

## **ASPECTOS DE INTERÉS TEÓRICO Y APLICADO DEL CICLO DE NUTRIENTES EN BOSQUES Y PLANTACIONES**

**Jorge Luis Frangi**

Laboratorio de Investigación de Sistemas Ecológicos y Ambientales (LISEA), Universidad Nacional de La Plata, diagonal 113 N°469, 1900 La Plata, Buenos Aires, Argentina.

[jfrangi@agro.unlp.edu.ar](mailto:jfrangi@agro.unlp.edu.ar)

Se pretende dar una visión general integrada del ciclaje de nutrientes en sistemas forestales considerando aspectos a escala del árbol y ecosistema que revelan estrategias biológicas y ecosistémicas para la producción en ambientes diferentes, con la pretensión de identificar puntos críticos para el manejo.

Los nutrientes suelen limitar la producción, y el uso de fertilizantes ha permitido aumentarla significativamente. Los nutrientes tienen depósitos diferentes y características que condicionan su disponibilidad y vulnerabilidad; asimismo circulan por vías específicas en ecosistemas y plantas integrando subciclos diferentes. Los árboles (especies, tipos funcionales) - mediante mecanismos fisiológicos, morfológicos y arquitecturales, y su asociación con otros organismos- manifiestan ajuste a distintas condiciones del ambiente (ej. fertilidad de suelos, régimen de temperatura e hídrico). Los ecosistemas muestran a su vez vinculaciones de retroalimentación entre disponibilidad de nutrientes, producción y mineralización. A nivel de ecosistema, plantación y bosque nativo, los distintos compartimientos de la biomasa tienen concentraciones de nutrientes y mineralomasas diferentes; también hay cambios a través del tiempo con la edad del rodal o el tiempo sucesional. Asimismo las vías del balance de agua presentan concentraciones y flujos anuales distintos, dependientes de las interacciones del ambiente físico y biológico. Los subciclos participan en distinta proporción del ciclo total según el tipo de nutriente, y su función en los distintos tejidos y sustancias orgánicas. La eficiencia en el uso de nutrientes permite reconocer el grado de ajuste de las especies y tipos funcionales de árboles. Las tendencias globales de limitación por P y N se han asociado con las temperaturas- regiones latitudinales, la antigüedad de los suelos, y la sucesión; las respuestas vegetacionales de ajuste se expresan a través de relaciones estequiométricas de N:P en distintos compartimientos. En Argentina algunos datos de bosques nativos y plantaciones son consistentes con los modelos generales.

El encuadre a diversa escala identifica rasgos estructurales y funcionales relevantes para el manejo de bosques y plantaciones en distintas regiones. Destaca cuestiones a atender cuidadosamente en la toma de decisiones de manera de desestimar, modificar, reemplazar o controlar el empleo de técnicas de manejo que el estado actual del conocimiento demuestra que afectan significativamente los flujos de agua, la magnitud y distribución de la biomasa y necromasa, los flujos y depósitos de nutrientes a varias escalas, y por ende los factores que sostienen la producción forestal y de ecosistemas del paisaje.

### **Evaluación de flujos hídricos y nutrientes en plantaciones de *Eucalyptus grandis***

**Natalia Tesón**

LISEA -UNLP-; INTA EEA Concordia

[nteson@correo.inta.gov.ar](mailto:nteson@correo.inta.gov.ar)

La circulación del agua y de los nutrientes, asociados con ella en flujos del ciclo geoquímico y biogeoquímico, en las plantaciones forestales depende de las características propias de la plantación (especie, densidad de árboles, área foliar, manejo, etc.) y de las condiciones edáficas y climáticas del lugar. Son de gran importancia debido a que la disponibilidad de agua y nutrientes suelen ser las principales limitantes para el crecimiento y la producción. Asimismo estas particularidades son de interés ambiental ya que las plantaciones forestales pueden cambiar significativamente el balance hídrico, la susceptibilidad a la erosión, la recarga y la disponibilidad de agua para la plantación y los ecosistemas vecinos.

*14<sup>as</sup> Jornadas Técnicas Forestales y Ambientales. Facultad de Ciencias Forestales, UNaM - EEA Montecarlo, INTA. 10, 11 y 12 de Junio de 2010 -Eldorado, Misiones, Argentina*

Se presentan resultados obtenidos en una plantación de *Eucalyptus grandis* de 11-12 años en la localidad de Concordia durante dos períodos anuales, en el cual se evaluó la concentración de nutrientes y la magnitud de los siguientes flujos del ciclo hidrológico: precipitación bruta (PB), trascolación, flujo caulinar, escurrimiento superficial y lixiviación del mantillo, como también algunas conclusiones sobre sistemas similares obtenidas por otros autores.

En el estudio realizado en Concordia la trascolación, el flujo caulinar y el escurrimiento superficial representaron el 84%, el 4,5% y el 6 % de la PB respectivamente. Los egresos gaseosos por evapotranspiración (ETP) fueron levemente inferiores a los ingresos por lluvias en años con valores medios de precipitación; siendo la transpiración el principal componente (a.C. 70 % de la PB). Respecto al escurrimiento superficial el mismo fue menor comparado con pastizales aledaños sugiriendo que los aportes hídricos a los cursos de agua superficiales son inferiores en áreas forestadas.

