir el turno de corta necesario para obtener distintos diámetros, el número de árboles por hectárea y la edad a la que deben realizarse la poda de los árboles.

Para ello es preciso conocer el grado de cobertura del dosel de los árboles dominantes que constituye un elemento esencial al trabajar con modelos basados en el área de copa de los árboles individuales.

Tanto el nivel de competencia como el porcentaje de cobertura del dosel varían con la edad de los árboles y la Figura 11 muestra el porcentaje de cobertura del dosel en 20 parcelas de distintas edades. Al final de la rotación el grado de cobertura del dosel puede estimarse en un 60% aproximadamente, mientras que, al inicio, cuando la competencia es mayor son comunes grados de cobertura de entre el 20 al 40%.

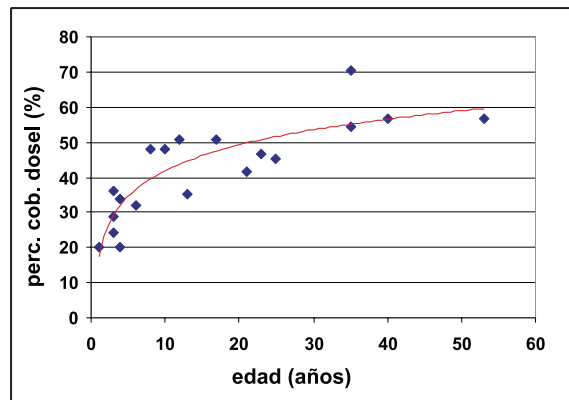


Figura 11: Porcentaje de la cobertura del dosel en distintas edades.

Este resultado aparentemente contradictorio, puede explicarse por la elevada inestabilidad de los árboles jóvenes. En las fases de crecimiento iniciales el factor esencial para sobrevivir es mantener la copa en luz por lo que el crecimiento en altura tiene prioridad frente al crecimiento diametral. El factor de esbeltez (altura dividido por diámetro) es, a menudo, superior a 150 y los árboles se mueven con el viento y batan con las copas. En la Figura 4 puede observarse como los árboles con copas pequeñas tienen una mayor área disponible alrededor, mientras los árboles dominantes casi se tocan con las copas.

La mayor estabilidad de los árboles dominantes, disminuye sus movimientos por efecto del viento incrementando el aprovechamiento del espacio disponible por cada árbol individual. En este sentido, el grado de cobertura del dosel ocupado por los árboles dominantes aumenta como consecuencia de una

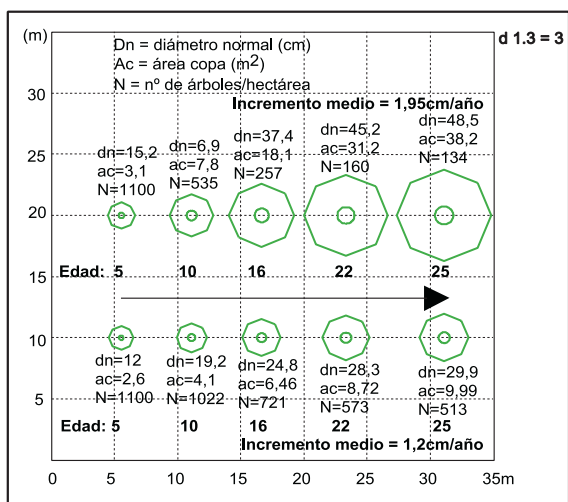


Figura 12: Esquema del desarrollo de las copas de una plantación de 3x3 m sin claros (incremento medio de 1,2cm/año) y orientada para producir madera de sierra (Tabla 1, incremento medio de 1,95 cm/año). Se aprecia la gran diferencia entre las áreas de las copas de los árboles y la reducción del número de árboles por hectárea.

### SUPUESTO PRÁCTICO DE PRODUCCIÓN DE MADERA DE SIERRA

Supongamos que se desea orientar una plantación de eucaliptos con un marco inicial de 3x3 m a la producción de madera de sierra con el objetivo de conseguir un diámetro normal medio de 50 cm.

Según los valores obtenidos en la Tabla 1 para sitios de buena calidad (al menos SI II, mejor SI I según Fernández, 1985), será posible obtener este diámetro a una edad de 26 años y el número aproximado de árboles por hectárea en la corta final será de 130 por hectárea.

