

# INVESTIGACIÓN FORESTAL 2011 · 2015

## Los Proyectos de Investigación Aplicada







**INVESTIGACIÓN FORESTAL 2011 · 2015**  
**Los Proyectos de Investigación Aplicada**



**Presidente de la Nación**  
Ing. Mauricio Macri

**Jefe de Gabinete de Ministros**  
Lic. Marcos Peña

**Ministerio de Agroindustria**  
Ing. Ricardo Buryaile



Ministerio de Agroindustria  
Presidencia de la Nación



PROYECTO FORESTAL  
BIRF 7520 AR – GEF 090118

## UNIDAD PARA EL CAMBIO RURAL

---

### **Coordinador Ejecutivo**

Lic. Jorge Neme

### **Responsable de Gestión de Programas y Proyectos**

Ing. Raúl Castellini

### **Jefa de Desarrollo Productivo**

Lic. Daniela Raposo

### **Responsable Técnica de Proyectos Forestales**

Ing. Agr. Florencia Reca

## CRÉDITOS FOTOS

---

Foto de tapa Pablo Oliveri.

Fotos de tapa de cada capítulo, Pablo Oliveri. Foto de tapa Capítulo 3 José Villacide.

Ministerio de Agroindustria

Investigación forestal 2011-2015: los proyectos de investigación aplicada ; editado por Marcos Gingins, Gustavo Alvarez y Carolina Isabel Llavallol. - 1a ed . - Ciudad Autónoma de Buenos Aires: Ministerio de Agroindustria. Unidad para el cambio rural -UCAR, 2016.

Libro digital, PDF

Archivo Digital: descarga y online

ISBN 978-987-1873-41-8

1. Ingeniería Forestal. 2. Biología. 3. Economía. I. Llavallol, Carolina Isabel, ed.  
CDD 630

El desarrollo sustentable del sector forestal argentino integra la agenda de las políticas públicas del Ministerio de Agroindustria de la Nación, dado el alto potencial de crecimiento de las cadenas y aglomerados forestoindustriales, su proyección para generar una amplia oferta de bienes y servicios con incorporación de valor agregado y su capacidad de creación de empleos directos e indirectos calificados y no calificados. Por estas razones, y con el objetivo de promover su desarrollo sustentable y con equidad, el sector fue considerado una parte importante del Plan Estratégico, Agroalimentario y Agroindustrial, Participativo y Federal (PEA) 2020.

En ese marco, la Unidad para el Cambio Rural (UCAR) viene realizando esfuerzos a través de sus programas y proyectos para fortalecer las capacidades del sector, contribuir a la implantación de especies de rápido crecimiento en la amplia disponibilidad de superficie existente, mejorar la sanidad forestal, diversificar la oferta de productos y llevar adelante programas de mejoramiento genético.

Una iniciativa fundamental en este sentido es la referida a la investigación, transferencia de tecnología y extensión. Hace más de 15 años, el sistema de ciencia y tecnología reconoció a las ciencias forestales como un área de vacancia; es decir, un área donde era necesario generar más información y tecnología y fomentar la formación de recursos humanos. Hoy, en el ámbito de la UCAR, contamos con un proyecto específico financiado por el Banco Mundial (BIRF) que contempla los Proyectos de Investigación Aplicada (PIAs), a través de los cuales se contribuyó a subsanar aquella situación deficitaria y permitió que muchos jóvenes profesionales se sumaran a la investigación forestal en áreas como la protección forestal, la silvicultura y el manejo de plantaciones y la sustentabilidad de las mismas.

A su vez, la apertura del sistema científico durante los últimos 12 años posibilitó la inserción de estos investigadores en la planta de instituciones como el INTA, las universidades y los institutos del CONICET, mejorando de modo considerable las capacidades para enfrentar los desafíos propios de la generación de conocimientos y tecnología.

De esta manera, el programa de investigación generado por la UCAR se transformó en un instrumento eficaz para brindar información útil y de calidad para los productores, y para proponer técnicas que compatibilizaran el aumento de la productividad con la sustentabilidad de los ecosistemas.

Este proceso se tradujo en un salto de calidad en las nuevas convocatorias abiertas a PIAs iniciadas por la UCAR en el año 2010, con un número mayor de proyectos presentados. Al mismo tiempo, las preguntas que motorizaban estas propuestas fueron mucho más precisas que en los llamados anteriores, así como también mejoraron las herramientas que se proponían para dilucidarlas.

Asimismo, a partir de los PIAs se abrieron nuevos posgrados, tanto maestrías como doctorados en muchos casos con reconocimiento internacional, que enriquecen sustancialmente el sistema.

Sin lugar a dudas, la inversión en ciencia y tecnología es un instrumento de desarrollo económico y humano ineludible para llevar adelante un proyecto fuertemente comprometido con mejorar la trama social y productiva de la Argentina y elevar la calidad de vida de la población. Esta publicación está dedicada a la experiencia institucional que nos han dejado los PIAs en materia forestal, con el objetivo de ampliar su difusión y con la expectativa de que estas iniciativas se profundicen y alcancen la escala que tanto la historia masa crítica de saberes, recursos humanos e institucionales como la historia de los últimos años nos permiten vislumbrar.

Lic. Jorge Neme  
Coordinador Ejecutivo Unidad para el Cambio Rural



## INTRODUCCIÓN

---

Los Proyectos de Investigación Aplicada se gestaron por primera vez en el Proyecto de Desarrollo Forestal que implementó la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Pesca y Alimentación entre 1996 y 2006. La contribución de aquel proyecto al sostenimiento y la consolidación de la investigación forestal en el país fue de gran importancia, y en la formulación del nuevo Proyecto Forestal se incorporaron nuevamente con el objetivo de *desarrollar conocimientos que permitieran responder a las demandas crecientes del mercado de maderas de calidad, otras producciones asociadas y servicios ambientales*.

Con este propósito el Componente Plantaciones Forestales Sustentables ejecutado por la UCAR efectuó seis convocatorias abiertas destinadas a la presentación de Proyectos de Investigación Aplicada (PIA), Proyectos de Investigación Aplicada a la Sanidad Forestal en Bosques de Cultivo (SaFo) y Módulos Silvopastoriles Demostrativos por parte de investigadores pertenecientes a instituciones de larga trayectoria en investigación.

En total se presentaron 241 proyectos, de los cuales fueron seleccionados 112 por un monto total de \$23.880.325, que se ejecutaron entre fines de 2011 y 2015.

Los proyectos abarcaron la cadena de producción desde la viverización, el establecimiento inicial, el manejo silvícola bajo diferentes sistemas de plantación hasta la etapa de industrialización, involucrando aspectos como la calidad de la madera, el impacto sobre la biodiversidad y el uso del agua, las perspectivas frente al cambio climático y las percepciones sociales en torno a las plantaciones.

### **Proyectos de Investigación Aplicada (PIA)**

La primera convocatoria se abrió entre el 9 de agosto y el 18 de octubre de 2010 y estuvo precedida por consultas realizadas a referentes de los ámbitos público y privado del sector forestal, quienes aportaron sus opiniones a lo largo de dos meses para definir las líneas de financiamiento. El Componente 2 financió proyectos de hasta US\$ 40.000 y de hasta 3 años de duración. Las propuestas debían provenir de organizaciones públicas o privadas sin fines de lucro, las cuales debían aportar una contrapartida equivalente al monto solicitado, que incluyó el personal, equipamiento específico dedicado al proyecto, materiales e insumos y gastos operativos.

La convocatoria cerró con 121 propuestas. Cada una fue calificada por dos evaluadores independientes, para lo cual fueron convocados más de 160 investigadores que cubrieran todas las disciplinas presentadas y no tuvieran conflictos de interés. Finalmente participaron 106 evaluadores, quienes calificaron cada propuesta asignada según los criterios establecidos en las normas de la convocatoria. El proceso permitió a los evaluadores aprobar, desaprobar o solicitar modificaciones a un proyecto, abriendo una instancia de re-evaluación.

Una vez recibidas las propuestas con sus puntajes finales se convocó al Comité de Selección de PIAs, conformado por la responsable del Componente 2 del Proyecto BIRF 7520, la Directora de Producción Forestal, un integrante propuesto por la Agencia de Ciencia y Técnica y un integrante del sector privado. En base a las evaluaciones el Comité de Selección priorizó de entre las propuestas aprobadas 52 proyectos. La priorización se realizó en base al orden de mérito y por regiones, según la relevancia de la actividad forestal y la importancia del tema específico de la propuesta para la región. Esto resultó, por ejemplo, en la priorización de una menor cantidad de proyectos para Patagonia en relación a la cantidad de propuestas

presentadas que para la región de la Mesopotamia, o la priorización de proyectos puntuales en regiones en las que se presentaron pocos proyectos, como la región chaqueña, pero que abordaron temas relevantes para la región, como el cultivo y manejo del algarrobo.

En marzo de 2012 se realizó una segunda convocatoria a la presentación de propuestas con las mismas características que la primera, excepto la duración máxima, estipulada en 18 meses debido a la fecha de cierre prevista para el Proyecto. En esta ocasión se presentaron 87 propuestas de las cuales se priorizaron 44.

### **Proyectos de Investigación Aplicada a la Sanidad Forestal en Bosques de Cultivo (SaFo)**

El Estado nacional realiza una fuerte inversión en plantaciones forestales y su manejo, y es por lo tanto de su interés su protección frente a agentes de daño.

En julio de 2010 el Componente 2 convocó a un taller para la detección de vacíos y la priorización de temas para el desarrollo de investigaciones en sanidad forestal, invitando a todos los referentes de sanidad forestal a nivel nacional y en las provincias, incluyendo al sector privado. Previo al taller se envió por correo electrónico un cuestionario sobre las plagas y problemas que se consideraban más relevantes para el sector.

Durante el taller se identificaron algunas debilidades en el sistema de sanidad forestal nacional vinculadas a la escasez de recursos humanos específicos y a la falta de un diagnóstico fitosanitario, principalmente en relación a la evaluación del daño. En base a los resultados del taller se estableció el objetivo y la estructura de la convocatoria, definiendo dos tipos de proyectos:

**1. SaFo Tipo I**, destinados a abordar estudios sobre problemas actuales de la sanidad relevantes a la producción forestal en uno o varios de los tres tipos de cultivos forestales principales de la Argentina (pinos, salicáceas y eucaliptos), con un fuerte énfasis en la formación de RRHH y la consolidación de investigadores y/o grupos de investigación en la temática, por un monto máximo de US\$ 130.000 cada uno;

**2. SaFo Tipo II**, destinados a estudios sobre temas generales de la sanidad forestal focalizando en cuestiones novedosas, problemas actuales o potenciales y que actúen como disparadores de ulteriores propuestas de investigación, por un monto máximo de US\$ 10.000. En ambos casos, la duración máxima se planteó en dos años.

Se realizó una primera convocatoria entre el 17 de octubre y el 21 de noviembre de 2010. Se solicitó a los postulantes de propuestas SaFo Tipo I el envío de un esquema para ser evaluado (pre-propuesta), mientras que las propuestas SaFo Tipo II enviaron propuestas detalladas.

Debido a la especificidad del tema se debió recurrir a evaluadores del exterior, por lo que las propuestas debieron ser enviadas en castellano y en inglés. Se realizaron dos convocatorias debido a que quedó vacante en la primera la línea de manejo de hormigas, que había sido identificada como prioritaria durante el taller.

De las 26 propuestas presentadas se seleccionaron seis propuestas Tipo I y siete propuestas Tipo II, cubriendo las principales plagas en pinos, eucaliptos y salicáceas. Algunos de los resultados de los proyectos ejecutados incluyen la introducción y cría en laboratorio del biocontrolador de la chinche del eucalipto, *Cleruchoides noackae*, la identificación y primera cuantificación diferenciada del daño específico de cuatro especies de hormigas cortadoras sobre pino, con importantes consecuencias para la

reducción del uso de plaguicidas en el manejo de la plaga, y la identificación de cepas de *Beddingia siricidicola*, biocontrolador de la avispa barrenadora de los pinos, *Sirex noctilio*, vinculando procedencia e infectividad.

### **Módulos Silvopastoriles Demostrativos**

En septiembre de 2010 se convocó a un taller a los referentes en temas silvopastoriles de las diferentes regiones e instituciones que trabajan en el tema, con el fin de definir los objetivos y la modalidad de los proyectos de investigación. Durante el taller se definieron como prioritarias la región chaqueña, la Depresión del Salado y la Patagonia.

La primera convocatoria se abrió entre el 5 de septiembre y el 3 de octubre de 2011. Se presentaron seis propuestas de las cuales fueron seleccionadas dos, en la Depresión del Salado y en la provincia de Neuquén, quedando desierta la región chaqueña debido a que la propuesta presentada era para una situación poco representativa en la región. Se realizó posteriormente una convocatoria específica para la región chaqueña, a la que se presentó una sola propuesta, la cual fue seleccionada luego de solicitarle modificaciones.

Los módulos tuvieron por objetivo generar información acerca del comportamiento de sistemas silvopastoriles desde el punto de vista productivo, económico y ambiental a escala real, promover la adopción de sistemas silvopastoriles como alternativa para diversificar la producción, aumentar la rentabilidad y mejorar la flexibilidad y estabilidad económica a nivel predial y lograr recursos humanos capacitados para el trabajo con sistemas silvopastoriles en las regiones involucradas. Con este fin, los tres proyectos integraron mediciones de las diferentes disciplinas para obtener información y conocimientos que permitieran entender la articulación entre los componentes del sistema –clima, suelo, forestación, forrajero y ganado.

### **Transferencia**

En casi todos los casos la misma naturaleza de la ejecución de los proyectos exige la colaboración de los productores, quienes aportan los sitios de estudio y frecuentemente la aplicación de las técnicas bajo estudio. Ellos son a su vez destinatarios de los resultados alcanzados, cumpliéndose así en parte el requisito de transferencia y permitiendo la retroalimentación hacia la investigación para la generación de nuevos trabajos que respondan a las necesidades de los productores.

Las normas de las convocatorias en la estructura de la presentación requirieron específicamente la descripción de los métodos de transferencia, impulsando a los responsables a realizar trabajos de difusión y publicación de resultados. Todos los proyectos publicaron sus resultados en congresos, jornadas, talleres, revistas de divulgación o publicaciones científicas.

Además, en junio de 2012 se organizaron las I Jornadas de Difusión de Resultados de los Proyectos de Investigación Aplicada en Buenos Aires. De esta reunión participaron alrededor de 120 personas, en su mayor parte pertenecientes al ámbito académico (investigadores, docentes y estudiantes de carreras forestales). A pesar de que no cumplió las expectativas de transferencia de los resultados a los productores, la reunión fue productiva en el encuentro entre investigadores de diversas disciplinas de varias regiones, quienes intercambiaron métodos de trabajo.

Teniendo en cuenta este resultado, se programaron al finalizar la mayor parte de los proyectos de investigación, en 2015, seis jornadas de transferencia que tuvieron lugar en Montecarlo, Eldorado, Corrientes, Concordia, Tigre y San Martín de los Andes entre junio y septiembre, en las que se presentaron los resultados más aplicables de los proyectos a más de 250 productores y técnicos.

Los Proyectos de Investigación Aplicada ejecutados a través del Componente Plantaciones Forestales Sustentables BIRF 7520 AR.



Referencias:

- PIAs
- SaFos
- MSP

Para el ámbito puntual de la sanidad, el Componente dio origen a las Jornadas Argentinas de Sanidad Forestal, con el fin de constituir un evento específico para el tema a nivel nacional, promoviendo el intercambio científico y la difusión de los resultados. Las I Jornadas Argentinas de Sanidad Forestal (JASaFo) fueron organizadas por los responsables del SaFo 109, de INTA Bariloche, en agosto de 2013, y en septiembre de 2014 los responsables del SaFo 204 organizaron las II JASaFo en Montecarlo. En ambas ocasiones asistieron más de 200 personas de todo el país, además de investigadores de Uruguay, Paraguay y Brasil. Durante cada Jornada se reunió el Comité de Selección de SaFos con cada responsable para hacer el seguimiento de los avances de cada proyecto.

Los 112 Proyectos de Investigación desarrollaron a lo largo de cuatro años gran cantidad de información, vínculos entre investigadores, con el sector productivo y formación de recursos humanos.

La ejecución de estos proyectos de investigación demandó un esfuerzo importante de las instituciones de investigación así como de la UCAR -en especial de la técnica y los administrativos del subcomponente investigación y extensión de Forestales, de la Unidad de Asuntos Jurídicos, del Sector Cuentas a pagar y del Sector Tesorería-, responsable de velar por la correcta ejecución de los fondos siguiendo la normativa acordada con el prestatario. El éxito de este esfuerzo se trasluce en el logro de avances para la producción forestal. El desarrollo de nuevos productos para primeros raleos, prescripciones silvícolas que disminuyen el impacto de las plantaciones sobre el entorno y mejoran la calidad de la madera, protocolos para la producción de enzimas lignocelulósicas para generar energía a partir de la madera, modelos para planificar la producción que generará el máximo rendimiento en una cuenca, o nuevos productos y técnicas para el manejo de plagas son algunos ejemplos de los resultados alcanzados.

Estos logros se obtuvieron a través del trabajo de más de 100 grupos de investigación en todo el país a lo largo de casi cuatro años, en los que se fortalecieron los vínculos entre las instituciones y con el sector productivo y se formaron y consolidaron nuevas capacidades para enfrentar los futuros desafíos.

Ing. Florencia Reca  
Responsable Técnica Proyectos Forestales





## INDICE

---

Índice por regiones	14
Ecología y Ecofisiología	21
Desarrollo socioeconómico y ambiental	97
Protección	133
Silvicultura y manejo	186
Sistemas silvopastoriles	281
Tecnología y calidad de la madera	333
Propagación	385

## INDICE POR REGIONES

---

### MESOPOTAMIA

- PIA 10003** Influencia de los tratamientos silviculturales sobre las características anatómicas de la madera y las propiedades físico-mecánicas de *Pinus taeda* plantado en la región noreste de la Argentina. 334
- PIA 10004** Efecto de la silvicultura sobre la acumulación de biomasa, la calidad de rollizos, la calidad y propiedades de la producción aserrable en rodales de *Pinus taeda* del noreste de Corrientes. 338
- PIA 10015** Silvicultura y manejo de *Eucalyptus grandis* en plantaciones puras y mixtas. 187
- PIA 10025** Los aspectos sociales del manejo forestal sustentable: la relación entre valores, normas, actitudes y comportamiento respecto a las plantaciones forestales. 98
- PIA 10031** Desarrollo de técnicas de propagación clonal para la utilización sostenible de especies forestales nativas multipropósito y/o fijadoras de nitrógeno y productos forestales no madereros 386
- PIA 10032** Herramientas para la implementación de la silvicultura clonal de *Pinus taeda* y *Pinus* híbrido 390
- PIA 10033** Consumo y eficiencia en el uso del agua en plantaciones de *Pinus taeda* en la zona noroeste de la provincia de Misiones, Argentina. 32
- PIA 10037** Regeneración de árboles nativos en plantaciones de pino en Misiones: efectos del manejo a nivel de rodal y del paisaje. 198
- PIA 10044** Propiedades tecnológicas de la madera de *Grevillea robusta* y desarrollo de programas de secado adaptados a la pequeña y mediana industria regional. 349
- PIA 10047** Estudio ecológico y silvicultural de *Cordia trichotoma*, *Cabralea canjerana* y *Picrasma crenata*: su potencialidad en la diversificación productiva. 202
- PIA 10051** Efectos de la densidad de plantación sobre la biomasa aérea, la distribución de los nutrientes y las propiedades físicas de la madera de *Grevillea robusta* A. 206
- PIA 10063** Estudio de sistemas silvopastoriles para la producción de madera, carne y forrajes de calidad en Corrientes y sur de Misiones. 296
- PIA 10069** Ensayo de especies leñosas nativas para la producción de biomasa mediante bosques energéticos en la provincia de Misiones. 361
- PIA 10070** Propagación vegetativa de *Grevillea robusta*. 401
- PIA 10080** Determinación del rendimiento de aserrado y grados de calidad de madera obtenidos a partir de diferentes grados de calidad de rollizos. 364
- PIA 10095** Estudio de la sustentabilidad ambiental de plantaciones de *Eucalyptus grandis* bajo diferentes condiciones de manejo en el noreste de Entre Ríos. 46
- PIA 10101** Impacto de la intensidad del raleo en plantaciones forestales sobre la biodiversidad del sotobosque y la regulación del ciclo del agua en el norte de Misiones. 51

<b>PIA 10102</b> Efectos de las plantaciones de pinos en la diversidad de mamíferos de Misiones: evaluación de la configuración del paisaje productivo y generación de indicadores de sustentabilidad forestal.	<b>55</b>
<b>PIA 10103</b> Efectos de las plantaciones forestales en los sistemas productivos familiares: evaluación de la configuración del paisaje productivo y de la concepción local de bienestar a escala de paisaje y de predio.	<b>106</b>
<b>PIA 10105</b> Mantenimiento de las funciones ecosistémicas en plantaciones forestales de Misiones: el rol de la biodiversidad y el tamaño de rodal .	<b>58</b>
<b>PIA 10107</b> Optimización del trozado de fustes de <i>Pinus taeda</i> , “pino híbrido” ( <i>Pinus elliottii</i> x <i>Pinus caribaea</i> f2) y <i>Eucalyptus grandis</i> , en las provincias de Misiones y noreste de Corrientes.	<b>371</b>
<b>PIA 12008</b> Caracterización de los componentes y análisis de las interacciones en sistemas silvopastoriles con pino híbrido sobre suelos arenosos de la provincia Corrientes.	<b>310</b>
<b>PIA 12010</b> Evaluación de la capacidad de crecimiento y aclimatación de una especie nativa de alto valor maderero ( <i>Cabralea canjerana</i> , <i>cancharana</i> ) a diferentes condiciones de luz.	<b>68</b>
<b>PIA 12019</b> Implementación de metodologías estadísticas para el ajuste de modelos de árbol individual y estudio de la dependencia espacial en rodales de <i>Pinus taeda</i> .	<b>238</b>
<b>PIA 12027</b> Análisis acerca del precio de las distintas clases diamétricas de las trozas que den rentabilidad al forestador y maximicen el valor agregado de una cuenca.	<b>113</b>
<b>PIA 12029</b> Estrategias para maximizar la captura de carbono en el suelo y la productividad en sistemas silvopastoriles del sur de Misiones y noreste de Corrientes.	<b>246</b>
<b>PIA 12031</b> Desarrollo de funciones de índice de sitio basados en modelos mixtos incluyendo variables climáticas para plantaciones de <i>Pinus taeda</i> en Misiones y NE de Corrientes.	<b>249</b>
<b>PIA 12034</b> Tratamiento de vaporizado para proceso de lixiviación, a efectos de uniformizar el color en maderas de alta calidad con destino a pisos flotantes y tarugados.	<b>377</b>
<b>PIA 12041</b> Producción de residuos en plantaciones forestales: su importancia en función de la práctica de manejo.	<b>253</b>
<b>PIA 12042</b> Conservación de la biodiversidad y las funciones ecológicas en plantaciones forestales: rol del contexto regional y la edad de la plantación.	<b>83</b>
<b>PIA 12047</b> Desarrollo de una tipología regional de los contratistas de cosecha de la cuenca del eucalipto desde una perspectiva social, tecnológica y productiva.	<b>117</b>
<b>PIA 12051</b> Implicancias de la modalidad de cosecha de plantaciones de <i>P. taeda</i> sobre la biomasa residual y el contenido de nutrientes remanentes en el sitio.	<b>256</b>
<b>PIA 12052</b> Desarrollo de herramientas para la gestión sustentable de madera de calidad de <i>Pinus taeda</i> y <i>Eucalyptus grandis</i> en las planicies arenosas de la provincia de Corrientes.	<b>259</b>
<b>PIA 12053</b> Desarrollo de una norma de clasificación para madera aserrada de <i>Grevillea robusta</i> secada en horno en Argentina.	<b>381</b>
<b>PIA 12057</b> Impacto de los bosques de cultivo y su industrialización el desarrollo local de las provincias de la Mesopotamia: importancia socioeconómica y efecto multiplicador.	<b>120</b>

<b>PIA 12058</b> Evaluación de la utilización de una plantación de <i>Eucalyptus grandis</i> como tratamiento terciario de los efluentes cloacales de Colonia Ayuí, Entre Ríos.	<b>86</b>
<b>PIA 12064</b> Monitoreos participativos: herramientas para integrar sustentabilidad forestal, biodiversidad y compromiso social.	<b>124</b>
<b>PIA 12065</b> Productividad de plantaciones de Eucalyptus en el sur de Entre Ríos: contribución del componente genético y de prácticas silviculturales de vivero y de implantación durante el establecimiento.	<b>266</b>
<b>PIA 12080</b> Efecto de diferentes esquemas silvopastoriles de pino híbrido ( <i>Pinus elliottii</i> x <i>Pinus caribaes</i> var <i>hondurensis</i> ) en la calidad de la madera y en los recursos nutricionales del sistema en suelos arenosos de Corrientes.	<b>325</b>
<b>SAFO S110</b> Estudios básicos y aplicados de las principales plagas y enfermedades que afectan a los eucaliptos en la Argentina para el desarrollo de estrategias de manejo de bajo impacto ambiental.	<b>149</b>
<b>SAFO S112</b> Control biológico múltiple y específico de hormigas cortadoras de hojas en plantaciones forestales.	<b>155</b>
<b>SAFO S204</b> Alternativas para disminuir incidencia de problemas fitosanitarios en Meliáceas.	<b>167</b>
 <b>DELTA</b>	
<b>PIA 10028</b> Gestión de fuego en plantaciones forestales del delta: dinámica estacional de combustibles finos e interacción con variables climáticas y espaciales.	<b>134</b>
<b>PIA 10034</b> Efecto de la disponibilidad hídrica (sequía y anegamiento) y la incidencia de roya sobre la productividad de distintos clones de álamos en el delta del Paraná.	<b>35</b>
<b>PIA 10072</b> Prácticas de manejo y dinámica de la materia orgánica, nitrógeno y fósforo en forestaciones de sauce con atajarepuntos en el bajo delta del Paraná: un ejercicio de investigación acción participativa.	<b>219</b>
<b>PIA 10104</b> Alternativas de manejo sustentable para la optimización de la producción ganadera y forestal en sistemas silvopastoriles de humedales del delta del río Paraná.	<b>304</b>
<b>PIA 10113</b> Ordenamiento territorial forestal participativo en un área piloto de producción forestal: el delta bonaerense.	<b>110</b>
<b>PIA 12012</b> Evaluación de la tolerancia al estrés por inundación de nuevos clones de sauce ( <i>Salix spp.</i> ) con aptitud para diversos destinos productivos.	<b>72</b>
<b>PIA 12028</b> Fertilización en estaqueros de álamo: supervivencia, crecimiento y tolerancia a la sequía de las estacas provenientes de cepas fertilizadas.	<b>416</b>
<b>PIA 12068</b> Evaluación de limitaciones hídricas y edáficas en plantaciones de álamos endicadas y con suelos drenados en el bajo delta del Paraná.	<b>94</b>
<b>PIA 12075</b> Respuestas del crecimiento de un nuevo clon de sauce para madera de uso sólido a condiciones de anegamiento, control de malezas y densidad de plantación en el delta del Paraná.	<b>271</b>
<b>PIA 12089</b> Tecnología de la producción en un sistema silvopastoril del delta del Paraná.	<b>329</b>

<b>SAFO S202</b> Insectos invasores: la detección temprana como herramienta de prevención del establecimiento de la avispa taladradora de las latifoliadas <i>Tremex fuscicornis</i> en forestaciones del bajo delta del Paraná.	<b>159</b>
<b>SAFO S206</b> Estudio de la reacción de clones de álamo a <i>Melampsora medusae</i> y desarrollo de un set de líneas diferenciales para la caracterización de patotipos presentes en la zona núcleo forestal del delta del Paraná.	<b>170</b>
<b>PAMPEANA</b>	
<b>PIA 10002</b> Establecimiento y comportamiento inicial del roble europeo ( <i>Quercus robur L.</i> ) en sistemas agroforestales del sudeste bonaerense.	<b>292</b>
<b>PIA 10007</b> Utilización de <i>Salix spp.</i> en la producción de biomasa para energía: respuestas a la disponibilidad hídrica e impacto sobre el ciclo de nutrientes.	<b>22</b>
<b>PIA 10052</b> Manejo de plantaciones de <i>Pinus radiata</i> d. Don orientado a la producción de madera libre de nudos, en la región de serranías de la provincia de Buenos Aires, Argentina.	<b>211</b>
<b>PIA 10083</b> Producción sustentable en viveros forestales: uso de <i>Trichoderma harzianum Rifai</i> como promotor de crecimiento y agente de biocontrol.	<b>408</b>
<b>PIA 10096</b> Madera de calidad desde el recurso forestal de Buenos Aires.	<b>368</b>
<b>PIA 10117</b> Estudio de un sistema silvo-apícola-pastoril como alternativa de diversificación productiva en la región pampeana.	<b>307</b>
<b>PIA 12021</b> Establecimiento de forestaciones en sitios marginales del norte de la provincia de Buenos Aires: evaluación de materiales genéticos y contribución ambiental por el cambio de uso de suelo.	<b>242</b>
<b>PATAGONIA</b>	
<b>PIA 10011</b> Mejoras tecnológicas en la madera juvenil de pino ponderosa ( <i>Pinus ponderosa</i> Dougl. ex Laws) para usos en productos sólidos y/o encolados.	<b>343</b>
<b>PIA 10019</b> Alternativas de utilización de madera de raleos de pino ponderosa en la Patagonia.	<b>347</b>
<b>PIA 10024</b> Desarrollo de tecnologías de plantación en condiciones de estrés ambiental para las principales coníferas de uso forestal en el noroeste de la Patagonia.	<b>29</b>
<b>PIA 10054</b> Cambios climáticos y plantaciones forestales en el norte de la Patagonia: una evaluación de futuros escenarios.	<b>38</b>
<b>PIA 10057</b> Aspectos de la viverización, inoculación micorrícica y comportamiento en plantación de lenga ( <i>Nothofagus pumilio</i> ) en el marco de la restauración de bosques degradados.	<b>394</b>
<b>PIA 10058</b> Silvicultura del ciprés de la cordillera: ¿una alternativa rentable y sustentable en la provincia de Río Negro?	<b>215</b>
<b>PIA 10059</b> Análisis de las percepciones e impactos socio-económicos de alternativas forestales en pequeños productores de la región norte del Neuquén.	<b>103</b>
<b>PIA 10075</b> Poda para la producción de madera de calidad en plantaciones de <i>Populus</i> de Río Negro y Neuquén.	<b>222</b>

<b>PIA 10079</b> Optimización de métodos de cosecha para lograr trozas libres de mancha azul.	<b>226</b>
<b>PIA 10092</b> Herramientas para zonificar la calidad de sitio de pino ponderosa y para especies forestales de alto valor maderable en Neuquén.	<b>42</b>
<b>PIA 10093</b> Productividad forestal y bases para el desarrollo de sistemas silvopastoriles con pino ponderosa al sur de la provincia de Chubut.	<b>301</b>
<b>PIA 10118</b> Revegetación con especies arbóreas nativas en áreas ecotonales del noroeste de la Patagonia: herramientas para la creación de islas de regeneración.	<b>62</b>
<b>PIA 12003</b> Plantaciones en bosques ribereños de <i>Nothofagus pumilio</i> degradados por <i>Castor canadensis</i> en Tierra del Fuego para la recuperación de su producción maderera y de sus servicios ambientales.	<b>234</b>
<b>PIA 12004</b> El componente ambiental de la sustentabilidad en las plantaciones forestales de la Patagonia extra-andina: evaluación de la biodiversidad en campos forestales de Neuquén.	<b>66</b>
<b>PIA 12005</b> Evaluación del aserrío de álamos provenientes de cortinas del Valle del río Negro.	<b>375</b>
<b>PIA 12007</b> Caracterización morfológica y fenológica de clones de <i>Populus</i> y <i>Salix</i> cultivados en vivero en Patagonia Sur.	<b>412</b>
<b>PIA 12020</b> Evaluación y propuesta de manejo de la invasión de sauces en la cuenca del río Corinto en la provincia de Chubut.	<b>75</b>
<b>PIA 12026</b> Desarrollo de protocolos para la prevención, monitoreo y control de las invasiones de coníferas introducidas en el noroeste patagónico: análisis de efectividad y costos.	<b>78</b>
<b>PIA 12082</b> Estrategias productivas de agricultores familiares en el bosque andino patagónico con productos forestales no maderables: estudios de caso en las provincias de Neuquén y Chubut.	<b>128</b>
<b>PIA 12084</b> Extracción forestal de bajo impacto en primer raleo comercial de pino en Patagonia.	<b>274</b>
<b>PIA 12086</b> Cultivo de especies forestales valiosas bajo riego en el Valle Medio del río Negro.	<b>278</b>
<b>SAFO S207</b> ¿Iguales o diferentes?: caracterización genética de las cepas de <i>Beddingia</i> (= <i>Deladenus</i> ) siricídicola, agente de control biológico de <i>Sirex noctilio</i> , en Patagonia Norte	<b>173</b>
SSP MSP PA Módulo Silvopastoril Patagonia Andina	<b>286</b>
<b>CUYO</b>	
<b>PIA 10018</b> Manejo de cultivos energéticos forestales para producción de biomasa y obtención de biocombustibles.	<b>191</b>
<b>PIA 12032</b> Alternativas de modelos silvopastoriles en forestaciones de <i>Populus spp</i> en zonas bajo riego en Mendoza.	<b>316</b>
<b>PIA 12039</b> Economía del agua en la región de Cuyo: desempeño de dos sistemas de riego en bosques de álamos para producción de madera de calidad.	<b>81</b>



**SAFO S210** Susceptibilidad de especies de *Populus* e híbridos a *Septoria musiva* en la región de Cuyo. 178

## NOA

**PIA 10012** Determinación de áreas potenciales de forestación con cedro en el noroeste argentino. 25

**PIA 10026** Innovación y transferencia, de tecnología aplicada en plantaciones forestales en macizo de *Pterogyne nitens* (tipa colorada) destinada a madera de calidad. 194

**PIA 10061** Caracterización de la madera de cedro proveniente de cultivo a distintas edades y en diferentes sitios del noroeste argentino. 357

**PIA 10071** Multiplicación in vitro de especies forestales nativas de alto valor maderable. 404

**PIA 12046** Macro y micropropagación del cedro australiano (*Toona ciliata* M. Roemer). 419

**PIA 12060** Identificación y cuantificación de la aptitud forestal de la región Yungas de Salta y Jujuy para la implantación de *Toona ciliata*. 90

**SAFO S203** Estudio de la dinámica poblacional y alternativas de manejo de *Hypsi-phyla grandella* Zéller (*Lepidoptera*, *Piralydae*), en plantaciones de *Cedrela balansae* en el norte de Salta. 163

## CHAQUEÑA

**PIA 10050** Evaluación de la calidad de madera de *Prosopis alba* en rodales semilleros. 353

**PIA 10097** Calidad de sitio y manejo de forestaciones de *Prosopis alba* gris. 230

**PIA 12071** Producción primaria neta aérea, carga animal y mitigación de la erosión hídrica en sistemas silvopastoriles de la llanura ondulada en el centro de Argentina. 319

**SAFO S111** Desarrollo de herramientas cuantitativas para la evaluación de riesgo y toma de decisiones sobre el potencial de infestación de *Sirex noctilio* y *Arhopalus sp* en la provincia de Córdoba. 152

**SAFO S213** Problemas fitosanitarios asociados a *Prosopis alba* Griseb en semillas y vivero. 182

SSP MSP CH Módulo silvopastoril de la región chaqueña. 282

## NACIONAL

**SAFO S103** Comunicación química intra e interespecie de la plaga forestal *Mega-platypus mutatus*: estudio de sus feromonas y kairomonas y la interacción con su hongo simbionte. 137

**SAFO S108** Principales insectos plaga asociados a Salicáceas: herramientas de la ecología aplicadas al manejo. 141

**SAFO S109** Ecología aplicada de la avispa *Sirex noctilio*: optimización de métodos de detección temprana, monitoreo y control de las poblaciones en Argentina. 145



# 1

## Ecología y Ecofisiología



## PROYECTO DE INVESTIGACION APLICADA (PIA 10007)

### Utilización de *Salix spp.* en la producción de biomasa para energía: respuestas a la disponibilidad hídrica e impacto sobre el ciclo de nutrientes

Luquez Virginia, Doffo Guillermo, Achinelli Fabio

## INTRODUCCIÓN

La familia de las Salicáceas, que comprende los géneros *Populus* (álamos) y *Salix* (sauces), constituye el tercer cultivo forestal de la Argentina en superficie, detrás de los pinos y eucaliptos. La mayor área de plantaciones se encuentra en la zona del Delta del Paraná, pero también hay plantaciones en Mendoza, Río Negro y la Pampa Húmeda. En muchos países, las Salicáceas, especialmente el sauce, son una importante fuente de biomasa para energía, en forma de chips para calefacción domiciliaria, y también una posible fuente de bioetanol celulósico (esto es, bioetanol producido a partir de celulosa y no de granos como el maíz). En la Argentina, las plantaciones comerciales de Salicáceas tienen como finalidad principal producir madera para usos sólidos y para molienda (papel, tableros), pero no biomasa para energía. En otros países, se emplea para producir biomasa un sistema con rotaciones de muy corta duración denominados SRC por “Short Rotation Coppice”. En el sistema SRC se usan elevadas densidades de plantación (10 - 25000 plantas por ha) y se corta cada 2 o 3 años, lo que implica tasas de extracción de agua y nutrientes del suelo mayores que los sistemas tradicionales de ciclo de corte más largo. El sistema de SRC tiene un elevado costo de implantación por las elevadas densidades de plantación utilizadas, requiere un control intensivo de malezas y enfermedades, requiere fertilización periódica para reponer los nutrientes extraídos, y la maquinaria utilizada para la cosecha mecánica es cara. En los países donde este sistema se utiliza, los subsidios son imprescindibles para que la producción por SRC sea viable, y los costos y prácticas se han estandarizado en base a redes de ensayos en diferentes áreas productivas a lo largo de varias décadas. En nuestro país, habrá que desarrollar un paquete tecnológico para cada zona productiva, que incluya recomendaciones de manejo y genotipos adecuados. De este ensayo, se espera obtener información sobre la productividad de un sistema con buena disponibilidad de nutrientes y adecuada disponibilidad hídrica, lo que dará información básica sobre la productividad potencial del sistema de SRC con *Salix spp.* en condiciones de la Pampa Húmeda. Estos datos brindarán información básica necesaria para poder estimar la sustentabilidad ambiental y la viabilidad económica de los sistemas SRC en nuestra zona.

El objetivo general de este proyecto es estimar el rendimiento bajo riego y secano de sauces plantados en SRC para obtener biomasa para energía, y evaluar su impacto sobre la extracción de nutrientes del suelo.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El ensayo en condiciones de campo está ubicado en la Estación Experimental “Julio Hirschhorn” dependiente de la Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales de la UNLP (34°59’09” S ; 57°59’42” O). El experimento es de tipo trifactorial, con un diseño en parcelas sub-subdivididas y tres bloques completos al azar. Cada bloque

---

Instituto de Fisiología Vegetal (INFIVE), UNLP-CONICET, Diagonal 113 N° 495 (1900) La Plata, Argentina. vluquez@agro.unlp.edu.ar



está dividido en dos parcelas principales (con riego y sin riego). A su vez, cada parcela principal se compone en dos subparcelas con diferentes densidades de plantación (13.333 plantas/ha y 20.000 plantas/ha). Finalmente, cada subparcela se divide en dos sub-subparcelas con clones diferentes (*Salix matsudana* x *Salix alba* `Barrett 13-44 INTA` y `Yaguareté INTA - CIEF` (cruzamiento libre de *Salix alba*)). Las subparcelas y sub-subparcelas tienen una bordura de separación del clon *Salix alba* x *Salix babylonica* `Ragonese 131-25 INTA`.

La plantación se efectuó en forma manual y con estacas de 60 cm entre el 28 de agosto y el 1 de septiembre de 2012 sobre un mulching de polietileno negro de 100 micrones de espesor que se extendió luego de instalar el equipo de riego. Previamente a la plantación, se tomó una muestra compuesta de suelo (25 cm superiores del perfil), y se realizó un análisis completo de la misma (textura y parámetros químicos), a los fines de contar con información de su estado al inicio del experimento.

La parcela principal es el tratamiento de riego. Para esto se instaló un equipo de riego por goteo, ubicando en forma paralela a las filas de plantación una cinta de goteo John Deere D5000 FILTER NEGRO 16 mm/15 mil 1.0 l/h 0.40m; el equipo suministra una lámina de 2,29 mm/hora funcionando a una presión de 1,2 bar. El sistema de riego comenzó a funcionar en el mes de diciembre del 2013, ya que con anterioridad el lote estuvo con exceso de humedad debido a las elevadas precipitaciones ocurridas hasta ese momento. Las parcelas principales se encuentran separadas por calles de 4 metros de ancho, para evitar el movimiento de agua desde las parcelas regadas a las de secano. Las parcelas no regadas (secano) experimentan cualquier episodio de sequía que pueda ocurrir durante la temporada de crecimiento, mientras que las parcelas regadas tienen siempre una adecuada disponibilidad de agua.

Cada sub-subparcela está compuesta por 6 filas y 16 hileras, que incluyen una doble bordura: una del clon `Ragonese 131-25 INTA` y otra del clon correspondiente a la sub-subparcela. De esta forma, se dejaron para la toma de muestras las 2 filas y 12 hileras centrales (muestra de  $n=24$  plantas).

Luego de cumplida la primer temporada de crecimiento (2012 - 2013), se efectuó una primera cosecha extrayendo las guías de 3 plantas representativas de cada sub-subparcela, material al cual se le midió el peso fresco de la biomasa aérea en laboratorio (la totalidad del material leñoso con corteza, e incluyendo ramas finas y yemas). Luego, este material se secó en estufa (60 °C) hasta peso constante, obteniéndose el peso seco y luego la relación peso seco / peso fresco de cada guía.

En una etapa posterior, se procedió a cosechar en forma completa las guías de las 21 plantas de cada subparcela, material que fue pesado en campo mediante un dinamómetro; el rendimiento de cada sub-subparcela (kg/parcela) se calculó totalizando el peso fresco obtenido, y transformando dicho peso fresco en peso seco a partir de la relación peso seco / peso fresco previamente estimada en el muestreo anterior. El rendimiento (kg/ha) se estimó extrapolando la biomasa seca obtenida en cada parcela en una hectárea de cultivo.

Se efectuó un análisis de la varianza (ANAVA) del rendimiento (kg/ha) para cada tratamiento, empleando para la comparación múltiple de medias el test de Tukey.

El material seco se molió con chipeadora y posteriormente con el molinillo Wiley para enviar a realizar las determinaciones de nutrientes.

En el segundo año, se aplicó el tratamiento de riego por goteo desde diciembre de 2013 hasta abril de 2014. La cosecha del material y las demás mediciones se llevaron a cabo de la misma manera que para el primer año.

## RESULTADOS

Los resultados de laboratorio correspondientes al análisis de suelos indican que se trata de un suelo que en la parte superficial del perfil posee textura franca y buena a muy buena fertilidad química, ya que está bien provisto de macro y micronutrientes, no presenta salinidad ni sodicidad, y el pH es ligeramente ácido (6,63).

El análisis de la varianza de los datos de rendimiento del primer año mostró que el tratamiento que resultó con mayor producción fue el de Yaguareté con una densidad de 20.000 plantas/ha, que produjo una media de biomasa seca de 12,7 ton/ha, en tanto que el tratamiento con menor producción fue Barrett con una densidad de 13.333 plantas/ha y un rendimiento de 8,6 ton/ha de biomasa seca.

En el análisis de la varianza de los datos del segundo año, sólo el factor riego fue estadísticamente significativo ( $p < 0,01$ ). El tratamiento con mayor rendimiento fue Yaguareté con riego y baja densidad, con 22,7 ton/ha, y el de menor rendimiento fue Barrett con baja densidad y sin riego, con 15,7 ton/ha de biomasa seca.

Con respecto a la cantidad de nutrientes extraídos del sistema, sólo disponemos de los datos del primer año. Estos indican que se extraen entre 88 y 110 kg de nitrógeno, entre 5 y 14 kg de fósforo y entre 28 y 52 kg de potasio por hectárea por año.

## DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

El clon Yaguareté tuvo rendimientos iniciales superiores al clon Barrett, siendo este último utilizado como testigo comercial. Las primeras observaciones indican que Yaguareté estaría generando guías de menor altura pero en mayor número por cepa. Lo anterior, sumado a la mayor densidad del leño documentada en la bibliografía para este clon respecto de Barrett, estaría explicando estos primeros resultados.

Un tema a tener en cuenta es la cantidad de nutrientes que se están extrayendo con la cosecha. Si bien en los sistemas comerciales de SRC se cosecha generalmente cada dos años, la cantidad de nutrientes extraída es elevada, y habrá que contemplar la fertilización de estos sistemas entre los costos de producción.

Si bien este trabajo aporta resultados preliminares, los primeros datos indicarían que el planteo más conveniente en términos de rendimiento y de costos de implantación sería el de cultivo de Yaguareté INTA - CIEF a baja densidad (13.333 pl./ha).



# PROYECTO DE INVESTIGACION APLICADA (PIA 10012)

## Determinación de áreas potenciales de forestación con cedro en el NOA mediante el uso de SIG

Zerda, H. R.<sup>1</sup>, Fornés L. F.<sup>2</sup>, Gatto M. A.<sup>3</sup>

### INTRODUCCIÓN

El Cedro ha sido históricamente buscado para su aprovechamiento, por las características de calidad y estéticas de su madera. La falta de criterios de aprovechamiento sustentable, y la consiguiente explotación (legal e ilegal), han generado un empobrecimiento de las existencias de cedros, tanto la cuantía como en la calidad genética del material remanente, debido a que se seleccionan los mejores individuos para la extracción. Por ello es necesario incrementar la disponibilidad de ejemplares provenientes de implantaciones, para fortalecer economías locales y regionales, y proteger el recurso forestal remanente.

Desde hace aproximadamente 15 años, diferentes instituciones públicas, ONGs y productores de la región NOA producen información sobre el cultivo de especies nativas de alto valor en el mercado de productos forestales. El proceso de domesticación necesario para llevar a cabo el cultivo de especies silvestre es largo y complejo dado que involucra a numerosas y diferentes variables que se evidencian con mayor certeza a lo largo del tiempo, pero lo más informativo es la interacción que se produce entre variables de origen genético y los factores bióticos y abióticos.

*Cedrela* es un género con alto potencial para producción de madera de alta calidad. A principios de 2011, el precio del Cedro llegó a valores de US\$ 1.000 y US\$ 1.200/m<sup>3</sup> para rollos de primera calidad puesto en aserraderos europeos, según ITTO -The International Tropical Timber Organization-. El desarrollo de actividades MDL, es también una importante oportunidad para generar valor adicional a las plantaciones de especies nativas. Por ello, la actividad de plantación de estas especies en cualquiera de sus concepciones técnicas (enriquecimiento, reforestación en macizo, etc.), no solo representa, un medio de disminución de la presión ejercida sobre bosque nativo a través tala desmedida y avance de actividades agropecuarias, sino que también una posibilidad comercial valiosa. En la zona de estudio, las especies consideradas, son identificadas con la siguiente nomenclatura: i) *Cedrela angustifolia* (Ex *C. lilloi*): Cedro Coya, Cedro Tucumano, Cedro Peludo, Cedro Rosado, ii) *Cedrela saltensis*: Cedro Salteño, Cedrillo, Cedro Rosado, iii) *Cedrela balansae*: Cedro Orán, Cedro Rosado.

### MATERIALES Y MÉTODOS

El área de estudio son las provincias del noroeste –NOA- de la República Argentina: Jujuy, Salta y Tucumán, donde en casi su totalidad se encuentra la formación de las Yungas o Selva Tucumano-Boliviana, formación donde se desarrollan los cedros.

Para la concreción de las actividades productivas y de conservación, resulta indispensable el estudio de las características ecológicas de las especies de interés, referidas a requerimientos edáficos, térmicos, altitudinales, de humedad, insolación, etc., que definen la adaptabilidad de las especies los diversos sitios en los cuales se

1. Universidad Nacional de Santiago del Estero, Facultad de Ciencias Forestales, Av. Gral. Belgrano (sur) 1912 G4200ABT Santiago del Estero, Argentina. hzerda@unse.edu.ar

2. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, INTA. Ruta Prov. 301 km 32 (4132), Famaillá, Tucumán, Argentina. fornes.luis@inta.gob.ar

3. Consultor Proy. PIA10012. miguelgatto@yahoo.com.ar

distribuyen. Estos estudios pretenden alcanzar no solo la caracterización, sino la delimitación de las áreas ocupadas por las especies de interés.

Para las especies estudiadas se realizó la modelización del territorio mediante SIG –sistemas de información geográfica- y otras herramientas de análisis de datos espaciales. Para ello se realizaron las siguientes tareas: i) compilación de variables geográficas (climáticas, topográficas, edáficas, coberturas de la tierra, infraestructura); ii) análisis espacial mediante múltiples criterios/variables seleccionados en función de los requerimientos ambientales de las especies y datos de presencia.

Para ello, será muy importante la revisión y estandarización de la información geográfica existente, la producción de nuevas capas de información para su utilización en el ambiente SIG, al efecto establecer una metodología y también producir un banco de datos estandarizados y de base para esta y otras investigaciones. A partir de esta zonificación, se pretende caracterizar y delimitar potenciales áreas para el establecimiento de plantaciones estables y productivas, adaptadas a cada ambiente ecológico. Esto permitirá orientar la realización de forestaciones, lo cual podría llevar al incremento de las existencias de maderas de alto valor comercial en la región.

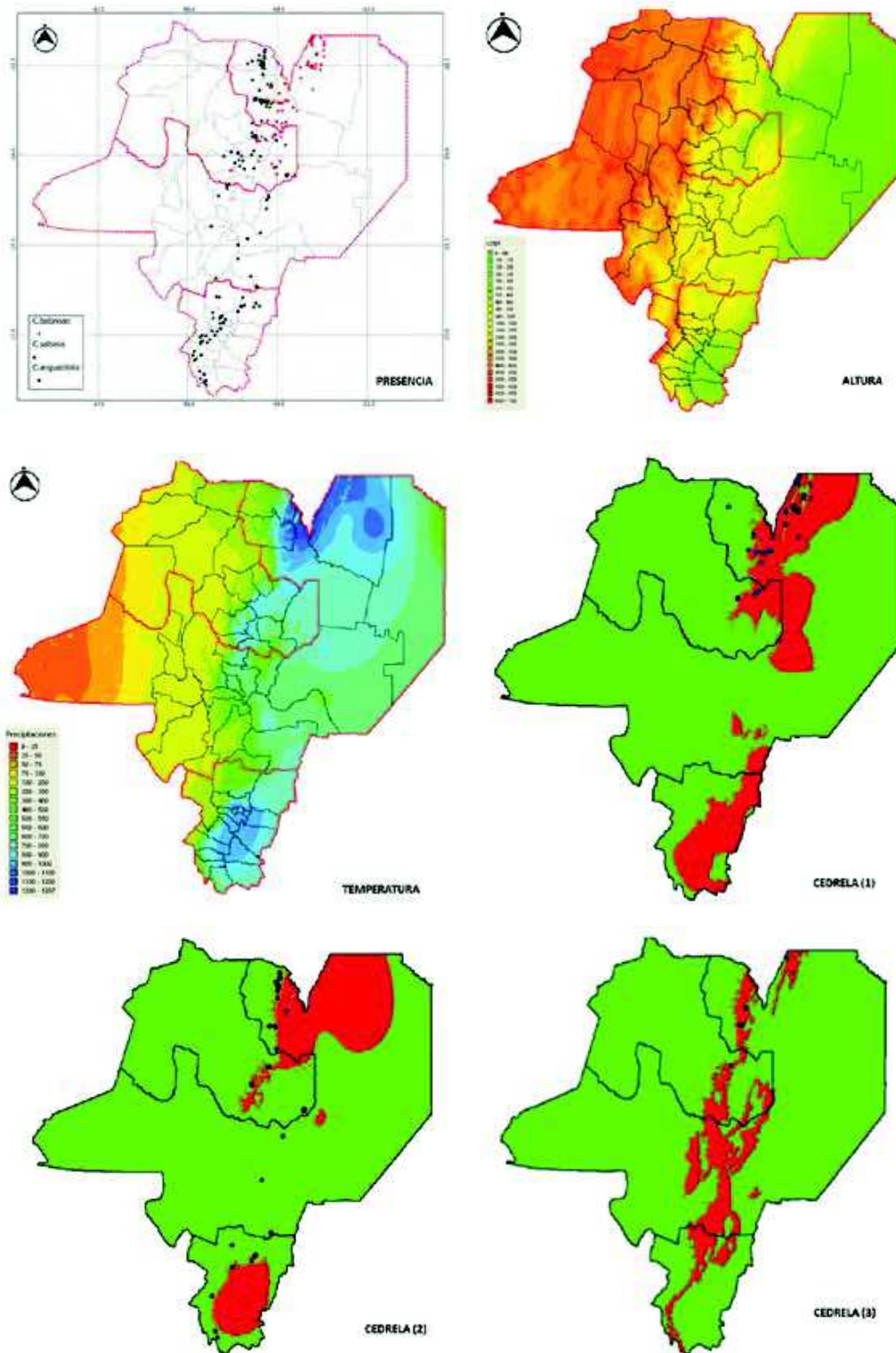
## RESULTADOS

La distribución real, sobre un total de 248 muestras de presencia de *Cedrela balansae*, muestra alta preferencia del 90% en realizar las forestaciones y reforestaciones, entre 250-1000 m. Posiblemente la cercanía a la red vial, con sus diferentes jerarquías, y la consiguiente accesibilidad para el establecimiento de los emprendimientos productivos, sea un factor que potencia las aptitudes de la especie. Esta condición, se relaciona directamente con las máximas precipitaciones, entre 900-1100 mm, donde un porcentaje similar del 88%, complementa el marco de preferencias, con la anterior observación. De similar forma, el promedio de las temperaturas mínimas, es del 88% para el intervalo entre 18-16° C, lo que puede proteger de heladas a la plantación.

La distribución real, sobre un total de 200 muestras de presencia de *Cedrela angustifolia*, otro tipo de distribución altitudinal comprada con *Cedrela balansae*, ubicándose el 80% en pisos altitudinales de 1.000-2.000 m, con prevalencia en el piso menor de 1000-1500 m del 72%, y debido a la prevalencia en mayores altitudes con respecto a *Cedrela balansae*, la especie muestra que ha sido plantada en zonas más frías, el 100% se encuentra entre 8-12° C. Es notable la preferencia de la variable precipitación, ya que el 99% se encuentra entre 900-1000 mm, con dominio del 78% en el intervalo de 900-1000 mm.

La distribución real, sobre un total de 32 muestras de presencia de *Cedrela saltensis*, muestra una mayor presencia en el piso altitudinal de 750-1000 m, ocupando una faja intermedia entre *Cedrela balansae* y *Cedrela angustifolia*. El 94% ubicado entre los 800-1000 mm, marca una leve participación en lugares con menor precipitación, 26% entre 800-900 mm. Respecto a la temperatura, el 80% se ubica entre los 13-14° C, también en este caso, intermedia entre *Cedrela balansae* y *Cedrela angustifolia*.

FIGURA 1.



Variables geográficas: Presencia: puntos de presencia de *Cedrela sp.*; *Cedrela* (1): *Cedrela balansae*, relación Presencia-Altura (300-800 m.s.n.m)/Precipitación (700-1500 mm anuales). Cartografía de modelos de distribución espacial: *Cedrela* (2): *Cedrela angustifolia*, relación Presencia - Precipitación (800-2000 mm anuales); *Cedrela* (3): *Cedrela saltensis*, relación puntos de presencia - Altura (700-1300 m.s.n.m).

## CONCLUSIONES

La metodología mediante el análisis espacial y modelación mediante SIG, permite espacializar las relaciones exploradas entre variables bioclimáticas y territoriales. Los resultados mostrados en el presente proyecto así lo indican, pudiéndose también detectar errores en forma visual, como se indicó en este caso. La disponibilidad de datos bioclimáticos es de una extraordinaria relevancia en los procesos de modelación, como el presente o de otros tipos y metodologías de análisis ambiental/ecológico. Por ello, las nuevas iniciativas para incrementar la red meteorológica nacional mediante la instalación de nuevas estaciones meteorológicas, emprendidas por algunas instituciones (INTA) y gobiernos (provincias del NOA), se podrán mejorar los procesos futuros de zonificación para las especies forestales nativas y otras.

La generalización y expansión en el espacio, producida por la modelación, muestra áreas factibles para la reforestación, como se indicó en resultados sobre las Cedrelas. Adquiere importancia el ordenamiento territorial y planificación del suelo, bajo el reconocimiento de los diversos servicios ecosistémicos del bosque nativo y su adecuada y oportuna valoración.

## PROYECTO DE INVESTIGACION APLICADA (PIA 10024)

### Evaluación de tecnologías de plantación en condiciones de estrés ambiental para las principales coníferas de uso forestal en el noroeste de la Patagonia

Varela, S.A.<sup>1</sup>; Claps, L.<sup>1</sup>; Willems, P.<sup>1</sup>; Weigandt, M.<sup>1,2</sup>; Diez, J.P.<sup>1</sup>; Bianchi, E.<sup>1,2</sup>; Jaque, F.<sup>1</sup>; Martínez, A.<sup>1</sup>; Caballé, G.<sup>1</sup>; Gyenge, J.<sup>2,3</sup>.

## INTRODUCCIÓN

Las etapas iniciales de vida de los árboles son particularmente susceptibles a condiciones de estrés ambiental y eventos climáticos extremos. El desarrollo de estrategias de mitigación durante etapas tempranas de desarrollo parece ser un factor determinante para la supervivencia en hábitats con estas condiciones. El noroeste de la Patagonia Argentina se caracteriza por tener un clima con marcada estacionalidad, con veranos cálidos y secos e inviernos húmedos y fríos. En las últimas décadas la ocurrencia de eventos extremos tales como sequías, olas de calor o heladas han aumentado. A futuro, se predice un incremento de la variabilidad climática con una tendencia hacia un clima de mayor déficit hídrico y ocurrencia de eventos extremos aún mayor (olas de calor o fríos intensos, períodos prolongados sin precipitaciones, por ejemplo). Todos estos elementos condicionan el establecimiento y desarrollo de las plantaciones forestales. En la región, las plantaciones con pino ponderosa y en menor medida pino oregón (coníferas exóticas de rápido crecimiento), constituyen un sistema productivo de importancia desde hace 2 o 3 décadas. Considerando su respuesta ante eventos de sequía extrema, se ha reportado la muerte de individuos adultos de pino oregón durante la sequía del año 1998-1999. En el caso del pino ponderosa se observó la muerte de individuos adultos ante condiciones de estrés hídrico y, a su vez, la inusual muerte masiva de plantines durante el episodio de sequía ocurrido en 2007-2008. Si bien ambas especies poseen una resistencia natural a condiciones de estrés ambiental existen notables diferencias en los lugares en los que pueden plantarse. El pino ponderosa es la especie más plantada en Patagonia (80% de la superficie forestada), debido principalmente a su mayor resistencia a las condiciones de estrés ambiental mientras que el pino oregón es más susceptible. Particularmente las heladas tardías y el estrés hídrico se mencionan como las principales fuentes de mortalidad de esta última especie en Patagonia. Dentro de las especies de coníferas nativas, el ciprés de la cordillera es una especie resistente a la sequía. A pesar de ello se han registrado episodios de mortalidad masiva y/o disminución marcada del crecimiento en relación con períodos climáticos del “Niño” (veranos secos y calurosos). La regeneración por vías naturales de esta especie se ve seriamente limitada por el estrés ambiental, necesitando de la presencia de otras plantas (nodrizas) para poder sobrevivir en las etapas tempranas de instalación.

## OBJETIVOS Y METODOLOGÍA

Hay varios ejemplos de técnicas de reducción (mitigación) de estrés ambiental que son utilizados en especies frutales y otros árboles. El uso de arcillas, polímeros de retención de agua, antitranspirantes, anticongelantes, entre otros, forman parte de ellas. Pese a ello, en la región se cuenta con muy poca información de sus efectos. El objetivo principal de este proyecto fue el de evaluar algunas de las técnicas de mitigación de estrés utilizadas en la actualidad que pudiesen ser aplicables en las especies mencionadas basados en su susceptibilidad diferencial ante estrés ambiental.

1. EEA Bariloche INTA, Modesta Victoria 4450, C.P. 8400, S. C. de Bariloche, Río Negro. varela.santiago@inta.gob.ar

2. Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas, CONICET.

3. AER Tandil, EEA Balcarce INTA.

**Exceso de radiación:** un ejemplo de manejo de la radiación es el uso de arcillas minerales inertes, tales como la caolinita, que se aplica diluida en agua en el follaje de las plantas. Así, se forma una película en las hojas que aumenta la reflexión de la radiación y reduce la absorción de la luz. Se ha encontrado que la cobertura de las plantas con caolinita limita el estrés térmico y genera la absorción de agua en forma moderada. Esto reduce el daño por quemaduras de sol y además la limitación de la incidencia de algunas plagas.

**Mejora de la disponibilidad de agua en suelo:** los hidrogeles son polvos sintéticos superabsorbentes (generalmente constituidos por poli(acrilamidas)), que si bien son insolubles en agua, pueden absorberla llegando hasta 400 veces su propio peso, dejando la misma disponible para las plantas.

**Antitranspirantes y anticongelantes:** en relación a otro de los factores de estrés ambiental como lo son las heladas, existen emulsionantes orgánicos que pueden ser de utilidad. Estos productos se han utilizado en las plantas como un “esparcidor” de pesticidas y para alargar la vida de los insecticidas y fungicidas de aplicación foliar. Una vez aplicado y secado el producto, la película suave y flexible formada después de la pulverización reduce la pérdida de humedad a través del follaje de la planta. De este modo, esa misma película actúa como protección del daño causado por las heladas.

**Ensayos manipulativos y a campo:** durante los meses de octubre a abril de las temporadas 2012-2013, 2013-2014 y 2014-2015 se testearon las técnicas de mitigación mencionadas anteriormente en: **a)** ensayos manipulativos (temporada 2012-2013), en laboratorio bajo condiciones semi controladas y **b)** ensayos a campo (todas las temporadas) testeándose las técnicas de manera individual y combinadas. En este último tipo de ensayo se instalaron parcelas en tres sitios cercanos a: Junín de los Andes, Bariloche y El Bolsón. En la última temporada de registro se sumó adicionalmente a la especie nativa *Nothofagus obliqua* (roble pellín).

## RESULTADOS

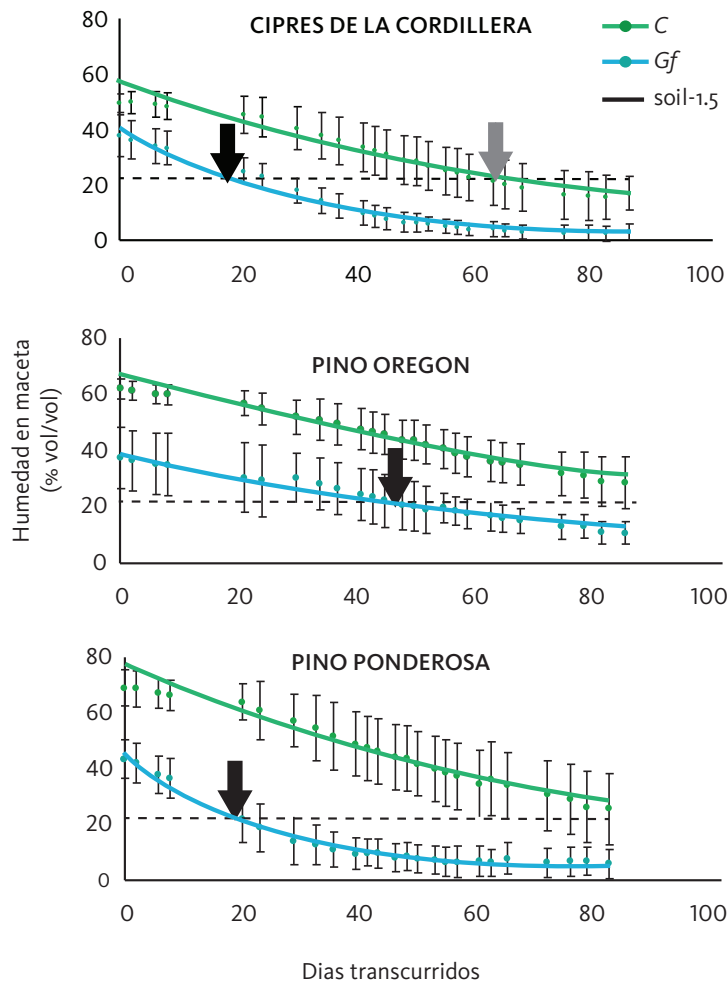
**Exceso de radiación:** los resultados de laboratorio y campo han demostrado que la tasa de fotosíntesis de las plantas tratadas con caolinita fueron mayores respecto a las plantas sin tratamiento. La caolinita generó incrementos del 31% en ciprés de la cordillera, 20% en pino oregón y 10% en pino ponderosa, respecto de las plantas testigo (sin aplicación de caolinita).

**Mejora de la disponibilidad de agua en suelo:** el volumen de agua en suelo en plantas sometidas a sequía tratadas con hidrogel fue mayor que en plantas testigo (sin aplicación de hidrogel). El hidrogel retrasó el momento del comienzo de estrés hídrico por 48 días en ciprés de la cordillera, 87 días en pino oregón y 74 días en pino ponderosa (Fig. 1). Adicionalmente pudo observarse una tendencia a mejorar el estado hídrico de plantas de ciprés de la cordillera tratadas en comparación a plantas testigo. Pese a ello, los resultados de las mediciones de conductancia estomática (indicador indirecto de las tasa de fotosíntesis) en plantas tratadas con hidrogel mostraron mayores valores en ciprés de la cordillera, similares en pino oregón, y menores en pino ponderosa respecto a mediciones en plantas control demostrando de esta forma que su efecto sería especie-específico.

**Antitranspirantes y anticongelantes:** Las experiencias llevadas a cabo en la región no han arrojado resultados satisfactorios con referencia a la protección contra heladas, pero sí como antitranspirante, principalmente en pino oregón, reduciendo su consumo de agua.



FIGURA 1.



**Figura 1.** Gráficos mostrando el retardo en el comienzo del estrés hídrico generado por el hidrogel para cada especie. La línea punteada en los gráficos muestra el “punto de marchitez permanente estándar” del suelo, lo que se relaciona con un valor de potencial hídrico del suelo de -1,5 MPa. Este punto de referencia no significa que llegado a este valor todas las plantas se marchiten, sino que sirve para estandarizar los resultados entre especies. Las flechas en los gráficos muestran el momento en que los valores de agua en las macetas de plantas testigo (flecha negra) y tratadas con hidrogel (flecha gris) llegan a dicho valor. Nótese que en el caso de plantas tratadas con hidrogel de pino oregón y pino ponderosa la llegada a dicho valor se daría aún luego de finalizado el tiempo de estudio evaluado.

**Ensayos a campo:** Los resultados no permiten presentar un resultado concluyente sobre el efecto de las diferentes técnicas de mitigación a nivel de especie bajo esta condición. Se destaca la observación en fechas aisladas, de una tendencia positiva del tratamiento de Caolinita y NU-FILM, tanto sobre los valores de crecimiento (altura y diámetro) y/o variables fisiológicas tales como las tasas de fijación de carbono en plantas de *A. chilensis*, *P. menziesii* y *N. obliqua*.

## CONCLUSIONES

Nuestros resultados sugieren que no es posible desarrollar un único paquete general de técnicas para optimizar el proceso de producción, plantación y prendimiento de las tres especies estudiadas. Esto se debe a que cada una tiene diferente susceptibilidad al estrés ambiental y, por lo tanto, distintos requerimientos. En el caso de pino ponderosa, la aplicación de hidrogel (en la dosis empleada) parecería ser perjudicial, generando quizás un exceso de agua para esta especie. Por otro lado, en el caso del ciprés de la cordillera, tanto la caolinita como el hidrogel tuvieron un efecto positivo, favoreciendo el proceso de fotosíntesis y con ello la fijación de carbono, que se traduce en mayor crecimiento. En cuanto a la técnica para la reducción de las heladas, no fue la adecuada para ninguna de las especies, pero parece ser positiva como un antitranspirante para pino oregón.

# PROYECTO DE INVESTIGACION APLICADA (PIA 10033)

## Consumo de agua en plantaciones de *Pinus taeda* L. en la zona noroeste de la provincia de Misiones

Gyenge<sup>1,2</sup> J., Keller A.E.<sup>3</sup>, Bulfe N.<sup>3</sup>

### INTRODUCCIÓN

Con la continua reducción de los bosques naturales del mundo, las plantaciones forestales han cobrado mayor relevancia en países que, como el nuestro, cuentan con altas tasas de crecimiento de algunas coníferas y latifoliadas exóticas. En este sentido, es importante destacar el incremento de productividad logrado en las forestaciones mediante el mejoramiento genético y prácticas de manejo, las que pueden alcanzar el doble de productividad que sus tratamientos testigos. En términos generales, se asocia una mayor tasa de crecimiento con un mayor uso de los recursos y/o una mayor eficiencia en su uso y/o cambios en la distribución del carbono fijado por la fotosíntesis. Por lo tanto, el estudio de la capacidad de los individuos de adquirir y usar dichos recursos, permitirá entender y modelar su producción bajo distintos escenarios ambientales. El uso de agua por un cultivo está determinado por varios factores, entre los cuales se mencionan las características del suelo, densidad del cultivo, genotipo, interceptación del agua por las raíces y proporción de suelo explorado. Esta variedad de factores proporcionan diversas oportunidades de manejar el uso del agua.

El pino taeda (*Pinus taeda* L.) es la especie forestal más cultivada en la provincia de Misiones, alcanzando más de 200.000 ha de superficie bajo este uso. En general, la sociedad ha mostrado interés sobre el impacto que las plantaciones puedan tener sobre los recursos naturales. En especial, uno de los mayores intereses radica en determinar el efecto de la introducción de las forestaciones sobre los cursos de agua. Así, conocer el consumo de agua de esta especie es fundamental para poder planificar el uso del suelo a futuro considerando los posibles impactos en el ambiente, más aún, al considerar las predicciones de cambio climático realizadas para la región. Por otro lado, y centrándonos en un marco productivo, es necesario determinar el efecto de la disponibilidad de agua y la capacidad de esta especie de hacer uso de ella, en el marco del desarrollo de normas de manejo forestal sustentable. De esta manera, es necesario determinar el uso del agua y la capacidad de producir madera en la medida que los árboles crecen, teniendo en cuenta los distintos tipos de manejo de las masas forestales (baja densidad para sistemas agroforestales, forestales tradicionales y cortinas forestales) propios de la región. Este PIA tuvo tres objetivos específicos destinados a 1) estimar el consumo de agua en plantaciones de pino taeda de diferentes edades y manejos e intentar encontrar algunas relaciones con variables del rodal que permitan realizar estimaciones de uso del agua a nivel agregado, 2) relacionar el consumo de agua con la productividad (eficiencia en el uso del agua) de rodales sometidos a distintos tipos de manejos silvícolas, 3) parametrizar un modelo de procesos ecofisiológicos que permitan estimar la productividad y uso de los recursos bajo distintos escenarios.

### METODOLOGÍA

Las mediciones se llevaron a cabo en 10 rodales pertenecientes a un ensayo de materiales genéticos y diversas plantaciones comerciales de pino taeda, ubicadas en la zona noroeste de la provincia de Misiones. Estos rodales se ubicaron en sitios

1. Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas, CONICET.. javier\_gyenge@yahoo.com

2. AER Tandil, EEA Balcarce INTA. Gral. Rodríguez 370, (7000), Tandil, Buenos Aires.

3. Ing. Ftal. Investigador INTA EEA Montecarlo. Av. El Libertador 2472 (3384) Montecarlo, Misiones. Email keller.aldo@inta.gob.ar; bulfe.nardia@inta.gob.ar

de distinta productividad y fueron sometidos a distintos tipos de manejo forestal (baja y alta densidad, manejo tradicional y una cortina forestal).

La tasa de consumo de agua a nivel de árbol se estimó mediante la técnica de disipación de calor. La cantidad de árboles medidos por rodal varió entre 7 y 15 individuos (dependiendo en parte de la densidad de la plantación), abarcando desde los más pequeños hasta los más grandes encontrados en un radio máximo recomendado para el sistema de medición utilizado.

Definimos como eficiencia en el uso del agua al volumen de madera producida por un rodal ( $\text{m}^3 \text{año}^{-1}$ ) en relación a la cantidad de agua consumida por los mismos ( $\text{mm} \text{año}^{-1}$ ). La productividad de los rodales se estimó a partir de las mediciones dasométricas pertinentes en los rodales en donde se instaló el equipo para medir consumo de agua.

El modelo seleccionado para ser parametrizado se denomina 3PG (physiological principles predicting growth; Landsberg & Waring, 1997). El mismo fue seleccionado ya que es un modelo relativamente simple, que no demanda muchos parámetros comparado con otros modelos de procesos. Una versión del modelo ha sido desarrollado en Excel® (3PGpjs v 2.4), pudiendo ser cambiadas las macros originales en caso de ser necesario. A partir de la incorporación de valores locales de ciertos parámetros obtenidos en el marco de la tesis de Maestría de Aldo Keller (tesis no publicada), más datos obtenidos a partir de distintas fuentes locales (por ejemplo, información de base para el desarrollo del PlaForNEA), las predicciones del modelo 3PG han sido cotejada contra valores de inventarios forestales y a la vez, contra los resultados arrojados por el simulador PlaForNEA<sup>1</sup>. A partir de esta comparación, y teniendo en cuenta la sensibilidad del modelo a ciertas variables, se cambió el valor de algunas variables para lograr una mejora en la estimación realizada por el modelo.

## RESULTADOS Y CONCLUSIONES

El consumo de agua de los individuos estuvo estrechamente relacionado con su tamaño, consumiendo un total de entre 5 y 60 litros de agua por día los individuos con un dap de alrededor de 10 y 40 cm, respectivamente (Figura 1). Sin embargo, es importante resaltar que, en términos generales, ante tamaños similares, los individuos con un menor grado de mejora genética (APS) muestran mayores valores de consumo de agua (Figura 1).

En cuanto al uso del agua a nivel de rodal, se observó una relación positiva, así como también, una tendencia a un comportamiento diferencial entre los orígenes genéticos, al relacionar los consumos promedio de las parcelas ( $\text{mm} \text{día}^{-1}$ ) y su área basal y la cantidad de individuos (Figura 2). A nivel agregado, las parcelas medidas sometidas a un manejo de baja densidad (silvopastoril) han presentado los menores valores de consumo de agua, seguido por los sistemas forestales tradicionales y la cortina de alta densidad (Figura 2 derecha), aunque a nivel individual no pareciera haber diferencias en el consumo diario de agua entre los manejos silvícolas, en relación al diámetro de los árboles, salvo la tendencia generada producto del material genético. En este sentido, a efectos de estimar el consumo de agua de las cortinas forestales en relación con su verdadera ocupación del terreno, habría que tomar el consumo de agua promedio en función del diámetro del árbol y multiplicarlo por la cantidad total de árboles presentes por hectárea. De la comparación realizada entre datos de parcelas permanentes en plantaciones de pino taeda, salidas del simulador PlaForNEA y el modelo 3PG parametrizado a tal efecto se puede observar que es factible realizar buenas estimaciones de crecimiento con el uso de este modelo de procesos (Figura 3).