Las eficiencias de uso del agua (WUE) fueron de 3.1-3.4 kgMS/m<sup>3</sup> y se discuten estos valores en relación a valores de plantaciones de Brasil y Sudáfrica y a los factores que influyen en esas variables.

El cociente ETP/PB =0.97 de las plantaciones de *E. grandis* da lugar a un escaso rendimiento de agua de las plantaciones en años de lluvias promedio. Ese cociente ETP/PB, en relación a lo esperado para la vegetación espontánea indicaría que un incremento sustancial de la proporción de tierras forestadas puede afectar el balance de agua del paisaje que conforman, en especial en años de lluvias escasas, reduciéndose la disponibilidad de agua en suelo, aguas subterráneas y cursos superficiales.

Respecto a los nutrientes en solución, es de destacar que la concentración de nutrientes esenciales en las precipitaciones como asimismo la acidez (pH= 6,4) no indican contaminación atmosférica.

Las concentraciones promedio de la mayor parte de los macronutrientes en los flujos hídricos aéreos se enriquecen en la secuencia, precipitación → trascolación → flujo caulinar; el orden de concentraciones de nutrientes para estos flujos es C>K>Ca>Mg>N>P. Se discuten las posibles causas de los cambios en las concentraciones y masas de nutrientes en los distintos flujos a través del perfil vertical aéreo y subterráneo de la plantación. Asimismo se ha constatado que el C orgánico muestra cambios de concentración como de composición molecular a medida que circula por las vías de agua forestales.

## **ASPECTOS DE LA NUTRICIÓN EN PLANTACIONES DE *EUCALYPTUS GRANDIS* EN SITIOS DE LA PROVINCIA DE ENTRE RÍOS.**

**Juan F Goya.**

Laboratorio de Investigación de Sistemas Ecológicos y Ambientales (LISEA). Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales (UNLP). Diag. 113 N° 469 (1900) La Plata, Bs.As.

jgoya@agro.unlp.edu.ar

Los estudios de nutrición y la incidencia de las plantaciones comerciales sobre la capacidad productiva de los suelos constituyen aspectos relevantes en términos de la sostenibilidad en el marco de un manejo forestal continuo. Las plantaciones de *E. grandis* se caracterizan por su rápido crecimiento y por su alta acumulación de nutrientes. En determinadas condiciones de manejo, el mantenimiento de una productividad ecológicamente sustentable puede afectar negativamente los indicadores financieros. En consecuencia, la implementación de prácticas de silvicultura sostenible requiere conocer el funcionamiento del sistema suelo-plantación para encontrar alternativas que satisfagan criterios financieros y ecológicos.

Para el desarrollo de tales alternativas se necesitan determinar aspectos cuantitativos del ciclo de nutrientes como las tasas de absorción de minerales, sus valores de almacenamiento en diferentes

tejidos vegetales, los flujos de retorno al suelo a través de la caída de hojarasca, su descomposición y la eficiencia en el uso de los nutrientes.

En esta presentación se expondrán los resultados obtenidos sobre los patrones de distribución de nutrientes en los compartimentos de la biomasa aérea y del suelo, como también sus flujos asociados con la materia orgánica, en diferentes edades de plantaciones de *E. grandis*. Los valores de biomasa aérea total entre edades de 3 a 14 años en suelos arenosos van de 32 a 172 Mg. ha<sup>-1</sup>, productividad de 17 a 23 Mg. ha<sup>-1</sup>año<sup>-1</sup> con mineralomasas de 150 a 250 kg. ha<sup>-1</sup> de N y 12 a 47 kg.ha<sup>-1</sup> de P. Asimismo los requerimientos en estas edades van de 185 a 76 kg. ha<sup>-1</sup>año<sup>-1</sup> y de aproximadamente 8 kg.ha<sup>-1</sup>año<sup>-1</sup>, para N y P respectivamente.

Existe una importante variación en los contenidos de nutrientes para diferentes edades como así también en los valores de eficiencia en el uso de los nutrientes. Estos resultados dan pautas acerca del posible impacto de las prácticas silviculturales. Puede destacarse que estas plantaciones poseen buenos mecanismos de recuperación de nutrientes a través de la retraslocación, siendo más marcado en el caso del P. Entre distintos tipos de suelo la absorción anual de N aumenta en relación con el aumento de la productividad; en cambio la de P fue menor en los suelos arenosos y esto estaría asociado con una mayor eficiencia en estos suelos. El mayor consumo de P en el suelo arcilloso por el contrario se asoció con la menor productividad, y por ende, con una menor eficiencia en el uso del mismo comparado con las plantaciones en suelo mestizo y arenoso.

## **NUTRIENTES EN PLANTACIONES DE ÁLAMOS EN SISTEMAS ENDICADOS EN EL DELTA DEL PARANÁ**

**Darío Ceballos- Manuel García Cortés- Ezequiel Fernández Tschieder Javier Álvarez**

INTA Delta del Paraná. Paraná de las Palmas y Canal L. comas, Campana, Pcia de Buenos Aires.  
CC14 (CP2804).

dceballos@correo.inta.gov.ar

El Delta del río Paraná históricamente representó una región forestal importante para la producción de salicáceas (*Populus spp.* y *Sáliz spp.*), sin embargo diversos factores (inundaciones, bajos precios de la madera, entre otros) incidieron para que la superficie forestada disminuyera de aproximadamente 100.000 ha en la década del 80 a las actuales 65.000 ha. A pesar de ello, a nivel local y regional la actividad forestal representa el sustento de pequeños y medianos productores que abastecen tanto a la industria del papel y del aserrado.