El primer paso será la selección y poda de los árboles que alcanzarán el final de turno y en el caso del *Eucalyptus globulus* esta intervención debe realizarse a edades muy tempranas (2-3 años). Esta primera intervención en la plantación es crucial porque a partir de ese instante el objetivo principal será promover el crecimiento y la calidad de los árboles seleccionados.

En condiciones normales de sitios buenos, a edades de 2-3 años, los árboles presentarán una altura

selvicultura que promueva el desarrollo de la copa del árbol individual.

Los modelos presentados permiten estimar los tamaños de copa para distintas tasas de crecimiento diametrales y la correspondiente altura de la base de la copa viva. En la Tabla 1 se simula el crecimiento en diámetro de una plantación de 3x3m de acuerdo con la tabla de producción de Fernández (1985) y se compara con la tasa de incremento de una selvicultura orientada a la producción de madera de sierra, empleando el crecimiento diametral medido en los árboles más dominantes (Figura 7).

Consultando la Tabla 1 se observa que con un turno de corta de 26 años, es posible alcanzar un diámetro medio de 50 cm en los árboles existentes al final del turno siempre que se les facilite el espacio vital suficiente para expandir sus copas. Para ello será necesario disponer de 130 árboles por hectárea al final del ciclo de rotación (26 años) cuyas áreas de copa hayan podido desarrollarse de acuerdo con las estimaciones presentadas en la Tabla 1 y Figura 6.

Edad	Crecimiento diametral para Madera de Sierra					SI 2 altura (m)	Crecimiento diametral de acuerdo con la tabla de producción de Fernández 1985 (3x3 m)				
	dn (cm)	ac (m <sup>2</sup> )	rc (m)	bc (m)	árb./ha		dn (cm)	ac (m <sup>2</sup> )	rc (m)	bc (m)	árb./ha
1	3,4	2,26	1,5	0,0	1100	2,2	3,4	2,46	1,5	0,0	1100
2	6,6	2,31	1,5	1,2	1100	4,9	6,6	2,31	1,5	1,2	1100
3	9,6	2,38	1,5	3,1	1100	7,4	8,8	2,34	1,5	3,3	1100
4	12,5	2,64	1,5	4,9	1100	9,9	10,6	2,45	1,5	5,4	1100
5	15,2	3,07	1,5	6,7	1100	12,2	12,0	2,58	1,5	7,5	1100
6	17,8	3,67	1,6	8,3	985	14,5	13,4	2,76	1,5	9,4	1100
7	20,3	4,45	1,7	9,9	850	16,6	14,8	2,99	1,5	11,2	1100
8	22,6	5,40	1,9	11,4	728	18,6	16,2	3,28	1,5	13,0	1100
9	24,9	6,51	2,1	12,7	622	20,4	17,7	3,63	1,5	14,5	1100
10	26,9	7,78	2,2	14,0	535	22,2	19,2	4,07	1,6	16,0	1022
13	32,6	12,45	2,5	17,3	356	26,9	22,4	5,28	1,7	19,9	840
16	37,4	18,12	3,0	19,8	257	30,5	24,8	6,46	1,9	22,9	721
19	41,6	24,43	3,5	21,3	198	33,1	26,7	7,6	2,1	25,1	637
22	45,2	31,15	4,0	-	160	34,7	28,3	8,72	2,2	-	573
25	48,5	38,22	4,4	-	134	35,3	29,9	9,99	2,2	-	513
28	51,6	45,79	4,7	-	115	35,6	31,5	11,42	2,3	-	459
31	54,6	54,14	4,8	-	99	35,9	33,2	13,03	2,4	-	411

Tabla 1: Comparación de dos opciones de crecimiento diametral, comparando el diámetro normal (dn), área de copa (ac), radio de copa (rc, incluyendo el área no cubierta por el dosel), la altura de la base de la copa viva (bc), altura del árbol según la tabla de producción de Fernández (1985) y el número de árboles por hectárea (árb./ha).

### EJEMPLOS DE INTERVENCIONES EN GALICIA



Con una edad de 28 años, los eucaliptos tienen un diámetro normal medio de 64 cm llegando a alcanzar en algún caso los 83 cm. Como muestran las fotografías la conformación de los árboles es excepcional, con fustes rectos y copas equilibradas.

Para desarrollar los modelos de crecimiento de los eucaliptos, se han localizado 23 parcelas en Galicia en las que se han realizado mediciones a más de 900 árboles.