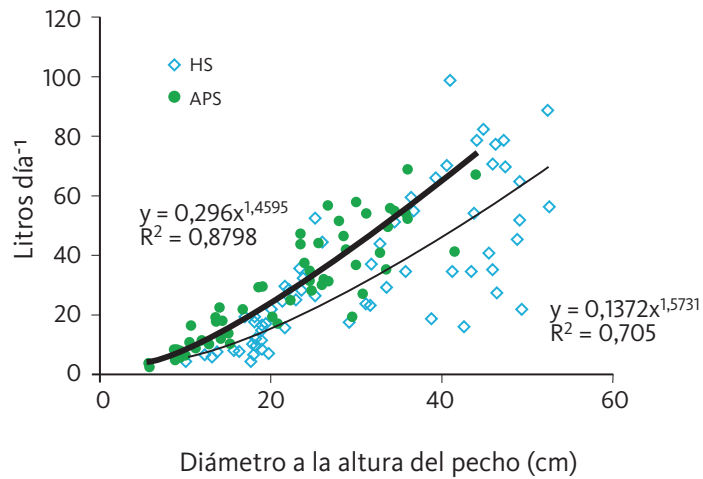
---

1. [www.plafornea.com.ar](http://www.plafornea.com.ar)

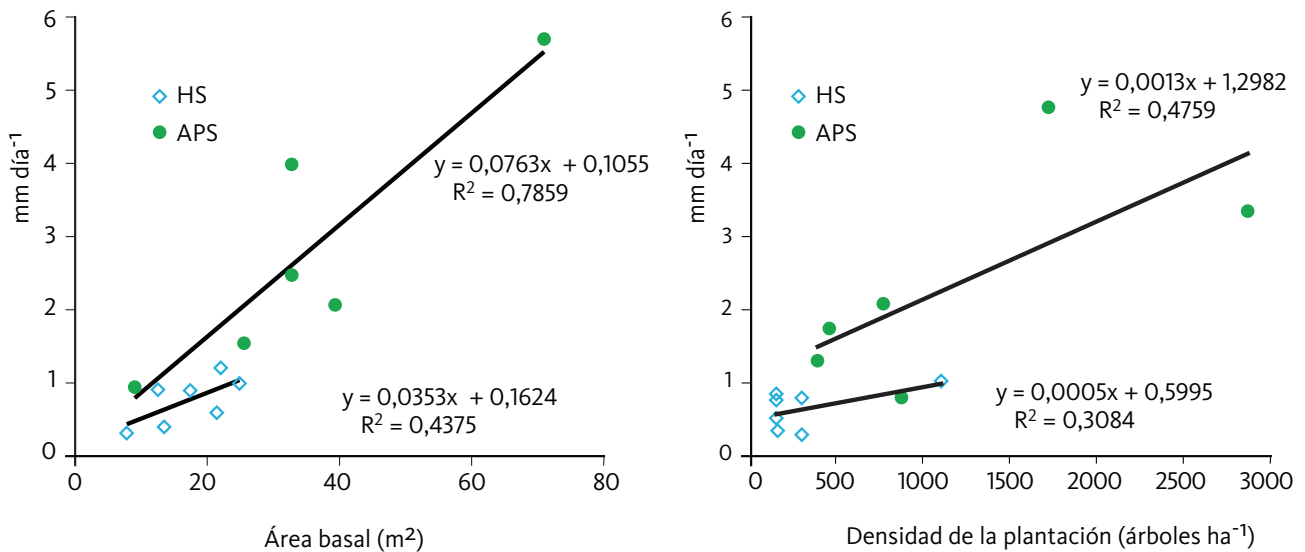
**Figura 1:** Relación entre el consumo de agua de árboles de *P. taeda* (litros día<sup>-1</sup>) con su diámetro a la altura del pecho discriminando el origen genético de los individuos (HS y APS significan huerto semillero y área productora de semillas, respectivamente).

**Figura 2:** Relación entre el uso del agua de rodales (mm día<sup>-1</sup>) de *P. taeda* y el área basal del rodal (izquierda) y la densidad de árboles de cada parcela (derecha), discriminado por origen genético.

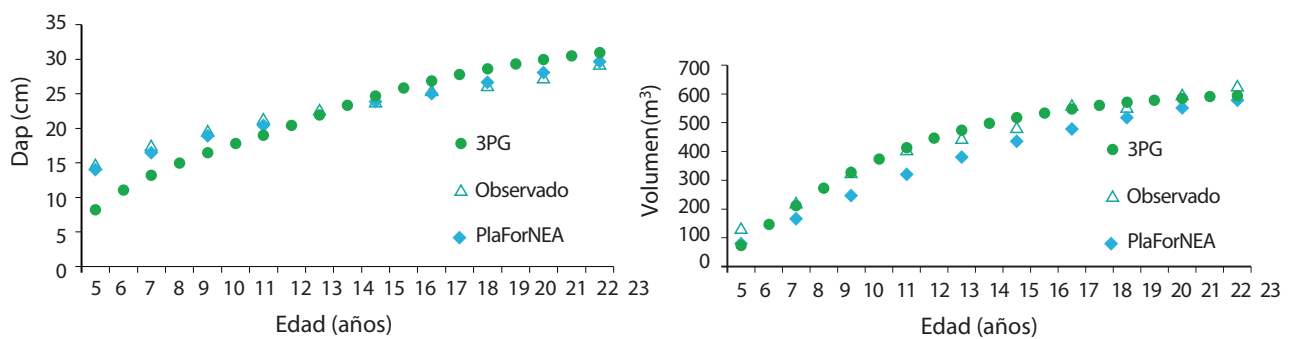
**FIGURA 1.**



**FIGURA 2.**



**FIGURA 3.**



**Figura 3:** Comparación de estimaciones del crecimiento de plantaciones de *P. taeda* utilizando diferentes modelos. Diámetro a la altura del pecho (cm) (izquierda) y volumen total con corteza (derecha), uno de los casos analizados.

## PROYECTO DE INVESTIGACION APLICADA (PIA 10034)

# Efecto de la disponibilidad hídrica (sequía y anegamiento) y la incidencia de roya sobre la productividad de distintos clones de álamos en el delta del Paraná

Alvarez <sup>1</sup> J.A, Graciano <sup>2</sup>, C., Gortari <sup>2</sup> F., Gyenge<sup>3</sup>, J.E

## INTRODUCCIÓN

La forestación con salicáceas asciende a 80.000 ha y constituye la principal actividad productiva del Bajo Delta del Río Paraná. En esta región, las inundaciones afectan la productividad del álamo, y es por esto que los mismos se plantan principalmente en campos endicados. Durante la estación de crecimiento, los sistemas protegidos pueden presentar un amplio rango de disponibilidad hídrica en el suelo, dado que las precipitaciones muestran un promedio anual cercano a los 1000 mm pero su distribución es muy variable y los episodios de sequía durante el verano son frecuentes. A su vez, las islas presentan un relieve irregular, con sectores bajos donde se acumula el agua generando anegamiento temporal del sector radical y reducción en la disponibilidad de oxígeno. Por lo tanto, es factible que las forestaciones de álamo estén expuestas a condiciones de estrés hídrico tanto por exceso como por defecto en función del clima, el relieve, la protección de las inundaciones y el manejo de agua que realiza el productor. Por otro lado, estos tipos de estrés pueden interactuar con la roya del álamo (*Melampsora medusae*). Estos 3 factores se encuentran entre los más relevantes al momento de evaluar las limitaciones de la productividad del álamo, sin embargo, aún no se ha caracterizado el comportamiento ecofisiológico de los clones más difundidos en la región, su capacidad de aclimatación a exceso o déficit hídrico y si estas condiciones favorecen la infección con roya. Comprender dichos procesos es relevante para los productores y técnicos de la región, quienes deben decidir que material plantar en los distintos ambientes, como así también para los programas de mejoramiento genético que podrían incluir nuevas variables de selección clonal, evaluar su plasticidad en distintos ambientes o utilizar esta información en la selección de material parental para los cruzamientos controlados.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Los ensayos de estrés por inundación y déficit hídrico se realizaron en las instalaciones de la EEA Delta del Paraná (INTA), su duración fue de un período de crecimiento y se realizaron a partir de estacas de 4 clones comerciales de álamo: *Populus deltoides* clon 'Australiano 129/60', 'Carabelas INTA' y 'Stoneville 67' y *P. x canadensis* 'Ragonese 22 INTA'. Comprenderon 3 niveles de disponibilidad hídrica: a) capacidad de campo (contenido volumétrico  $\approx 0,3$ ); b) déficit hídrico (riego cuando el contenido volumétrico baja hasta 0,15); c) Anegamiento (3 cm de agua sobre el nivel del suelo). Se midió diámetro y longitud del tallo, asignación de materia seca a los distintos compartimentos (raíces, tallo, ramas, pecíolos y hojas), área foliar total y específica; funcionalidad del tejido xilemático (conductividad hidráulica y vulnerabilidad a cavitación del tallo); cambios en el tamaño y número de vasos y en la densidad básica de la madera; discriminación isotópica de <sup>13</sup>C en madera como estimador indirecto de eficiencia en el uso del agua; ajuste osmótico en las hojas; y en

1. INTA EEA Delta del Paraná alvarez.javier@inta.gob.ar

2. INFIVE (CONICET- FCAyF-UNLP).

3. CONICET – Oficina Tandil - INTA EEA Balcarce.

el caso de inundación, se determinó la presencia de raíces adventicias y lenticelas hipertrofiadas como respuesta adaptativa. Para registrar la magnitud del estrés generado por cada tratamiento se construyeron curvas de conductancia estomática vs potencial hídrico a lo largo del día. Para evaluar la interacción del estrés hídrico con la infección por roya, se utilizaron 2 clones de *P. deltoides* contrastantes en términos de susceptibilidad a roya, 'Onda' (alta susceptibilidad) y 'Australiano 106/60'. Los 3 niveles de disponibilidad hídrica mencionados se combinaron con 2 niveles de incidencia de roya (con y sin roya). Se midió el nivel de incidencia de roya, el daño en el fotosistema II, la conductancia estomática y la asignación de materia seca entre compartimentos.

## RESULTADOS

**Efecto del estrés por déficit hídrico e inundación en 4 clones de álamo:** La inundación afectó en gran medida a la productividad y supervivencia de los clones evaluados (Tabla 1). La supervivencia varió en función del clon y fue cercana al 90% en A, 80% en S, 55% en R y 45% en C. Estas diferencias pueden radicar en el mayor desarrollo de lenticelas hipertrofiadas y en el desarrollo, aunque escaso, de raíces adventicias en A y S. Dado que todos los clones redujeron al mínimo sus funciones fisiológicas y tuvieron problemas de vuelco por pérdida de raíces, se considera a todo el material como poco tolerante a la inundación. En contraposición, los clones desarrollaron estrategias de aclimatación a la sequía. Redujeron la superficie foliar a partir de la reducción del tamaño de las nuevas hojas y, en el caso de los clones de *P. deltoides*, mediante la pérdida de hojas del tercio inferior de la copa. R perdió menor cantidad de hojas y junto a A fueron los clones que lograron mantener un balance positivo entre expansión y pérdida de área foliar durante el período de estrés. El clon C fue el más afectado en este sentido. Por otra parte, los *P. deltoides* generaron tallos con mayor capacidad de abastecer con agua a las hojas aunque el intercambio gaseoso fue condicionado principalmente por los tratamientos (CC > S > I) y no hubo diferencias claras entre clones. En términos generales, las diferencias más relevantes en favor de A se dieron en la eficiencia de crecimiento, es decir en la capacidad de generar materia seca que tuvo cada cm<sup>2</sup> de hoja. El alto contenido de N en las hojas y su mayor eficiencia en el uso del mismo podrían explicar esta respuesta.

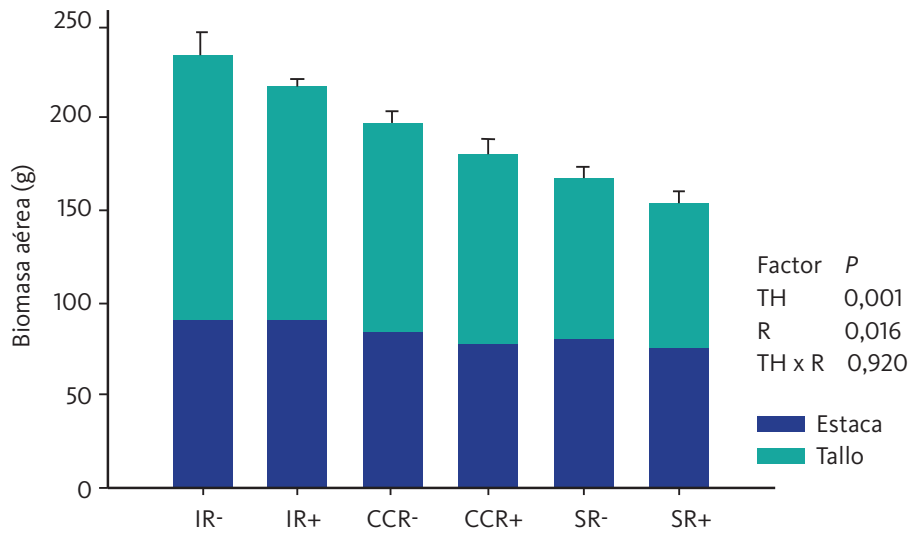
**TABLA 1**

	Promedio 3 Ambientes	Capacidad de Campo	Déficit hídrico	Inundación
Supervivencia	-	-	-	A > S > R > C
Biomasa Total (g)	A > R = C = S	A = C = R > S	A = C = R > S	A = R = C > S
Biomasa Tallo (g)	A = S = R > C	A = S > C > R	A = S = R = C	R = A = S = C
Biomasa Raíz (g)	A > C = R = S	A > C = R = S	A = C = R = S	A > C = R = S
Área Foliar (cm <sup>2</sup> )	C = S = R > A	S = C = R > A	A = S = C = R	C = R = S > A

**Tabla 1:** Ranking de clones (de mayor a menor) para cada variable y ambiente evaluado. Los clones de *Populus deltoides* se abreviaron como A: 'Australiano 129/60'; C: 'Carabelas INTA', S: 'Stoneville 67'; y R: *P. x canadensis* clon 'Ragonese 22 INTA'. Los símbolos mayor (>) o igual (=) se colocaron en función de los resultados del ANOVA para cada variable. Los clones a la derecha del > presentan desempeño significativamente menor.

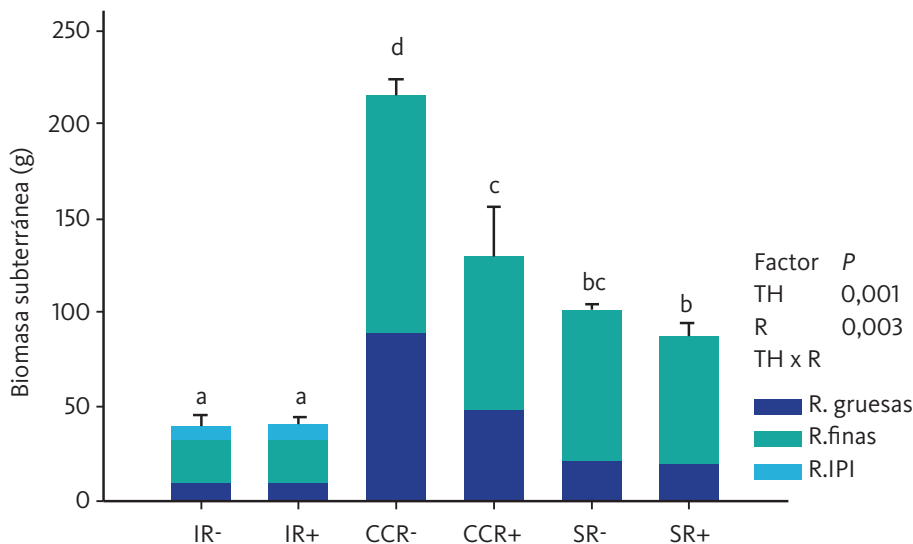
**Interacción entre estrés hídrico e infección con roya del álamo:** Ambos factores, tratamiento hídrico (TH) y roya (R), tuvieron efecto sobre la producción de biomasa aérea siendo el primero de mayor importancia que la roya (Figura 1). La sequía afectó a la producción aérea mientras que la inundación mantuvo valores similares al control (Figura 1). Sin embargo, a nivel de raíces la inundación generó una reducción de biomasa mayor a la sequía. En el caso de la roya solo afectó significativamente a las raíces de las plantas a capacidad de campo (Figura 2). En conclusión, el efecto de la roya sobre la producción de biomasa no fue exacerbado por el déficit hídrico o la inundación (como se esperaba) y presentó menor magnitud que estos últimos. Solo tuvo un efecto marcado en las plantas sin limitaciones hídricas donde redujo la producción de raíces.

**FIGURA 1.**



**Figura 1:** Biomasa aérea (g) de los tratamientos con roya (R+), sin roya (R-), inundación (I), capacidad de campo (CC) y sequía (S). Sobre el margen derecho se observa el ANOVA, resaltando en negrita los factores que fueron estadísticamente significativos. ( $p < 0,05$ ).

**FIGURA 2.**



**Figura 2:** Biomasa subterránea (g) para los tratamientos con roya (R+), sin roya (R-), inundación (I), capacidad de campo (CC), y sequía (S). Compartimentos: raíces gruesas (R. gruesas), finas (R. finas) y raíces inducidas por la inundación (R. IPI). Sobre el margen derecho se observa el ANOVA, resaltando en negrita los factores estadísticamente significativos. Letras diferentes representan diferencias significativas entre los tratamientos.



## PROYECTO DE INVESTIGACION APLICADA (PIA 10054)

### Cambios climáticos y plantaciones forestales en el norte de la Patagonia: una evaluación de futuros escenarios

Amoroso, M.M.<sup>1,2</sup>, Marcotti, E.<sup>1</sup>, Boninsegna, J.<sup>1</sup>, Villalba, R.<sup>1</sup>, Mundo, I.<sup>1</sup>, Suarez, M.L.<sup>1</sup>, Letourneau, F.<sup>3</sup> y Rezzano, C.<sup>2</sup>

## INTRODUCCIÓN

El cambio hacia el uso de especies nativas en plantaciones forestales en lugar de especies exóticas de rápido crecimiento, trae consigo múltiples beneficios como minimizar el riesgo ecológico por el escape de especies exóticas y reducir el daño potencial al ataque de plagas que comúnmente afectan forestaciones extensivas con exóticas. El ciprés de la cordillera (*Austrocedrus chilensis* (D. Don Pic. Ser. et Bizzarri) es una de las especies de mayor importancia económica de los bosques Andino-Patagónicos. Su amplio rango de distribución y su adaptación a condiciones extremas de aridez la convierten en una especie de alto potencial para plantaciones en estos ambientes. Esto, junto a experiencias de plantaciones que demuestran su alto potencial, ha llevado a que el ciprés haya sido incluido en programas nacionales de domesticación y conservación de especies forestales nativas.

Los cambios climáticos tienen el potencial de alterar el funcionamiento de los ecosistemas a través de impactos directos sobre el crecimiento y estructura de los bosques, determinando cambios en la dinámica de la poblacional de los mismos. En el contexto de los cambios climáticos recientemente registrados y considerando los previstos en relación al calentamiento global durante el siglo XXI (incremento de las temperaturas de verano entre 2° y 3° C), existe una enorme preocupación sobre los efectos potenciales que estos tendrán sobre los ecosistemas boscosos a nivel global. Ya existen claras evidencias de que la cordillera de los Andes está experimentando cambios ambientales sin precedentes y esto tendrá importantes consecuencias sobre los bosques Andino-Patagónicos. Dada su ubicación dominante en el límite este, en contacto con la estepa, los bosques de ciprés de la cordillera constituyen uno de los tipos forestales que más podría ser afectado por estos cambios.

Frente al deterioro y la pérdida de masa forestal de los bosques nativos por la acción de diversos disturbios, resulta indispensable incrementar nuestro conocimiento sobre la dinámica de esta especie para ser usado con fines de restauración y en forestaciones comerciales. Sin embargo, sin la capacidad de anticiparse a los cambios futuros en el clima y sus impactos negativos sobre estas plantaciones en el futuro, se corre el riesgo de no poder contar con la información necesaria para mitigar estos efectos. Por esto, es indispensable conocer la respuesta del ciprés a los cambios en los factores climáticos condicionantes del crecimiento y poder determinar los sitios más seguros para su establecimiento y crecimiento, y así poder establecer políticas de adaptación y sistemas de manejo de esta especie en forestaciones frente al cambio climático. Este proyecto de investigación aplicada, plantea estudiar la respuesta del ciprés de la cordillera a los cambios de los estados medios y los eventos extremos del clima en su rango de distribución para poder determinar los umbrales de crecimiento que permitan establecer las áreas aptas para el cultivo de esta especie en forestaciones en el Norte de Patagonia durante el siglo XXI. Para ello, evaluamos la influencia de las variaciones climáticas durante el siglo XX sobre

**1.** Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas, Instituto Argentino de Nivología, Glaciología y Ciencias Ambientales, Av. Ruiz Leal s/n Parque Gral. San Martín, CP 5500, Mendoza, Argentina. mamoroso@mendoza-conicet.gob.ar.

**2.** Universidad Nacional de Río Negro.

**3.** Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria.

los patrones de crecimiento y mortalidad del ciprés de la cordillera, considerando los diferentes ambientes del gradiente andino de precipitación donde crece. Una vez establecidos estos umbrales de crecimiento, se utilizaron los escenarios climáticos futuros del modelo regional PRECIS (escenario de emisiones A2) para el periodo de 2070-2100, a partir de los cuales se construyeron mapas de las áreas más aptas para plantaciones de esta especie.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Los bosques de interés son los bosques de ciprés de la cordillera en Argentina desde su límite este de distribución en el ecotono estepa-bosque (extremo xérico, 600 mm de precipitación), pasando por los bosques méxicos, hasta los bosques mixtos con coihue en el límite oeste (extremo húmedo, 2000 mm). El área de estudio de este proyecto se concentró entre los 40° y 42° de latitud sur. Con el fin de obtener cronologías de ciprés de diferentes poblaciones a lo largo del gradiente pluviométrico donde se distribuye, se trabajó a lo largo de dos transectas (oeste-Este) en las aéreas de Confluencia-Traul (provincia de Neuquén, transecta norte) y El Maitén-El Bolsón (provincia de Río Negro, transecta sur). Se muestrearon 22 sitios para confeccionar cronologías de ancho de anillos obtenidas a partir de muestras de barreno, 11 para la transecta norte y 11 para la transecta sur. Las cronologías fueron confeccionadas siguiendo procedimientos estándar en dendrocronología: las muestras fueron fechadas visualmente y los anchos de anillos fueron posteriormente medidos con una precisión de 0,001 mm. La calidad del fechado se verificó mediante el programa COFECHA y posteriormente cada serie de ancho de anillos fue estandarizada mediante el empleo de curvas exponenciales negativas y regresiones lineales para generar cronologías (promedio de las series) de cada sitio. Las cronologías fueron confeccionadas con el programa ARSTAN 4.1.

Con el objetivo de evaluar el grado de similitud entre cronologías y poder agruparlas según su crecimiento, se utilizaron análisis de componentes principales (ACP) y análisis de correlación. Con el objetivo de determinar la influencia de los factores climáticos (precipitación y temperatura) en el crecimiento del ciprés, se emplearon funciones de correlación. Los datos climáticos utilizados provinieron de registros instrumentales mensuales (temperatura media y precipitación total) correspondientes a estaciones meteorológicas de la zona y a *datos grillados* obtenidos de la Unidad de Estudios Climáticos de la Universidad de East Anglia (CRU) de libre disponibilidad. El uso combinado de los datos climáticos, la respuesta a los cambios de los estados medios y extremos (sequías) del clima y las tasas de crecimiento, permitieron determinar umbrales de crecimiento para establecer áreas aptas para el cultivo del ciprés en forestaciones.

Los escenarios climáticos futuros para la región de distribución del ciprés se elaboraron a partir de la regionalización de Modelos de Circulación General de la Atmósfera, utilizando el modelo de alta resolución británico PRECIS (resolución horizontal de 25 km.) desarrollado por el Departamento de Geofísica de la Universidad de Chile. El horizonte temporal fue el periodo 2070-2100, tomando como línea base la climatología de los años 1961-1990. Como escenario climático futuro, se utilizó el escenario de emisiones sin estabilización en las concentraciones de gases efecto invernadero en este siglo (A2). Estas simulaciones fueron utilizadas, para construir la variación espacial del índice de aridez para el periodo de 2070-2100. Finalmente, se combinaron los umbrales de sensibilidad climática del crecimiento de la especie,

la variación espacial del índice de aridez y variables topográficas como la altitud, la orientación y la pendiente para estimar el impacto de las condiciones climáticas futuras sobre el crecimiento radial del ciprés en el norte de la Patagonia. Estos análisis resultaron en diferentes mapas indicando las áreas más aptas para las plantaciones de esta especie, es decir, sitios más seguros para el establecimiento y crecimiento en forestaciones en los Andes Patagónicos

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El análisis del grado de similitud del crecimiento radial de las cronologías, agrupó a los sitios en relación al gradiente de precipitación para ambas transectas, es decir, se observaron dos claros grupos conformados por los sitios húmedos por un lado y los sitios mésicos y secos por otro lado. Un análisis regional (todos los sitios muestreados) agrupó a los sitios húmedos de ambas transectas y los sitios mésicos de la transecta sur por un lado, dejando la totalidad de los sitios secos y mésicos de la transecta norte por otro lado. Esto estaría explicando las condiciones más xéricas del norte y este dentro de la distribución de la especie.

La respuesta del crecimiento radial a las variaciones medias del clima mostró en general asociaciones negativas con la temperatura y positivas con la precipitación como fuera reportado en estudios previos. Para ambas transectas estudiadas se observó que las temperaturas elevadas durante el mes de diciembre de la estación de crecimiento, se asocian significativamente con una disminución en el crecimiento radial del ciprés. Particularmente para los sitios mésicos, las altas temperaturas al final del verano (febrero-marzo) pueden también afectar negativamente el crecimiento. Las precipitaciones, en términos generales, exhibieron una asociación positiva con el crecimiento, siendo las lluvias de noviembre, diciembre y enero, particularmente, las más importantes para el crecimiento del ciprés a lo largo de su distribución. En relación a la respuesta del crecimiento dentro del gradiente pluviométrico, los sitios que reciben menor precipitación anual (extremo este) presentaron una señal más débil tanto para la temperatura como para la precipitación en la transecta sur. Para la transecta norte, por otro lado, se observó que aquellos sitios que reciben mayor precipitación (extremo oeste) responden en mayor magnitud a la precipitación del mes de diciembre, mientras que los sitios más secos responden significativamente y en mayor medida a las precipitaciones de finales de primavera y verano (noviembre, diciembre, enero y febrero). Esto último, podría explicarse como una mayor respuesta y mayor sensibilidad del crecimiento del ciprés frente al recurso limitante agua.

La respuesta del crecimiento a las variaciones extremas del clima (sequías), varió dentro del gradiente pluviométrico y entre las diferentes sequías para las dos transectas estudiadas. Teniendo en cuenta las sequías más significativas del siglo pasado (años 1942-43, 1962, 1975, 1978-79, 1998-99), observamos que tanto para el norte como el sur, la mayor disminución del crecimiento se observó en el año de ocurrencia de las sequías, siendo este efecto menor en el año posterior. En términos generales, mientras que en la transecta norte los sitios que reciben menor precipitación (extremo este) fueron los más afectados, en la transecta sur los sitios mésicos y húmedos (sector medio y extremo oeste) exhibieron una mayor disminución del crecimiento.

Las simulaciones de las variaciones climáticas futuras del modelo regional PRECIS basadas en el escenario de emisiones A2 indicaron que para la ventana tempo-

ral de 2070-2100, la precipitación media para el periodo de octubre-diciembre va a disminuir en forma significativa en un orden del 25 % con respecto a la precipitación actual. El análisis se enfocó para estos meses ya que como fuera reportado previamente, la precipitación de los meses de octubre-noviembre, fueron significativamente determinantes del crecimiento radial del ciprés. La mayor diferencia con las condiciones climáticas actuales, según este modelo, se observará en el sector de la transecta sur y en menor medida en el sector norte en donde si bien se prevé una disminución de la precipitación, no será tan acentuada como en el sector sur. La disminución de la precipitación anual para la misma ventana temporal futura se prevé en un orden del 15%. Respecto de la temperatura media de los meses de octubre-diciembre para el periodo de 2070-2100, el modelo predice un aumento de la misma de aproximadamente 3.2° a 4.0° C en el área de la transecta norte, siendo los incrementos menores en el sector sur. Para la temperatura media anual, se prevé un patrón semejante de aumento de 3°C dentro de las mismas áreas. Combinando las predicciones para ambas variables, se prevé que las condiciones de mayor déficit hídrico se darán en el sector sur, es decir, las condiciones más favorables para el crecimiento futuro de la especie ocurrirán en el sector norte.

Tomando en cuenta el crecimiento radial de la especie y su relación con el clima pasado se calcularon umbrales de sensibilidad climática determinando que para el rango de distribución estudiado, la especie presenta un crecimiento aceptable por encima de un índice de aridez de -1.5 a -2.0, siendo la variación en el crecimiento mínima a medida que las condiciones de aridez disminuyen. Esto resulta de la plasticidad de esta especie para poder seguir creciendo aún con condiciones de menor aridez. Finalmente, se construyeron diferentes mapas indicando las áreas más aptas para plantaciones de esta especie. Estos mapas resultan de la utilización conjunta de los umbrales de sensibilidad climática del crecimiento de la especie, la variación espacial del índice de aridez para el periodo de 2070-2100 dentro del área estudiada y variables topográficas como la altitud, la orientación y la pendiente.

## CONCLUSIONES

- La información generada por este proyecto permitirá detectar sitios prioritarios y/o favorables para la instalación de futuras forestaciones de ciprés de la cordillera, a fin de optimizar su crecimiento en relación a los cambios futuros del clima y las diferentes áreas donde la especie se distribuye naturalmente.
- Asimismo, esta información podrá ser utilizada para evaluar y priorizar forestaciones con fines de restauración o restitución de la especie en ambientes degradados o recientemente incendiados.
- Los mapas elaborados permitirán guiar forestaciones de esta especie, pero también podrán servir como guía para otras especies que se utilicen en forestaciones del norte de la Patagonia.

## PROYECTO DE INVESTIGACION APLICADA (PIA 10092)

### Herramientas para zonificar la calidad de sitio de pino ponderosa y sitios especiales para especies forestales de alto valor maderable en Neuquén

Gabriel A. Loguercio<sup>1,2</sup>, L. La Manna<sup>2,3</sup>, H. Gonda<sup>1,2</sup>, D. Mohr Bell<sup>1</sup>, L. Heitzmann<sup>1</sup> y C. Frugoni<sup>4</sup>

## INTRODUCCIÓN

La provincia de Neuquén posee extensas áreas forestables degradadas por sobrepastoreo y cerca de 50.000 ha de bosques plantados, siendo la especie principal el pino ponderosa. Conocer la calidad de sitio de dichas tierras, como expresión de su productividad, es importante para orientar el uso del suelo y los objetivos de las plantaciones, sean para la producción de madera, con destino silvopastoril y/o para la provisión de otros servicios ecosistémicos (conservación del suelo, protección de infraestructura, paisaje, etc.). Por otro lado existe un interés creciente por diversificar las plantaciones y antecedentes que indican que ciertas especies de alto valor maderable (*Fraxinus exelsior*, *Prunus avium*, *Sorbus torminalis*, *Robinia pseudoacacia*, *Larix decidua*, *Pinus silvestris*, entre las principales), presentan buenos crecimientos, aunque son exigentes en cuanto a sitios. No obstante, aún no se dispone de una herramienta práctica para evaluar y cuantificar a escala de paisaje las áreas con potencial para realizar forestaciones con dichas especies. Los objetivos de este estudio fueron: **1-** Elaborar funciones de predicción del índice de sitio ( $IS_{20}$ ) y del índice de entrenudos (IE) de pino ponderosa para las áreas libre de bosque en la provincia de Neuquén, en base a variables ambientales de relativamente fácil obtención, **2-** Producir una cobertura de calidades de sitio de pino ponderosa de las tierras forestables a nivel provincial aplicando las ecuaciones desarrolladas y **3-** Elaborar una herramienta para evaluar y mapear tierras forestables con especies de alto valor maderable, en base a imágenes satelitales y datos de terreno.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Calidad de sitio de pino ponderosa en tierras forestables

En rodales de pino ponderosa se midió una selección de 66 parcelas permanentes existentes y 49 nuevas temporales distribuidas en una amplitud de sitios contrastantes a nivel provincial (total 115 parcelas). Se registraron las coordenadas geográficas, los DAPs, se determinó el Índice de entrenudos (IE) (largo de los 5 entrenudos por encima de 1,3 m) y el Índice de sitio ( $IS_{20}$ ), como estimadores de la calidad sitio. Además se relevó la exposición, pendiente, altitud, profundidad efectiva y pedregosidad del suelo. Se tomaron muestras a distintas profundidades (0-20, 40-60 y 80-100 cm). Se determinó la densidad aparente, el pH<sub>Na</sub> (estimador de la presencia de aluminosilicatos amorfos en suelos volcánicos) y las constantes hídricas (capacidad de campo y punto de marchitez permanente (PMP)). Utilizando una cobertura de isohietas e isotermas facilitada por el Laboratorio de imágenes de EEA-INTA Bariloche, se estimó la precipitación media, temperatura media y mínima media anual. Se efectuaron análisis de correlación simple y de regresión lineal múltiple entre el IE,  $IS_{20}$  y las variables de localización, geoforma y del suelo. Por último se elaboró una cobertura digital de calidades de sitio a nivel provincial utilizando una de las funciones elaboradas.

1. Centro de Investigación y Extensión Forestal Andino-Patagónico. [gloguercio@ciefap.org.ar](mailto:gloguercio@ciefap.org.ar) ;

2. Universidad de la Patagonia San Juan Bosco;

3. Consejo Nacional de Investigación Científica y Técnica, 4 Asentamiento Universitario San Martín de los Andes, Universidad Nacional del Comahue

## Tierras forestables con especies de valor

Se trabajó en un área piloto (39°30´ y 40°05´ Lat. S.; límite del bosque nativo y 70°40´ Long. O).

Considerando la climotoposecuencia de formación de los suelos volcánicos de la región, se realizó una estratificación de geoformas del paisaje en base a un proceso de segmentación orientada a objetos de imágenes satelitales y un Modelo Digital de Elevación ASTER de 30 m. Las exposiciones se clasificaron en: N: 275°-35°, E-SE: 35°-180° y O-SO: 180°-275°. Las clases de pendiente fueron: Planicies:  $\leq 3^\circ$ ; Laderas Suaves:  $3^\circ$ - $10^\circ$ ; Laderas Medias:  $10^\circ$ - $20^\circ$ ; Laderas Pronunciadas:  $>20^\circ$ . Además las Planicies y Laderas se clasificaron en Cóncavas y Convexas. Se ubicaron al azar 179 puntos accesibles del terreno en los que se determinó: la profundidad efectiva del suelo, exposición, pendiente y, mediante apreciación visual, si la forma era cóncava o convexa. Bajo el supuesto que las geoformas favorables para especies de valor son E-SE (en base al modelo de climotoposecuencia de formación de suelos en la región), se seleccionaron polígonos accesibles de dichas geoformas, describiendo perfiles en 13 calicatas y 24 puntos adicionales de chequeo de la profundidad del suelo. La comparación de variables del suelo entre geoformas se realizó mediante ANOVAs.

## RESULTADOS

### Análisis de correlación y regresión para predecir la calidad de sitio de pino ponderosa

Las variables ambientales presentaron mayor correlación con el  $IS_{20}$  que con el IE. La longitud decimal, la profundidad del suelo, la precipitación media anual y el pHNa presentaron valores de  $r= 0,37$ - $0,53$  y con la temperatura media  $r= -0,47$ . A continuación se presentan 2 de las ecuaciones ajustadas para la predicción del  $IS_{20}$ ; la primera se utilizó para elaborar la cobertura de calidades de sitio a nivel provincial. La segunda es más precisa, pero se requiere de muestreo de suelos.

**TABLA 1**

Nº	Función de predicción	N	r <sup>2</sup>	EMC
1	$IS_{20} = 17,3368 + 5,2871 \text{ Cos} (\text{Exp} - 105,44) \text{ Pend}\% - 4,2162 \text{ Pend}\% - 0,0656 \text{ TM}^2 + 2,0434 \text{ TMIN} - 0,4005 \text{ TMIN}^2 + 0,00000058 \text{ PMA}^2$	115	0,561	3,10
2	$IS_{20} = 5,0595 + 4,0603 \text{ Cos} (\text{Exp} - 96,21) \text{ Pend}\% - 2,2563 \text{ Pend}\% - 0,0488 \text{ TMIN} - 0,2711 \text{ TMIN}^2 + 5,9495 \text{ P\_suelo} - 1,7661 \text{ P\_suelo}^2 + 0,7723 \text{ pHNaF} \cdot 1$	115	0,663	2,43

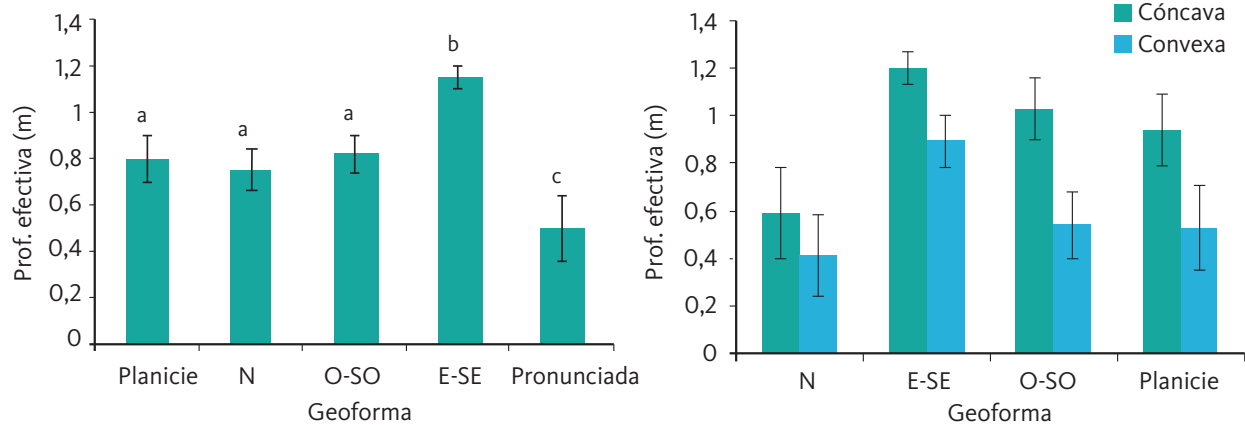
Aclaración: Cos= coseno; Exp: exposición (°); Pend%: pendiente en %; TM= temperatura media (°C); TMIN: temperatura mínima (°C); PMA: precipitación media anual (mm/a); P\_suelo: profundidad efectiva del suelo (m)

A nivel provincial existirían 1,3 millones de ha forestables libres de bosque nativo, cuyas calidades de sitio ocupan I: 28.333 ha, II: 400.203 ha, III: 633.013 ha y IV: 238.772 ha. La calidad de sitio I está inserta en la matriz de bosque nativo, mientras que es discutible la aptitud productiva de la calidad de sitio IV. Las calidades II y III expresan el mayor potencial productivo de la provincia.

### Tierras forestables con especies de valor exigentes en sitio

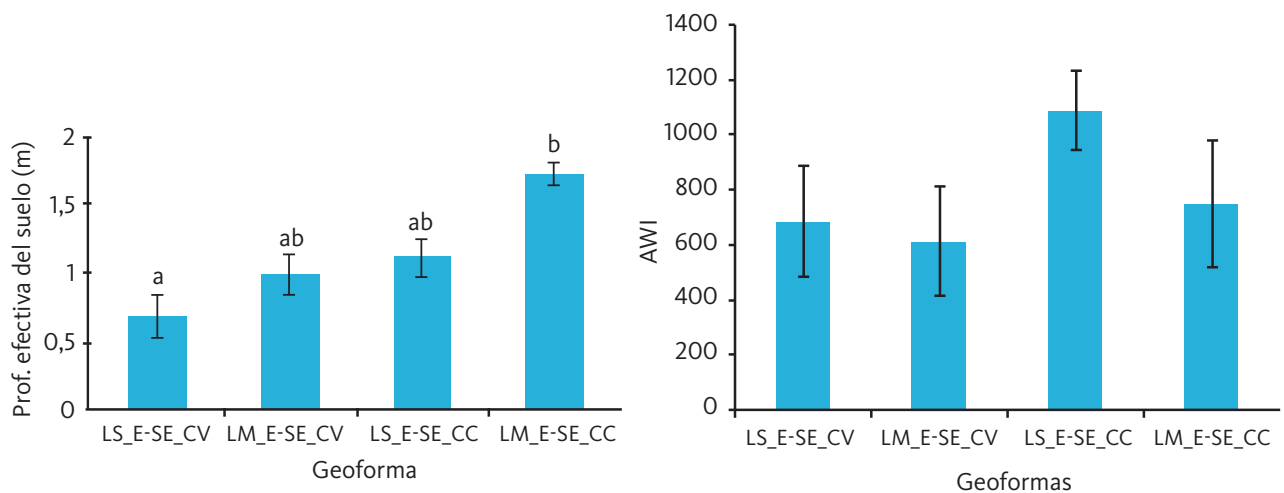
Del análisis de las profundidades del suelo y los valores de pHNa asociados a la precipitación media anual (PMA), pudieron identificarse tres zonas. Donde la PMA es >1000 mm/año todas las geoformas presentaron en general suelos profundos (>1m), alofanizados ( $pHNa \times 2 > 9,2$ ), con alta capacidad de retención de agua y humedad en el perfil del suelo a fines del verano por encima del PMP. Si bien las laderas E-SE tendieron a presentar las mayores profundidades ( $2,1 \pm 0,35m$ ), no difirieron significativamente de las otras exposiciones. Con PMA <1000 mm, las geoformas E-SE tuvieron suelos significativamente más profundos que las demás exposiciones (Figura 1, izq.), siendo en las formas cóncavas más profundos en todas las exposiciones (Figura 1, der.). Los sitios evaluados con PMA <600 mm/año no presentaron aluminosilicatos amorfos ( $pHNa < 9,2$ ) y su humedad al fin de la estación seca estuvo siempre muy cercana, o incluso por debajo del PMP, de modo que dichas áreas no serían aptas para especies de alto valor.

**FIGURA 1.**



**Figura 1:** Profundidad del suelo en planicies y laderas (izq) y geoformas cóncavas y convexas (der.) Distintas letras indican diferencias significativas ( $p < 0,05$ ).

**FIGURA 2.**



**Figura 2:** Profundidad efectiva (izquierda) y AWI (derecha) de las geoformas E-SE.  $AWI = DH * PMA$ , siendo AWI=índice de disponibilidad de agua, DH=Agua disponible en el perfil, PMA=precipitación media anual. Letras distintas significan diferencias significativas. ( $p < 0,05$ ).



Dentro del rango de PMA entre 1000 y 600 mm/año y en exposiciones E-SE (más profundas), las laderas suaves y medias cóncavas presentaron profundidades promedio >1 m, superiores a las convexas (Figura 2, izquierda). A su vez, la disponibilidad de agua tendió a ser mayor en las laderas suaves cóncavas (Figura 2, derecha). Se observó además, que el suelo del pie de monte hasta 100 m desde la planicie, incluso en geoformas desfavorables, también fue profundo ( $1,45 \pm 0,53$ ).

La superficie forestable con PMA >1000 mm/año resultó en 3.456 ha y entre 600-1000 mm/año en las laderas cóncavas con exposición E-SE 15.007 ha (de las cuales 64% son laderas suaves).

## DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

La variabilidad de la calidad de sitio de pino ponderosa en Neuquén fue explicada por la profundidad del suelo, la precipitación media (o el pHFNa), la temperatura media, mínima media anual y el efecto combinado de la exposición y la pendiente. La productividad en la provincia es mayor a la observada al sur (ej. pcia. del Chubut), destacándose la calidad de sitio II con 400 mil ha. Fue factible ajustar un método simple para identificar sitios favorables (profundidad >1m, con alta capacidad de almacenar agua) para especies de valor a través de las geoformas en un área piloto. Con el procedimiento utilizado se puede preseleccionar áreas a nivel de paisaje, que deben complementarse con muestreos puntuales a nivel predial para excluir pedregos y otras limitaciones. Para extrapolar la metodología a otras áreas de la provincia, debería corroborarse que la situación geomórfica y edáfica sea similar a la analizada.

## PROYECTO DE INVESTIGACION APLICADA (PIA 10095)

### Estudio de la sustentabilidad ambiental de plantaciones de *Eucalyptus grandis* bajo diferentes condiciones de manejo en el noreste de Entre Ríos

Goya, JF; Arturi, MF; Sandoval, DM; Pérez, C & Frangi, JL

## INTRODUCCIÓN

El cambio de uso de suelo de sistemas de pastizales a plantaciones forestales podría tener efectos significativos sobre los almacenajes de carbono y nutrientes del suelo y la biomasa. Numerosos estudios encuentran que el uso forestal continuo puede reducir la calidad de sitio y disminuir la productividad, principalmente en suelos arenosos, debido a la exportación de nutrientes provocada por el aprovechamiento y turnos de corta menores a la rotación ecológica.

La provincia de Entre Ríos presenta condiciones climáticas y edáficas favorables para la implantación de especies forestales de alta productividad. Estas plantaciones se extienden en una franja de 20 km paralela a la costa, en suelos arenosos, que resultan los mejores para la especie en la zona del Río Uruguay, bien drenados aunque con bajos contenidos de materia orgánica y nutrientes (Dalla Tea y Marcó, 1996; Golfari, 1985). La especie más cultivada en las forestaciones comerciales es *Eucalyptus grandis*, la evolución de la superficie forestada manifiesta fluctuaciones en relación con las condiciones del mercado registrándose un aumento de casi el 30% entre los años 2002 y 2006 (Aguer y Mestres, 2007). Si bien estas plantaciones forman parte del paisaje en el noreste de Entre Ríos desde hace más de cinco décadas y son la base de una de las actividades productivas que caracterizan la región, recientemente han comenzado a ser fuente de preocupación por parte de las comunidades locales debido a los potenciales efectos de estas plantaciones sobre el medio ambiente (Díaz *et al.*, 2006).

El crecimiento de estas plantaciones así como el efecto de estas sobre el suelo son dependientes de la silvicultura aplicada. Entre otras cosas, resulta relevante si la plantaciones son repobladas por rebrote o por replantación debido a diferencias en las tasas iniciales de crecimiento y en consecuencia en la acumulación de carbono y nutrientes en la biomasa y el manejo de los residuos (Graciano *et al.*, 2007). El análisis de las plantaciones actuales de diferentes edades, en suelos con diferente número de cosechas previas y con diferente tipo de manejo, permite estimar la relación de todas esas variables con el carbono y los nutrientes de la biomasa y el suelo.

En este trabajo se plantearon los siguientes objetivos: 1 Cuantificar la variación de carbono y nutrientes (N, P, K, y Ca) en el suelo y en la biomasa de plantaciones a lo largo del ciclo de cultivo y de sucesivas rotaciones, asociada a los tratamientos silvícolas de repoblación (replantación y rebrote) y la incidencia de los tratamientos poscosecha. 2 Analizar la dinámica espacial y temporal del establecimiento de plantaciones de *Eucalyptus grandis* en el NE de Entre Ríos, entre 1980 y 2010.

Laboratorio de Investigación de  
Sistemas Ecológicos y Ambientales  
(LISEA) Facultad de Ciencias Agrarias  
y Forestales. Universidad Nacional  
de La Plata. [jgoya@agro.unlp.edu.ar](mailto:jgoya@agro.unlp.edu.ar)

## MATERIALES Y METODOS

Se construyó una cronosecuencia mediante la selección de rodales de diferentes edades asumiendo que representan distintos estados de desarrollo de un mismo rodal. Esta selección implica la consideración de las siguientes restricciones (Ranger *et al.*, 1995): (1) los rodales elegidos deben ser de la misma especie y poseer la mayor homogeneidad genética posible; (2) los rodales deben estar situados en las mismas condiciones ecológicas (topografía, tipo de suelo, régimen hidrográfico, entre otras); (3) todos los rodales deben poseer la misma historia de tratamientos silviculturales. Se seleccionaron 30 rodales de diferentes edades (entre 3 y 14 años), método de repoblación y ciclos de cosecha previos. Para cada rodal, se establecieron parcelas rectangulares de 10 x 5 árboles. En estas parcelas se determinó la estructura y biomasa forestal. Se muestrearon pastizales sobre suelos similares a los forestados en las cercanías de los rodales muestreados. De esta manera se llevo a cabo un análisis comparativo de las tendencias en las propiedades del suelo en cuanto al contenido de carbono orgánico (CO) y, para este trabajo, nutrientes como N y P.

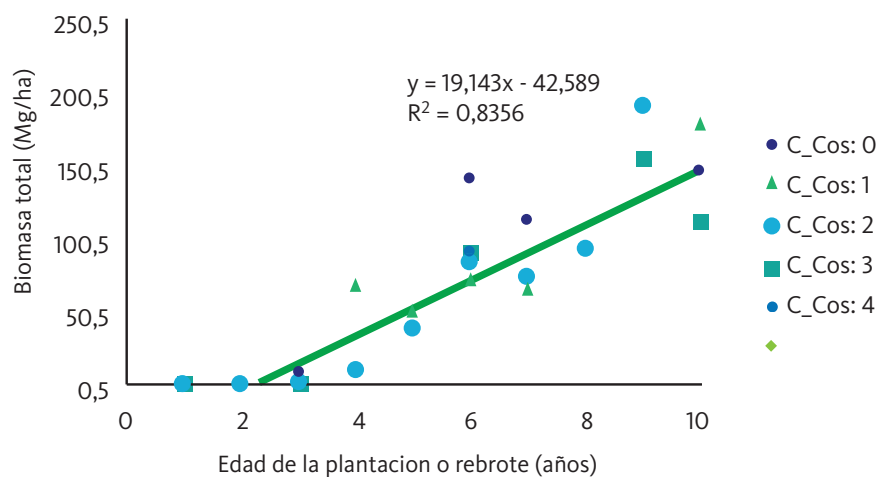
En relación a la dinámica temporal se seleccionó un área de 115,03 km<sup>2</sup> localizadas en el extremo NE del departamento de Colón (31°48'17.23" S y 58°11'23.44" O). Se evaluó el cambio en el uso del suelo en el área de estudio para el período 1985-2008 a partir de la digitalización de 715 polígonos, en su mayoría rodales de *Eucalyptus spp.*, sobre una imagen LANDSAT 5 TM y otra CBERS-2B HRC del 21 y 23 de marzo de 2008, respectivamente. Se establecieron clases de uso del suelo distinguiendo: (0) pastizal/suelo desnudo, (1) plantaciones de *Eucalyptus spp.*, (2) plantaciones de *Citrus spp.*, (3) plantaciones de *Pinus spp.* La superficie relevada fue de aproximadamente 4100 ha.

### Análisis estadístico

El efecto de la edad, el número de rotaciones, el método de repoblación así como la diferencia entre pastizales y plantaciones se evaluaron mediante modelos lineales que incluyeron variables cuantitativas y variables nominales en la forma de variables indicadoras (Faraway, 2006).

## RESULTADOS Y DISCUSION

FIGURA 1.

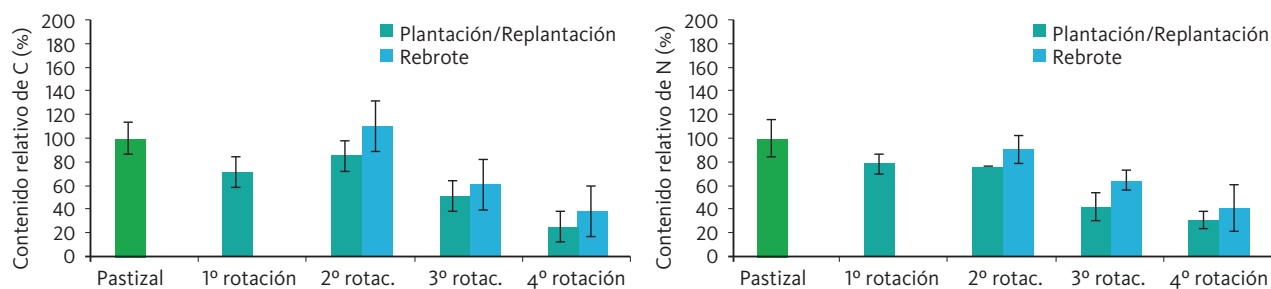


**Figura 1.** Biomasa seca total en Mg·ha<sup>-1</sup> de los rodales de *E. grandis* para cada edad, categorizados por ciclos de cosecha previos. C\_Cos: ciclos de cosecha previos

No se observó una disminución significativa de los rendimientos a lo largo de las diferentes situaciones de manejo en la biomasa aérea de estas plantaciones (Figura 1), aunque se reconoce una tendencia a menores valores con dos o más rotaciones. Lo cual podría atribuirse a que el suelo ha mantenido durante varios años su capacidad productiva en términos de producción de biomasa. En estas plantaciones la producción de biomasa no declinante podría vincularse con la disponibilidad de otros nutrientes tales como P y estar menos relacionada directamente con el contenido de materia orgánica del suelo.

Se observó una disminución del C y N edáfico con los ciclos de cosecha, contrariamente con el ascenso de ambos elementos con la edad dentro de cada turno, esto sugiere que el proceso de preparación del terreno y manejo de los residuos de cosecha podrían ser una causa cierta de la falta de acumulación de los mismos a lo largo de las rotaciones. En el primer ciclo de plantación el contenido de C y N en el suelo es aproximadamente 20% menor que en los pastizales. Tesón (2011) estimó una reducción del 11% anual en los primeros tres años de instalación de plantaciones de *E. grandis* en el área de estudio. A su vez, en los tratamientos con rebrote se observa que la reducción del C y N del suelo no fue tan marcada como en las replantaciones, lo que estaría vinculado a la menor incidencia del laboreo y manejo de los residuos (Figura 2).

**FIGURA 2.**



**Figura 2.** Cambios en el contenido de C y N a lo largo de 4 ciclos de plantación, estimados como el contenido de C y N en el suelo de las plantaciones dividido el contenido de C y N en el suelo de los pastizales, expresado como porcentaje. Las líneas verticales indican el error estándar.

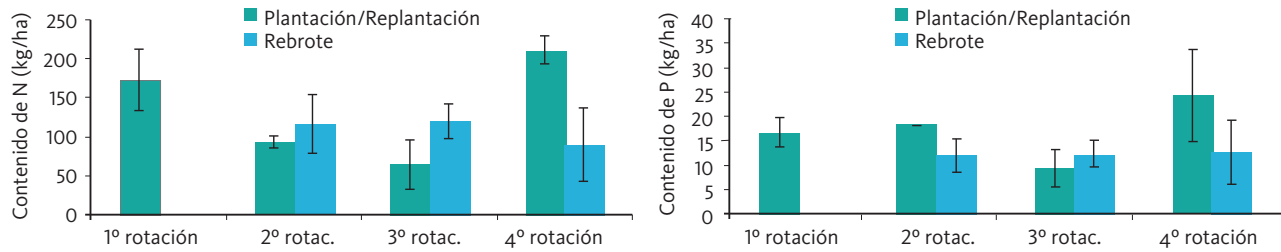
### Concentración y contenido de nutrientes en la biomasa

En relación a las concentraciones de los nutrientes en las hojas y en el fuste (mg/g) se observó que presentaron mayores valores en los tratamientos de rebrotes que en las plantaciones de primera rotación y una tendencia a disminuir con la edad, a su vez mostraron una relación positiva con los ciclos de cosecha. Es decir mayores concentraciones con el aumento de los ciclos de cosecha. En cuanto a los contenidos de nutrientes en la biomasa aérea (kg/ha) se observó un comportamiento similar para todos los nutrientes analizados, es decir un aumento con la edad y una disminución con los ciclos de cosecha. La magnitud del almacenaje de nutrientes en la biomasa aérea a su vez, varió con diferentes variables edáficas dependiendo del nutriente considerado Figura 3 para el caso de N y P.

### Variación de la superficie forestada

Se relevaron 4135,8 ha en las que se pudo observar que para los períodos considerados existe un aumento considerable de la superficie ocupada por plantaciones

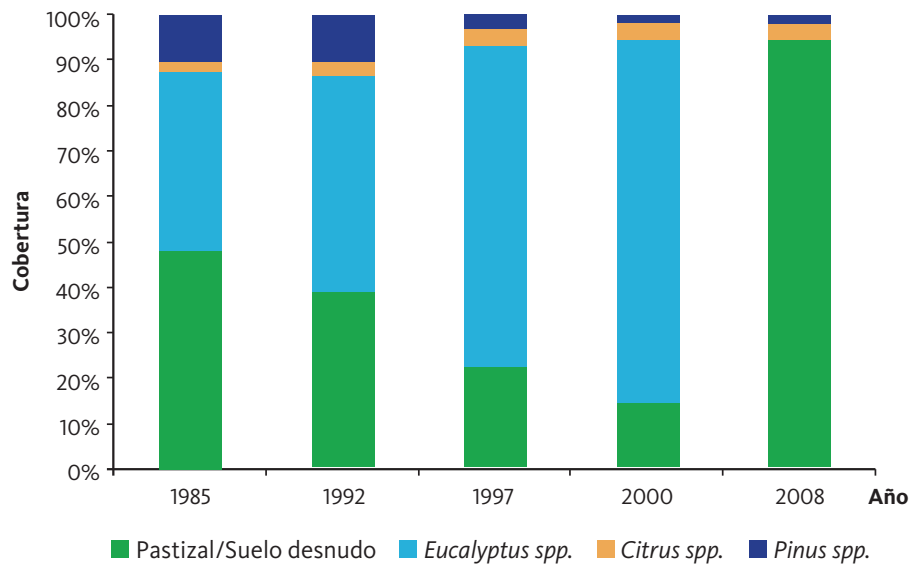
**FIGURA 3.**



de *Eucalyptus spp.*, una merma importante del porcentaje de ocupación por pastizales y un área aproximadamente constante de plantaciones de *Pinus spp.* y *Citrus spp.* a partir de 1997, con una reducción en el período 1992-1997 (Figura 4).

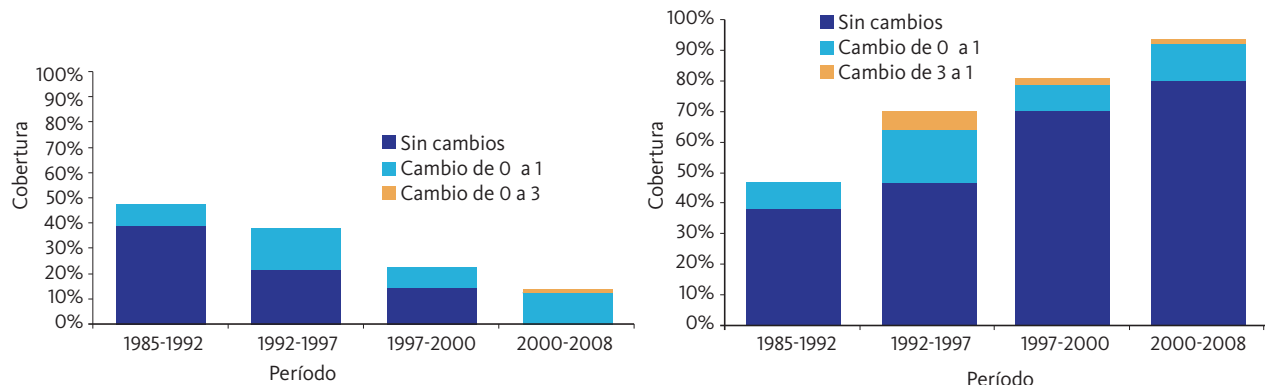
**Figura 3.** Valores de contenido de N y P en la biomasa aérea a lo largo de 4 ciclos de plantación y para los diferentes tratamientos analizados. Las líneas verticales indican el error estándar.

**FIGURA 4.**



**Figura 4.** Porcentajes de cobertura del suelo para cada año de las diferentes clases de uso observadas.

**FIGURA 5.**



**Figura 5.** Porcentajes de cambio mayores al 1% de cobertura de las clases de uso del suelo (a) pastizales y (b) *Eucalyptus spp.* para cada período. o: Pastizal, 1: *Eucalyptus spp.* y 3: *Pinus spp.*

El balance porcentual de superficie que indica la matriz de cambio de uso del suelo posibilita la cuantificación del traspaso entre cada clase para cada época. En general se reconoce una transferencia neta importante de las clases de uso pastizal y *Pinus spp.* hacia *Eucalyptus spp.*, para el primer caso en los períodos 1992-1997 y 2000-2008 del 16,64% y 12,56%, respectivamente, y para el segundo entre los años 1992 y 1997 del 6,6%, en el mismo sentido, para el período 2000-2008 se registra un avance del 1,5% del pino sobre los pastizales (Figura 5). Se observa también que no hay cambios significativos en la superficie ocupada por *Citrus spp.*

## CONCLUSIONES

1. En términos de C en el sistema, la conversión del pastizal produjo un aumento significativo en el componente aéreo (biomasa aérea) coincidiendo con el patrón característico de las forestaciones en tanto sumideros de carbono.
2. El reemplazo de la vegetación de pastizal por plantaciones de *Eucalyptus grandis* conduce a una reducción del C orgánico y el N en los suelos mestizos. Las causas de este cambio incluyen al efecto de los requerimientos de nutrientes de los árboles de crecimiento rápido y de otros procesos ecosistémicos que se modifican como consecuencia del reemplazo de la vegetación, como también, a aquellos ligados a las distintas etapas del manejo (preparación del terreno, tratamientos intermedios, cosecha y tratamiento pos-cosecha, duración del turno y número de rotaciones.
3. Dentro de cada rotación se ha observado una tendencia a la recuperación de los niveles de C y N en los suelos, sin que esto implique alcanzar los niveles observados en los pastizales reemplazados.
4. Una de las consecuencias de los puntos anteriores es que la plantación de *E. grandis* en suelos mestizos desmejora el contenido de N y C de suelos y el acortamiento de los turnos agravaría la situación edáfica.
5. En los suelos el contenido de C y nutrientes en general disminuye con el número de rotaciones. Esto plantea el interrogante de hasta cuándo se podrá mantener una productividad elevada con el manejo actual, o será necesario analizar otras estrategias económica y ecológicamente viables en el campo de los sistemas silviculturales, entre las que se encuentran la aplicación de técnicas menos agresivas de preparación del terreno, como del manejo de los residuos de cosecha, los abonos y/o la selección de especies frugales eficientes en el uso de nutrientes y agua.
6. En el período 1985-2008 se observa un importante avance de la superficie implantada con *Eucalyptus spp.* sobre los pastizales y las plantaciones de *Pinus spp.* en particular entre los años 1992-1997 con tasas de traspaso de 137,64 y 54,48 ha/año respectivamente. La modelización de la distribución espacial de las transformaciones del paisaje puede derivar en un análisis detallado de los mecanismos que las determinan y de las consecuencias que puedan tener sobre diferentes procesos biológicos y/o socio-económicos.

## PROYECTO DE INVESTIGACION APLICADA (PIA 10101)

# Impacto de la intensidad del raleo en plantaciones forestales sobre la biodiversidad del sotobosque y la regulación del ciclo del agua en el norte de Misiones

Paula Campanello<sup>1\*</sup>, Carolina Trentini<sup>1</sup>, Mariana Villagra<sup>1</sup>, Oscar Lezcano<sup>1</sup>, Guillermo Goldstein<sup>2</sup>

## INTRODUCCIÓN

La preservación y el aumento de la biodiversidad se han convertido en objetivos del manejo forestal debido a la pérdida de especies y la simplificación de la estructura y función de los ecosistemas a nivel mundial. Entre las prácticas silviculturales tradicionales, el raleo se ha asociado con el incremento en la cantidad y calidad de madera producida. El raleo puede además aumentar la biodiversidad y la superficie de hábitat para la fauna a la vez que disminuye las probabilidades de incendio en ciertas condiciones. El raleo ejerce efectos diversos en el sotobosque que se relacionan con la intensidad del disturbio en el dosel, en la vegetación herbácea y arbustiva, y en el suelo forestal. La respuesta de la vegetación del sotobosque depende de los cambios en las condiciones ambientales, de la composición de especies previa al raleo, y de características reproductivas y rasgos funcionales particulares de las especies presentes y las que colonizan luego del disturbio.

En Misiones las plantaciones forestales ocupan aproximadamente un 12% de la superficie provincial y muchas veces actúan como buffers de las áreas de bosque nativo. Las plantaciones de pino (particularmente *Pinus taeda*) son las de mayor importancia ocupando una superficie aproximada de 302.383 ha, lo cual equivale al 82% de la superficie forestada según el último inventario forestal provincial de 2009-2010. El raleo en plantaciones de *P. taeda* tiene un impacto importante en la acumulación de biomasa y carbono en el sotobosque debido al mayor desarrollo de la vegetación en comparación con plantaciones sin raleo.

Si bien las áreas protegidas son la herramienta básica para la conservación de la biodiversidad, este mecanismo es insuficiente, por lo que las áreas bajo uso productivo podrían complementar la función de las áreas protegidas, a través de un manejo sustentable que tenga en cuenta la conservación de la biodiversidad, a la vez que el desarrollo de vegetación nativa en las plantaciones permitiría mantener algunos procesos y funciones ecológicas clave para el mantenimiento de la calidad y productividad de los suelos. El objetivo general de este proyecto fue evaluar los efectos del raleo en plantaciones de *P. taeda* sobre la diversidad específica y funcional del sotobosque y aspectos clave del ciclo hidrológico. En este trabajo resumimos algunos de los resultados obtenidos.

## MÉTODOS

### Diseño experimental

El estudio se basó en un diseño en bloques aleatorizados en 3 plantaciones en el norte de Misiones (Esperanza Centro y Delicia 18) cercanas a remanentes de bosque nativo, de la misma edad (7 años al momento del raleo a fines del año 2012). Dentro

1.Laboratorio de Ecología Forestal y Ecofisiología, Instituto de Biología Subtropical, CONICET-Facultad de Cs. Forestales, Universidad Nacional de Misiones, \*pcampanello@yahoo.com

2.Laboratorio de Ecología Funcional, IEGEBA, CONICET-Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad de Buenos Aires



de cada plantación se establecieron tres parcelas correspondientes a dos tratamientos de raleo (30% y 50%) y un control (Tabla 1), las mismas se encontraban en todos los casos a menos de 50 m del bosque nativo. Se excluyeron de las mediciones las vías de saca de manera de tener condiciones homogéneas en las subparcelas.

**TABLA 1**

Plantación	Tratamiento	Arboles ha <sup>-1</sup> 2012	Arboles ha <sup>-1</sup> 2015
Palmital 17	R30%	924	862
	R50%	762	731
	R0% (control)	1383	1277
San Juan	R30%	924	800
	R50%	718	702
	R0% (control)	1483	1266
Palmital 16	R30%	909	870
	R50%	806	788
	R0% (control)	1549	1318

**Tabla 1.** Denominación de las plantaciones (bloques) y tratamientos del estudio. Se indica la abundancia de pinos por hectárea en cada situación luego del raleo a fines del año 2012 y a mediados del año 2015.

### Relevamientos de diversidad del sotobosque

Con anterioridad a las operaciones de raleo se realizó un relevamiento de la vegetación del sotobosque y la cobertura de ramas, troncos y suelo desnudo en los 3 bloques mediante los métodos de Braun-Blanquet y de número de toques en 20 subparcelas de 2x2 m por tratamiento (180 subparcelas en total). Se estimó la cobertura por especie de todas las plantas en dichas subparcelas. Cuando no fue posible determinar la especie se colectó material cercano a la subparcela y se herborizó para ser determinado en el futuro. Con los datos relevados por subparcelas se construyeron curvas de rarefacción (curvas relacionando el número de especies y la cantidad de parcelas relevadas) que permitieron evaluar la riqueza en las plantaciones. Los muestreos permitieron identificar un total de 120 especies, pertenecientes a mayoritariamente a las siguientes familias: Fabaceae, Sapindaceae, Pteridaceae, Boraginaceae, Poaceae y Dryopteridaceae. Estos relevamientos fueron repetidos cada 6 meses desde abril del año 2013 hasta junio de 2015.

### Evapotranspiración en las plantaciones

Durante el año 2013 y 2015 se midió el flujo de agua en los pinos mediante el método de disipación de calor constante. Cada tres meses se midió el diámetro de 10 individuos de *Pinus taeda* dentro de cada subparcela para conocer los cambios en las tasas de transpiración a lo largo del tiempo. Para estimar la interceptación de agua por el dosel se colocó un recipiente por subparcela en todas las parcelas y 3 recipientes en un área sin cobertura arbórea para conocer el volumen de agua que llegó al dosel.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Diversidad del sotobosque

Las plantaciones presentaron diferente riqueza de especies, la cual estuvo relacionada directamente con el grado de conservación de los bosques cercanos a las mismas. Luego de dos años de tratamiento se detectó un mayor número de toques con vegetación en las parcelas raleadas con respecto al control. El porcentaje de sitios sin vegetación fue mayor en el control apenas 6 meses luego de aplicado los tratamientos. Dicha diferencia se mantuvo a lo largo del tiempo. Las parcelas raleadas tuvieron una mayor riqueza de especies (44 especies para el R30% y R50% y 20 especies para el R0%) y también de formas de vida (Figura 1), en ambos casos además la equitatividad fue mayor en las parcelas raleadas. La diversidad estimada por el índice de Fisher alfa fue de 7 para las parcelas raleadas y 3.6 para el control.

### Evapotranspiración en las plantaciones

Tanto el agua transpirada por los árboles como la interceptación del dosel cambiaron a lo largo del tiempo, a medida que los tratamientos se diferenciaron en cuanto a tamaño de árboles e índice de área foliar (área foliar por m<sup>2</sup>). Durante el primer año luego del raleo el agua consumida por árbol fue superior en el tratamiento de R50% con respecto al R0% debido al mayor tamaño de los árboles (el DAP se correlaciona positivamente con el área de xilema activo en el tronco). Sin embargo, debido a la diferencia en la densidad de individuos el agua consumida por unidad de superficie plantada fue superior en el control respecto al R50% (1.7 mm día<sup>-1</sup> y 1.4 mm día<sup>-1</sup> respectivamente). A su vez, el R0% tuvo un mayor porcentaje de agua de precipitación interceptada por el dosel en comparación al R50% (29% y 20% respectivamente). El tratamiento de R30% mostró valores intermedios. En la Tabla 2 pueden compararse los mismos datos obtenidos para los primeros seis meses del año 2015 (tercer año post-raleo). Por un lado, no hubo diferencias en el porcentaje de agua interceptada por el dosel entre tratamientos. Sin embargo, estos valores fueron significativamente superiores que los obtenidos en bosques nativos cercanos, los cuales tuvieron un promedio de 10% de agua interceptada. El agua transpirada por unidad de superficie fue mayor en la parcela de R50%, seguida por el R0% y por último el R30%. La eficiencia en el uso del agua de las plantaciones (estimada como la relación entre el incremento en área basal por hectárea entre enero y junio de 2015 en relación al agua consumida en el mismo período) fue mayor para el R50%, ya que a pesar de utilizar más agua los árboles crecieron el doble en el R50% con respecto al control. De acuerdo a otro estudio que realizamos en un bosque nativo muy bien conservado dentro del Parque Nacional Iguazú con 480 árboles ha<sup>-1</sup> (incluyendo palmeras), el bosque nativo puede alcanzar valores de transpiración de unos 840 mm. Es decir que al inicio del raleo, en las plantaciones de entre 7 y 8 años el agua transpirada era menor que en el bosque nativo, sin embargo a la edad de 10 años las plantaciones con R0% y R50% consumen más agua. Si sumamos a estos valores las pérdidas por interceptación las diferencias con el bosque nativo se incrementan aún más.

## CONCLUSIONES

El raleo incrementa significativamente la abundancia de la vegetación en el sotobosque y la diversidad de especies y formas de vida.

FIGURA 1.

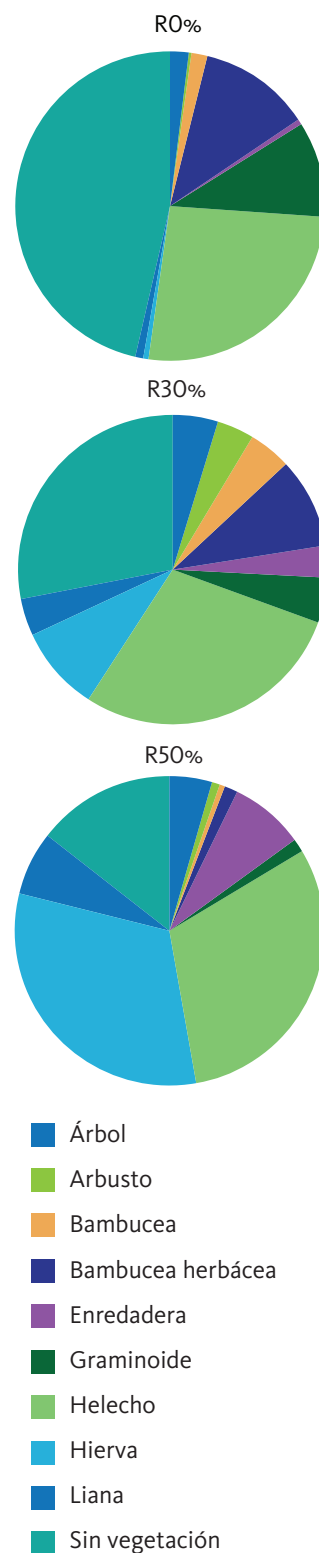


Figura 1: Riqueza y abundancia de formas de vida por tratamiento.

**TABLA 2**

	R0%	R30%	R50%
Transpiración (mm día <sup>-1</sup> )	2,6	2,2	2,8
Transpiración anual (mm)	942	810	1021
Incremento AB (m <sup>2</sup> )	2,6	2,5	5,1
Eficiencia (m <sup>2</sup> M L <sup>-1</sup> ha <sup>-1</sup> )	0,66	0,75	1,21
Agua interceptada % (mm entre enero y abril 2015)	33,8 (228)	28,1 (190)	32,4 (219)

**Tabla 2.** Transpiración, eficiencia en el uso del agua e interceptación de agua en el dosel. Las estimaciones de transpiración y eficiencia se realizaron para el período enero-junio 2015.

En las parcelas sin raleo hay escasa vegetación y un neto predominio de suelo cubierto por hojarasca de pino.

Las plantaciones de menos de 7 a 8 años de edad tienen una evapotranspiración (transpiración más pérdidas por interceptación) similar a la de un bosque nativo bien conservado, sin embargo conforme avanza la edad de la plantación los valores aumentan por encima del bosque nativo.

La eficiencia en el uso del agua fue mayor en los tratamientos con R50% (mayor biomasa producida por litro de agua transpirado).

## AGRADECIMIENTOS

Colaboraron en este proyecto Luis Ritter, Sabrina Rodríguez y Debora di Francescantonio, Analía Bardelás, Laureano Oliva Carrasco, Sandra Bucci y Fabián Scholz. Agradecemos a la UCAR, Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca, y a la empresa Pindó SA por facilitarnos el área para realizar los estudios y su colaboración para instalar el ensayo.

## PROYECTO DE INVESTIGACION APLICADA (PIA 10102)

### Efectos de las plantaciones de pinos en la diversidad de mamíferos de Misiones: evaluación de la configuración del paisaje productivo y generación de indicadores de sustentabilidad forestal

María Eugenia Iezzi, Diego Varela, Carlos De Angelo, Paula Cruz y Mario S. Di Bitetti

## INTRODUCCIÓN

Existe una creciente preocupación por los impactos negativos de las plantaciones forestales en regiones de biodiversidad sobresaliente, donde habitan especies amenazadas y endémicas a nivel global, como ocurre en el Bosque Atlántico de Sudamérica. El Bosque Atlántico es una región prioritaria para la conservación de la biodiversidad a nivel global ya que se estima que sólo queda entre un 7 y un 14% de la superficie original de sus bosques. La superficie de ambiente natural convertida a otros usos productivos generalmente deja de ser hábitat adecuado para las especies animales nativas de la región, aunque esto depende del tipo de producción, el tamaño de la superficie afectada, las características de la especie animal involucrada y las características del entorno. Que un paisaje forestal pueda ser usado por la fauna dependerá de muchos factores: **1)** la similitud estructural entre la plantación y el bosque nativo, **2)** la configuración espacial de los elementos que componen el paisaje (ej., porcentaje del hábitat natural remanente, el tamaño y edad de los rodales de plantación), **3)** la oferta de recursos en las plantaciones forestales (ej., alimento, refugio) y **4)** los posibles cambios en las interacciones entre especies (ej., cambios en las relaciones competitivas). Los remanentes del ambiente original, como fajas y fragmentos de bosque en áreas de cultivos, pueden ser importantes para mantener poblaciones animales en el paisaje y la conectividad de éstas entre las distintas porciones remanentes.

Los mamíferos son importantes como objeto de estudio del efecto de las plantaciones forestales en la biodiversidad porque muchas de sus especies son sensibles a los cambios del paisaje y, además, porque numerosas especies participan en procesos ecológicos importantes (ej., dispersión y depredación de semillas). En el Bosque Atlántico de Argentina, en particular, hay varias especies de mamíferos endémicas o amenazadas a nivel global (según la UICN) o nacional (Sociedad Argentina para el Estudio de los Mamíferos).

El objetivo de este trabajo fue conocer el efecto que tienen, en la riqueza, la composición del ensamble y la abundancia de las poblaciones de mamíferos, cinco variables predictoras: **1)** los tres elementos (“tratamientos”) dominantes en el paisaje de plantaciones forestales (bosque continuo, fragmentos de bosque y plantaciones de *Pinus sp.*), **2)** el porcentaje de bosque remanente en un radio de 2 km alrededor de cada estación de muestreo, **3)** el costo de acceso (accesibilidad), variable relacionada a la presión de caza, **4)** la distancia al borde del bloque continuo de bosque (Parque Nacional Iguazú, Parque Provincial Urugua-í y otras áreas protegidas) y **5)** la complejidad estructural de la vegetación.