Por estas razones, los sistemas productivos continuaron perfeccionándose, por ejemplo, a través de mayores superficies protegidas de las inundaciones con obras más seguras (diques), menores densidades de plantación para la producción de madera de mejor calidad, entre otros.

En este escenario y ante la riqueza ambiental que representa el Delta como mosaico de humedales, se estimaron los niveles de extracción de N y P e índices de utilización de nutrientes en plantaciones de *Populus deltoides* clon 'Australia 129/60' cercanas al turno (15 años de edad media) protegidas por diques y con drenaje interno. Las estimaciones indican que en todo el sistema se almacenaron 1007 ± 185 kg ha<sup>-1</sup> de N y 54 ± 5,8 kg ha<sup>-1</sup> de P, siendo la biomasa aérea el principal compartimento de almacenamiento para ambos nutrientes (55% de N y 57% de P) seguido por las raíces (24% de N y 29% de P) y el mantillo (21% de N y 14% de P).

Al finalizar el ciclo forestal se exportarán del sistema 359 ± 57 kg ha<sup>-1</sup> de N y 18 ± 3 kg ha<sup>-1</sup> de P en la madera del fuste, representando, 36% del N y 33% del P almacenado en todo el sistema. Por otro lado, al vincular los niveles de extracción de P con el P total que contiene el suelo hasta los 0,5 m de profundidad, se determinó que los suelos destinados a la producción de álamos en el Bajo Delta del Paraná pueden soportar la demanda de P de 11,5 ciclos forestales con esta especie. Sin embargo, la relación N:P en hojas (18) indica limitaciones de P; este último índice refleja la interacción entre ambos nutrientes sugiriendo un desbalance entre ambos que también se reflejó en el suelo, donde el contenido de N total supera al P total en 6 veces.

## **NUTRIENTES EN PLANTACIONES DE *Araucaria angustifolia***

**Roberto Fernández**

Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. EEA. Montecarlo. Av. El Libertador 2472 (3384).  
Montecarlo, Misiones, Argentina. Facultad de Ciencias Forestales. UNaM.

rfernandez@montecarlo.inta.gov.ar

Una de las premisas básicas para el uso sustentable de los suelos afectados a la producción vegetal es la oferta de nutrientes en el largo plazo. En tal sentido, la determinación del ciclo y balance de nutrientes en rodales comerciales representa una información clave a efectos de estimar los posibles impactos de las prácticas silviculturales sobre la productividad forestal y de la calidad del suelo.

El patrón de alocaación del carbono y el de acumulación de nutrientes en los diferentes compartimientos de la biomasa varían a lo largo del ciclo de vida de un rodal.

Estudios realizados en plantaciones de *Araucaria angustifolia*, única especie nativa incorporada a programas comerciales, permitieron estimar las variaciones ocurridas en la distribución de la biomasa aérea total y en la concentración y el contenido del N y el P en función de la edad; y el cálculo de costo nutritivo para rotaciones de 20, 30 y 40 años.

A partir de estos datos, y mediante la utilización de índices, fue posible simular el impacto sobre el contenido de nutrientes en el sistema que puede representar la aplicación de diferentes escenarios de cosecha, en función de los productos a extraer del sitio. De similar forma, se comparó el efecto diferencial de la decisión de aplicar la quema o simplemente mantener los residuos de cosecha, en oportunidad de preparar el terreno para la siguiente rotación.

## **NUTRIENTES EN PLANTACIONES DE *Pinus taeda***

**Rodolfo Martiarena**

Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. EEA. Montecarlo. Av. El Libertador 2472 (3384).  
Montecarlo, Misiones, Argentina.

ramartiarena@montecarlo.inta.gov.ar

## **RESUMEN**

El stock y dinámica de nutrientes, en sistemas forestales cultivados pueden ser afectados por la aplicación de prácticas silviculturales de establecimiento, conducción y cosecha y, por la intensidad y modalidad de aplicación de las mismas.

El seguimiento de ensayos de intensidad de raleo, la simulación de modalidades de cosecha y la evaluación de ensayos de preparación de terreno, en *Pinus taeda* en Misiones, muestra que la compartimentalización de N y P pueden ser modificados al final del turno de rotación y que ambos tienen importancia relativa diferente en esta región subtropical. La estimación de contenidos en los estratos del sistema forestal (estrato arbóreo, arbustivo, herbáceo, piso forestal y suelo), muestra la importancia relativa que tienen los compartimientos vegetales en la acumulación de P, mientras que el N tiene su principal reservorio en el suelo. La intensidad de raleo aplicada sobre la plantación a lo largo del turno de rotación muestra que la acumulación de biomasa es diferente, lo cual no se manifiesta en la concentración de nutrientes, por lo que la acumulación total de éstos es afectada por la densidad final de la plantación.