A pesar de que, posiblemente, no existan parcelas en Galicia con una silvicultura orientada a producir madera de calidad con *Eucalyptus globulus*, sí ha sido posible encontrar ejemplos de intervenciones puntuales que permiten discutir sus efectos.

Uno de estos ejemplos lo constituye una parcela localizada en los alrededores de Baio, Zas (A Coruña).

La plantación inicial se realiza en el año 1958 con un marco de 2,5x2 m y se orienta a la producción de madera de trituración para la industria de la pasta de celulosa. La parcela se corta a hecho en el año 1976 cuando los árboles tienen 18 años de edad.

Tras la corta inicial se produce el rebrote de los eucaliptos y se inicia una segunda rotación. A los 15 años de edad se realiza una segunda corta para pasta de papel pero seleccionando unos 50 árboles/ha de carácter dominante que continúan en la parcela.

El tercer rebrote se origina bajo el dosel de los árboles dominantes y se produce una nueva corte a hecho de estos rebrotes en el año 2004.

Con una edad de 28 años, los árboles remanentes tienen un diámetro normal medio de 64 cm y una altura de 38,6 m. Como muestran las fotografías, la conformación de los eucaliptos es excepcional, con fustes rectos y copas equilibradas.

A pesar de lo tardío de la primera clara, la reacción de árboles ante la nueva disponibilidad de espacio ha sido muy positiva y los resultados confirman las expectativas de producir madera de calidad en turnos cortos. En algunos casos se alcanzan diámetros de hasta 83 cm.

El rebrote desarrollado bajo el dosel de los árboles dominantes constituye un ejemplo de las posibilidades de la segunda opción selvícola que se comenta en el artículo; la combinación de producción de madera de sierra y trituración, permitiendo el crecimiento de un segundo rebrote bajo el dosel de los árboles dominantes.

En el momento actual, el propietario de la parcela ha decidido mantener los eucaliptos existentes y combinarlo con la reciente plantación de hayas (*Fagus sylvatica*) y robles (*Quercus spp.*) lo que originará un bosque singular.

comprendida entre 5-8 m y, en muchos casos, es posible apreciar visualmente si el árbol vale para producir madera de calidad. En caso de alta inseguridad se recomienda seleccionar algunos árboles de buena disposición como reserva.

Los árboles seleccionados deberán cumplir determinados requisitos en cuanto a su vitalidad, calidad y distribución espacial.

La vitalidad de un árbol es un indicador de su crecimiento y competitividad y permite reducir los riesgos de que se produzca su muerte antes del final del ciclo de rotación.

La calidad es importante para evitar la selección de árboles bifurcados, torcidos, con ramas especialmente gruesas o con otros defectos y, a menudo, árboles dominantes y con una elevada vitalidad pueden no cumplir las exigencias de calidad de la industria de madera.

La distribución espacial constituye otro aspecto importante y como muestra la Figura 4 los árboles con más espacio vital son los árboles de borde que, a menudo, presentan una gran copa pero asimétrica lo que puede originar otro defecto típico del género *Eucalyptus*, la presencia de elevadas tensiones de crecimiento en la madera que provocan defectos durante su aserrado y secado.

En una plantación con un espaciamiento 3x3 m la distribución teórica óptima sería poder seleccionar uno de cada tres árboles en una de cada tres líneas (Figura 14a).

A continuación, será necesario podar las ramas vivas de los árboles seleccionados. El modelo para estimar la altura de la base de la copa viva muestra que el proceso de la muerte de las ramas más bajas se inicia muy temprano (Figura 13). Con una edad de 2-3 años y alturas de 5 a 7,5 m en una plantación con un espaciamiento de 3x3 m ya es necesario realizar una primera poda (Tabla 1).

La primera poda puede hacerse desde el suelo hasta una altura de 2,5-3m. Diversos trabajos (Dickinson et al. 2001; Pinkard et al. 1998; Pinkard & Beadle 1998) concluyen que podar un árbol hasta una altura equivalente al 50% de su copa viva no influye negativamente en su crecimiento, ya que la mayor parte de las ramas podadas son ramas bajas, con poco acceso a la luz y escasa contribución al crecimiento del árbol.

En la próxima etapa deberá analizarse la situación de cada árbol individual y, en especial, si dispone de espacio vital para crecer de acuerdo con las tasas deseadas (Tabla 1).

