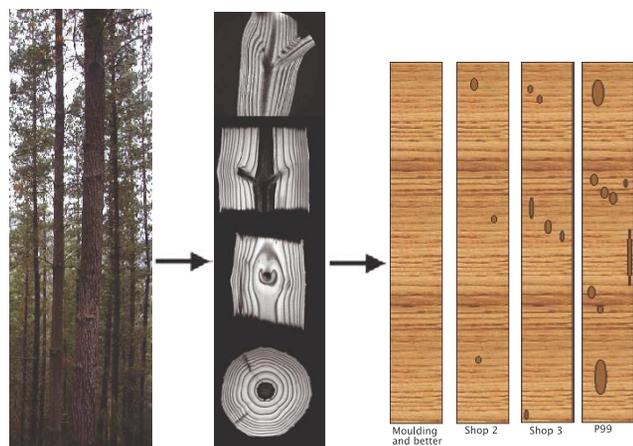


SILVICULTURA E INDUSTRIA FORESTAL

ARQUITECTURA DE COPA Y CALIDAD DE MADERA



IMPORTANCIA DE LA ARQUITECTURA DE LA COPA (PRESENCIA DE RAMAS, POSICIÓN Y TAMAÑO) EN LA CALIDAD DE LA MADERA ASERRADA

Figura 1

La superficie de Pino radiata en el país, de más de 1.400.000 ha y la industria forestal que gira en torno a ella, implican una compleja estructura de toma de decisiones. Aún más, si consideramos que la competencia internacional requiere optimizar la cadena productiva desde el bosque a la industria, para así entregar productos de mejor calidad e incrementar la rentabilidad del negocio forestal.

M. Paulina Fernández Q.
pfernand@puc.cl

En los sectores productivos forestales es necesario entender el recurso forestal y los fenómenos relacionados a su crecimiento y calidad. Profundizar en este ámbito permite al productor valorizar el volumen y la calidad de la madera, mejorando las decisiones de manejo silvícola (preparación de sitio, raleos, podas) a través de la relación costo/beneficio. Por otra parte, al industrial le permite un aumento en la eficiencia en el aserrío o en la producción de chapas, ya que al ingresar al proceso madera calificada en términos de su calidad, es posible una programación del proceso productivo en función del verdadero potencial de la materia prima entrante. Así se amplía la capacidad de acceso a mercados más exigentes, con el consiguiente aumento de la rentabilidad del negocio forestal.

Es por ello que es importante completar la deficiente cadena de información entre el recurso y la industria, permitiendo conocer la calidad y valor de la madera en el bosque, destinando ésta a los procesos productivos adecuados y mejorando su calidad a través de un manejo silvícola bien orientado.

En búsqueda de una solución

A raíz de esto, el año 2002, comenzó el proyecto

Fondef “Simulador de árbol individual de Pino radiata (*Pinus radiata* D. Don): arquitectura de copa y calidad de madera”, que pretende responder al vacío que existe en conectar la calidad del recurso forestal a las necesidades de la industria. Su objetivo es generar una herramienta que permita conocer las leyes biológicas del desarrollo del recurso forestal, a nivel de árbol individual, y la relación de éstas con la calidad de la madera. Se busca proyectar cómo la calidad de madera se ve afectada por el manejo silvícola y el sitio, y simular en su conjunto el desarrollo del árbol y su madera.

El proyecto es ejecutado por Fundación Chile, a través del grupo de trabajo en el Simulador Radiata; la Pontificia Universidad Católica de Chile, a través de investigadores del Departamento de Ciencias Forestales, quienes trabajan en conjunto con investigadores franceses pertenecientes al CIRAD (Centre de Coopération Internationale en Recherche Agronomique pour le Développement) y al INRA (Institut National pour la Recherche Agronomique), específicamente al Laboratorio de Modelación de Plantas AMAP. Se cuenta también con la participación del Centro de Modelamiento Matemático de la Universidad de Chile y las empresas Forestal MININCO S.A. de C.M.P.C., Forestal Bío-Bío S.A., Forestal

Tornagaleones S.A. y la Sociedad Forestal Millalemu S.A., quienes aportan con su patrimonio forestal.