La utilización o eliminación de los compartimientos de la copa (ramas y hojas), ya sea realizando cosecha de árbol entero o eliminando los residuos durante la preparación de terreno, podría afectar la reserva de P para la próxima rotación, mientras que el contenido de N remanente sería suficiente

*14<sup>as</sup> Jornadas Técnicas Forestales y Ambientales. Facultad de Ciencias Forestales, UNaM - EEA Montecarlo, INTA.  
10, 11 y 12 de Junio de 2010 -Eldorado, Misiones, Argentina*

para varias rotaciones, más allá de la importante magnitud de pérdida. El N total del sistema continúa perdiéndose luego de 24 meses de instalada la nueva plantación, pérdidas ocasionadas por la prácticas aplicadas durante la cosecha y el establecimiento. El P total del sistema, considerando el P disponible del suelo, también registra pérdida, aun habiendo transcurrido 24 meses desde el establecimiento.

# INTEGRACIÓN ENTRE LA INGENIERIA FORESTAL Y LA INGENIERIA CIVIL

Guillaumet A.A.<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Ing. en Construcciones. Especialista en Ingeniería Gerencial. Profesor Titular y Director de proyectos en madera de uso estructural. Universidad Tecnológica Nacional, F. R. Venado Tuerto - H. Irigoyen 1133 (2600) Venado Tuerto – [aaguillaumet@rec.utn.edu.ar](mailto:aaguillaumet@rec.utn.edu.ar)

## Resumen

En nuestro país la utilización de la madera en la construcción posee variadas aplicaciones: fabricación de aberturas y muebles, revestimientos, pisos, ejecución de estructuras portantes para cubiertas y entrepisos, cielorrasos y solo en casos muy contados en cerramientos verticales. Solo en algunos puntos del país se construyen casas íntegramente de madera, representando la superficie construida con este material un porcentaje muy bajo respecto de los metros cubiertos totales edificados.

Para la construcción de viviendas totalmente ejecutadas en madera se presentan dos realidades, construcciones con excelentes detalles de terminación y calidad en algunas zonas turísticas y el contrapunto de una mala calidad en otras zonas. A esta realidad se le suma una preferencia cultural por las paredes de ladrillo y en muchos casos por cubiertas de hormigón

Para la utilización en elementos estructurales, la tradición es utilizar madera dura de especies provenientes de bosques nativos, fundamentando tal decisión en experiencias previas que avalan un comportamiento mecánico y durabilidad excelentes. La necesidad de preservar superficie de bosques nativos y la protección que rige sobre algunas especies, nos lleva a pensar en la utilización de madera proveniente de bosques implantados.

Las especies de reforestación poseen buenos valores de propiedades resistentes, pero todavía existen muchas imprecisiones e incertezas sobre las mismas. La normativa IRAM para determinar propiedades mecánicas de la madera para uso estructural, se basa en determinaciones realizadas en probetas libres de defectos. En nuestro país, los ensayos para determinar las propiedades mecánicas de piezas estructurales de madera de especies reforestadas con defectos, corresponden fundamentalmente a investigaciones realizadas en los últimos años mediante ensayos realizados de acuerdo Normas Europeas. Estos trabajos han generado la Norma IRAM 9670 de clasificación en grados de resistencia para la madera aserrada de pinos resinosos (*Pino elliotti* y *Pino taeda*) del noreste argentino mediante una evaluación visual y las Normas IRAM 9662-1/2/3 de clasificación de tablas (*Araucaria angustifolia*, *Pino elliotti* y *Eucalyptus grandis*) para la fabricación de vigas laminadas.

La utilización de vigas de madera laminada encolada estructural ha comenzado a ocupar una buena parte del mercado en la ejecución de cubiertas, pero la falta de control sobre los productos que se comercializan permite que coexistan en el mercado elementos de excelente calidad y otros con importantes problemas de fabricación. Las recientemente

*14<sup>as</sup> Jornadas Técnicas Forestales y Ambientales. Facultad de Ciencias Forestales, UNaM - EEA Montecarlo, INTA. 10, 11 y 12 de Junio de 2010 -Eldorado, Misiones, Argentina*

aprobadas Normas IRAM 9600/1/2 y 9661 comienzan a marcar un camino hacia un producto de calidad, pero no con la velocidad de puesta en práctica deseada.

En la construcción de obras con luces importantes entre apoyos la estructura metálica sigue siendo la preferida por profesionales y propietarios, no se puede aconsejar utilizar no se conoce.

La madera como material de origen vegetal, nos presenta interesantes ventajas: aspecto agradable, importantes propiedades resistentes en relación a peso, buena resistencia al fuego, no presenta residuos perdurables en el tiempo o tóxicos y una razonable durabilidad de acuerdo a las condiciones de uso, entre otros.

Este panorama resulta muy conocido por los profesionales, que de una u otra manera nos relacionamos con la madera como material de construcción o con las estructuras de madera.

Esta breve introducción nos lleva a la preguntarnos ¿Porqué siendo la madera un material con importantes ventajas, no es utilizado más ampliamente en la construcción en un país con una fantástica riqueza forestal?

La respuesta más simple a esta pregunta es porque no tenemos tradición en la construcción con madera como existe en otros países. Esta respuesta es correcta, pero se puede profundizar un poco más su análisis.

El proyecto y la ejecución de las construcciones está a cargos de Ingenieros Civiles y Arquitectos, por lo que se impone analizar los diseños curriculares con que se forman en Argentina estos profesionales.

En los diseños curriculares de ingeniería civil nos encontramos que al estudiar los materiales estructurales se dedican la mayor parte de la horas al acero y el hormigón, mientras que para el resto de los materiales de construcción se le dedica un número muy inferior de horas y en caso particular de la madera el tema es dictado habitualmente por un profesional con una muy fuerte formación en los otros materiales pasando, en general, el conocimiento de la madera a un segundo plano. Este desconocimiento sobre las propiedades de un material orgánico, no isotrópico y fuertemente higroscópico genera enormes dudas para su utilización, por ello en muchos casos se opta por otros materiales.