En este ejemplo de producción de madera de sierra la competición se inicia al sexto año (en una estación mejor podría iniciarse antes de dicha edad) y

el radio de la copa debe aumentarse desde 1,50 m hasta un mínimo de 2 m (Tabla 1).

En esta etapa, los árboles competidores tienen un diámetro próximo a los 15 centímetros y pueden emplearse como materia prima para obtener pasta de celulosa. Si consideramos que, como media, se cortarían 2 árboles competidores (260 árboles) con un diámetro de 16 cm por cada árbol futuro, en esta intervención se obtendrá un volumen aproximado de 30 m<sup>3</sup>.

En una plantación con un espaciamiento de 3x3 m sería mas viable, tanto técnica como económicamente, reducir el número de árboles hasta 520 por hectárea. La forma de realizar este claro sería la corta de 4 árboles vecinos por cada árbol podado (Figura 14b). Con esta intervención se crea un espacio vital suficiente para los próximos 5 años.

Otra opción sería un aclareo sistemático cortando, por ejemplo, cada tercera línea y siempre que se combine con la realización de cortas selectivas alrededor de los árboles futuros, donde se precise disminuir la competición con otros individuos (Figura 14c). En este caso se cortarían unos 500 árboles con un volumen de aproximadamente 60 m<sup>3</sup>.

Existen muchas otras opciones para reducir el número de árboles y la competencia entre ellos cuya selección final dependerá de los recursos de mano de obra disponibles, el grado de mecanización, etc.

A la edad de la primera clara la altura está en torno de 12-13 m y la base de la copa viva alcanza los 6-7 metros. Si se desea obtener una segunda troza de 2,5 m debería realizarse una segunda poda hasta una altura de 5,5-6 m que puede realizarse desde el suelo con las herramientas apropiadas o bien con la ayuda de escaleras, etc.

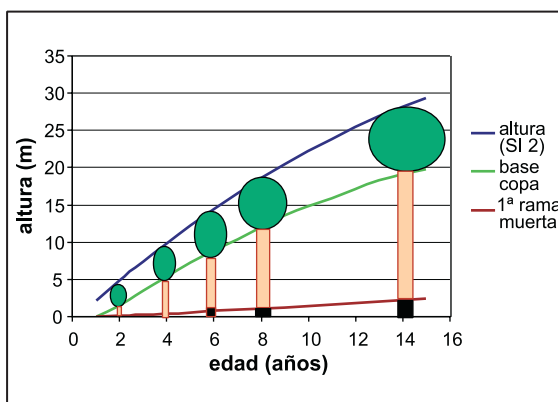
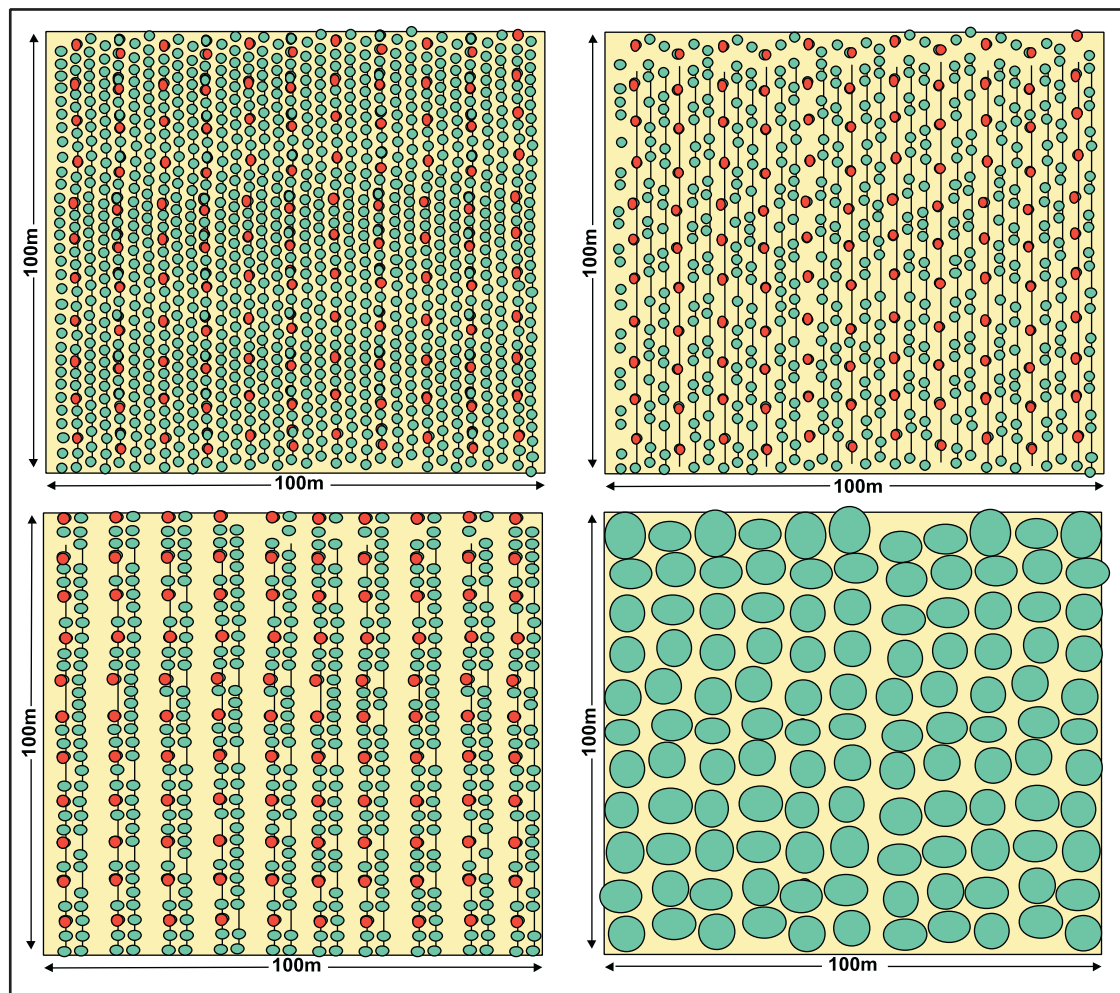