Fundación Chile incorporará los modelos de calidad de madera que se generen en el proyecto, en un simulador a nivel de árbol individual en desarrollo. Los investigadores del Centro de Modelamiento Matemático de la Universidad de Chile trabajan en el análisis y modelación de la recuperación de la rectitud de fuste, cuando éste ha sufrido algún daño. El grupo de la PUC, compuesto por Paulina Fernández, y al cual se ha incorporado recientemente el Profesor Aldo Norero, trabaja en conjunto con los investigadores franceses en el análisis de arquitectura de copa y el efecto del sitio y el manejo sobre la calidad de la madera. La interacción entre personas de diferentes disciplinas (ingenieros forestales, botánicos, estadísticos y matemáticos) ha permitido enriquecer las posibilidades de análisis y soluciones a este complejo problema.

El proyecto ha contemplado el análisis de ensayos ubicados en el patrimonio de las empresas participantes, utilizando parámetros de arquitectura y calidad bajo distintas condiciones; el estudio de la interacción sitio y manejo sobre la calidad de la madera, y la elaboración de recomendaciones de acciones silvícolas adecuadas para un aumento de calidad del patrimonio.

Qué se entiende por calidad de madera

La definición de los parámetros de calidad de madera en el bosque se debe hacer a partir de las necesidades de la industria. Cada proceso productivo presenta exigencias especiales de acuerdo a sus productos y mercados. De los múltiples parámetros que influyen en la calidad de los productos forestales, se le dio prioridad

a la presencia y tamaño de nudos, los largos de internudos y la rectitud de fuste. Las tres primeras variables son fundamentales en la industria de aserrío, ya que las normas internacionales consideran la clasificación de productos utilizándolas, afectando con ello el valor obtenido (ver figura 1). El parámetro rectitud de fuste es fundamental para la producción de madera aserrada y chapas pues incide directamente en el rendimiento de la troza.

Enfoque: arquitectura de copa

La copa del árbol es el motor de su crecimiento, ya que en ella están las hojas, unidades básicas de producción de fotosintatos. Debido a esto, la geometría de la copa afecta la eficiencia para captar la luz y procesarla. La estrategia de cada árbol para distribuir los fotosintatos en los distintos tipos de órganos (tronco, ramas, hojas, raíces) es determinante en la velocidad de crecimiento del árbol y su estructura o "arquitectura".

Por otro lado, la arquitectura de la copa, presenta una

directa relación con la calidad de su madera. Por ejemplo, la distribución, diámetro y posición de los nudos en la madera, es resultado directo de la distribución, posición y tamaño de las ramas, es decir de la arquitectura de la copa.

La estructura de la copa es consecuencia de las características genéticas de cada individuo, de las condiciones ambientales en que éste se desarrolle y del manejo silvícola al que esté sometido. Es por ello que, un conocimiento acabado del efecto de estos factores sobre el árbol y la calidad de la madera, permitiría un manejo orientado a mejorar la calidad, ya sea a través

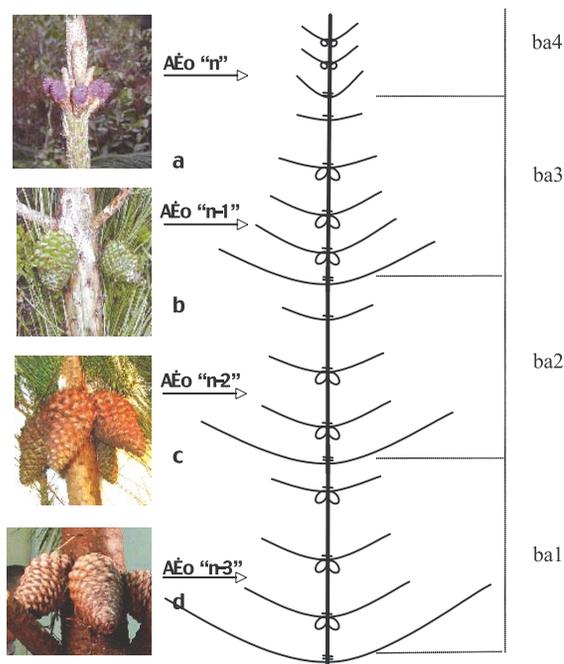


Figura 2

la arquitectura de la

copa, presenta una

La definición de los parámetros de calidad de madera en el bosque se debe hacer a partir de las necesidades de la industria.

Cada proceso productivo presenta exigencias especiales de acuerdo a sus productos y mercados.

de los programas de mejoramiento genético como del manejo silvícola.

Algunos resultados preliminares

La especie es conocida por su capacidad de producir más de una unidad de crecimiento al año (hasta 6 unidades por brote anual), por lo que en términos forestales ha sido llamada una especie multinodal. Cada unidad de crecimiento está compuesta por una elongación del tronco más un conjunto de ramas

de nudos entre dos verticilos) de un tamaño interesante para obtener maderas en categorías de mayor valor en el mercado.