Por otra parte al analizar las asignaturas de tecnología de la construcción nos encontramos que solo hay una breve referencia a la construcción de cubiertas con estructuras de madera, pero rara vez se contemplan las técnicas para la construcción de una vivienda ejecutada 100 % en madera.

En cuanto al cálculo de estructuras observamos diversas asignaturas dedicadas al hormigón armado y en general una sola asignatura que en contiene el cálculo de estructuras metálicas y de madera, donde la parte metálica consume la casi totalidad del tiempo. Para completar esta situación nuestro país posee reglamentos para el diseño y cálculo de estructuras de hormigón y acero, pero no para estructuras de madera, y solo existen en algunas ciudades códigos que rigen estas construcciones.

Este déficit en la formación del Ingeniero Civil lo orienta naturalmente a utilizar materiales con los que siente más seguro, por ello se limita a la utilización de madera solo en estructuras de cubiertas y en general con madera dura de bosques nativos. La irrupción en el mercado de las vigas laminadas con calidades diversas, el desconocimiento de sus propiedades y las condiciones de uso para las que estaban diseñadas llevó a cometer muchos errores desprestigiando un material sumamente apto. Con la utilización de tableros se dio un fenómeno similar. A estas consideraciones le debemos sumar la durabilidad y preservación en función de las condiciones de uso.

Para completar esta realidad de formación, es muy difícil encontrar posgrados (maestrías y doctorados) que permitan a los profesionales de la construcción profundizar sus estudios sobre la madera como material de construcción o sobre las estructuras de madera; nuevamente la oferta se centra en el acero y el hormigón. Si es posible encontrar en el ámbito de las Facultades de Ciencias Forestales oferta de posgrados diseñados principalmente para Ingenieros Forestales.

Actualmente se está trabajando en la redacción de nuevas Normas IRAM que establezcan una metodología para realizar ensayos de piezas con defectos y permitan sentar las bases para una clasificación resistente. Simultáneamente se está trabajando en el ámbito del CIRSOC para terminar durante el presente año un proyecto de Reglamento Argentino de Estructuras de Madera.

La redacción del Reglamento Estructuras de Madera se encuentra con un escollo difícil de sortear y es la falta de información confiable y comparable que permita una caracterización completa de la madera aserrada, vigas laminadas y productos madereros. Solo a modo de ejemplo, podemos mencionar las tensiones características a flexión, tracción, compresión y corte; los módulos resistentes para cada uno de esos esfuerzos, propuestas de clasificación en clases resistentes, el comportamiento de las uniones, el comportamiento a compresión de piezas esbeltas, la durabilidad natural y conferida bajo determinadas condiciones de uso, la dureza, la resistencia al arrancamiento de clavos y tornillos, la densidad y los coeficientes de contracción e hinchamiento, entre otras.

Es común encontrar en los congresos forestales gran parte de los trabajos voluntarios presentados orientados a silvicultura, manejo forestal, genética, producción, economía, industrialización de la madera, políticas forestales, etc., y menos de caracterización físico mecánica de la madera. Para complicar más la situación ante la falta de una Normativa Argentina actualizada se presentan trabajos con procedimientos experimentales realizados bajo distintas normas.

Por otro lado en los congresos estructurales nacionales, la inmensa mayoría de los trabajos corresponden a estructuras de hormigón o acero, siendo muy pocos los relacionados a estructuras de madera.

Como causa principal de esta situación se puede presentar la falta de integración entre la ingeniería forestal y los profesionales de la construcción. Resulta muy difícil utilizar un material que no se conoce. Lo más común es encontrar los grupos de investigación formados por profesionales de una misma o similar disciplina, lo que conduce a visiones parciales.

La Universidad Tecnológica Nacional inicia la investigación en la temática en el año 1995 en la Facultad Regional Concepción del Uruguay y a partir del año 2005 crea el proyecto PROCLAMAD en el que participan 5 facultades con proyectos organizados por región. En todos los casos se trata de trabajar integrados con productores, aserraderos, Facultades Forestales, INTA y toda institución que permita un crecimiento mutuo. Se participa con publicaciones en eventos forestales y estructurales de acuerdo a la especificidad del trabajo. A pesar de este desarrollo no ha sido posible incorporar más horas dedicadas a la especialidad en los diseños curriculares de Ingeniería Civil.

Para incentivar la utilización de la madera en la construcción se debería trabajar impulsando las siguientes acciones:

- 1- Generar una biblioteca electrónica que contenga las publicaciones relacionadas con la temática facilitando el acceso a los investigadores y profesionales a las mismas.
- 2- Incrementar la actividad de los grupos de investigación en cuanto a la caracterización de las especies y productos derivados con el objetivo de uso en la Industria de la Construcción.
- 3- Conformar equipos interdisciplinarios que permitan una interacción de puntos de vista complementarios.
- 4- Actualizar las Normas de ensayo de acuerdo a los avances realizados en esa materia en los países con mayor desarrollo y tradición en la construcción con madera.
- 5- Trabajar en la modificación de los diseños curriculares de ingeniería para que la construcción con madera ocupe un lugar con mayor dedicación horaria.
- 6- Organizar la oferta de posgrados de manera tal que se cuente con el programa de todos los cursos que se dictan el país para poder desarrollarlos en distintas regiones, facilitando el acceso a los mismos por parte de los docentes universitarios y profesionales de la construcción.