---

Instituto de Biología Subtropical,  
UNaM – CONICET, Facultad de Ciencias Forestales, UNaM, Asociación Civil Centro de Investigaciones del Bosque Atlántico (CeIBA). Bertoni 85, 3370 Puerto Iguazú, Misiones.  
E-mail: dibitetti@yahoo.com.ar

## MÉTODOS

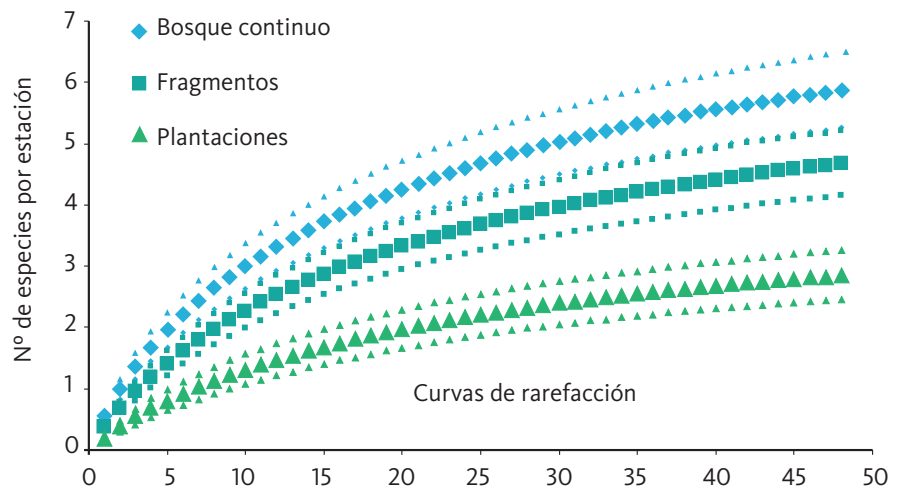
Para evaluar el efecto de las variables predictoras instalamos, con un diseño al azar, 184 estaciones de muestreo (60 en bosque continuo, 62 en fragmentos, 62 en plantaciones), cada una consistente en una cámara trampa marca Reconyx modelo HC500 que registró a los animales de sangre caliente que pasaron frente a ella. Las cámaras no fueron ubicadas en caminos o senderos (en su mayoría a > 50 m de caminos). El área de muestreo comprendió el sector de la provincia de Misiones ubicado al norte del paralelo 26° 16´ S. El muestreo fue realizado entre mayo de 2013 y diciembre de 2014. El esfuerzo total de muestreo fue de 9.172 días-cámara, con un esfuerzo promedio por estación de 49,85 días (rango: 18 -123 días). Las fotografías fueron transformadas a registros independientes asegurando que pasara > 1 h entre fotos sucesivas de una especie.

Para estimar la riqueza usamos curvas de rarefacción. Para evaluar el efecto de los tres “tratamientos” (bosque, fragmento, plantación) y otras variables en la composición del ensamble usamos un análisis de componentes principales (PCA) como método de ordenamiento de la comunidad. Para analizar el efecto de las variables independientes en la riqueza, composición (resumido en el eje 1 del PCA) y la frecuencia de registros de las especies, usamos modelos lineales generalizados (MLG) con una distribución Gaussiana (para riqueza y composición) o binomial negativa (para frecuencia de registros, controlando el efecto del esfuerzo de muestreo). Usamos el criterio de información de Akaike para ordenar los modelos. Obtuvimos un modelo promedio para estimar los parámetros e intervalos de confianza. Construimos un sistema de información geográfica con ArcGis 10.1 y, a partir de éste, estimamos las variables porcentaje de bosque remanente, distancia al borde del bloque de bosque continuo y costo de acceso.

### Resultados, conclusiones y recomendaciones

En total, obtuvimos 4923 registros de 32 especies de mamíferos nativos, de los cuales el 50,4% fueron obtenidos en estaciones de bosque continuo, 35,6% en fragmentos y 14,0% en plantaciones. La riqueza media por estación estimada a los 48 días de muestreo para un subconjunto de estaciones de muestreo (N=120) fue mayor en bosque continuo (5,87 especies, 44 estaciones) que en fragmentos (4,68 especies, 43 estaciones) y en plantaciones (2,85 especies, 33 estaciones, Fig. 1).

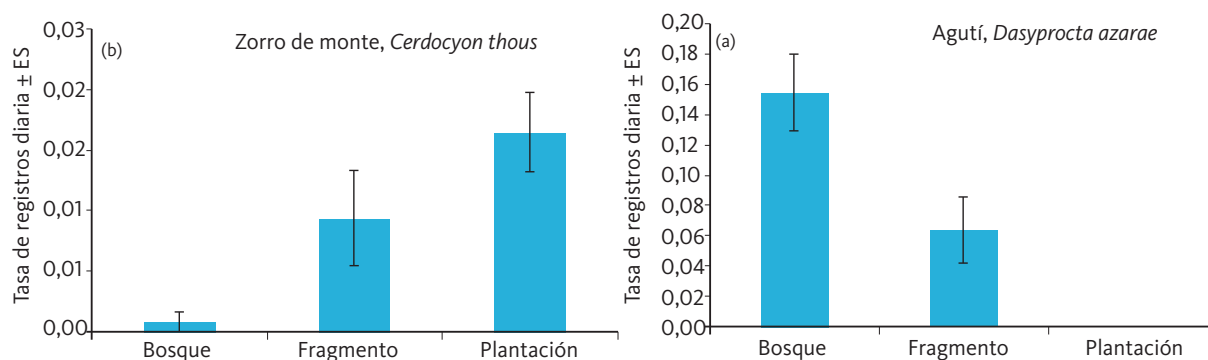
FIGURA 1.



Los MLGs sugieren que el tratamiento plantación es la principal variable que afecta estadísticamente y negativamente la riqueza de mamíferos. Además, la riqueza aumenta con el costo de acceso y disminuye con la distancia al borde del bloque de bosque continuo.

Las estaciones de bosque, fragmentos y plantaciones se ordenaron a lo largo del eje 1 del PCA. Las estaciones de bosque continuo tuvieron valores positivos en este eje, mientras que las de plantaciones tuvieron valores negativos, siendo las de fragmentos mucho más dispersas. El agutí (*Dasyprocta azarae*), la comadreja de orejas negras (*Didelphis aurita*) y el tapir (*Tapirus terrestris*) estuvieron asociados positivamente con el eje 1, mientras que el zorro de monte (*Cerdocyon thous*) y el tapetí (*Sylvilagus brasiliensis*) tuvieron una asociación negativa. El modelo promedio indica que la complejidad estructural de la vegetación, el costo de acceso y el tratamiento (plantación) afectan la composición del ensamble. Algunas especies abundantes y frecuentemente registradas en bosque no fueron registradas en plantaciones (agutí, Fig. 2a) o lo fueron en muy baja frecuencia (comadreja de orejas negras). Otras especies afectadas negativamente por las plantaciones incluyen al tapir, la corzuela colorada (*Mazama americana*), la paca (*Cuniculus paca*), el ocelote (*Leopardus pardalis*) y el pecarí de collar (*Pecari tajacu*), las que fueron generalmente registradas en plantaciones cercanas al bosque continuo. Muy pocas especies, principalmente el zorro de monte (Fig. 2b) y el guazuncho (*Mazama gouazoubira*), mamíferos de baja preocupación de conservación, fueron favorecidas por la conversión parcial del bosque a plantaciones forestales. Esta última especie, constituye un ingreso reciente en el Bosque Atlántico de Misiones y podría competir con los ciervos originarios de esta región, la corzuela colorada y la corzuela enana (*Mazama nana*), especies endémicas y amenazadas.

**FIGURA 2.**



Si bien el paisaje estudiado mantiene una alta diversidad de especies, con 32 mamíferos registrados, la misma depende de la integridad del bloque continuo de bosque dominado por áreas protegidas estatales y privadas. En las plantaciones de pinos, la abundancia de varias de las especies es mayor en rodales cercanos a este bloque o está asociada al porcentaje de bosque nativo remanente en el paisaje.

Entre las recomendaciones que surgen de nuestro trabajo resaltamos la necesidad de: **1)** reforzar los controles de caza furtiva, **2)** promover un aumento de la complejidad estructural de la vegetación en plantaciones (mediante raleo, mantenimiento de árboles nativos en rodales y la protección o restauración de los fragmentos y fajas) y **3)** promover un patrón espacial aleatorio de la edad de los rodales, evitando el efecto de agregación actual, promoviendo así la complejidad estructural del paisaje productivo forestal.

## PROYECTO DE INVESTIGACION APLICADA (PIA 10105)

### Mantenimiento de las funciones ecosistémicas en plantaciones forestales de Misiones: el rol de la biodiversidad y el tamaño de rodal

Zurita G.A.<sup>1</sup>, Gatti M. G<sup>1</sup>, Bellocq M. I.<sup>2</sup>, Vespa M. I.<sup>1</sup> y Zaninovich S.<sup>1</sup>

## INTRODUCCIÓN

La producción forestal (para madera, pulpa o derivados) compatible con la conservación de la biodiversidad y el mantenimiento de la integridad de los ecosistemas representan en la actualidad una de las principales demandas de la sociedad, particularmente en regiones de muy alta biodiversidad. Este potencial conflicto entre producción forestal y conservación se vio reflejado en Argentina en recientes reclamos sociales (ej. Botnia) y en el particular interés de las empresas forestales en la obtención de sellos de calidad ambiental que garanticen la producción ambientalmente sustentable. La superficie de plantaciones forestales se extendió rápidamente en las últimas décadas, principalmente en regiones tropicales y subtropicales de América, África y Oceanía. Los impactos de este incremento en las especies nativas y los procesos ecosistémicos que mantienen, por ejemplo, la fertilidad de suelo solo han comenzado a ser estudiado recientemente.

La provincia de Misiones alberga la mayor diversidad del país, conteniendo en una superficie menor al 1% del territorio nacional mas del 50% de las especies de aves y otros grupos animales y vegetales. De manera similar, la selva Misionera constituye uno de mayores remanentes un ecosistema mayor, la selva Atlántica, que se distribuye en Argentina, Brasil y Paraguay y que es considerado uno de los cinco sitios con mayor importancia para la conservación de la biodiversidad a nivel mundial. La provincia de Misiones constituye, a su vez, uno de los mayores polos forestales de Argentina, ocupando las plantaciones una superficie mayor a las 400.000 ha, lo que representan más del 10% de su territorio. Teniendo en cuenta la importancia de la biodiversidad en Misiones (por ej. para la industria turística) el desarrollo forestal plantea enormes desafíos y la necesidad de generar información científica de calidad para el adecuado manejo de las plantaciones.

Los bosques nativos pueden actuar reduciendo los impactos negativos de las actividades productivas al ser proveedores de biodiversidad (para por ej. facilitar la polinización), reduciendo la erosión de suelos, etc. Estos beneficios de los ecosistemas naturales son poco conocidos y, consecuentemente, poco valorados en la planificación de la producción. Mantener remanentes de ambientes naturales puede entonces no solo ayudar a mantener la biodiversidad de un sitio sino también favorecer la producción. En este contexto, el objetivo de esto proyecto fue mejorar la sustentabilidad ambiental y productiva de las plantaciones forestales a través de un mayor entendimiento de la relación entre la biodiversidad presente en las mismas y el desarrollo de funciones ecosistémicas claves (almacenamiento de carbono, ciclo de nutrientes, dispersión primaria). Estudiamos el rol del bosque nativo como fuente de propágulos e individuos que colonizan las plantaciones y llevan a cabo las funciones ecosistémicas previamente descriptas. A partir de los resultados obtenidos, proponemos medidas de manejo locales (manejo de sotobosque) y de paisaje

1. Instituto de Biología Subtropical, Facultad de Ciencias Forestales, Universidad Nacional de Misiones, CONICET. gazurita@conicet.gov.ar.

2. IEGEBA, Departamento de Ecología, Genética y Evolución, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad de Buenos Aires, CONICET



(tamaños máximos de rodal y áreas prioritarias para la restauración de bosque nativo) que mantengan la biodiversidad en las plantaciones y, consecuentemente, las funciones ecosistémicas asociadas

## MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó en la selva Atlántica (o selva Misionera) del NE de Argentina, específicamente en el extremo NE de la provincia de Misiones en una zona de producción forestal vecina al P.N. Iguazú (64.000 ha) y al P.P. Uruguái (84.000 ha). En este ecosistema, el ambiente se caracteriza por sus altas precipitaciones (aprox. 2000 mm anuales) distribuidos de manera uniforme a largo del año y las altas temperaturas de verano. La vegetación presenta una alta complejidad estructural, lo que provee nicho para un gran número de especies.

El diseño de muestreo incluyó la selección de cinco plantaciones (réplicas) de *Pinus taeda* de entre 8 y 9 años, originalmente establecidas para la producción de pulpa (plantadas en alta densidad). Todas las plantaciones seleccionadas limitan con la selva continua. En cada plantación se estableció una transecta de muestreo de 300 m, comenzando en el límite con la selva hacia el interior de la misma. Sobre esta transecta se establecieron sitios de muestreo a las siguientes distancias desde el borde: 0, 10, 15, 30, 50, 100, 150, 200, 300 m. Adicionalmente, se estableció un sitio de muestreo 700 m hacia el interior de la selva como control. En cada sitio (5 réplicas x 10 distancias) se realizaron los siguientes relevamientos:

**Microclima y vegetación:** para caracterizar la temperatura y humedad de suelo se instalaron sensores automáticos (HOBO) que registran y almacenan estos datos cada cinco minutos. Para caracterizar la estructura de la vegetación se instaló una parcela de 5x5 m donde se midió la distancia entre pinos para estimar la densidad de plantación y la cobertura, utilizando un método de abundancia-cobertura, de: **1)** Gramíneas, **2)** Herbáceas, **3)** Suelo desnudo, **4)** Mantillo, **5)** Helechos, **6)** Canopia y **7)** Sotobosque.

**Artrópodos y aves:** para el relevamiento de artrópodos se utilizaron trampas de caída (recipientes con líquido conservante enterrado hasta el borde), que fueron operadas de manera continua durante tres meses. Los individuos colectados fueron guardados en alcohol 80% para su posterior identificación. A partir de claves taxómicas y la consulta con especialistas se identificaron hasta la especie los siguientes grupos: **1)** Escarabajos estercoleros, **2)** Arañas y Hormigas. Para determinar la riqueza y composición de la comunidad de aves se utilizó el método de puntos de conteo, registrando todas las aves vistas u oídas en un período de cinco minutos por punto.

**Semillas y producción de biomasa:** para cuantificar la lluvia de semillas y la producción mensual de biomasa aérea, en cada estación se instalaron dos trampas consistentes en un cuadrado de 1x1 m con una malla de 3 mm de poro. Estas trampas fueron ubicadas a un metro del suelo. Cada 15 días durante 12 meses se colectó toda el material caído en la trampa; en el laboratorio se separaron las hojas de las semillas. Las hojas fueron secadas en estufa y pesadas (biomasa) mientras que las semillas fueron contadas e identificadas a partir de una colección de referencia.

**Descomposición y nutrientes en el suelo:** Para estimar la tasa de descomposición se empleó la técnica de bolsitas de descomposición, la cual utiliza la pérdi-

da de peso de la hojarasca en el campo durante un tiempo determinado. Las bolsitas fueron de 15x15 cm y el tamaño de malla de la tela de 2.85 mm, se colocaron seis en cada distancia. Se cosechó material senescente de pino, se secó al aire, se limpió en laboratorio, se colocó en las bolsitas y fue secado en estufa. Las bolsitas fueron colectadas del campo al azar a tiempos determinados: al mes 1, 3, 6, 9, 12 y 18. Luego se llevaron al laboratorio para ser secadas en estufa a 65°C por 48hs y pesadas para determinar la pérdida de peso en el tiempo transcurrido desde el inicio del experimento. Finalmente, para estimar el carbono orgánico y los nutrientes en el suelo en cada parcela se tomaron muestras de suelo a dos profundidades diferentes: 0 a 5 y 5 a 15 cm. Estas muestras fueron enviadas al INTA.

## RESULTADOS PRINCIPALES

Las condiciones micro-ambientales cambiaron de manera marcada desde el borde con el bosque hacia el interior de la plantación; el borde tuvo condiciones similares al interior del bosque. La temperatura se incrementó hacia el interior de la plantación mientras que humedad disminuyó. El interior de las plantaciones constituye por lo tanto un ambiente más cálido y más seco en relación al bosque nativo. La estructura de la vegetación también mostró un marcado cambio hacia el interior de las plantaciones; en términos generales disminuyó la cobertura de sotobosque asociado a un incremento en la cobertura de la canopia y del mantillo en el suelo.

Los grupos animales presentaron una respuesta variable a los cambios en microclima y estructura de la vegetación. La riqueza de escarabajos estercoleros y arañas no mostró una clara asociación a la distancia la borde, sin embargo la composición (identidad de las especies en relación a la comunidad del bosque nativo) cambió rápidamente los primeros 50 m desde el borde. Es decir, la cantidad de especies se mantuvo constante, sin embargo hubo un reemplazo de especies de bosque por especies propias de otros ambientes hacia el interior de la plantación.

La llegada de semillas y la producción de biomasa aérea también cambiaron con la distancia al bosque nativo; la riqueza de semillas disminuyó hacia el interior de la plantación mientras que la producción de biomasa aérea se mantuvo constante. Sin embargo, al analizar la composición de la biomasa se observó un reemplazo de hojarasca nativa por hojarasca de pino hacia el interior de la plantación. La tasa de descomposición de hojarasca de pino también cambio de manera marcada y abrupta; disminuyendo desde el borde hacia el interior de la plantación. Estos cambios en la composición de la hojarasca y la tasa de descomposición se reflejaron en un aumento de la altura de mantillo desde el borde hacia el interior.

Finalmente los cambios en microclima, calidad de la hojarasca, tasa de descomposición y la diversidad de los grupos animales afectó marcadamente los contenidos de nutrientes en el suelo; los resultados de las muestras de suelo muestran un claro patrón de cambio en función de la distancia al borde, particularmente para el contenido de materia orgánica y el nitrógeno total. Similar a lo observado para otras variables, estos cambios ocurren de manera abrupta en los primeros metros del gradiente.

## DISCUSIÓN

Este estudio tuvo como objetivo principal estudiar el rol de la biodiversidad en el mantenimiento de la integridad ecológica de las plantaciones forestales y el rol del ecosistema nativo como proveedor de esta biodiversidad. Como ya se puso en evidencia en estudios previos, el reemplazo de la selva por plantaciones forestales afectó de manera significativa el microclima, la biodiversidad y el desarrollo de diferentes funciones ecosistémicas. Sin embargo estos cambios fueron muy dependientes de la distancia a la selva; la que actuó amortiguando los efectos negativos.

Los cambios en el microclima, la vegetación y las comunidades animales interactúan y se retroalimentaron afectando funciones ecosistémicas claves tales como el ciclado de nutrientes, la producción de biomasa y la dispersión de semillas en las plantaciones. Los efectos a mediano y largo plazo de estos cambios son difíciles de predecir, sin embargo es esperable una pérdida de la productividad de las plantaciones como consecuencia de pérdidas en la calidad de suelo. Los efectos del bosque nativo amortiguando estos efectos solo ocurrieron en los primeros 50-100 m desde el borde entre ambos ambientes (bosques-plantación) por lo que la generación de macizos de gran tamaño alejados del bosque nativo resultará en pérdidas de sustentabilidad del modelo forestal.

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES DE MANEJO

- El bosque nativo actúa como proveedor de especies nativas y facilitando los procesos de descomposición e incorporación de nutrientes.
- Los efectos positivos del bosque nativo ocurren en los primeros 50-100 m desde el borde, por lo que resulta necesario mantener remanentes de bosque (como macizos y/o cortinas) que actúen como fuente de especies.
- Mantener altos niveles de biodiversidad en el interior de las plantaciones favorece el desarrollo de las funciones ecosistémicas claves para el mantenimiento de la productividad.
- Estudiar a mediano-largo plazo los procesos de descomposición y ciclado de nutrientes en las plantaciones es fundamental para predecir pérdidas de productividad.

## PROYECTO DE INVESTIGACION APLICADA (PIA 10118)

# Revegetación con especies arbóreas nativas en áreas ecotonales del noroeste de Patagonia: herramientas para la creación de islas de regeneración

Gobbi M.E. <sup>(1,3)</sup>, Heinemann K. <sup>(2)</sup>, de Paz M. <sup>(3)</sup>, Herrero R. <sup>(4)</sup> y C. Nuñez <sup>(1,5)</sup>.

## INTRODUCCIÓN

En el ecotono estepa-bosque del NO de Patagonia se superponen disturbios naturales y antrópicos, principalmente incendios, sobrepastoreo y plantaciones de especies exóticas, que han reducido las superficies de bosques nativos y han disminuido su calidad y posibilidades de recuperación. Proyecciones de cambio climático, con incrementos de temperaturas medias y de radiación ultravioleta, predicen sinergias que acelerarán la degradación de estos ecosistemas. La revegetación con especies arbóreas nativas ha sido la herramienta más utilizada para favorecer el proceso de recolonización de áreas degradadas siendo el efecto nodriza (protección que brinda un arbusto a un plantín en sus primeros años de vida) relevante para el éxito de las plantaciones, mientras que la sequía durante el verano, la herbivoría y la mortalidad asociada al invierno han condicionado negativamente la supervivencia de los plantines. El objetivo de este trabajo fue evaluar estrategias de bajo costo y fácil implementación que permitan la instalación de especies arbóreas nativas en matorrales post-disturbio del NO de Patagonia, evaluando el efecto del tipo de arbusto nodriza (especie arbustiva y tamaño) y a minimizando los efectos negativos de los herbívoros (mediante el uso de protectores), la sequía y las bajas temperaturas invernales (mediante la aplicación de “mulch”). En el estudio se consideraron las siguientes especies: ciprés de la cordillera (*Austrocedrus chilensis*), lenga (*Nothofagus pumilio*), maitén (*Maytenus boaria*) y radial (*Lomatia hirsuta*).

## MATERIALES Y MÉTODOS

Se efectuaron plantaciones en tres sitios de matorral mixtos post-fuego ubicados al sur del lago Nahuel Huapi (Arroyo del Medio, Catedral y Ñirihuau) (Tabla 1). La cobertura arbustiva fue siempre mayor al 70 % y no existía ganado. El número de individuos plantados varió entre 460 y 680 para cada especie y sitio. Las especies seleccionadas presentan diferentes características: i) *N. pumilio* (especie caducifolia) y *A. chilensis* (especie perennifolia) no tienen capacidad de rebrote y han sido usadas en plantaciones por sus importantes valores ecológicos y económicos mientras que ii) *M. boaria* y *L. hirsuta* (ambas perennifolias) tienen alta capacidad de rebrote y han sido poco o nada consideradas en plantaciones, pero tienen importantes valores ecológicos en bosques mésicos y usos relevantes a nivel cultural, artesanal y de economía de subsistencia.

Los plantines provenían de viveros de la zona y se plantaron debajo de la copa de los arbustos, en el punto medio entre el centro del arbusto y el borde sur (de menor exposición) de su dosel. La planta quedó incluida en una concavidad del suelo de unos 5 cm que le proporcionaba protección y permitía la incorporación del “mulch” en los casos que correspondiesen. Las plantaciones se efectuaron en otoño, salvo para *N. pumilio* que ocurrió a principios de primavera. El diseño experimental correspondió a un completamente aleatorizado para cada uno de los tratamientos

1. Centro Regional Universitario Bariloche, U.N.Comahue. Quintral 1250, San Carlos de Bariloche, Argentina. e-mail: miriam.gobbi@crub.uncoma.edu.ar.

2. Sociedad Naturalista Andino Patagónica

3. INIBIOMA (CONICET-U.N.Comahue)

4. Depto. Forestal Villa La Angostura, Min. de Desarrollo Territorial pcia. de Neuquén.

5. Delegación Técnica Patagonia, Administración de Parques Nacionales

**TABLA 1**

Sitios de estudio	Altitud (m.s.n.m)	Exp.	Precipitaciones (mm)	Fecha de plantación	Especies plantadas	Tratamientos	
						protector	"mulch"
Arroyo del medio	973	NO	885	Otoño 2012	<i>Austrocerus chilensis</i>	x	x
					<i>Maytemus boaria</i>	x	x
					<i>Lomatia hirsuta</i>		x
Catedral	1000	E	1000	Otoño 2013	<i>Austrocerus chilensis</i>	x	x
					<i>Maytenus boaria</i>	x	x
Ñirihuau	1141	S	1288	Primavera 2012	<i>Nothofagus pumilio</i>		x

**Tabla 1:** Características geográficas de los sitios de estudios y especies plantadas en cada uno de ellos.

considerados, que fueron: i) tipo de arbusto nodriza (se registró especie y altura del mismo), ii) aplicación de protectores contra herbívoros (P-), considerando tres niveles: ausencia de protector (P-C: control), protector de material politereftalato de etileno (P-PET) y de malla metálica (P-MET) y iii) aplicación superficial de "mulch" de viruta de madera (M-V) y su control (M-C). La evaluación del efecto del tipo de arbusto nodriza se efectuó en los individuos control.

Los protectores PET (P-PET) fueron realizados a partir de envases transparentes cilíndricos de 25 cm de diámetro y 40 de altura. Los protectores metálicos (P-MET) utilizados fueron de dos tipos: malla de chapa, de 25 cm de diámetro x 60 cm de altura, con perforaciones circulares, que protegía a cada plantín de manera individual y malla de alambre galvanizado, de tamaño variable, que protegía tanto a la planta nodriza como a los plantines. Todos los protectores fueron anclados al terreno mediante estacas.

El "mulch" se aplicó a 200-250 ejemplares para cada especie y sitio considerado en el momento de la plantación colocando en cada hoyo unos 3 L (aproximadamente 150 g) de viruta de madera proveniente de *Pseudotsuga menziesii*, cuya composición química fue de 49,8 % C, 0,1 % N y 463 C/N. Un número similar de individuos fue asignado al nivel de tratamiento control.

Se registraron condiciones microclimáticas asociadas a los plantines (radiación PAR, humedad y temperatura del suelo superficial y del aire), supervivencia y, eventualmente, causa de mortalidad, al principio de la primavera, en verano y a fines del otoño de cada estación de crecimiento.

## RESULTADOS

Los arbustos nodriza con mayor dosel y hojas de mayor área foliar, como ñire (*Nothofagus antarctica*) y laura (*Schinus patagonica*), implicaron incrementos significativos en la supervivencia, del orden del 28 % para *N. pumilio* y de 13 % para *M. boaria*, respecto a aquellos creciendo debajo de arbustos de menor dosel y de área foliar, como *Diostea juncea* y *Fabiana imbricata*.

La principal causa de mortalidad fue la sequía, sobre todo en los plantines de dos años en el sitio más seco (33-37 %) y la segunda la herbivoría, que alcanzó los valores máximos para *N. pumilio* (18 %) y *M. boaria* (9 %) y fue muy baja para las otras especies estudiadas. Los principales herbívoros registrados fueron la liebre europea (*Lepus europaeus*), el tuco-tuco (*Ctenomys haigi*), éste último por daños indirectos causados a las raíces de los plantines al excavar sus cuevas, e insectos folívoros que atacan principalmente a *M. boaria*. El uso de protectores contra herbívoros no produjo modificaciones en la temperatura del suelo ni del aire dentro de ellos, pero redujeron la radiación media entre 15 y 30 % dependiendo de las condiciones de micrositio. Los P-MET no tuvieron efectos significativos en la supervivencia, respecto a los P-C. El efecto de los P-PET se relacionó más con la reducción de mortalidad por sequía y que con reducción de la mortalidad por herbivoría y el patrón de respuesta varió con la especie y con el sitio. Así, este tipo de protectores incrementaron leve, pero significativamente, la mortalidad por sequía de los ejemplares de *A. chilensis* (4,5 % dentro de P-PET vs. 1 % en P-C) en el sitio más húmedo (Catedral), mientras que disminuyeron la mortalidad de los ejemplares de *M. boaria* en el sitio más seco (Arroyo del Medio) por herbivoría (de 9 a 1,5 % en P-C y P-PET respectivamente) y por sequía (de 58 % a 39 % en P-C y P-PET respectivamente).

La aplicación de M-V produjo, respecto a M-C, modificaciones microclimáticas en el suelo superficial: incrementos del 2,5 % en la humedad, principalmente en primavera, aumentos de la temperatura mínima (1-2 °C) y reducción de la máxima (2-4 °C). No se registraron efectos de M-V sobre la supervivencia ni sobre el crecimiento de las especies estudiadas. En este ensayo, la mortalidad fue mayor en el sitio más seco que en el más húmedo (Arroyo del Medio con 26 y 46 % vs. Catedral con 1% y 8 %, para *A. chilensis* y *M. boaria* respectivamente). En todas las especies la mortalidad estuvo fuertemente asociada al primer año luego de la plantación, en *A. chilensis* se asoció a la sequía durante el primer verano y en *M. boaria* y en *N. pumilio* al primer invierno.

## DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos permiten hacer recomendaciones preliminares, de fácil implementación y de bajo costo, a tener en cuenta en las plantaciones de especies arbóreas. Arbustos protectores o “nodriza” con mayor área foliar, que implica un dosel más denso, y mayor tamaño podrían relacionarse con mayor protección contra la desecación, por reducción de la radiación directa y del efecto del viento.

La mortalidad por herbivoría, que ha sido considerada uno de los principales disturbios en la región, sólo parecería ser importante cuando hay ganado en el área. En este estudio la presencia de pequeños y medianos herbívoros, de vida silvestre, no ha significado una reducción importante en las poblaciones plantadas, salvo para *N. pumilio*, especie en la que otros estudios ya han puesto énfasis en la utilización de repelentes o protectores. Los P-PET han mostrado resultados particularmente relevantes para *M. boaria* en ambientes más secos, reduciendo la herbivoría y sobre todo la mortalidad por sequía durante el verano, probablemente asociado a la creación un microhabitat con menor estrés hídrico, que podría propiciar la capacidad de rebrote de esta especie.

El uso de “*mulch*”, produjo mejoras a nivel de microambiente, como amortiguación de temperaturas extremas y mayor humedad, al menos durante el inicio de la estación de crecimiento. Sin embargo estas mejoras, que sin embargo no se reflejaron en una mayor supervivencia.

## CONCLUSIONES

- La plantación de individuos de *A. chilensis*, *N. pumilio*, *M. boaria* y *L. hirsuta* tiene un potencial importante en planes de recuperación de bosques degradados.
- En el diseño de las plantaciones se sugiere priorizar como arbustos nodrizas aquellos que posean hojas anchas, dosel denso y mayor tamaño.
- La aplicación de “*mulch*” mejora las condiciones de micrositio, pero éste no se refleja en una mayor supervivencia de los plantines.
- El uso de protectores de material PET constituye un recurso de bajo costo que puede reducir la herbivoría y mejorar las condiciones microambientales, al menos para *M. boaria* en sitios con condiciones de baja humedad durante el verano, y debería ser evaluado en otras especies y en otras condiciones ambientales.



## PROYECTO DE INVESTIGACION APLICADA (PIA 12004)

### El componente ambiental de la sustentabilidad en las plantaciones de la Patagonia semiárida: evaluación de la diversidad en campos forestales de Neuquén

A. Dezzotti, A. Mortoro, A. Medina, R. Sbrancia, L. Sancholuz, R. Gönc, S. Tiranti, V. Fontana, H. Mattes Fernández, H. Attis Beltrán y L. Chauchard.



Fig. 1: La plantación en Aguas Frías contribuye a conservar el bosque natural de lenga y pehuén.

Universidad Nacional del Comahue, Sede San Martín de los Andes, Pasaje de la Paz 235, Q8370AQA San Martín de los Andes, Argentina. dezzotti@infovia.com.ar

Fig. 2: La plantación de Litrán muestra que la mayor compatibilidad entre la conservación ecosistémica y la producción de madera requiere implementar acciones a nivel de la unidad de manejo y el paisaje.

Durante los últimos 50 años, la destrucción de los bosques naturales ha ocurrido a un ritmo sin precedente debido a la sobreexplotación forestal y la conversión en tierras agrícolas, ganaderas y urbanas. A lo largo del siglo XX, la Argentina perdió el 70 % de estos bosques. Al mismo tiempo, la demanda de bienes y servicios forestales continuó en aumento. Este desajuste entre la demanda y la oferta explica en parte la creación de plantaciones forestales. Aunque estos sistemas productivos presentan numerosas fortalezas ambientales, usualmente no proveen hábitat ni alimento para la vida silvestre nativa. En la Patagonia argentina, la aforestación de secano se lleva a cabo en la transición bosque - estepa de los faldeos de la cordillera de los Andes, principalmente con *Pinus ponderosa*. En esta región, las plantaciones densas tienden a disminuir la diversidad de plantas, insectos, aves y mamíferos nativos. El objetivo de este estudio fue estimar el valor de indicadores ecológicos clave, principalmente asociados a la diversidad de plantas, a lo largo de una variedad de unidades de paisaje naturales y de uso forestal, protegidas y no protegidas contra la herbivoría, como referencia para evaluar la sustentabilidad ambiental de la forestación con *Pinus* en la Patagonia. También se exploró la relación entre diversidad de plantas en el sotobosque y la producción de madera de los rodales.

El área de estudio comprendió los campos forestales Aguas Frías (38° 46' O y 70° 54' S, 1590 m.s.n.m., 456 ha) y Litrán (38° 54' O y 71° 01' S, 1400 m.s.n.m., 1.310 ha). El invierno es frío y húmedo y el verano es cálido y seco. La geomorfología es de origen glaciario. La litología corresponde a basaltos y andesitas cubiertas por tefra Holocénica que proporciona el material parental de los Andisoles predominantes. La vegetación está conformada por la estepa herbácea-arbustiva (que provee el ambiente para la forestación), el bosque de *Nothofagus pumilio* (lenga) y *Araucaria araucana* (pehuén) y las praderas higrófila (mallín) y xerófila (afloramiento rocoso) (fig. 1). En Litrán, los árboles se plantaron entre 1991 y 1995 y conforman rodales abiertos (< 15 m<sup>2</sup>/ha área basal), intermedios (15 - 30 m<sup>2</sup>/ha) y cerrados (> 30 m<sup>2</sup>/ha) (fig. 2). En Aguas Frías, los árboles se plantaron en 2010 (fig. 3). El área es parte de una ruta de trashumancia de pobladores y ganado y los campos están alambrados. En cada unidad de vegetación natural (10) y antropogénica (3) se estimó el valor de los indicadores ecológicos



(i.e. diversidad de plantas nativas y exóticas, cobertura de suelo) con datos de incidencia basados en la frecuencia de 5.720 puntos de intercepción. La composición y estructura de los rodales se analizó instalando parcelas permanentes de muestreo. La diversidad taxonómica se evaluó con el índice de Simpson (1949) y la diversidad funcional se basó en las formas de vida de Raunkiær (1934).

La pradera xerófila representó 1/3 del total de las especies de plantas en un área extremadamente restringida; este refugio de diversidad debe ser preservado de los impactos indirectos potenciales de la plantación. La pradera higrófila presentó la mayor cantidad de familias y especies nativas e introducidas, y una diversidad funcional baja. Este humedal mostró un estado de conservación adecuado debido a la exclusión de ganado. En 2007 la regeneración arbórea del bosque natural era muy escasa y estaba intensamente ramoneada. Sin embargo, siete años después de la instalación del alambrado los renovales aumentaron significativamente y se encontraban sanos, mientras que los árboles adultos de las clases de tamaño entre 10 y 40 cm aumentaron marcadamente (fig. 4). La clausura también ejerció un efecto positivo sobre el valor de los indicadores ecológicos. Por ejemplo, en la estepa herbácea la riqueza de plantas dentro del campo forestal fue 47 mientras que afuera fue 24. En el bosque natural, la cantidad de suelo desnudo fue 34,1 % en el área clausurada y 51,4 % en la no clausurada.

Los rodales presentaron la misma calidad de sitio y una cobertura aérea de 29 % en el rodal abierto, 63 % en el intermedio y 91 % en el cerrado. El rodal cerrado exhibió una escasa disponibilidad de luz y agua en el sotobosque, que afectó a la cobertura del suelo, la abundancia de hemicriptófitas, la riqueza de especies y la diversidad funcional. Sin embargo, estos indicadores mostraron valores equivalentes a los de la estepa de referencia a medida que disminuyó la cobertura del dosel. En el rodal abierto, el rodal intermedio y el rodal cerrado, la producción total de madera se estimó en 334, 426 y 456 m<sup>3</sup>/ha, respectivamente, mientras que la productividad total en 9,3, 11,8 y 12,7 m<sup>3</sup>/ha/año, respectivamente. En el rodal abierto, el intermedio y el cerrado, la riqueza de especies fue 30, 16 y 16, respectivamente, mientras que el índice de diversidad fue 4,4, 1,7 y 1,3, respectivamente. La riqueza y diversidad del pastizal de referencia fue 45 y 6,4, respectivamente. En el rodal abierto la producción de madera fue 32 % menor, la riqueza de especies fue el doble, la diversidad fue hasta 3,5 veces mayor y la proporción de suelo desnudo fue tres veces menor a la de los rodales intermedio y cerrado.

Los proyectos forestales diseñados para la producción de bienes y servicios esenciales para la sociedad y la biota demandan ecosistemas funcionales y estables a lo largo del tiempo y el espacio. La mayor compatibilidad entre la conservación ecosistémica y la producción de madera en las plantaciones de pino requiere acciones a escalas de la unidad de manejo y el paisaje. En particular, se debe mantener un alambrado funcional y un espaciamiento amplio de los árboles con raleos precomerciales intensivos a lo largo de rotaciones extensas, conservar ecosistemas valiosos y frágiles y desarrollar zonas de amortiguación y corredores biológicos entre unidades de paisaje. Estas prácticas de manejo ambientalmente más adecuadas pueden representar un aumento de los costos operativos y una disminución de la productividad forestal, pero también un aumento del valor económico de la madera. Además, la plantación con una estructura poblacional más compleja presentará valores de conservación y estético mayores que implique un aumento de la posibilidad de que los consumidores las sostengan económicamente.



**Fig. 3:** La plantación en Aguas Frías se realizó en 2010 en la estepa herbácea-arbustiva.



**Fig. 4 :** La regeneración natural de pehuén (izq.) y lenga (der.) aumentó en Aguas Frías debido a la protección del alambrado

## PROYECTO DE INVESTIGACION APLICADA (PIA 12010)

### Evaluación de la capacidad de crecimiento y aclimatación de una especie nativa de alto valor maderero (*Cabralea canjerana*, cancharana) a diferentes condiciones de luz

Corina Graciano<sup>1,2</sup>, Ana P. Moretti<sup>1</sup>, Martín A. Pinazo<sup>3</sup>

La provincia de Misiones cuenta con la mayor diversidad vegetal del país. La selva subtropical que ocupa actualmente el territorio misionero ha sufrido el avance de la frontera agrícola y la sobreexplotación de los recursos madereros, lo que ha generado consecuencias muy graves a nivel ecológico y ambiental. Hay dos factores que repercuten negativamente sobre el bosque nativo. Por un lado, el bosque es reemplazado por plantaciones de especies exóticas de rápido crecimiento. Por otro lado, en bosques explotados de modo minero o no sustentable, el empobrecimiento de la calidad de las especies remanente en pie disminuye el valor del bosque en pie. Una estrategia que podría permitir aumentar el valor económico del bosque nativo degradado es el enriquecimiento con especies de valor maderero. Para enriquecer el bosque es indispensable conocer la dinámica de regeneración de las especies de interés, de manera de poder aumentar el establecimiento de dichas especies. Es escaso el conocimiento de las condiciones ambientales que requieren y toleran los individuos jóvenes de especies nativas de la selva misionera. Este problema limita la posibilidad de sugerir prácticas de manejo de estas especies y brindar opciones silviculturales para restauración de bosques nativos, áreas degradadas y sitios de bajo potencial con especies de alto valor maderable. La falta de información básica dificulta también la introducción de especies forestales no tradicionales y el manejo de especies nativas de alto valor en plantaciones con sucesión natural. La solución es generar información sobre los requerimientos y la tolerancia a los factores ambientales de las especies de valor maderero en su etapa juvenil. La regeneración constituye el estado de iniciación de todos los tipos de formaciones boscosas existentes. En el caso de la selva misionera, donde las formaciones se caracterizan por ser multiespecíficas y disetáneas, la regeneración se desarrolla continuamente y convive bajo el dosel de árboles maduros. El éxito de cualquier regeneración va a depender de una gran diversidad de factores climáticos y edáficos y de los requerimientos de cada especie (tolerancia a la luz, cantidad y dispersión de semillas). Una característica muy importante que tienen las especies y que se relaciona directamente con la supervivencia en ambientes cambiantes, es la plasticidad fenotípica, que es la capacidad para aclimatare a ambientes diferentes y poder sobrevivir. Los resultados de las aclimataciones son cambios fisiológicos y morfológico (fenotípicos) que se van a manifestar en los individuos dependiendo del ambiente en que se desarrollen. Si se quiere conocer la capacidad de una especie en particular a tolerar cambios en el ambiente, dados por la dinámica natural de los bosques o por la intervención antrópica, es indispensable conocer los mecanismos de los que dispone esa especie para aclimatare a las diferentes condiciones. De esta manera se conocerá la capacidad de respuesta de la especie, de manera de poder predecir si tolerará diferentes condiciones ambientales derivadas de la prácticas silvícolas (por ejemplo, apertura de claros, eliminación de competencia herbácea).

1. INFIVE (CONICET- FCAyF, Universidad Nacional de La Plata), CC 327, 1900 La Plata

2. corinagraciano@gro.unlp.edu.ar

3. INTA EEA Montecarlo, Misiones

**Elección de la especie:** *Cabralea canjerana* Mart. (cancharana) es una especie de importancia económica de la Selva Paranaense, sometida a fuerte presión de corta (Pinazo et al 2009). Se la clasifica como una especie secundaria tardía dentro de la etapa de sucesión de la selva, y regenera naturalmente tanto bajo bosque denso, capueras y áreas abiertas. Como la regeneración natural ocurre, es una especie potencialmente adecuada para enriquecer bosque nativo degradado y para conducir en plantación.

**Objetivo general:** determinar los cambios morfológicos y fisiológicos de plantas jóvenes de cancharana (*Cabralea canjerana* Mart) cuando crecen en condiciones contrastantes de luz: a alta irradiancia y bajo dosel. Se busca conocer:

1) la plasticidad de esta especie para aclimatarse a diferentes condiciones de disponibilidad de luz, a las que puede estar expuesta, en un claro en el bosque nativo o una zona desmontada y bajo cobertura del bosque.

2) la capacidad de respuesta de esta especie a cambios súbitos de luz, esto es, el pasaje de condición de sombra a luz plena, correspondiente a la apertura de un claro en el bosque.

## METODOLOGÍA

Se instalaron dos ensayos consecutivos con plantas creciendo en macetas. Durante el primer ensayo se comparó la morfología y fisiología de las plantas de cancharana que crecen a luz plena (S) y bajo cobertura densa de dosel de bosque nativo (C). Se evaluó la plasticidad de la especie para diferentes caracteres que pueden definir su supervivencia en condiciones cambiantes. De este experimento se obtuvieron los parámetros fundamentales a ser observado en el segundo ensayo, que consistió en cambiar súbitamente la disponibilidad de luz de plantas que crecieron bajo dosel, y pasarlas a luz plena (M). Se evaluó la capacidad de respuesta a estos cambios bruscos, y se identificó si las plantas sufren estrés lumínico o hídrico. Posteriormente, a campo se evaluaron las características que presentan plantas que crecen en diferentes posiciones en claros del bosque nativo y en áreas con mayor cobertura. Se evaluó si las plantas en algunos ambientes están más estresadas que en otros, y si los mecanismos posibles de aclimatación se manifiestan en respuesta al grado de cobertura del dosel.

## RESULTADOS

Las plantas crecieron tanto a sol pleno (S) como bajo cobertura densa (C). Transcurrido el primer invierno, las plantas S sufrieron la muerte del vástago por frío (heladas invernales). El cambio abrupto de cobertura (M) estimuló el crecimiento de las plantas con respecto a las que quedaron bajo conopeo. Las plantas S rebrotaron durante el verano, aunque se evidenció muy bajo crecimiento de la parte aérea. Las plantas M desarrollaron mayor volumen de raíces en detrimento de la parte aérea, en comparación con las plantas C. El mayor crecimiento radical puede deberse a que en las plantas expuestas a condiciones de alta radiación y demanda evapotranspirativa, un sistema radical más extenso les permite explorar más volumen de suelo y abastecer de agua al vástago. No todas las especies son flexibles en la capacidad



de alterar la partición de materia seca de acuerdo al ambiente. Las especies menos flexibles requerirán más protección del canopeo para no sufrir estrés hídrico. Cancharana ha demostrado poseer gran plasticidad en la partición de materia seca, característica que permite su crecimiento en condiciones contrastantes de cobertura. Adicionalmente a los cambios en partición de materia seca, las plantas S y M generaron hojas con menor área foliar específica y con menor concentración de clorofila, que las plantas C. Esta respuesta es esperable porque las plantas expuestas a bajas irradiancias maximizan la intercepción de luz aumentando el área foliar y la concentración de clorofila. Sin embargo, el rendimiento cuántico ( $\phi$ ) de las plantas S fue muy inferior al de las plantas C. Es decir, las plantas S y M pueden canalizar en la fotosíntesis un porcentaje bajo de la radiación incidente. Sin embargo, la tasa fotosintética (estimada como ETR) fue mayor en plantas de S y M, principalmente debido a la mayor radiación incidente. Sería esperable que las plantas C tuvieran menor fotosíntesis neta a saturación y en el punto de compensación lumínico que las plantas S. El hecho que las plantas de S y C tengan igual curva de respuesta de la fotosíntesis a la luz posiblemente indica que las plantas C reciben flecos de luz que estimulan la fotosíntesis en periodos cortos. Las modificaciones en la intercepción y uso de la radiación observado entre plantas S y C fueron acompañadas por cambios en el uso del agua. Por un lado, las plantas C mantuvieron un estado hídrico estable (reflejado en el  $\Psi$  más cercano a cero) y aumentaron la capacidad conductiva de las raíces (Kraíz: PSraíz) para abastecer de agua al vástago con menor inversión de materia seca en las raíces. Por otro lado, las plantas S aumentaron la eficiencia en la conductividad de los pecíolos y hojas para lograr afrontar la mayor demanda evapotranspirativa, incrementar la conductancia estomática ( $g_s$ ) y mantener el crecimiento. El aumento en  $g_s$  no se debe sólo a la mayor demanda evapotranspirativa, sino que se relaciona con un aumento en la densidad estomática. El aumento en  $g_s$  en las plantas S y M puede relacionarse con un aumento en la tasa de crecimiento que requiera más intercambio gaseoso, ya que las plantas M crecieron significativamente más que el resto. Otra causa del aumento de  $g_s$  en plantas que crecen al sol es la necesidad de refrigeración de las hojas expuestas a elevadas temperatura, que es consistente con el aumento de la conductancia hidráulica de las hojas. El aumento en  $g_s$  que se acompaña con aumento de la conductancia de hojas y pecíolos posiblemente aumenta el riesgo de cavitación, embolismo, abscisión foliar o muerte de la planta si ocurren periodos de sequía en el verano. Este riesgo debe ser evaluado en condiciones de campo.

La capacidad de aclimatación de la cancharana a las condiciones de luz permitió que las plantas a campo plantadas en diferentes posiciones de los claros sobrevivan durante la primavera, el verano y el otoño posteriores al transplante. No se observaron diferencias importantes en las variables fisiológicas medidas, porque las diferentes posiciones en los claros no son tan extremas como la exposición al sol directo. Es importante continuar con las mediciones de esta plantación en claros para evaluar si las plantas de todas las posiciones sobreviven las heladas invernales.

## CONCLUSIONES

Las plantas jóvenes de cancharana tienen la capacidad de aclimatarse a condiciones contrastantes de luz y soportan el cambio abrupto en la cobertura modificando su arquitectura hidráulica, el sistema fotosintético y la partición de materia seca. Las modificaciones morfológicas y fisiológicas que realizan indican que sufren un leve estrés hídrico y lumínico cuando son expuestas a sol pleno, pero la plasticidad

fenotípica en varios caracteres importantes para tolerar esos estreses redundan en altos porcentajes de supervivencia. Esta tolerancia se manifiesta desde los pocos meses de vida. Transcurrido el primer año de crecimiento, el dosel denso limita el crecimiento de las plantas. A esa edad, un incremento en la radiación estimula el crecimiento que no se reduce por los cambios morfológicos y fisiológicos que permiten a las plantas tolerar la alta radiación.

## RECOMENDACIONES PARA EL MANEJO

Cancharana es una especie adecuada para plantar en condiciones microambientales variables, desde el sol pleno hasta bajo dosel arbóreo denso. Transcurrido el primer año, es preferible incrementar la luz incidente, para estimular el crecimiento. Si el destino es madera de calidad, debe evitarse el daño por frío ya que las heladas dañan el vástago, que posteriormente rebrota con varios tallos. La tasa de crecimiento de la regeneración natural puede aumentarse abriendo el canopy o eliminando competencia del sotobosque, sin riesgo a que el cambio abrupto de cobertura reduzca la supervivencia de las plantas.

## PROYECTO DE INVESTIGACION APLICADA (PIA 12012)

### Evaluación de la tolerancia al estrés por inundación de nuevos clones de sauce (*Salix spp.*) con aptitud para diversos destinos productivos

Luquez Virginia, Rodríguez María Emilia, Doffo Guillermo

## INTRODUCCIÓN

La mayor área de plantaciones de sauces en la Argentina se encuentra en la zona del Delta del Paraná. En las islas del Delta se pueden distinguir dos zonas características: una zona alta, el “albardón”, que constituye el 20 % de la superficie, y una zona baja en el centro, el “estero” o “pajonal” que constituye el 80 % de la superficie de las islas. Las zonas bajas son especialmente susceptibles a experimentar episodios de inundación, por lo que los productores construyen canales (“zanjas”) que desaguan en el río para facilitar el drenaje. Este sistema básico se puede mejorar agregando a la sistematización un pequeño endicamiento con una compuerta que impida la entrada del agua del río en caso de creciente (sistema “atajarrepuntes”). En algunas zonas los productores han construido grandes diques e instalado bombas para desagotar el agua, pero estas inversiones son muy costosas, en consecuencia la mayoría de los pequeños productores usan el sistema de “zanja abierta”. Los sauces se plantan principalmente en las zonas bajas, ya que poseen buena aptitud ecológica para esas áreas. La tolerancia a la inundación es muy importante, ya que los modelos de cambio climático indican que el riesgo de inundación para la zona será mayor. Para poder continuar con la actividad forestal en esas condiciones, es importante contar con clones que tengan buenas características productivas y una mayor tolerancia a la inundación.

En el programa de mejoramiento de sauce del INTA Delta se han obtenido una gran cantidad de nuevos clones que están actualmente en etapa de evaluación. Por las características del Delta, es fundamental contar con información sobre la tolerancia a la inundación de los nuevos clones con posibilidades de ser utilizados para uso productivo en la zona. El objetivo general de este proyecto es evaluar la tolerancia a la inundación en un amplio rango de materiales actualmente incluidos en el programa de mejoramiento de sauces del INTA Delta. La evaluación de la respuesta a la inundación permitirá incrementar la información sobre la tolerancia a la inundación de los distintos materiales con posibilidades de ser liberados para su uso comercial, complementando las observaciones realizadas a campo y suministrando una valiosa herramienta para ser aplicada a la selección. La obtención de nuevas variedades con mayor tolerancia a la inundación contribuirá a la mitigación de los efectos del cambio climático sobre la producción forestal del Delta.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El material utilizado, proporcionado por la Ing. Teresa Cerrillo, comprende los 3 mejores individuos de 6 familias, 5 provenientes de cruzamientos controlados y una de polinización abierta. En estas familias están representadas las especies de

Instituto de Fisiología Vegetal  
(INFIVE), CONICET-UNLP, Diagonal  
113 N° 495 (1900) La Plata, Argentina.  
vluquez@agro.unlp.edu.ar



sauce más importantes incluidas en el programa de mejoramiento del INTA Delta: *Salix alba*, *Salix nigra*, *Salix matsudana*, *Salix amigdaloides* y *Salix x argentinensis*. Estas familias se denominan: F94.08, F98.13, F98.02, F94.20, F08.05 y F13. A estos clones se agregaron dos clones comerciales extensamente plantados, Barrett 13-44 INTA (“Barrett”) y Soveny Americano (“sauce americano”, abreviado SA), para comparar el desempeño de los nuevos clones con materiales actualmente plantados en la zona.

Los ensayos se plantaron en macetas de 3 L con una mezcla de arena y tierra tamizada 1:1. Se utilizaron estacas de un año de 20 cm de longitud. Debido a la disponibilidad de espacio, la evaluación de los genotipos se llevó a cabo de la siguiente manera:

- **Experimento A (2013):** evaluación de los 3 mejores genotipos de cada familia más los clones testigos Barrett y SA, inundando sólo las raíces (inundación parcial) y plantas controles (no inundadas). El tratamiento de inundación duró 2 meses, seguido de un mes de recuperación, en el cual las plantas inundadas volvieron a condiciones normales (riego, sin inundación)
- **Experimento B (2014):** evaluación de los 3 mejores genotipos de cada familia más los clones testigos Barrett y SA, sumergiendo las plantas en agua a 65 cm de altura, dentro de una pileta, y plantas controles (no inundadas). El tratamiento de inundación duró un mes, seguido de un mes de recuperación.

Las mediciones no destructivas que se llevaron a cabo fueron: altura de la guía principal, diámetro, número de hojas. Al final del ensayo, se determinó peso seco de las distintas partes de la planta (tallo, hoja y raíces). Se determinó el índice de tolerancia a la inundación (ITI) como sigue:

$$ITI = (\text{Peso total seco inundadas} / \text{Peso total seco controles}) \times 100$$

Este índice indica cuánto es reducido el crecimiento de las plantas por la inundación, y sirve para cuantificar la tolerancia de los distintos clones (mayor valor del índice, más tolerante a la inundación es el clon).

## RESULTADOS

Las respuestas de las familias y clones estudiados a la inundación parcial (Experimento A) fue muy distinta a la inundación total (experimento B). Las respuestas de las familias y de los clones testigos no fueron exactamente iguales en las distintas situaciones experimentales analizadas (inundación de las raíces y 65 cm de agua). Algunas respuestas fueron similares, por ejemplo, el peso seco de las raíces fue reducido en ambos tratamientos. Pero otras respuestas fueron muy distintas, la principal diferencia fue que la inundación parcial no redujo demasiado o directamente incrementó el crecimiento en altura del tallo, mientras que la inundación total redujo el crecimiento en altura del tallo en todos los genotipos analizados. Esto se reflejó en los valores del índice de Tolerancia a la Inundación (ITI), que no varió o se incrementó en el tratamiento donde se inundaron sólo las raíces, pero se redujo en todos los genotipos en el experimento con cobertura mayor de agua.

## DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos indican que la inundación parcial no representó una situación estresante para los materiales analizados, ya que este tratamiento no redujo o directamente incrementó el índice de tolerancia. La situación de inundación total redujo el índice de tolerancia en todas las familias y en los clones testigos, por lo tanto esta situación sí resultó estresante para los genotipos analizados.

Otra conclusión importante es que los materiales no tienen el mismo comportamiento necesariamente en ambas situaciones de inundación. Clones con un buen desempeño en la inundación parcial no van a ser necesariamente buenos con la inundación total. La mayor parte del material analizado puede ser plantado en una zona donde se inundan solamente las raíces, pero si el riesgo es de una cobertura de agua mayor, los posibles materiales a utilizar se reducen considerablemente. Por ejemplo, la familia 98.13 tuvo buen desempeño en ambas situaciones. Pero el clon testigo SA incrementó su altura cuando sólo se inundaron las raíces, mientras que su crecimiento se redujo considerablemente con la cobertura mayor de agua.

Esta diferencia en la respuesta a los distintos tratamientos deberá tenerse en cuenta para recomendar materiales de acuerdo al riesgo de inundación del área donde serán plantados.

# PROYECTO DE INVESTIGACION APLICADA (PIA 12020)

## Evaluación y propuesta de manejo de la invasión de sauces en el noroeste de la provincia del Chubut

Orellana I.A.<sup>1,2</sup>, Amico I.<sup>3</sup>, Fasanella M.<sup>4</sup>, Pildain MB.<sup>1,2</sup>, Premoli A.<sup>4</sup>, Bonansea T.B.<sup>1</sup>

En Patagonia las especies de sauce exóticas se han naturalizado y actualmente son elementos frecuentes en la mayoría de los cursos de agua y humedales de las provincias de Neuquén, Río Negro, Chubut y Santa Cruz. En un estudio realizado en las provincias de Neuquén y Río Negro, se encontró en alta frecuencia un genotipo del complejo *Salix alba* – *S. x rubens-S. fragilis*. Este genotipo corresponde a un único clon femenino, híbrido entre las especies *S. alba* y *S. fragilis* que se ha reproducido vegetativamente y forma bosquetes densos en las riberas, donde alcanza rangos de distribución lineal de casi 800 km (Budde *et al.* 2010). Los sauces del mencionado complejo son originarios del hemisferio Norte, y suelen ser comunes en los ambientes de ribera de los ríos de Europa (De Cock *et al.* 2003).

Las invasiones de sauces de la provincia del Chubut, han sido hasta ahora poco estudiadas. Tanto las autoridades del Parque Nacional Los Alerces (PNLA), como las autoridades del Sistema Provincial de Áreas Naturales Protegidas, los consorcios de productores del Valle 16 de octubre y de los municipios de Esquel y Trevelin, han manifestado su preocupación frente al avance de las invasiones de sauce. Aquí se presentan los principales resultados de un estudio que comprendió áreas invadidas por sauces en la cuenca del Río Futaleufú y la cuenca superior y media del Río Chubut, en la provincia del Chubut, Argentina.

La cuenca del Río Futaleufú, tiene una superficie de 7.630 km<sup>2</sup>, comprende entre otros: la totalidad del PNLA y el valle productivo 16 de octubre en el sector Sureste. Éste valle, se localiza en la desembocadura de los Ríos Percey y Corinto y sustenta el desarrollo de variadas actividades agropecuarias. La cuenca del río Chubut, abarca una superficie de aproximadamente 53.234 km<sup>2</sup>. Una de las principales actividades económicas es la ganadería extensiva de ovinos que se practica en casi toda la cuenca. Desde el punto de vista de la conservación biológica, el río Chubut alberga poblaciones de *Salix humboldtiana* (sauce criollo), única especie nativa de la Argentina, en el límite Sur de su distribución.

Entre las consecuencias no deseadas de las invasiones de sauces, cabe mencionar el aporte constante de biomasa (ramas, fustes y hojas) al curso de agua o sus riberas. Este aporte produce obstrucciones parciales que ralentizan el flujo de ríos y arroyos, o bien obstrucciones más severas que ocasionan inundaciones aguas arriba. Otra consecuencia es la pérdida de superficie utilizable, ya que los sauces se distribuyen densamente en los ambientes ribereños, alcanzando distancias de hasta 800 m a partir de los bordes del río. Entre los daños materiales ocasionados por las inundaciones se puede mencionar: destrucción de alambrados, mortandad de ganado, redistribución de materiales, pérdida de cultivos extensivos.

En este contexto, algunas de las preguntas iniciales fueron ¿Cuáles son las especies de sauce presentes en las cuencas de la provincia del Chubut? De iniciarse tareas de control en la cuenca del Futaleufú ¿Se puede garantizar que no hay sauce

1. Centro de Investigación y Extensión Forestal Andino Patagónico (CIEFAP), iorellana@ciefap.org.ar.

2. Universidad Nacional de la Patagonia San Juan Bosco (UNPSJB),

3. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA),

4. Instituto de Investigaciones en Biodiversidad y Medio Ambiente (INIBIOMA –CONICET).

criollo? ¿Cuál es el potencial genético de las especies de sauce de las cuencas Futaleufú y Chubut para sostener procesos de invasión a largo plazo? Para responder a estas interrogantes hicimos una prospección en ambas cuencas, en la que se tomaron muestras de 300 especímenes de sauce. Las muestras fueron identificadas, en principio, en base a caracteres morfológicos. Pero también se realizan estudios filogenéticos utilizando microsatélites. Otro objetivo fue desarrollar métodos efectivos en el control del rebrote del sauce y cuantificar los productos madereros con valor productivo, que pudieran obtenerse del control del sauce.

En la prospección realizada en la cuenca del Río Futaleufú, que comprendió los afluentes: Río Corinto, Río Percey, A° Esquel, A° Desaguadero, Lago Futalaufquen, Río Rivadavia, Lago Rivadavia y Río Carrileufú, Lago Pellegrini (Mosquito), se tomaron 226 muestras de distintas plantas de sauce. Se registraron las siguientes especies: *S. fragilis*, *S. alba*, *S. alba* var. *vitelina*, *S. x rubens*. Otras especies menos frecuentes fueron: *S. caprea* (femenino y masculino), *S. babylonica*, y *S. viminalis*. En cambio, no se registró *S. humboldtiana*.

En la cuenca del Río Futaleufú, el principal foco de invasión se encuentra en uno de sus afluentes, el Río Corinto, los especímenes que aparecen con mayor frecuencia, formando galerías densas, corresponden al híbrido *S. x rubens*. Sus especímenes presentan un elevado grado de variabilidad morfológica entre individuos (o ramets), o bien dentro de un mismo individuo se reconocen ramas con características intermedias entre ambos parentales, y otras ramas con características más afines con cada uno (*S. alba* o *S. fragilis* respectivamente).

También se constataron invasiones de *S. x rubens* en la cuenca superior y media del Río Chubut: A° Madera, A° La Cancha, A° Leleque, A° Lepa, A° Ñorquinco, Río Tecka, Río Gualjaina y Río Chubut en los sectores El Maitén, Piedra Parada y Las Plumas. Otras especies registradas en ésta cuenca, pero que aparecen con menor frecuencia son: *S. fragilis*, *S. alba* y *S. alba* var. *vitelina*. En tanto *S. caprea* sólo se encontró en el A° Caquel. En el Río Chubut, en el sector comprendido entre la Reserva Natural Protegida Piedra Parada y la localidad de Las Plumas, coexisten las especies de sauce exóticas y la especie nativa *S. humboldtiana*. El sauce nativo presenta baja densidad en comparación con las otras especies de sauce. La mayoría de los ejemplares de *S. humboldtiana* son añosos y se encuentran muy deteriorados, sin embargo en las proximidades de Las Plumas, se observa regeneración abundante.

Con respecto a los avances en el estudio del potencial genético. Se extrajo ADN de 300 muestras de sauce procedentes de ambas cuencas. Se puso a punto la amplificación de los microsatélites definidos por Budde *et al.* (2010) y se amplificaron exitosamente 6 microsatélites que resultaron polimórficos: SB24, SB80, SB194, SB210, SB349 y SB904. Hasta la fecha, se ha secuenciado la mitad de las muestras, encontrando entre 3 y 10 alelos (con un promedio de 6,33 alelos por microsatélite), demostrando que los microsatélites elegidos son polimórficos para las distintas especies estudiadas. Además, si bien la mayoría de los individuos fueron homocigotas para un determinado alelo, se encontraron algunos alelos y combinaciones de alelos que podrían ser característicos de algunas especies e híbridos, lo cual podría ser muy útil a la hora de identificarlos. Sobre los resultados de la genotipificación, una vez finalizada, se estimarán parámetros genéticos y la estructura para cada subpoblación genética de *Salix* (cuenca, híbridos, etc.).

Con respecto a la implementación de experiencias de control del rebrote de sauce, basadas en la combinación de tratamientos de corta y aplicación de agroquímicos, se probó la efectividad de 4 tratamientos, contrastándolos con un control. Los tratamientos se aplicaron en primavera y otoño, en 5 predios de la cuenca media del Río Corinto. Uno de los tratamientos fue: corta de fustes y aplicación de Tocón (2 %), con pincel, sobre el corte fresco. Otro, fue corta y aplicación de glifosato (7,5 %), con pincel, sobre el corte fresco. El tercer tratamiento fueron inyecciones de Glifosato (30 %) a árboles en pie, dosis de 10 ml por orificio. El cuarto, fue aspersion de glifosato (3 %) sobre plantas jóvenes. El control o testigo fueron parcelas cortadas y sin aplicación de herbicidas. Se analizó el rebrote promedio por planta por parcela, luego de una estación de crecimiento. Los resultados para los tratamientos aplicados en primavera, se presentan en la tabla 1.

**TABLA 1**

	Glifosato Aspersion (3%)	Glifosato Inyección (30%)	Tocón Pincelado (2%)	Glifosato Pincelado (7,5%)	Testigo
Rebrote Promedio	0	0	0	10,6	64,1

**Tabla 1.** Rebrote por planta por parcela, luego de una estación de crecimiento, para los tratamientos aplicados en primavera, n = 5 sitios.

Los tratamientos glifosato inyección y tocón pincelado resultaron muy efectivos para controlar el rebrote, y en menor medida también lo fue glifosato pincelado. El tratamiento de aspersion, aplicado a plantas con ramas menores a 5 cm de DAP, también resultó muy efectivo. Si bien los tratamientos de control resultan efectivos, se pueden producir nuevos rebrotes a partir del segundo año desde la aplicación. Por estas razones, se recomienda hacer una segunda aplicación a fines de la primavera siguiente. Ésta aplicación debería ser por aspersion local sobre los rebrotes nuevos. Aplicaciones masivas en un área, o a todo el tocón se desaconsejan; son innecesarias ya que el tocón no está activo y por lo tanto no traslada los principios activos, serían más costosas y sobre todo, poco cuidadosas del ambiente.

Los productos madereros obtenidos por hectárea manejada y como subproducto de las tareas de control que implican cortas, en la cuenca media del Río Corinto, son los siguientes: 327 postes y 233 varillas para alambrado de 5 hilos, 317 m<sup>3</sup> de leña, y 80 rollizos de entre 2,3 - 3,5 m de largo y diámetros que varían entre 24 y 50 cm.

Integrar el control de las invasiones de sauce con el desarrollo de alternativas productivas para su uso sustentable, constituyen un desafío sumamente interesante. Algunos de los usos posibles del sauce son los siguientes: extracción de compuestos químicos, cestería, sustrato para otros cultivos (hongos comestibles), uso como especie forrajera, el desarrollo de sistemas silvopastoriles, biomasa para biorreactores, uso de varillas para construcciones alternativas (técnica pared francesa), así como la producción de muebles.

## PROYECTO DE INVESTIGACION APLICADA (PIA 12026)

# Desarrollo de protocolos para la prevención, monitoreo y control de las invasiones de coníferas introducidas en el noroeste patagónico: análisis de efectividad y costos

Sarasola M. M.<sup>1</sup>, Diez J.P.<sup>1</sup>, Jaque N.F.<sup>1</sup>, Nuñez M.<sup>2</sup>

## INTRODUCCIÓN

Las forestaciones con coníferas exóticas de rápido crecimiento en el Noroeste de la Patagonia, con una superficie aproximada de 82 mil ha, constituyen un sistema productivo de importancia. Las primeras introducciones de pino se hicieron a principios del siglo XX, pero es a partir de la década de 1970 cuando los ambientes locales comienzan a ser usados para la actividad forestal con plantaciones en forma de macizos. En la actualidad, la mayor superficie de estos macizos de coníferas introducidas corresponde a la especie *Pinus ponderosa* Dougl. ex. Laws. (Pino ponderosa) en un 80%, seguida por forestaciones de *Pinus contorta* Douglas ex Loudon (Pino murrayana), *Pseudotsuga menziesii* (Mirb) Franco (Pino Oregón) y *Pinus radiata* D. Don (Pino radiata). La implantación de masas forestales para producción se encuentra promovida y subsidiada por el gobierno nacional (Ley 20.580 y Ley 26.432) y los gobiernos provinciales. Esto se debe a que es visualizada como una actividad que tiene un alto potencial de aporte al crecimiento económico y al desarrollo tanto regional como nacional, debido a la cantidad de mano de obra directa e indirecta que genera, y a otros beneficios como obtención materiales para la construcción, materia prima para la industria, leña y conservación de suelos en ambientes degradados. Si bien las forestaciones de coníferas generan beneficios, también pueden generar problemas ambientales como lo son las invasiones biológicas que causan alteraciones a la estructura de las comunidades nativas, cambiando la estructura y riqueza del ambiente que influyen sobre los ciclos de materia y flujo de energía de los ecosistemas. Las invasiones biológicas son procesos que ocurren cuando las especies son introducidas en un nuevo ambiente, ya sea en forma accidental o intencional. El proceso de invasión puede ser resumido en tres etapas: **1- Introducción:** la llegada de la especie al nuevo ambiente, **2- Naturalización:** la especie sobrevive, se desarrolla y produce descendencia cercana y **3- Colonización:** o invasión propiamente dicha, cuando la especie, a través de su propia descendencia extiende su ocupación en grandes superficies, sin necesidad de ser reintroducida. Hay diversas evidencias de invasiones biológicas causadas por especies de coníferas en distintas partes del mundo. El pino murrayana en Nueva Zelanda ha invadido matorrales, praderas con pastos en forma de matas, pasturas y bosques abiertos; el pino ponderosa en Chile invadió sitios disturbados, en Nueva Zelanda invadió praderas, coironales y arbustales; al pino oregón se lo encuentra invadiendo en Alemania y también se está regenerando con éxito en bosques patagónicos de Chile y Argentina. El control de las invasiones biológicas en tiempo y forma es de vital importancia para que no genere costos excesivos ni problemas ambientales serios.

Este trabajo tuvo como objetivo aportar información para el desarrollo de protocolos prácticos para el monitoreo, prevención y control efectivo de las invasiones de pinos, a través de la evaluación de métodos de control y la cuantificación de sus costos

1. EEA Bariloche INTA, Modesta Victoria 4450, C.P.: 8400, CC 277. San Carlos de Bariloche, Argentina  
Correo electrónico de contacto: sarasola.mauro@inta.gob.ar

2. Laboratorio Ecotono, INIBIOMA, Conicet-Universidad Nacional del Comahue

en diferentes condiciones de invasión. En función de ello se cuantificó el tiempo de intervención y consumo de combustible en distintas situaciones de ocupación del sitio.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El trabajo se desarrolló en áreas anexas a diferentes plantaciones de Pino murrayana, Pino ponderosa y Pino Oregón ubicadas en el noroeste de la Patagonia Andina en las provincias de Neuquén, Río Negro y Chubut. Se instalaron 30 parcelas de 400 m<sup>2</sup> en áreas lindantes a las plantaciones forestales. En las mismas se procedió a describir el sistema: pendiente, orientación, coordenadas geográficas mediante GPS, cobertura herbácea, arbórea y arbustiva y un inventario detallado (diámetro a la altura de la base en todos los individuos (DAB), diámetro a la altura del pecho en los que la misma era superior a 4 cm (DAP), altura total (Ht)) de las especies arbóreas nativas e invasoras especificando en éstas últimas la presencia o ausencia de conos. Posteriormente se procedió al control mecánico de las coníferas utilizando hacha de mano, motosierra, motoguadaña y machete por una cuadrilla de tres personas. Los productos remanentes al control como lo son las ramas y la leña generada, fueron apilados separada y ordenadamente fuera de la superficie de la parcela para su posterior cuantificación de volumen en forma estéreo. Se contabilizó el tiempo que demoró la acción de corta y apilado de las coníferas invasoras como así también la cantidad de combustible y lubricantes utilizados para cada situación en particular. Se tomaron fotografías en los 4 vértices de cada parcela antes y después del control para evidenciar el cambio en la visual dentro de la parcela y como registro fotográfico para posteriores evaluaciones de eficiencia de control. Luego del control se estimó la edad (a través del conteo de anillos de crecimiento) de los 3 a 5 individuos de mayor diámetro para estimar el inicio del proceso de invasión.

De acuerdo a los sitios muestreados se realizaron la siguiente cantidad de parcelas para las distintas especies: 18 parcelas para Pino murrayana, 7 para Pino oregón y 5 para Pino ponderosa.

Las parcelas de cada especie fueron agrupadas en tres categorías de intensidad de la invasión: baja, media y alta. Las mismas fueron definidas por el área basal por hectárea de las coníferas invasoras dadas por el inventario realizado, considerando el diámetro a la base de los renovales y no el diámetro a la altura del pecho, para poder incluir los renovales de menor diámetro que no alcanzaban las dimensiones cuantificables con el DAP (> 4 cm). Los tres rangos fueron: < 3,5 m<sup>2</sup>/ha; 3,5 – 10 m<sup>2</sup>/ha y > 10 m<sup>2</sup>/ha. Con la información recopilada, se procedió a realizar un ANOVA para las distintas variables involucradas en este estudio. Para encontrar cuáles tratamientos difieren significativamente entre sí, se realizó un test de LSD Fisher.

## RESULTADOS

Se presenta a modo de resumen, la siguiente tabla donde fueron analizadas todas las variables para cada especie.

La decisión de utilizar como nivel de clasificación de las parcelas la variable de área de la base de la planta por hectárea se debe a que fue un mejor indicador que la densidad de individuos por ha, si lo correlacionamos con las principales variables estudiadas.



**TABLA 1**

Ocupación	Tiempo de control (hs/ha)			Vol Ramas (m <sup>3</sup> /ha)			Vol Leña (m <sup>3</sup> /ha)			Consumo de combustible (l/ha)			Consumo de aceite 2T(l/ha)			Consumo de aceite para cadena(l/ha)		
	M	P	O	M	P	O	M	P	O	M	P	O	M	P	O	M	P	O
<3,5 M <sup>2</sup> /ha	12,8 a	-	16,1 a	12,8 a	-	16,1 a	12,8 a	-	16,1 a	12,8 a	-	16,1 a	12,8 a	-	16,1 a	12,8 a	-	16,1 a
3,5 - 10 M <sup>2</sup> /ha	24,3 a	18,8 a	31,5 a	24,3 a	18,8 a	31,5 a	24,3 a	18,8 a	31,5 a	24,3 a	18,8 a	31,5 a	24,3 a	18,8 a	31,5 a	24,3 a	18,8 a	31,5 a
>10 M <sup>2</sup> /ha	113,8 b	77,5 b	71 b	113,8 b	77,5 b	71 b	113,8 b	77,5 b	71 b	113,8 b	77,5 b	71 b	113,8 b	77,5 b	71 b	113,8 b	77,5 b	71 b

**Tabla 1.** Resumen de análisis estadístico de las variables por especie.

Referencias: M: Pino murrayana. P: Pino ponderosa. O: Pino oregón. Letras diferentes en los resultados de cada especie representan valores que difieren significativamente en las distintas ocupaciones de sitio. Ocupación de sitio: se estimó a partir del diámetro basal medido a 5 cm de altura.

En el caso de Pino ponderosa, no se encontraron situaciones de ocupación < 3.5 m<sup>2</sup>/ha en los sitios estudiados (Tabla 1).

Los tiempos de control e insumos utilizados fueron claramente superiores en las condiciones de mayor invasión que en las de menor invasión. En Pino ponderosa fueron 4,13:1 y 4,18:1 para tiempo e insumos (combustibles y lubricantes) respectivamente, para pino oregón la relación fue de 4,4:1 y 3,77:1 y para Pino murrayana la diferencia fue de 8,9:1 y 7,04:1.

Una mención especial es la generación de residuos del control, específicamente de ramas y troncos finos (< 10 cm diám.). La relación entre los sitios de mayor invasión vs los sitios de menor invasión en la generación de Volumen de ramas fue aun superior, alcanzando en este caso hasta más de 10:1. Considerando que los residuos hay que eliminarlos del lugar, en especial si alcanzan una dimensión significativa, esto incrementará aún más los costos de los tratamientos de control en sitios de invasión avanzada, ya sea el método de eliminación por quema o chipeo.

También se puede ver que en casi todos los casos evaluados el quiebre en lo que respecta a una diferencia en las variables, lo da cuando se sobrepasa la ocupación de 10 m<sup>2</sup>/ha.

## CONCLUSIONES

Las acciones de prevención son fundamentales para evitar los procesos de invasiones biológicas y sus efectos negativos sobre la producción y la conservación. En el caso de las invasiones de pinos, nuestros resultados refuerzan este concepto, ya que evidencian la importancia económica de realizar estas tareas de prevención a través del control de renuevos de pinos en las instancias incipientes de la invasión. Los costos de un control tardío, considerando el consumo de insumos, el tiempo de control (jornales por ha) y el costo de la eliminación de residuos, son claramente superiores y se incrementan exponencialmente al superar los 10 m<sup>2</sup>/ha de ocupación del sitio. Realizar las tareas de control en las instancias incipientes de los procesos de invasión, procurando evitar llegar a tasas de ocupación de sitio mayores a 3.5 m<sup>2</sup>/ha hacen a las tareas de control preventivo más económicas y por ende viables de ser realizadas. Esta información aporta al desarrollo de los protocolos de monitoreo, prevención y control de las invasiones de pinos en Patagonia.

## PROYECTO DE INVESTIGACION APLICADA (PIA 12039)

# Economía del agua en la región de Cuyo: desempeño de dos sistemas de riego en bosques de álamos para producción de madera de calidad

Riu N.<sup>1</sup>, Rearte E.<sup>2</sup>, Schilardi C.<sup>2</sup>, Perez S.<sup>1</sup>, Ferro malecki M.<sup>1</sup>

## INTRODUCCIÓN

En Mendoza la actividad forestal se desarrolla principalmente en torno al cultivo del álamo, se estiman que hay aproximadamente 14.000 ha plantadas en 40 a 50% como cortinas forestales y el resto en macizo. La mayoría de estas plantaciones se encuentran ubicadas en los departamentos del Valle de Uco. En la región de Cuyo y en Mendoza en particular el agua es considerada un factor limitante para el desarrollo de la producción agropecuaria y de la forestación con álamos.

Tradicionalmente el agua se aplica a través de sistemas de riego por escurrimiento superficial, zonalmente la eficiencia de riego por superficie es en promedio, del 33%.

Los sistemas de riego presurizado tales como el goteo o aspersion son métodos de alta eficiencia que permiten un ahorro considerable de agua, pero son de alto costo.