A partir del estudio se ha concluido que la especie desde el momento de la plantación presenta una tendencia creciente en la producción de unidades de crecimiento al año. Entre un sitio bueno y uno de regular condición, la producción promedio de unidades de crecimiento anuales es mayor en el sitio bueno. Dentro de un mismo



Figura 3

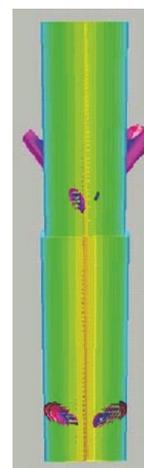


Figura 4

y/o conos, llamado verticilo. Esto significa que la especie es capaz de producir más de un conjunto de ramas al año (ver figura 2). En forma habitual en las empresas forestales, el primer segmento del árbol es podado en etapas tempranas de desarrollo del árbol (a partir de los 4 o 5 años), para evitar los nudos. Sin embargo, sobre esa zona podada existe un volumen de madera utilizable para aserrar. Conviene por tanto que la especie produzca pocas unidades de crecimiento por año y por otra parte largos totales anuales lo más extensos posibles, de manera que deje largos de internudos (zona libre

sitio, es mayor la producción de unidades de crecimiento en rodales con manejo.

Sin embargo, la elongación total anual promedio del árbol es mayor en los sitios buenos, y dentro de cada sitio es mayor en los rodales sin manejo. Esta elongación anual va aumentando sistemáticamente desde el momento de la plantación hasta la floración o el primer raleo y poda, para luego comenzar a bajar. Por lo tanto, la floración o la poda y el raleo, producen una tendencia a menores elongaciones totales anuales, mientras que el árbol mantiene una producción creciente de unidades de crecimiento anuales.

Esta combinación significa que a partir del momento de la primera floración o de la primera intervención de raleo y poda, el largo promedio de la unidad de crecimiento (y por lo tanto del largo de internudo) disminuye, con el consiguiente efecto negativo sobre la calidad de la madera.

Nos encontramos entonces con que especialmente el manejo (poda y raleo) entendido como una herramienta que propende a aumentar la tasa de crecimiento volumétrica del árbol, así como a eliminar las ramas de la primera troza para lograr madera libre de nudos, genera en las trozas superiores un deterioro de la calidad de la madera, al aumentar la cantidad de nudos por metro lineal de madera aserrada.

No es fácil llegar a una solución que rescate lo mejor del manejo tradicional y evite sus efectos negativos. Se está trabajando en recomendaciones a partir de los resultados, y ya hay algunos que podrían ser implementados en las empresas. El efecto de la oportunidad de la primera floración, como momento en que la tasa anual de crecimiento en altura disminuye, así como también el largo promedio de las unidades de crecimiento, podría ser considerado en los procesos de selección de material para mejoramiento genético.

Otros desarrollos paralelos

En paralelo a la investigación del proyecto FONDEF, el equipo de la Católica está desarrollando un modelo ecofisiológico de desarrollo y crecimiento de la especie, que integra las reglas básicas de

organización arquitectural de la copa, de manera de lograr no solo la expresión de crecimiento en términos de biomasa y volumen de madera, sino que también de estructura del árbol. El modelo integra funciones de radiación, balance hídrico y nutricional, fotosíntesis y respiración, y un complejo sistema de distribución de biomasa a partir de las reglas de organización y reparto y alometrías propias de la especie.

Para integrar estas funciones y lograr a su vez una expresión de desarrollo y crecimiento tridimensional de la especie, se utiliza el lenguaje de programación botánica Sistemas de Lindenmayer, especialmente diseñado para modelar tridimensionalmente a entes botánicos. En este momento un modelo estocástico inicial de la estructura arquitectónica de la especie, alimentado por información proveniente de la base de datos ya está terminado. Se le están integrando ahora las funciones ecofisiológicas (ver figura 3). El hecho de que se trabaje tridimensionalmente permite evaluar la calidad de madera a partir de un aserrío virtual de ésta, como se puede observar en la figura 4.

Con esto se están investigando y creando en la Facultad herramientas que permitan evaluar distintas condiciones de sitio y acciones silvícolas, y el efecto de éstas tanto en el crecimiento como en la calidad de la madera de la especie, apoyando la toma de decisiones en el sector forestal.

En paralelo a la investigación del proyecto FONDEF, el equipo de la Católica está desarrollando un modelo ecofisiológico de desarrollo y crecimiento de la especie, que integra las reglas básicas de organización arquitectural de la copa.