## **MAESTRIA EN CIENCIAS FORESTALES**

### **MODULO: MEDICIONES FORESTALES**

DOCENTE: Ramón Alejandro Friedl

Eldorado, 28-07/2010

#### **NUCLEOS TEMATICOS DEL MODULO SEGÚN EL PLAN DE ESTUDIOS:**

Tablas de volumen. Modelos matemáticos usados para su construcción. Prueba de confiabilidad. Estudio de relaciones dendrométricas importantes en el campo forestal. Distribuciones diamétricas para diversos tipos forestales. Forma del árbol. Modelos de conicidad. Índice de sitio. Anamorfismo y polimorfismo. Métodos de construcción: Modelos empíricos, modelos biológicos, modelos compatibles. Leyes de crecimiento. Construcción de tablas de producción.

#### **PROGRAMA ANALITICO TENTATIVO**

##### **1.- PRINCIPIOS GENERALES DE LAS MEDICIONES FORESTALES**

Qué es medir?

Para qué medir?

Los objetos físicos de las mediciones forestales.

Sesgo, precisión y exactitud.

Tipos de mediciones.

Medición de diámetros y circunferencias.

Medición de alturas.

Valores medios de diámetros y alturas.

Determinaciones de áreas basales y volúmenes.

##### **2.- TABLAS DE VOLUMENES**

Qué es una tabla de volumen ?

Cómo se clasifican las tablas de volúmenes ?

Información que debe acompañar a una tabla de volúmenes.

Proceso de construcción de una tabla de volúmenes.

Modelos empleados en el ajuste.

Evaluación de la precisión y la exactitud en una tabla de volúmenes.

Usos.

Análisis de caso.

##### **3.- FORMA DE LOS FUSTES Y FUNCIONES DE FORMA**

Medidas de la forma de los árboles.

Qué es una función de forma o de ahusamiento ?

Cómo se obtiene una función para un árbol o muestra de árboles ?

Qué información debe acompañar a una función de forma ?

Proceso de ajuste de una función de forma.

Modelos empleados.

Funciones de forma compatibles con ecuaciones de volúmenes.

Usos de las funciones de forma.

Estudio de caso.

#### 4. RELACIONES HIPSOMETRICAS

Qué es una relación hipsométrica ?

Proceso de construcción.

Modelos empleados.

Comportamiento a través del tiempo.

Relaciones hipsométricas parametrizadas

Usos.

Estudio de caso.

#### 5. DISTRIBUCIONES DIAMETRICAS

Qué es una distribución diamétrica ?

Formas típicas en masas arbóreas coetáneas y disetáneas.

Proceso de construcción.

Modelos empleados en ambos tipos de masas.

La dinámica de las distribuciones.

Estudio de caso.

#### 6. SITIO

Qué es sitio, calidad de sitio, índice de sitio, clase de sitio ?

Qué factores determinan la calidad de sitio ?

Métodos directos e indirectos para determinar la calidad de sitio de un local.

El método de la curva guía, ejemplo.

Estudio de caso.

#### 7. DENSIDAD

Qué es la densidad y el stock ?

Medidas absolutas y relativas de la densidad.

Indíces de densidad.

Manejo de la densidad.

Efectos de la densidad sobre el crecimiento de las masas arbóreas.

Estudio de caso.

## 8. CRECIMIENTO Y PRODUCCION

Definición de producción y crecimiento.

Relaciones con conceptos de la física y la matemática.

Incremento periódico, periódico anual, corriente anual y medio anual.

Cómo obtener datos para estudiar el crecimiento de un árbol y de una masa arbórea.

Curvas de producción y crecimiento. Modelos empleados.

Análisis de caso.

## 9. MODELOS DE PRODUCCION Y CRECIMIENTO

Definiciones y relaciones.

Formas de presentación.

Clasificación.

Fuentes de Información.

Proceso de construcción.

Usos.

Ejemplos.

Estudio de caso.

10. SEMINARIOS SOBRE TEMAS DEL MODULOS (Trabajos publicados, Temas de Interés, Trabajos realizados).

### **Modalidad de Dictado**

Presentaciones a cargo del docente.

Estudio de casos.

Análisis de Trabajos relacionados.

Resolución de trabajos prácticos.

Seminarios a cargo de grupos de alumnos.

### **Requisitos de Aprobación**

Asistencia 80 %.

Presentación de Carpeta de Ejercicios.

Presentación de Seminario Final.

Evaluación final a libro abierto sobre la Teoría.

### **Curriculum Resumido del Docente**

Ramón Alejandro Friedl. Argentino, 53 años. Agrónomo Forestal. Ingeniero Forestal. M. Sc. en Manejo Forestal y Candidato al Doctorado en la “Escola de Florestas” UFPR (Curitiba, Brasil). Profesor Titular de Dasometría de la Facultad de Ciencias Forestales de la Universidad Nacional de Misiones. Ex - Jefe del Área Planificación Forestal de la Empresa Alto Paraná S.A. Secretario de Ciencia, Técnica y Posgrado de la Facultad

## Domesticación de especies forestales nativas: el caso del Algarrobo

Aníbal Verga, IFFIVE – INTA

La domesticación puede definirse como un proceso de creación de un recurso biológico, desarrollado a partir de una “especie silvestre” y destinado a satisfacer requerimientos humanos. Esto implica la manipulación del recurso genético de una especie, asociándolo a un desarrollo tecnológico específico, para orientarlo a satisfacer un fin determinado (*uso*).