Figura 13: Altura de la base de la copa viva con el modelo da poda natural. El crecimiento en altura sigue los datos de la tabla de producción de Fernández (1985) y el incremento diametral corresponde al modelo para producir madera de sierra (2,6 cm/año). La altura de la primera rama muerta es el valor medio de las mediciones de campo (Figura 12).



**Figuras 14 a-d.** Dibujos esquemáticos de la reducción de los árboles partiendo de una plantación de 3x3 m (1100 árboles, 14a), un aclareo intermedio a la edad de 5 a 6 años (14b, aclareo selectivo, 14c, aclareo sistemático y selectivo) y la situación al final del ciclo de rotación, quedando solamente los árboles futuros (130 /ha).

Esta segunda poda requiere más mano de obra y debe calcularse si su realización compensa económicamente en función de factores como el diámetro objetivo de los árboles y su mercado.

Un segundo aclareo es recomendable a edades de 10-11 años, cuando el efecto de las intervenciones realizadas a los 5 años de edad pierde su efecto y la competencia entre los árboles empieza a reducir el crecimiento en diámetro. En este momento, existen aproximadamente 530 árboles/hectárea con un diámetro normal medio de 26 cm y una altura de 22m. La distancia entre árboles es de aproximadamente 4,5 m y debe aumentarse hasta 9 metros al final de la rotación. En esta edad sólo se recomienda realizar aclareos selectivos para reducir la competencia entre los árboles “futuros” y los vecinos.

Lo anterior puede conseguirse reduciendo el número de árboles en dos aclareos intermedios o bien en uno sólo.

La primera opción consistiría en cortar la mitad de los árboles restantes y reducir su número a 260 árboles/hectárea. Posteriormente, a los 16 años se realizaría el tercer aclareo intermedio hasta dejar 130 árboles/hectárea (Tabla 1).

En la segunda opción, durante el segundo aclareo se dejan solamente los 130 árboles “futuros”, lo que permite emplear los rebrotes de los árboles cortados para obtener una segunda rotación bajo el dosel de los árboles seleccionados. Los árboles “futuros” tendrán suficiente estabilidad, porque crecerán sometidos a una débil competencia desde el inicio y en los 16 años que quedan hasta el corte final de la madera, los rebrotes podrían producir un volumen considerable de madera para pasta.

En la Tabla 2 se estima la productividad de 3 opciones selvícolas partiendo de una plantación con un espaciamiento inicial de 3x3m (1100 árboles por hectárea). Los tiempos para los ciclos de producción

**Tabla 2.** Comparación de la productividad en volumen con un turno de 26 años en una calidad de sitio II (Fernández, 1985). Para el cálculo del volumen total se emplea el coeficiente mórfico de Fernández (1985).