Una de las alternativas al riego por escurrimiento superficial, tradicionalmente utilizado en la región Cuyo, es el riego por caudal discontinuo. Este es un sistema de riego que requiere una leve presurización para la apertura y cierre de válvulas y una mínima inversión en mangas para conducir el agua a la cabeza del surco. Este método permite homogeneizar la distribución del agua a lo largo y ancho del perfil, mediante la aplicación intermitente de pulsos de agua en sucesivos períodos de escurrimiento y reposo. De este modo mejora el desempeño del riego con respecto al riego tradicional, al disminuir las pérdidas por percolación profunda en cabeza de surco y permitiendo un ahorro considerable en el recurso agua.

## OBJETIVOS

El objetivo de este ensayo fue aplicar el método de riego por caudal discontinuo en plantaciones de álamos, con el propósito de mejorar el desempeño del riego respecto a aquellos métodos de riego tradicionales, optimizando conjuntamente la producción de madera.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El ensayo demostrativo se realizó en una propiedad forestada con álamos de 6 años de edad, ubicada en la localidad de La Primavera, departamento de Tunuyán, Mendoza, Argentina; el clon utilizado fue *Populus deltoides* 'Harvard'. La parcela experimental consta de un total de 12 hileras de 300 metros de largo, la mitad se regó en forma tradicional por surcos y el resto con el sistema de riego por caudal discontinuo. La distancia de plantación es de 6 metros entre hileras y 3 metros entre plantas. El suelo es de textura franco arenoso a arenoso, profundo, no salino con bajos contenidos de materia orgánica.

---

1. Cátedra de Dasonomía.

2. Cátedra de Hidrología Agrícola.  
Facultad de Ciencias Agrarias.  
UNCuyo. Alte. Brown 500,  
Chacras de Coria. (5505) Mendoza.  
e-mail: nriu@fca.uncu.edu.ar.

Se colocaron sensores de medición continua de humedad del suelo (tipo FDR) a tres profundidades (0.40, 0.80 y 1.20 m).

Se efectuó la volumetría de las parcelas con el método tradicional de cálculo del árbol tipo: medición de DAP con cintas métricas y alturas con hipsómetros al comienzo y al finalizar el ciclo vegetativo. La variable respuesta observada fue el incremento en volumen de madera en m<sup>3</sup>/ha. , a obtener luego de la aplicación de un ciclo de tratamientos: riego por caudal discontinuo y riego tradicional por surcos.

El incremento en madera fue levemente mayor en el riego por surco aunque la diferencia no fue significativa. En la tabla 1 se observan los valores de diámetros promedio de los árboles al iniciar y finalizar el ciclo vegetativo y en la tabla 2 los volúmenes de madera producidos durante el ciclo del cultivo. Respecto al uso del agua se observaron diferencias significativas ya que el método de riego por pulso utilizó la mitad del agua respecto al riego tradicional por surcos.

**Tabla 1.** Diámetros promedio de los árboles al iniciar y finalizar el ciclo vegetativo.

**TABLA 1**

Sistema de riego	Diámetro medio inicial (cm)	Diámetro medio final (cm)
Riego por pulso	22,58	24,54
Riego por surco	21,21	23,30

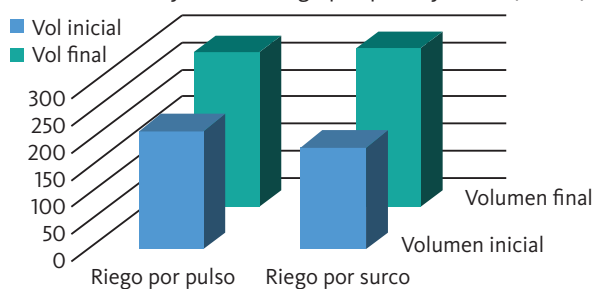
**Tabla 2:** Volúmen de madera producido por ha. en los dos sistemas de riego.

**TABLA 2**

Sistema de riego	Volumen promedio de madera inicial (m <sup>3</sup> /ha)	Volumen promedio de madera final (m <sup>3</sup> /ha)
Riego por pulso	218,20	286,00
Riego por surco	187,60	294,03

**GRÁFICO 1.**

Volumen inicial y final en riego por pulso y surco (m<sup>3</sup>/ha)



**Gráfico 1:** Volumen inicial y final de madera producido (m<sup>3</sup>/ha) en riego por pulso y por surco.

Este ensayo está en ejecución, los resultados corresponden a un año de aplicación de los tratamientos, será importante poder evaluar las eficiencias de riego durante los próximos años del cultivo, el crecimiento en volumen de madera y economía del agua con el método de riego por caudal discontinuo respecto al riego tradicional por superficie.

## CONCLUSIONES

Ante la importancia que tiene el agua en nuestra agricultura de regadío de zonas áridas, es fundamental mejorar las estrategias de riego para poder aumentar el área cultivada y la eficiencia de su uso en la producción agrícola-forestal.

## PROYECTO DE INVESTIGACION APLICADA (PIA 12042)

# Conservación de la biodiversidad y las funciones ecológicas en plantaciones forestales: rol del contexto regional y la edad de la plantación

Zurita G.A.<sup>1</sup>, Gatti M. G.<sup>1</sup>, Filloy J.<sup>2</sup>, Bellocq M. I.<sup>2</sup> y Vespa M. I.<sup>1</sup>

## INTRODUCCIÓN

En la actualidad, las plantaciones forestales en Argentina se encuentran ampliamente distribuidas y en franca expansión en la región Mesopotámica, estableciéndose sobre una gran diversidad de ecosistemas, que incluyen selvas subtropicales en la provincia de Misiones y pastizales en las provincias de Entre Ríos y Corrientes. Un creciente número de estudios muestran que el reemplazo del ecosistema nativo por plantaciones forestales tiene un fuerte impacto sobre la biodiversidad y sobre diversas funciones ecológicas; observándose la pérdida de especies nativas y la aparición o incremento en abundancia de especies propias de otras regiones.

La mayor parte de los estudios orientados a estudiar el rol de las plantaciones forestales en la conservación de la biodiversidad y las funciones ecológicas se han enfocado en una región (generalmente ecosistemas de bosque) y un estadio de maduración particular (generalmente plantaciones maduras). Sin embargo, a lo largo del desarrollo de la plantación, la estructura y composición de la vegetación y las condiciones de microclima varían lo que facilita o limita (dependiendo del contexto regional) su uso por parte de la fauna nativa y, en consecuencia, el desarrollo de las funciones ecológicas que mantienen la integridad ecológica y productiva del sistema. Esto es, el impacto de las plantaciones forestales será muy diferente de acuerdo al estadio de madurez y la región en que se encuentra.

En este proyecto nos proponemos estudiar de manera simultánea el impacto de las plantaciones forestales sobre la biodiversidad y diferentes funciones ecosistémicas teniendo en cuenta su edad y la región donde están establecidas. Esperamos proporcionar medidas de manejo de escala local y regional tendientes a incrementar el uso de las plantaciones forestales por parte de las especies nativas y, en consecuencia, el desarrollo de funciones ecosistémicas claves, tales como el ciclado de nutrientes. Entre los resultados esperados, se determinará la edad óptima de corta para cada ecosistema y a escala regional, se definirán zonas de menor impacto de las plantaciones que aportará al ordenamiento territorial.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Para llevar adelante el proyecto, se seleccionaron plantaciones forestales de *Pinus taeda* en dos regiones: la selva Atlántica (o selva Misionera) del NE de Argentina y el pastizal Pampeano de la provincia de Entre Ríos. Estos dos ecosistemas difieren marcadamente en la estructura y composición de la vegetación, siendo la selva un sistema de alta diversidad (tanto en composición como en estructura) y el pastizal un sistema monoestratífico dominado por gramíneas.

En cada región (selva y pastizal) se seleccionaron 24 rodales (48 en total) correspondientes a las siguientes edades (3 réplicas por cada edad): 12, 9, 6, 5, 4, 3, 2

---

1. Instituto de Biología Subtropical, Facultad de Ciencias Forestales, Universidad Nacional de Misiones, CONICET. gazurita@conicet.gov.ar.

2. IEGEBA, Departamento de Ecología, Genética y Evolución, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad de Buenos Aires, CONICET

y 1 año. Adicionalmente se seleccionaron tres sitios de bosque y pastizal continuo como controles. En cada una de las sitios seleccionados (8 edades+control de bosque x 3 réplicas x 2 regiones) se estimó la estructura de la vegetación en una escala de abundancia-cobertura (0-100%) para las gramíneas, herbáceas, suelo desnudo, arbustivas, helechos, canopia y sotobosque. La humedad y temperatura a nivel de suelo se estimó utilizando sensores automáticos de temperatura y humedad (HO-BOS), colectado un registro cada cinco minutos.

Para caracterizar la comunidad de artrópodos de suelo se instalaron trampas de caída (pitfall). Se realizaron dos muestreos diferentes; el primero utilizando un cebo atrayente específico para escarabajos estercoleros y luego un muestreo más prolongado sin cebo para el resto de los grupos. De los grupos colectados se identificaron hasta especie los escarabajos estercoleros y las hormigas.

Para caracterizar la tasa de descomposición se utilizó el método de bolsitas de descomposición (15x15 cm), colocando un volumen fijo de hojarasca de pino en el interior de las bolsitas. A tiempos regulares durante 12 meses se colectó las bolsitas, se secó el material en estufa y se pesó. La descomposición se determinó como el porcentaje de material perdido en el entre mediciones.

## RESULTADOS PRINCIPALES Y DISCUSIÓN

Tanto la edad de la plantación como la región donde se estableció (selva y pastizal) tuvieron una marcada influencia sobre las condiciones de microclima y los patrones de diversidad animal. En la región de selva Atlántica (Misiones) las condiciones de microclima (temperatura y humedad de suelo) en las plantaciones tendieron a parecerse a las bosque a medida que la plantación maduró; en particular a los cinco años de edad el microclima se igualó al bosque nativo. En el pastizal se observó el patrón contrario, la temperatura y humedad fueron similares al ambiente natural los primeros años de la plantación y luego se diferenciaron.

Los grupos animales y las funciones ecosistémicas evaluadas reflejaron los cambios en el ambiente de manera consistente con la región y la edad de la plantación. En la selva Atlántica, la riqueza de especies y el número de especies nativas (escarabajos, arañas y hormigas) se incrementó con la edad de la plantación mientras que en el pastizal disminuyó. La descomposición de la hojarasca mostró un patrón similar a lo observado para los grupos animales.

Los resultados de este estudio ponen de manifiesto la importancia de considerar el contexto regional donde se desarrollan las plantaciones en la planificación territorial y el manejo a escala local. Los resultados preliminares son consistentes con estudios previos y muestran claramente que los patrones de diversidad nativa muestran patrones inversos durante el ciclo de crecimiento de la plantación. El valor de conservación de plantaciones ubicadas en contexto de selvas o bosques se incrementa con la edad de la plantación, por lo que turnos de cosecha largos son más favorables. Por el contrario, en contextos de pastizal el valor de conservación disminuye con la edad de la plantación por lo que turnos de cosecha cortos serán más favorables.

La duración de los turnos de cosecha puede afectar la calidad de sitio, al disminuir los contenidos de nutrientes en el suelo. Estos resultados aún no fueron anali-

zados, sin embargo es crucial combinarlos con los resultados de biodiversidad para establecer patrones de manejo que maximicen no solo la biodiversidad sino también la productividad del sistema en el mediano y largo plazo.

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES DE MANEJO

A diferencia de otros usos de la tierra, las plantaciones forestales constituyen un sistema dinámica y su rol en la conservación de la biodiversidad varia con su edad y la región donde se establecen.

La edad y la región de establecimiento de las plantaciones interactúan fuertemente para determinar el uso por parte de las especies nativas; en la región de selva el uso de las plantaciones se incrementa con la edad mientras que en la región de pastizal se observa el patrón contrario.

En la región de selva (y de bosque en general) ciclos de corta largos favorecen la colonización de las plantaciones por parte de la biodiversidad nativa.

Opuesto a lo observado en regiones de bosque, en regiones de pastizal ciclos de corta reducidos favorecen el uso por parte de las especies nativas.

## PROYECTO DE INVESTIGACION APLICADA (PIA 12058)

### Efecto del riego con efluentes cloacales tratados sobre el crecimiento inicial del *Eucalyptus grandis*

María Alejandra Martínez<sup>1</sup>, Natalia Tesón<sup>2</sup>, Hernán Hadad<sup>3</sup>, Alicia Rossi<sup>4</sup>

## INTRODUCCIÓN

La eutrofización es un proceso natural de los ecosistemas acuáticos, especialmente en lagos, caracterizado por un aumento en la concentración de nutrientes como nitratos y fosfatos, con los consiguientes cambios en la composición de la comunidad de seres vivos y la disminución en su diversidad, favoreciendo el incremento de las pocas especies más aptas para crecer en estas condiciones especiales.

Las cianobacterias son frecuentes formadoras de floraciones en aguas continentales eutrofizadas (especialmente con altos niveles de nitrógeno y fósforo), siendo indicadores del deterioro de la calidad ambiental).

Una de las causas de la eutrofización antrópica es la descarga de nutrientes en ríos y lagos, en particular de fósforo (P) y nitrógeno (N), gran parte del cual proviene de aguas residuales.

En las aguas residuales municipales, las excreciones humanas generan los principales aportes de N. La mayor parte del N está en forma de urea. La cantidad media de N que una persona excreta al día es de alrededor de 11 g. La concentración de N en las aguas residuales municipales brutas, se encuentra entre 50 y 60 mg/l.

En cuanto al Pla mayor parte procede de detergentes, productos de limpieza domésticos y excreciones humanas. La carga de P diaria por habitante es de 1,8 g. La concentración de P en el agua residual actualmente, está entre 8 y 12,5 mg/l P en las aguas residuales municipales y las aguas residuales brutas.

El uso de aguas residuales en agricultura es una alternativa para la disposición final de los efluentes domésticos, disminuyendo la contaminación de los cauces receptores y el uso de agua potable. El riego de las plantaciones de árboles es una alternativa para evitar las descargas de aguas residuales previamente tratadas a los ríos.

El aprovechamiento controlado de aguas residuales depuradas y no depuradas para el riego se practica comúnmente en Europa, Estados Unidos, México, Australia, China, India y Cercano Oriente, y en menor medida en Chile, Perú, Argentina, Sudán y Sudáfrica. En Argentina, una experiencia exitosa de colaboración público-privada lo constituye el Campo El Espejo del aglomerado Gran Mendoza. La reutilización de efluentes en esta región es un recurso de vital importancia, permitiendo la irrigación de más de 3.640 ha de forestaciones, viñedos, olivos, alfalfa, árboles frutales y otros cultivos.

La localidad de Colonia Ayuí (Concordia, Entre Ríos), cuenta con aproximadamente unos 3.000 habitantes. Los efluentes cloacales de dicha localidad son vertidos, luego de su tratamiento secundario, al lago de la Represa Salto Grande. La

1. UNL. FHUC, Santa Fe. Argentina.

2. INTA EEA Concordia. CC34, CP E3200AQK. UTN FR Concordia. Salta 277, CP E3200EKE Concordia, Entre Ríos, Argentina.

3. UNL. Facultad de Humanidades y Ciencias. Santa Fe. Argentina. Química Analítica. Facultad de Ingeniería Química UNL (CONICET). Contacto: hhadad@fiq.unl.edu.ar

4. UTN FR Concordia. Salta 277, CP E3200EKE Concordia, Entre Ríos, Argentina. Contacto: aliciarossi@hotmail.com



frecuente ocurrencia de floraciones de algas en el mencionado lago, y particularmente en la zona de descarga, se ha convertido en una amenaza ambiental para la comunidad. En parte, esto ocurre por la eutrofización causada por el vertido de P y N presentes en el agua residual cloacal.

Debido a la problemática que ocasionan las descargas cloacales en Colonia Ayuí, y teniendo en cuenta que las aguas residuales contienen los nutrientes necesarios para el desarrollo óptimo de las plantas, se evaluó el crecimiento inicial de *Eucalyptus grandis* irrigado con efluentes cloacales tratados.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó entre julio y diciembre de 2013. En un invernáculo ubicado en el campo “El Alambrado”, propiedad del Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA), Estación Experimental Agropecuaria (EEA) Concordia, Entre Ríos. El efluente cloacal se obtuvo de la descarga del sistema de tratamiento municipal de la localidad de Colonia Ayuí.

Los plantines comerciales de *E. grandis* fueron transplantados a macetas cilíndricas de 5 l de plástico soplado negro y regados con el efluente tratado en distintas diluciones. Se evaluaron cinco diluciones al 20, 40, 60, 80 y 100% V/V del efluente correspondientes a los tratamientos T2, T3, T4, T5 y T6 respectivamente y un testigo con agua de pozo siendo este el tratamiento T1. Para cada tratamiento se realizaron 10 repeticiones de una planta. Se utilizaron plantas de *E. grandis*, con aproximadamente 120 días de desarrollo. Se eligieron plantas uniformes en diámetro a la altura del cuello (DAC medio: 3 mm) y altura total (Ht media: 30 cm).

El suelo utilizado para rellenar las macetas fue de textura arenosa de bajo contenido de materia orgánica (0,48%) y fertilidad (Ntotal: 0,01% y P: 2,64 ppm). Se obtuvo de los 20 cm superficiales de un suelo correspondiente a la Serie Yuquerí grande, del Orden Entisol en el mencionado campo.

Para evitar la evaporación y poder determinar la transpiración por diferencia de peso, se colocaron las macetas dentro de una bolsa de polietileno. Luego las macetas con las plantas fueron etiquetadas y distribuidas al azar en el invernadero.

Para calcular el riego se determinó el peso inicial de cada maceta, para lo cual se saturó el suelo y se dejó percolar el agua gravitacional. Dos veces por semana se pesó cada maceta y por diferencia de peso se determinó la transpiración de cada planta, y se regó con la solución correspondiente hasta alcanzar nuevamente el peso inicial.

Para evaluar el crecimiento de *E. grandis* se midió, dos veces al mes, el DAC mediante un calibre y la altura total de las plantas, con una cinta métrica y a partir de estas variables se estimó un indicador del volumen del fuste por medio de la fórmula de volumen del cono ( $V = \pi \cdot \text{DAC} / 2^2 \cdot \text{Ht} / 3$ ).

Las variables se analizaron mediante ANOVA. Las medias se compararon mediante el Test de Tukey ( $p < 0,05$ ). Se utilizó el software Statística 7.1.



Fig. 1: Colecta del efluente cloacal en la descarga.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Crecimiento de *E. grandis*

El volumen del fuste de *E. grandis* se incrementó a medida que disminuyó la dilución del efluente cloacal en los distintos tratamientos. El incremento del volumen fue exponencial y mostró un buen ajuste en todos los tratamientos ( $R=98-99\%$ ) (Gráfico 1). Al final del ensayo se observó que T5 (80%) y T6 (100%) fueron los tratamientos que expresaron los volúmenes mayores. No se diferenciaron estadísticamente entre ellos (Cuadro 1) por lo cual se puede considerar que las cantidades de nutrientes recibidas en el T5 (80%) fueron suficientes para expresar el máximo crecimiento en volumen. Por otra parte, el tratamiento testigo (T1) se diferenció estadísticamente del resto de los tratamientos con un volumen final equivalente al 12% del T6. En un estudio realizado en Sudáfrica por Myers *et al.* (1996) se encontraron resultados similares en plantaciones de *E. grandis* irrigadas con efluentes cloacales.

GRÁFICO 1.

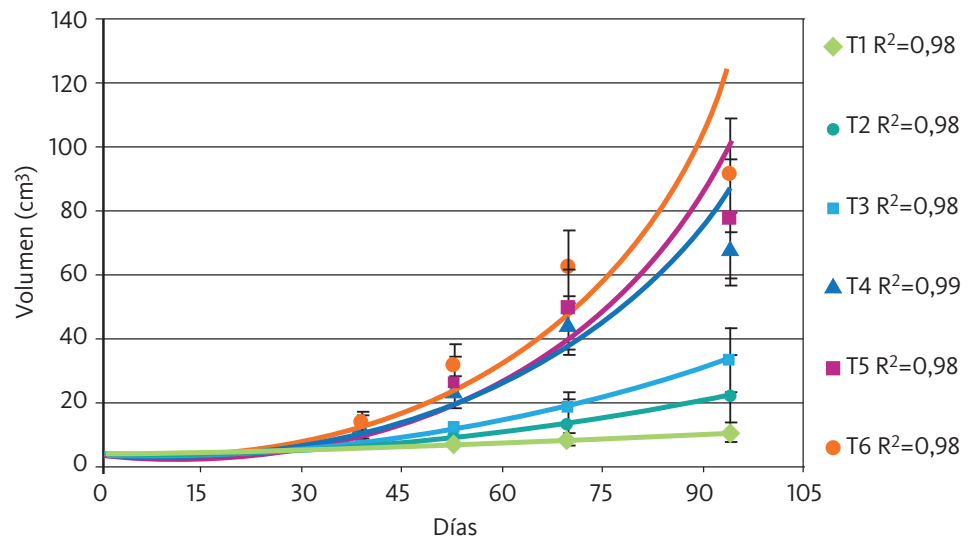


Gráfico 1: Evolución del volumen del fuste a lo largo del ensayo.

El comportamiento del DAC fue similar al comportamiento en volumen, mientras que analizando la variable altura se observó que a partir de una dilución del 40% (T3) no hubo diferencias significativas entre los tratamientos (Cuadro 1).

La altura de *E. grandis* se incrementó a medida que disminuyó la dilución del efluente cloacal. Al final del ensayo T1 (0%) se diferenció significativamente de todos los tratamientos. El T6 (100%) solo mostró diferencias significativas con T1 (0%) y T2 (20%). Por lo cual se podría inferir que a partir de T3 (40%) las cantidades de nutrientes son suficiente para expresar el máximo crecimiento en altura de *E. grandis* (Cuadro 1). Graciano (2005) observó incrementos en la altura de *E. grandis* relacionados a la fertilización con P en suelos arenosos.

En concordancia con los resultados de este estudio, Schönau (1977) encontró que el crecimiento en los primeros años de *E. grandis*, expresado en altura y en DAC, se incrementa como resultado de la fertilización en el momento de la plantación, y que las diferencias absolutas entre los árboles fertilizados y no fertilizados se mantienen

**TABLA 1**

Tratamiento	Volumen (cm <sup>3</sup> )	DAC (mm)	Altura (cm)
T1 (0% v/v)	10,96 ± 2,98 <sup>a</sup>	4,78 ± 0,66 <sup>a</sup>	45,1 ± 3,4 <sup>a</sup>
T2 (20% v/v)	33,37 ± 9,84 <sup>b</sup>	7,35 ± 0,94 <sup>b</sup>	58,3 ± 8,24 <sup>b</sup>
T3 (40% v/v)	46,50 ± 12,42 <sup>b</sup>	8,317 ± 0,93 <sup>b</sup>	63 ± 4,99 <sup>b</sup>
T4 (60% v/v)	68,20 ± 11,52 <sup>c</sup>	10,00 ± 0,67 <sup>c</sup>	64,7 ± 4,51 <sup>c</sup>
T5 (80% v/v)	77,50 ± 18,48 <sup>cd</sup>	10,37 ± 1,05 <sup>cd</sup>	67,7 ± 6,58 <sup>cd</sup>
T6 (100% v/v)	91,17 ± 17,81 <sup>d</sup>	11,24 ± 0,69 <sup>d</sup>	68,15 ± 6,37 <sup>d</sup>

**Cuadro 1:** Dimensiones de las plantas de *E. grandis*: volumen del fuste, DAC y altura al finalizar el ensayo. *Nota:* letras diferentes en cada columna indican diferencias significativas (Tukey,  $p < 0,05$ )

más o menos constantes a medida que aumenta la edad. La fertilización mejora el rendimiento de la madera, lo cual justifica económicamente la fertilización al inicio del crecimiento de la plantación.

Por otra parte, Monsalve *et al.* (2009) y Materán *et al.* (2004) evaluaron la fertilización nitrogenada de *Eucalyptus globulus* y encontraron que ésta aumenta significativamente el DAC y la altura de las plantas.

## CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos en el presente estudio demuestran que la irrigación de *E. grandis* con el efluente cloacal tratado, produjo un aumento significativo en su crecimiento inicial donde el T5 (80%) contiene la dilución suficiente para expresar el máximo DAC y volumen. Mientras que para expresar la altura máxima fue suficiente una dilución T3 (40%).

El agregado puro del efluente cloacal tratado, T6 (100%), también permitió el máximo crecimiento de las plantas, indicando que no es necesaria la dilución del efluente, reduciéndose de esta forma los gastos y el tiempo asociados a la misma.

Por lo antes mencionado se considera que la irrigación con el efluente cloacal tratado favoreció el crecimiento inicial de *E. grandis*, sin producir ningún efecto negativo en su desarrollo.

La reutilización de los efluentes tratados para el riego de plantaciones forestales, contribuiría a solucionar los problemas ambientales que ocasionan las descargas en las aguas receptoras. No obstante, es una práctica que requiere de un manejo controlado y del monitoreo permanente del efluente, del suelo y de las aguas subterráneas para no afectar de manera negativa los recursos utilizados en la producción.



**Fig.2:** T1 (0% efluente) y T6 (100% efluente) al finalizar el ensayo

## PROYECTO DE INVESTIGACION APLICADA (PIA 12060)

### Identificación y cuantificación de la aptitud forestal de la región Yungas de Salta y Jujuy para la implantación de *Toona ciliata*

Speranza, Flavio C.; Badinier, Capucine; Mattenet, Mauricio; Cosimi, Luis y José Minetti

## INTRODUCCIÓN

La región noroeste de Argentina históricamente fue una de las principales proveedoras de madera de alto valor para la carpintería (muebles, aberturas, construcción). Actualmente posee el mismo perfil productivo, sin embargo con una relativa menor potencialidad puesto que las existencias de madera nativa, principal fuente de madera de alto valor, se encuentran reducidas y más alejadas de las industrias que las procesan. Así mismo, esta explotación con escasa planificación y visión largoplacista, condujo a una elevada degradación de las masas boscosas naturales, teniendo consecuencias negativas en los aspectos ambientales, económicos y sociales.

Las especies forestales más afectadas son del género *Cedrela* (nombre vulgar: Cedro). La disponibilidad de madera de los cedros ha disminuido fuertemente en el NOA en las últimas décadas debido a la alta tasa de extracción.

Una alternativa a esta situación es el desarrollo de plantaciones forestales en macizo, las cuales permiten reducir la presión sobre el bosque nativo, produciendo madera de cultivo que complementa la oferta de productos madereros de alto valor y generando mano de obra local. Las experiencias de plantación con cedro presentaron como principal limitante para su éxito la presencia de la plaga *Hypsiphyla grandella* o “mariposa de los brotes”. Este insecto daña los brotes de los plantines y plantas jóvenes, afectando la conformación del fuste de los árboles generando elevados costos de manejo de la plantación y reducción de la tasa de crecimiento.

La especie exótica que presenta características de madera muy similares a los cedros, en cuanto a color, propiedades físico-mecánicas y comportamiento en procesos industriales, es la *Toona ciliata*, por tal motivo constituye una potencial alternativa para complementar la oferta de este tipo de maderas. Adicionalmente esta especie posee tasas de crecimiento similares al género *cedrela*, con la notable ventaja de tener resistencia natural a la mariposa de los brotes.

El presente trabajo tiene como objetivos identificar y delimitar mediante técnicas de multicriterio empleando un Sistema de Información Geográfica (SIG) las zonas con características ambientales similares; y cualificar y cuantificar la aptitud forestal de estas zonas mediante parámetros forestales relevados en terreno.

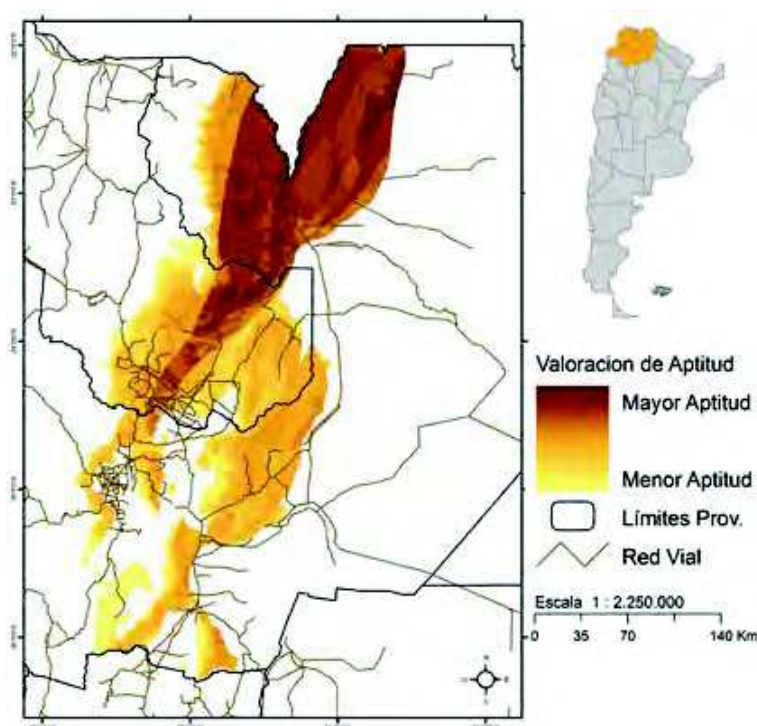
## MÉTODOS Y RESULTADOS

La identificación de zonas ambientalmente homogéneas se efectuó mediante análisis multicriterio de los Sistemas de Información Geográfica (SIG). Este análisis consistió en la superposición de capas de información espacial, las cuales debieron ser previamente categorizadas en función del objetivo buscado, en este caso, relacionado a la aptitud ambiental para la implantación de *Toona ciliata*. Las variables

empleadas en este análisis fueron: **a)** Índice de Productividad de la unidad Cartográfica (IPC), que indica en forma indirecta las condiciones edáficas para el desarrollo del cultivo forestal; **b)** Temperatura media anual; **c)** Precipitación media anual; **d)** Frecuencia de heladas; y **e)** Elevación del terreno. Cada variable fue clasificada en un rango de aptitud con escala de 1 a 10, en donde el valor 1 indica baja aptitud y la calificación 10 indica alta aptitud para la implantación del cultivo forestal de toona. El mapa de aptitud final se aprecia en la Figura 1.

Para la validación de las variables, su categorización y la ponderación de las mismas se llevó a cabo una revisión bibliográfica y una consulta con expertos de la región en la temática forestal.

**FIGURA 1.**



**Figura 1:** Mapa de aptitud ambiental del cultivo de *Toona ciliata* obtenido a partir del análisis multicriterio

Posteriormente se procedió a localizar geográficamente las parcelas con cultivo de *Toona ciliata* en cada una de las zonas ambientalmente homogéneas (Figura 1).

En dichas plantaciones se llevó a cabo un inventario forestal mediante la ejecución de parcelas de 250 m<sup>2</sup>. En cada una de ellas se relevó la cantidad de árboles, altitud (m.s.n.m.), edad de plantación, exposición, pendiente e información adicional (tratamientos silvícolas aplicados, incendios, heladas, etc.); y sobre cada individuo arbóreo se ejecutó la medición del diámetro (DAP) y sanidad. Complementariamente, se efectuó la medición de la altura de fuste y altura total de los 4 árboles de mayor DAP (Tabla 1).

Se efectuó la extracción de muestras dendrocronológicas (cores) mediante barrenos forestales de 4-5 árboles de mayor diámetro de cada rodal. La información extraída de estas muestras permitió corregir los valores obtenidos en el inventario, puesto que las plantaciones no poseen exactamente la misma edad (entre 10 y 24 años), por lo cual, se ajustaron los datos a una edad definida (10 años), para ello se empleó el crecimiento medio anual del estudio dendrocronológico.

**TABLA 1**

Lote	Edad de plantación (años)	Densidad actual (Nº arb/ha)	DAP corregido (cm) (10 años)	AB/ha corregida (m <sup>2</sup> )	Altura de fuste (m)	Altura total (m)	Vol maderable (m <sup>3</sup> /ha)	Rendimiento (m <sup>3</sup> /ha/año)*	Incremento medio anual (cm/año)
Sanchez	7	498	19,4	14,7	5,4	14,6	64,4	9,2	2,77
Andujar	10	472	11,4	4,8	3	8,2	14,2	1,4	1,14
Ledesma	10	492	14,1	7,7	3,1	11,1	20,3	2	1,41
La Moraleja 2	12	463	18,2	12	3,6	10,5	40,5	3,4	1,58
Acevedo	13	236	19,1	6,7	3,5	13,7	26,5	2	1,69
La Moraleja 1	13	355	23,9	15,9	9,1	19,9	137,8	10,6	2,01
Leon y Chiban MA	13	475	20,1	15,1	7,5	19,3	95,8	7,4	1,57
Leon y Chivan M	13	451	19,5	13,5	2,9	14	36,8	2,8	1,54
Valle Morado	13	618	17	14,1	7,8	18	139,5	10,7	1,55
El Oculito SA 1	14	424	20,6	14,1	9,6	19,9	152,2	10,9	1,7
El Oculito SA 2	14	498	18	12,6	8,5	18,8	131,1	9,4	1,54
Pont- Dumont	14	414	22,8	16,9	9,3	21,1	169,3	12,1	1,88
Carmen SA	15	392	7,5	1,7	3,6	7,6	11	0,7	0,73
Vecellio	16	327	25,8	17,2	11,4	26,2	207,2	13	1,82
Yuto	24	451	17,6	11	6,5	19,3	154,4	6,4	1,2

**Tabla 1:** Análisis estadísticos de las variables forestales medidas a través de parcelas de inventario y corregidas mediante dendrocronología.\*coeficiente de forma 0.78

Los mayores valores medios de DAP corregido fueron medidos en las plantaciones de Vecellio, La Moraleja 1 (plantación regada) y Pont-Dumont, con valores de 25.8, 23.9 y 22.8cm respectivamente.

Se identificaron notables valores en el volumen maderable por hectárea, con plantaciones de 13 a 16 años de edad se obtuvieron 139 y 207 m<sup>3</sup>/ha respectivamente en los mejores sitios, llegando a 11 m<sup>3</sup>/ha en el sitio más desfavorable. Los rendimientos en los sitios favorables con plantaciones bien manejadas se obtuvieron valores de 9.2 a 13 m<sup>3</sup>/ha/año, disminuyendo notablemente en los sectores con menor aptitud y deficiencias en el manejo con valores de 0.7 a 2.8 m<sup>3</sup>/ha/año.

Con el propósito de evaluar las variables ambientales que poseen influencia sobre el desarrollo del cultivo de toona, se llevó a cabo un análisis de correlación bivariada entre los parámetros forestales (DAP corregido, AB/ha corregida e incremento medio anual o IMA) y las variables ambientales (Suelo: textura, orden según taxonomía, capacidad de drenaje, profundidad, IPC; Precipitación (mm/año); Altitud (m.s.n.m.); Temperatura media anual y Frecuencia de las heladas).

Se apreció una correlación positiva (0.47) con un valor de significación moderado (0.077), entre el AB/ha corregida y la Altitud, esto puede estar relacionado con las precipitaciones, puesto que en la zona de estudio a medida que se asciende, desde los 300 hasta los 1500 m.s.n.m. aproximadamente, la precipitación va en aumento. Además se encontraron correlaciones positivas (0.37-0.39) con un valor de significación moderado (0.146) entre el AB/ha corregida y el Drenaje, la Profundidad y la Textura, esto indica la importancia que posee la retención de agua en el suelo en este tipo de cultivo.

## CONCLUSIONES

El análisis multicriterio permitió generar el mapa de aptitud forestal de *Toona ciliata* con un nivel de confianza suficiente como para ser empleado en la formulación y aplicación de políticas públicas destinadas al desarrollo estratégico de plantaciones forestales en macro-sitios de la región de Yungas.

Mediante las variables ambientales y silviculturales relevadas en terreno se obtuvo con mayor nivel de detalle una adecuación del cultivo a los diferentes sitios, reduciendo el potencial riesgo de fracaso para el productor.

Las zonas de mejor aptitud forestal para el cultivo de *Toona ciliata* se encuentran distribuidas en la región baja/media (450-550 m.s.n.m.) de las Yungas en donde la frecuencia de heladas disminuye, existe un aumento progresivo de la precipitación y adicionalmente el suelo posee buen desarrollo con condiciones favorables de infiltración/drenaje y retención de agua para la toona.

En el análisis de zonificación para la generación del mapa de aptitud de *Toona ciliata* será necesario considerar, en posteriores trabajos, la amplitud de orígenes y sus variantes geográficas relacionadas, para definir con mayor precisión las diversas alternativas. Esta variabilidad se logró identificar en terreno, con una notable diferenciación fenotípica (tipo de corteza) y disparidad en susceptibilidad a la helada y sequía.

### Potenciales beneficios sociales, económicos y ambientales

La construcción de estos mapas de aptitud forestal, en base a variables ambientales y mediciones dasométricas, permitirá contribuir a la formulación y desarrollo de políticas, planes y programas orientados a las zonas con mejor potencial forestal para la *Toona ciliata*, alcanzando las estrategias de maximización de la productividad y así mismo minimizando la presión sobre las especies de valor de los bosques nativos.

Esta optimización de la productividad mejorará la oferta de productos de madera de alto valor, impulsando el desarrollo de las empresas dedicadas al procesamiento de la madera. Este aumento de la actividad forestal (plantaciones y procesamiento) repercutirá favorablemente en un aumento en la demanda de mano de obra, mejorando los índices locales de ocupación y NBI. Así mismo, el aumento de la productividad estará acompañado de mejoras en las condiciones laborales (empleo en blanco, condiciones de seguridad e higiene en los obrajes, entre otras).



## PROYECTO DE INVESTIGACION APLICADA (PIA 12068)

### Evaluación de limitaciones hídricas y edáficas en plantaciones de álamos endicadas y con suelos drenados en el bajo delta del Paraná

Alvarez<sup>1</sup> J.A, Fernández<sup>1</sup> T., E., Faustino<sup>1</sup>, L.I., Ceballos<sup>1</sup>, D.S, García<sup>1</sup> C., M., Graciano<sup>2</sup>, C., Gyenge<sup>3</sup>, J.E

## INTRODUCCIÓN

Actualmente, las forestaciones de álamo destinadas a madera de calidad en el Bajo Delta del Paraná se encuentran en su mayoría dentro de campos endicados y drenados. Los álamos tienen baja tolerancia al anegamiento prolongado y por lo tanto, no es posible establecer las plantaciones en predios con inundaciones periódicas. Con el objetivo de facilitar la evacuación de excesos hídricos y evitar el ingreso del río, se disponen terraplenes (diques) en el perímetro de los predios y se realizan obras de drenaje mediante zanjas y canales. Durante la estación de crecimiento, estos sistemas protegidos del río pueden presentar un amplio rango de disponibilidad hídrica en el suelo en función de la distribución de precipitaciones, en donde es factible que ocurran episodios de estrés por déficit hídrico durante el verano. En estos casos, los productores deberían adaptar el sistema originalmente diseñado para el drenaje, a una nueva función de riego y definir los momentos oportunos para ingresar agua. Es escasa la información disponible que permita definir el manejo del agua en estos predios ya que no se ha evaluado el efecto que las precipitaciones, la fluctuación del río y los aportes desde los canales puedan tener sobre la napa freática y la disponibilidad de agua en el perfil superior del suelo. El objetivo de este proyecto fue generar información básica que permita comprender el efecto que ejerce la dinámica hidrológica y las características del suelo sobre la disponibilidad de agua para la planta y a su vez, qué impacto tiene esto sobre la productividad de las forestaciones. Es necesario brindar criterios sólidos para que los productores y profesionales de la región puedan discutir distintas alternativas que permitan optimizar el manejo del agua ya sea bajo el sistema actual o a partir de nuevas propuestas de sistematización de los campos.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Las forestaciones evaluadas se encuentran en campos endicados y drenados del Bajo Delta Bonaerense. Se evaluaron 3 rodales de *Populus deltoides* clon 'Australia-129-60' de 7, 10 y 16 años de edad. La densidad estuvo en el rango de 330 a 400 árboles/ha, con poda hasta los 6 m de altura y sin raleo. En cada rodal, se instalaron 2 parcelas forestales de medición permanente de 25 individuos cada una y ubicadas sobre una transecta perpendicular al curso de agua (canal principal) y a distintas distancias hacia el centro del rodal. Se identificaron como cercanas a aquellas cuyo centro se encontraba a menos de 35 m del canal y lejanas a partir de los 80 m del canal (Tabla 1). Se midió mensualmente el crecimiento en diámetro a la altura del pecho (DAP) para estimar el incremento dentro del periodo vegetativo (octubre a mayo) y registrar posibles cambios en los pulsos de crecimiento por efecto de la disponibilidad hídrica. La altura total se midió al final de cada ciclo anual para estimar el rendimiento (volumen/ha). Se instalaron 8 canastas de recolección por parcela para estimar la producción anual de hojas, el patrón de caídas en caso de estrés y estimar el índice de área foliar (IAF). En cada parcela se midió el contenido de humedad

1. INTA EEA Delta del Paraná  
alvarez.javier@inta.gob.ar

2. INFIVE (CONICET- FCAYF-UNLP).

3. CONICET – Oficina Tandil - INTA EEA Balcarce.

volumétrica en el suelo hasta 1,6 m utilizando una sonda de humedad y mediante muestreo con barreno para determinación de humedad gravimétrica. La dinámica de la napa freática se evaluó con freatómetros automáticos que registraron en forma horaria la profundidad de la napa en cada una de las parcelas. El descenso se registró hasta una profundidad máxima de 3,8 metros. Se utilizaron los registros de la Prefectura Naval Argentina y los datos climáticos de la estación agrometeorológica de la EEA Delta del Paraná (INTA) para analizar la correlación entre las fluctuaciones de la napa freática y el nivel del río, la demanda evapotranspiratoria y las precipitaciones. En 2 rodales se realizaron calicatas en las parcelas para determinar si existían limitaciones de fertilidad en el suelo y determinar la textura en cada extracto. Por otra parte, se determinó el pH y la conductividad eléctrica (CE) del suelo (en una dilución 2,5:1) cada 0,5 m y hasta los 3,5 m de profundidad. La CE (estimador indirecto de salinidad) se determinó en dos momentos (invierno y verano) para verificar si podrían existir limitaciones y si la misma varía a lo largo del año.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Durante la ejecución del proyecto se evaluaron 2 períodos de crecimiento, 2013/14 y 2014/15, ambos con precipitaciones por encima de la media histórica para la región. Solo durante enero de 2014 se registraron bajos contenidos de humedad en el primer metro de suelo y diferencias claras entre las parcelas cercanas al canal (con mayor disponibilidad de agua) y el centro del rodal. El resto del tiempo se caracterizó principalmente por el exceso hídrico. De cualquier manera, el monitoreo se extenderá más allá de la duración del proyecto con el objetivo de capturar la variación interanual en el análisis. La evolución de la napa se evaluará inclusive después de la cosecha para contrastar su dinámica sin el consumo de agua de las forestaciones.

La evolución de la napa freática no tuvo correlación con las fluctuaciones del Río Paraná durante este período. Tanto los niveles medios del río como los valores diarios máximos no correlacionaron con las fluctuaciones diarias de la napa y tampoco lo hicieron con su tendencia estacional. Esta última tuvo una evolución inversa a la demanda evapotranspiratoria, es decir, con marcados descensos en los meses de mayor demanda y a partir del inicio del período de crecimiento de las forestaciones (octubre). Por otra parte, los principales picos de ascenso de la napa se registraron a partir de las precipitaciones y con mayor efecto en las parcelas cercanas a los canales, donde incluso se acumuló agua en superficie en más de una oportunidad. El análisis del patrón diario de fluctuación de la napa permite inferir su contacto con las raíces de los álamos, dado que (en ausencia de precipitaciones) descienden durante el día (a partir de las 8 hs aprox.) y comienza a ascender y estabilizarse a partir del anochecer (19 hs aprox.) cuando la planta cierra los estomas. Si bien, no es objetivo de este proyecto, existen métodos que permiten estimar el consumo de agua de la napa a partir de esta fluctuación diaria. Respecto a la evolución de la napa entre ambas posiciones, las tendencias estacionales fueron similares para ambas posiciones pero la profundidad siempre fue mayor en el centro del rodal, alcanzando más de 2 m de diferencia en algunos períodos.

Los muestreos de suelo hasta los 3,5 m permitieron visualizar patrones similares de CE en todas las parcelas evaluadas, en donde los valores menores se midieron en las porciones del suelo cercanas a la superficie, seguido de un pico de ascenso de CE a una profundidad de 1,5 a 2 m, y un nuevo descenso a mayor profundidad.

Es factible que estos picos se relacionen con el consumo de agua de las raíces y la concentración de iones (como cloruros) que las plantas excluyen selectivamente. La magnitud de estos picos difiere alcanzando en promedio 1 dS/m en las parcelas cercanas al canal y 2 dS/m en el centro del rodal. También se observaron diferencias de *CE* del agua extraída de los frentímetros en cada situación. La napa cercana al canal tuvo valores medios de 1,2 dS/m y no difirió significativamente del agua de los canales (0,3 dS/m) y de las precipitaciones (0,02 dS/m), mientras que en el centro del rodal la *CE* de la napa fue de 6,1 dS/m. Es necesario evaluar la evolución de la *CE* en el tiempo para determinar si la misma se acumula en el perfil a lo largo de los sucesivos ciclos productivos, si se diluyen en momentos con excesos hídricos o se remueven del sistema luego de la cosecha. En el caso del pH del suelo, los valores se encontraron en el rango de 5,3 a 7,2 pero no hubo diferencias claras entre ambas posiciones ni se verificó un patrón común. En términos generales, los valores superficiales fueron más ácidos. La napa tuvo diferencias entre posiciones, pero el rango fue menor, de 6,8 en las cercanas al canal y 7,4 en el centro del rodal, sin diferir significativamente al pH del agua de los canales (pH 6,9), de las precipitaciones (pH 6,8) ni del río (pH 7,2). En el análisis de fertilidad, no se encontraron limitantes en ninguna de las dos posiciones, aunque si hubo diferencias en el espesor de los estratos texturales identificados.

En términos de productividad, las parcelas cercanas al canal tuvieron mayor rendimiento y mayor incremento medio en diámetro y altura durante el primer período (Tabla 1). Estas diferencias no se mantuvieron en el segundo período donde el exceso hídrico fue mayor y no hubo diferencias entre ambas posiciones. Durante el primer año, también se acumularon pérdidas de área foliar importantes para el mes de enero en el centro del rodal, un síntoma común de este clon frente a condiciones de estrés. Como mencionamos anteriormente, ese fue el único período comprendido en el proyecto con diferencias de disponibilidad hídrica entre posiciones. Sin embargo, situaciones similares ya se habían registrado en años previos (de 2010 a la fecha) donde las condiciones de déficit hídrico fueron más acentuadas, afectando el área foliar y la productividad de las forestaciones alejadas de los cursos de agua.

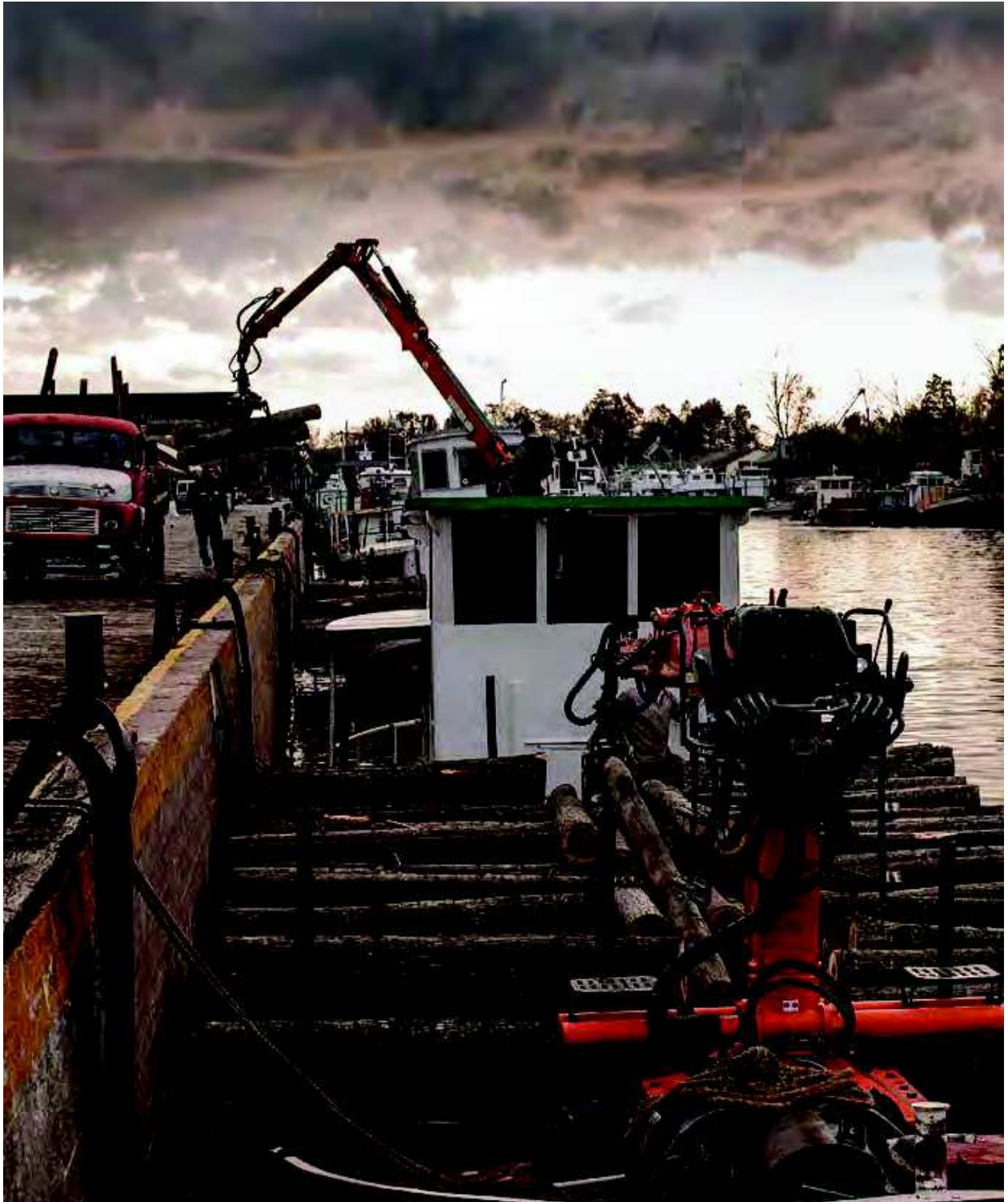
**TABLA 1**

	Parcela					
	A	A´	M	M´	O	O´
Posición (respecto al canal)	Cercana	Centro del rodal	Cercana	Centro del rodal	Cercana	Centro del rodal
DAP medio inicial (cm)	35,1	29,2	26,3	23,8	29,5	27,6
Incremento DAP (sep 13-may 14)	0,5	0,4	2,2	1,1	1,4	0,9
Índice de Área Foliar (IAF)	4,2	3,6	4,3	3,6	4,6	4,4
Nivel Freático (m) (sep 2013)	0,4	0,6	0,9	2,5	0,7	2,7
Nivel Freático (m) (ene 2014)	2,3	2,4	2,6	3,3	2,5	3,2

**Tabla1.** Crecimiento en DAP (cm), índice de área foliar (IAF) y profundidad de la napa (m) en dos momentos del período 2013/14. Las parcelas se distribuyen en 3 transectas (A-A´; M-M´; O-O´) perpendiculares al curso de agua principal en rodales de *Populus deltoides* clon ´Australiano 129/60´.

# 2

## Desarrollo socioeconómico y ambiental



## PROYECTO DE INVESTIGACION APLICADA (PIA 10025)

### Actitud hacia las forestaciones y preocupación ambiental en la región de la cuenca del río Uruguay, Entre Ríos

Diana Diaz<sup>1</sup>, Laura Gervasi<sup>2</sup>, Lilian Roman<sup>3</sup>, Anabel Vergara<sup>4</sup> y Laura Vergara<sup>5</sup>

## INTRODUCCIÓN

El aumento de la conciencia ambiental ha estimulado los procesos de resistencia de las comunidades a las externalidades e impactos asociados a las modificaciones de su ambiente. Ante situaciones consideradas de riesgo, mecanismos cognitivos y emocionales determinan de qué manera cada individuo evalúa la situación y define su actitud hacia el objeto o proceso que motiva la percepción de riesgo. En el caso de las plantaciones forestales, los aspectos cognitivos suelen hacer referencia a los impactos sobre el medio ambiente, o sobre el contexto económico y social.

La provincia de Entre Ríos ocupa la tercera posición en el país en orden de importancia por la superficie ocupada por forestaciones; más del 80% de esta superficie se ubica en la región de la cuenca del río Uruguay. Esta región ha sido el escenario de un importante conflicto medioambiental en torno a la actividad forestal, centrado en la instalación de una fábrica para la producción de pasta celulósica; este conflicto también ha alimentado visiones encontradas en la sociedad local acerca de los beneficios de las plantaciones forestales y la actividad forestal en general. Tensiones y conflictos han generado además una atmósfera de incertidumbre que desalienta las inversiones de largo plazo que requiere el sector para su desarrollo.

Con el fin de resolver tensiones y conflictos, y propender así a un manejo forestal sustentable, es necesario entender qué preocupaciones y convicciones influyen sobre la actitud y las decisiones de los diferentes actores locales. El objetivo de este trabajo fue explorar la relación entre la actitud hacia las plantaciones forestales, en sus componentes cognitivas y emotivas, la preocupación ambiental y variables socio-demográficas en la población de la región de la cuenca del río Uruguay de Entre Ríos.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó en los departamentos de la región de la costa del río Uruguay en Entre Ríos, en donde se concentran las plantaciones forestales con especies de rápido crecimiento en esa provincia: Federación, Concordia, Colón, Uruguay y Gualeguaychú.

A través de una encuesta estructurada realizada sobre una muestra seleccionada al azar a partir de la población mayor de 16 años de los mencionados departamentos, se estimaron las siguientes variables: Actitud declarada hacia las forestaciones (Ad) (categorizada en positiva, neutra o negativa); componente Cognitivo de la Actitud (AC), en base a 18 ítems que evalúan las creencias de los entrevistados respecto a los impactos ambientales de las forestaciones; componente Emotivo de la Actitud (AE) a través de 14 ítems que evalúan emociones respecto a las forestaciones; Preocupación Ambiental (PA) según la escala de Dunlap (New Environmental Paradigm-NEP), que comprende 15 ítems referidos a cinco componentes (“Anti-anthropocentrismo”,

1. Entre Ríos 717, (3200) Concordia, Entre Ríos. dianad@concordia.com.ar ;

2. Consult. indep;

3. INTA EEA Concordia;

4. UTN-Regional Concordia;

5. INTA AER Colón

“Fragilidad del balance de la naturaleza”, “Rechazo de la idea de exención”, “Posibilidad de una crisis ambiental” y “Límites planetarios”); variables demográficas (género y departamento de residencia). Tanto AC, AE como PA fueron medidos en base a escala Liekert de cinco puntos. Se calculó además Actitud total (AT) para cada caso (N=733) como el promedio de las componentes cognitiva (AC) y emotiva (AE) de la actitud.

Se estimó la confiabilidad de las escalas utilizadas para la estimación de AC, AE y PA en base al  $\alpha$  de Cronbach, resultando altos valores para AC (0,855) y AE (0,845) y valores algo más bajos para PA (0,653); sin embargo el  $\alpha$  de Cronbach arrojó un valor mayor para la Preocupación ambiental “regional” PAr (0,698), la que se determinó considerando solamente doce ítems de PA al eliminar los tres ítems que evalúan el componente “Límites planetarios”.

Se aplicó ANOVA para evaluar diferencias entre medias para las variables AC, AE, AT y PA según Actitud declarada, género y departamento de residencia (tests de Turkey y Bonferoni). Se evaluó la homogeneidad de las varianzas (Levene), y en caso de varianzas no homogéneas se aplicaron los tests de Tamahne y Dunnet para un nivel de significancia de 0,05.

## RESULTADOS

En la Tabla 1 se presentan los valores de AC, AE, AT y PA según la actitud declarada por el entrevistado respecto a las forestaciones. Cabe aclarar que valores mayores para AC, AE y AT indican valoraciones más positivas (o menos negativas) respecto a los potenciales impactos de las plantaciones forestales por parte del encuestado o respecto a cuestiones emotivas, en tanto que valores mayores de PA y PAr indican mayor preocupación por el medio ambiente.

**TABLA 1**

	Actitud declarada (Ad)		
	Positiva	Neutra	Negativa
AC (componente cognitiva de la actitud)	3,76 (3,70 - 3,83) a	3,16 (3,10 - 3,22) b	2,46 (2,34 - 2,59) c
AE (componente emotiva de la actitud)	3,53 (3,47 - 3,60) a	2,85 (2,78 - 2,91) b	2,12 (2,01 - 2,23) c
AT (actitud total estimada en base a AE Y AE)	3,65 (3,59 - 3,70) a	3,00 (2,95 - 3,05) b	2,29 (2,19 - 2,40) c
PA (Preocupación ambiental)	3,50 (3,44 - 3,56) a	3,52 (3,47 - 3,57) a	3,86 (3,75 - 3,96) b
PAr (Preocupación ambiental regional)	3,70 (3,64 - 3,77) a	3,68 (3,62 - 3,74) a	4,01 (3,90 - 4,13) b

**Tabla 1:** Valores medios para las variables AC, AE, AT, PA y PAr según la actitud declarada (Ad) por el encuestado; entre paréntesis límites de confianza para 0,95 de probabilidad; para cada variable (AC, AE, AT, PA y PAr) las letras distintas indican diferencias significativas ( $p < 0,001$ ) entre los grupos de Ad.

Se observaron diferencias significativas ( $p < 0,001$ ) para los componentes cognitivos (AC), emotivos (AE), y la actitud total (AT) según la actitud declarada por la persona, correspondiendo valores mayores en las tres variables a actitudes declaradas positivas,



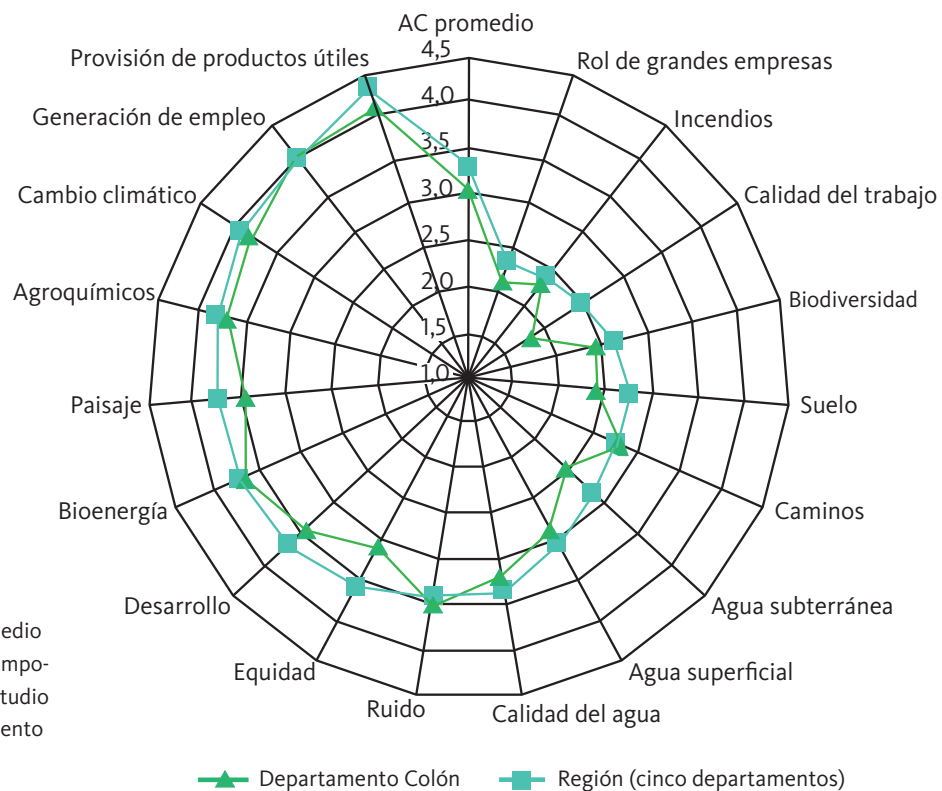
valores intermedios a actitudes declaradas neutras y valores menores a actitudes declaradas negativas. En cuanto a la preocupación ambiental (PA y PAr), no hubo diferencias significativas entre las personas que declararon actitudes positivas o neutras hacia las forestaciones, pero sí se detectaron diferencias significativas ( $p < 0,001$ ) entre esos dos grupos y aquellas personas que indicaron tener una actitud negativa.

No se encontraron diferencias significativas entre géneros para las componentes de la actitud (AC o AE) ni para AT; en cuanto a la Preocupación ambiental (PA, PAr), si bien se observaron valores mayores entre las mujeres en todos los departamentos, las diferencias entre géneros a nivel de la población no fueron significativas.

Se observaron diferencias significativas respecto a las componentes de la actitud (AC, AE) y la actitud total (AT) según departamento de residencia del entrevistado, presentando el departamento Colón los menores valores promedio de AC, AE y AT. Cabe indicar que en ese departamento el 24% de la población encuestada declaró actitudes (Ad) negativas hacia las forestaciones, proporción semejante a las obtenidas en los departamentos Uruguay y Gualaguaychú (22% en ambos departamentos) y diferente a las registradas en Federación y Concordia, en dónde 9% y 11% de la población respectivamente declararon actitudes negativas.

En relación a los aspectos cognitivos que conforman la actitud, en la Ilustración 1 se presentan para la región de estudio (cinco departamentos) y para el departamento Colón los valores promedio de AC y de los 18 ítems que conforman esta variable. Los aspectos considerados para evaluar la componente cognitiva (AC) fueron: efectos de las forestaciones sobre la biodiversidad, el suelo, el paisaje, las aguas superficiales y subterráneas, uso de agroquímicos, calidad del agua y mitigación del cambio

### ILUSTRACIÓN 1.



**Ilustración 1:** Valores promedio de AC y de los ítems que componen AC para la región de estudio (N=733) y para el Departamento Colón (N=154)

climático; se evaluaron asimismo impactos relativos a cuestiones socioeconómicas: provisión de productos útiles, de bioenergía, afectación por ruido, riesgos de incendios, generación de empleo, calidad del empleo generado, contribución al desarrollo, a la equidad, efectos sobre los caminos y rol de las grandes empresas.

Si bien se observaron diferencias entre departamentos para los valores de AC y de los ítems componentes de esta variable, se registraron por otro lado semejanzas respecto a las tendencias de cómo las personas valoraron los diferentes impactos. Los aspectos más negativamente valorados fueron: el rol de las grandes empresas, los incendios forestales, la calidad del empleo, el impacto sobre la biodiversidad y los efectos sobre los caminos, sobre el suelo, el agua superficial y subterránea (estos ítems presentan valores <3). También se observaron semejanzas respecto a los aspectos que contribuyen a una mayor valoración de las forestaciones: existe un reconocimiento generalizado acerca de la provisión de productos útiles a partir de las forestaciones, de su contribución a la generación de empleo o a mitigar el cambio climático.

## DISCUSIÓN

Los altos valores de  $\alpha$  de Cronbach para las componentes de la actitud y su correspondencia con la actitud declarada por los entrevistados permiten indicar que ambas componentes (AC y AE) contribuyen a definir la actitud de las personas hacia las forestaciones. Cabe mencionar que el valor medio de la Actitud total (AT) para las personas que declararon tener una actitud neutra hacia las forestaciones arrojó un valor de  $3,0 \pm 0,05$  (Tabla 1).

La contribución de la componente cognitiva a la actitud total puede ser modificada a través de la información que procesan las personas y de su experiencia con el objeto de actitud. En tal sentido, es importante entender qué aspectos preocupan a las personas y perciben como motivo de riesgo. Los ítems seleccionados para estimar AC, resultantes de la consulta bibliográfica, de la experiencia de las autoras y de talleres focales realizados en la región, parecen abordar las principales preocupaciones, dando una alta confiabilidad a la variable ( $\alpha$  de Cronbach = 0,855). Asimismo los ítems utilizados para estimar la componente emotiva (AE), resultantes principalmente de talleres focales, aportan alta confiabilidad a la variable ( $\alpha$  de Cronbach = 0,845).

En relación a la Preocupación Ambiental medida con la escala de Dunlap, existen escasos antecedentes de su relevamiento en Argentina. No obstante, la escala presenta como ventaja permitir comparaciones a nivel internacional. La baja evaluación de la componente “Límites planetarios” de PA por parte de los encuestados en la región de estudio puede explicarse porque, comparando tanto en términos internacionales como a nivel de país, en la región donde se desarrolla el trabajo la huella ecológica no habría alcanzado aún la capacidad de carga de los ecosistemas. Es por lo tanto entendible que los actores locales no perciban -a partir de su experiencia- que el nivel de uso de los recursos del planeta ya ha superado su capacidad de carga. La eliminación de la escala NEP de los tres ítems que evalúan la componente “Límites planetarios” de PA, ha resultado en una nueva variable PA<sub>R</sub> (Preocupación ambiental regional) de confiabilidad aceptable ( $\alpha$  de Cronbach = 0,698).



La alta coincidencia entre valores altos de preocupación ambiental (PA y PAr) con quienes declaran una Actitud negativa (Tabla 1) parece estar indicando la existencia de posiciones radicalizadas entre personas muy preocupadas por el medio ambiente.

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Aspectos cognitivos y emotivos contribuyen a definir la actitud de las personas hacia las plantaciones forestales.

Asimismo la conciencia o preocupación ambiental incide en la actitud, coincidiendo actitudes negativas en aquellas personas con altos valores de preocupación ambiental medida en la escala NEP.

Si bien no existen diferencias en la actitud hacia las forestaciones según género, sí las hay según el departamento de residencia del encuestado. Asimismo existen diferencias según departamento en cómo las personas perciben los impactos que conforman la componente cognitiva.

A fin de prever tensiones o conflictos, la comunicación entre el sector y la sociedad debería orientarse a tratar los aspectos que preocupan a cada comunidad en particular. Es recomendable además que esta comunicación tenga en cuenta las diferencias detectadas en cuanto a los aspectos cognitivos que inciden sobre la actitud. Así, la comunicación no debería concentrarse en informar sobre aquellos impactos que la población ya reconoce como positivos: los diferentes productos que genera la actividad, su contribución a la generación de empleo, a mitigar el cambio climático o a la generación de bioenergía. En cambio, cuestiones tales como el rol de las grandes empresas, las medidas para la prevención y control de incendios forestales, la calidad del trabajo en las forestaciones y los impactos sobre la biodiversidad, el suelo y la cantidad de agua superficial y subterránea son cuestiones que el sector debería abordar, ya sea para mejorar su performance y/o para comunicar sobre las acciones emprendidas para la mejora y los avances realizados al respecto.

## PROYECTO DE INVESTIGACION APLICADA (PIA 10059)

# Percepciones de los agentes de intervención sobre la actividad ganadera trashumante, las problemáticas regionales y las propuestas forestales en Neuquén, Argentina

Easdale, M.H.<sup>\*1</sup>, Aguiar, M.R.<sup>2</sup>, Paz, R.<sup>3</sup>

## INTRODUCCIÓN

La región norte del Neuquén se caracteriza por presentar sistemas ganaderos trashumantes, que utilizan diferentes ambientes espacialmente distantes. Durante el período otoño-invernal utilizan las zonas de menor altitud (denominadas invernadas). En época estival se trasladan a zonas de cordillera para aprovechar pastizales que durante el invierno se cubren de nieve (denominadas veranadas). Algunas de estas áreas el pastoreo se efectúa también sobre bosque nativo o en tierras con potencial forestal. La actividad forestal surge a mediados de la década del '60 como alternativa para revertir un fuerte proceso migratorio del campo a los centros poblados, diversificando la economía mediante el aprovechamiento de tierras con muy buena aptitud forestal. Particularmente en la década de 1980 se promovió la forestación con especies exóticas (*Pinus ponderosa*) como una alternativa excluyente, sustituyendo a la ganadería trashumante en el uso de la tierra. Ello motivó un conflicto social, que redundó en una escasa incorporación de la actividad forestal a sus sistemas productivos. Es por ello que en el desarrollo forestal de la zona, los crianceros trashumantes constituyen actores relevantes que deben ser tenidos en cuenta. En consecuencia, es necesario tener más información acerca de los factores que estarían influyendo en la falta de adopción de la actividad forestal como opción complementaria al uso actual de la tierra. Los agentes de intervención son actores clave en la influencia y promoción de alternativas productivas y tecnológicas en la región, mediada por sus percepciones y posturas de opinión.

La construcción de la realidad involucra la forma en cómo se jerarquizan y priorizan los problemas, y por ende las alternativas de solución. Este proceso de jerarquización guía las actividades de intervención y los procesos de innovación que cada individuo promueve en un territorio, por resultarle más afín a sus percepciones y perspectivas de esa realidad. En el mismo proceso se estaría desalentando la promoción de otras propuestas o alternativas por encontrarse más alejadas de sus visiones. El objetivo del presente estudio fue estudiar las percepciones de los agentes de intervención del territorio enmarcados en un accionar institucional, vinculados a la actividad trashumante y a la gestión del paisaje en general, sobre las problemáticas regionales y las alternativas de solución. Las distintas propuestas forestales constituyen algunas de esas alternativas, las cuales son analizadas en un contexto más global de intervención territorial.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Para estudiar las percepciones y opiniones de los agentes que intervienen en el territorio se utilizó la metodología Q. Su diseño busca obtener las visiones y opiniones de los participantes acerca de un tema en particular, mediante el establecimiento de un diálogo entre los participantes y las ideas de sus colegas.

\* Correspondencia:

easdale.marcos@inta.gov.ar

1. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA), EEA Bariloche.
2. IFEVA, CONICET – Universidad de Buenos Aires.
3. CONICET – Universidad Nacional de Santiago del Estero.

La metodología Q consta de 5 pasos importantes: **1)** identificación del discurso particular bajo investigación (i.e. conjunto de posibles sentencias que pueden hacerse en torno a una temática determinada). Para ello se efectuaron a un total de 20 agentes de intervención y se obtuvieron aproximadamente 300 opiniones en forma de frases sobre la temática. **2)** desarrollo del muestreo Q (sub-conjunto de sentencias que serán presentadas a los participantes). Se construyeron 70 sentencias a partir de la similitud o complementariedad de conceptos que abordaban las opiniones originales. **3)** selección del conjunto P (elección de participantes). Se identificaron y seleccionaron al menos tres agentes de acuerdo a cuatro ejes de gestión institucional: **i)** Producción agropecuaria, **ii)** producción forestal y manejo de bosques, **iii)** gestión ambiental, **iv)** comunicación y educación; el muestreo de los participantes estuvo dirigido en primera medida por la inclusión de todos aquellos perfiles que fueron identificados como contrastantes en términos de la subjetividad individual (etapa 1), y en relación a factores como género, lugar de nacimiento, antigüedad laboral. **4)** clasificación Q, de sentencias en base a una plantilla valorativa, que debe hacer cada participante. Se les pidió que ordenaran las sentencias en base a una distribución cuasi-normal preestablecida, con 13 categorías que variaron desde “muy de acuerdo” en un extremo (+6), hasta “muy en desacuerdo” en el otro extremo (-6). El número de sentencias permitida en cada categoría fue la siguiente: 3, 3, 4, 5, 7, 8, 10, 8, 7, 5, 4, 3, 3. **5)** análisis e interpretación. Se efectuó un análisis de componentes principales, considerando las personas como variables, para identificar grupos de personas con similares puntuaciones y altas cargas en los factores. La interpretación de los factores estuvo basada en la selección de sentencias denominadas distintivas (i.e. con diferencias estadísticas significativas ( $<0,05$ ), puntuaciones-z que presentaron valores superiores a 1,5 Y -1,5, y por valores-q en categorías **5** y **6**) y caracterizadoras (sin diferencias estadísticas pero con altas puntuaciones) en cada caso.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se obtuvieron 6 factores diferentes que describen diferentes posturas de opinión. A continuación y a modo de ejemplo, se presenta la narrativa sólo de los dos factores más representativos y contrastantes, con sus respectivas sentencias distintivas y caracterizadoras obtenidas en cada caso, de acuerdo a los criterios establecidos.

**Factor 1: Reivindicadores culturales.** Este factor puede ser caracterizado como los reivindicadores o defensores de la cultura asociada a la actividad trashumante. Sus argumentos se centran en resolver problemas estructurales a partir de la movilización y organización social de los productores, y de un cambio en las políticas dirigidas al sector, especialmente en la temática de tierras (Tabla 1).

**Factor 2: Conservacionistas ambientales.** Este factor se caracteriza por enfatizar aspectos vinculados con el cuidado del ambiente como argumento relevante asociado a la actividad trashumante, y considera que hay que buscar alternativas para reducir la presión sobre los recursos naturales, y que los problemas se deben principalmente a la falta de una política estatal dirigida al sector criancero (Tabla 2).

Una de las principales diferencias entre ambos grupos de opinión se relaciona con la visión contrapuesta respecto a la actividad forestal y los sistemas silvo-pastoriles en tanto alternativas productivas para la región (Tabla 3). Esto demuestra que la falta de adopción de propuestas tecnológico-productivas de crianceros trashumantes puede estar siendo influenciada por algunas posturas por parte de agentes de intervención en la región, que inhiben o desalientan innovaciones, como por ejemplo la actividad forestal. Las políticas de promoción forestal debieran considerar esta perspectiva.

**TABLA 1**

Factor 1 <i>Reivindicadores culturales</i>			
Sentencias distintivas		Q - Valor	Puntaje - Z
45	Promover la organización social	6	2,45
30	El desarrollo regional no contempla la trashumancia	6	1,82
31	Falta una regulación en el tema tierras y caminos de arreo	5	1,53
33	Es muy difícil resolver el problema de los caminos de arreo	-6	-2,24
Sentencias caracterizadoras			
18	Uno de los principales problemas es la tenencia de la tierra	6	1,58
59	La producción caprina es muy dañina y tiene que ser reemplazada	-6	-2,54
70	Los productores no saben cuidar adecuadamente los campos	-6	-1,9
6	En las veranadas hay sobrepastoreo y no hay conciencia	-5	-1,63
56	La falta de escrituración es una amenaza, hay que otorgar títulos	-5	-1,61
53	Los crianceros no tienen mucho futuro, sólo subsisten	-5	-1,54

**Tabla 1.** Sentencias distintivas y caracterizadoras del Factor 1, con su valor-q y puntaje-Z, respectivamente. Las sentencias distintivas presentaron diferencias estadísticamente significativas ( $<0,05$ ). Nota: Para simplificar la tabla, la narrativa de las sentencias fue resumida.

**TABLA 2**

Factor 2 <i>Conservacionistas ambientales</i>			
Sentencias distintivas		Q - Valor	Puntaje - Z
24	Falta una política estatal dirigida al criancero	6	2,41
19	Se podría mejorar con infraestructura, y así el estado de los pastos	6	1,83
1	La carga animal está regulada por la naturaleza	-6	-1,77
Sentencias caracterizadoras			
68	La conservación del ambiente debe ser una prioridad en políticas	6	1,69
41	Apuntalar los canales de comercialización y agregado de valor	5	1,62
57	La desertificación es uno de los principales problemas y amenaza	5	1,62
62	La problemática de tierras se resuelve con la tenencia comunitaria	-6	-1,8
59	La producción caprina es muy dañina y tiene que ser reemplazada	-6	-1,66
38	Los productores saben de crianza y cómo manejar a sus animales	-5	-1,65
8	Los RRNN están más afectados por la actividad petrolera y minera	-5	-1,6

**Tabla 2.** Sentencias distintivas y caracterizadoras del Factor 2, con su valor-q y puntaje-Z, respectivamente. Las sentencias distintivas presentaron diferencias estadísticamente significativas ( $<0,05$ ). Nota: Para simplificar la tabla, la narrativa de las sentencias fue resumida.

**TABLA 3**

Similitudes y diferencias entre factores 1 y 2				
Sentencias con mayores diferencias		Puntaje Z (F1)	Puntaje Z (F2)	Diferencia
62	La problemática de tierras se resuelve con la tenencia comunitaria	1,28	-1,8	3,08
8	Los RRNN están más afectados por la actividad petrolera y minera	0,99	-1,6	2,59
54	El turismo en manos de privados es una amenaza para el productor	0,99	-1,08	2,07
61	La promoción de sistemas silvo- pastoriles es una buena alternativa	-0,77	1,34	2,11
69	La actividad forestal es una buena alternativa productiva	-1,21	1,05	2,26
Sentencias con mayores cercanías				
20	La producción se podría mejorar a través de la eficiencia animal	0,82	0,95	-0,13
44	Es importante promover la diversificación (aves, huevos, apicultura)	0,89	1,16	-0,27

**Tabla 3.** Sentencias con mayores diferencias entre los factores 1 y 2, medido a través del puntaje-Z.

## PROYECTO DE INVESTIGACION APLICADA (PIA 10103)

### Efectos de las plantaciones forestales en los sistemas productivos familiares: evaluación de la configuración del paisaje productivo y de la concepción local de bienestar a escala de paisaje y de predio

Norma I. Hilgert (Responsable Técnico)\*, Lucía Cariola\* (Becaria Doctoral) y Andrea E. Izquierdo (Co-responsable)

## ANTECEDENTES

En las últimas décadas del siglo XX, la población rural ha tendido a disminuir en muchos países alrededor del mundo. Este patrón demográfico conlleva a una transformación que representa el principal factor causante de los cambios en el uso de la tierra. Es necesario generar información acerca de las interacciones que ocurren entre los cambios demográficos y socioeconómicos y los cambios en el patrón de uso de la tierra, asimismo es imperioso analizar cómo impactan estas transformaciones en las poblaciones humanas vecinas.