Las especies forestales nativas, además de poder constituirse en un medio para la obtención de productos para el mercado, son en su ambiente natural, al mismo tiempo, parte estructural fundamental de importantes ecosistemas. Frente al cambio climático global y al impacto de la actividad humana en general, se debe extender entonces el concepto tradicional de uso de estas especies (normalmente asociado únicamente a la producción de bienes), hacia la generación de servicios ambientales.

El proceso de domesticación debe tener en cuenta estos dos usos de la especie forestal nativa. Para poder alcanzar estos objetivos se requiere de un tercer elemento: El mantenimiento de la diversidad necesaria, tanto para garantizar la sustentabilidad de los sistemas productivos que tengan como destino la producción de bienes para el mercado, como para el mantenimiento de sus servicios ambientales. En el contexto del cambio climático, el mantenimiento de la diversidad a través de un manejo que potencie los mecanismos evolutivos propios de la especie, aparece como la principal herramienta para garantizar el uso de la especie a largo plazo.

En este contexto podemos definir en forma esquemática qué tipo de poblaciones o materiales, (que denominamos *unidades de domesticación*) deberíamos construir a partir de la especie silvestre:

- 1) **Colectivos productivos.** Conjunto de poblaciones destinadas a la producción de bienes para el uso en el marco de sistemas productivos. Se pueden asociar a aquellas que integran los programas de mejoramiento forestal tradicional.
- 2) **Poblaciones base de los colectivos productivos.** Poblaciones con mayor nivel de diversidad que los colectivos productivos, pero con un grado de mejoramiento sobre caracteres de interés económico. Por ejemplo: poblaciones de “infusión”, según el término en mejoramiento forestal.
- 3) **Poblaciones de sostén de la especie.** Poblaciones destinadas a potenciar las posibilidades evolutivas de la adaptación a largo plazo de la especie. Se pueden asociar a aquellas que integren un programa de producción de materiales dirigidos al enriquecimiento de las poblaciones estructurales.
- 4) **Poblaciones estructurales.** Se trata del resto de las poblaciones de la especie domesticada, espontáneas o no, que integran ecosistemas más complejos que los productivos y cuyo principal destino es el no relacionado con productos para el mercado (la recuperación ecosistémica, el mantenimiento de la biodiversidad, la captura de carbono, la protección de cuencas, la regulación del ciclo del agua, el reciclado de nutrientes del suelo, la mejora paisajística, etc.)

El mejoramiento forestal dirigido a la creación de colectivos productivos se basa principalmente en la manipulación del recurso genético de la especie guiando su evolución hacia una especialización para la producción de bienes, cuya productividad depende del grado de artificialización y subsidios en el sistema productivo del que forman parte. Por el contrario, para garantizar el mantenimiento de poblaciones estructurales que cumplan con servicios ambientales, el foco se debe centrar en la adaptación al ambiente y al ecosistema, al mantenimiento de la diversidad y a la autopropagación. No existe contradicción entre ambos caminos. El mantenimiento de los colectivos productivos a largo plazo depende del reservorio de diversidad que puedan contener las poblaciones estructurales.

Además de la creación de estos materiales, la domesticación de especies forestales nativas debe contemplar también el desarrollo tecnológico necesario para su aplicación. Debe resolver la producción de materiales de propagación, las técnicas de plantación y el manejo silvícola. También se hace necesario el conocimiento sobre los sitios de aplicación de los materiales según su destino. Qué sitios son los adecuados para la producción de bienes con mayor eficiencia y económicamente viable. En qué sitios sería conveniente la instalación de la especie para que cumpla determinado servicio ambiental y en esos casos, qué alternativa productiva puede combinarse sin detrimento de su principal destino. En qué ecosistemas se justificaría la introducción de nuevos materiales de la especie para aumentar la estabilidad y recuperar a mediano o largo plazo su capacidad productiva y efecto ambiental, etc.

Tanto para la creación de las unidades de domesticación como para el desarrollo tecnológico para el uso de la especie y para la determinación de los sitios de aplicación deben confluir diversas disciplinas como la silvicultura, la genética, la ecofisiología y la ecología, apoyadas por herramientas como la biología molecular, la taxonomía, los sistemas de información geográficos y bases de datos, la estadística, etc. Para transformar este desarrollo tecnológico en un desarrollo forestal que se incluya en las actividades productivas y ambientales de una región determinada, donde la especie en cuestión puede jugar un papel importante, se debe incluir a la sociología, la antropología, la geografía y la economía como disciplinas necesarias para este desarrollo.

Evidentemente esta no es tarea de un grupo de investigación determinado ni el horizonte temporal se puede restringir al de un proyecto, sino que estamos hablando de una construcción social de largo plazo. En los albores de la historia la domesticación de especies agrícolas influyó en forma decisiva sobre el origen de la civilización humana. El actual cambio de paradigma sobre la relación del hombre con la naturaleza debe obligar a una reflexión profunda sobre cómo adecuar este importante proceso a la nueva realidad.