Edad	Variedad 1				Variedad 2					Variedad 3	
	Volumen (m <sup>3</sup> )			N/ha	Volumen (m <sup>3</sup> )			bajo dosel <sup>2</sup>	N/ha	Volumen	
	dn	rem. <sup>1</sup>	aclareo		dn	rem. <sup>1</sup>	aclareo			dn	rem. <sup>1</sup>
5	15,2	46,3	46,3	550	15,2	46,3	46,3	-	550	-	-
7	20,3	112,3	0	550	20,3	112,3	0	-	550	13,3	84
10	26,9	119,9	143,8	250	26,9	62,3	201,4	-	130	17,4	201
13	32,6	213,3	0,0	250	32,6	110,9	0	-	130	20,1	323
16	37,4	165,5	152,8	130	37,4	165,5	0	64,0	130	22,1	433
19	41,6	222,2	0	130	41,6	222,2	0	-	130	-	-
22	45,2	275,1	0	130	45,2	275,1	0	148,7	130	segunda rotación	
25	48,5	322,2	0	130	48,5	322,2	0	-	130	-	-
26	50,0	344,3	0	130	50,0	344,3	0	202,0	130	12,2	263
Vol. total <sup>3</sup>		687,2				794,0					696
Vol. trit.		572,0				678,9					696
Vol. sierra <sup>4</sup>		115,2				115,2					0

<sup>1</sup>rem. es el volumen de los árboles remanentes.

<sup>2</sup>Para el crecimiento «bajo dosel» de la variedad 2 se empleó la tabla de producción «segundo turno» de Fernández (1985). Para igualar la cobertura parcial de los brotes con el dosel de los árboles remanentes se escogió una calidad de sitio más baja.

<sup>3</sup>El volumen total es la suma del producido durante los aclareos y el volumen al final de la rotación.

<sup>4</sup>El volumen de madera de sierra se calculó considerando por cada árbol dos trozas de 2,5 m y un diámetro medio de 47,5 cm (estimando una conicidad de 1 cm por metro, es decir con un diámetro de 45 cm c.c. en punta delgada).

serán los mismos para todas las opciones y también la calidad de la estación.

La primera opción consiste en producir madera de sierra realizando 3 aclareos intermedios selectivos. La segunda opción consiste en realizar un primer aclareo selectivo, seguido por uno combinado (selectivo y sistemático) con el objetivo de utilizar el rebrote para obtener una segunda rotación de madera de pasta de celulosa mientras se espera el final de turno para producir la madera de sierra. La tercera opción se obtiene a partir de las tablas de producción de Fernández (1985) manteniendo el mismo espaciamiento inicial y sin realizar ninguna intervención.

Las opciones 1 (3 aclareos selectivos) y 3 (plantación de 3x3m sin aclareos) apenas muestran diferencias, pero la opción 1 permite producir 115 m<sup>3</sup> de madera de calidad para sierra.

Una alternativa interesante viene dada por la segunda opción donde el volumen producido por los rebrotes permiten obtener 100 m<sup>3</sup> adicionales de madera para trituración. Estos resultados no son sorprendentes, si consideramos que los aclareos estimulan el incremento tanto de los árboles individuales como de la masa en su conjunto.

## CONCLUSIONES

La inexistencia en Galicia de una selvicultura de eucaliptares orientada a la producción de madera de sierra y/o chapa hace que los árboles seleccionados para estos empleos sean un resultado casual; normalmente árboles plantados con una elevada densidad para producir madera de trituración y pasados de turno por distintas razones.

Este artículo presenta los resultados preliminares de un proyecto de investigación orientado a producir madera de sierra y chapa de alta calidad en plantaciones de *Eucalyptus globulus*. Durante el proyecto se han realizado mediciones de diversos parámetros en 900 eucaliptos procedentes de 23 parcelas del norte de Galicia.

Los resultados de las investigaciones confirman que el crecimiento diametral de los eucaliptos está estrechamente vinculado con el tamaño de la copa del árbol individual y que, por sí sola, la poda natural de los árboles no permite producir madera de alta calidad en ciclos cortos.