En concordancia con el panorama general, en diferentes áreas de Latinoamérica también se ha registrado una creciente disminución de la población rural. Asimismo, dentro del territorio argentino, Misiones presenta un paulatino abandono de la vida rural y cambios en los patrones de uso del suelo; entre los que el incremento de las plantaciones forestales es el más importante—del 1 % hasta el 11 % del territorio provincial en 33 años—. Plantaciones que, en su mayor parte son implantadas y manejadas por grandes empresas forestales, y en menor medida, por pequeños y medianos productores.

Entre las familias rurales establecidas en la periferia de dichas plantaciones forestales, se ha observado que estos emprendimientos productivos son considerados como responsables de numerosos cambios en la calidad de vida y en el sistema productivo familiar. Dado que es utópico pensar en el desarrollo regional sin contemplar el bienestar de las personas que allí se establecen, y dado que es indispensable contar con las voluntades y los proyectos individuales para lograr dicho desarrollo, en este estudio se analiza la relación entre las forestaciones y los pobladores locales, se identifican los principales modeladores locales de la concepción local sobre esta relación así como, los aspectos en los que se basa esa concepción.

## LO REALIZADO Y LO HALLADO

Analizamos la relación entre los diferentes sistemas forestales y factores demográficos (emigración rural), socioculturales (valoraciones y percepciones) y productivos (cambios de patrones de uso del suelo) en la población rural establecida en torno a los mismos.

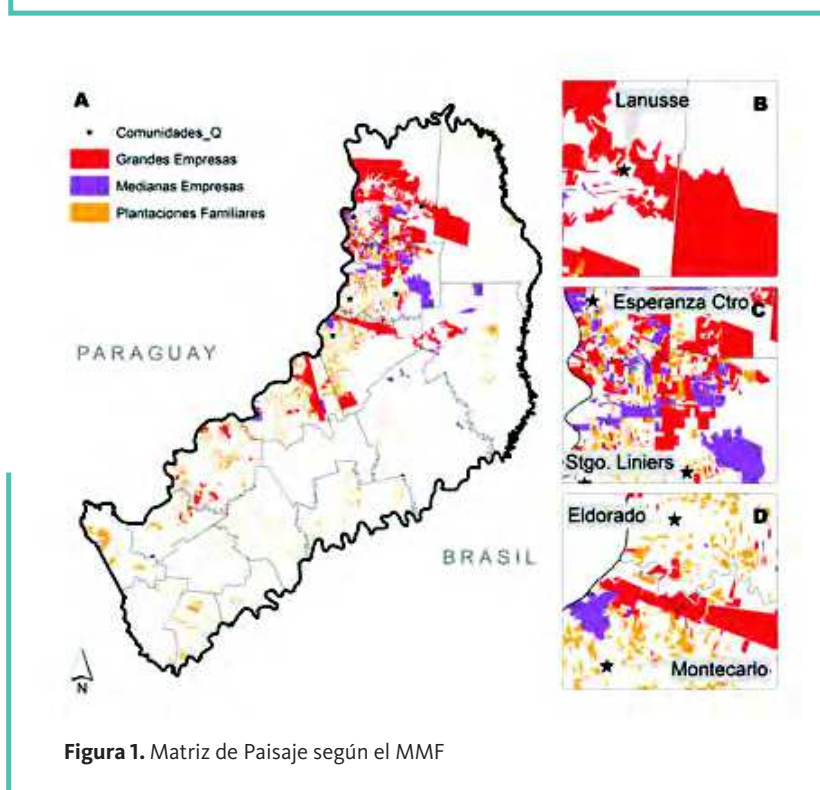
Para ello, inicialmente, identificamos áreas con sistemas forestales bajo diferente manejo, en base al uso de la tierra en la provincia de Misiones durante los últimos 36 años. Teniendo en cuenta la superficie bajo manejo, la propiedad de la tierra en producción, la procedencia de los capitales, las oportunidades de empleo que genera (empleados/ha), el grado de mecanización en la cadena productiva y el tipo de

---

\* Instituto de Biología Subtropical, UNAM-CONICET. Puerto Iguazú Misiones normahilgert@yahoo.com.ar  
\* El presente proyecto corresponde a la tesis doctoral de Lucía Cariola titulada con el mismo nombre lucia.cariola@gmail.com

mercados donde se comercializan sus productos, se definieron 3 Modelos de Manejos Forestales (en adelante MMF): Grande (representada por solo un caso-unidad productiva = UP-), Mediano (con 9 UP) y Familiar (con 3069 UP). Cada MMF define distintas matrices de paisaje productivo; teniendo en cuenta estos elementos, se trabajó con familias de 5 colonias repartidas en la región y que se establecieron con anterioridad al inicio de las plantaciones (Figura 1).

**FIGURA 1.**



A continuación, mediante el relevamiento de información histórica y con diferentes abordajes etnográficos sucesivos identificamos los factores socioeconómicos, ecológicos, demográficos y/o sociales que podrían estar modelando la dinámica regional y ponderamos la valoración asignada por los productores rurales a dichos factores.

Encontramos diferencias significativas entre las poblaciones rurales ubicadas en áreas aledañas a forestaciones en los diferentes MMF (grande, mediano y familiar). Hallamos una relación inversa entre las dimensiones del MMF y: **1)** la disponibilidad y calidad de servicios públicos (escuelas, centros de salud/hospitales, telefonía rural, caminos consolidados y/o asfaltados) y de instituciones civiles públicas o privadas, **2)** el nivel educativo alcanzado en cada familia, **3)** el aumento de las propiedades familiares. Por otra parte, se observó que en todos los escenarios las unidades productivas familiares mantienen sistemas productivos con alta dependencia de productos foresto-agropecuarios diversificados (lo que brinda mayor capacidad de respuesta ante situaciones críticas o imprevistas y a la vez fomenta la biodiversidad en el sistema productivo). Los resultados sugieren que no hay relación entre la diversidad de estrategias y productos para el sustento familiar y el MMF en el que está inserta la unidad doméstica. Así mismo, al analizar los aspectos motivacionales,

no hallamos en el imaginario local ninguna relación -ni como causa, ni como consecuencia- entre los distintos MMF y la emigración rural.

Finalmente, para identificar los principales factores que modelan la percepción local sobre la actividad forestal y sus efectos en la vida de los productores rurales familiares, empleamos un abordaje metodológico que analiza patrones de respuesta entre los participantes y evalúa la forma en la que las personas asocian opiniones. De esta forma, los resultados expuestos no representan la opinión de un individuo en particular sino una emergente representativa de los grupos analizados (en nuestro caso, predominantemente colonos -y sus descendientes-). De modo sucinto se destaca que, para los vecinos inmersos en alguna de las tres matrices productivas comparadas, no se hallaron diferencias significativas en la asociación conceptual del efecto de la actividad forestal y las problemáticas de sanidad y preservación ambiental. Asimismo, no hay diferencias en la valoración de la actividad forestal y su efecto en los factores concebidos como generadores de bienestar social (como la presencia de redes viales en buen estado, el fortalecimiento de instituciones -y el mantenimiento de redes- sociales). En cambio, se hallaron diferencias en la opinión de los vecinos de los tres MMF en relación a las 4 problemáticas restantes (Figura 2).

**FIGURA 2**

	Modelo de Manejo Forestal (MMF)		
	Grande	Mediano	Familiar
Políticas gubernamentales	(-) No garantizan el bienestar de la población local		<b>(-) No garantizan el bienestar de la población local</b>
Sistema productivo propio		<b>(-) El trabajo en empresas forestales implicó el descuido de las chacras</b>	(-) El trabajo en empresas forestales implicó el descuido de las chacras
	(+) El desarrollo de la actividad forestal generó nuevas alternativas para las familias locales		(+) El desarrollo de la actividad forestal generó nuevas alternativas para las familias locales
Economía familiar	(-) La empresa monopoliza y regula el predio de los productos forestales	<b>(-) La empresa monopoliza y regula el predio de los productos forestales</b>	(-) La empresa monopoliza y regula el predio de los productos forestales
		<b>(-) La empresa compite con los productores familiares</b>	(-) La empresa compite con los productores familiares
Demográfico		<b>No se asocia el cierre de centros de salud, ni de escuelas con el desarrollo forestal</b>	No se asocia el cierre de centros de salud, ni de escuelas con el desarrollo forestal

**Figura 2.** Comparación de los factores emergentes que Modelan la percepción local en los tres Modelos de Manejo Forestal.

En esta figura se incluyen exclusivamente los factores con mayor poder de caracterización de la percepción local respecto a las políticas gubernamentales, del efecto en el sistema productivo propio, etc., y se transcriben las opiniones que representan al imaginario colectivo de cada grupo de colonos (las resaltadas en **negrita** son las que mejor los representan). La simbología (-) y (+) indica la connotación con la que es percibido ese factor.

## CONCLUSIONES GENERALES

La actividad forestal no está mal conceptualizada entre los productores familiares de la región. Es la combinación del efecto de ciertas políticas gubernamentales y de diferentes modelos de gestión productiva lo que genera percepciones distintas y, frecuentemente, negativas. En todos los escenarios se percibe como altamente negativo el monopolio comercial impuesto por las empresas. Los resultados evidencian que en el imaginario local se percibe como un error el fomento y establecimiento de las empresas forestales, sin una planificación que proteja a los sistemas productivos familiares preexistentes. Asimismo, que dadas las diferencias del capital productivo entre las empresas y las producciones familiares de la región, no es adecuado que las reglas del libre mercado sean las que regulen los precios de los productos compartidos en ambos sistemas.

Se recomienda, que al calcular los beneficios regionales del desarrollo de la agricultura familiar, se incluyan estimaciones del aporte de la “economía silenciosa” propia de estos sistemas. Se recomienda arbitrar el desarrollo de políticas que contemplen especialmente proteger a los sistemas productivos familiares establecidos en la región. En las acciones empresariales y de fomento social, es importante considerar a los colonos misioneros y sus enclaves productivos, como un ensamble de alto valor para la conservación.



## PROYECTO DE INVESTIGACION APLICADA (PIA 10113)

### Ordenamiento territorial participativo en un área piloto de producción forestal: el delta bonaerense

Somma, Daniel<sup>1</sup>; Fernandez, Sebastián<sup>2</sup>; Civeira, Gabriela<sup>3</sup>; Ceballos, Darío<sup>2</sup>; García Cortés; Manuel<sup>2</sup>; Campos, Mariana<sup>4</sup>; Alvarez, Javier<sup>2</sup>; Fracassi, Natalia<sup>2</sup>; Olemberg, Demián<sup>2</sup>; Dubra, Emilio<sup>2</sup>

#### PROBLEMA ABORDADO

El proceso de transformación que ocurre en varias regiones del país, impulsado por algunos sistemas productivos, motoriza la expansión de la frontera agropecuaria. La intensidad y la tasa temporal de estos cambios de uso del territorio no tienen precedentes. Adicionalmente, este proceso afecta la conservación de recursos naturales, y, en el Delta BsAs podría comprometer la producción de bienes y servicios ecosistémicos y la sustentabilidad. Esto, entre otros aspectos, revela una insuficiente planificación territorial y, determina en algunos casos, usos inadecuados de la tierra. La expresión regional del OTFP en el Delta BsAs, podría mitigar impactos ambientales y sociales pero requiere un análisis contexto-específico.

#### OBJETIVO GENERAL

Desarrollar un ordenamiento territorial forestal participativo (OTFP) para el mosaico de humedales del Delta bonaerense del Río Paraná (Delta BsAs).

#### MATERIALES Y MÉTODOS

Se realizó una revisión de la asignación de usos de la tierra en general, y de los usos forestales en particular. Se implementó: un análisis de accesibilidad a mercados locales y regionales y una optimización de los circuitos logísticos (transporte fluvial y terrestre). Se completó, en las zonas carentes de información actualizada, un diagnóstico regional participativo. Este diagnóstico, focalizó en la condición de conservación de los recursos naturales en la cuenca forestal delteña para que, articulando la información producida con la ya disponible, se pudiera generar una base de conocimiento regional que permitió establecer prioridades de manejo y conservación de la producción de bienes y servicios ecosistémicos. Se identificaron zonas críticas, a través del análisis de variables priorizadas ambientales y socioeconómicas. Estas variables seleccionadas se integrarán luego a un sistema de monitoreo participativo. Fue generada una propuesta técnica-metodológica para la elaboración del plan de OTFP, mediante el empleo de un modelo participativo de análisis multicriterio (MoPAMC). El MoPAMC incluyó aspectos ecosistémicos, productivos, sociales y económicos. Se implementaron estrategias de participación pública que promovieron una sensibilización de los actores sociales relacionados con la producción forestal. De este modo, se buscó aumentar la valoración social de los servicios ecosistémicos regionales y de la producción forestal regional. Para la definición de esas estrategias, se construyó un mapa de actores.

Se diseñó y puso a disposición un sistema de información geográfica (SIG Delta BsAs) utilizando programas SIG de fuente abierta (open source GIS) y, aplicando

1. Centro Regional Buenos Aires Norte INTA.

somma.daniel@inta.gob.ar

2. EEA INTA Delta del Paraná

3. Instituto de Suelos – CIRN INTA Castelar.

4. Administración de Parques Nacionales

el lenguaje de modelización unificado orientado a objetos (UML). Además se generaron coberturas SIG originales: fue desarrollada conceptualmente una Base de conocimiento orientada a objetos considerando jerarquías de integración (“parte de”) y de clasificación (“clase de”). En el desarrollo de la base geomática de conocimiento se compilaron diversas fuentes de información secundaria. La información se consolidó en un Sistema de Información Geográfica (SIG Delta BsAs) que comprende distintos tipos de información: **a)** coberturas vectoriales, **b)** grillas (raster), **c)** imagería satelital y **d)** distintas fuentes analógicas de cartografía tradicional (que eventualmente pueden ser vectorizadas) con alcance regional, sub regional o zonal. Planificación Participativa: se desarrolló una capacitación sobre OTFP para los actores del territorio. En la misma se presentaron experiencias similares en Finlandia y Argentina (provincias de Salta y Jujuy). A partir del diseño del mapa de actores se estableció la representación de los distintos sectores para generar un ámbito de participación pública con viabilidad operativa. Luego, y con la Accesibilidad como factor determinante, tanto para la mejora de calidad de vida de la población como, para la competitividad del Sector Forestal, se implementó el MoPAMC.

## RESULTADOS

**3.1. La Base de conocimiento incluyó:** recursos naturales (con recomendaciones para conservación de biodiversidad a escala local), monitoreo de los ecosistemas forestales a escala de la cuenca de abastecimiento forestal (Delta BsAs), producción y elaboración de productos maderables (zonas y categorías de producción, aserraderos isleños) y no maderables (con particular énfasis en la producción apícola), accesibilidad a mercados locales y regionales y análisis de los circuitos de transporte mixto fluvial-terrestre.

**3.2. Resultados del análisis de accesibilidad:** Se elaboró una cobertura vectorial con la red de transporte para el Delta de Buenos Aires, incluyendo tanto la red fluvial como la terrestre. Se le asignó a la red el atributo “costo (tiempo) de viaje” como base para una zonificación preliminar. La primera zonificación se realizó considerando a los puertos locales como centros de consumo de las masas forestales.

**3.3. Planificación Participativa:** En el ámbito de participación, los actores identificaron como una de las problemáticas principales a resolver, a la presencia de obstáculos en las vías navegables por donde se desplaza la población y los bienes producidos en el Delta.

En la construcción del MoPAMC, un conjunto de representantes de los distintos grupos de actores territoriales definieron la valoración de los criterios de planificación propuestos. Los criterios seleccionados y su respectiva ponderación (con 100 como valor máximo y 0 como mínimo) fueron los siguientes: Escuelas (91); Zonas de mayor densidad poblacional (89); Transporte público –lanchas colectivo y escolares- (87); Centros de Salud (82); Áreas Productivas (78); Centros de Consumo Forestal -Aserraderos y Puertos- (75); Zonas de Recuperación con Potencial Productivo (64).

**3.4. Propuesta participativa de mejoramiento de las vías navegables del Delta Bonaerense:** se presentó al Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca de la Nación una propuesta que incluye un diagnóstico preliminar sobre la limpieza de las vías navegables y los criterios priorizados por los actores. Dicho Ministerio se comprometió a financiar dicha obra y los actores locales a garantizar su ejecución.

Se espera que la obra mejore la navegabilidad en 270 km de ríos, arroyos y canales y beneficie a más de 10.000 habitantes.

## CONCLUSIONES

**4.1** La puesta en funcionamiento de los ámbitos participativos es fundamental para identificar problemas estratégicos y conocer la valoración que los actores hacen sobre los distintos servicios ecosistémicos, en este caso, la navegabilidad de los cursos de agua.

**4.2** La inclusión de actores clave (líderes locales) en dichos ámbitos, es fundamental para orientar el proceso de planificación participativa y, poder formular las decisiones de mayor impacto en el territorio.

**4.3** La convergencia entre las necesidades de los actores locales y las prioridades gubernamentales potencia la utilidad de estos ámbitos de participación. La integración en dichos ámbitos de autoridades competentes y con capacidad ejecutiva significó poder contar con una perspectiva de resolución de problemas en el corto y mediano plazo. Esto potencia los ámbitos diseñados y puede constituir un gran incentivo para la participación de los actores locales con una lógica orientada a la solución consensuada de problemas del territorio.

**4.4** La discusión sobre los criterios a ser tenidos en cuenta implica una revisión crítica acerca de los usos actuales del territorio por parte de los actores locales. También permite que los actores exterioricen su visión sobre el futuro de la región y tomen conciencia sobre el valor de los bienes y servicios ecosistémicos regionales.

## PROYECTO DE INVESTIGACION APLICADA (PIA 12027)

### Análisis acerca del precio de las distintas clases diamétricas de las trozas que den rentabilidad al forestador y maximicen el valor agregado de una cuenca

Msc. Gustavo Daniel Braier

El mercado de la madera triturable tiene estructuralmente un mercado oligopsonico. La madera triturable es aquella que por su diámetro sólo es apta para ser triturada en su utilización industrial; esto es, convertida en pequeños trozos de madera. Un mercado oligopsonico es aquel en el que pocos compradores enfrentados a muchos vendedores están en capacidad de fijar el precio del bien negociado y la cantidad que compra de él. El vendedor tiene muy pocas alternativas de mercado que se profundizan en su escasez porque la madera tiene un bajo valor por volumen y no soporta fletes largos.

Esto, analizado por la teoría económica, genera una transferencia de ingresos desde los vendedores hacia los compradores y ubica al mercado en un nivel de actividad más bajo y subóptimo en comparación con lo que sería una competencia perfecta en la que hubiese muchos vendedores y muchos compradores. Este segundo movimiento, el del menor nivel de compra de madera triturable, no se comprobaría en el caso específico de los compradores porque la demanda de madera estaría fijada por la capacidad de sus industrias.

Ahora bien, el árbol, generador de esta materia prima (a la que se agregan los residuos de los aserraderos), al mismo tiempo genera toras de distintas clases diamétricas. Cabe preguntarse, entonces, luego del hecho en particular de que los precios de los materiales triturables pueden tener un precio menor como resultado del mercado oligopsonico, qué es lo que pasa en el resto del escenario productivo. Una alternativa es que el forestador tenga una rentabilidad menor como consecuencia de esa transferencia de ingresos. La otra, es que los precios de las otras clases diamétricas aumenten proporcionalmente como para compensar el ingreso del forestador. De este modo, el problema se transfiere al sector de transformación mecánica de la madera, comprador de las otras clases diamétricas, y, luego, se profundiza porque es el que vende los chips. Los chips son pequeños trozos de madera con dimensiones adecuadas que se consiguen procesando mecánicamente los residuos de los aserraderos.

Esta eventualidad no se daría por un poder de mercado, sino por la necesidad de compensar otras fuentes de ingreso. Que esto se produzca o no va a estar catalizado por la mayor o menor oferta y demanda de rollos de mayores clases diamétricas. Debe señalarse, que los propios ciclos forestales impiden que la oferta de madera pueda reaccionar rápidamente a un estímulo de precios como lo estipulan las leyes económicas de corto plazo, porque el incremento de superficie plantada sólo se va a verificar como un aumento de oferta muchos años después cuando esos árboles sean cosechados. Sí puede ser inmediato el efecto opuesto, en el sentido de que un alto precio por la madera haga inviable económicamente a un aserradero en forma puntual, con lo que baja la demanda de madera. Igualmente, más allá de la oferta

---

Fundación Ambiente y Desarrollo  
gdbraier@ambiente y desarrollo.org.ar  
Dirección: Av. Leandro N. Alem  
790 piso 8 (C1001AAP) CABA

física, un bajo precio de la madera podría motivar al plantador a postergar su tala rasa, aunque se ha verificado en la realidad que la mala expectativa generada por un bajo valor de madera, genera un efecto de aún mayor oferta por el accionar del actor tratando de salir del negocio. Alternativamente, un mayor precio puede llevar al actor productivo a pensar que el ciclo de crecimiento de precios continúe, con lo que la oferta disminuye porque actúa como resultado de estas expectativas. Estos movimientos se dan en función de la edad de corta posible de las plantaciones, con lo que se impacta en las cercanías temporales.

Se analizaron estas alternativas y se da un panorama sobre los impactos reales (nivel de actividad) que se derivan en todos los mercados, derivados de la utilización del poder del oligopsonista como efecto cruzado sobre las otras actividades vinculadas con la madera y que no utilizan diámetros pequeños. La generación de chips por parte de las industrias de transformación mecánica son las que terminan de conformar el círculo de transferencia de ingresos y de modificación del nivel de actividad, llegando, incluso, a tener un mayor impacto que el de los rollos pequeños.

Para analizar esta situación de mercado en el clúster forestoindustrial basado en plantaciones de rápido crecimiento se utilizó un modelo de programación lineal en el que el objetivo fue maximizar el valor agregado de la cuenca. El valor agregado fue expresado dentro del modelo como la sumatoria de los precios pagados por la madera para la elaboración de cada producto. Por ejemplo, si para elaborar tablas en un aserradero se precisan  $2\text{m}^3$  de madera rolliza de determinado diámetro, se ha considerado al valor agregado como el valor implícito dado a esa madera. El precio de la madera no existe explícitamente dentro del modelo.

El modelo busca conceptualizar al total del complejo forestoindustrial como una unidad económica en la que se adquiere la tierra para plantar árboles y se venden productos industrializados sobre la base de la madera, asumiendo todos los costos intermedios. El resto de la actividad queda involucrada dentro de esa unidad. Entonces, si por los costos que tiene ese conjunto no hay posibilidades de vender los productos industriales en los mercados finales porque los costos son mayores, el modelo sugiere que no se realice actividad alguna. Por el contrario, si existe una alternativa productiva que genere valor en la cuenca, el modelo va a sugerir plantar árboles con determinado manejo silvicultural que ayude a optimizar la inversión industrial que facilite la elaboración de los productos que se venden con más provecho en el mercado. En un punto intermedio, si el mejor negocio para la cuenca es comercializar productos basados en la madera del triturado, sugerirá la realización de plantaciones que prioricen el volumen obtenido y no la calidad maderable de los rollos. Luego, una evaluación social de estas alternativas podrá influir en la toma de decisiones de política económica que se puedan tomar.

Sobre la base de este modelo, se ha modificado el valor agregado asociado con la actividad del triturado, en distintas iteraciones de resolución del modelo que fueron desde el valor agregado nulo (no se compensa de ninguna manera económica al que vende madera triturable o chips de aserradero) hasta un valor que alcanza la clase diamétrica siguiente (la de los rollos finos de aserradero). En cada uno de los pasos se ha verificado un aumento del valor agregado y un incremento en el nivel de actividad productiva del sector industrial que no utiliza madera triturable. Este efecto cruzado en el nivel de actividad es el principal hallazgo de este trabajo de investigación.

De esta forma, se verifica en el trabajo realizado que existe potencialmente esta transferencia de ingresos, desde el sector de la madera sólida hacia el del triturado, pero que no se limita a ello, sino que también lleva a la economía forestal en su conjunto a un subóptimo de actividad.

Se ha verificado la existencia de cambios en las actividades productivas del conjunto de la forestoindustria. Saliendo del esquema del oligopsonio tradicional, en este caso, si bien puede haber una baja del precio del material comercializado, lo que implica una transferencia de ingresos desde el vendedor hacia el comprador como resultado de fortalezas asimétricas en la negociación, no se verifica una disminución en la cantidad de madera transada porque ese valor está fijado por la capacidad de la industria que funciona en forma permanente a lo largo del año. No es una opción que se verifique en la realidad que las plantas industriales que procesan madera triturada trabajen en un nivel de capacidad menor al máximo como consecuencia de un incremento marginal en el valor de la madera.

Sin embargo, como se hipotetizó al iniciar este proyecto de investigación aplicada, existe un impacto de ingresos y actividad en las otras actividades forestoindustriales asociadas naturalmente y el vínculo se presenta sobre la base de dos elementos: la madera más fina proveniente del raleo o la tala rasa de las plantaciones forestales y de la venta de chips desde la industria de transformación mecánica de la madera hacia las de triturado.

El nivel de actividad, expresado en movimiento económico, cuando se pasa desde un valor de la madera de \$170 por tonelada a \$0, se reduce desde 8,2 mil millones de pesos del año 2013, descontando el flujo total en un 8% anual, a 7,1 mil millones. Esto es, una reducción de 1,1 mil millones o de un 14%. Es claro que modificaciones menores en el precio, tienen un menor impacto en la actividad. Por otro lado, un aumento del valor de la madera desde los mencionados \$170 a \$300, se incrementa a 9,5 mil millones; esto es, un incremento de 1,3 mil millones. La peor situación se verifica frente a la ausencia de la industria del triturado, dado que se vuelcan ineficiencias no sólo forestales, sino también industriales por la ausencia de demandantes de los chips. Luego, también, se manifestarían problemas ambientales asociados con la necesidad de deshacerse de los residuos de las forestaciones y de los aserraderos.

No debe perderse de vista que este análisis está basado en un modelo matemático de optimización que brinda un grado de detalle de datos y resultados tal que permiten interpretar cabalmente los resultados analizados, saliendo de la abstracción que implica el análisis clásico y general de la economía del oligopsonio, aunque no deban perderse de vista los supuestos que se incorporan cuando se utiliza la técnica de programación lineal. Asimismo, sí existe un grado de abstracción respecto de lo que es el mundo real, por lo que debe ser considerado como una herramienta útil de análisis, pero no en una lectura detallada de la realidad.

Se demostró que la herramienta utilizada es útil para el análisis de estas circunstancias y de otras que surgieron como resultados colaterales, tales como la importancia de identificar cada una de las limitaciones activas, sean éstas de superficie, de capital de inversión, de capacidad instalada o de mercado. Asimismo, también se verificó que no siempre es conveniente ir en busca de la madera de mayor calidad para la industria de transformación mecánica, dado que si esa oferta es mayor que la

demanda, se hubiere incurrido en gastos que luego no son compensados, agregando factores de ineficiencia en la cuenca, si bien es cierto que la madera de calidad tiene la flexibilidad de poder ser usada en cualquier uso, en tanto que la de menor calidad se ve limitada.

Una reflexión adicional que puede ser de utilidad para interpretar la realidad del sector en la Argentina hacia el año 2014, es que el rechazo que pueden generar la inversiones del sector del triturado en determinadas economías regionales puede verse, al menos parcialmente, explicado por estos resultados sintetizados en el hecho de que existe una absorción de recursos por medio del ejercicio del oligopsonio y una reducción de actividad respecto de otras alternativas de precio. Es claro que esto no es un criterio absoluto, sino que depende del grado de mayor o menor precio de la madera. En un extremo, la peor situación es que la industria del triturado no exista, dado que habría que afrontar, incluso, el gasto de deshacerse del material que ninguna industria utilizaría; es decir, que es un eslabón necesario y esencial en el complejo forestoindustrial. Luego, la siguiente peor situación sería que no se abone nada por la madera triturable, tal como se expresa en el escenario 2. El escalón siguiente es, probablemente, el caso actual en que hay una apropiación parcial del valor de la madera, obteniéndose, tal como se describe en la teoría, una transferencia de ingresos y una depresión en el nivel de actividad, agregándose el condimento de que el mismo se verifica en los sectores vinculados y no en el propio, dado que las fábricas de triturado siempre trabajan al máximo de su capacidad instalada. Por último, se planteó otra situación en la que el precio pagado por las industrias del triturado pague algún valor mayor por su materia prima, lo que habilitaría un mayor nivel de actividad en la economía regional. Queda por ver quién se apropia de ese excedente, si el forestador, el industrial mecánico o una mezcla entre ambos y ver qué hacen con él.

El aporte que se espera haber brindado con este proyecto de investigación aplicada es el de ayudar a visualizar esta situación de monopsonio y su impacto cruzado sobre otro subsector económico para exponer potenciales efectos derivados de ello, los que, tal vez, ya se estén manifestando hoy en algunas economías regionales. Esta visión general, modelizable e interpretable por el grado de detalle que se logra en la incorporación de datos y en la lectura de los resultados, puede ser un modo de buscar un lenguaje en común entre los participantes del sector para encarar este tipo de problemáticas.

Tener una base en común de análisis debiera ser un paso ineludible para lograr un entendimiento mutuo y para comprender las implicancias globales de decisiones parciales; tanto en lo que hace a lo aplicado en el interior del sector, como las medidas de política económica que se tomen desde fuera del mismo.

# PROYECTO DE INVESTIGACION APLICADA (PIA 12047)

## Tipología de contratistas de cosecha forestal del noreste de Entre Ríos y sur de Corrientes

De La Peña Carlos<sup>1</sup>, Román Lilian<sup>1</sup> y Sosa Graciela<sup>2</sup>.

### INTRODUCCIÓN

En los últimos años, la actividad forestal ha dado pruebas de su consolidación y relevancia como una producción regional en la cuenca del río Uruguay. En la provincia de Entre Ríos, la superficie implantada es de 154.000 ha (DPF MINAGRI 2014). En la provincia de Corrientes, Monte Caseros y Paso de Los Libres, cuentan con 61.314 ha forestadas (Inventario Ftal Corrientes 2009). El desarrollo de esta cuenca forestal permitió la absorción de una importante cantidad de mano de obra regional y de otras provincias en toda la cadena forestal. En la producción de materia prima, la mayoría de las actividades están tercerizadas por empresas de servicios, entre ellas, las dedicadas a tareas de cosecha son las que presentan mayores diferencias tecnológicas entre sí. La cosecha es una variable de ajuste, el desarrollo de este segmento es sumamente dependiente de su eficiencia y productividad.

El objetivo de este trabajo fue generar y analizar información sobre la composición de actores de la actividad de cosecha forestal y sus características tecnológicas-productivas.

### MATERIALES Y METODOS

El estudio abarca los departamentos de Colón, Concordia y Federación (Entre Ríos) y Paso de los Libres y Monte Caseros (Corrientes), que conforman la cuenca del eucalipto de la costa del río Uruguay.

En primer lugar se generó una base de datos de contratistas que realizan su actividad en la zona de estudio. Para obtener los datos, se hicieron entrevistas con actores claves, tanto del sector público como privado, que brindaron datos de contactos de empresas de servicio de cosecha.

En la entrevista a los contratistas se aplicó una encuesta semiestructurada, elaborada para tal fin, en la cual se indagó sobre la figura legal del contratista, estructura de trabajo (administrativa/campo), gestión de su empresa, problemáticas, entre otras.

Los datos fueron procesados mediante un análisis multivariado, aplicando Análisis de componentes principales (ACP) y Análisis de clúster, y en base a ello se realizó la construcción de la tipología.

### RESULTADOS

Los resultados que se presentan a continuación son parciales y corresponden a los departamentos de la provincia de Entre Ríos, si bien se elaboró la base de datos de contratistas para los departamentos de Corrientes, y se establecieron algunos contactos, por dificultades de logística no se pudieron relevar en el plazo establecido y no hubo posibilidad de extenderlo.

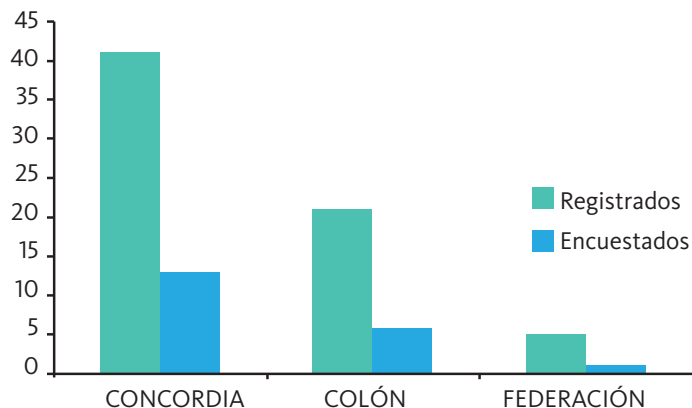
---

1. Ing. Forestal e Ing. Agrónoma.  
INTA concordia.  
delapena.carlos@inta.gob.ar ;  
roman.lilian@inta.gob.ar

2. Ing. Forestal. Profesional independiente. gsoaftal@gmail.com.ar

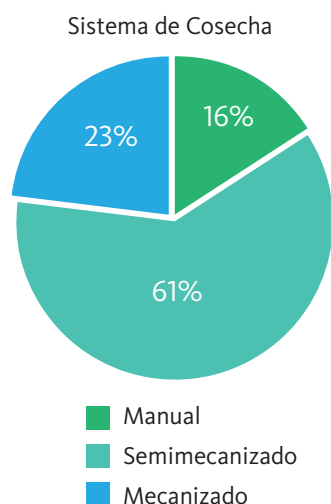


Se registraron 67 contratistas para el área de estudio en Entre Ríos; de los cuales el 37 % declaró que ha cambiado de actividad. De los que se encuentran en actividad, en Concordia se han entrevistados el 52 %; y en Colón al 50 %. El resto no accedió, o no se pudo concertar la entrevista.



En cuanto al origen de los trabajadores, la mayoría de los mismos es de las provincias de Misiones y en menor medida Corrientes y Santiago del Estero. También se han registrado algunos trabajadores de origen Paraguayo.

En relación al sistema de cosecha, se lo clasifico en tres tipos de sistemas con las siguientes características:



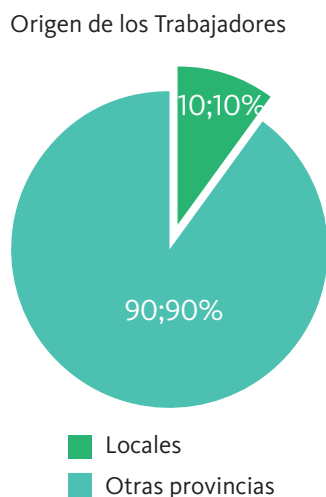
**Manual:** Apeo: motosierra, Extracción: tractor con cadenas /lingas o manual y Carga: manual o cargadora.

**Semimecanizado:** Apeo: motosierra, Extracción: Tractor con cadenas-miniskidder-motoarrastrador-forwarder, Carga: cargadora frontal o grúa forestal.

**Mecanizado:** Apeo harvester, Extracción: skidder y Carga: trineumático.

Según el análisis multivariado realizado con las variables seleccionadas, en esta primera etapa, se definió la agrupación de tres tipos de contratistas:

Las variables que separan a los contratistas en **tres grupos homogéneos** son: el grado de inversión en maquinaria, la capacidad de trabajo que poseen y el número de empleados, entre otras.



**El grupo 1**, caracterizado por el sistema de cosecha semi-mecanizado de bajo nivel tecnológico, formado por contratistas jóvenes, que en general trabajan para aserraderos. Tienen poco personal, como dificultades manifiestan alta rotación entre los trabajadores y presenta mayor grado de informalidad.

**El grupo 2**, son contratistas que también utilizan un sistema de cosecha semi-mecanizado, con mayor grado de tecnificación, prestan servicios a industriales y productores. Tienen un número mayor de trabajadores, pero al igual que el primer grupo tienen problemas con la rotación del personal.

**El grupo 3**, está formado por los contratistas con mayor trayectoria en el sector, y que cuentan con maquinarias para realizar aprovechamiento mecanizado. Tienen mayor grado de especialización para la tarea que realizan. A su vez, los equipos que utilizan requieren una mayor capacitación y especialización del personal, lo que se refleja en los bajos niveles de rotación del mismo. Poseen estructura administrativa y tiene un mayor control sobre sus costos, ya que lo usa como una herramienta de gestión.

**TABLA**

	GRUPO 1	GRUPO 2	GRUPO 3
Edad Contratistas	<35 años	35 - 50	>50
Sistema de Cosecha	Semimecanizado Bajo Nivel Tecnológico	Semimecanizado Alto Nivel Tecnológico	Mecanizado
Tipo de clientes	Industriales	Industriales / Productores	Productores
Productos	Aprovechamiento integral	Aprovechamiento integral	Tala Rasa
Inversión en Capital	Baja	Media	Alta
Estructura Administrativa	No	Estructura familiar	Si
Realiza Calculo de Costos	No	No	Si
Nº Empleados	5	12	25
Antigñüedad Empleados	50% < 2años	70% < 5 años	80% < 10 años
Dificultades en manejo de los trabajadores	Rotación	Rotación	Baja disponibilidad de Trabajadores capacitados
Grado de Capacitación de los trabajadores	Capacitación adquirida en su experiencia laboral	Capacitación adquirida en su experiencia laboral	Capacitación Continua

## DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

De acuerdo al análisis realizado, para esta primera etapa, se diferencian tres grupos de contratistas. El agrupamiento basado en estas diferencias permite explicar algunos de los problemas de la actividad.

Las problemáticas relacionadas a la mano de obra son más importantes en los grupos 1 y 2, dado que presentan una mayor rotación del personal y en su mayor parte no tienen una capacitación formal. En el grupo 3 la antigñüedad del personal es mayor, muchos ya están asentados en la zona y las empresas tienen programas de capacitación continua. Esta situación evidencia menores situaciones de informalidad laboral respecto de los grupos 1 y 2. La informalidad comercial tiene el mismo comportamiento dentro de los grupos. Es explicada por tipo y tamaño de clientes, y la forma de realizar los acuerdos comerciales. En los grupo 1 y 2 predomina el acuerdo de palabra y en el grupo 3 los contratos formales.

En la actividad hay un grupo de actores que conformarían otro tipo de contratistas: los que realizan el aprovechamiento de raleos y manejo de rebrotes. Estos elaboran subproductos como tutores, varas y rodrigones y trabajan con un alto grado de informalidad laboral y comercial, lo que dificulta localizarlos para entrevistarlos.

En algunos casos, contratistas que están en el grupo 1 y 2 realizan también este tipo de tareas, dado que hacen un aprovechamiento integral de la forestación, lo que nos permite suponer que presentan muchas características comunes con este otro grupo no encuestado.

La elaboración de la tipología fue una herramienta fundamental para la caracterización y podría ser insumo para futuras acciones de extensión y capacitación.

## PROYECTO DE INVESTIGACION APLICADA (PIA 12057)

### Impacto de los bosques de cultivo: importancia socioeconómica y efecto multiplicador

Alonso Schwarz, Gerardo, Burg, César, Cuevas, Juan

## INTRODUCCIÓN

La Mesopotamia se caracteriza por concentrar más del 75 por ciento de los bosques cultivados y un muy importante porcentaje de la industria de base forestal de nuestro país. No obstante no existe información que permita dimensionar el aporte directo e indirecto de dichas actividades a las economías y los mercados laborales de estas provincias.

Para conocer el impacto de los bosques cultivados y su industrialización en el desarrollo económico de la región donde están asentados, es necesario cuantificar su contribución directa e indirecta al Producto Bruto Geográfico regional y conocer si genera mano de obra de calidad.

Por ello se planteó como objetivo realizar una medición para cada una de las provincias de la Mesopotamia (Corrientes, Entre Ríos y Misiones), del impacto de los bosques cultivados (y su industrialización) sobre el desarrollo local a través de la generación de actividad económica (contribución al Producto Bruto Geográfico de cada provincia) tanto directa como indirectamente como así también el aporte directo e indirecto de esta actividad a la creación de puestos de trabajo en el mercado laboral de estas provincias.

Para alcanzar los objetivos planteados este estudio utilizó el método inductivo mediante el uso del Modelo de Insumo-Producto desarrollado por Wassily Leontief.

La información de la MIP 1997 (elaborada por el INDEC) se complementó y cruzó con los datos generados por el programa Norte Grande en el 2003 y por los aportes del trabajo publicado por Díaz y Arjol en 2009 (referidos específicamente al caso de la provincia de Misiones) de manera tal de realizar una actualización de dicha MIP para las provincias de la Mesopotamia (Misiones, Corrientes y Entre Ríos).

## MODIFICACIÓN DE LA MIP EN BASE A LAS ENTREVISTAS REALIZADAS

En base a las conclusiones arribadas, luego de analizar las respuestas de los referentes calificados entrevistados, se decidió modificar por los motivos expuestos anteriormente la relación entre empleo no registrados y registrados de los procesos de implantación (debido a la disminución del empleo informal en dicho proceso), permaneciendo los demás sectores con las mismas relaciones que tenían cada uno en la matriz del año 1997 y quedarían establecidos según indica el cuadro N°1.

---

IERAL Regional NEA Sarmiento  
2183 1º Piso 3300 Posadas, Misiones,  
0376-4426119  
galonsoschwarz@gmail.com

**TABLA 1**

Sectores	Relación entre empleo registrado y no registrado
Silvicultura y Extracción de maderas	1,0413
Aserraderos	1,0413
Maderas y sus productos	0,9162
Celulosa y Papel	0,0102

**Tabla 1.** Relación entre empleo registrado y no registrado en el Sector Foresto Industrial. Fuente: Elaboración propia y Matriz Insumo Producto 1997.

**TABLA 2**

Sectores	Multiplicadores de empleo
Silvicultura y Extracción de maderas	1,5591
Aserraderos	1,5591
Maderas y sus productos	1,7612
Celulosa y Papel	3,6139

**Tabla 2.** Requerimientos directos e indirectos y multiplicadores de empleo en el Sector Foresto Industrial. Fuente: Elaboración propia y Matriz Insumo Producto 1997.

Por los mismos motivos señalados anteriormente es necesario modificar también la relación entre los requerimientos directos e indirectos y multiplicadores de empleo del proceso de implantación y cosecha forestal quedando establecidos los mismos como lo muestra el cuadro N°2

## EMPLEO DIRECTO

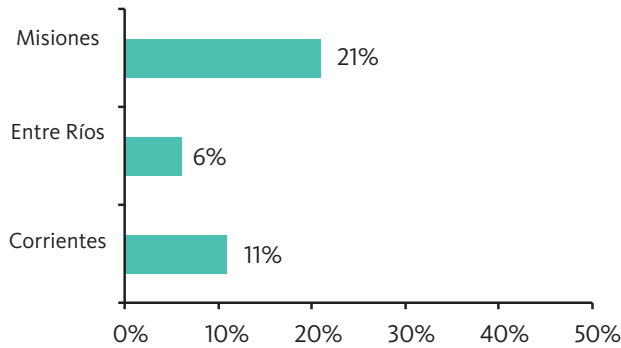
Entendemos por empleo directo a los empleos que genera cada actividad, en este caso en particular la foresto industria, que está comprendido por silvicultura, madera y papel teniendo en cuenta el empleo registrado y el no registrado.

Los datos de empleo directo registrado en cada uno de los sectores de la foresto industria para las provincias de Misiones, Corrientes y Entre Ríos fueron obtenidos del boletín estadístico provincial del Ministerio de Trabajo de la Nación. A su vez, para estimar los datos del empleo no registrado, se obtuvieron teniendo en cuenta las modificaciones que se realizaron a la matriz insumo producto de 1997 antes mencionada.

## EMPLEO INDIRECTO

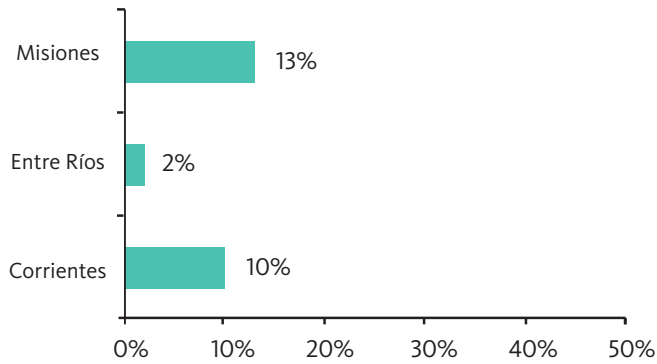
Para estimar la cantidad total de empleos que son generados en una economía como consecuencia de la creación de los puestos de trabajo directos e indirectos antes mencionados, se utiliza el Multiplicador del Empleo de la Matriz de Insumo Producto.

### GRÁFICO 1.



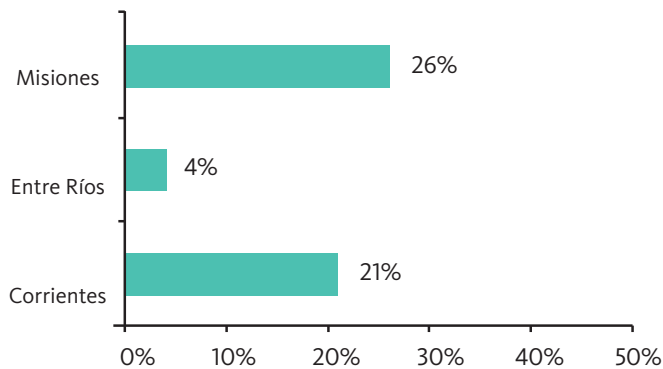
**Gráfico 1:** Participación total de la foresto industria en el empleo total de cada provincia del NEA. Fuente: leral NEA en base a datos IPEC Misiones, DEyC Corrientes y DEC Entre Ríos.

### GRÁFICO 2.



**Gráfico 2:** Participación directa Foresto industria como % del PBG provincial. Fuente: leral NEA en base a datos IPEC Misiones, DEyC Corrientes y DEC Entre Ríos.

### GRÁFICO 3.



**Gráfico 3:** Participación total de la foresto industria como % del PBG provincial. Fuente: leral NEA en base a datos IPEC Misiones, DEyC Corrientes y DEC Entre Ríos.

Según esta metodología y el relevamiento realizado de la estructura económico productiva a nivel nacional, se estima que por cada empleo directo en el sector Forestal y Silvicultura, se genera un total de 1,56 puestos de trabajo en el conjunto de la economía, en el caso de aserraderos 1,56 puestos de trabajo, madera y sus productos 1,76 puestos de trabajo y celulosa y papel 3,6 puestos de trabajo.

Estos mismos multiplicadores se utilizó para estimar el empleo indirecto que genera la foresto industria en las tres provincias estudiadas.

En el caso de Misiones, el efecto total (empleo directo e indirecto) explica el 21% del empleo total generado, en Entre Ríos, explica el 6% y en Corrientes explica el 11% del empleo total generado.

## VALOR BRUTO DE LA PRODUCCIÓN DIRECTO E INDIRECTO EN LA FORESTOINDUSTRIA

Para obtener el valor bruto de la producción directo de la foresto industria para las provincias en estudio, se recurrió a las estadísticas provinciales disponible de cada una de las provincias en estudio, más algunas estimaciones propias como ser particularmente aserraderos en Corrientes (para este caso se tomó datos del plan estratégico foresto industrial y datos del colegio de ingenieros forestales de Misiones) y pasta en Entre Ríos (se tomaron datos del Ministerio de Agricultura, INDEC y Banco Central República Argentina).

Para el caso de estimar el valor bruto de la producción indirecto de la foresto industria, se tomó la diagonal principal de la matriz de requerimientos directos e indirectos de producción para la provincia de Misiones que fue realizada por Darío Díaz y Marina Arjol, con los datos suministrados por el programa “Competitividad del Norte Grande” 2005. Se tomó como supuesto los mismos coeficientes de Misiones, para las provincias de Corrientes y Entre Ríos y solamente se utilizaron silvicultura, aserraderos y celulosa y papel (aquellos coeficientes que se encuentran en la diagonal principal que a su vez, miden el impacto económico directo e indirecto del sector)

Como se puede apreciar en el gráfico 2, el Valor Agregado Bruto generado directamente por el sector foresto industrial para el año 2013 representó el 13% del PBG para la provincia de Misiones, en la provincia

de Corrientes representó el 10% del PBG de esa provincia y en la provincia de Entre Ríos explicó el 2% del PBG de esta provincia. A su vez, en el gráfico 3 se aprecia la contribución total (directa e indirecta) de la foresto industria en el PBG de las provincias del NEA para el año 2013, en el caso de Misiones, este efecto representa el 26%, para Entre Ríos representa 6% y Corrientes un 21% de su PBG

## CONCLUSIONES

Teniendo en cuenta el objetivo planteado de realizar una medición para cada una de las provincias de la Mesopotamia, del impacto de la foresto industria sobre la contribución al Producto Bruto Geográfico de cada provincia tanto directa como indirectamente como así también el aporte directo e indirecto de esta actividad a la creación de puestos de trabajo en el mercado laboral de estas provincias.

En el caso del mercado laboral se observa que el empleo directo de la foresto industria en el 2013 generó 22.302 empleos en Misiones, mientras que en Corrientes explicó 7.685 puestos de trabajo directo y en Entre Ríos trabajo directo para 9.136 personas.

Si a estos datos se le suma el empleo indirecto generado en otras actividades se observa que el empleo total (directo e indirecto) del sector forestoindustrial explicó 40.009 puestos de trabajo en Misiones durante el año 2013, mientras que en Corrientes explicó 12.430 empleos totales y en Entre Ríos 16.430 empleos.

Finalmente el Valor Agregado Bruto generado totalmente por el sector Forestoindustrial ascendió a 27.082,5 millones de pesos corrientes en Misiones durante el año 2013, mientras que en la provincia de Corrientes ascendió a 6.473,4 millones de pesos y en la provincia de Entre Ríos explicó 2.665,3 millones de pesos.

## PROYECTO DE INVESTIGACION APLICADA (PIA 12064)

### Monitoreos participativos: herramientas para integrar compromiso social, biodiversidad y sustentabilidad forestal en Corrientes y sur de Misiones

Zuleta, G.A., G.M. Olmedo, A.I. Aguilar Zurita

## INTRODUCCIÓN

La ecorregión Campos y Malezales, que se extiende desde el centro-este de Corrientes al sur de Misiones, presenta un estado de conservación a escala de paisajes relativamente buena. Sin embargo, los ecosistemas y sus especies son los que tienen el menor nivel de preservación formal de Argentina. Menos del 1% del total del territorio ecorregional (2,8 millones ha) pertenece a un área natural protegida. A su vez, existe una tendencia hacia el reemplazo y degradación de pastizales naturales debido al creciente desarrollo de actividades productivas, generando un mayor riesgo para la integridad de los ecosistemas y la viabilidad de las poblaciones. En este contexto, los monitoreos de biodiversidad son herramientas esenciales para evaluar el estado del sistema y la interacción producción-conservación. Aunque son cada vez más frecuentes, los monitoreos se realizan principalmente a escala local, existiendo un déficit multi-escala. Además, los problemas ambientales en la región no son sólo ambientales, sino también sociales ya que se requiere de mayor concientización respecto a la necesidad de prácticas productivas sustentables como así también del alto valor de conservación de biodiversidad que tiene la región. Un monitoreo de fauna constituye un registro de la ocurrencia y abundancia de diversas especies, en este caso con fines de protección y manejo ambiental. Se llevan a cabo empleando métodos sistemáticos a cargo de profesionales, pero las comunidades y trabajadores locales también pueden participar mediante monitoreos participativos. Esta estrategia, además de proveer información valiosa, genera aprendizaje e incentiva a la gente involucrada a reflexionar acerca de la necesidad de conservación en sistemas productivos.

Los objetivos del proyecto son: **(1)** conformar una Red Regional del Programa de Monitoreo Participativo de Fauna (PMPF) en Corrientes y sur de Misiones, **(2)** fomentar y fortalecer la participación social en la conservación de biodiversidad, y **(3)** aumentar los registros de ocurrencia de fauna con interés de conservación.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El área de estudio es a escala provincial pero se focaliza en la ecorregión Campos y Malezales donde nuestro equipo de investigación ha desarrollado la mayor experiencia. La ecorregión es un mosaico de tres ambientes: pastizales, humedales y bosques. Los pastizales representan la matriz del paisaje, en algunas zonas compartida con los humedales. Los bosques, en cambio, son parches ambientales asociados a condiciones locales (edáficas), tales como lomadas (mogotes) o riberas. El programa de monitoreo participativo de fauna (PMPF) comenzó en 2004 a escala de predio forestal. En 2013 se conformó la Red Regional de Corrientes y sur de Misiones. El PMPF es un proyecto permanente de largo plazo y cuya escala gradualmente se va expandiendo. Consiste en coordinar el registro de los avistajes de fauna que operarios forestales o ganade-

---

Departamento de Ecología y Ciencias Ambientales (DECA). Universidad Maimónides. Buenos Aires. Argentina.



ros realizan durante su jornada laboral. Es decir, observaciones ocasionales o fortuitas, no planificadas para tal fin. Esta información se consigna en una planilla mensual para un posterior análisis. Con los objetivos de difundir del proyecto, introducir el PMPF y contactar nuevos miembros de la Red, se realizan periódicamente talleres de trabajo en localidades estratégicas (Santo Tomé, La Cruz, Paso de los Libres, Ituzaingó, Posadas, Corrientes). Los talleres se complementan con la capacitación o re-capacitación en la identificación taxonómica de fauna y con prácticas de avistaje a campo para determinar el estado del conocimiento de los participantes.

Con el objetivo de fortalecer la participación social, es necesario investigar cómo se percibe la problemática ambiental en el sector productivo. Para ello se llevó a cabo una caracterización de la trama social mediante revisión bibliográfica, estudios etnográficos y encuestas semi-estructuradas.

## RESULTADOS

**Aceptación social.** A partir de las entrevistas y del análisis de la interacción con los actores que participan en el PMPF, se determinó que la percepción hacia el programa es altamente positiva, independiente del sector. En particular, los entrevistados manifestaron que la herramienta les resulta útil para aprender o aumentar su conocimiento de las especies nativas. Gran parte de los participantes presentaron una postura pro-activa y entusiasta frente a las tareas de conservación ambiental. El interés en la conservación de biodiversidad es muy alto en los sectores técnico-académicos, educativo rural, ONGs, como era esperable, mientras que está aumentando en el sector forestal. No se detectaron opositores al PMPF pero sí sub-grupos con una postura indiferente (ganaderos).

**Red Regional.** Facilitado por la financiación UCAR, y como resultado de los talleres realizados con las distintas partes interesadas se estableció, en 2013, la Red Regional de Monitoreo de Biodiversidad en la ecorregión Campos y Malezales, formalizada mediante un Acta de Constitución y rubricada por 55 personas. La implementación de la Red se manifestó como una de las medidas prioritarias a corto/mediano plazo por los involucrados, en particular para el sector productivo. En los talleres 2014-2015 los integrantes aumentaron a cerca de 100. También se incorporan nuevos participantes por vías informales (mail, web: <http://ecologiaforestal.wix.com/redregional>).

**Unidades de Monitoreo Ecológico (UMEs).** A fin de planificar las tareas en un área extensa, se identificaron y localizaron 132 UMEs que fuesen ecológica y socialmente representativas. A partir de la interacción con los actores sociales interesados se ajustó la ubicación geográfica de predios y campos (Figura 1. A). Se establecieron tres categorías en función del grado de implementación del PMPF: confirmadas (incluye 68 sitios con monitoreo desde 2004 y otros con clausuras permanentes como sitios de referencia), pre-definidas (34 sitios que resta asignar o confirmar un responsable del monitoreo), y a definir (30 sitios estratégicos que cubren vacíos de información pero que se encuentran en sitios de difícil acceso).

**Manual de avistajes.** En base a una actualización de las guías utilizadas en el sector forestal de la región desde 2004, se elaboró un “Manual de avistajes de fauna para programas de monitoreo participativo en sistemas productivos de Mesopotamia” (Figura 1. B). El documento consta de 140 páginas e incluye fichas para la identificación taxonómica de las 52 especies con mayor frecuencia de avistajes en

sistemas silvopastoriles. Incluye una sección que explica cómo proceder en los seis pasos técnicos del PMPF y una reseña histórica del programa. Las mejoras fueron resultado de recomendaciones emergentes de tres situaciones: implementación a campo del PMPF (escala predial), interacción con diversos actores sociales durante talleres participativos, y la experiencia adquirida en 11 años de trayectoria del programa. El resultado del Manual fue evaluado por especialistas en biodiversidad, ingeniería forestal, y ciencias sociales.

**Valor de conservación.** A partir del establecimiento y consolidación del PMPF se cuenta con un registro continuo de fauna durante más de una década. Gracias a los aportes de los participantes se generó una base de datos que supera los 7.000 registros, correspondiendo a más de 15.000 individuos, distribuidos en 85 especies. El registro de esta información, a su vez, permite actualizar estimaciones de valor de conservación de fauna amenazada que se llevan a cabo en proyecto como el GEF-EAE (evaluaciones ambientales estratégicas) (Figura 1. C). Este estudio analiza áreas y sitios prioritarios de conservación y de monitoreo en paisajes productivos forestales de Mesopotamia y Delta. Ello facilita la toma de decisiones para la evaluación y monitoreo de biodiversidad.

## DISCUSIÓN

A partir de los resultados obtenidos, de la colaboración de la gente, y de todo el proyecto en su conjunto se observa un panorama muy positivo. La participación activa de los miembros de la Red refleja el grado de compromiso adquirido, cumpliendo así uno de los objetivos principales. La otra meta, como es la generación de información de ocurrencia de fauna, se está cumpliendo satisfactoriamente tanto en la cantidad como en el grado de confiabilidad en los registros taxonómicos. Gracias a la implementación de la Red Regional cabe resaltar la importancia de los aportes realizados por otros sectores sociales, más allá del ámbito científico-técnico, contribuyendo a conocer el estado actual de la biodiversidad a múltiples escalas y vinculado a su vez a otras redes de monitoreo. El PMPF es la medida ambiental vinculada a conservación y participación social de mayor continuidad llevada a cabo en el sector forestal de Argentina. Por ello es importante mantener la motivación de los participantes para que continúen colaborando en integrar múltiples compromisos: social, ambiental y productivo.

## CONCLUSIONES

El acercamiento personal hacia los participantes y el uso de herramientas como las entrevistas semi-estructuradas fomenta la interacción personal “uno a uno”.

La constitución de la Red Regional permite formalizar el compromiso de actores sociales involucrados con la conservación de biodiversidad por medio de la inclusión y la participación.

Las UMEs facilitan generar conocimiento del estado de la biodiversidad, estudiar sus cambios en el tiempo y espacio (como sitios de referencia) y completar los vacíos de información donde las tareas de monitoreo fuesen más necesarias.

La elaboración e implementación de un “Manual de avistajes de fauna para monitoreo participativo en sistemas productivos” es una herramienta necesaria y fundamental para la consolidación de la efectividad del PMPF a escala regional.

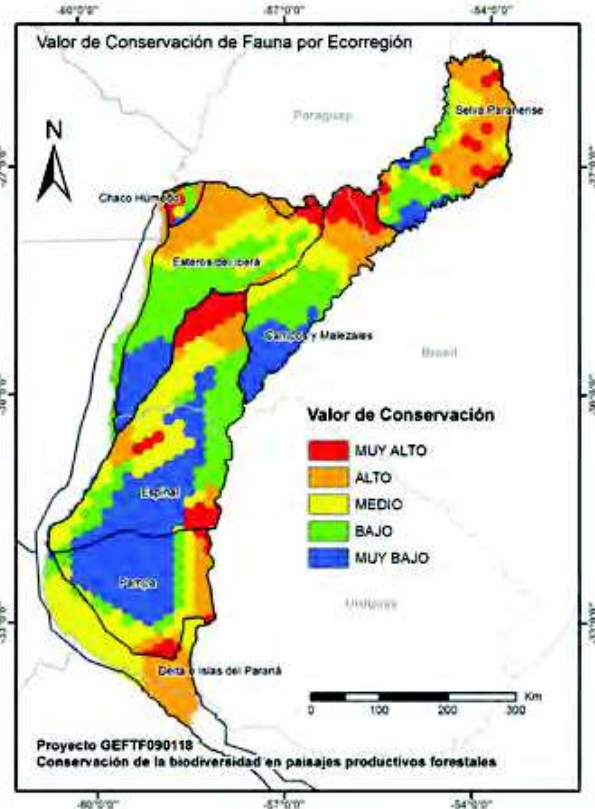
El Manual contribuye a cumplir los dos objetivos principales del PMPF: **(1)** fortalecer el compromiso social con la conservación de biodiversidad y **(2)** complementar la información biológica generada por personal científico técnico a escala regional.

El PMPF, como fuente generadora de información, actualiza el conocimiento de la biodiversidad a múltiples escalas. Su relevancia a nivel regional se potencia mediante el vínculo con proyectos paralelos de alcance similar.

**FIGURA 1.**



A. Unidades de Monitoreo Ecológico



C. Valor de conservación de biodiversidad



B. Tapa del manual de avistajes de fauna

**Figura 1.** Ejemplos de resultados de este proyecto (A y B) y de proyectos vinculados (C: GEF biodiversidad en plantaciones forestales) basados en el PMPF-PIA.

## PROYECTO DE INVESTIGACION APLICADA (PIA 12082)

### Estrategias productivas de agricultores familiares en el bosque andino patagónico con productos forestales no madereros: estudios de caso en las provincias de Neuquén y Chubut

Ing. Agr. Aníbal Caminiti <sup>(1)</sup>, Ing. Agr. María Eva Ceballos <sup>(2)</sup>, Dr. Gabriel Stecher <sup>(3)</sup>, Lic. Karina Zubrzycki <sup>(4)</sup>, Lic. Gabriela Barla <sup>(5)</sup>, Lic. María Julia Noielli <sup>(6)</sup>, Dra. Ana Valtriani <sup>(7)</sup>.

## INTRODUCCIÓN

Los productos forestales no maderables (PFNM) (hongos y frutos silvestres comestibles) en la región Andino Patagónica históricamente han sido aprovechados por los pobladores, para fines de autoconsumo y de comercialización. Las cadenas de valor de los PFNM son espacios de construcción de poder, heterogéneos, asimétricos, biodiversos desde diferentes dimensiones.

El **objetivo general** de este proyecto fue evaluar las estrategias productivas vinculadas con los PFNM del sector de la agricultura familiar en Patagonia, establecer su impacto socio-económico y proponer mejoras en los procesos de intervención de las instituciones públicas en dos espacios territoriales comparados de cordillera de las provincias de Neuquén y Chubut.

Otros objetivos fueron investigar y generar conocimientos sobre procesos organizacionales, de intervención, productivos y comerciales en relación a los PFNM en diferentes comunidades. Generar y sistematizar información sobre los mismos y conocer la relación de reciprocidad entre estos productos y las economías de estas unidades domésticas, su impacto socioeconómico y el agregado de valor. Por último recopilar y generar conocimientos sobre la composición química, aptitud comestible, riesgos sanitarios y manejos sustentables, que optimicen la productividad, calidad y que permita un desarrollo y comercialización sostenible de los mismos en el futuro.

Las comunidades de estos territorios se vinculan con los recursos y bienes naturales como el bosque y las plantaciones, y poder comprender las transformaciones en las últimas décadas en lo rural y urbano, lo que está en juego en la cadena de valor de cada producto, las regularidades desde las estrategias de organización y comercialización en los dos territorios entre otros aspectos, es parte de los resultados obtenidos.

## MATERIALES Y MÉTODOS

La metodología de investigación se basa en la Investigación Acción Participativa (IAP), con el uso de técnicas cuali-cuantitativas que permitieron al equipo construir diferentes tipologías de recolectores, intermediarios, y de estrategias de intervención institucionales. Cada PFNM desarrolla una cadena de valor, que pone en juego diferentes actores y lógicas de subsistencia y de acumulación, e involucra en forma diferencial a las instituciones de regulación e intervención.

La metodología de trabajo se basa en las etapas de la IAP, en la cual se busca con la intervención no sólo generar conocimiento para el sistema, sino también

1. y 2. Dirección General de Recursos Forestales Subsecretaría de Producción - Ministerio de Desarrollo Territorial- provincia del Neuquén ;

3. AUSMA,

4. Unidad de Extensión San Martín de los Andes- INTI ;

5. y 6. CIEFAP ;

7. CIEFAP-UNPSJB

valtriani@ciefap.org.ar

transformar ciertas situaciones de la realidad e ir construyendo este proceso con las comunidades involucradas, a través de su participación y reflexión, generando un proceso de educación popular. El desarrollo del proyecto se consensuó con el equipo técnico de ambas provincias con la realización de tres reuniones de coordinación, con talleres participativos con las comunidades, y se están organizando talleres para la devolución de los resultados a mediados de este año. El área de estudio fueron las comunidades de Aldea Escolar, Los Cipreses, Lago Rosario, El Hoyo, el Maitenal del PN Los Alerces en Chubut, y las comunidades de los alrededores de San Martín de los Andes, Curruhuinca, Vera y Parque Nacional Lanín de la provincia en Neuquén. La unidad de análisis fueron los recolectores, productores, intermediarios e instituciones. Las técnicas de recolección de datos fueron encuestas estructuradas y semiestructuradas a los pobladores recolectores, con el objetivo de saber cuál era su relación con la recolección y comercialización de los PFSM. También se realizaron encuestas a técnicos vinculados al trabajo de terreno de diferentes instituciones; entrevistas en profundidad a los intermediarios y funcionarios, articulado con historias de vida con los pobladores recolectores y observación participante de reuniones en las mesas de desarrollo, y de las organizaciones. Se sistematizó toda la información y se construyeron las tipologías.

Por otra parte en algunos de los productos se elaboró la cadena de valor de los mismos.

## RESULTADOS

Los PFSM abordados en este proyecto fueron seleccionados como los más relevantes desde la recolección y su cadena de valor por parte de las unidades domésticas de las propias comunidades y estos son:

**Frutos:** rosa mosqueta, maqui, calafate-michay, grosellas, sauco

**Hongos:** de pino y morchella o de ciprés

**Plantas:** helechos, caña y plantas aromáticas y medicinales

En el sector primario de la cadena de los PFSM, los principales actores, su organización y sus lógicas, con las especificidades territoriales se observa en la Tabla 1:

En general el valor de la materia prima de los PFSM y por ende el pago del mismo a los recolectores es bajo en relación al valor final del producto. Este valor final depende de la cadena de valor al cual ingresa el producto, el mercado de destino, los intermediarios que intervienen, la gama de productos que se obtienen del mismo, entre otros factores.

Los recolectores en general son personas con diferente origen sociocultural, tanto urbanos, rurales y rururbanos. Las dificultades que afronta este sector se vinculan con el avance de la urbanidad y la especulación inmobiliaria, que genera un parcelamiento y fragmentación del bosque, impidiendo el acceso libre al mismo. Por otra parte la caída de cenizas, la floración masiva de caña, los incendios y las sequías extremas de estos últimos años, impacta en la productividad de estos PFSM. Otras dificultades son la migración y el desarraigo de familias y jóvenes rurales, que conlleva a políticas clientelares y a la pérdida de saberes ancestrales y de la cultura del trabajo en la unidad doméstica. Este sector es un sector marginal, de multiocupación, invisibilizado y atomizado, con escasas experiencias de integración horizontal, muy dependiente del intermediario, ya que agrega escaso valor al producto.

**TABLA 1**

Actores sociales	Niveles de organización en la recolección	Niveles de organización en el procesamiento	Niveles de organización en la comercialización	Lógica y racionalidad
Intermediario artesanal	Compra materia prima y acopia multi - PFNM, con cierta especialización y estacionalidad	Actividad familiar agrega valor como secado o empaque	Individual, estrategias múltiples, restaurantes, dulcerías, acopiadores concentradores	De subsistencia y maximiza ingresos
Intermediario comercial	Compra materia prima , contrata mano de obra para recolectar, integración vertical de la cadena	Contrata mano de obra	Integración de la cadena, mercados de nicho, con gama de productos, tanto nacional como internacional	De acumulación y maximiza beneficios
Dulcerías artesanales, Heladerías, Chocolaterías	Compra materia prima a recolectores o intermediarios	Familiar, con estrategias múltiples, elaboración en las cocinas domésticas o en lugares habilitados	Estrategias múltiples, reducida gama de productos y stock, priman ferias locales. Estacional	De la subsistencia a la acumulación
Dulcerías industriales	Produce o compra a intermediarios	Contrata mano de obra, emprendimientos familiares a empresariales habilitados	Integración de la cadena, comercializa en negocios artesanales y supermercado con gama de productos y mayor stock	De acumulación y maximización de beneficios

**Tabla 1:** Actores sociales de la cadena de valor del sector primario de PFNM

Las características de los productores-recolectores rur-urbanos en las localidades estudiadas de la cordillera del Chubut y Neuquén pertenecen a pequeñas localidades que étnicamente pertenecen al Pueblo Mapuche y criollos con diferentes lógicas y prácticas. Tienen una pequeña superficie, la producción de estas unidades se basa principalmente de la ganadería (ovejas, vacas, caballos, aves de corral), de la artesanía, elaboración y venta de dulces, verduras y fruta. En los últimos años y especialmente a partir de las intervenciones institucionales, han comenzado nuevas prácticas agrícolas alternativas (cultivos en invernadero, fruta fina, forestación) a fin de diversificar la economía familiar. Estas comunidades en los últimos años promueven sus ferias locales a través de la conformación de redes de mercados y ferias artesanales que les permite comercializar mejor sus productos. Como es característico en las comunidades indígenas próximas a los centros urbanos y/o a centros de fuerte actividad económica, gran parte de los trabajos extraprediales están compuestos en su mayoría por trabajos temporarios en la ciudad debido a la posibilidad del traslado diario para desempeñarse en las diversas tareas. Los miembros de las comunidades experimentan una relación con el bosque donde lo ambiental acompaña de manera sinérgica los modos de vida expresados en muchas de sus actividades productivas y culturales.

En general la recolección de los PFNM es una actividad de género, ya que son las mujeres las que realizan las tareas domésticas, de recolección en muchos casos junto a los niños, la atención de la huerta y fabricación de queso y dulces y los

hombres principalmente realizan tareas en el campo (leña y animales). Las mujeres en los diferentes talleres expresaron que realizaban esta tarea por la necesidad de generar un ingreso y porque es una actividad que les permite no descuidar de sus hijos y su casa.

Un caso especial de PFNM con una cadena integrada es el de los hongos de ciprés, que en lo que respecta a la comercialización se genera una compleja trama de actores entre los meses de octubre y diciembre y se concentra en intermediarios regionales que cada año articulan y amplían sus estrategias.

En el sector primario se ha realizado un relevamiento de las organizaciones de productores existentes en la actualidad y su situación actual en relación a los PFNM

En el sector secundario en ambos territorios los actores son en general los que se observan en la Tabla 2:

**TABLA 2**

Actores sociales	Niveles de organización en la recolección	Niveles de organización en el procesamiento	Niveles de organización en la comercialización	Lógica y racionalidad
Recolector temporario, estacional	Individual, familiar Multiocupación, oferta volátil	No procesa entrega la materia prima	Individual, sector atomizado periurbano	De subsistencia, estacional, maximiza ingresos, multiocupación
Recolector Permanente	Individual, familiar, excepcionalmente comunitario, multiocupación, oferta volátil	Puede incorporar valor por la técnica del secado	Individual, sector atomizado	De subsistencia y maximiza ingresos
Productor / recolector	Individual, familiar, comunitario, oferta volátil	Individual, familiar, comunitario	Individual, familiar, comunitario	De subsistencia y maximiza ingresos
Productor vinculado con PFNM	Compra materia prima, oferta volátil	Individual, familiar, comunitario	Individual, familiar, comunitario	De subsistencia y maximiza ingresos

**Tabla 2:** Actores sociales territoriales de la cadena de valor del sector secundario de PFNM

Este sector es en la actualidad el que maneja la cadena de valor de los PFNM en ambos territorios, con estrategias múltiples en la compra de materia prima, de organización del trabajo, y en la comercialización, con diferentes gamas de productos. Los recolectores son altamente dependientes de este sector, por trabajar con productos perecederos con poca incorporación de valor por diferentes dificultades, salvo en secado como el caso de los hongos.

El sector terciario, corresponde en la cadena de valor al último sector que en la actualidad responde a una lógica de la demanda, con la búsqueda de nichos de mercados tanto en los mercados regionales, nacionales e internacionales. Los principales actores son las dulcerías, restaurantes, ferias locales y regionales, como actores regionales y nacionales y los exportadores que tienen una lógica globalizada.



El campo institucional es amplio y bien diverso desde sus funciones y misiones a nivel socio-territorial y las estrategias también son diversas y atienden a diferentes actores, con diferentes intensidades. Si bien se tiene experiencia de trabajo con algunos de los PFNM los desafíos a futuro son muchos, en especial en su capacidad de articulación de las cadenas productivas, y de apoyo a la organización del sector, para fortalecer redes de recolectores, la regulación de la extracción de estos productos para garantizar su sustentabilidad, los desarrollos tecnológicos con tecnologías apropiadas ya apropiables para este sector de la economía social.

## DISCUSIÓN

El sector primario es el primer eslabón y el cuello de botella de una cadena de valor de los PFNM y se halla atomizado, invisibilizado, dependiente, con estrategias diversas desde lo étnico y el género, con una oferta volátil que depende de varios factores y que compite con mano de obra extraregional, condicionado por factores del ambiente que lo rodea y en contextos turbulentos. Uno de los objetivos de este proyecto fue identificar tipologías de recolectores y de otros actores de las cadenas de valor de los PFNM a los fines de poder reflexionar y proponer estrategias diferenciales de intervención por parte de los actores institucionales; como políticas públicas, en el marco de los cambios que acontecen en los escenarios de Patagonia. En sectores más capitalizados y organizados de la cadena se pueden proponer estrategias más simples de intervención y acompañamiento; en sectores más empobrecidos o marginales las estrategias son endógenas para cada territorio, más complejas y articuladas. Los desafíos de la intervención por parte de las instituciones estatales con respecto a este sector son múltiples, entre ellos los desarrollo tecnológicos para cada cadena, mejorar regulaciones para la sustentabilidad de los PFNM, capacitaciones, financiamiento, fortalecimiento de las organizaciones pertenecientes al sector de la economía social, solidaria y popular y de las redes de mercados y ferias, entre otros.

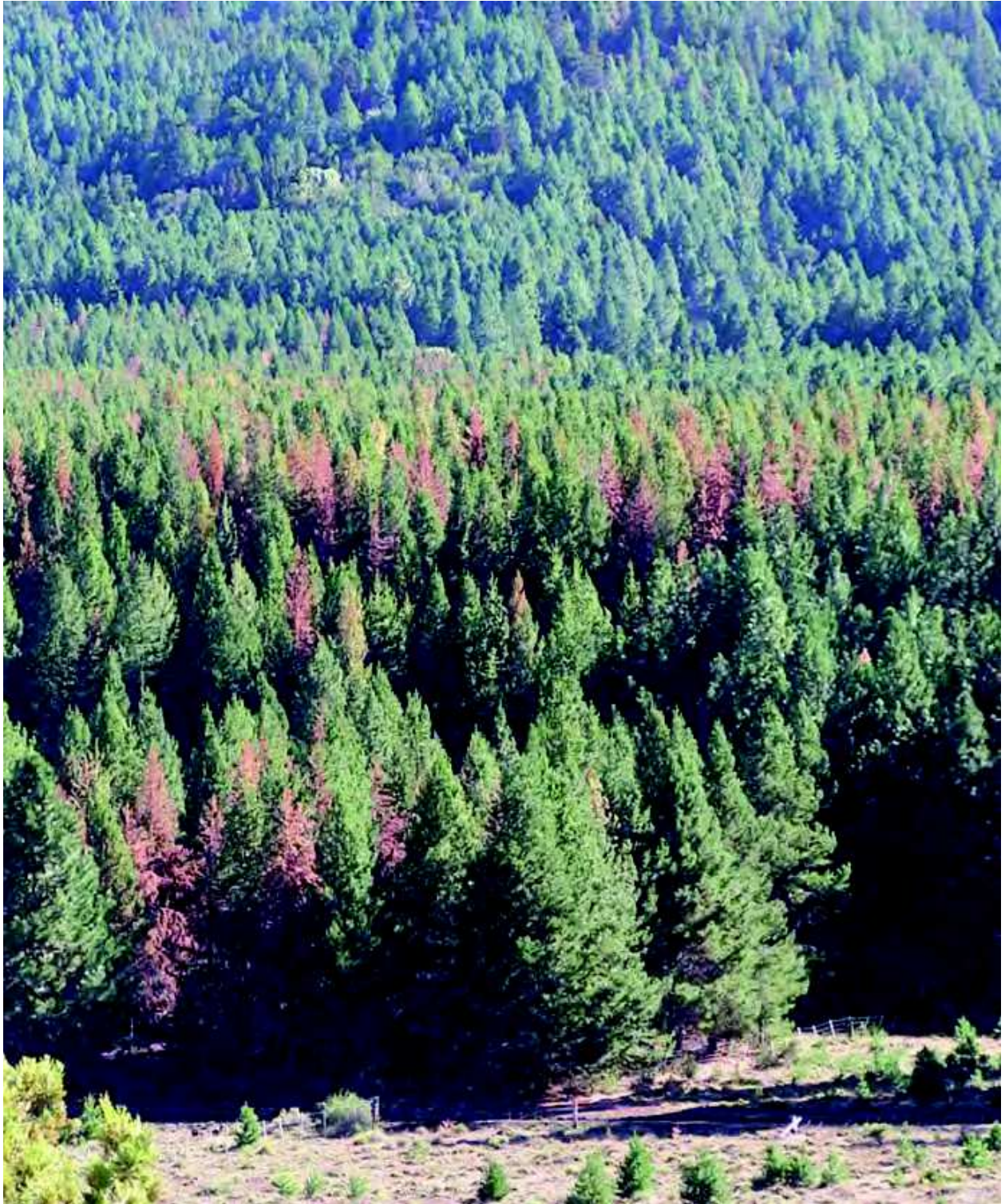
## CONCLUSIONES

Haber podido evaluar las estrategias productivas vinculadas con los PFNM del sector de la agricultura familiar en Patagonia, expone la presencia de dos modelos y lógicas, uno vinculado al desarrollo del mercado interno, más de subsistencia y otro vinculado al mercado externo, más de acumulación. Estos modelos en disputa involucran al sector de la agricultura familiar recolector, como un sector diverso, heterogéneo, tanto urbano como rural, con diferentes composiciones étnicas, niveles de integración tanto horizontal como vertical y diferentes lógicas y racionalidades. A lo largo de la cadena de valor, tanto en el sector secundario como terciario, existen diferentes actores socio-territoriales también con lógicas y racionalidades diferenciales, en las cuales generan una relación asimétrica y de dependencia del sector primario.