En el 2006 el INTA incorporó como actividad de su Programa Nacional Forestal la domesticación de especies forestales nativas a través de tres proyectos integrados entre sí, dirigidos a las principales áreas forestales del país: Los Bosques Andino Patagónicos, las Yungas y Selva Paranaense y el Parque chaqueño. A fin de concentrar los esfuerzos se identificaron en principio tres grupos de especies de importancia como objeto de trabajo, por sus características forestales como productores de madera de calidad. Las fagáceas del sur, los cedros y los algarrobos respectivamente. Los tres grupos constituyen además especies forestales emblemáticas en cada una de sus regiones.

En los tres casos estos proyectos buscan capitalizar los antecedentes y experiencias de trabajos previos, la formación de grupos de trabajo interdisciplinarios, el apoyo y la coordinación con otros grupos de investigación, el intercambio con organismos oficiales involucrados en la actividad forestal, la construcción de los materiales y conocimientos básicos y el desarrollo de metodologías de trabajo específicas para la resolución de los problemas que plantea el proceso de domesticación.

El proyecto en el Parque chaqueño centró sus esfuerzos en principio hacia el algarrobo blanco (*Prosopis alba*), teniendo en cuenta para la comprensión de sus procesos evolutivos las especies afines *Prosopis nigra*, *P. ruscifolia* y *P. hassleri*. También para estudios ecofisiológicos se utilizaron materiales desarrollados en proyectos anteriores de *P. chilensis* y *P. flexuosa* del Chaco árido. Recientemente se incorpora como especie central también *P. hassleri* que aparece como una alternativa interesante para el norte de la región.

Se completó un material base de *Prosopis alba* de unas 500 familias procedentes de árboles semilleros distribuidos en toda su área de dispersión en Argentina. Este material fue caracterizado morfológica y genéticamente. Se instalaron 5 ensayos de progenies donde están representadas unas 200 familias seleccionadas por uniformidad eliminándose en lo posible material híbrido con especies afines.

A partir de la caracterización del material recolectado se ha podido comprobar la existencia de dos subespecies de *Prosopis alba*, que estamos denominando Algarrobo blanco santiagueño y chaqueño. Ambas subespecies tienen diferencias morfológicas lo suficientemente amplias

como para permitir su identificación clara. También el grado de diferencia genética se corresponde con el nivel de subespecie. Actualmente estamos comprobando también importantes diferencias a nivel adaptativo frente al estrés hídrico.

Del estudio de la distribución de ambas subespecies respecto de clima y suelo surgen los primeros conocimientos sobre sus características adaptativas. Actualmente estamos iniciando un estudio más detallado dirigido a la determinación de calidad de sitio a fin de establecer el área potencial de cultivo con fines maderables de la especie.

A través de estudios taxonómicos y genéticos hemos establecido una metodología de trabajo para determinar normas de manejo para transformar algarrobales nativos en rodales semilleros productores de material de propagación de características más uniformes. Estos materiales permitirán además una ganancia genética mayor cuando se aplique selección sobre sus descendencias. Sobre esta base se está intentando acordar con el INASE normas para la certificación de semilla de algarrobo y promover el uso de este tipo de materiales, reemplazando el utilizado actualmente que presenta gran desuniformidad trayendo a las plantaciones forestales múltiples problemas.

Hemos identificado unos 10 sitios para la formación de estos rodales semilleros y nos encontramos abocados a la tarea de su caracterización y dictado de normas de manejo para su puesta en marcha como productores de semilla certificada, como así también a la instalación de una red de ensayos para evaluar los distintos orígenes.

Se ha puesto a punto la propagación agámica a partir de estacas de plantas jóvenes con el objeto de incorporar esta herramienta al programa de mejoramiento para la creación de los "colectivos productivos".

También se han iniciado estudios de densidad de plantación, prácticas de poda y raleo como aporte para establecer normas de manejo en plantaciones destinadas a la producción de madera. Actualmente se está diseñando un ensayo en tres viveros para establecer sistemas de producción de plantines más eficientes.

En resumen, considerando el esquema presentado al principio de esta charla, se ha estado avanzando principalmente en la creación de los colectivos productivos y de la población base al tiempo de ir sentando bases para el desarrollo tecnológico de la producción de materiales de producción y manejo, tratando de dar respuesta al problema inmediato del cultivo con fines productivos para iniciar un proceso de sustitución de la explotación de madera de algarrobo proveniente del bosque nativo. Sobre la conformación de poblaciones sostenibles y estructurales se avanzó en la generación de conocimientos básicos sobre los principales procesos evolutivos del complejo algarrobo a través de estudios de la distribución de la variación genética y análisis más detallados sobre enjambres híbridos, donde interaccionan especies afines e híbridos interespecíficos. La perspectiva es profundizar estos conocimientos lo suficiente como para poder encarar actividades concretas de manejo sobre determinadas poblaciones naturales de características particulares, para la creación de centros de diversidad de la especie (poblaciones sostenibles) como estrategia para su conservación "dinámica" a largo plazo.

Las características del algarrobo como especie de uso múltiple también implica la necesidad de un desarrollo tecnológico múltiple, según el destino de su cultivo. Tanto materiales como prácticas de manejo deberán desarrollarse según se trate de producción de madera, sistemas silvopastoriles o recuperación ecosistémica o una combinación de ellos, por lo que la tarea por delante es por supuesto aún vasta.