Sobre la base de modelos de crecimiento del árbol individual, se han desarrollado algunos escenarios orientados a producir madera de calidad con diámetros normales próximos a los 50 cm, en turnos de

20 a 25 años. Para alcanzar este objetivo es indispensable aprovechar el gran potencial de crecimiento en diámetro del eucalipto en la fase juvenil, ofreciendo suficiente espacio vital para el desarrollo de la copa y realizando podas tempranas que limiten la presencia de nudos a un núcleo central de pequeña dimensión.

Dado que el potencial de desarrollo de las copas está limitado por los factores ambientales de la estación es indispensable que este tipo de selvicultura se realice en sitios de calidades I o II según las tablas de producción de Fernández (1985).

Por otro lado, es posible desarrollar opciones que compatibilicen la producción de madera de sierra y chapa con la de trituración, diversificando la producción y permitiendo un retorno económico antes del final de la rotación.

En una segunda fase, el proyecto continúa analizando la calidad de la madera procedente de árboles de rápido crecimiento y los primeros resultados pueden considerarse muy satisfactorios. Otros estudios señalan que los eucaliptos creciendo en condiciones de reducida competencia y con copas simétricas y bien desarrolladas, presentan menores tensiones de crecimiento posibilitando así un mejor aprovechamiento de las trozas durante su procesado.

En este sentido, el desarrollo de una selvicultura orientada a producir madera de calidad puede suponer tanto una importante oportunidad para los pequeños propietarios forestales como un requisito indispensable para mejorar la competitividad de las empresas transformadoras que, en número creciente, aprovechan este recurso en nuevos productos de elevado valor añadido.

### AGRADECIMIENTOS

Queremos expresar nuestro agradecimiento a las personas que nos han ayudado en la realización de este proyecto. Especialmente a José Luís Delgado de "Montes e Proxectos" de A Coruña; a Daniel Villapol de la empresa "Maderas Villapol" de Trabada (Lugo), a Fernando Lorenzo de "Parquets Lorenzo", así como, a los propietarios de montes que nos han cedido acceso y asistencia técnica, especialmente al Dr. D. Manuel Varela de Baio (A Coruña), y al Presidente de la Comunidad de Montes de A Cazolga (Lugo) D. Francisco Prado.

También queremos agradecer la colaboración y las fotografías cedidas por el Dr. Russel Washusen (CSIRO) y Mal Brown de "Scarlet Consulting".

### BIBLIOGRAFÍA

- 📖 DICKINSON, G., LEWY, M., WHITE, P., 2001. Growing eucalypt plantations in southern Queensland: current forestry description and new directions. *Farm Forestry and Local Government ITEM 118*, 381-388.
- 📖 LÓPEZ, F.A., 1985. En: Tablas de producción para los montes españoles. Ed. Madrigal Collazo, A., Álvarez González, J.G., Rodríguez Soalleiro, R., Rojo Alboreca, A., 1999. Fundación Conde del Valle de Salazar.
- 📖 NUTTO, L., TOUZA, M.C., DELGADO, J.L., 2003. Producción de madera de calidad de eucalipto: La poda. *Conocimientos Fundamentales y Técnicas. Revista del Centro de Innovación y Servicios Tecnológicos de la Madera de Galicia 11*, 35-45.
- 📖 PINKARD, E.A., BATTAGLIA, C.L., BEADLE, C.L., SANDS, P.J., 1998. Modelling the effects of physiological responses to green pruning on net biomass productions of *Eucalyptus nitens*. *Tree Physiology 12*, 119-129.
- 📖 PINKARD, E.A., BEADLE, C.L., 1998. Regulation of Photosynthesis in *Eucalyptus nitens* (Deane and Maiden) Maiden following green pruning. *Trees: Structure and Functions 12*, 366-376.
- 📖 TOUZA, M.C., 2001. Proyecto de investigación sobre sistemas de aserrado adecuados para procesar *Eucalyptus globulus* con tensiones de crecimiento. *Revista del Centro de Innovación y Servicios Tecnológicos de la Madera de Galicia 6*, 8-37.
- 📖 WASHUSEN, R., KILE, G., MILLS, R., ROTHERAM, I., 2003. Blue Gum milling trial. *CSIRO Home Page*, 4. 11-6-2003. Electronic Citation.

**Nota:** Esta investigación está financiada mediante una beca de investigación Marie Curie dentro del Programa de la Unión Europea "Quality of Life and Management of Living Resources", contrato nº QLK5-CT-2002-51485.