Las instituciones y sus diferentes funciones, cumplen roles múltiples en relación a los PFNM pero no son estos productos los que hegemonizan la intervención de las mismas y hay múltiples desafíos a sortear, tanto en innovaciones tecnológicas duras y de proceso, como comerciales y organizacionales, capacitaciones y asesoramiento.

# 3

## Protección





## PROYECTO DE INVESTIGACION APLICADA (PIA 10028)

### Gestión de fuego en plantaciones forestales del delta del Paraná: dinámica estacional de combustibles finos e interacción con variables climáticas y espaciales

Carlos Kunst<sup>1</sup>, Matías Gaute<sup>2</sup>, Juan M. García Conde<sup>3,5</sup>, Guillermo Defossé<sup>4</sup>, Joaquín Casillo y Pablo Bellomo<sup>5</sup>

## INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS

El Delta del río Paraná (Argentina) es un humedal con superficie aprox. de 2.700 km<sup>2</sup>, ubicado en la confluencia del río Paraná con el río de la Plata, y que brinda servicios ecológicos tales como fijación de carbono, hábitat para fauna silvestre y amortiguamiento de inundaciones. En el Delta, el fuego actúa como regulador de la acumulación de biomasa vegetal muerta, evitando que se produzcan incendios incontrolables. El fuego es también empleado para la caza, manejo de pasturas, limpieza de residuos forestales, etc. El problema principal es su empleo aislado, sin conocimiento de la dinámica natural del ecosistema y de las condiciones climáticas, lo que puede resultar en la pérdida irreversible de bienes y servicios del humedal. Durante eventos climáticos inusuales de sequía, el fuego puede producir situaciones extremas de manejo e impacto sobre la economía del Delta. En 2008, la superficie afectada por fuego alcanzó las 300.000 has con pérdidas estimadas en \$ 100.000.000.

En este Proyecto se estudiaron la carga de combustibles, su estructura, dinámica de su acumulación y su relación con la dinámica del contenido de agua (CH), interpretándose los resultados en relación con la gestión del fuego. Los resultados obtenidos permitirán mejorar esa gestión debido a que: **(a)** mayor carga de combustibles implica una mayor intensidad y severidad del fuego, y por lo tanto mayor dificultad en su control; **(b)** la ignición y el comportamiento del fuego están condicionados por CH: si este disminuye y la carga de combustible aumenta, la intensidad del fuego, su velocidad de propagación y dificultad en su manejo (ej. control) se incrementan; y **(c)** los principales sistemas expertos empleados para estimar el comportamiento del fuego requieren conocer la carga de combustible.

## MATERIAL Y MÉTODOS

El área de estudio se ubicó entre Zárate y Campana, Buenos Aires (34,20° LS y 58,75° LO) El clima es de tipo isohigro, con precipitación anual promedio de 1000 mm, temperatura promedio del aire de 22,6 °C en enero y de 10,4 °C en julio. La vegetación comprende (a) pajonales de *Scirpus giganteus* Kunth (paja) y (b) juncales, con *Schoenoplectus californicus* (C.A. Mey.) y *Soják* (junco). Se seleccionaron 5 áreas de trabajo en base a entrevistas a productores, registro histórico de focos de calor y facilidad de acceso mediante interpretación y fotolectura de imágenes satelitales. En estas áreas se determinaron la acumulación de combustible (=biomasa aérea, BM) y la tasa de acumulación (TA) mediante cortes sucesivos cada 15 días entre 2012 y 2014. Los datos de BM fueron expresados en kg de materia seca (MS)\*ha<sup>-1</sup>. Se estimó el CH de las fracciones verde y seca del combustible mediante el método gravimétrico. El curado (proporción de tejido seco en las plantas) fue evaluado visualmente en cada fecha de muestreo. Para la acumulación a largo plazo se muestrearon distintos lugares del área de trabajo con 'tiempo desde el último fuego' conocido para estimar el tiempo en años para llegar al 'estado estable'. En todos los casos se empleó un marco de ¼ m<sup>2</sup>, n = 5.

1. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, Estación Experimental Agropecuaria Santiago del Estero email: kunst.carlos@inta.gob.ar;

2. Ministerio de Agricultura, Ganadería, Pesca y Alimentación de la Nación, Dirección de Forestación;

3. Consorcio Forestal Delta, Buenos Aires; y 4. Centro de Investigación y Extensión Forestal Andino Patagónico, Esquel, Chubut;

5. Actividad privada.

En cada una de las áreas de muestreo se instalaron freatómetros. Se realizaron análisis de la varianza de BM con especie y área de muestreo como variables independientes. La profundidad promedio de napa fue utilizada como covariable. Se estimó el tiempo en años necesario para llegar a un 'estado estable' con fórmulas existentes en la bibliografía. La dinámica del CH de la fracción verde y seca se analizó mediante gráficos en función de las fechas de muestreo. Se analizó también la frecuencia en que CH del tejido seco se encontraba entre determinados umbrales para estimar el 'peligro' anual de fuego. Los datos de acumulación de biomasa aérea, CH, curado, etc. fueron introducidos en los sistemas expertos BEHAVE PLUS 5.05 y McArthur Grassland Mk 5 Fire Meter para estimar comportamiento del fuego. A partir del empleo de series de tiempo de índices de vegetación (MOD13Q1) se derivó el porcentaje de curado correspondiente a pajonales y juncales.

## RESULTADOS E IMPLICANCIAS PARA EL MANEJO

La BM anual varió entre 15.000 y 5.000 kg MS\*ha<sup>-1</sup>. La profundidad de napa tuvo un efecto significativo ( $p < 0,05$ ) sobre BM, siendo el signo de la pendiente asociada a esta variable negativa. Los análisis de correlación indican una influencia significativa y negativa de la profundidad de napa sobre TA. La TA presentó una magnitud mínima y/o casi nula en épocas de bajas temperaturas (invierno), o cuando la napa freática estaba por arriba del nivel del suelo; y máximos en primavera y verano, con valores cercanos a 300 kg MS\*ha<sup>-1</sup>\*día<sup>-1</sup> (Fig. 1). La TA media fue siempre alta cuando la napa estuvo por debajo del nivel del suelo. Las ecuaciones utilizadas predicen que en 1-2 años se acumulan 5000-6000 kg MS\*ha<sup>-1</sup> y que en el 'estado estable' la acumulación estaría entre los 15000-30000 en un tiempo de 7-8 años teniendo en cuenta tejido seco y verde. Ello indica un gran potencial de fuego a partir de los 5-6 años desde el último fuego.

La CH promedio anual de la fracción verde fue de 238 %, la máxima se presentó en verano y la mínima a fines de invierno-principios de primavera. La función sinusoidal explicó el 24 %, y una función polinómica grado 6 el 48 %, de la variación estacional respectivamente. La CH de la fracción seca presentó un promedio de 51 %, un máximo de 143 % en el invierno y un mínimo de 5% en la primavera, respectivamente, sin patrón definido.

La dinámica del curado indica una respuesta cíclica de forma sinusoidal, que incrementa su valor en los meses invernales, y luego decrece hacia los meses primaverales y estivales donde se alcanza los valores más bajos (Fig. 2). Los resultados de los análisis de correlación paramétricos y no paramétricos entre los valores del curado estimados mediante teledetección y los observados visualmente indican correlación negativa de la 'fracción verde' ( $r: -0.56, p \leq 0.0001$ ) y positiva con la 'fracción seca' ( $r: 0.59, p \leq 0.0001$ ), respectivamente.

Los dos sistemas utilizados para estimar comportamiento de fuego difieren en sus predicciones. El BEHAVE subestima la longitud de llama, mientras que el MARK 5 predice ignición de manera apropiada, pero sobreestima la altura de llama, es decir la intensidad del frente de fuego. El segundo sistema, al incluir en sus cálculos el curado, es más preciso en cuanto a la predicción de la ocurrencia de fuego durante el año y podría ser usado en el Delta para predecir peligro de fuego. Se confirma que el curado es un excelente estimador del peligro de ignición. La correlación significativa entre curado visual y curado estimado mediante MODIS permitiría desarrollar una metodología para pronosticar el peligro de fuego en el Delta.

FIGURA 1.

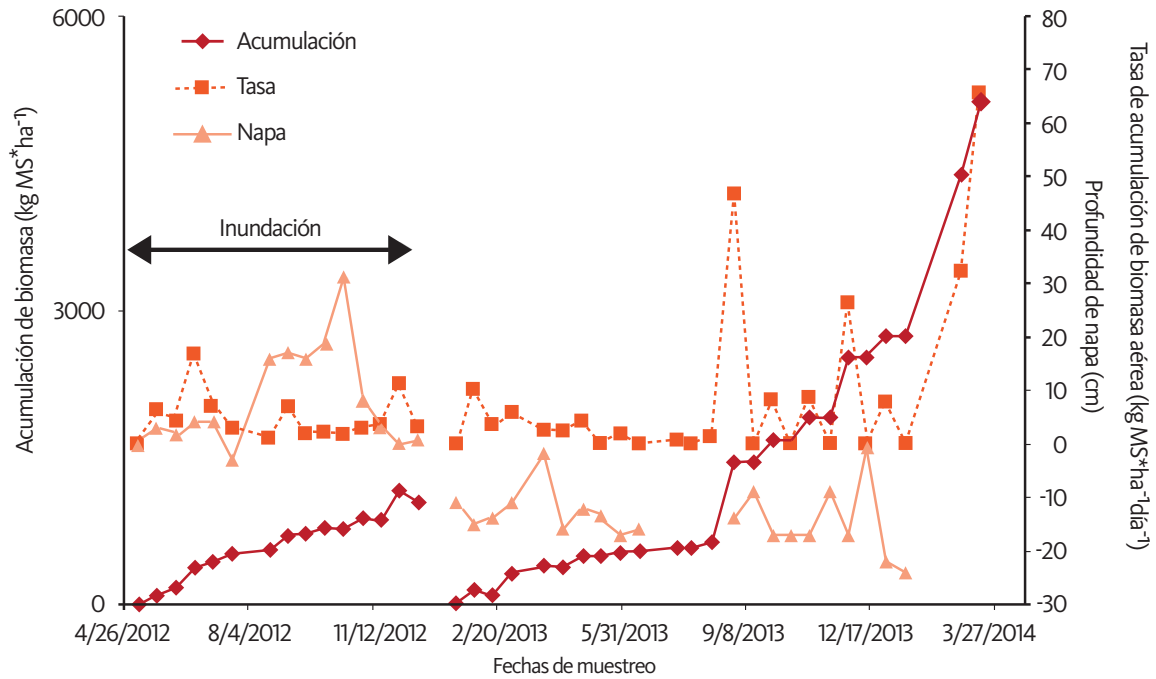


Figura 1. Dinámica de la acumulación de biomasa aérea de *Scirpus giganteus*, tasa de acumulación y de la napa freática, sitio de muestreo Cosentino. Curva compuesta por datos de frecuencias de corte cada 15 y 30 días.

FIGURA 2.

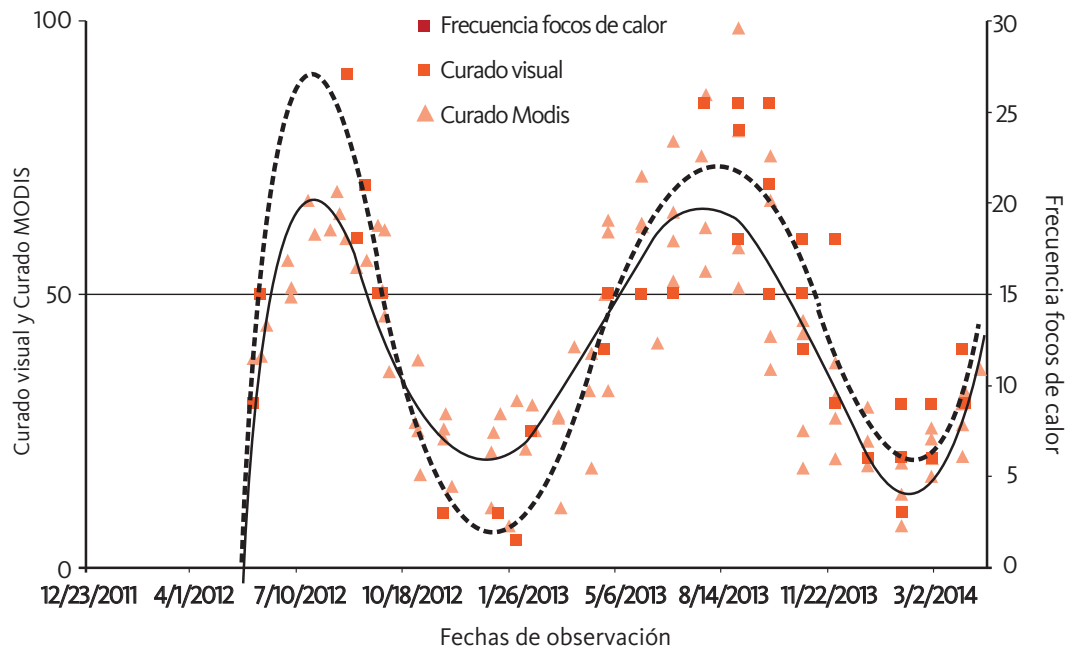


Figura 2. Correlación entre frecuencia de focos de calor, periodo 2003-2013, curado de combustibles estimado visualmente y curado estimado mediante producto MODIS para el área de muestreo. Las curvas de regresión se presentan solo para ayudar en la interpretación.

## PROYECTO DE INVESTIGACIÓN APLICADA (SAFO 103)

### Comunicación química intra e interespecie de la plaga forestal *Megaplatypus mutatus*: estudio de sus feromonas y kairomonas y la interacción con su hongo asociado. Aplicación a estrategias de control de bajo impacto ambiental

Dra Paola Gonzalez Audino

Las feromonas de insectos y las kairomonas de sus huéspedes son sustancias químicas liberadas para la comunicación inter e intra especie. Son biodegradables, ambientalmente seguras, no generan resistencia y representan una alternativa frente a los plaguicidas tradicionales. El *Megaplatypus mutatus* es una plaga forestal de gran importancia económica en Argentina. Su daño es esencialmente importante en plantaciones comerciales de álamos. El crecimiento del hongo simbiote del que se alimentan causa que la madera quede manchada, disminuyendo su valor comercial y su calidad para exportación.

En estudios previos de nuestro laboratorio identificamos las feromonas sexuales de la especie y desarrollamos trampas cebadas con dispositivos poliméricos de liberación controlada de las feromonas identificadas para captura de insectos en plantaciones infestadas. En este proyecto proponemos desarrollar una tecnología local de herramientas de control y monitoreo de bajo impacto ambiental basada en el uso de feromonas y kairomonas.

#### OBJETIVOS ESPECÍFICOS:

- Establecer la relación óptima entre las sustancias identificadas como feromonas para obtener la máxima actividad de atracción de insectos a campo en trampas cebadas.
- Desarrollar dispositivos de matrices de tipo monolíticos naturales o biodegradables para la liberación controlada de las feromonas. El material constitutivo a utilizar como matriz será seleccionado teniendo en cuenta propiedades fisicoquímicas que influirán directamente en la interacción con las feromonas y por ende en su velocidad de liberación (parafinas, estearina, ceras, polietilenglicoles, etc.).
- Desarrollar una estrategia de manejo poblacional de la plaga por medio de la Técnica de Confusión Sexual o Interrupción de Apareamiento utilizando dispositivos de alta liberación de feromonas de tipo reservorio y/o monolíticos en plantaciones de álamos y frutales.
- Profundizar el estudio de la ecología química de la plaga forestal a través del estudio de los sistemas de kairomonas del huésped. Identificar sustancias volátiles liberadas por individuos atacados. Estudiar la actividad biológica como attractante en laboratorio y a campo de las sustancias identificadas.
- Caracterizar las comunidades fúngicas asociadas, determinar la naturaleza de las interacciones insecto-hongo y las formas de establecimiento de las mismas y el rol del hongo en la biosíntesis de feromonas.

CIPEIN-UNIDEF-CONICET. JB  
De Lasalle 4397. Villa Martelli.  
Email: pgonzalezaudino@gmail.com

- Determinar el rol del hongo simbiote asociado en la transformación del sulcatol a sulcatona.

Adoptar modernas tecnologías para el control de plagas forestales permitirá mejorar la competitividad de nuestro país en el mercado internacional de exportación de madera aserrada.

## RESULTADOS

### Optimización de la velocidad de liberación de sulcatol y 3-pentanol dentro del blend feromonal

Se compararon dos velocidades de liberación de sulcatol (alta y baja) y dos velocidades de liberación de 3-pentanol (alta y baja), manteniendo fija la de sulcatona. (AS: Alta liberación de (+) sulcatol y BS: Baja liberación de (+) sulcatol; AP: Alta liberación de 3-pentanol y BP: Baja liberación de 3-pentanol).

Se observó una diferencia significativa entre tratamientos ( $p = 0.0266$ ) para las dos velocidades de liberación de 3-pentanol y dichos datos fueron comparados entre sí con un test de Duncan. Los tratamientos con alta liberación de 3-pentanol obtuvieron mejores capturas que los de baja liberación.

Sin embargo, no se observó diferencia en el poder de captura entre las dos velocidades de liberación de (+)- sulcatol. Si en lugar de analizar el valor de HTS promedio de la toda la temporada, analizamos la captura de hembras promedio por día sólo en el pico máximo de emergencia (momento de mayor captura) los resultados se mantienen iguales ( $p = 0.005$ ).

### Desarrollo de dispositivos de matrices de tipo monolíticos naturales

Se desarrollaron distintas matrices de dispositivos monolíticos en forma de media esfera para la liberación controlada de las feromonas del *Megaplatus mutatus*; éstas son 6-metil-5-hepten-2-ol (sulcatol), 6-metil-5-hepten-2-ona (sulcatona) y 3-pentanol. Los sistemas monolíticos son la forma más simple y más económica de controlar la liberación de un principio activo. Consisten en la dispersión del producto en una matriz polimérica inerte. Estos dispositivos fueron hechos con diferentes mezclas de ceras, parafinas, polietilenglicoles (PEGs) y componentes inertes, integrando la sustancia inerte a la temperatura de fusión de la matriz polimérica, y finalmente, agregando la feromona como última etapa y homogeneizando la mezcla. Las ceras empleadas en estos ensayos fueron parafinas de distintos puntos de fusión (53-57°C y 70-80°C), aceite de parafina, polietilenglicoles 6000 y 4000, pentaeritritol éster de lanolina, cera lanolina, cera carnauba, cera de abeja y estearina. Las sustancias inertes utilizadas fueron caolín, esferas de vidrio, tamiz molecular, talco chino y carbón activado.

Las velocidades de liberación de estos sistemas monolíticos se midieron en el laboratorio en un túnel de viento empleando una velocidad de viento entre (0,5-0,6) m/seg a temperaturas entre 29-30°C. Los dispositivos monolíticos liberaron cantidades significativas de feromona por un período de 33-60 días. Las velocidades de liberación encontradas fueron entre 4-400 mg/día. Se realizaron gráficos de liberación de las feromonas de los dispositivos realizados, y se encontró que siguen una cinética de primer orden. La mejor ecuación que se ajusta a las curvas de liberación (con un  $R^2$  entre los valores 0,8-0,9) es la ecuación  $y = ae^{-b\sqrt{t}}$ , donde  $a$  es una constante

que determina la amplitud de la curva de liberación,  $b$  es una constante de decaimiento y  $t$  es el tiempo en días. También, se determinaron las velocidades iniciales  $V_i$  de los dispositivos a partir de la derivada de las curvas de masa vs. Tiempo y los tiempos  $t$  de duración de los dispositivos monolíticos hasta llegar a una velocidad de liberación de 10 mg/día.

Se determinaron las solubilidades, las viscosidades y la dispersión de las tres feromonas empleadas para cada formulación en las ceras, parafinas y polietilenglicoles utilizados. También se determinaron los coeficientes de solubilidad en tolueno y 2-propanol de las matrices empleadas en las formulaciones para obtener un cociente entre las dos solubilidades ( $S_{\text{tolueno}}/S_{\text{2-propanol}}$ ) como medida de polaridad y estudiar posteriores correlaciones entre la viscosidad de las matrices poliméricas, la dureza de las matrices, la solubilidad de las feromonas en esas matrices, la influencia del tamaño de partícula de los inertes y las velocidades de liberación de los dispositivos monolíticos.

Por otro lado se desarrollaron matrices poliméricas biodegradables a partir de quitosano o de la combinación del mismo con alginato empleando diferentes metodologías de preparación. Se realizaron geles y películas. Las esferas combinadas como sistemas de liberación, fueron sintetizadas con las dos opciones alternadas de ubicación de los polímeros, es decir se sintetizaron esferas con un corazón de quitosano y una cubierta de alginato y esferas con un corazón de alginato y una cubierta de quitosano.

### **Rol del hongo simbiote asociado en la transformación del sulcatol a sulcatona:**

Se estudió la capacidad de conversión del sulcatol a sulcatona por parte de varias especies de hongos filamentosos aisladas de las galerías activas de árboles atacados por el *M. mutatus*. También, se estudió la transformación de sulcatol a sulcatona de hongos levaduriformes encontrados en el intestino del coleóptero.

La incubación de todos los morfotipos de hongos y levaduras aislados de las galerías y del intestino del *M. mutatus* resultó, en la mayoría de los casos, en diferentes niveles de conversión de sulcatol a sulcatona, mientras que los controles no produjeron sulcatona a niveles detectables. Dos de las tres especies de levaduras probadas en este ensayo, no produjeron niveles significativos de sulcatona.

### **Caracterización de las comunidades fúngicas asociadas**

Los análisis realizados señalan que la comunidad de la galería está dominada por especies de *Fusarium* (75% de los aislamientos), sugiriendo que este género posee un rol clave en el mantenimiento de las condiciones ambientalmente favorables de la galería. Los estudios sobre insectos demuestran que las hembras poseen una comunidad fúngica asociada muy semejante a la galería (*Fusarium* en un 74%), sin embargo y en forma llamativa, en los machos este género solo representa el 46 % de los aislamientos, mientras que el 35% de la frecuencia de aislamientos corresponde a hongos de la ambrosía sugiriendo que el establecimiento exitoso de la galería depende en gran medida de este grupo fúngico. Estos resultados son particularmente relevantes al relacionarse con el potencial de transformación de sulcatol a sulcatona por cepas fúngicas seleccionadas. Aquellas cepas con una capacidad de transformación más eficiente se encuentran asociados a machos y dentro del grupo de hongos de la ambrosía.



Por otro lado, los estudios para detectar potenciales antagonistas de los principales agentes fúngicos fueron evaluados en un total de 9 cepas provenientes de diferentes fuentes de aislamiento, incluyendo, galerías, insectos e incluso del proctodeo del insecto *Trichoderma* resultó un controlador altamente eficiente en las cepas con un posible rol clave en la interacción. Diferentes respuestas fueron obtenidas en el caso de las cepas restantes, sin embargo en todos los casos se observó una detención del crecimiento.

Se realizaron los análisis filogenéticos de las comunidades fúngicas. Los análisis realizados señalan que la comunidad de la galería está dominada por especies de *Fusarium* (75% de los aislamientos), sugiriendo que este género posee un rol clave para en el mantenimiento de las condiciones ambientalmente favorables de la galería.

### **Estudio de los sistemas de kairomonas del huésped**

Estudios previos demostraron que el  $\alpha$ -copaeno actúa como atrayente de machos por lo que sería una clave química importante en el reconocimiento de un potencial hospedero.

En el análisis de los volátiles emitidos (SPME-PDMS), se encontró que el enantiómero (-)- $\alpha$ -copaeno predomina en árboles sanos y atacados, aunque en el primer caso la proporción de ese compuesto es mucho menor. En el análisis cuantitativo de los volátiles emitidos por álamos susceptibles (Porapak®), los niveles de (-)- $\alpha$ -copaeno son del orden de los ng de copaeno/g de corteza de árbol (17-20 ng/g). El aceite esencial de Copaiba (Brasil) presenta un alto contenido de (-)- $\alpha$ -copaeno (24.82%) y resulta un buen candidato para su uso en trampas para captura de adultos.

Se estudiaron los volátiles de morfotipos de micelios aislados en galerías de *M. mutatus* y los procesos de Transformación de Sulcatol a Sulcatona por acción de micelios aislados en galerías.

### **Estrategia de manejo poblacional de la plaga por medio de la Técnica de Confusión Sexual**

Se realizó un ensayo de control poblacional mediante la técnica de confusión sexual en el establecimiento María Dolores-Papel Prensa S.A. situada en Alberti, Prov. de Buenos Aires (34° 50' S, 60° 30' W). Los ensayos se realizaron durante la etapa de dispersión de *M. mutatus* (12 de febrero – 15 de abril del 2015) en dos sitios diferentes, ambas con una densidad media de 453 árboles por hectárea. Se evaluó el daño previo a aplicar el tratamiento, identificando Galerías Activas (AG), Galerías con copula (MG) y marcándolas individualmente. El daño fue expresado como el número promedio de MG y AG por árbol, mientras que la media de las áreas tratadas vs control fueron comparadas estadísticamente (T-student, Statística 5.0 - StatSoft).

Los ensayos se hicieron por duplicado y se observó un 50% de reducción de ataques en la plantación tratada versus la plantación control (sin tratar), mostrando la efectividad en campo de los dispositivos monolíticos diseñados para la liberación de feromonas empleando la técnica de Confusión Sexual.

# PROYECTO DE INVESTIGACIÓN APLICADA (SAFO 108)

## Insectos plaga asociados a Salicáceas: herramientas de la ecología aplicadas al manejo

Coordinadora: Dra. Patricia Fernández

# 108

### INTRODUCCIÓN

En la Argentina, el humedal de mayor importancia y extensión es el Delta del Paraná, que cubre una superficie aproximada de 17.500 km<sup>2</sup>. El río Paraná en su curso une áreas subtropicales y templadas, característica única a escala mundial, lo que determina su altísima diversidad biológica. Los humedales son ecosistemas fundamentales para el ser humano, dado que son proveedores de numerosos bienes y servicios ecosistémicos. En estos ecosistemas, el uso de agroquímicos es crítico y altamente contaminante, pudiendo producir importantes desequilibrios en las cadenas tróficas, que a la larga afectan a los sistemas productivos tradicionales.

El sistema de producción predominante en el Delta del Paraná es la forestación con salicáceas. En esta región existen más de 80.000 hectáreas plantadas, de las cuales el 80% corresponde a plantaciones de sauce y el resto a plantaciones de álamo. De las mismas, se estima que unas 60.000 hectáreas (75%) se encuentran bajo manejo. Las especies de hormigas cortadoras de hojas *Acromyrmex ambiguus* y *A. lundii* han sido reportadas causando grandes pérdidas de implantación en álamo (*Populus spp.*) (Achinelli et al. 2006) y sauce (*Salix spp.*). Dependiendo de la edad de la plantación, las condiciones ambientales en el momento del daño y el tamaño del nido, las hormigas cortadoras pueden llegar a eliminar sectores importantes de plantaciones jóvenes en corto tiempo (FAO, 2006). En el caso del sauce (*Salix spp.*) la avispa sierra, *Nematus oligospilus*, de comportamiento errático en el tiempo, es también considerada una de sus principales plagas. En general, tanto para hormigas cortadoras como para avispa sierra, se realiza un manejo intensivo utilizando insecticidas de síntesis, que además de contaminar el ambiente también provocan la muerte de organismos no blanco.

El objetivo general de este proyecto fue el de contribuir al desarrollo de herramientas efectivas de monitoreo y control que ayuden a disminuir el uso de insecticidas de síntesis y puedan utilizarse en un plan de manejo integrado, que en el largo plazo representen una mejora en la economía para el productor y un menor riesgo en la implementación de las mismas. Para ello se estudiaron aspectos bioecológicos de las plagas relevantes para su manejo en plantaciones forestales. En el marco de la ecología química y el comportamiento, se evaluó el uso de semioquímicos (compuestos químicos con función atrayente, kairomonas, o repelente, alomonas) en laboratorio y a campo. También se evaluaron insecticidas alternativos a los tradicionales de síntesis, entre ellos un nanoinsectida a base de alúmina nanoestructurada (NSA) desarrollado recientemente por algunos de los integrantes del grupo. El proyecto se dividió en 2 módulos temáticos: I) hormigas cortadoras de hoja y II) avispa sierra del sauce.

---

INTA EEA Delta del Paraná –  
Paraná de las Palmas y CI Comas S/N.  
Campana, Buenos Aires. Argentina  
pcfernan@agro.uba.ar

## MODULO HORMIGAS CORTADORAS

A partir de nidos de *Acromyrmex ambiguus* colectados en plantaciones forestales en el predio de la EEA Delta del Paraná, se logró el establecimiento y mantenimiento de colonias en condiciones de laboratorio a lo largo de todo el año. Además, utilizando a estas como colonias madre, se prepararon mini-colonias con una fracción de hongo y de hormigas de las diferentes castas de obreras (aprox. 200 individuos). El hongo y las obreras fueron mantenidos en recipientes plásticos redondos, donde además fueron provistos de diferentes tipos de material vegetal. Las mini-colonias preparadas de este modo fueron utilizadas para la evaluación de aceites esenciales y extractos de plantas como repelentes. Además se evaluó la toxicidad y el efecto repelente del nanoinsecticida NSA sobre obreras.

**Búsqueda de repelentes.** En *Acromyrmex spp.* se evaluó el efecto repelente del farnesol sintético, aceite esencial de limón (*Citrus limón*) y tea tree (*Melaleuca alternifolia*) y del extracto metanólico de *Salix nigra* en condiciones de laboratorio y de campo. Los resultados mostraron un fuerte efecto repelente del aceite de tea tree en condiciones de campo, y del farnesol en diferentes concentraciones como repelente de contacto que disminuye la actividad de recolección sobre estacas de *Salix spp.* Actualmente se están desarrollando los ensayos de persistencia en condiciones de semicampo.

**Búsqueda de atrayentes.** Considerando que la naranja es ampliamente utilizada para atraer a las hormigas, se determinó el grado de atracción de las distintas partes de la naranja. Se realizaron ensayos de preferencia con cáscara y pulpa intactas, y con sólo sus volátiles. Los resultados mostraron que los volátiles de la pulpa de naranja fueron significativamente más atractivos que los de la cáscara en condiciones de laboratorio. Luego se puso a punto la recolección y análisis de dichos volátiles por cromatografía gaseosa, con el objeto avanzar en la búsqueda de los semioquímicos responsables de la atracción. Los resultados preliminares muestran diferencias entre los componentes de ambas partes de la fruta. La cáscara posee mayor cantidad y diversidad de componentes. Estos resultados deberán verificarse con un mayor número de muestras. Además, es necesario identificar los mismos utilizando el Espectrómetro de Masas, y luego elegir los candidatos responsables del efecto atrayente y evaluar los estándares de los mismos con las hormigas en un olfatómetro en Y.

**Estrategia que combina atrayentes y repelentes.** Se evaluó en laboratorio la eficacia de la estrategia Estímulo –Repelente (i.e. “Push-Pull”) utilizando estacas de 22 cm de *Salix spp.* El ensayo consiste en presentar en una cuba de plástico (33X46X12 cm), que actúa como arena de forrajeo, dos grupos de estacas, uno representa al cultivo a proteger y está rodeada por un hilo con 50 mg de Farnesol, y un recipiente con avena en la parte superior. El farnesol actúa como estímulo “push”. El otro grupo de estacas representa al estímulo atrayente. Para ello, las estacas poseen además de avena en la parte superior, un recipiente perforado con pulpa de naranja que permite la salida de los volátiles. Este grupo de estacas representa el estímulo “Pull”. La única diferencia entre los dos grupos de estacas son el atrayente en unas y el repelente en las otras.

Se conecta una colonia de hormigas a la arena de forrajeo por medio de un puente de madera, y se cuenta el número de hormigas que cruzan el hilo de cada estaca. Independientemente se realiza un ensayo Control idéntico al anterior pero sin

naranja, para comparar la eficiencia del farnesol solo como repelente, y el farnesol dentro de la estrategia Push-Pull, con un atrayente actuando simultáneamente.

Los resultados mostraron que el número de hormigas que cruzan el hilo con farnesol disminuye en presencia de estacas con volátiles de naranja. De esta manera, la presencia de un atrayente en las cercanías sinergiza el efecto del repelente y sienta las bases para continuar trabajando en la estrategia Push-Pull que nunca ha sido previamente usada en hormigas cortadoras.

Efecto de la alúmina nanoestructurada (NSA). La toxicidad de la NSA sobre hormigas obreras y su efecto repelente fue determinada en condiciones de campo y laboratorio en caminos de forrajeo y en cebos alimenticios. Primero se colocaron papeles de filtro sobre caminos de forrajeo establecidos. En cada nido se eligieron dos caminos: control (papel de filtro solo) y tratado (papel de filtro con 30 mg NSA). Luego de media hora de colocado el papel de filtro en cada camino se evaluó el tráfico sobre el papel. Las observaciones se realizaron inmediatamente de colocado el polvo NSA, a la media hora, y a las dos horas. Segundo, se eligieron dos caminos de forrajeo establecidos con un tráfico similar. Se colocó un cebo que consistía en un papel de filtro sobre el cual se colocaban 30 mg de NSA con 30 granos de avena arrollada a unos 5 cm de cada camino. El cebo control tenía 30 granos de avena arrollada sobre el papel de filtro. Se observó la cantidad de granos de avena en el cebo a la media hora, a la hora, y a las 24 horas. Los resultados no mostraron diferencias significativas ni en el número de hormigas en los distintos tratamientos ni en la avena colectada, lo que sugiere que no es repelente ni deterrente alimenticio. Dado que la NSA actúa como insecticida en obreras, estos resultados son interesantes porque abren la posibilidad de idear una estrategia de control donde las hormigas puedan ingresar material contaminado con NSA y eventualmente incorporarlo al hongo simbiote. El efecto de la NSA sobre el hongo simbiote aún debe ser evaluado.

## MODULO AVISPA SIERRA

Comportamiento de búsqueda de hospedador. Se identificaron los genotipos de sauce más y menos susceptibles al daño por avispa sierra de un total de 6 genotipos experimentales y comerciales. Para ello se realizaron ensayos de selección múltiple ofreciéndole a una avispa adulta ramas de estos genotipos y evaluando la preferencia de oviposición. Se determinó que los genotipos más afectados son aquellos con genes de *Salix nigra*, mientras que los menos afectados poseen genes de *S. viminalis*. A partir de estos resultados se avanzó con el estudio de las claves volátiles y de contacto que podrían estar involucradas en la orientación y selección de la planta hospedadora. Se caracterizó la microestructura de las hojas por microscopía óptica y electrónica. Se recolectaron los volátiles emitidos por las plantas con la técnica de espacio de cabeza y se extrajeron las ceras cuticulares mediante lavados con diclorometano. El análisis químico de metabolitos secundarios volátiles y de contacto se realizó por cromatografía gaseosa y líquida de alta resolución. Los resultados muestran diferencias en la composición de volátiles y de ceras cuticulares entre el genotipo más y el menos preferido. Bioensayos de laboratorio en olfatómetro en Y mostraron que la avispa sierra se orienta preferentemente hacia volátiles de *S. nigra*. Este genotipo emite tres veces más compuestos volátiles totales que el genotipo no preferido. Además, emite significativamente más (Z) y (E)- $\beta$ -ocimeno, undecano y decanal. El efecto de estas sustancias volátiles como kairomonas de atracción deberá ser posteriormente evaluado. No se encontraron diferencias en la micromorfología de los distintos genoti-

pos evaluados. Sin embargo, la composición química de las ceras cuticulares sugiere una mayor diversidad química y la presencia de salicina en *S. nigra* que podrían actuar como claves de contacto para la oviposición de las hembras de avispa sierra.

Evaluación de insecticidas no piretroides. Se evaluaron los insecticidas no piretroides metoxifenocida (regulador de crecimiento), spinosad (neurotóxico), azadiractina (disruptor de la muda) y *Bacillus thuringiensis* var. Aizawai (disruptor de la membrana del intestino medio de insectos) sobre larvas de los estadios 3 y 4 de avispa sierra. Se midió el porcentaje de mortalidad a las 24, 48 y 72 hs luego de su aplicación. De acuerdo a los resultados obtenidos, se sugiere el uso de metoxifenocida, ya que mostró una buena performance y su utilización es relativamente sencilla.

## CONCLUSIONES

Los resultados de este trabajo estimulan la investigación con semioquímicos para el control no contaminante de plagas ya establecidas en plantaciones de cultivo del delta del Paraná. La combinación de distintas estrategias, como el uso de repelentes de hormigas para proteger los cultivos, sumado a la utilización de un atrayente que las dirija hacia un cebo insecticida, son herramientas concretas que pueden comenzar a probarse en condiciones de campo. En el caso de la avispa sierra, se avanzó con la caracterización de kairomonas de atracción con posibilidad de incluirlas en trampas para monitoreo y se propuso la utilización de insecticidas no piretroides, más amigables con el ambiente.

## PROYECTO DE INVESTIGACIÓN APLICADA (SAFO 109)

### Ecología aplicada de la avispa *Sirex noctilio*: optimización de métodos de detección temprana, monitoreo y control de las poblaciones en Argentina

Martínez, A. S.<sup>1,2</sup> \*; Villacide, J. M.<sup>1</sup>; Lantschner, V.<sup>1,2</sup>

La avispa barrenadora *Sirex noctilio* es una de las principales especies plaga de *Pinus spp.* a nivel mundial. Su impacto sobre las plantaciones puede ser importante (mayor al 70%), en particular, durante los estallidos poblacionales típicos de la especie. Mientras que algunos aspectos de su biología han sido bien estudiados, los rasgos comportamentales de los individuos y la dinámica de las poblaciones han tenido una menor atención. Para esta especie, así como para otras con características de invasoras, conocer en detalle estos atributos es central para el desarrollo de estrategias de monitoreo y manejo. En esta línea, presentamos a continuación los principales resultados obtenidos en base a los objetivos particulares del proyecto que buscaban; **(a)** reconstruir las tasas de expansión territorial de la plaga en distintas regiones invadidas del hemisferio sur y su relación con variables ambientales, establecer la distribución de los estallidos poblacionales de la plaga a diferentes escalas y explorar factores que determinan su probabilidad de ocurrencia; **(b)** determinar, a escala de individuo, la relación entre variables morfológicas, comportamentales y de historia de vida (esto es, los síndromes de dispersión) con la capacidad de vuelo de las hembras, como mecanismo principal de la dispersión de la especie, y determinar el patrón de vuelo vertical de machos y hembras en el campo y **(c)** establecer que los volátiles del hongo simbiote (*Amylostereum areolatum*) de la avispa atraen a las hembras.

#### DINÁMICA ESPACIO-TEMPORAL DE LAS POBLACIONALES DE SIREX NOCTILIO A MÚLTIPLES ESCALAS: ROL DE LOS FACTORES AMBIENTALES

Con el objetivo de calcular y comparar las tasas de expansión geográfica entre ocho regiones eco-climáticas contrastantes del Hemisferio Sur (3 en Sudamérica, 2 en Sudáfrica, 3 en Australia) y explorar cómo dicha expansión está influenciada por variables ambientales climáticas, antropogénicas, y características del hábitat, recopilamos los registros históricos de invasión de *S. noctilio*. Encontramos que las tasas de expansión de *S. noctilio* variaron considerablemente entre las regiones invadidas (12 A 82 km/año). La variable que mejor explicó dichas diferencias fue la temperatura media anual, con mayores tasas de expansión en climas más cálidos. Concluimos que la temperatura a través de su influencia directa o indirecta sobre el desarrollo, el crecimiento poblacional y la dispersión *S. noctilio*, es un elemento central en explicar las tasas de expansión geográfica de esta especie (Lantschner et al. 2014).

Por otro lado, estudiamos la distribución espacial de las poblaciones de *S. noctilio* en plantaciones de pino del NO patagónico a dos escalas espaciales. **(1)** A escala de paisaje describimos el patrón espacial de los estallidos de *S. noctilio* y su relación con factores ambientales. Para esto, relevamos la distribución de los estallidos de *S. noctilio* en tres paisajes de las plantaciones de pino, y analizamos su relación con variables topográficas, de manejo silvícola y la configuración del hábitat. **(2)** A escala de sitio, caracterizamos el patrón espacial de árboles atacados y su relación con el

manejo silvícola. Para esto, describimos la distribución espacial de los árboles atacados en 20 rodales con diferentes niveles de ataque, y su relación con la composición y manejo del rodal.

Encontramos que el patrón espacial de estallidos poblacionales de *S. noctilio* a la escala de paisaje se encuentra influenciado principalmente por la especie de pino plantada (mayor preferencia por *Pinus contorta*), la orientación de la pendiente, y la distancia a otros estallidos de la plaga. A escala de sitio, encontramos una fuerte agregación de árboles atacados en rodales con niveles de infestación intermedios (30% de árboles atacados), mientras que a densidades bajas y altas la distribución del ataque resulta aleatoria. El nivel de ataque está influenciado por las especies plantadas (preferencia por *P. contorta*) y el manejo de plantaciones (mayor ataque en plantaciones no raleadas). Concluimos que el patrón de daño *S. noctilio* a diferentes escalas espaciales se encuentra influenciado por una combinación tanto de factores ambientales (especie plantada, topografía, manejo silvícola) como de la dinámica de las poblaciones locales (dispersión entre estallidos cercanos). Resulta de gran importancia considerar factores a múltiples escalas espaciales para poder comprender y manejar de forma efectiva a las poblaciones de *S. noctilio* (Lantschner & Corley 2015).

También estudiamos la dinámica temporal de los estallidos de *S. noctilio* a lo largo de las plantaciones de pino de la Patagonia, y evaluamos la importancia relativa de los eventos climáticos extremos y la historia de invasión de la plaga como los posibles mecanismos detrás de la dinámica de poblaciones. Reconstruimos la historia de los estallidos de *S. noctilio* en 29 rodales de pino distribuidos a lo largo de la Patagonia, a través del datado de año de muerte de los árboles atacados (mediante muestras dendrocronológicas). Examinamos las relaciones de los estallidos de avispa con la variabilidad del clima y con la historia de su expansión geográfica en la Patagonia. Encontramos una sincronización espacial marcada en la ocurrencia de estallidos largo de la región. Los estallidos se correlacionaron con los años de menor precipitación. También observamos una relación entre el año del estallido y el año de arribo de la avispa a cada localidad, con un retraso de más de 7 años.

Nuestros resultados indican que la ocurrencia de estallidos poblacionales de *S. noctilio* se encuentra determinada en gran medida por la ocurrencia de fuertes sequías, que probablemente aumentan la disponibilidad de árboles huéspedes susceptibles; así como también de existencia de poblaciones establecidas. Estos resultados permiten mejorar la capacidad de predicción y prevención de los estallidos de *S. noctilio*.

## PATRONES DE DISPERSIÓN DE ADULTOS DE *SIREX NOCTILIO*

El objetivo fue determinar, a escala de individuo, la relación entre variables morfológicas, comportamentales y de historia de vida con la capacidad de vuelo de las hembras, como mecanismo principal de la dispersión de la especie. Mediante experimentos bajo condiciones controladas, exploramos los patrones de co-variación de rasgos de historia de vida (edad y supervivencia) y fisiológicos (demandas energéticas) asociados a la capacidad de dispersión de las hembras de *Sirex noctilio*. La capacidad potencial de vuelo de los adultos de la especie fue registrada en molinos de vuelo, instrumentos de uso corriente para caracterizar el comportamiento de vuelo de insectos.



Las hembras de *Sirex noctilio* poseen una alta capacidad de vuelo, pudiendo recorrer largas distancias durante periodos cortos de tiempo. Sin embargo, este potencial de dispersión se halla determinado, al menos en parte, por las condiciones fisiológicas de los adultos. Los resultados obtenidos sugieren que el desarrollo del vuelo durante los primeros días de vida permitiría a las hembras adultas alcanzar mayores distancias de desplazamiento. Por otro lado, en términos de eficiencia energética y aun cuando los individuos desarrollaron distancias importantes de desplazamiento, los resultados muestran que la asignación de recurso metabólicos (esto es grasa corporal) al vuelo es menor que lo destinado a la supervivencia. Estos datos sugieren que aun cuando las hembras poseen un aspecto robusto, son voladoras eficientes.

En tanto, estudiamos en condiciones de campo el patrón de dispersión de machos y hembras de la especie. Por un lado, cuantificamos la dispersión de individuos adultos desde parches invadidos y a través de parches de no hábitat para la especie. La emigración de los adultos fue cuantificada durante el periodo de vuelo de la avispa, mediante la captura de adultos en trampas de intercepción de paneles cebadas con una solución de  $\alpha$  y  $\beta$  pineno (70/30 % $\nu$ ) y colocadas sobre la matriz de no-hábitat a intervalos de distancia de 100 m desde del borde de la plantación focal hasta los 2000 m (distancias cortas) y entre los 2000 hasta los 4500 con una separación de 500 m entre sí. Los resultados indican que una alta proporción de las hembras emigrantes (96%) fueron capturadas a distancias entre los 100 y 1500 m desde el borde de la plantación focal (dispersiones de corta distancia), mientras que un 4% fueron capturadas a distancias entre los 1500-3960 m (dispersiones de larga distancia).

Por otro lado, utilizando trampas pegajosas de intercepción, caracterizamos el patrón vertical de vuelos de hembras y machos de la especie dentro de plantaciones de *Pinus* sp. Los resultados indican que la altura promedio de vuelo de las hembras es significativamente más baja que la observada en los machos (altura de vuelo de hembras:  $249 \pm 10$  cm; machos  $394 \pm 26$  cm;  $\chi^2 = 10.1$ , g.l. = 1,  $P < 0.01$ ). Adicionalmente se ha observado una mayor captura (alrededor de 4 veces) de hembras en las trampas con presencia de machos respecto de aquellas sin capturas de este sexo (número de hembras capturadas en trampas: con presencia de machos  $9 \pm 2.8$ , sin machos  $2.2 \pm 0.3$ ;  $\chi^2 = 14.2$ , d.f. = 1,  $P < 0.001$ . Martínez, et al., 2014).

## ECOLOGÍA QUÍMICA DE SIREX NOCTILIO

A fin de explorar el comportamiento de las hembras de la especie hacia volátiles químicos, capturamos y analizamos la composición de los volátiles provenientes de cultivos artificiales del hongo simbionte mediante espectrometría de masas. Los resultados parciales, muestran que existen alrededor de 15 compuestos que podrían ser considerados como claves químicas por las hembras adultas (Fernández Ajó et. al, 2015). Paralelamente, cuantificamos la respuesta de las hembras hacia los volátiles (en su conjunto) del simbionte mediante experimentos de olfatometría en condiciones controladas. Los resultados de estos estudios, muestran una respuesta positiva y un menor tiempo de reacción hacia los volátiles del hongo, respecto de lo observado para los volátiles del árbol, compuestos utilizados históricamente como atrayentes de la avispa ( $\alpha$  y  $\beta$  pineno). Estos resultados son los primeros en sugerir

que el hongo podría tener un papel importante en la agregación del ataque de la plaga observada en condiciones de campo.

A fin de evaluar la eficiencia de captura de trampas de uso corriente en el ámbito de la sanidad forestal, realizamos un estudio comparativo de campo utilizando trampas de intercepción de paneles y trampas multiembudo. Los resultados indicaron que el método de trapeo que maximiza las capturas de hembras de *S. noctilio* son las trampas de intercepción de paneles color negro, cebadas con kairomonas (volátiles de pino –  $\alpha$  y  $\beta$  pineno en una concentración de 70:30 respectivamente), mostrando una eficiencia cinco veces mayor a la observada para el segundo tipo. Es importante notar, además, que las trampas de paneles poseen un costo significativamente menor que las tradicionales trampas multiembudo.

## CONCLUSIONES

El proyecto ha permitido profundizar a distintas escalas de estudio, el conocimiento sobre aspectos relevantes de la ecología y comportamiento de la plaga *Sirex noctilio*. Por un lado, bajo un enfoque a gran y mediana escala, se han examinado los factores ambientales asociados al éxito de invasión y al crecimiento de las poblaciones locales. Estas variables son relevantes para el desarrollo de modelos predictivos y/o análisis de riesgo, y aportan bases sólidas para el manejo local de la especie. Por otro lado, conocer la capacidad y patrones de movimiento propio de la especie, permiten además de una mejor interpretación sobre el potencial de invasión de la avispa, calibrar estrategias de vigilancia y planes de monitoreo de sus poblaciones. Por último, establecer las claves químicas que median el comportamiento de búsqueda de árboles por las avispas, son importantes para el desarrollo de métodos especie-específicos útiles para el monitoreo y control de las poblaciones en los ambientes de invasión.

## PROYECTO DE INVESTIGACIÓN APLICADA (SAFO 110)

### Estudios básicos y aplicados de las principales plagas y enfermedades que afectan a los eucaliptos en la Argentina para el desarrollo de estrategias de manejo de bajo impacto ambiental

Eduardo N. Botto<sup>1</sup>, Carlos E. Coviella<sup>2</sup> y Sergio Ramos<sup>3</sup>.

## INTRODUCCION

Entre las producciones forestales que han crecido notoriamente en los últimos tiempos se destacan los eucaliptos (*Eucalyptus spp.*) con una superficie  $> 200 \times 10^3$  ha cultivadas. Introducida a mediados de 1800, esta especie además de su importancia económica y social para la foresto industria (productos maderables y derivados, fuente de trabajo) sobresale por su valor como componente dominante del paisaje urbano/periurbano en casi todo el país brindando importantes servicios ecosistémicos (biodiversidad; apicultura). Diferentes factores afectan negativamente a los eucaliptos e interfieren con su producción comercial destacándose sin lugar a dudas las plagas y enfermedades. En el último decenio, los eucaliptos a nivel mundial han sido objeto de sucesivas invasiones por insectos y fitopatógenos exóticos, en su mayoría originarios de países como Australia y Tasmania (centro de origen de los eucaliptos). Entre 2000 y 2015, las plantaciones de eucaliptos de la Argentina, Brasil, Chile, Paraguay y Uruguay fueron invadidas por varias especies de insectos exóticos originarios de Australia, entre las que se destacan por su mayor peligrosidad, *Thaumastocoris peregrinus* (chinche del eucalipto), *Glycaspis brimblecombei* (psílido del escudo) y *Leptocybe invasa* (avispa de la agalla), entre los insectos plaga y *Mycosphaerella spp.*, entre las enfermedades foliares. Con el propósito de satisfacer las actuales exigencias impuestas por los mercados internacionales respecto a la calidad de los productos de la foresto-industria y fomentar el desarrollo de producciones forestales sustentables en lo económico y ambiental, se propusieron como objetivos para este proyecto: **1-** desarrollar investigaciones básicas sobre la bioecología de las plagas y enfermedades mencionadas, **2-** desarrollar y/o adecuar estrategias de manejo de bajo impacto ambiental y **3-** transferir los productos obtenidos al sector científico y productivo.

## MATERIALES Y METODOS

El proyecto incluyó tres módulos temáticos: **1:** bioecología de plagas (chinche del eucalipto; avispa de la agalla; psílido del escudo); **2:** bioecología de enfermedades de la canopia (complejo *Mycosphaerella*); **3:** desarrollo de estrategias de control (control biológico de la chinche del eucalipto; estudios de biodiversidad; evaluación de enemigos naturales; control químico y evaluación de la resistencia a la avispa de la agalla ante situaciones de estrés hídrico. Desde su inicio en diciembre de 2012 hasta julio 2015, se desarrollaron las siguientes actividades en función de los Módulos temáticos propuestos: **1. Bioecología de plagas:** a) la fenología de las plagas y la biodiversidad, se estudiaron en plantaciones de *Eucalyptus spp.*, y en ambientes no cultivados en Buenos Aires (INTA Castelar, EF INTA 25 de Mayo y Jáuregui), en Entre Ríos (EEA Concordia) y en Corrientes. Se realizaron muestreos periódicos de ramas/hojas, trampas cromáticas pegajosas e inspección visual siguiendo un DCA y análisis

1. Insectario Investigaciones Lucha Biológica. IMYZA, CICVyA. INTA. Castelar, Bs As., Argentina. botto.eduardo@inta.gob.ar;
2. INEDES, UN Luján, Bs As, Argentina. carlosecoviella@yahoo.com;
3. - EEA Concordia. INTA. Entre Ríos, Argentina. ramos.sergio@inta.gob.ar

estadísticos “ad hoc” (ANOVA, análisis de regresión, etc.). **b)** se adecuó el sistema de monitoreo utilizado para la chinche del eucalipto evaluando el empleo de trampas cromáticas pegajosas (6 x 7cm) ubicadas a diferentes alturas (4 y 1,8m) en la canopia y el fuste de las plantas (*E. dunnii*). La eficiencia de captura se analizó estadísticamente (ANOVA) tras dos años de muestreo mensual. **c)** Se evaluó en laboratorio la preferencia alimentaria de *T. peregrinus* mediante pruebas de elección por pares utilizando diferentes especies de eucaliptos. **2. Biología de enfermedades:** **a)** se evaluó el estado sanitario (prevalencia de las enfermedades) en la canopia de *Eucalyptus spp.*, en parcelas experimentales localizadas en Corrientes, Entre Ríos y Misiones; **b)** se estimó el daño mediante la técnica del “índice de daño de la copa” (DCI) y los agentes fitopatógenos involucrados fueron aislados y clasificados en base a técnicas tradicionales y moleculares. **c)** se evaluó el efecto de la defoliación sobre el crecimiento mediante ensayos de defoliación artificial. Los resultados se evaluaron mediante técnicas estadísticas “ad hoc”. **3. Desarrollo de estrategias de control:** **a)** control biológico de *T. peregrinus*: se evaluó al parasitoide de huevos *Cleruchoidea noackae* importado en 2013-2014 desde INIA, Uruguay. El biocontrolador se multiplicó en la Cuarentena del INTA Castelar y fue liberado en el campo (2014-2015) en el predio del INTA Castelar y en un establecimiento comercial (Jáuregui, Bs As). **b)** biodiversidad: a partir de los muestreos realizados para los estudios de bioecología se analizó la interacción eucaliptos-plagas-enemigos naturales mediante índices de riqueza, diversidad específica, conectancia, etc. **c)** selección de enemigos naturales para el control biológico: a partir del análisis de biodiversidad y tramas tróficas se seleccionaron predadores y parasitoides con potencial como biocontroladores de la chinche del eucalipto y el psílido del escudo. **d)** evaluación de la resistencia al ataque de *L. invasa* en condiciones de estrés hídrico en eucaliptos spp. Se evaluó la cantidad y tamaño de las agallas producidas por la plaga en condiciones de semi-campo en plantas con y sin déficit hídrico. **e)** control químico: se evaluaron en laboratorio según un DCA, (3 dosis con 3 repeticiones/tratamiento y un testigo sin plaguicida) los siguientes principios activos: acefato; 75% polvo mojable; imidacloprid 35% suspensión concentrada; pirimicarb 50% gránulo dispersable y tiametoxam 25% gránulo dispersable para el control de *T. peregrinus*. Cabe aclarar que al momento de realizarse estos ensayos, los productos evaluados no estaban inscriptos para su uso en eucaliptos, motivo por el cual se utilizaron las dosis de referencia sugeridas para frutales.

## RESULTADOS

**1. Bioecología de plagas:** **a)** la fenología poblacional de *T. peregrinus*, *L. invasa* y *G. brimblecombei* y su relación con los factores abióticos y bióticos fueron evaluadas para los sitios y las especies de eucaliptos de interés. **b)** el empleo de trampas pegajosas ubicadas en la canopia (1,8 a 4m) resultó un sistema de monitoreo apropiado para estimar la actividad de la chinche del eucalipto. Se recomienda su utilización para plantaciones jóvenes que no superen los 5m de altura. **c)** las pruebas de preferencia de *T. peregrinus* por las especies de eucalipto produjeron el siguiente orden de preferencia: *E. viminalis*, *E. tereticornis*, *E. grandis*, *E. dunnii*, *E. maideni*, *E. globulus*. **2. Biología de enfermedades:** **a)** El análisis del estado sanitario de la canopia de *E. grandis*; *E. urograndis*; *E. dunnii* y otros híbridos y especies utilizados en la zona reveló la importancia de los hongos causantes de manchas foliares como *Teratosphaeria suttonii* y *Mycosphaerella spp.*, pústulas bacterianas, royas y cancros. **b)** estimaciones del DCI revelaron la importancia de *T. suttonii* y de la avispa de la agalla *L. invasa* para la sanidad de la canopia **c)** los ensayos de defoliación artificial indicaron que una

defoliación de más del 50% de la copa produce una disminución del crecimiento.

**3. Desarrollo de estrategias de control:** **a)** control biológico de *T. peregrinus*: el parasitoide *C. noackae* fue multiplicado satisfactoriamente en la cuarentena y luego de superar los requisitos de bioseguridad requeridos, fue liberado en el campo. Entre agosto 2014-junio 2015, se efectuaron 18 liberaciones (12 en Castelar y 6 en Jáuregui) de pequeños inóculos del parasitoide (10-70 individuos). El análisis de los desoves de *T. peregrinus* obtenidos en Jáuregui pos-liberación de *C. noackae*, permitió registrar el parasitismo activo del parasitoide (establecimiento temporal). **b)** biodiversidad: se construyeron las tramas tróficas correspondientes a cada sitio estableciéndose las interacciones tri-tróficas eucaliptos-plagas-enemigos naturales. Se registró por primera vez para el país la presencia del parasitoide *Megastigmus zebrinus* un potencial biocontrolador de la avispa de la agalla *L. invasa* así como un nuevo insecto gallícola invasor, *Ophelimus maskelli* y su parasitoide natural *Closterocerus chamaeleon*. A partir de estos estudios se inició la selección de enemigos naturales para evaluar su potencial como biocontroladores de las plagas del eucalipto. **c)** evaluación de enemigos naturales: los estudios de biodiversidad permitieron seleccionar al predador *Chrysoperla externa* y al parasitoide *Psyllaephagus bliteus* como biocontroladores de la chinche del eucalipto y el psílido del escudo, respectivamente. **d)** evaluación de la resistencia al ataque de *L. invasa* en condiciones de estrés hídrico: se pudo determinar que existe susceptibilidad clonal al ataque de *L. invasa* según el orden: *E. camaldulensis* > *E. grandis* x *E. camaldulensis* > *E. grandis* x *E. tereticornis* > *E. grandis*; la cantidad de hojas/planta con agallas y total de agallas/planta resultó mayor en las plantas regadas (sin estrés) que en aquellas sometidas a ciclos de sequía (con estrés). **e)** control químico: los ensayos mostraron que a partir de las 48h de aplicación el acefato y tiametoxan fueron más efectivos que imidacloprid y pirimicarb en el control de *T. peregrinus*.

## DISCUSION Y CONCLUSIONES

Las investigaciones realizadas permitieron alcanzar los objetivos planteados. Se avanzó significativamente en el conocimiento de aspectos básicos relacionados con la bioecología de las principales plagas y enfermedades de los eucaliptos en la Argentina; se aportaron nuevas técnicas de monitoreo y estimación de daños para las plagas y enfermedades de los eucaliptos. Se contribuyó con el desarrollo de herramientas para el MIP de las plagas y enfermedades de los eucaliptos, en particular para el control biológico de la chinche del eucalipto *T. peregrinus* mediante la importación del parasitoide *C. noackae*. Los productos surgidos de este proyecto (más de 25 trabajos de investigación y de divulgación) han sido transferidos al sector científico-tecnológico mediante su publicación en revistas especializadas y la presentación en congresos y jornadas técnicas, nacionales e internacionales. Asimismo, se contribuyó con la capacitación de RRHH vía el Curso Internacional sobre Manejo Integrado de plagas y enfermedades en forestales ofrecido en conjunto con el Proyecto Específico Protección Forestal del PNFOR del INTA (CABA, INTA Chile, 10-13 de septiembre de 2012) y las Jornadas de Capacitación y Actualización sobre Sanidad Forestal en eucaliptos (IMYZA, CICVyA, INTA Castelar Junio 18-19, 2015) y la dirección de doctorandos (Doctorado FCEN-UBA).

**Instituciones Participantes del proyecto:** INTA: Instituto de Microbiología y Zoología Agrícola e Instituto de Recursos Biológicos (CNIA, Castelar); EF 25 de Mayo (Bs As); EEA Concordia (Entre Ríos); EEA Montecarlo (Misiones); FAUBA (Da-sonomía); UN Luján (IES); Dirección Protección Forestal (SENASA).

## PROYECTO DE INVESTIGACIÓN APLICADA (SAFO 111)

### Desarrollo de herramientas cuantitativas para la evaluación de riesgo y toma de decisiones sobre el potencial de infestación de *Sirex noctilio* y *Arhopalus sp.* en la provincia de Córdoba

Grilli, M.P<sup>1</sup>; Masuh, H.<sup>2</sup>, Demaestri, M.<sup>3</sup>, Fachinetti, R.<sup>1</sup>, Gonzalez, P.<sup>2</sup>, Harburger L.<sup>2</sup>, Pedemonte L.<sup>1</sup>, García Judith<sup>3</sup>, Crenna, C.<sup>3</sup> mariano.grilli@unc.edu.ar

## INTRODUCCIÓN

En el oeste de la provincia de Córdoba entre las sierras grandes y las sierras chicas se localiza una importante actividad forestal basada principalmente en la producción de coníferas. Originalmente se realizaron plantaciones de *Pinus radiata*, pero luego al detectarse su gran susceptibilidad a los ataques de la polilla europea del brote, fueron reemplazadas con especies más resistentes. En la actualidad, la región concentra el área forestada con pinos más importante del centro del país con alrededor de 12.600 hectáreas implantadas, siendo *Pinus elliotii* y *Pinus taeda* las especies forestales más utilizadas en la región por su adaptabilidad a las características del clima y del suelo. Estas plantaciones se encuentran ubicadas por encima de los 1000 metros de altura, en zonas donde principalmente predomina el pastizal serrano, sin competir con el bosque nativo. En general, la producción forestal de estas especies en la región es destinada a aserraderos y en menor medida a la producción de postes y tableros. En esta zona, en el año 1994, se detectó por primera vez la presencia de la “avispa barrenadora del pino” *Sirex noctilio* F. (Hymenoptera: Siricidae) y doce años más tarde se verifica la presencia de dos especies de escarabajos longicornios: *Arhopalus rusticus* y *Arhopalus syriacus* (Coleoptera: Cerambycidae). *Sirex noctilio* es una de las plagas de coníferas más importantes a nivel mundial y es conocida en nuestro país por su amplia distribución. Por otra parte, las especies de *Arhopalus* son menos conocidas en Argentina, no habiendo por el momento registros de su presencia masiva en ningún lugar a excepción de la provincia de Córdoba, donde está presente en todas las plantaciones de pinos relevadas.

El objetivo de este proyecto fue el desarrollo de herramientas que permitan la toma de decisiones para el manejo de estas especies plaga en el núcleo de producción de *Pinus sp.* de la provincia de Córdoba, y la consiguiente estandarización para llevar estas herramientas a otros lugares de Argentina. Presentaremos aquí algunos resultados relacionados con la distribución de la abundancia, el desarrollo y supervivencia, y el potencial de dispersión de las especies estudiadas.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Todo el trabajo se realizó en el núcleo de producción forestal de la provincia de Córdoba, limitando al norte en el observatorio de Bosque Alegre, y al sur en el campo experimental de la Facultad de Agronomía de Río Cuarto (UNRC).

Para la captura de insectos en dispersión de las tres especies en estudio se colocaron trampas de tipo “veleta en cruz” elaboradas con plástico corrugado negro. Cada trampa estuvo cebada con  $\alpha$  -  $\beta$  pineno y etanol y se colocaron en lotes de pino seleccionados de manera aleatoria en el área de estudio. Por otra parte, se seleccionaron aleatoriamente parcelas trampa en la misma zona. Cada parcela consistió de 5 árboles de la especie *Pinus elliotii*. A estos árboles se les aplicó una dosis de herbicida para de-

1. CREAN (CONICET-UNC) –  
2. CITEDEF (CONICET) -  
3. UNRC

bilitarlos. Posteriormente, se cortaron trozas de 90 cm de largo de estos árboles que se mantuvieron en jaulas individuales para registrar la emergencia de insectos que se utilizaron para diversos experimentos:

### Potencial de dispersión

Para medir el potencial de dispersión se fabricaron dos molinos de vuelo. Cada molino constó de un eje compuesto por una aguja de acero vertical en el centro de la estructura, soportada por un campo magnético generado por dos imanes cilíndricos de neodimio. En este eje se colocó una varilla horizontal de madera balsa liviana en cuyo extremo se sujetó al insecto. El individuo fue colocado a 6 cm del eje, resultando en una longitud de rotación de 37.68 cm. Mediante un software específico se registró la distancia y velocidad de vuelo. Por la disponibilidad de individuos sólo fue posible probar en el molino a *Arhopalus rusticus*. Estos individuos se pusieron a volar durante 8 horas para medir el consumo metabólico y determinar el potencial de dispersión.

### Cría de *Arhopalus sp.*

La cría de *Arhopalus sp.* se inició a partir de individuos adultos procedentes de trozas de pinos colectadas a campo. Las larvas emergidas de las ovipositoras fueron colocadas en cápsulas de Petri con dieta artificial. Estas larvas se desarrollaron hasta el estado adulto en el laboratorio.

### Análisis metabólicos.

Con el objeto de estimar el gasto energético en vuelo de dispersión se midieron azúcares y lípidos de reserva (trehalosa y diacilgliceroles) de individuos colectados de las trozas.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el transcurso del este proyecto fue posible determinar que las emergencias de *Sirex noctilio* se inician a comienzos del mes de noviembre y concluyen a finales de marzo. Todas las emergencias correspondieron a la zona de la Sierra de los Co-mechingones (Alpa Corral y Río de los Sauces) y General Deheza, no registrándose emergencias en muestras del Valle de Calamuchita durante el primer año. Durante este período, la relación entre machos y hembras fue variable dependiendo de la zona y del año. Con respecto a la captura de dispersivos, solo tres individuos se registraron en toda el área y período de estudio. Esta baja abundancia de *S. noctilio*, posiblemente se deba al manejo satisfactorio de zona extensa que está realizando SENASA con su plan de manejo para *Sirex noctilio*, así, en este momento, *S. noctilio* no representa un problema sanitario para la región. Por otra parte, todos los bosques de pinos relevados se encuentran colonizados por las dos especies de cerambícidos estudiados, prevaleciendo estas especies por sobre la avispa barrenadora *S. noctilio*. Un dato muy importante es que fue posible ver diferencias en tamaños poblacionales y de distribución espacio-temporal entre las dos especies de taladros de pino. *Arhopalus rusticus* fue más abundante con una distribución amplia mientras que *A. syriacus* está restringido a la zona sur del área de producción de pinos de la provincia de Córdoba. De cualquier manera, ambas especies mostraron un período de vuelo durante el final de la primavera y mediados del verano, aunque *A. syriacus* tuvo su máxima abundancia durante el mes de noviembre y *A. rusticus* a finales de diciembre.

En términos de la relación entre los sexos, no se observaron diferencias significativas en la proporción entre machos y hembras en ninguna de las dos especies de cerambícidos. De cualquier manera, en ambas especies se pudo determinar que primero emergieron los machos y posteriormente las hembras. Esto podría indicar que



los machos emergen unos días antes para poder fecundar a las hembras apenas estas emerjan. En base a nuestros resultados, pudimos determinar que *A. rusticus* puede colonizar y hacer crecer su población en forestaciones sanas, lo que coincide con lo observado por otros autores en Europa. *A. rusticus* no mostró sincronía en la variación de su abundancia, presentando una variación aleatoria, independientemente de la distancia entre los sitios de muestreo, sin mostrar un patrón espacial estable.

En las pruebas de molino de vuelo, se encontró una diferencia significativa en la distancia recorrida, siendo las hembras capaces de volar una distancia media de  $9282,23 \pm 1098,31$  m y los machos una distancia promedio de  $5892,45 \pm 1122,99$  m ( $N=45$ ;  $F=4,66$ ;  $p<0,05$ ). Esta diferencia en la distancia de dispersión responde a una diferencia en las estrategias reproductivas de machos y hembras, ya que posiblemente las hembras se dispersen fecundadas.

Se logró determinar una concentración de trehalosa de 2,28 mg/ml de hemolinfa proveniente de un grupo de insectos. Al comparar la concentración de diacilgliceroles (DAG) en individuos con 8 horas de vuelo con respecto a individuos que no volaron, se observó una diferencia entre los mismos (1,036 y 2,651 mg de DAG/ $\mu$ l de hemolinfa, respectivamente).

A partir de la cría en laboratorio se logró obtener información sobre parámetros de desarrollo y supervivencia de *Arhopalus syriacus*. En esta especie, el estado de huevo duró  $12,10 \pm 0,40$  días. Al finalizar el estado de larva, se observó que *A. syriacus* pupó luego de 6, 7, 8 y 9 estadios larvales. El tiempo de desarrollo del estado de larva varió entre  $297 \pm 25,88$  (individuos de 6 estadios) y  $378 \pm 40,92$  (individuos de 9 estadios). El largo de las larvas y el ancho de las cápsulas cefálicas fueron significativamente diferentes dependiendo de la cantidad de estadios larvales. Esta especie completó su ciclo de vida en  $298,87 \pm 13,66$  días. A 25°C se observaron diferencias significativas en la supervivencia de los estados y estadios larvales de *A. syriacus*. El estado con mayor mortalidad fue el de larva, en particular el I estadio, donde el 60 % de los individuos no lograron sobrevivir para pasar al siguiente. En etapas avanzadas del ciclo, el estadio larval VII fue el más susceptible, aunque la caída de sobrevivencia no superó el 6 %. Los demás estadios larvales finales (Larva 6, 8 y 9) presentaron una supervivencia máxima (100 %).

## CONCLUSIONES

- *Sirex noctilio* se encuentra en números despreciables, posiblemente a causa del manejo de zona extensa que lleva adelante SENASA sobre esta especie;
- *Sirex noctilio* tiene su máxima emergencia a finales del verano;
- Las especies de cerambícidos prevalecieron por sobre la abundancia de *Sirex noctilio*;
- De las dos especies de taladros de pino, *Arhopalus rusticus* tiene una distribución generalizada, mientras que *Arhopalus syriacus* se encuentra restringido al sur;
- En ambas especies de taladros emergen primero los machos y luego las hembras;
- Las abundancias de ambas especies son locales, no mostrando correlación ni sincronía espacial;
- Sus máximas abundancias se presentan a mediados y finales de la primavera;
- Las hembras de *Arhopalus rusticus* pueden dispersarse significativamente a mayores distancias que los machos;
- Los datos preliminares indican que en 8 horas de vuelo consumen aproximadamente el 61 % de sus reservas lipídicas;
- *Arhopalus syriacus* completa sus ciclo de vida a 25°C en aproximadamente 300 días;
- La mayor mortalidad de *Arhopalus syriacus* ocurre en el estado de Larva I.

## PROYECTO DE INVESTIGACIÓN APLICADA (SAFO 112)

### Control biológico de hormigas cortadoras en plantaciones forestales

Folgarait, Patricia J.<sup>1</sup>, Andrea I. Romero<sup>2</sup>, Andrea C. Guillade<sup>1</sup>, Luciana Elizalde<sup>3</sup> y Ma. Alejandra Fernández<sup>1</sup>

## INTRODUCCIÓN

En Argentina, las hormigas cortadoras de hojas (*Acromyrmex spp.* y *Atta spp.*) son un serio problema para las plantaciones forestales. Sin embargo, existe poca información sobre qué especies se encuentran en estas situaciones en la provincia de Entre Ríos, cuáles son sus hábitos alimenticios y en particular su consumo de pino, y por lo tanto su relevancia real como plagas forestales. Asimismo, las variaciones anuales en sus patrones de actividad pueden influir sobre su importancia como plagas. Resulta especialmente importante medir el daño que provocan en plantines de pino recién implantados, los cuales son considerados como la etapa más vulnerable al ataque por hormigas cortadoras.

Existen en la naturaleza enemigos naturales de las hormigas cortadoras. Entre ellos, las moscas parasitoides de la familia Phoridae cumplen parte de su ciclo vital dentro del cuerpo de las hormigas obreras, matándolas después de alcanzar su estadio pupal, además de alterar el ritmo normal de alimentación de las colonias por su sola presencia. Por estos motivos se los considera buenos candidatos para programas de control biológico. Sin embargo, se desconoce qué especies se encuentran presentes en Entre Ríos, las especies de hormigas que parasitan, sus niveles poblacionales y sus patrones de actividad. Esta información es de suma relevancia para desarrollar programas adecuados de control biológico de estas hormigas.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Los ensayos se realizaron en las plantaciones de la empresa Abedul S.A., Nueva Escocia, Concordia (Entre Ríos) entre septiembre de 2013 y julio de 2015.

**a-** Se realizó un censo exhaustivo de todas las especies de hormigas cortadoras en lotes de *Pinus taeda* de 1 a 3 años de implantación, determinando la densidad como nidos por hectárea. Se seleccionaron luego entre 6 y 18 nidos de cada especie de hormiga presente. Mensualmente se llevó adelante en cada nido una medición de la actividad de las hormigas y se cuantificó la carga de material vegetal transportada, discriminándola en monocotiledóneas, dicotiledóneas y pino.

**b-** Se llevó adelante un ensayo en cuatro hectáreas de *P. taeda* recién implantados, que habían recibido tratamientos pre-implantación con hormiguicidas. Se seleccionó al azar en cuatro líneas un tercio de los plantines, y se les colocó una barrera de pegamento para impedir que las hormigas subieran a cortar acículas. Se evaluó trimestralmente la altura, diámetro y grado de defoliación de los plantines, siguiéndolos durante 18 meses. Al mismo tiempo, se recorrió tanto la zona experimental como los lotes vecinos, determinando en cada ocasión el número de hormigueros presentes de cada especie.

1. Laboratorio de Hormigas, Universidad Nacional de Quilmes. Roque Sáenz Peña 352, Bernal (1876), Buenos Aires, Argentina. patricia.fogarait@gmail.com

2. Laboratorio de Micología, Fitopatología y Liqueología, Universidad de Buenos Aires, Pabellón II, 4º piso, Ciudad Universitaria, CABA, Argentina.

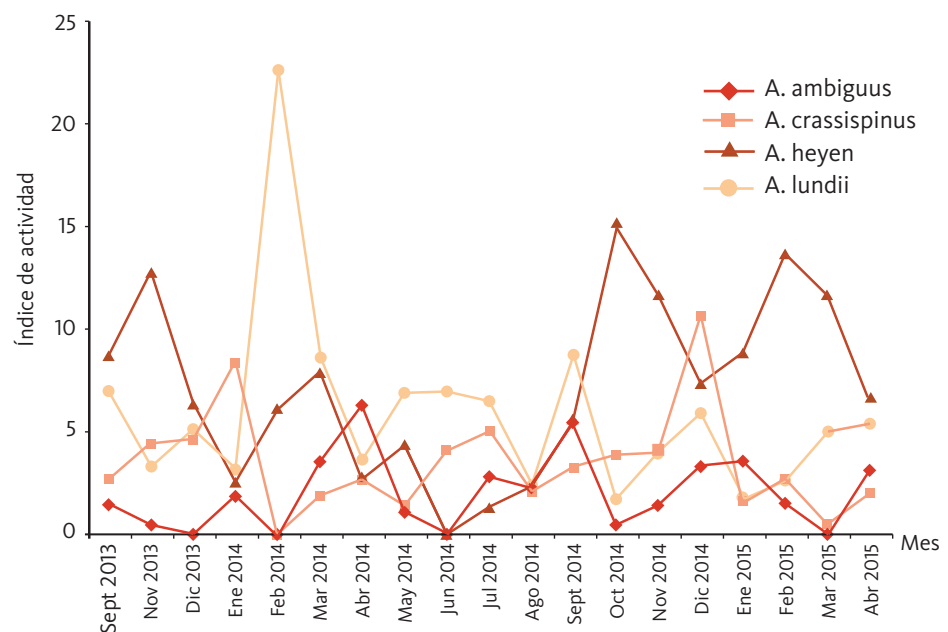
3. Laboratorio Ecotono, INIBIOMA, CONICET-UNCOMA, Pasaje Gutierrez 1125, Bariloche, Argentina.

c- Se colectaron hormigas de caminos de forrajeo de las cuatro especies y se obtuvieron de ellas los parasitoides, criándolos en el laboratorio. Se determinaron las especies de parasitoides presentes, su relación con las hormigas hospedadoras, su porcentaje de parasitismo y sus variaciones mensuales.

## RESULTADOS

a- Se encontraron 4 especies de hormigas cortadoras en la zona: *Acromyrmex ambiguus*, *A. crassispinus*, *A. heyeri* y *A. lundii*, a densidades de 1.3, 4.3, 4.5 y 1.5 nidos/hectárea, respectivamente. A partir de las mediciones de actividad tomadas para cada especie en cada estación del año, se construyó un índice de actividad que contempla tanto el tráfico (hormigas/camino de alimentación/minuto) como el número de nidos activos en cada estación (Figura 1).

FIGURA 1.

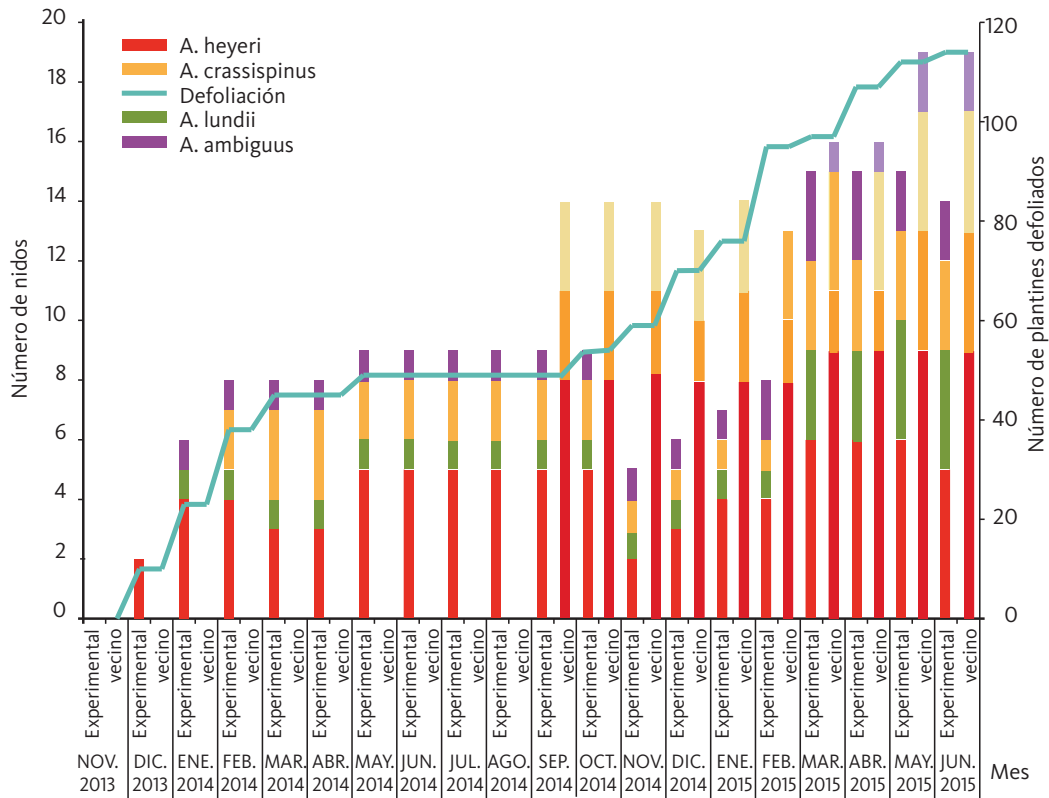


**Figura 1:** Actividad de las cuatro especies de hormigas a lo largo del año. Actividad medida como el promedio del tráfico de hormigas, dividido por el número de nidos activos multiplicado por número de nidos muestreados, en cada estación.

Se estableció además la proporción de pino acarreada por cada especie de hormiga cortadora en cada mes del año. El pino representó entre el 5% y el 60% de la dieta de *A. ambiguus* y *A. crassispinus*, y lo consumieron casi todo el año, mientras que *A. heyeri* y *A. lundii*, a pesar de mostrar importantes niveles de actividad, y de que *A. heyeri* es muy abundante, no realizaron un consumo importante de pino (nunca superior al 5% de su dieta, y en sólo dos meses del año).

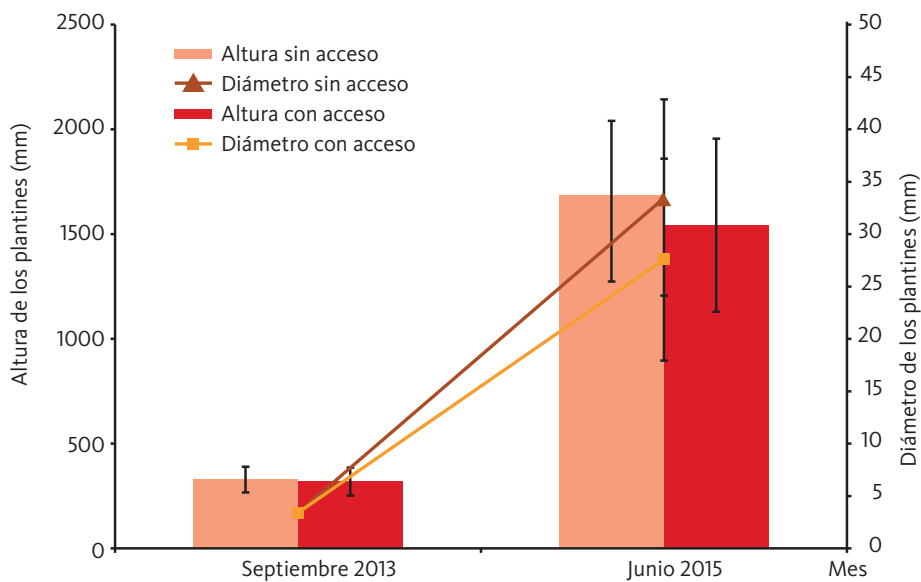
b- En este ensayo las hormigas fueron colonizando un área en la cual, luego de los tratamientos de pre-implantación, no habían quedado hormigueros. La colonización de distintas especies, en particular de *A. ambiguus* y *A. crassispinus*, coincidió con un aumento en el número de plantines defoliados en el área experimental. Del mismo modo, conforme el paso del tiempo, aumentó el establecimiento de nidos de estas especies en los bordes de lotes lindantes al área experimental (Figura 2). Por otro lado, se encontró un crecimiento significativamente mayor tanto en la altura ( $U = 4419,5$ ,  $p = 0,0034$ ) como en el diámetro ( $U = 3572$ ,  $p < 0,000$ ) de los plantines con exclusión para hormigas, comparados con aquellos con libre acceso a hormigas, luego de 18 meses de comenzado el ensayo (Figura 3).

**FIGURA 2.**



**Figura 2:** Número de nidos de cada especie (barras) en el área experimental, y a partir de septiembre de 2014, en los lotes vecinos. Los colores de las especies son más claros en los lotes vecinos. La línea celeste muestra el número acumulado de plantines defoliados.

**FIGURA 3.**



**Figura 3:** Altura (en barras) y diámetro (líneas) de los plantines en el área experimental, con y sin acceso a hormigas. Se muestra la diferencia en altura y diámetro luego de 18 meses de ensayo.

c- Se hallaron 5 especies de parasitoides, *Apocephalus neivai*, *A. noetingerorum*, *Myrmosicarius catharinensis*, *M. gracilipes* y *Neodohrniphora unichaeta*. Las variaciones en sus niveles poblacionales muestran un interesante reemplazo de especies más abundantes, tanto para el género *Apocephalus* como para *Myrmosicarius*. Las 5 especies de parasitoides atacaron a las 4 especies de hormigas a lo largo de los distintos meses. Actualmente nos encontramos en la puesta a punto de la cría masiva de parasitoides, que por cuestiones principalmente climáticas quedó retrasada.

## DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

En primer lugar, es importante destacar que sólo 2 de las 4 especies de hormigas encontradas, *A. ambiguus* y *A. crassispinus*, podrían considerarse plagas de pino, debido a su consumo, mientras que *A. heyeri* y *A. lundii* no deberían considerarse plagas para estas plantaciones. Este resultado se sustenta también a través del ensayo en pinos recién implantados, donde pudo observarse la consecuencia de la re-colonización de la plantación por *A. ambiguus* y *A. crassispinus* en la defoliación de plantines.

En segundo lugar, se mostró la consecuencia de la defoliación por hormigas cortadoras en plantines jóvenes sobre el crecimiento de los mismos en altura y diámetro, por lo cual las especies que sí causan daño necesitan ser controladas en este período crucial. Queda clara también la gran capacidad de las hormigas para re-colonizar lotes, considerando que los tratamientos pre-implantación las habían eliminado tanto en el área experimental como en los lotes lindantes, al menos en los bordes de contacto con el área experimental. Por lo tanto, es importante diseñar estrategias de control que incluyan diseños de plantación adecuados a las particularidades de las hormigas en cuanto a su dispersión entre lotes y capacidad de recorrer largas distancias para buscar alimento.

Finalmente, resulta sumamente alentador haber encontrado 5 especies diferentes de parasitoides, a pesar de tratarse de plantaciones con una larga historia de uso de plaguicidas, que se sabe afectan negativamente a los Phoridae. Más aún, se encontró que las cuatro especies de hormigas presentes sostienen a lo largo del año a todas las especies de parasitoides. Esto tiene gran relevancia desde el punto de vista del control biológico, ya que, si se deja de controlar innecesariamente a las especies de hormiga que no causan daño a las plantaciones, *A. heyeri* y *A. lundii*, no sólo se evitaría el uso innecesario de plaguicidas, con las consecuencias económicas y ecológicas que esto acarrea, sino que estas especies de hormigas no plagas actuarían en las plantaciones como reservorios de parasitoides, que podrían ejercer su efecto regulador sobre aquellas especies que sí afectan a los pinos.

## PROYECTO DE INVESTIGACIÓN APLICADA (SAFO 202)

### Avances en la detección temprana de la avispa taladradora de las latifoliadas *Tremex fuscicornis* en forestaciones del bajo delta del Paraná

Lucas Landi, Celina Laura Braccini.

## INTRODUCCIÓN

Las invasiones biológicas son procesos que permiten ampliar el rango de distribución de especies exóticas desde su hábitat actual hacia uno nuevo donde la descendencia prolifera, se dispersa y persiste. En general, cuando la población exótica es amplia, abundante y puede causar algún tipo de daño ecológico o económico se la reconoce como invasora. Actualmente, la tasa de establecimiento de especies exóticas a nivel mundial se encuentra en aumento como producto de la actividad humana (e.g. transporte de mercaderías asociado al comercio internacional). En nuestro país, ejemplos de insectos invasores incluyen a integrantes de la familia Siricidae (“sirícidos”). En 2011, se detectó por primera vez una población establecida de *Tremex fuscicornis* (Hymenoptera, Siricidae) afectando un ensayo multiclonal de álamos en Castelar (Buenos Aires, Argentina). En América del Sur, el género *Tremex* es considerado plaga de preocupación fitosanitaria según el Comité de Sanidad Vegetal del Cono Sur. En ciertas condiciones, los sirícidos poseen una dinámica poblacional de estallidos. A bajas densidades, atacan árboles debilitados y por ende aparentan ser beneficiosos al ejercer un efecto de raleo natural. Sin embargo, al estallar en picos de alta densidad, afectan árboles sanos y el daño económico puede ser de gran importancia. En este contexto, *T. fuscicornis* representaría un riesgo para las forestaciones de álamos del bajo Delta del Paraná: en ausencia de enemigos naturales, disponibilidad de recursos y condiciones climáticas adecuadas podría trasladarse desde árboles moribundos hacia ejemplares sanos y vigorosos, ampliando peligrosamente su nicho.

## OBJETIVOS

En marco de un enfoque preventivo, se buscó: **1)** determinar la situación actual de *T. fuscicornis* en el bajo Delta del Paraná, **2)** analizar posibles asociaciones que afecten la susceptibilidad de la zona de ser invadida por la especie y **3)** satisfacer necesidades inmediatas de información imprescindible para la toma de decisiones asociadas al manejo.

## METODOLOGÍA

Se estableció un sistema de monitoreo basado en prospecciones terrestres con identificación visual de signos y síntomas. Se inspeccionaron árboles hasta los 2 m de altura, con énfasis sobre aquellos ejemplares naturalmente debilitados, con follaje marchito o muertos. Sobre éstos se evaluó la presencia de los siguientes rasgos característicos: manchas de aspecto aceitoso en la corteza (sinónimo de posturas), hembras oviponiendo (o restos abdominales), micelios del hongo simbionte y galerías larvales en el interior de la madera, y orificios de salida de adultos (3-5mm).

Bosques Cultivados, Instituto de Recursos Biológicos, CIRN, INTA Castelar. landi.lucas@inta.gob.ar

Bosques Cultivados, Instituto de Recursos Biológicos, CIRN, INTA Castelar. braccini.celina@inta.gob.ar

## RESULTADOS

### Situación actual en la IV sección de islas

Este trabajo confirma la presencia de *T. fuscicornis* a través del relevamiento en 38 plantaciones de álamos y sauce, junto a numerosas inspecciones de árboles aislados en bordes de caminos y arroyos. Éstas se hallaban en terreno protegidos de inundación mediante dique, con diferencias en el clon implantado y diseño espacial. Se trató mayoritariamente de plantaciones maduras, cercanas al turno de corta y sometidas a prácticas silviculturales de poda y raleo.

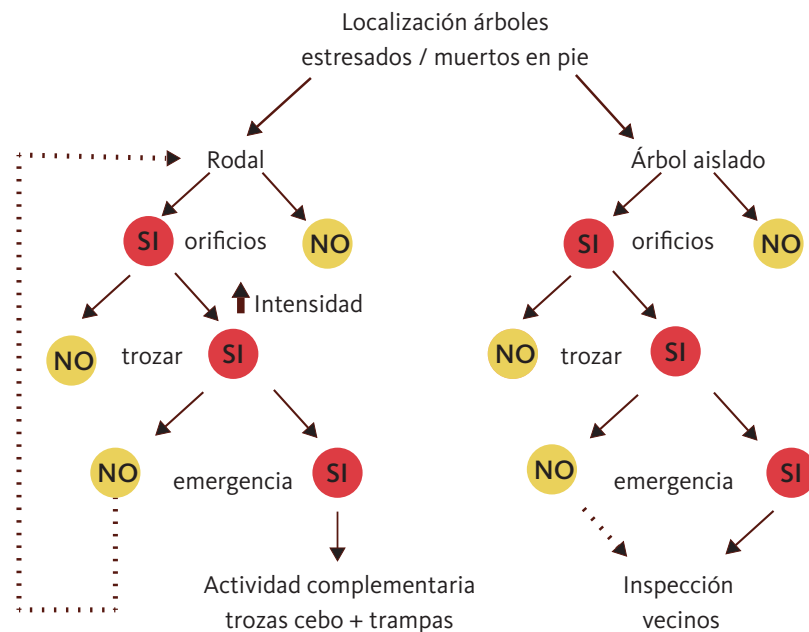
### 1) Sistema de vigilancia y monitoreo

#### Protocolo de monitoreo

Uno de los resultado más relevante de este proyecto es la elaboración de un protocolo de inspección visual (Figura 1) para la detección de *T. fuscicornis*, inexistente hasta el momento. La inspección visual de los árboles constituye la principal herramienta para la detección de esta avispa. Si bien requiere mano de obra intensiva, el protocolo propone minimizar el esfuerzo de muestreo.

FIGURA 1.

**Figura 1.** Protocolo de inspección visual para la detección a campo de *T. fuscicornis*. La línea punteada representa la decisión de volver a inspeccionar (o no) los mismos rodales/árboles aislados la temporada siguiente, que dependerá de los resultados obtenidos en la primera inspección y de las condiciones del rodal al año próximo.



### Utilización de trozas cebo y trampas multiembudo

Las trozas cebo son troncos de aproximadamente 50 cm de largo distribuidos ordenadamente en la plantación, que brindan una gran superficie para la oviposición de las hembras. Si bien esta práctica es usada como complemento de la inspección, nuestra experiencia reveló una baja eficiencia de las trozas. Esto puede deberse a bajos niveles poblacionales, y a problemas en la sincronización del método (e.g. existencia de un desfase entre la colocación de las trozas y el pico de vuelo de la avispa). En caso de adoptarla, es crucial efectuar el correcto seguimiento con posterior destrucción del material (i.e. astillado, incineración, enterramiento) para evitar el efecto contrario: que las trozas se conviertan en sumideros de insectos en lugar de trampas para éstos.



El uso de trampas multiembudo (cebas con etanol de alta liberación) en plantaciones afectadas permitió capturar hembras de *T. fuscicornis*, aunque solo unos pocos ejemplares. Además, esta metodología también permitió capturar adultos en plantaciones sin signos de infestación, lo que indicaría que las avispas poseen una gran capacidad de vuelo que favorece su dispersión.

### **Determinación de la curva de emergencia: patrones de vuelo**

Se elaboraron curvas de vuelo basadas en el recuento de adultos procedentes de trozas de álamo infestadas. Se registró un período de vuelo particularmente largo, que se extiende desde entrada la primavera hasta fines del otoño. Se presentan 2 momentos marcados de emergencia, a fines de noviembre y principios de febrero. Los primeros en emerger son machos, y las hembras se retrasan 1-2 semanas. La relación de sexos (macho:hembra) tiende a ser 1:1.

### **2) Asociaciones**

La presencia de las avispas en la zona explorada estaría asociada casi exclusivamente a árboles muertos y/o debilitados. En total, se efectuaron 89 inspecciones (38 plantaciones, 51 árboles aislados). El 55% de los casos revelaron presencia de *T. fuscicornis*, siendo un 44% árboles aislados y un 11% árboles muertos dentro de plantaciones. A nivel de plantación, se encontró una alta ocurrencia de *T. fuscicornis* restringida a árboles suprimidos. A su vez, no se registraron signos en árboles no suprimidos.

### **Potenciales enemigos naturales**

Se detectaron signos claros de predación de aves insectívoras sobre fustes de árboles infestados (i.e. huecos dejando expuestas galerías larvales y cámaras pupales de *T. fuscicornis*). Esto indicaría que las aves se alimentan de estadios inmaduros de *T. fuscicornis*. Además, se observó a campo el comportamiento de alimentación de aves insectívoras. Particularmente, se identificó la especie de "pájaro carpintero real" *Colaptes melanochloros* (Picidae). Asimismo, la predación también puede afectar la población de adultos de *T. fuscicornis*: el proceso de oviposición de las hembras es relativamente lento (5-10 minutos), volviéndolas un blanco fácil para predadores. Por otro lado, se detectó en los orificios de emergencia actividad de hormigas del género *Solenopsis*, que probablemente ingresen en las galerías y se alimenten de larvas y pupas allí alojadas. Ambos casos corresponden a enemigos naturales generalistas.

En relación a enemigos naturales específicos, no se detectó en laboratorio la emergencia de posibles parasitoides (e.g. Hymenoptera, *Megarhyssa* sp.).

### **3) Acciones ante la detección de focos**

De las 38 plantaciones relevadas, solo una evidenció altos niveles de infestación. Ésta se consideró un potencial foco dado que presentaba 6 árboles infestados circundados por un parche de 219 ejemplares debilitados (incluyendo 12 árboles muertos en pie), susceptibles de ser atacados. Se realizó tala rasa de la porción más afectada. Esta medida es una acción concreta que suele recomendarse para intentar mantener bajos los niveles poblacionales de avispas. Posteriormente, el monitoreo de la porción remanente no reveló signos de presencia de avispas, lo que indicaría que la tala eliminó mayoritariamente al foco de insectos.

### Otros resultados/productos derivados del proyecto

a) Para generar una acción participativa del sector, se efectuaron 5 talleres de capacitación a técnicos, empresas y productores forestales. Los encuentros permitieron dar a conocer los alcances de la problemática y las alternativas para hacer un diagnóstico, monitoreo y control.

b) Se generó información biológica básica para la introducción del parasitoide *Megarhyssa praezellens* en marco de un programa de control biológico, gestión que está llevando adelante el SENASA-Protección Forestal para introducir el parasitoide desde Chile.

## CONSIDERACIONES FINALES

La presencia de *T. fuscicornis* en las plantaciones de álamos del bajo Delta del Paraná está intrínsecamente relacionada a la disponibilidad de árboles debilitados o recientemente muertos, que representan el principal recurso para estas avispas. La mayoría de los ataques se dieron en árboles muertos (por causas diferentes al ataque del insecto: competencia, sitio). No encontramos signos de avispas sobre árboles vigorosos, por ende entendemos que su agresividad parecería ser tan baja como en su rango nativo. Además, suponemos que la baja incidencia en las plantaciones está básicamente relacionada con el manejo forestal realizado por el productor. Es claro que tareas como el raleo eliminan ejemplares suprimidos en cuanto al crecimiento y mejora el vigor de los árboles remanentes. Indirectamente, esto contribuye a la sanidad de la plantación. La extensión espacial limitada de nuestro estudio en el Delta del Paraná presenta una importante advertencia a inferencias sobre los impactos futuros para las forestaciones con latifoliadas del país. La información actual es insuficiente para predecir si la agresividad de estas avispas será igual de baja en nuevos ecosistemas.

## PROYECTO DE INVESTIGACIÓN APLICADA (SAFO 203)

### Estudio de la dinámica poblacional y alternativas de manejo de *Hypsipyla grandella* Zéller (*Lepidoptera*, *Piralyidae*) en plantaciones de *Cedrela balansae* en el norte de Salta

Lucia, Alejandro<sup>1</sup>; Balducci, Ezequiel<sup>2</sup>; Sanchez, Estefanía<sup>3</sup>; Baca, Verónica<sup>4</sup>; Bulak, Karina<sup>5</sup>; Gutierrez Brower, Jimena<sup>5</sup>; Romero, A. Ma. Eugenia<sup>5</sup>; Aquino, D. A.<sup>6</sup>; Tavares, M. T.<sup>7</sup>; Quintana De Quinteros<sup>8</sup>, Sara; Malizia, Lucio<sup>9</sup>.

## INTRODUCCIÓN

Las especies de cedros nativos de las Yungas (*Cedrela balansae*, *C. saltensis* y *C. angustifolia*), presentan un gran potencial para el desarrollo de plantaciones forestales, dadas sus tasas de crecimiento, la calidad de su madera y su presencia en el mercado. La principal limitante está dada por la incidencia de *Hypsipyla grandella* (Lep. Pyralidae), una de las plagas forestales más severas conocidas en el trópico. El principal daño es causado por la larva que destruye el brote terminal principal y lateral, barrenando los ápices y haciendo túneles en los tallos jóvenes de árboles del género *Cedrela* (cedros). Los rebrotes de las plantas afectadas por repetidos ataques del insecto, dan como resultado numerosas ramas laterales y, consecuentemente, árboles mal formados, indeseables para la producción de madera (Briceño Vergara, A., 1997).

El objetivo fue estudiar la dinámica poblacional de adultos, el patrón de ataques sobre renovales, para determinar cuál es el momento oportuno de control y establecer una periodicidad de aplicación para la evaluación de productos potencialmente registrables para uso forestal, en el marco del Manejo Integrado de Plagas.

Los objetivos específicos fueron los siguientes:

- Obtener un modelo descriptivo de la abundancia poblacional de adultos de *Hypsipyla grandella* a lo largo de la temporada.
- Identificar y cuantificar los ataques a individuos de *Cedrela balansae* por parte de *Hypsipyla grandella*.
- Asociar la abundancia poblacional de adultos con los ataques observados.
- Determinar la duración de la/s generación/es anual/es de *H. grandella* a lo largo del tiempo.
- Observar la presencia de parasitoides y entomopatógenos

## MATERIALES Y MÉTODOS

El proyecto fue implementado en la Plantación Experimental Valle Morado (PEVM) en Valle Morado, departamento Orán, provincia de Salta, a 385 m.s.n.m.

Para determinar la abundancia relativa de adultos de *H. grandella* a lo largo de la temporada 2012-2014, se distribuyeron 6 trampas de captura de luz UV de tipo veleta con embudo colector, diseñadas ad hoc. La periodicidad de muestreo fue semanal. Cada muestra fue remitida al Laboratorio de Diagnóstico de Plagas (Cátedra de Zoología Agrícola, Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Jujuy) para la identificación de adultos de *H. grandella*.

1. Cátedra de Protección Forestal, Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales, Universidad Nacional de La Plata  
luciaalejandroy@yahoo.com.ar
2. INTA EECT Yuto-
3. Fundación ProYungas -
4. Laboratorio de Diagnóstico de Plagas - Cátedra de Zoología Agrícola, Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Jujuy
5. Biofábrica Misiones S.A -
6. División de Entomología - Facultad de Ciencias Naturales y Museo, Universidad Nacional de La Plata, Museo de La Plata -
7. Depto Ciencias Biológicas, Universidade Federal do Espírito Santo.-
8. Cátedra de Ecología de Comunidades, Universidad Nacional de Jujuy-
9. Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Jujuy.

Para determinar la distribución de ataques de *H. grandella* se seleccionaron 60 renovales y rebrotes de *Cedrela balansae* con una altura máxima de 2 metros y dos años de edad aproximadamente, ubicados en un radio menor a 50 metros de cada una de las trampas de captura de adultos. Los renovales fueron identificados y rotulados para su observación quincenal. En cada fecha de observación se cuantificaron y reemplazaron los renovales atacados por otros no atacados, manteniendo con esta reposición el tamaño de muestra constante. El porcentaje de renovales atacados se determinó mediante el cociente entre la cantidad de renovales atacados sobre un total de 60 para cada fecha de observación.

Para determinar la duración de la/s generación/es anual/es de *H. grandella* a lo largo del tiempo se seleccionaron al azar renovales de *C. balansae* que presentaban ataques recientes, en los cuales se colocaron trampas-jaula de tull semirrígido tubular (18 Mesh) de 60-70 cm de longitud y 15 cm de diámetro, manteniendo las ramas y hojas en su interior. Cada 15 días se procedió a la observación de las mismas y al período de 15 o 30 días posteriores a la colocación, las mismas fueron abiertas y examinadas para determinar la presencia de la larva, pupa o adulto.

Con el fin de aislar microorganismos entomopatógenos nativos de la zona, se obtuvo una muestra de suelo siguiendo el método cinco de oros de la base de los árboles que presentaban ataque de *H. grandella*. La muestra fue enviada al laboratorio de entomopatógenos de la Biofábrica (Posadas, Misiones) para su análisis. Para el aislamiento de hongos entomopatógenos se utilizó el método de trapeo con *Galleria melonella* (Zimmermann, 1986). La muestra fue tamizada y se colocó 300 g en recipientes plásticos por triplicado. Se humedeció el suelo con 30 ml de agua destilada y dentro de cada recipiente se colocaron 10 larvas de *G. melonella* de los últimos instares, se taparon los recipientes y se invirtieron. La incubación se realizó a  $27 \pm 2^\circ\text{C}$  por 7 días invirtiendo diariamente los recipientes. Las larvas se recuperaron del suelo y se desinfectaron con hipoclorito de sodio al 1% seguido de dos enjuagues con agua destilada y posterior escurrimiento sobre papel de filtro. Las larvas expuestas se colocaron en cámaras húmedas estériles y se incubaron a  $26^\circ\text{C}$  hasta la observación de desarrollo micelial sobre su superficie. Se hizo una transferencia de hifas a medio PDA con cloranfenicol 1% y se purificó la cepa.

Para el aislamiento de *Bacillus thuringiensis* se recurrió al método de pasteurización, donde se realizó una dilución  $10^{-1}$  de la muestra de suelo tamizada y se colocó en baño maría a  $70^\circ\text{C}$  por 30 min seguido de un rápido enfriamiento en agua con hielo por 10 min. Se realizaron diluciones seriadas y se sembraron sobre agar nutriente 100  $\mu\text{l}$  de las diluciones  $10^{-3}$  y  $10^{-4}$  esparcidas con la espátula de Drigalsky. La incubación se realizó por 24 h a  $30^\circ\text{C}$  y las colonias aisladas fueron caracterizadas según morfología macro y microscópica.

Se observó la emergencia de insectos de las pupas de *H. grandella* colectadas a campo. Las muestras fueron enviadas para su identificación a la División de Entomología de la Facultad de Ciencias Naturales y Museo, Universidad Nacional de La Plata, Museo de La Plata.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El primer adulto de *H. grandella* fue observado en el mes de septiembre 2012 y el segundo a mediados de noviembre, aunque la mayor captura de adultos fue registra-

da durante los meses de diciembre y enero, estos resultados concuerdan resultados locales obtenidos por Tapia, S; 2012.

El 80% de los adultos capturados se concentró en un periodo aproximado de 71 días (8/12/2013 al 16/02/2013).

Los primeros ataques comenzaron a observarse 8 semanas después del inicio de la foliación de los cedros de la plantación.

La mayor cantidad de ataques se observó a mediados de diciembre, coincidiendo con el pico poblacional de adultos de *H. grandella*. El primer 10 % de los ataques observados se concentró en el término de 22 días (16/11/2012 al 8/12/2013), mientras que el 90 % restante se concentró en 71 días (8/12/2013 al 16/02/2013). Estas observaciones son importantes, debido a que hay un período de 20-30 días desde la presencia de los primeros adultos de *H. grandella* y los primeros daños, hasta que la presencia y los daños fueron de mayor magnitud.

La duración del ciclo de vida total de *H. grandella* fue estimado con aquellas pupas en las que se observó la emergencia del adulto (n= 6 Pupas). Los resultados muestran que una generación de vida de *H. grandella* en estas condiciones de campo dura  $44 \pm 8$  días para la generación estival. Mientras que para la generación invernal se estimó una duración de 115 días. Estos resultados concuerdan con información ya publicada en condiciones de laboratorio, llegando a completar su ciclo de vida total en un total de 4 a 7 semanas (promedio 5 o semanas), dependiendo de las condiciones y la disponibilidad de alimento.

Usando el método de trapeo se logró aislar una cepa de *Beauveria sp.* de la muestra de suelo analizada. La misma presenta una buena tasa de esporulación siendo factible su multiplicación en escala sobre sustrato sólido.

Se logró aislar además una cepa bacteriana con características morfológicas similares a las descritas para *B. thuringiensis*. La misma será tipificada molecularmente con la finalidad de confirmar su identidad.

Se determinó la presencia de un microhimenóptero de la familia Chalcididae parasitando pupas de *H. grandella*. Se observó la emergencia de estos parasitoides en dos de las pupas colectadas a campo. El mismo fue identificado como *Brachymeria subconica*. Las pupas presentaban restos de pelecho del último estadio larval de *H. grandella* y la identificación fue realizada en laboratorio, luego de su colecta.

## CONCLUSIONES

Consideramos que el conocimiento acerca de la dinámica poblacional, puede ser útil para la implementación de nuevas herramientas en el marco de un manejo integrado de la plaga.

Lamentablemente, hasta el día de hoy no se encuentra establecido el Nivel de Daño Económico (NDE) para la adecuada implementación de alguna herramienta de control (por ej. Control químico). Al no tener disponible un Nivel de Daño Económico, no se puede establecer cual es el nivel poblacional de adultos de *H. grandella* en el cual el gasto en que se incurre para realizar el control químico iguala a los beneficios (los mismos evitados por la acción del control químico).

Por otro lado, a pesar de no tener información acerca de un NDE para *H. grandella*, consideramos que es necesario interpretar aún más la información local disponible para determinar un momento biológico oportuno para el inicio y finalización de la implementación de una herramienta de control en el marco de un MIP.

Estamos en presencia de un insecto que puede presentar varias generaciones anuales, variable según condiciones climáticas, presencia de entomopatógenos y parasitoides. Existe la posibilidad concreta de que concorra naturalmente un incremento en el nivel poblacional de *H. grandella* en el mes de febrero y marzo dependiendo el mismo de la supervivencia de la primera generación. De ser así, y al tratarse de un insecto que puede presentar varias generaciones anuales, podría discutirse la posibilidad de realizar tratamientos químicos con mayor periodicidad durante el período inicial del pico, con el fin de no permitir el crecimiento exponencial de la población.

Los valores de distribución relativa de los ataques a lo largo del tiempo representan parte de la información básica para tomar decisiones acerca de cuándo comenzar y cuando terminar la implementación de herramientas en el marco de un manejo integrado de la plaga.

Es importante considerar que la residualidad de un tratamiento químico no solo depende del principio activo, de su formulación y técnica de aplicación, sino también de las condiciones climáticas en ese escenario, que por cierto se caracteriza por presentar su mayor intensidad de precipitaciones y mayor temperatura.

Por lo tanto, la abundancia poblacional de adultos y la distribución de los ataques en función del tiempo nos permitirían ajustar la ventana de tiempo en la cual deberíamos implementar alguna herramienta de control químico o biológico.

El aislamiento de los microorganismos entomopatógenos nos permite evaluar la posibilidad de realizar su multiplicación, formulación y posterior evaluación en campo. La importancia de una cepa fúngica o bacteriana aislada del lugar de acción del insecto nos puede garantizar una correcta adaptación de las mismas al medio en el cual se aplicaran, lo cual se podría traducir en un control más eficaz, de acción rápida y de mayor durabilidad en el tiempo.

Además, la inoculación inundativa de esta cepa, la cual ya se encuentra adaptada a las condiciones edafoclimáticas de la región, permitiría un aumento de su población en el suelo logrando un exacerbamiento de sus efectos entomopatógenos.

La cepa bacteriana aislada, de confirmarse ser *B. thuringiensis* deberá ser probada en ensayos de mortalidad para confirmar su virulencia ante el insecto plaga y así considerarla también como alternativa de control.

## PROYECTO DE INVESTIGACIÓN APLICADA (SAFO 204)

### Alternativas para disminuir incidencia de problemas fitosanitarios en Meliáceas

Agostini J.P.<sup>1,2</sup>, P. A González<sup>1,2</sup>, D. Dummel<sup>1,2</sup>; M. Kornowski<sup>1</sup>, A. Sther<sup>2</sup>

## INTRODUCCIÓN

En la provincia de Misiones, se encuentran dos especies de gran importancia: Paraíso (*Melia azedarach*) y Cedro (*Cedrella fissilis*), ambas Meliáceas. Son de rápido crecimiento, producen madera de alta calidad y de excelente apariencia. Ambas especies son ampliamente demandadas, poseen un alto valor económico y son utilizadas en aserraderos, mueblerías, laminadoras, producción de leña, entre otros usos. Sin embargo, se presentan con menor frecuencia en plantaciones forestales, debido a que poseen problemas fitosanitarios que pueden ser considerados limitantes; afectando su producción a nivel comercial.

El Paraíso se encuentra fuertemente afectado por la presencia del “amarillamiento”, enfermedad causada por un fitoplasma, transmitido por una chicharrita del orden cicadélido (Dalton & Arroyo, 1991), el cual produce amarillamiento del follaje, ramas con forma de “escoba de bruja”, muerte de ramas y puede ocasionar mortandad de árboles.

En cuanto al Cedro, el factor limitante es el daño producido por el “barrenador de los brotes”, *Hypsipyla grandella* (Lepidoptera: Pyralidae) causante de bifurcaciones y deformación del árbol, deterioro en la calidad y cantidad de madera aprovechable en forma de troza.

En su gran mayoría los trabajos se han centrado en métodos de control, químicos, biológicos o silviculturales, aunque existen trabajos sobre la biología del insecto y ecología básica, sin embargo ninguno con éxito. Dentro de la familia botánica del Cedro (Meliáceas) se encuentra *Toona ciliata* (cedro australiano) y *Cabralea canjerana* (cancharana), ambas poseen mayor tolerancia a la acción de ataque de este insecto.

El objetivo general fue encontrar alternativas culturales y de manejo para la solución de ambos problemas y hacer viable comercialmente ambos cultivos.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Se seleccionaron árboles tolerantes al amarillamiento en Paraíso, en toda la provincia de Misiones, recolectándose material para realizar un banco semillero del material selecto, ya sea en forma clonal o por semilla.

En condiciones de invernáculo, se ha testeado la tolerancia a fitoplasma en los plantines de los árboles selectos siguiendo los Postulados de Koch; mediante la inoculación del fitoplasma a través de injerto de ramas afectadas de campo. En condiciones controladas y observándose periódicamente la manifestación de síntomas en los plantines para seleccionar los aparentemente tolerantes.

1. Técnicos INTA EEA Montecarlo.  
Av. El Libertador nº 2472. C. P.3384.  
Montecarlo Misiones.  
e-mail: agostini.juanpedro@inta.gob.ar  
2. UNaM. Facultad de Ciencias  
Eldorado. Misiones



En Cedro a partir del árbol seleccionado, se procedió a tomar estacas de aproximadamente 20 cm de largo y de 2 cm de diámetro, posteriormente fueron injertadas sobre plantines que se encontraban creciendo en macetas, de *Toona ciliata* y *Cabralea canjerana*, por ser consideradas tolerantes al barrenador; evaluándose la compatibilidad del injerto y la capacidad de transmitir tolerancia al ataque de *H.grandella*.

Los árboles injertados fueron implantados en dos condiciones a cielo abierto en el Campo Experimental Laharrague, Montecarlo y bajo dosel arbóreo con baja luminosidad en la Colonia 9 de julio, Eldorado. Los árboles fueron plantados en agosto de 2013, en pares constituidos por uno injertado y otro sin injertar. Un total de 11 pares fueron implantados a cielo abierto a una distancia de 7 X 5 m., mientras que bajo dosel se implantaron 5 pares distanciados a dos metros en el par; en este último cada par fue distribuido en los claros del dosel. La altura de los árboles fue analizada por *t* apareada, y se registró el daño por el barrenador.

## RESULTADOS

En paraíso se seleccionaron individuos aparentemente tolerantes al fitoplasma por sus características silvícolas en diferentes zonas de Misiones: Montecarlo 2, Pto. Rico 1, Pto. Esperanza 3, Jardín América 1; Eldorado 1, Posadas 2 individuos.

De estos árboles seleccionados se procedió a recolectar estacas de diferentes partes del árbol, fueron tratadas con fungicida, y posteriormente sometidas a diferentes concentraciones de Ácido Indol Butírico (IBA), en formulaciones de talco o líquido y posteriormente enterradas sobre sustrato en macetas, y colocadas en cámara de neblina, con una frecuencia de riego cada 15 minutos, con pulsos de 5 segundos de duración; esta operación fue repetida al menos en 2 oportunidades con al menos 50 estacas de cada uno de los árboles selectos.

Se logró un bajo porcentaje de enraizamiento con formulación de talco en todas las concentraciones, mientras con hormona líquida (50 y 100 ppm) se obtuvo un 26,6% y 20% de brotación respectivamente, y un 6,6% de enraizamiento con IBA a 50 ppm. No obstante el porcentaje de enraizamiento se considera muy bajo.

Esta experiencia de enraizamiento de estacas también fue llevada a cabo en laboratorios de tejido de cultivos de la Facultad de Ciencias Forestales, con el mismo resultado. A raíz de esta respuesta, se procedió a la recolección de semillas de árboles selectos; teniendo en cuenta la posible segregación en éstos materiales; y de esa manera la posible tolerancia estimada.

Éstas semillas fueron sembradas en sustrato (50% corteza de pino compostada y 50% suelo rojo) mantenidas en invernáculo con su correspondiente identificación. Las cuales se encuentran en etapa de crecimiento y desarrollo hasta adquirir el tamaño adecuado para realizar la inoculación del fitoplasma y de esa manera comprobar la tolerancia de los árboles selectos de paraíso.

En Cedro, los injertos sobre cancharana no prosperaron por incompatibilidad; mientras que aquellos sobre toona mostraron buena compatibilidad y supervivencia en condiciones de viverización. Luego de dos años de implantados, la supervivencia en la situación de cielo abierto fue de 82% en el caso de los árboles injertados, observándose una buena compatibilidad con el pie de toona; mientras que en los

árboles sin injertar la supervivencia fue de 100%. Bajo dosel el porcentaje de supervivencia fue muy bajo, con excepción de un par que tuvo una mayor exposición a la luminosidad con respecto a los otros pares (Tabla 1). En Cielo abierto el porcentaje de supervivencia fue mayor.

En cuanto al daño observado por el barrenador del brote, en implantados a cielo abierto, se ha registrado hasta dos ataques por temporada de crecimiento, en los árboles sin injertar; y produciendo como consecuencia brotes múltiples con la consiguiente inviabilidad de este tipo de plantaciones; mientras que en aquellos árboles injertados el número de ataques es relativamente menor y con baja intensidad por la rápida cicatrización y continuidad del crecimiento, sin pérdida de la dominancia apical. Por este proceso de cicatrización se puede observar una leve curvatura en el fuste de los árboles injertados. En los que se desarrollan bajo dosel la altura de los árboles injertados fue de tres veces mayor que en los sin injertar. En el caso de los implantados a cielo abierto el crecimiento en altura de los árboles injertados luego de dos años fue en la misma proporción que los que crecen bajo dosel.

**TABLA 1**

	BAJO DOSEL		CIELO ABIERTO	
	Sobrevivencia (%)	Altura (m)	Sobrevivencia (%)	Altura (m)
Injertados	20	2,1	82	2,6
Sin Injertar	20	0,6	100	0,9

**Tabla 1.** Porcentaje de supervivencia y altura en metros, de árboles de Cedro misionero (*Cedrella fissilis*) injertados sobre cedro australiano (*Toona ciliata*), bajo dos condiciones de implantación, en la provincia de Misiones.

## CONCLUSIONES

En paraíso se han detectado árboles tolerantes a fitoplasma, que aún requieren determinar su real tolerancia, a fin de disponer de material de germoplasma para ofrecer al sector productivo.

Es necesario mejorar el protocolo para enraizamiento de estacas de paraíso, manteniendo vivas aquellas estacas enraizadas, a fin de propagar clones genéticamente idénticos a los identificados como tolerantes a fitoplasma.

El uso de toona como pie de injerto para el cedro, si bien no confiere resistencia si se puede observar que no se interrumpe su dominancia apical, y se observan leves daños por su cicatrización.

El uso de esta práctica de injerto facilita la producción de cedro pero requiere un mayor costo en la producción de plantines.

Sería una buena práctica como enriquecimiento de capueras degradadas, teniendo en cuenta el factor luminosidad para su desarrollo.

## PROYECTO DE INVESTIGACIÓN APLICADA (SAFO 206)

### Estudio de la reacción de clones de álamo a *Melampsora* y desarrollo de un set de líneas diferenciales para la caracterización de patotipos presentes en el delta del Paraná

Mema, V. <sup>(1,2)</sup>; Ingala, L. <sup>(3)</sup>; Sacco, F. <sup>(3)</sup>.

# 206

## INTRODUCCIÓN

La roya del álamo, ocasionada por *Melampsora spp.*, es una de las principales enfermedades fúngicas que afectan las plantaciones de álamo (*Populus spp.*) en Argentina y el mundo. Las royas son de hábito nutricional biotrófico, parasitan tejidos jóvenes de plantas vigorosas, y consumen fotosintatos, incrementando la respiración y la transpiración del hospedante. Los efectos mencionados anteriormente se traducen en defoliaciones prematuras de diferente intensidad, reducciones del 30-50% en la producción de biomasa en estaqueros y disminución del 40-60% del volumen de madera producida en plantaciones, respuestas condicionadas al clon evaluado. Actualmente en Argentina, existen clones comerciales con buenos niveles de resistencia, pero a medida que alcanzan gran difusión se tornan susceptibles, ya que actúan como agentes selectivos de nuevas cepas virulentas del patógeno. A nivel mundial se identificaron numerosas razas del patógeno, que permitieron diferenciar líneas o cultivares resistentes a una o a un grupo de razas, siendo necesario que cada país cuente con sus propias líneas diferenciales. Se desarrollaron técnicas apropiadas de colecta, multiplicación y conservación del inóculo, como así también procedimientos básicos de inoculación sobre plantas de álamo y la evaluación de las reacciones frente a *Melampsora spp.*

El objetivo del presente trabajo fue desarrollar y evaluar una colección de distintos clones de álamo disponibles, frente a diferentes aislamientos de *Melampsora spp.*

## MATERIALES Y MÉTODOS

El período de muestreo consistió en colectas quincenales durante los meses de diciembre a abril de las campañas 2012/13. La recolección del inóculo se realizó sobre hojas que presentaban infección natural de *Melampsora spp.* de diferentes cultivares de *Populus deltoides* y *Populus x canadensis*, del vivero de la E.E.A **INTA Delta** y del banco clonal del Instituto de Recursos Biológicos del **INTA Castelar**. Se obtuvieron un total de 29 aislamientos de roya, de las cuales sólo 8 se utilizaron en el presente trabajo. Para identificar las **razas fisiológicas** se desarrollaron 15 líneas diferenciales de *P. deltoides* y *P. x canadensis* a partir de estacas implantadas en tubetes individuales bajo condiciones controladas en invernáculo. La **inoculación artificial** en plántula se realizó a partir de una masa de uredosporas colectadas sobre un hisopo, el cual suavemente se utilizó para esparcir las esporas sobre ambas caras de las hojas. Se incubaron durante 16 horas en oscuridad, a 15-20°C y en un ambiente de humedad saturado. Posteriormente, se trasladaron a una cámara de crecimiento a 15-20° C, con un régimen de luz/oscuridad de 12 horas. A los 15 días se realizó una evaluación preliminar de los síntomas y a los 21 días la evaluación final. La caracterización de la reacción se realizó según la escala de Mains y Jackson (1926). Esta escala permitió registrar diferencias en cuanto a la presencia de esporulación (tamaño y cantidad de pústulas) y grados de resistencia o susceptibilidad según la respuesta del hospedante. Para evaluar la variabilidad genética de las cepas se emplearon marcadores moleculares AFLPs. Se realizó

1. EEA Delta del Paraná. INTA. Argentina. vmema@agro.uba.ar

2. Facultad de Agronomía. Universidad de Buenos Aires. Argentina.

3. Instituto de Genética "Ewald A. Favret" CNIA-INTA Castelar. Argentina.

la extracción de DNA de 11 aislamientos mediante el procedimiento CTAB y mediante la utilización de 8 combinaciones de cebadores (*PstI/MseI*) selectivos de AFLPs se obtuvieron los correspondientes productos de amplificación.

Estas combinaciones permitieron detectar polimorfismo entre las muestras y se construyó una matriz básica de datos que permitió la construcción de una matriz de similitud y realizar un análisis de agrupamientos mediante UPGMA. (NTSYS-PC 2.0, Rohlf 1998).

## RESULTADOS

**Pruebas de patogenicidad:** Para todos los genotipos evaluados, a los 8 días de realizada la infección se obtuvo un 95% de esporulación (aparición de primeras pústulas).

A los 21 días se realizaron las lecturas sobre los tipos de infección según la respuesta de los materiales evaluados. Los datos obtenidos pueden visualizarse en la Tabla 1, para las 8 razas utilizadas sobre los 15 clones que integran el set diferencial.

**Tabla 1:** Datos obtenidos del relevamiento efectuado sobre el set de líneas diferenciales para los 8 aislamientos evaluados, nomenclatura basada de la escala de Mains y Jackson. Flecks (o). Resistente (r). Moderadamente resistente (mr). Moderadamente susceptible (ms). Susceptible (s). Sin reacción (sd).

CLONES	RAZAS							
	St. 71	St. 109	St. 67	A 160/60	A 129/60	610-31	Constanzo	562-40
P. deltoides St 67	0;	0;	3+++ s	0;	0;	0;	sd	sd
P. deltoides St 71	2+++ ms	1+2+ mr	2+++ ms	3+++ s	3+++ s	2+++ ms	sd	sd
P. deltoides St 91	11+	r	2+++ ms	11+	0;	0;	sd	sd
P. deltoides St 109	0;	22++	0;	0;	0;	0;	sd	sd
P. deltoides Australiano 106-60	1++2 mr	1++2 mr	3+++ s	3+++ s	11+	2+++ ms	sd	3+++ s
P. deltoides Australiano 129-60	1++2 mr	1++2 mr	3+++ s	3+++ s	3+++ s	2+++ ms	sd	1++2 mr
P. deltoides Catfish	2+++ ms	2+++ ms	2+++ ms	3+++ s	3+++ s	2+++ ms	sd	sd
P. deltoides Onda	1++2 mr	1++2 mr	22++	3+++ s	3+++ s	2+++ ms	sd	sd
P. deltoides Carabelas	0;	0;	11+	2++	11+	11+	sd	sd
P. deltoides 564-16	0;	0;	11+	2++	11+	11+	sd	sd
P. deltoides 562-40	22++	2+++ ms	sd	2+++ ms	2+++ ms	11+	sd	3+++ s
P. deltoides 610-31	2+++ ms	1++2 mr	0;	2+++ ms	11+	11+	sd	sd
P x canadensis Ragonesse 22	0;	0;	sd	2+++ ms	sd	0;	sd	sd
P x canadensis 2000 Verde	22++a2+++	2+++ ms	sd	sd	1++2 mr	sd	sd	sd
P x canadensis Bl. Constanzo	sd	sd	sd	3+++ s	3+++ s	1++2 mr	2+++ ms	2+++ ms

De los 8 aislamientos evaluados, sólo uno **Constanzo** no mostró síntomas de virulencia para los genotipos probados, a excepción del clon del cual se obtuvo la muestra. Es el único aislamiento proveniente de materiales de *P x canadensis*. La raza **562-40** fue virulenta para un número reducido de materiales, como son los clones "Australiano" (106/60 Y 129/60), y el Constanzo. Estos dos aislamientos presentaron en el set un muy bajo nivel de agresividad y virulencia.

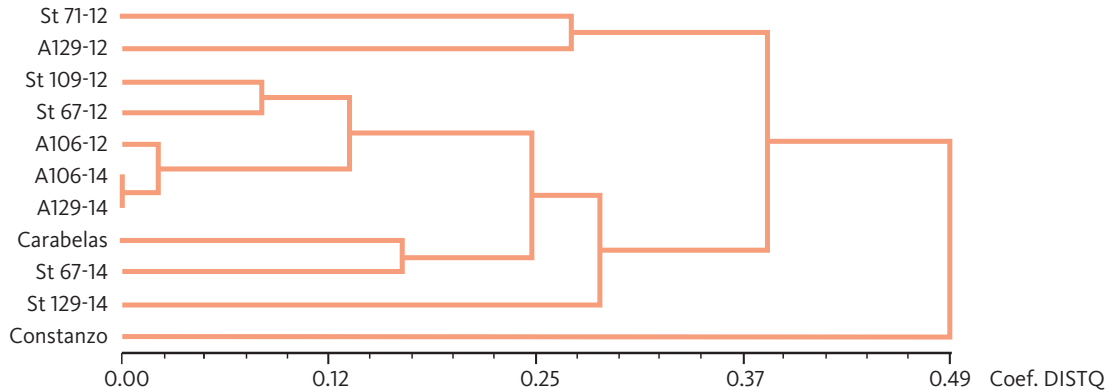
Las razas aisladas sobre materiales de *P. deltoides*: 610-31, St. 67, St. 71 y St. 109, en su mayoría colectadas sobre clones de Stoneville, presentaron diferentes patrones de interacción con los genotipos evaluados, siendo algunos clones resistentes o moderadamente susceptibles. Estas razas presentaron un comportamiento de virulencia intermedia para los materiales estudiados.

Por último, la mayoría de los materiales evaluados fueron susceptibles frente a las razas aisladas sobre clones de *P. deltoides* cv "Australianos" (106/60 y 129/60), Estas

razas resultaron ser las de mayor virulencia y agresividad para los clones que conforman nuestro set.

El análisis de los 11 aislamientos de *Melampsora spp.* con las 8 combinaciones de primers seleccionados permitió visualizar 37 bandas polimórficas.

**FIGURA 1.**



**Figura 1:** Dendrograma obtenido por la técnica de agrupamiento UPGMA utilizando el Coeficiente de Distancia Q a partir de los datos de marcadores moleculares AFLPs.

A partir del análisis de agrupamiento (UPGMA) se pudieron visualizar las relaciones genéticas entre los individuos en forma gráfica con un **Dendrograma**, basado en los datos de polimorfismos de los marcadores moleculares de AFLP.

Dicho análisis permitió diferenciar claramente la muestra colectada sobre *P x canadensis* cv “Constanzo” del resto de las muestras (Figura 1) a una distancia de 0,50.

Posteriormente se generaron dos grupos a una distancia de 0.40, el primero con sólo dos aislamientos provenientes de la campaña 2012 (St71 y A129) y el segundo con muestras de las dos campañas y de diversos orígenes genéticos.

Se observa que la muestra colectada sobre el clon St71, se separa del resto de las muestras con un coeficiente de distancia de 0,30.

El resto de las muestras forman tres subgrupos, uno con muestras exclusivas de “Australiano”, otro con aislamientos exclusivos de “Stoneville” y el último más heterogéneo en cuanto al origen genético del material.

La implementación de la inoculación artificial es una excelente herramienta para la evaluación de la expresión de resistencia/susceptibilidad frente a la roya. Principalmente porque podemos: evaluar la reacción en forma aislada de cada patógeno, asegurarnos que todos los individuos estén en contacto con la misma cepa patogénica; por lo tanto la ausencia de síntomas o diferencias en las reacciones pueden deberse a variaciones en la relación gen a gen, virulencia del patógeno frente a los genes de resistencia del hospedante

Además, mediante el control de las condiciones ambientales durante la incubación se asegura el desarrollo de la enfermedad; permitiendo valuar un gran número de genotipos en un espacio reducido y en corto tiempo, ya que puede realizarse en estadios tempranos

En resumen, la inoculación artificial permite mejorar la eficiencia de selección de genotipos resistentes siendo esta la manera más sustentable de controlar la enfermedad, además permite reducir el costo requerido para alcanzar dicho objetivo.

## PROYECTO DE INVESTIGACIÓN APLICADA (SAFO 207)

### Caracterización molecular de cepas de *Deladenus siricidicola* (Tylenchida: Neotylenchidae), agente de control biológico de *Sirex noctilio* (Hymenoptera: Siricidae) en Patagonia Norte: detección de variedades No Esterilizantes

Moreno, A. C. <sup>(1)(2)\*</sup>; Marchelli, P. <sup>(3)(5)</sup>; Villacide, J. M. <sup>(4)</sup>; Corley, J. C. <sup>(2)(3)(4)</sup>

## INTRODUCCIÓN

La avispa barrenadora de los pinos *Sirex noctilio* es una de las principales plagas del cultivo de *Pinus spp.* a nivel mundial. La propagación geográfica de *S. noctilio*, así como el crecimiento de algunas de sus poblaciones determinan la creciente necesidad de medidas efectivas de control. Entre varias opciones de manejo, se destaca el control biológico, basado en la introducción del nemátodo entomopatógeno *Deladenus (Beddingia) siricidicola*. Este parásito se aloja dentro de las gónadas de *S. noctilio*, dando lugar a nuevas generaciones de avispas estériles. A pesar de su uso generalizado en áreas donde *S. noctilio* se ha establecido, la capacidad del nematodo para el control de los estallidos o picos poblacionales de *S. noctilio* no ha sido aun demostrada. Más aún, pese a considerables esfuerzos de introducción, en algunas zonas son muy bajos los niveles de parasitismo alcanzados. Se ha sugerido que las causas de los niveles variables de parasitismo observado podrían deberse a problemas en la inoculación del nematodo o a las características genéticas propias de los aislamientos originales del parásito.

En sus comienzos, el programa de control mediante *D. siricidicola* se basó en la obtención, re-cría e introducción en áreas de invasión de la plaga de cepas obtenidas en el área de origen. Los primeros inóculos utilizados en el primer país afectado significativamente por la plaga en el siglo XX (Australia) procedían de Hungría (denominada cepa Sopron). Por el éxito en ese país, estos inóculos fueron exportados a Sudamérica. Sin embargo, en 1989 se detectó en Australia una variedad defectiva de esta cepa, volcándose el esfuerzo hacia la colección de una nueva cepa, en otras regiones con la plaga o especies de insectos similares (cepa Kamona, de origen neozelandés).

Desde la detección de *S. noctilio* en Argentina en la década de 1980, se han adoptado medidas de manejo basadas fuertemente en el control biológico con *D. siricidicola*. Estas medidas se suman a otras acciones, como el manejo sanitario silvícola y el uso de otros agentes de control biológico (introducción de insectos parasitoides). Dichas medidas han estado a cargo de diferentes organismos nacionales, extranjeros y en algunos casos también de particulares.

En el NO de la Patagonia, donde hay una superficie de más de 96.000 hectáreas de pinos plantadas, la plaga se encuentra establecida desde 1993. Las introducciones de inóculos de nematodos en la zona se realizan desde el año 1998, siendo los primeros inóculos introducidos provistos por el laboratorio de cría en la EEA-Montecarlo del INTA. Desde el año 2001, con la puesta en marcha del programa binacional argentino chileno de control de *S. noctilio*, (SENASA -SAG), las inoculaciones en la Patagonia argentina se realizaron con inóculos producidos por la EEA INTA Montecarlo (Argentina) y por la CPF-(CHILE). Este escenario heterogéneo, sumado

1. CONICET- CCT Mendoza. Laboratorio de Dendrocronología e Historia Ambiental;
  2. Universidad Nacional del Comahue, Centro Regional Universitario Bariloche, Cátedra de Física y Química Biológica Aplicada;
  3. CONICET;
  4. INTA-EEA Bariloche- Ecología de Poblaciones de Insectos;
  5. INTA-EEA Bariloche- Genética Ecológica y Mejoramiento Forestal
- \*cmoreno@mendoza-conicet.gov.ar

a un complejo paisaje de las plantaciones en Patagonia, y al hecho de que las cepas del parásito introducidas han sido de orígenes variables, dificulta el análisis tanto de la efectividad del programa de manejo en sí mismo, como el de los nematodos (tipos de cepas, por ejemplo) en particular.

El objetivo general de este proyecto fue caracterizar mediante el uso de marcadores genéticos moleculares, las cepas de *D. siricidicola* presentes en plantaciones de *Pinus spp.* infestadas con *S. noctilio* en el NO de la Patagonia.

## MATERIALES Y METODOS

### Selección de sitios y recolección de avispas

Se seleccionaron cuatro plantaciones de interés de *Pinus spp.* infestadas por *S. noctilio* en el noroeste de la Patagonia, situadas en Chubut (1), Río Negro (2) y Neuquén (1). Además se obtuvieron siete avispas procedentes de 3 sitios de Neuquén (Junín, Quechuquina y Andacollo). De las plantaciones se extrajeron trozas de pino de 1 m de largo de árboles recientemente atacados por Sirex, que fueron mantenidas en jaulas individuales. Las avispas emergidas en el verano de 2013 fueron recogidas en las siguientes 24 a 48 hs, y mantenidas en heladera si la disección se realizaba dentro de los dos meses de capturadas, o en freezer a  $-20/-80$  °C si este tiempo se prolongaba. Las muestras procedentes de Neuquén fueron colectadas y provistas por personal de SENASA en la temporada 2014, y tratadas del mismo modo. Una muestra del inóculo distribuido comercialmente fue provista por los responsables del laboratorio de Cría de Nematodos de la EEA INTA Montecarlo

### Obtención de muestras y análisis moleculares

Se disectaron en total 61 avispas hembras. Bajo lupa, se registró la presencia de nematodos en los insectos, como también la ubicación de los mismos: dentro o fuera de los óvulos. Los nematodos fueron colocados en alcohol 70%, y almacenados a  $-80$  °C hasta la extracción de ADN. Se realizó la extracción de ADN desde todos los nematodos que fueron obtenidos de cada avispa; posteriormente se extrajo el ADN y se confirmó su concentración, para luego amplificar las secuencias parciales del gen mitocondrial de la subunidad I de la enzima citocromo oxidasa C (en adelante, *COI I*) y el microsatélite nuclear *DS01*, en 32 muestras. La amplificación se verificó en geles de agarosa 1 % (todos los protocolos pueden ser solicitados vía mail a los autores).

Los productos obtenidos se purificaron y se enviaron al Servicio de Secuenciación de la Unidad de Genómica del INTA Castelar. Además, se obtuvieron desde el Gene Bank la secuencia de *COI I* de *D. siricidicola* aislado en Nueva Zelanda (2007), y de inóculos comerciales analizados en Canadá (2012) y USA (2013), todos correspondientes a la cepa infectiva Kamona. También se obtuvieron las secuencias de las cepas reportadas como No Esterilizantes (NS), las cuales no resultan útiles para ser implementadas como controles biológicos, provenientes de Ontario, Canadá (2009), y otras tres procedentes del estado de Nueva York (USA, 2012 y 2013). Las secuencias forward y reverse se ensamblaron para obtener la secuencia consenso de cada muestra y luego se realizaron alineamientos múltiples utilizando BioEdit v7.0.9. El soporte de los alineamientos se calculó con el método de Bootstrap usando 1000 repeticiones. La longitud total de las secuencias *COI I* obtenida fue de 610 pb, en tanto que para el microsatélite *DS01* la longitud de los fragmentos fue de entre 143 a 183 pb. Con estas secuencias y las obtenidas del banco de genes se estimó la matriz de identidad de secuencias. También con el programa BioEdit v7.0.9 se realizó



el mapa de restricción para las enzimas Aci I y Rsa I para la región *COI I* y Hae III para *DS01*, el cual permite diferenciar cepas (Kamona vs No Esterilizante para *COI I*) y procedencias (USA vs Canadá para *DS01*).

## RESULTADOS

### Nivel de parasitismo

De un total de 61 avispas hembras disecadas, 39 (64 %) se encontraban parasitadas con nematodos, observando en 10 de éstas nematodos fuera de los huevos (25,64 % del total de avispas parasitadas) (Tabla 1).

**TABLA 1**

Provincia	Plantación	Número total avispas analizadas	% avispas parasitadas	Presencia de nematodos		Cepa detectada
				dentro huevos	fuera huevos	
Chubut	Cholila (CH)	16	50	5	3	Kamona
Rio Negro	B. Martin (BM)	16	62,5	9	1	NS1; Kamona
Rio Negro	M. Martin (MM)	10	100	10	0	NS1; Kamona
Neuquén	Quechuquina (Q)	2	100	0	2	NS2; Kamona
Neuquén	Junín (J)	4	0	0	0	-----
Rio Negro	BM-MM	1	100	1	0	-----
Neuquén	Las Ovejas	11	63,6	7	0	Kamona
Neuquén	Andacollo	1	100	0	1	NS1

**Tabla 1:** Cantidad de avispas analizadas y porcentaje de parasitismo de acuerdo a la procedencia. Se especifica además las cepas que se detectaron (ver el texto para mayor detalle).

### Identificación molecular

El 86% de las muestras provenientes corresponde a la cepa Kamona, mientras que el resto corresponde a la cepa informada como No Esterilizante (100% de similitud en ambos casos, NS1 y NS2).

Del análisis conjunto de las dos regiones génicas aquí presentadas se confirmaría la existencia, en el norte de Patagonia, de al menos tres cepas: 1) Kamona; 2) No Esterilizante Hemisferio Sur (NS1); 3) No Esterilizante Hemisferio Norte (NS2) (Tabla2; Figura 1).

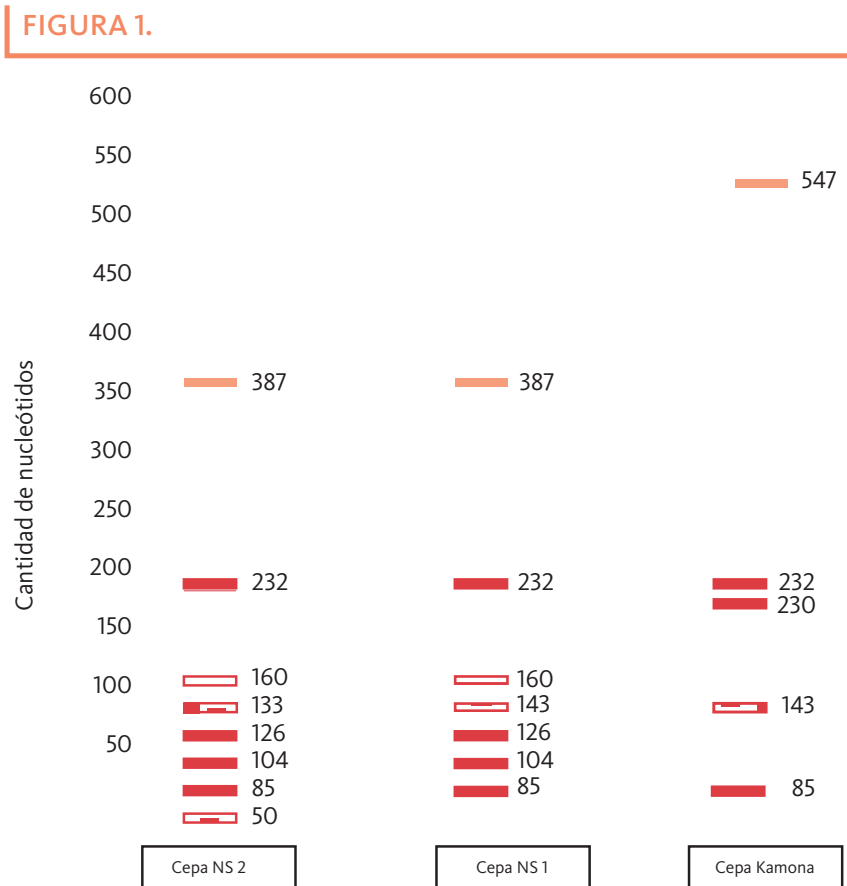
**TABLA 2**

Región ADN	COII		DS01	
	Ac I	Rsa I	Hae III	Nº rep
Cepa Kamona	0 sitios	2 sitios	0 sitios	10
NS 1	1 sitio	3 sitios	0 sitios	10
NS 2	1 sitio	3 sitios	1 sitio	16

**Tabla 2:** Caracterización de las cepas encontradas de acuerdo a la cantidad de sitios de corte existentes en las dos regiones analizadas (*COI I* y *DS 01*) para las tres enzimas evaluadas (Aci I; Rsa I y Hae III). Se indica además la cantidad de repeticiones del motivo nucleotídico (GTA) existente (Nº rep.)

El inóculo comercial provisto por el laboratorio de Cría de Nematodos de la EEA Montecarlo del INTA en la temporada 2013 correspondió a la cepa Kamona, reportada como útil para el control biológico de *S. noctilio*.

**Figura 1:** Esquema de un gel de electroforesis con el patrón de bandas obtenido para cada cepa detectada en Patagonia Norte al utilizar las tres enzimas de restricción mencionadas. Sobre la izquierda se sitúa una escala indicando el tamaño de los fragmentos. Cada marca indica la existencia de un fragmento de ADN en esa posición. El tamaño de cada fragmento es informado junto al mismo. Rectángulos negros: fragmentos obtenidos de la región *COI I* con la enzima Rsa I; rectángulos blancos: fragmentos obtenidos de la región *COI I* con la enzima Aci I; rectángulos punteados: fragmentos obtenidos de la región *DS O1* con la enzima Hae III.



## DISCUSION

A pesar de los trabajos que mencionan la homogeneidad de las cepas existentes en Sudamérica, los resultados aquí descritos indican la existencia en las poblaciones naturales de la plaga de 3 cepas distintas de *D. siricidicola*, coexistiendo en las mismas plantaciones (y posiblemente aún dentro de la misma avispa).

El 14 % de los nematodos que parasitan a *S. noctilio* en el NO de la Patagonia, pertenecen a la cepa denominada No Esterilizante (NS) en USA y Canadá. Sin embargo, en la región patagónica aparecen dos variedades de esta cepa: una caracterizada como procedente del Hemisferio Sur, NS1 (presentes en Andacollo, y en las dos plantaciones rionegrinas analizadas) y una coincidente con la detectada en el Hemisferio Norte, NS2, presentes en nuestra región en las plantaciones de Quechuquina. En tanto, las avispas procedentes de Chubut estaban infectadas únicamente por la cepa Kamona.

En tres de los cuatro casos en donde se detectó molecularmente la presencia de la cepa No Esterilizante (NS1 y NS2), los nematodos se encontraban dentro de los huevos, por lo que la ubicación de los nematodos no parecería tener relación con el carácter No Esterilizante de la cepa.

De acuerdo a los datos obtenidos de este trabajo y los informes acerca de la aparición y dispersión de Sirex en la zona, parecería adecuado afirmar que la presencia mayoritaria de la cepa Kamona no aseguraría el éxito del control biológico sin adecuadas prácticas de manejo asociadas.

## CONCLUSIONES

Los nematodos presentes en plantaciones de *Pinus spp.* de Patagonia Norte son de origen diversos, contrario a los postulado por otros trabajos, registrándose la presencia de, al menos, tres cepas. Este constituye el primer trabajo para la región en donde se detecta la presencia de cepas No Esterilizantes, siendo una de ellas idéntica a la informada en el hemisferio norte, y la otra una variante no informada hasta el momento.

La captura de avispas a campo como fuente de inóculos de nematodos para la cría en laboratorio y posterior obtención de dosis comerciales de *D. siricidicola* como controlador biológico de *Sirex noctilio*, no es recomendable sin una identificación molecular previa.

Los marcadores empleados en este estudio poseen una capacidad discriminante que permite identificar cepas reportadas como No Esterilizantes (NS).

## PROYECTO DE INVESTIGACIÓN APLICADA (SAFO 210)

### Susceptibilidad de especies de *Populus* e híbridos a *Septoria musiva* en la región de Cuyo

Lucero G.S.<sup>1,2</sup>, Pizzuolo P.H.<sup>1,2</sup>, Hapon M.V.<sup>1,2</sup>, Riu N.E.<sup>3</sup>, Naves N.<sup>3,4</sup>, Echevarria S.<sup>2</sup>, Zanetti P.<sup>3</sup>, Benegas J.<sup>2</sup>, Peralta F.<sup>2</sup>, Soto Becerra A.<sup>2</sup>

# 210

Las Salicáceas son árboles y arbustos originarios de zonas templadas y subtropicales. Esta familia incluye a los álamos (*Populus spp.*) y sauces (*Salix spp.*), los cuales presentan, en general, rápido crecimiento, fácil propagación vegetativa y adaptación a diversas condiciones de clima y suelo. Por estas ventajas son unas de las especies forestales cuyo cultivo permite cubrir la demanda de madera del mundo. También desempeñan un papel importante en la fitorremediación de tierras degradadas, la rehabilitación de ecosistemas frágiles y la restauración de paisajes forestales.

La región de Cuyo, ubicada en la zona centro-oeste del país integra el área de los oasis bajo riego de las zonas áridas de Argentina, una de las tres grandes zonas donde se cultiva el álamo. Esta región incluye las provincias de Mendoza, San Juan y San Luis y posee un ambiente con marcado déficit hídrico y suelo suelto. Estas características hacen que los cultivos realizados allí deban ser irrigados en forma artificial. El álamo es el cultivo forestal más cultivado (90%), el 20 % en macizos y el resto en cortinas rompevientos que protegen los cultivos

Los forestales son especies perennes que durante muchos años se encuentran en el mismo lugar, todas las plantas tienen la misma edad y además generalmente las plantaciones son realizadas con individuos idénticos genéticamente. Estas características hacen que sea un ecosistema inestable, expuesto a plagas y enfermedades.

Las plagas y enfermedades pueden afectar tanto la calidad como la cantidad de madera, disminuyendo el valor comercial de los montes en pie. Son varias las plagas que afectan al álamo en la región y entre las enfermedades, la cancrrosis del álamo causada por *Septoria musiva* es la enfermedad con mayor influencia en la región afectando la cantidad y calidad de madera producida. *Septoria musiva* es un hongo que se encuentra presente en pocos lugares del mundo como ser: en Estados Unidos, Canadá, Argentina, Brasil y recientemente en Chile. En Europa todavía no se encuentra presente, por lo que es temida su introducción restringiendo o reglamentando la importación de plantas y madera de esta especie forestal.

*S. musiva* produce caída de hojas prematura y canchros en ramas y troncos. Estos últimos dificultan el agostamiento de la madera y disminuyen la calidad de la misma, siendo no apta para la industria del debobinado o aserrado. La caída de hojas prematura reduce el área fotosintetizante del árbol. Por otro lado, los canchros producidos en tronco pueden rodear al árbol predisponiéndolos a daños por viento, matando la porción distal del árbol. El control químico y cultural de la cancrrosis es difícil y sólo parcialmente efectivo. Entre las principales medidas silviculturales para evitar o disminuir los daños de ésta, como de otras enfermedades forestales, es el uso de material genético resistentes.

Los distintos clones de *Populus* difieren en su susceptibilidad. Algunos clones son tan susceptibles que no pueden cultivarse en ciertos lugares como sucede en el cen-

1. Laboratorio de Fitopatología, Instituto de Biología Agrícola de Mendoza, CONICET-UNCuyo;  
2. Cátedra de Fitopatología, Facultad de Ciencias Agrarias, UNCuyo;  
3. Cátedra de Dasonomía, Facultad de Ciencias Agrarias, UNCuyo, Mendoza Argentina;  
4. Dirección de Producción Forestal del MAGyP – slucero@fca.uncu.edu.ar

tro-norte de Estados Unidos. Por ello, la mejor manera de prevenir esta enfermedad es plantar clones altamente resistentes.

A nivel internacional se ha demostrado que la susceptibilidad a la cancrrosis es variable según el clon, tipo de suelo, agresividad del aislado y características del micrositio. Testear la respuesta de los clones de álamo a la inoculación con aislados de *S. musiva*, en condiciones ambientales controladas, permite detectar aquellos clones más y menos probablemente dañados por la enfermedad.

Por ello, es necesario conducir investigaciones que generen conocimientos sobre los niveles de adaptación del material vegetal disponible. Esto permitirá ayudar a los productores a tomar la decisión sobre qué clones plantar, dónde plantarlos, en modo de maximizar los rendimientos y reducir al mínimo el riesgo a la enfermedad. Los objetivos de nuestra investigación fueron: determinar incidencia y severidad de la cancrrosis del álamo en la región de Cuyo, realizar un mapeo de la enfermedad y determinar los clones cultivados que presentan baja susceptibilidad o elevada resistencia; y determinar si existen diferencias morfológicas entre diferentes aislados del hongo presentes en la región.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Para establecer la incidencia y severidad de *S. musiva* en la región de Cuyo fueron identificadas las propiedades con plantaciones de álamos en macizos o en cortinas cortavientos. En cada una de ellas se determinaron los clones implantados y durante los meses de receso vegetativo se realizó un muestreo registrando número de ejemplares enfermos y cantidad de lesiones en el fuste principal ocasionadas por el patógeno en estudio. Con los datos se calculó susceptibilidad e incidencia a la enfermedad para cada clon y localidad. Con estos datos se elaboró un mapa de la región y se determinó susceptibilidad clonal. Complementariamente, se llevaron a cabo ensayos de susceptibilidad clonal en laboratorio.

Para analizar si existían diferencias entre aislados de distintos clones y zonas, se realizaron pruebas en laboratorio a fin de comparar sus características morfológicas, de crecimiento y fisiológicas.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

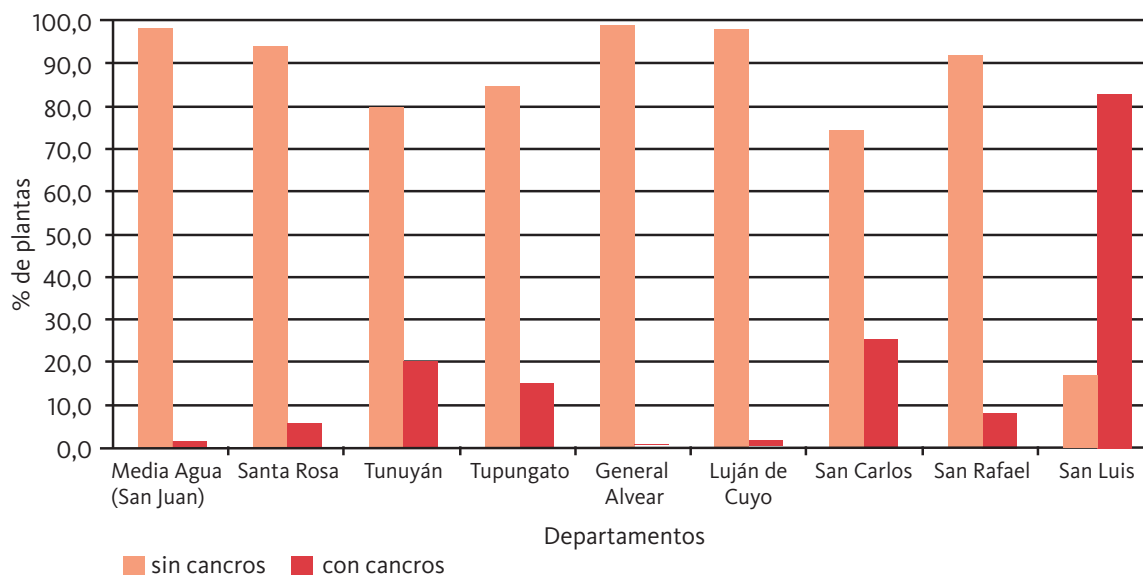
De los registros se pudo observar que en la región de Cuyo son muy pocos los clones utilizados, siendo los clones encontrados 'Harvard', 'Catfish', 'Conti-12', 'Guardi', 'I-214' e 'I-129'.

De las localidades seleccionadas para los muestreos, se observa que en las localidades de Capiz (San Carlos), La Primavera (Tunuyán) y Las Malvinas (San Rafael) se encuentran presente más de un clon. El resto de las localidades evaluadas presentan plantaciones monoclonales.

En los departamentos de San Carlos, Tunuyán, Tupungato y San Rafael de Mendoza fue donde se presentó mayor porcentaje de plantas con cancros, al igual que en San Luis (Fig. 2). Analizando sólo el clon más implantado 'Conti-12', los resultados fueron similares (Fig.3)

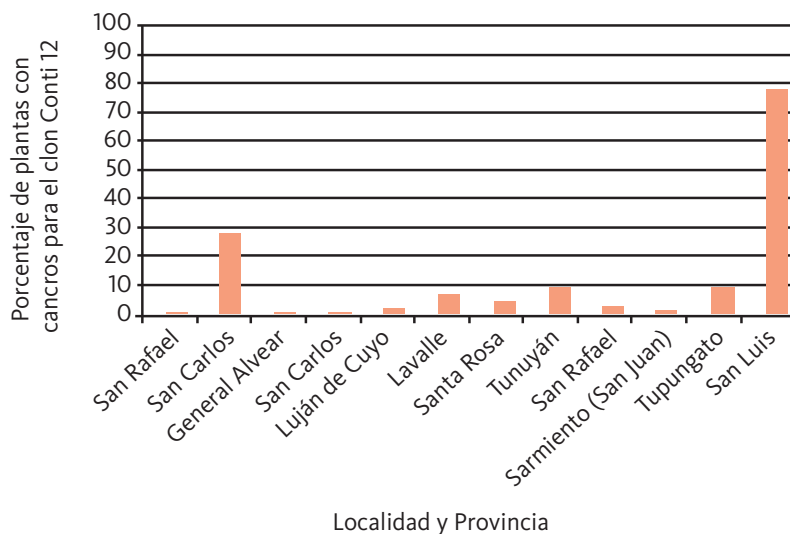
El clon más ampliamente cultivado en la región de Cuyo es el 'Conti-12', seguido por 'Catfish' y en menor medida los clones 'Guardi', 'Harvard', 'I-214' e 'I-129'.

**FIGURA 2.**



**Fig. 2:** Porcentaje de plantas sin cancos y con cancos de *S. musiva* por localidad muestreada.

**FIGURA 3.**



**Fig. 3:** Variación de la incidencia de la enfermedad según localidad y provincia en el clon Conti 12

Los clones 'I-129', 'I-214' y 'Catfish' resultaron ser los más atacados por *S. musiva*, seguido por el clon 'Conti-12', Harvard y en menor medida el clon 'Guardi' (Fig. 4).

En las pruebas de laboratorio resultaron menos susceptibles a cancos en rama los clones 'Soligo', 'Tripló' y 'Conti 12', seguido por 'Harvard' y 'Beaupré' y finalmente

FIGURA 4.

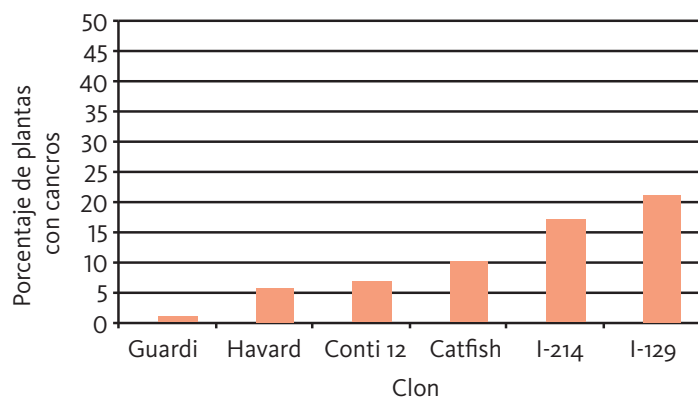


Fig. 4: Porcentaje de plantas afectadas por canchros del álamo en la región de Cuyo según clones de álamos

un tercero con el clon 'Enza'. Éste último resultó el más susceptible de los clones estudiados. En los ensayos de susceptibilidad de los clones con infección de hojas, el comportamiento de algunos clones fue diferente, por ejemplo el clon 'Enza' que resultó ser muy susceptible a infección en tallo, para infección en hojas manifestó poca susceptibilidad, menor que 'Conti 12'. Al igual que el clon 'Harvard' quien manifestó alta susceptibilidad a *S. musiva* en tronco, en infección a hojas mostró poca susceptibilidad.

A partir de estos resultados se puede decir que a pesar de que en la región de Cuyo 'Conti 12' es el clon más utilizado, por ser poco susceptible a *S. musiva*, sería sumamente interesante realizar plantaciones, a mayor escala, con los clones 'Soligo' y 'Tripló' cuyo comportamiento in vitro fue similar al primero. Si 'Soligo' y 'Tripló' demostraran en estudios posteriores, un buen comportamiento a campo, podrían constituir una alternativa a Conti 12 de modo de aumentar la variabilidad genética presente en los cultivos de álamo de la provincia de Mendoza.

Con respecto a las diferencias entre los distintos aislados obtenidos de *Septoria musiva* se observaron diferencias morfológicas y de crecimiento de un aislado con respecto a los otros cuatro. Este aislado pertenece al departamento de San Carlos, departamento en el cual se observó mayor incidencia y severidad de la enfermedad.



## PROYECTO DE INVESTIGACIÓN APLICADA (SAFO 213)

### Problemas fitosanitarios asociados a *Prosopis alba* Griseb en semillas y vivero

Riquelme Virgala, M. B.<sup>1,2</sup>; Giachino, M. V.<sup>1</sup>; Ansa, A.<sup>1,2</sup>; Santadino, M.<sup>1,2</sup>; Barrera, V.<sup>3</sup>; Ewens, M.<sup>4</sup>; Gally, T.<sup>1</sup>; Craig, E.<sup>1</sup>

## INTRODUCCIÓN

En la provincia de Santiago del Estero las especies del género *Prosopis* representan un potencial forestal y maderero de suma importancia. Los plantines forestales están sujetos a diferentes situaciones de estrés ambiental durante su establecimiento como el daño producido por herbivoría y enfermedades fúngicas. Los estudios sobre el impacto que ocasionan las plagas en viveros y plantaciones de especies forestales autóctonas son escasos, por lo que se requieren investigaciones orientadas a detectar sus principales agentes causales. El objetivo de estos estudios fue diagnosticar en semillas y plantas de vivero los problemas fitosanitarios asociados a *Prosopis alba*.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Las actividades se realizaron en los laboratorios de Zoología agrícola y Fitopatología y en el invernáculo del área forestal de la Universidad Nacional de Luján (34°35'S, 59°07'O), en el Instituto de Microbiología y Zoología Agrícola del INTA Castelar y en la Estación Experimental Fernández de la Universidad Católica de Santiago del Estero (27°54'S; 63°58'O), de cuyo vivero se obtuvieron las muestras de semillas y plantines. Se realizaron seis viajes de muestreo, entre los años 2013 y 2015.

### Enfermedades

El diagnóstico de enfermedades se realizó tomando muestras de plantas de canteros sin tratamientos. En todas las fechas se evaluaron 100 plantas siguiendo una diagonal. En aquellas plantas en que el diagnóstico no se pudo realizar *in situ* se aplicaron las metodologías correspondientes para su confirmación. La identificación taxonómica de los patógenos aislados se realizó a partir del estudio de los signos observados, sus características culturales y microbiométricas. Los aislamientos se llevaron a cabo en medios semiselectivos recomendados por Normativas Internacionales y se utilizaron claves para su determinación. Se realizaron tres ensayos de clínica fitopatológica, los objetivos fueron: **1)** conocer la etiología de las manchas foliares en plantines de *P. alba*; **2)** optimizar las condiciones ambientales para realizar pruebas de patogenicidad y **3)** evaluar la patogenicidad de 5 aislamientos de *Phoma spp.* obtenidos de manchas foliares en plantas de *P. alba* producidas en vivero. Para las pruebas de patogenicidad se utilizaron plantines sanos de *P. alba* y se seleccionaron aislamientos pertenecientes a los géneros *Phoma* y *Alternaria* obtenidos de manchas foliares. Los ensayos se realizaron en invernáculo con riego por aspersión y riego por inundación. A los 8 días luego de la inoculación se registró la incidencia de las manchas foliares. Por último se hicieron reaislamientos a partir de las láminas con síntomas. El análisis estadístico no paramétrico se realizó con la prueba de Kruskal Wallis, utilizando el programa Infostat (2010).

1. Departamento de Tecnología, Universidad Nacional de Luján (UNLu). zooagrounlu@gmail.com

2. Cátedra de Zoología Agrícola, Facultad de Agronomía, UBA.

3. Instituto de Microbiología y Zoología Agrícola, INTA Castelar.

4. Estación Experimental Fernández, Universidad Católica (UCA) de Santiago del Estero.

## Plagas animales

**Incidencia de fitófagos en vainas y semillas:** se evaluó la incidencia de insectos asociados a vainas y semillas a campo y en almacenamiento correspondientes a doce materiales genéticos del huerto semillero clonal de la EE Fernández. En un primer muestreo, diez vainas por clon de un año de cosechadas, fueron tomadas al azar de las bolsas de almacenamiento. Las vainas fueron individualizadas en recipientes tapados con tela de voile y colocadas en condiciones de laboratorio hasta la emergencia de adultos. Un segundo muestreo fue llevado en el huerto semillero, tomando al azar 24 vainas de tres árboles por clon en el momento de llenado de granos. En ambos muestreos, el número de ejemplares por vaina se comparó con un ANOVA de un factor (clon).

**Diagnóstico:** se relevaron las plagas animales y su daño asociado observando la misma muestra en la que se registraron las enfermedades (n=100). Se recolectaron ejemplares en alcohol 70° y los juveniles fueron criados en laboratorio hasta la emergencia de adultos. Paralelamente se llevaron a cabo dos muestreos en el huerto clonal, uno en floración y otro en fructificación, en los que se tomaron 4 ramas de 3 árboles por material genético. Las muestras fueron acondicionadas y llevadas al laboratorio donde se registraron los ejemplares presentes y su daño asociado. Se confeccionó un listado de las especies fitófagas presentes en las muestras.

**Evaluación de daño en plantas de vivero:** con el objetivo de evaluar la incidencia de la herbivoría sobre el crecimiento de los plantines, se registraron sobre plantas de 3 y 12 meses de edad y con y sin control químico de plagas, la incidencia de fitófagos discriminada por tipo de daño (por defoliación; por fitosuccívoros; por endofitófagos (barrenadores y galícolas)) y la altura y el diámetro de cada planta (n=25). La variable binomial presencia/ausencia de cada tipo de daño se analizó mediante un análisis de regresión logística.

## RESULTADOS

### Enfermedades

Como resultado de estudios en laboratorio se obtuvieron 109 aislamientos fúngicos de muestras de tejidos con distintas patologías: manchas foliares, canchales, dieback, fructificaciones en tallo y necrosis en ramas.

Se comprobó que *Phoma sp.* y *Alternaria spp.* son los agentes causales de las manchas foliares, siendo éste el primer registro de estos hongos en *P. alba*. Las condiciones predisponentes en la prueba de patogenicidad en laboratorio y con riego por inundación, no fueron favorables para el desarrollo de la enfermedad, a diferencia de las condiciones de la prueba de patogenicidad realizada en invernáculo con riego por aspersión, las cuales fueron conductivas. En el ensayo donde se evaluaron 5 aislamientos de *Phoma* se pudo observar el síntoma de mancha foliar en los tratamientos inoculados con los hongos y realizar el reaislamiento. En los testigos no se reprodujo dicha sintomatología.

### Plagas animales

Incidencia de fitófagos en vainas y semillas: los adultos emergidos de los frutos en almacenamiento correspondieron a *Rhipibruchus atratus* y *Scutibruchus ceratio-*

**TABLA 1**

Gremio	Fitófago	Orden y Familia	Daño	Antecedentes
FITOSUCCÍVOROS	Especia sin identificar	Thysanoptera, Tripidae	Manchas plateadas en hojas y cotiledones	
	<i>Prosopidopsylla flava</i>	Hemiptera, Psyllidae	Enrulado y clorosis de brotes	Cordo et al., 2004
	<i>Hemepelicoccus sp. nov</i>	Hemiptera, Eriococcidae	Secreciones melosas, secado de brotes tiernos	González et al., 2015
	<i>Enchenopa sp.</i>	Hemiptera, Membracidae	Secado de ramas jóvenes por heridas por oviposición	1º cita en <i>P. alba</i>
	<i>Aculops</i>	Acari, Eriophyidae	Enrulamiento de brotes	1º cita en <i>Proposis</i>
FOLIFAGOS	<i>Pararlynchus labeonis</i>	Coleoptera, Curculionidae	Consumo de folíolos por los adultos	1º cita en <i>P. alba</i>
	<i>Pantomorus postfasciatus</i>	Coleoptera, Curculionidae		1º cita en <i>P. alba</i>
	<i>Heteropygas dognini</i>	Lepidoptera, Noctuidae		1º cita en <i>Proposis</i>
	Especie en determinación	Lepidoptera	Consumo de parénquima y pegado de folíolos	
	<i>Anurogryllus sp.</i>	Orthoptera	Consumo de plántulas	1º cita en <i>P. alba</i>
GALÍCOLAS Y BARRENADORES	<i>Cecidolechia sp. nov.</i>	Lepidoptera, Oecophoridae	Agallas uniloculares en ramas	Especie nueva. San Blas, 2015
	Especie en determinación	Hymenoptera, Cynipidae	Agallas multiloculares en ramas	Carabjal et al., (2006)
	Especie en determinación	Diptera, Cecydominade	Agallas formadas por dos folíolos	
	Asphondylia	Diptera, Cecydomidae	Agallas en las vainas en formación.	Key y Gandolfo, 2007.
	<i>Apion aff. prosopidis</i>	Coleoptera, Apionidade	Barrenado de tallo tiernos	Lanteri et al., 2002
FLORÍFAGOS Y ESPERMATÓFAGOS	<i>Rhipibruchus atratus</i>	Coleoptera, Bruchidae	Consumo de semillas en almacenamiento	Cordo et al., 2004
	<i>Scutobruchus ceratioborus</i>			Cordo et al., 2004
	<i>Plodia interpunctella</i>	Lepidoptera, Pyralidae		Diodato et al., 2004
	Especie en determinación	Lepidoptera	Consumo de estructuras florales	
	<i>Lobiopa sp.</i>	Coleoptera Nutidulidae	Consumo de vainas y granos maduros	Ward et al., (1977)

*borus* (Bruchidae) y a *Plodia interpunctella* (Pyralidae). La incidencia de brúquidos no varió significativamente entre los materiales genéticos y osciló entre 0 y 2,2 insectos/vaina. En las vainas cosechadas a campo sólo se registraron huevos de brúquidos cuya incidencia tampoco difirió significativamente entre clones y varió entre el 1,1 y el 20,8% de las vainas.

**Diagnóstico:** en la Tabla 1 se presenta un listado de las plagas animales encontradas.

**Evaluación del daño en plantas de vivero:** tanto las plantas que recibieron manejo fitosanitario como las plantas control presentaron daños por herbivoría. Para el caso de la defoliación, la probabilidad de que una planta presente este tipo de daño no varió entre las edades ni el tratamiento fitosanitario. Por el contrario, la probabilidad de que una planta presente daño por fitosuccívoros disminuyó significativamente con el control químico independientemente de la edad. En cuanto a las chances de que las plantas presenten daños por endofitófagos, éstas aumentaron con la edad de las plantas y no variaron con el tratamiento de control químico.

Las variables de crecimiento, altura y diámetro, en el tratamiento bajo control químico fueron significativamente mayores. Las plantas que no recibieron control químico redujeron entre un 20% y 30% su altura y entre un 11% y un 14% su diámetro.

## CONCLUSIONES

- Se encontró como agentes causales de las manchas foliares a *Phoma sp.* y *Alternaria spp.*, lo que constituye el primer registro de estos patógenos en *P. alba*.
- Se pudo comprobar que el sistema de riego por aspersión favoreció la expresión de las manchas foliares por los patógenos mencionados.
- Las plagas animales encontradas en vainas y semillas concuerdan con las ya registradas en esta especie y su incidencia no varió entre los materiales genéticos evaluados.
- Se encontraron nuevas especies y se realizaron nuevos registros de plagas animales asociadas a *P. alba* para la Argentina.
- Se determinó que el daño realizado por los fitófagos incide significativamente sobre el crecimiento de los plantines.

## AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a los siguientes especialistas por la identificación de las especies: Dra. Patricia González; Dr. Germán San Blas; Ing. Marisa Regonat; Dra. Analía Lanteri; Dra. Tania Olivares; Dr. Fernando Navarro†; Dra. Susana Muruaga. Agradecemos también a los estudiantes de la UNLu: Martín Bruno, Loreta Giménez, Gisella Di Silvestro, Gualterio Barrientos, Matías Gutiérrez, Alfredo Tueso, Analía Sacarceletta y Alfredo Romero.



# 4

## Silvicultura y manejo



# PROYECTO DE INVESTIGACION APLICADA (PIA 10015)

## Silvicultura y manejo de *Eucalyptus grandis* en plantaciones puras y mixtas

Crechi E.<sup>1</sup>, Correa M.<sup>1</sup>, Toloza R.<sup>1</sup>, Keller A.<sup>1</sup>, Mereles N.<sup>1</sup>, Knebel O.<sup>2</sup>, Aquino D.<sup>2</sup>, Gimenez L.<sup>2</sup>

### INTRODUCCIÓN

*Eucalyptus grandis*, está entre las especies latifoliadas con mayor potencial, basado principalmente en su crecimiento y en los múltiples productos que genera. Esto no es ajeno en la provincia de Misiones, ya que su implantación es creciente, contando a la fecha con más de 25.000 has forestadas (Censo Forestal 2010). La madera tiene múltiples destinos: aserrado, laminado, molienda, pasta celulósica, postes, impregnación, construcciones hortícolas, entre otras. En los últimos años se aprecia una revalorización de su madera con mayor consumo en terminaciones, molduras y muebles.

La poda y el raleo son las prácticas silvícolas que, oportuna y adecuadamente realizadas, condicionan en gran medida la calidad y cantidad de los productos a obtener de una masa boscosa, en definitiva su rentabilidad.

La conformación de bosques mixtos de especies implantadas de rápido crecimiento es una práctica que ha sido incorporada en la región desde hace pocos años. En consecuencia, se carece de antecedentes locales en cuanto a la conducción de rodales con más de un estrato específicamente implantados con tal fin.

Un aspecto clave, condicionante de la rentabilidad del bosque, es la definición del modelo de conducción silvícola. Ello requiere contar con información respecto del manejo de la densidad adecuada para optimizar los incrementos y la proporción de los productos de mayor grado de calidad, en función del objetivo de producción.

A los fines de dar respuesta a los diversos aspectos analizados este Proyecto propone la realización de una serie de actividades tendientes a generar y estructurar una base de información primaria sobre diferentes aspectos del cultivo de *Eucalyptus grandis* para que en conjunto contribuyan a racionalizar la toma de decisiones sobre aspectos estratégicos de su conducción.

### MATERIALES Y MÉTODOS

**El Proyecto se estructura en base a los siguientes componentes:**

**Parcelas permanentes de *Eucalyptus grandis*.** Con la finalidad de generar en el corto plazo curvas de crecimiento y producción, y a los efectos de robustecer una base de datos ya existente, se instalaron en diferentes plantaciones de *Eucalyptus grandis* parcelas permanentes de 900 m<sup>2</sup>, cubriendo sitios, edades y tratamientos silviculturales, en la zona centro-norte de la provincia de Misiones.

**Ensayo de Intensidad de raleo de *Eucalyptus grandis*.** Con el objetivo de determinar como la intensidad de los raleos afecta el incremento del rodal y tamaño del árbol promedio, la cantidad y calidad de los productos, se instaló en 2013 un ensayo de raleo con intensidades del 20, 40 y 60% en términos relativos al área basal

1. Técnicos INTA EEA Montecarlo.  
El Libertador 2742, 3384  
Montecarlo, Misiones.  
Email: crechi.ernesto@inta.gob.ar.  
2.- Personal apoyo técnico



del testigo sin raleo (0%), en un diseño de 3 bloques completos al azar, ocupando una superficie de 2 has en Montecarlo, Misiones.

**Bosques mixtos y puros de *Eucalyptus grandis* con *Acacia mearnsii*.** A los efectos de determinar el comportamiento y crecimiento en volumen de madera obtenida en plantaciones puras y mixtas de *Eucalyptus grandis* y *Acacia mearnsii* (leguminosa), se instaló en 2010 un ensayo de parcelas puras y mixtas con estas dos especies, las cuales fueron dispuestas en 3 bloques completos al azar, en Jardín América, Misiones.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Parcelas permanentes de *Eucalyptus grandis*

Como producto de la instalación, medición y remediación de parcelas permanentes, propias y de empresas de la región, se contó con información de 53 parcelas permanentes, con varias remediciones, a partir de la cual se procedió al ajuste a través de regresión lineal múltiple, de funciones de crecimiento y producción de rodal completo. Es de destacar el buen ajuste logrado con los modelos finales, tal fueron corroborados a través de las estadísticas de ajuste, presentado en la Tabla 1.

**TABLA 1**

Variable	R <sup>2</sup> aj.	Syx	Error relativo promedio(%)
(AB1)	98,09	0,101734	1,12
(AB2)	99,86	0,119249	-0,99
(V1)	97,68	0,173514	-1,35
(V2)	97,01	0,130232	-0,81

**Tabla 1.** Estadísticas de ajuste de los modelos seleccionados.

Las ecuaciones finales así obtenidas, resultaron en:

**Modelo de producción presente en área basal (m<sup>2</sup>/ha)**

$$AB1 = \text{EXP}(4,21152 + 0,130552 * IS - 1,12834 * H / E1 + 0,200947 * \text{LN}(N) - 0,085626 * H - 0,0418971 * FE)$$

**Modelo de producción futura en área basal (m<sup>2</sup>/ha)**

$$AB2 = \text{EXP}(1,00774 * (E1/E2) * (4,21152 + 0,130552 * IS - 1,12834 * H / E1 + 0,200947 * \text{LN}(N) - 0,085626 * H - 0,0418971 * FE)) + 3,77433 * (1 - (E1/E2))$$

**Modelo de producción presente en volumen total con corteza (m<sup>3</sup>/ha)**

$$V1 = \text{EXP}(1,75964 + 0,0471478 * H + 0,743134 * (4,21152 + 0,130552 * IS - 1,12834 * H / E1 + 0,200947 * \text{LN}(N) - 0,085626 * H - 0,0418971 * FE))$$

**Modelo de producción futura en volumen total con corteza (m<sup>3</sup>/ha)**

$$V2 = \text{EXP}(2,82175 - 2,50851 / E2 + 1,07098 * (E1/E2) * (4,21152 + 0,130552 * IS - 1,12834 * H / E1 + 0,200947 * \text{LN}(N) - 0,085626 * H - 0,0418971 * FE)) + 3,69727 * (1 - (E1/E2))$$

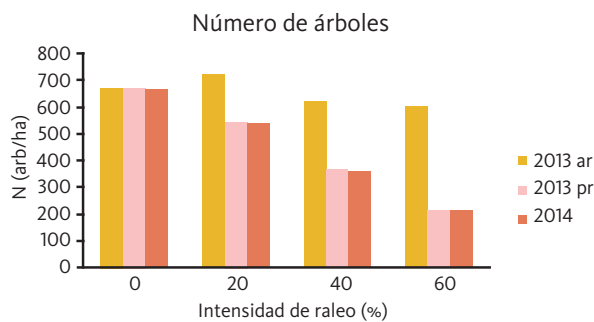
**Dónde:** ln = logaritmo neperiano; Exp = base del logaritmo neperiano; AB1 = área basal presente, edad actual; ai, bi, ci, di = coeficientes de regresión; H = altura dominante expresada en metros; E1 = edad actual; FE = factor de espaciamiento (FE(%) = ((10000/N)/2 / H) \* 100); N = número actual de árboles/ha; IS: índice de sitio, calculado según Crechi et al., 2011, como:  $IS = H * (((1 - \text{EXP}(-0,0793285 * 15))^{\wedge} 0,799597) / ((1 - \text{EXP}(-0,0793285 * E1))^{\wedge} 0,799597))$ ; AB2 = área basal futura, es decir, referida a la

edad de proyección; E2 = edad de proyección; V1=volumen total presente a la edad E1; V2 (m<sup>3</sup>/ha): volumen total por ha, proyectada a la edad E2.

### Ensayo de intensidad de raleo en *Eucalyptus grandis*

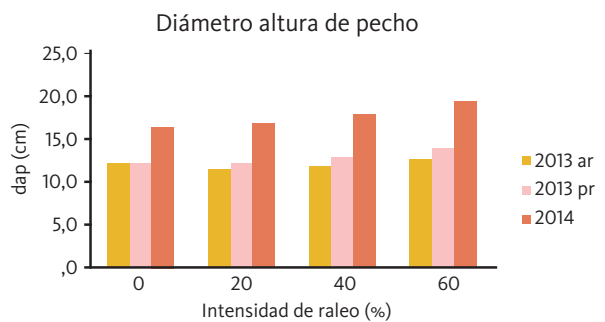
Los resultados al 1º año de instalado el ensayo, son los observados en las figuras abajo. Se observa que: el número de árboles (arb/ha), el área basal (m<sup>2</sup>/ha), la altura total (m) y el volumen total (m<sup>3</sup>/ha) presentan una tendencia inversamente proporcional a la intensidad de raleo; mientras que el dap (cm) y el volumen del árbol promedio (dm<sup>3</sup>), muestran una tendencia directamente proporcional a la intensidad de raleo. Los resultados finales del ensayo de raleo exceden el período de vigencia de este PIA, siendo la instalación de dicho ensayo y 1º medición un logro en sí mismo.

**FIGURA 1.**



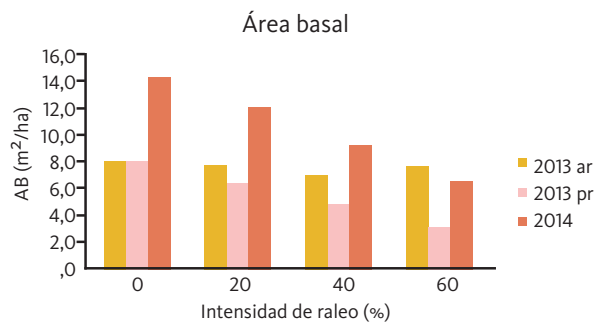
**Figura 1.** Número de árboles (arb/ha)

**FIGURA 2.**



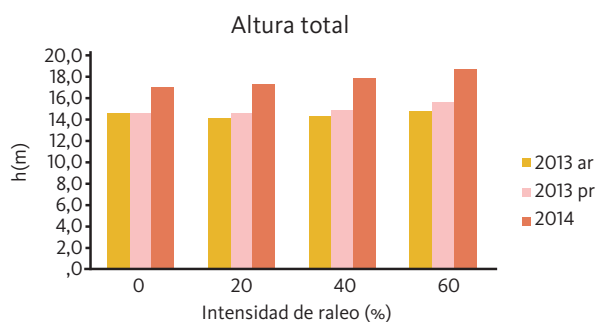
**Figura 2.** Diámetro a 1,3 m (cm)

**FIGURA 3.**



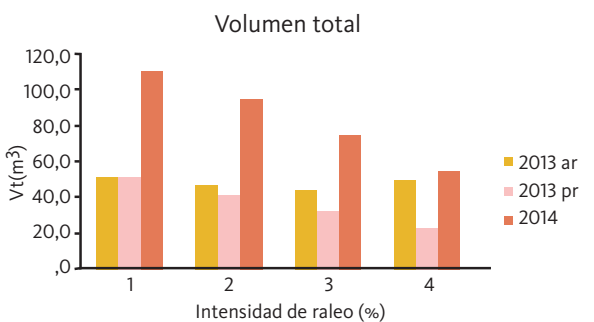
**Figura 3.** Área basal (m<sup>2</sup>/ha)

**FIGURA 4.**



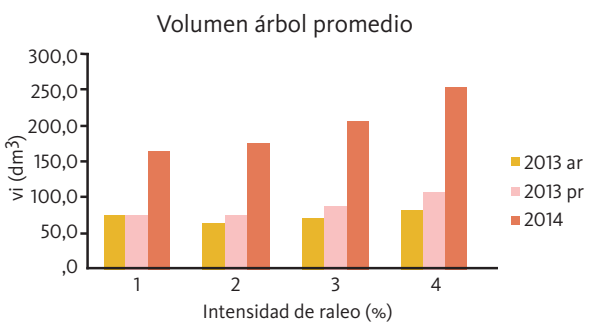
**Figura 4.** Altura total (m)

**FIGURA 5.**



**Figura 5.** Volumen total (m<sup>3</sup>/ha)

**FIGURA 6.**



**Figura 6.** Volumen árbol promedio (dm<sup>3</sup>)



### Bosques puros y mixtos de *Eucalyptus grandis* y *Acacia mearnsii*

En la Tabla 2 se presentan las variables dap (diámetro a la altura del pecho, cm), S (sobrevivencia, %) y h (altura total, m), se observa que los tratamientos *Eucalyptus* puro (*Eucalyptus*) y *Eucalyptus* Mixto (*Eucalyptus*-M), no presentan diferencias significativas a nivel del 95% (letras A), sí en relación al tratamiento de Acacia puro (Acacia) (letra B). Es de destacar, que a los 4 años, todas las Acacias en los tratamientos Mixtos (Acacia-M), murieron, a causa de los ataques de kiritó (*Oncideres impluviata*), gomosis (*Phytophthora sp.*) (Figuras 7 y 8) y por competencia con el *Eucalyptus*. No se observó interacción *Eucalyptus*-Acacia.

**TABLA 2**

Edad (años)	Variable	Acacia	Eucalyptus	Mixto	<i>Eucalyptus</i> -M	Acacia-M
4	dap	3,43 B	15,21 A	16,83 A	16,83 A	0,00
4	S	3,33 C	58,89 A	32,22 A	64,44 A	0,00
4	h	3,09 B	18,53 A	18,09 A	18,09 A	0,00

**Tabla 2.** Variables de estado a los 4 años. Ensayo *Eucalyptus grandis*-*Acacia mearnsii*



**Figura 7.** *Acacia mearnsii*, ataque de kiritó



**Figura 8.** *Acacia mearnsii* - gomosis

## CONCLUSIONES

El sistema de ecuaciones generado, es una herramienta confiable para el manejo de rodales coetáneos de *Eucalyptus grandis*, permitiendo estimar adecuadamente producciones presentes y futuras en área basal y volumen total, así como sus respectivos crecimientos, para la zona centro-norte de la provincia de Misiones.

La combinación de estas ecuaciones permitirá contar con elementos importantes para la toma de decisiones relacionada con la planificación de la producción forestal a corto y largo plazo.

Cuanto mayor fue la intensidad de raleo mayores fueron los incrementos relativos posteriores observados en diámetro a la altura del pecho, área basal, volumen total y volumen del árbol promedio.

Los vientos fuertes y localizados han presentado un problema serio para *Eucalyptus grandis*, con efectos de curvado y/o quebrado de fuste.

No se observó interacción entre *Eucalyptus grandis* con *Acacia mearnsii*.

*Acacia mearnsii* presentó mortandad creciente desde el 1º año, siendo prácticamente total al 4º año, debido principalmente a ataques de kiritó, gomosis y por competencia con *Eucalyptus grandis*.

*Acacia mearnsii* encuentra en el ataque de kiritó una limitante importante para su implantación comercial en la zona en estudio.

## PROYECTO DE INVESTIGACION APLICADA (PIA 10018)

### Manejo de cultivos energéticos forestales para producción de biomasa y obtención de biocombustibles

Bustamante J.<sup>1</sup>; Da Silva S.<sup>2</sup>; Pérez S.<sup>3</sup> López L.<sup>4</sup>; Bustamante A.<sup>5</sup>

## INTRODUCCIÓN

Este proyecto está básicamente dirigido a tratar de brindar alternativas viables, desde el punto de vista ambiental y económico, de obtención de biocombustible líquido (bioetanol) a partir de biomasa lignocelulósica producida por cultivos energéticos de origen forestal.

Se fundamenta en que más allá de los vaivenes del precio de los combustibles fósiles (especialmente petróleo y gas), la humanidad está tomando conciencia de la importancia de lograr la sustitución de los mismos (al menos parcialmente), por otras fuentes de energía que sean más amigables con el ambiente y generen menos contaminación atmosférica.

Según la Secretaría de Energía de la Nación, la matriz de energía primaria de la Argentina se caracteriza por una alta dependencia de los combustibles fósiles, llegando al 87% en 2011, de acuerdo al Balance Energético de ese año. Las renovables se establecían solo en el orden del 4-5%.

Para tratar de modificar esta situación, el país cuenta con dos leyes fundamentales de fomento a las energías renovables, ambas del año 2006; Ley 26.190 "Régimen de Fomento Nacional para el uso de fuentes renovables de energía destinada a la producción de energía eléctrica" y Ley 26.093 "Régimen de Regulación y Promoción para la Producción y Uso Sustentables de Biocombustibles".

Otra problemática regional muy importante, por encontrarse Mendoza dentro de una región árida que es abordada en el proyecto es la del reuso de aguas provenientes de efluentes domiciliarios tratados, que se utilizan para regar determinados cultivos dentro de zonas determinadas denominadas ACREs (Áreas de Cultivos Restringidos).

## MATERIAL Y MÉTODO

En una propiedad rural ubicada dentro de uno de los ACREs mencionados anteriormente, se plantaron en altas densidades, de 10.000 y 20.000 plantas.ha<sup>-1</sup>, 2 clones de álamo (´Harvard´ y ´Conti 12´), 2 clones de sauces (´Soveny americano´ y ´Ragone-se 131-27 INTA´) y 1 especie de eucalipto (*Eucalyptus camaldulensis*), conformando lo que podemos llamar un cultivo energético de forestales. Se regaron en forma tradicional por surcos y se cosechó la biomasa producida por el cultivo cada dos años.

Se cuantificó en cada ocasión de corta, el número de plantas supervivientes, número de brotes promedio por planta, peso del brote promedio, peso promedio por planta y peso de la biomasa producida por especie, por unidad de superficie. También se caracterizó dicha biomasa desde el punto de vista energético.

**1,2 y 3** Docentes Cátedra de Dasonomía, Fac. de Ciencias Agrarias; UNCuyo. Alte Brown 500. CP 5505, Mendoza; dasonomia@fca.uncu.edu.ar;  
**3 y 4** Becarios de investigación.

Muestras de biomasa de las distintas especies se llevaron a laboratorio para someterlas a sucesivas etapas hasta la obtención de bioetanol.

1) Pretratamiento: La biomasa se llevó a estufa a 40°C hasta peso constante, para su secado; luego se molió en molino de martillos hasta aserrín fino.

2) Posteriormente parte de las muestras molida se colocó en erlenmeyers en una solución acuosa dentro de un autoclave y se la sometió a una presión de 10atm, durante 10 minutos, descomprimiendo luego bruscamente en pocos segundos. Se filtró y las fases sólidas se secaron a estufa a 40°C.

3) Tratamiento Enzimático: Se colocó la biomasa pretratada en erlenmeyers, se adicionó buffer acetato de sodio, pH 4,8, se llevó a baño maría a 50°C por 5 min, posteriormente se agregó a cada erlenmeyer caldo enzimático de una actividad de 30 FPA/g de muestra. Se dejó las muestras en baño maría durante 72 horas.

4) Fermentación: A las muestras de biomasa en erlenmeyers, se le agregó levaduras (cepas locales de *Saccharomyces cerevisiae*), en una concentración de 1g/10ml de H<sub>2</sub>O; y se fermentaron en estufa a 25°C durante 1 semana. Posteriormente se filtró obteniéndose una mezcla hidroalcohólica.

5) Determinación del alcohol producido: Los análisis se realizan con espectrofotómetro de infrarrojo según el método OIV-MA-BS 02.

## RESULTADOS

**TABLA 1**

PLANTAS ha <sup>-1</sup>	clon / especie	DPB	NPB	PPB	PPP
10.000	Conti 12	2,17	5,3	0,64	3,55
	Harvard	2,96	4,33	1,78	7,71
	Soveny Americano	2,26	5,33	1,06	5,68
	Ragonese 131-27 INTA	2,15	6,17	0,65	4,3
	<i>Eucalyptus camaldulensis</i>	2,07	9,82	1,08	10,41
20.000	Conti 12	2,66	4,4	0,91	3,88
	Harvard	3,95	3,47	2,04	7,23
	Soveny Americano	2,37	4,05	1,33	4,92
	Ragonese 131-27 INTA	2,58	5,67	0,94	5,29
	<i>Eucalyptus camaldulensis</i>	1,93	4,52	0,94	4,17

**Tabla 1:** Datos promedio de diámetro, número de brotes, peso de brotes y peso de plantas. Cosecha año 2013.

### Referencias:

**DPB:** Diámetro Promedio de cada brote en cm

**NPB:** Número Promedio de Brotes por planta

**PPB:** Peso Promedio de cada Brote en kg

**PPP:** Peso Promedio por Planta en kg

**TABLA 2**

PLANTAS ha <sup>-1</sup>	clon / especie	2007	2008	2009	2011	2012	2013	2014
10.000	Conti 12	85	84	82	77	62	60	52
	Harvard	59	39	37	33	22	22	11
	Soveny Americano	93	92	89	82	74	74	70
	Ragonese 131-27 INTA	80	78	77	74	70	70	62
	<i>Eucalyptus camaldulensis</i>	70	54	51	50	46	45	38
20.000	Conti 12	86	78	74	67	52	50	35
	Harvard	55	53	52	35	35	16	12
	Soveny Americano	92	85	78	66	57	57	52
	Ragonese 131-27 INTA	84	82	71	59	49	49	38
	<i>Eucalyptus camaldulensis</i>	74	68	67	61	37	32	25

**Tabla 2.** Evolución del porcentaje de supervivencia de plantas, años 2007 al 2014.

**Producción de alcohol:** En el clon Conti 12, se determinó una concentración de  $0,7\% \pm 0,04$  (vol/vol), de alcohol en la mezcla. En el resto de las muestras analizadas de los diferentes clones y/o especies, la concentración de alcohol alcanzó valores de  $0,4\% \pm 0,04$  (vol/vol).

## CONCLUSIONES

El agua proveniente de efluentes domiciliarios tratados es apta para el riego de cultivos energéticos con forestales

La producción promedio de biomasa por planta se ha mantenido en valores aceptables al cabo de tres turnos de corta. El eucalipto en la menor densidad de plantación produjo el peso promedio por planta más elevado.

Los mayores porcentajes de supervivencia a lo largo del período considerado (a excepción del Harvard) se han conseguido con una densidad de 10.000 plantas. ha<sup>-1</sup>. La metodología aplicada hasta el presente ha permitido obtener alcohol a partir de biomasa leñosa proveniente de diferentes especies forestales.

## CONSIDERACIONES FINALES

Las especies forestales consideradas han demostrado ser aptas para ser conducidas en este tipo de cultivo energético.

Se deberá continuar desarrollando y poniendo a punto la metodología referente a la obtención del biocombustible, tratando de optimizar las diferentes variables que influyen en la producción de alcohol.

## PROYECTO DE INVESTIGACION APLICADA (PIA 10026)

### Innovación y transferencia de tecnología aplicada en plantaciones forestales en macizo de *Pterogyne nitens* (tipa colorada) destinada a madera de calidad

Humano C. A.<sup>1</sup>, Solis J. M<sup>2</sup> y A. G. Durán<sup>2</sup>

## INTRODUCCIÓN

La demanda de madera de especies forestales tradicionales de las Yungas, tales como *Cedrela balansae* (cedro), *Tabebuia impetiginosa* (lapacho) y *Myroxylon peruiferum* (quina), va en aumento dada la situación económica actual con mercados favorables para la exportación y, a la vez, por el incremento del consumo interno debido a la disminución de importaciones de países vecinos (Bolivia, Paraguay y Brasil). Su actual transformación, provoca que las áreas remanentes presenten un fuerte proceso de simplificación estructural insuficiente para asegurar la persistencia de su biodiversidad a largo plazo. Una medida importante para contribuir a salvaguardar el futuro del valor maderable de las Yungas, es la reforestación a través de enriquecimientos o macizos con fines comerciales, con especies nativas de valor comercial, aliviando la presión sobre las formaciones nativas. En ese sentido una serie de experiencias se han desarrollado durante la última década, combinando distintas especies, densidades y tareas de mantenimiento. Estas experiencias generan la opción de que las plantaciones forestales con especies nativas sean una alternativa productiva, frente a plantaciones con especies exóticas de rápido crecimiento e incluso frente a cultivos agrícolas como la soja. De la investigación se ha observado que existen especies nativas con excelentes condiciones para ser realizadas en plantaciones en macizo con el fin de obtener madera de calidad, como por ej. *Pterogyne nitens* (tipa colorada) y *Tipuana tipu* (tipa blanca), donde se puede valorar su rápido crecimiento y su adaptabilidad a zonas semiáridas (700 mm de precipitación). La madera de *P. nitens* posee un alto valor comercial por sus cualidades físicas mecánicas, liviana, fácil de trabajar y un hermoso veteado; se destaca principalmente por el color y el diseño semejante a la caoba. El desafío es generar a partir de plantaciones en macizo con especies nativas de alto valor forestal y rápido crecimiento con tecnología aplicada, como riego por goteo, fertilizaciones y manejo de distanciamiento; un sistema silvicultural de producción y manejo, de alta rentabilidad y corto periodo de retorno de capital, que pueda insertarse como un nuevo sistema productivo, que ayudaría a generar reservas forestales de madera nativa, destinada al mercado de consumo, disminuyendo la presión sobre el bosque nativo, ayudando a preservar sus bienes y servicios. El objetivo de este trabajo es evaluar el crecimiento (dap y altura total) de *P. nitens* en distintas situaciones de riego y fertilización en pos de aplicar tecnología para favorecer su incremento diametral y reducir su turno de corta (30 años).

## MATERIALES Y MÉTODOS

El ensayo se instaló en el Campo Experimental “Dr. Emilio Navea” (24° 21’ 8” S 65° 11’ 28” O); perteneciente a la Facultad de Ciencias Agrarias-Universidad Nacional de Jujuy. Distante a 25 km de la ciudad de S.S. de Jujuy, situado a 900 m.s.n.m., con una temperatura promedio anual de 18 °C y un régimen de precipitaciones monzónico con 650 mm anuales. Condiciones que caracterizan al lugar con un clima semiárido (Braun Wilke, 2000).

1. Servicio Forestal. Facultad Ciencias Agrarias-UNJU- Alberdi 47.CP 4600. Jujuy. Argentina cahumano@yahoo.com.

2. Alumnos Ingeniería Agronómica FCA-UNJU.

El ensayo se instaló en agosto del año 2012, corresponde a una parcela de medición permanente de individuos de *P. nitens* (tipa colorada) que posee un diseño de bloques distribuidos al azar, con 2 bloques con 3 tratamiento cada uno. Cada tratamiento consta de 9 individuos y con cinco repeticiones por tratamiento. Los individuos de tipa posee igual edad con una altura total aproximada de 0,50 cm y el marco de plantación es de 2,5 m entre línea y 2,5 m entre plantas. El diseño experimental será un Diseño completamente aleatorio (DCA) en esquema factorial de 2X3, con 5 repeticiones cada tratamiento.

El Modelo matemático (para DCA):

$$x_{ij} = m + r_i + f_j + (r f)_{ij} + e_{ij}$$

donde:

- $x_{ij}$  = es la  $i$ -ésima observación del  $i$ -ésimo nivel del factor a y del  $j$ -ésimo nivel del factor b.
- $m$  = media general obtenida en el ensayo.
- $r_i$  = efecto del  $i$ -ésimo nivel del factor r.  $i = 1, 2$ . (con riego, sin riego)
- $f_j$  = efecto del  $j$ -ésimo nivel del factor f.  $j = 1, 2, 3$ . (testigo, Urea, Lombricompuesto)
- $(r f)_{ij}$  = efecto de la interacción r d, en los niveles  $i, j$ .
- $e_{ij}$  = error experimental asociado a la observación  $x_{ij}$ .

siendo:

- r = factor riego (Sin riego, Con riego)
- f = factor fertilización (Testigo, Urea y Lombricompuesto)

Luego de dos periodos de crecimiento (2013-2014) posterior a la plantación del ensayo a cada individuo se midió el diámetro altura al cuello (DAC) y la altura total del plantín (AT) en cm. y la sanidad. Se analizaron las diferencias de crecimiento diametral y de altura total (Variables respuesta) entre el testigo y los distintos tratamientos (riego y fertilización-variable predictoras), mediante el análisis de la varianza Análisis de Varianza no paramétrico (Test de Kruskal-Wallis,  $\alpha=0,05$ ).

## RESULTADOS

Las variables dasométricas manifestaron un incremento desde la plantación (2012), siendo mayores en el último año de crecimiento (2014) Tabla1.

**TABLA 1**

		RIEGO			
		SIN		CON	
Medición	Fertilización	AT	DAC	AT	DAC
1º 2012	Testigo	16,0 ± 7,5	4,5 ± 1,3	13,9 ± 5,8	4,7 ± 1,1
	Lombricompuesto	16,3 ± 8,3	5,0 ± 1,2	12,9 ± 3,8	4,5 ± 0,8
	Urea	16,2 ± 7,9	5,0 ± 1,3	13,2 ± 4,1	4,5 ± 1,0

2º 2013	Testigo	17,0 ± 9,3	5,5 ± 1,8	19,6 ± 10,0	5,7 ± 1,9
	Lombricompuesto	18,5 ± 9,3	5,7 ± 1,7	20,5 ± 12,9	6,2 ± 2,0
	Urea	24,6 ± 15,9	6,2 ± 3,3	31,1 ± 18,5	7,0 ± 3,3
3º 2014	Testigo	24,6 ± 12,4	7,3 ± 2,5	27,6 ± 17,3	5,7 ± 1,9
	Lombricompuesto	28,3 ± 14,9	8,0 ± 2,5	27,5 ± 11,2	6,2 ± 2,0
	Urea	36,1 ± 19,8	8,3 ± 3,6	34,8 ± 19,2	7,6 ± 3,0

**Tabla 1.** Datos promedios ( $\pm$  desviación estándar) de las variables dasométricas, comparativos de los tratamientos en las distintas mediciones.

AT: altura total del plantín expresada en cm. DAC: altura diámetro al cuello expresada en mm.

Considerando los valores del último ciclo de crecimiento se observaron diferencias significativas entre los tratamientos con sin riego solamente en el crecimiento del DAC, solamente (Tabla 2), manifestándose aún la ventaja de la aplicación del riego.

**TABLA 2**

RIEGO	AT	DAC
SIN	29,7 ± 16,6 a	7,9 ± 0,3 a
CON	30,0 ± 21,8 a	6,8 ± 0,3 a
P	< 0,0001	

**Tabla 2.** Comparación de AT y DAC entre los tratamientos con y sin riego.

AT: Altura total (valor promedio  $\pm$  desviación estándar). DAC: diámetro altura al cuello (valor promedio  $\pm$  desviación estándar). Prueba no paramétrica de comparaciones múltiples de Kruskal-Wallis. Medias: valor de media aritmética  $\pm$  la desviación estándar. H: estadístico calculado, p: grado de significación estadística ( $p < 0,0001$ ), letras distintas indica diferencias estadísticamente significativas.

Los datos demuestran solamente diferencias significativas del crecimiento del DAC fertilizado con lombricompuesto y con riego. Considerando el tipo de fertilización, los tratamientos fertilizados con urea presentan mayor crecimiento en la AT tanto con la aplicación de riego y no. Con respecto al DAC no se observa influencia del tipo de fertilización en su crecimiento (Tabla 3).

## DISCUSIÓN

La aplicación de fertilizantes nitrogenado inorgánicos (Urea-NPK) en plantaciones de especies exóticas es una técnica probada y eficiente para favorecer la instalación y productividad de los rodales, en cambio los ensayos de fertilización en especies nativas poseen resultados disímiles mostrando favorecer el crecimiento y la supervivencia; y un caso contrario en el cual la fertilización no manifiesta diferencias favorables para el crecimiento, pero con respecto a fertilizantes orgánicos su aplicación es poco frecuente. La rápida asimilación del nitrógeno inorgánico ha favorecido el crecimiento en AT de los individuos, comparación con los otros tratamien-



**TABLA 3**

	FERTILIZACIÓN			
	Riego	Testigo	Lombricompuesto	Urea
AT	SIN	24,6 ± 12,4 a	28,3 ± 14,9 a	36,1 ± 19,8 a
	CON	27,6 ± 17,3 a	27,5 ± 27,2 a	34,8 ± 19,2 a
DAC	SIN	7,3 ± 2,5 a	8,0 ± 3,5 a	8,3 ± 3,6 a
	CON	6,8 ± 3,1 a	6,5 ± 2,5 a	7,6 ± 3,0a
P	< 0,0001			

**Tabla 3.** Comparación de AT y DAC según el tipo de fertilización entre tipo de riego.

HT: Altura total (valor promedio ± desviación estándar). DAC: diámetro altura al cuello (valor promedio ± desviación estándar). Prueba no paramétrica de comparaciones múltiples de Kruskal-Wallis. Medias: valor de media aritmética ± la desviación estándar. H: estadístico calculado, p: grado de significación estadística ( $p < 0,0001$ ), letras distintas indica diferencias estadísticamente significativas.

tos. Una situación más promocionada es la aplicación de riego en la implantación y desarrollo de plantaciones en especies exóticas y en especies nativas como una técnica de manejo silvícola. Tanto en las especies exóticas (álamos, sauces) y nativas de rápido crecimiento (Cedro) el riego es efectivo en el crecimiento, mientras que en caso de una especie de zona semiárida de lento crecimiento como *P. nitens*, la disponibilidad de agua no ha manifestado, aún generar un mayor crecimiento manifestado en un mayor DAC o AT. Este hecho se puede deber a un mecanismo fisiológico de adaptación al estrés hídrico, el cual podría impedir que el riego se manifieste como un mayor crecimiento de los individuos sobre aquellos que no son tratados con este recurso. No obstante el riego es fundamental para la instalación y supervivencia de plantaciones con especies nativas en zonas semi áridas.

## CONCLUSIONES

- La aplicación de riego favorece la instalación y supervivencia de los individuos.
- Al 3º año de plantación no se observa influencia de la aplicación del riego sobre el crecimiento del AT y DAC.
- La aplicación de urea favorece el crecimiento de la AT y DAC, independientemente del riego.

## PROYECTO DE INVESTIGACION APLICADA (PIA 10037)

### Regeneración de árboles nativos en plantaciones de pino en Misiones: efectos del manejo a nivel de rodal y del paisaje

Marcelo Arturi<sup>1</sup>, Juan Goya<sup>1</sup>, Martín Pinazo<sup>2</sup>, Sarah Burns<sup>1</sup> y Luis Ritter<sup>1,3</sup>

## INTRODUCCIÓN

La superficie ocupada por plantaciones forestales a nivel mundial se incrementó notablemente durante las últimas décadas. El reemplazo implica cambios en los procesos ecológicos a escala local y del paisaje. Dentro de las plantaciones regeneran especies de plantas nativas por lo que la diversidad puede aumentar cuando las plantaciones se establecen en áreas degradadas por el uso agrícola o ganadero continuado constituyendo en muchos casos un medio idóneo de rehabilitación. La provincia de Misiones conserva el principal remanente de Bosque Atlántico Sur que representa uno de los sistemas boscosos más diversos a nivel mundial y por lo tanto, constituye un área prioritaria de conservación a nivel internacional. Ese contexto justifica un esfuerzo para que, en las extensas áreas ocupadas actualmente por plantaciones comerciales de *Pinus sp.*, se realice una adaptación del manejo para reducir el impacto sobre la diversidad, aumentando la presencia de especies nativas. Existen estudios en el subtrópico de Argentina sobre la regeneración de especies arbóreas en áreas en las que el bosque nativo fue reemplazado. De acuerdo con esos trabajos el uso previo, la distancia a las fuentes de semillas y la edad del sitio en regeneración, afectarían primariamente a la densidad y composición de los renovales. La participación del banco de semillas en la regeneración en el interior de plantaciones fue considerada despreciable en suelos con uso previo agrícola o ganadero en los que la regeneración se vuelve altamente dependiente de los procesos de dispersión y la distancia de dispersión depende de las características de las semillas. El establecimiento y desarrollo de los renovales podrían estar afectados además, por la cobertura de la plantación la que depende de aspectos silvícolas como la densidad inicial y la aplicación de raleos. Algunas de las especies nativas que regeneran en el interior de las plantaciones de pino en Misiones producen maderas de valor. Ese proceso permitiría plantear un manejo de las plantaciones orientado a favorecer el establecimiento y crecimiento de especies nativas con maderas de calidad, diversificando la producción y aumentando la biodiversidad en monocultivos forestales.

## OBTENCIÓN DE LOS DATOS

Se muestrearon 36 rodales de pino (*Pinus taeda*) distribuidos en los Departamentos Montecarlo, Eldorado, Iguazú y Gral. Manuel Belgrano de la provincia de Misiones. En cada rodal se utilizaron parcelas para determinar el número de individuos por hectárea de cada especie arbórea nativa encontrada. Se utilizaron parcelas de diferentes tamaños para la siguientes clases de tamaño de especies arbóreas nativas: **(1)** mayores de 50 cm de altura y menores de 1 cm de DAP (diámetro a la altura del pecho), **(2)** DAP mayo o igual a 1 cm y menores de 5 cm, **(3)** DAP mayor o igual a 5 cm. Además se utilizaron parcelas para determinar la densidad y el área basal de la plantación y se registró su edad en base a los datos provistos por los productores.

1. Laboratorio de Investigación de Sistemas Ecológicos y Ambientales, Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales UNLP.  
(marceloarturi@gmail.com)

2. Estación Experimental Agropecuaria INTA Montecarlo.

3. Becario CONICET. Dirección actual Instituto de Biología Subtropical, CONICET.

Se utilizaron imágenes satelitales para determinar la proporción de bosque nativo en un área circular de 300 m de radio en torno de cada rodal muestreado. Utilizando imágenes de años anteriores a la plantación se determinó el tipo de uso del suelo sobre el que se estableció la plantación en su ciclo actual de crecimiento (uso agrícola, forestal o bosque nativo).

Se muestrearon 10 sitios de bosque nativo distribuidos en el área de muestreo de los rodales de pino, con la finalidad de caracterizar la disponibilidad de especies nativas en el área de muestreo de las plantaciones.

## RESULTADOS

En las plantaciones de pino se encontraron 85, 94 y 66 especies de las clases de tamaño 1, 2 y 3 respectivamente y densidades de aproximadamente 3200, 1200 y 150 individuos por hectárea. La comparación de la composición de especies en las plantaciones con la de los bosques nativos remanentes en el área muestreada indicó similitud en las especies presentes así como tendencias similares en las relaciones especies-área. Esto indica que, a igual área muestreada, las plantaciones y los bosques nativos presentan similares riquezas de especies excepto para la clase 3. En ese caso probablemente sólo las plantaciones de mayor edad resulten comparables con los bosques nativos.

La densidad y riqueza de especies nativas, en las clases de tamaño 2 y 3 aumentó con la edad de las plantaciones. En promedio el número de especies arbóreas nativas aumentó de 6 a 60 (clase 3) y de 40 a 70 (clase 2) al comparar plantaciones de menos de 10 años con mayores de 20 años. Los renovales menores en cambio presentaron valores promedio de 50 especies comparando esas mismas plantaciones. El área basal de la plantación presentó un efecto negativo sobre densidad y riqueza de la regeneración de árboles nativos. Las plantaciones con menos de 28 m<sup>2</sup>.ha<sup>-1</sup> presentaron en promedio mayor densidad y riqueza que aquellas con más de 28 m<sup>2</sup>.ha<sup>-1</sup> de área basal. A su vez, la disponibilidad de bosque nativo en el entorno y el uso previo tuvieron efectos sobre la riqueza, especialmente de los renovales menores. Los sitios provenientes en los que el uso previo a la plantación correspondió a actividades agrícolas tendieron a presentar riquezas de renovales apreciablemente menores que los provenientes de uso forestal o de bosque nativo. Además, las plantaciones establecidas sobre suelos agrícolas no evidenciaron un efecto del bosque nativo en el entorno sobre la riqueza. En cambio las plantaciones que tuvieron previamente uso forestal mostraron una relación positiva entre la riqueza de renovales y la proporción de bosque nativo en el entorno. Una tendencia similar, algo menos clara, se observó para las plantaciones establecidas en sitios previamente ocupados por bosque nativo. Estas tendencias indicaron que los rodales que cuya proporción de bosque nativo en un entorno de 300 m de radio, fue mayor de 20-25% presentaron en promedio 6-8 especies más que los que se encontraron por debajo de esos valores.

La composición de especies presentó tendencias de cambio con la edad. El análisis descriptivo de las distribuciones de abundancia por clase de tamaño en rodales jóvenes (6 a 10 años), intermedios (11 a 20 años) y maduros (más de 20 años) permitió definir grupos de especies (Cuadro 1) que tendieron a establecerse en rodales. Esta clasificación exploratoria se llevó a cabo con las especies más frecuentes incluyendo algunas que, aún sin encontrarse entre las más frecuentes o abundantes presentaban interés por su valor maderero o ecológico. En principio se distinguió un

grupo que ya en los rodales jóvenes presentaban una distribución desplazada hacia los mayores tamaños y mantenían esa distribución en los rodales maduros. Estas especies fueron clasificadas como pioneras ya que su establecimiento en los rodales jóvenes correspondería a edades inferiores a las muestreadas (6 años) probablemente en condiciones de baja cobertura del dosel de pino. Estas especies presentaron su máximas densidades de renovales pequeños (clase 1) en los rodales intermedios en los que se hallaron aplicaciones recientes de tratamientos de raleo. Otro grupo abundante presentó una tendencia marcadamente diferente con alta proporción de renovales pequeños en rodales de todas las edades y se lo denominó tolerantes. Estas especies alcanzaron densidades apreciables de individuos mayores de 5 cm de DAP en los rodales maduros. Otro grupo presentó características similares pero sin superar los 5 cm de DAP en los rodales maduros y fueron denominadas tolerantes de crecimiento lento. Un cuarto grupo presentó densidades muy altas de renovales menores de 1 cm de DAP en rodales jóvenes e intermedios y un abrupto descenso de esos valores en los rodales maduros. Entre estas especies se encuentran claras tendencias a la propagación vegetativa por rebrote de órganos subterráneos y altos requerimientos de luz para completar su crecimiento. Además presentaron bajas densidades de individuos mayores de 5 cm de DAP. Otros dos grupos, con menores abundancias y en consecuencia más difíciles de clasificar, presentaron tendencias similares a las tolerantes (grupo 5) o sin una distribución definida (grupo 6), pero en ambos casos con establecimiento (renovales 1 y 2) y crecimiento (renovales 3) en los rodales maduros. En ambos grupos se encontraron especies de valor maderero y probablemente con un crecimiento favorecido por la formación de claros.

## CONCLUSIONES

Los resultados encontrados permiten afirmar que la riqueza y composición de árboles nativos que regeneran en las plantaciones de *Pinus taeda* son similares a los de los bosques nativos remanentes en el entorno. Esa conclusión se debe en parte a que los bosques nativos del entorno pueden presentar grados apreciables de degradación. Pero este resultado es claramente superior a la expectativa de diversidad nula atribuida frecuentemente a las plantaciones forestales.

Se detectaron grupos de especies con diferente comportamiento en sus tendencias de regeneración que parcialmente coinciden con resultados previos y contribuyen con nueva información a la comprensión de los grupos ecológicos de especies del bosque misionero.

El efecto positivo de la edad y negativo del área basal sobre la densidad y riqueza indican que la producción de madera de calidad, con turnos no menores de 20 años y densidades de área basal en torno de 24-28 m<sup>2</sup>.ha<sup>-1</sup> favorecen el establecimiento de árboles nativos en comparación con plantaciones manejadas con turnos menores y mayores densidades de área basal.

En plantaciones mayores de 20 años hay en promedio 50 individuos por hectárea, mayores de 5 cm de DAP, de especies de valor maderero medio a alto.

La densidad y riqueza de árboles nativos establecidos en las plantaciones se ve aumentada en paisajes que retienen un 25% de bosque nativo.

**TABLA 1**

GRUPO	ESPECIE	JOVENES			INTERMEDIOS			MADUROS		
		DAP								
		< 1cm	1 a 5 cm	> 5cm	< 1cm	1 a 5 cm	> 5cm	< 1cm	1 a 5 cm	> 5cm
1	<i>Cecropia pachystachya</i>	15	82	0	86	55	21	22	203	37
1	<i>Trema micrantha</i>	46	350	0	86	34	5	22	169	2
1	<i>Solanum granulosum-leprosum</i>	0	23	0	29	4	1	0	34	28
1	<i>Helietta apiculata</i>	0	0	0	36	50	9	0	9	3
2	<i>Nectandra megapotamica</i>	46	0	0	21	29	13	100	69	28
2	<i>Nectandra lanceolata</i>	62	14	0	79	27	0	322	94	22
2	<i>Ocotea puberula</i>	62	18	0	43	4	1	144	50	13
2	<i>Matayba eleagnoides</i>	277	5	24	93	20	0	289	50	8
2	<i>Allophylus edulis</i>	15	9	0	93	20	3	144	128	5
2	<i>Tabernaemontana catharinensis</i>	277	32	0	157	34	0	111	94	4
3	<i>Campomanesia xanthocarpa</i>	215	9	0	71	16	1	11	13	0
3	<i>Cupania vernalis</i>	308	27	0	57	30	0	156	53	0
3	<i>Eugenia uniflora</i>	15	0	0	14	0	0	11	3	0
3	<i>Chrysophyllum gonocarpum</i>	31	9	0	7	4	0	44	13	0
4	<i>Lonchocarpus muehlbergianus</i>	246,2	9,1	1,3	107,1	5,4	0	11,1	15,6	0,9
4	<i>Lonchocarpus campestris</i>	707,7	13,6	0	635,7	37,5	0	22,2	9,4	4,6
4	<i>Machaerium paraguariense</i>	276,9	45,4	0	178,6	17,9	0	11,1	9,4	2,8
4	<i>Machaerium stipitatum</i>	230,8	22,7	0	121,4	37,5	0	33,3	18,8	0
5	<i>Parapiptadenia rigida</i>	77	18	0	107	43	1	44	41	5
5	<i>Cordia americana</i>	31	5	0	50	27	6	22	0	4
5	<i>Holocalyx balansae</i>	123	18	0	29	0	0	11	9	1
5	<i>Cedrela fissilis</i>	46	27	0	0	2	1	56	3	2
6	<i>Cabralea canjerana</i>	0	4,5	0	21,4	7,1	1,3	100	68,8	4,6
6	<i>Balfourodendron riedelianum</i>	15,4	9,1	0	14,3	19,6	2,6	22,2	118,8	9,3
6	<i>Ilex paraguariensis</i>	15,4	9,1	0	0	8,9	2,6	11,1	31,2	8,3
6	<i>Ruprechtia laxiflora</i>	0	0	0	21,4	14,3	0	11,1	21,9	5,6
6	<i>Prumus brasiliensis</i>	0	4,5	0	0	5,4	0	33,3	21,9	11,1

## PROYECTO DE INVESTIGACION APLICADA (PIA 10047)

### Estudio ecológico y silvicultural de *Cordia trichotoma*, *Cabralea canjerana* y *Picrasma crenata*: su potencialidad en la diversificación productiva

González, P.<sup>1,2</sup>; Barth, S.<sup>1,2</sup>; Agostini, J. P.<sup>1,2</sup>; Krivenki, M.<sup>3</sup>; Fassola, H.<sup>1</sup> Ferruci, R.<sup>1</sup> y Carvallo, A.<sup>1</sup>

## INTRODUCCIÓN

Misiones presenta alrededor de 1.700.000 hectáreas de bosque nativo, gran parte de las cuales pertenecen a áreas de uso restringido o reserva nacional, provincial o privada. Debido a la gran explotación de los bosques, se puede observar una constante disminución de oferta de materia prima, ya sean de productos maderables como de aquellos no maderables. En este aspecto nos encontramos con especies nativas de gran valor económico y social en la selva misionera tales como *Cordia trichotoma* (loro negro), *Cabralea canjerana* (cancharana), consideradas importantes desde el punto de vista económico por la utilización de su madera en carpintería, aserrado, etc.; y *Picrasma crenata* (palo amargo), considerada de gran importancia por sus compuestos químicos (de uso en industria alimenticia, farmacéutica, insecticidas, entre otras). La explotación selectiva de los mejores ejemplares y en ocasiones sin considerar la permanencia de árboles semilleros, ha generado una fuerte erosión génica, dejando como remanente pocos individuos de las características más deseables. El gran desafío es estudiar la silvicultura inicial de dichas especies posibilitando su incorporación a nuevas áreas de reforestación. Es necesario buscar alternativas que permitan su propagación, generar un aumento en la disponibilidad de plantines y desarrollar conocimientos acerca de su comportamiento en el establecimiento a campo. Se minimizaría así la explotación del bosque nativo, generando un balance sustentable tanto en el aspecto económico, como ecológico y social. Por otra parte, se ofrecería a pequeños y medianos productores forestales una nueva alternativa de diversificación productiva. El objetivo de este trabajo fue desarrollar técnicas de silvicultura inicial para las especies *Cordia trichotoma*, *Cabralea canjerana* y *Picrasma crenata*. Se estudió el período de fructificación de *Cordia trichotoma*, *Cabralea canjerana* y *Picrasma crenata*, a fines de sugerir la ventana de cosecha para su posterior viverización. En paralelo se evaluaron tratamientos pregerminativos y se desarrollaron técnicas de macropropagación para permitir su multiplicación vegetativa. En particular, en *Picrasma crenata* se dio inicio al estudio del contenido de quassina presente, y en todas las especies, se evaluó los efectos iniciales del arreglo de plantación de plantación: plantación bajo cubierta, plantación a cielo abierto, plantación mixta, plantación pura.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El área de estudio comprendió la provincia de Misiones, región fitogeográfica de Selvas (Cabrera, 1976) Se identificaron y seleccionaron individuos de *Cordia trichotoma*, *Cabralea canjerana* y *Picrasma crenata*, tomando como base, en las dos primeras, las características fenotípicas: rectitud, crecimiento monopódico, duraminización y en palo amargo, características fitosanitarias y de crecimiento.

1. Técnicos INTA EEA Montecarlo.  
Av. El Libertador n° 2472. C. P.3384.  
Montecarlo, Misiones.  
e-mail: gonzalez.paola@inta.gob.ar

2. UNaM. Facultad de Ciencias  
Forestales. Bertoni n° 124.  
C. P. 3380. Eldorado. Misiones.

3. Técnicos de INTA EEA Cerro Azul.

Para el estudio fenológico, de fases reproductivas, se utilizó una adaptación del Registro Integral de Ledesma, reemplazando el empleo de símbolos gráficos para el registro de aparición o desaparición de órganos: La habitual escala de 1 a 5 en símbolos fue registrada en planilla de campo con valores expresados en % (Tabla 1).

**TABLA 1**

ESPECIE:		UBICACIÓN:				OBSERVACIONES:		
Nº árbol:	FASE							
Fecha	Floración	Crecimiento del fruto	Maduración del fruto	Caída del fruto	Brotación	Cambio de color de hojas	Caída de hojas	Descanso

**Tabla 1.** Modelo de planilla de campo

**Propagación.** Se recolectaron semillas en diferentes zonas del área bajo estudio, evaluándose diferentes tratamientos pregerminativos que rompieran inhibiciones a la germinación. Se evaluaron tratamientos químicos (exposición a sales) y físicos (escarificación mecánica), tratamientos de frío y/o calor durante diferentes lapsos de tiempo; las semillas fueron sembradas sobre corteza de pino compostada esterilizada. Para la multiplicación agámica, se utilizaron plantas logradas de la germinación, éstas fueron decapitadas, para permitir su brotación lateral. Los brotes (estacas) obtenidos, formaron parte de los experimentos de enraizamiento de estacas. En una primera etapa, se procedió a la desinfección de las estacas con fungicida (Captan 2 g/l). Los tratamientos consistieron en la evaluación de la respuesta a la exposición de diferentes reguladores de crecimiento y concentraciones. Las estacas fueron instaladas en bandejas y tubetes, conteniendo una mezcla de sustrato (50 % de corteza de pino compostada + 50 % de suelo rojo) y fertilizante de liberación lenta (NPK más microelementos). El material fue instalado y mantenido en condiciones de invernáculo con riego controlado. Estos experimentos se llevaron a cabo en el laboratorio y campo anexo Laharrague de la EEA Montecarlo (INTA).

**Experimentación adaptativa.** A fin de estudiar el manejo adecuado de sombra para cada especie, se instalaron parcelas experimentales puras y mixtas, a cielo abierto y bajo cubierta con material de loro negro y cancharana, provenientes de plantines de semillas, de macropropagación y de rebrote. Se evaluó sobrevivencia, estado fitosanitario diámetro a altura de cuello y altura. Los ensayos fueron establecidos en Santiago de Liniers y Montecarlo. En *Picrasma crenata* se procedió a evaluar a campo la capacidad de rebrote tras cosecha de material para macropropagación; los análisis de las sustancias químicas extraíbles de leño serán ejecutados por un laboratorio nacional de farmacognocia como prestador externo de servicios.

## ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Para los ensayos de laboratorio, y vivero se utilizó un diseño completamente aleatorizado. En los ensayos a campo (plantación pura a cielo abierto y bajo cubierta), se empleó un diseño aleatorizado con 3 repeticiones (parcelas) por especie. Los resultados fueron interpretados estadísticamente por Análisis de Variancia mediante Modelos Mixtos.



## RESULTADOS

**Identificación de árboles semilleros (individuos Plus).** En *Picrasma crenata*, se geoposicionaron individuos en las zonas de: San Antonio (19 ejemplares), Colonia Dos Hermanas (1 ejemplar) Montecarlo y San Vicente (2 ejemplares en cada una) y Oberá (1 ejemplar). *Cabrlea Canjerana*: San Antonio (4 ejemplares), Montecarlo (3 ejemplares) y Eldorado (2 ejemplares). *Cordia Trichotoma*: San Antonio (10 ejemplares), Montecarlo (8 ejemplares), Posadas y Eldorado (6 ejemplares en cada una).

### Fenología de fases reproductivas

En loro negro la plenitud de fase de formación del botón floral se dio en el mes de marzo, floración entre abril y mayo, maduración del fruto en el mes de junio y la caída del fruto en el mes de julio, ambas en coincidencia con las temperaturas bajas del invierno. Coexisten individuos en plenitud de floración y ejemplares en inicio de fase de fructificación. En el año 2014 se pudo observar un gran porcentaje de semillas vanas (80%), la caída de frutos se produjo sin haber alcanzado su completo desarrollo, dada las características del fruto, esto podría deberse a períodos de excesos de lluvia en la etapa de crecimiento y maduración de los mismos.

En cancharana, en septiembre se dio la floración que da lugar a los frutos del año próximo, el período de plenitud de fase de crecimiento de fruto se dio en mayo, la maduración óptima del fruto se dio entre la segunda quincena de junio y la primera de julio. La caída de fruto máxima se produce en el mes de octubre. Cabe acotar que dicho fruto presenta dispersión zoocórica por aves y mamíferos. A fin de aprovechar las semillas para viverización es conveniente la cosecha de frutos en el individuo a través de pértigas y escalera. (Barth S., *et. al* 2014).

En palo amargo, se dio la plenitud de la fase de floración a mediados de diciembre, seguido en el mes de enero por la producción de frutos, estos se encuentran en plenitud de madurez a fines de enero del año próximo.

**Germinación.** En cancharana la germinación fue superior a 85 %, el lavado de las semillas favoreció su germinación, la viabilidad decrece al perder el 50% de su contenido inicial de humedad; almacenadas en envase hermético, conservadas a 5°C con HR 75% por un lapso de hasta 24 días; la capacidad germinativa no decae en forma significativa (Barth S., *et. al* 2014; 2012). En loro negro, mayores o menores dimensiones de fruto no tuvieron influencia en el poder germinativo, la germinación, fue superior a 70 % (Barth S., *et. al* 2013). En palo amargo, las semillas sin tegumento mostraron una germinación del 26 %, seguido por semillas con tratamiento mecánico (cortadas) 25 % y sometidas a Giberelina, 7,5 %.

**Multiplicación agámica.** En cancharana se observó que los mayores porcentajes de enraizamiento se obtuvieron en estacas apicales 95,8% (IBA 0 ppm) y 91,6% (IBA 1000 ppm) sobre estacas sub-apicales 33,3% (IBA 0 ppm) y 29% (IBA 500 ppm) (González, P & Barth S. 2013). En loro negro, los mejores porcentajes de enraizamiento se observaron con dosis de IBA entre 0 a 1000 ppm. Arrojando valores de 96% para el caso de estacas apicales, no siendo aquí tan marcada la diferencia como en cancharana, puesto que las apicales estuvieron alrededor de 80% de enraizamiento para las mismas concentraciones de IBA. En el caso de palo amargo, los mejores resultados se obtuvieron cuando las estacas fueron tratadas con a IBA 2500 ppm en formulación polvo preparado con talco inerte (45%) y cuando fueron

tratadas IBA en formulación con gel inerte a una concentración de 3000 ppm (40%). Silvicultura Inicial. *Cordia trichotoma* y *Cabralea canjerana*.

**Plantación a cielo abierto**, (Municipio Santiago de Liniers, Departamento El dorado, Misiones), se pudo observar que cancharana no toleró la insolación directa de los meses de verano, sí lo hizo loro negro, obteniendo los siguientes porcentajes de sobrevivencia: material de semilla 97 %, de macropropagación 72 %, y de rebrote 94 %. En Laharrague (Departamento Montecarlo, Misiones) la sobrevivencia fue de 76 % en plantas provenientes de semilla y 94 % en plantas provenientes de macropropagación. Cancharana presentó buena sobrevivencia bajo cubierta, 75 % en plantas de semilla y 94 % en macropropagación. El ensayo de Laharrague sufrió ataque de hormigas cortadoras.

## CONCLUSIONES

Es posible encontrar algunos ejemplares, de las especies aquí estudiadas, de buenas características fenotípicas, dentro del remanente boscoso a pesar de que estas se encuentren muy aisladas unas de otras.

El período de cosecha óptimo para frutos es fines de junio para loro negro y fines de julio para cancharana. En el caso de palo amargo, los frutos maduros se recolectan a mediados de enero.

La forma más eficiente para enraizar estacas (cancharana y loro negro) es con la utilización de estacas apicales y concentraciones de IBA entre 0 y 1000 ppm. Para palo amargo con IBA 2500 ppm en formulación polvo e IBA 3000 ppm en formulación gel.

En silvicultura inicial a cielo abierto solo prosperan plantas de loro negro, las de cancharana muestran una mejor adaptación bajo cubierta.

## PROYECTO DE INVESTIGACION APLICADA (PIA 10051)

### Efectos de la densidad de plantación sobre la biomasa aérea y las propiedades físicas de la madera de *Grevillea robusta* A.

Barth S. R.<sup>1,2</sup>, Fernández R. A.<sup>1,2</sup>, Crechi E. H.<sup>1</sup>, Fassola H. E.<sup>1</sup> y Videla D. S.<sup>2</sup>

## INTRODUCCIÓN

El largo plazo de la actividad forestal incrementa la complejidad en la toma de decisiones de manejo de la masa arbórea. Surge así la necesidad de conocer como modificar la producción física que provee la plantación al mismo tiempo que se incrementa su valor comercial. El producir madera de calidad en un marco de Manejo Forestal Sustentable (MFS) es de importancia estratégica para el sector foresto-industrial. En consonancia con ello se busca incorporar nuevas alternativas de cultivo a través de especies no tradicionales pero con potencialidad en la región. El MFS requiere considerar ciertas prácticas que podrían traducirse tanto en aumento de costos, como en un sacrificio de producción y reducir el beneficio económico de la actividad en su conjunto. El desafío es conjugar estos múltiples factores en un análisis integrado definiendo el grado de calidad buscado, la silvicultura asociada a este objetivo y el balance económico, ecológico y social de implementarlo.

El presente proyecto plantea a *Grevillea robusta*, como una alternativa a la producción de madera de calidad para la industria del mueble, debobinado, faqueado y aserrado, con fines de acabados de interiores y revestimientos. La potencialidad de la especie quedó demostrada al alcanzar Misiones (SIFIP) y Corrientes (DRF) en conjunto una superficie implantada de 9500 hectáreas según inventario forestal año 2010. Se propone analizar el efecto de la densidad de la plantación, una de las primeras variables a considerar por el silvicultor, en el contenido y distribución de nutrientes, el crecimiento y el rendimiento; considerados en función a la producción de madera de calidad requerida por el mercado local e internacional. De esta manera se podría reducir la incertidumbre a la que se enfrenta el productor ante el desconocimiento que trae aparejada la incorporación del cultivo de una nueva especie forestal.

A pesar de que *Grevillea robusta* es una especie plantada en la región, hasta el presente se habían desarrollado algunos estudios sobre crecimiento, no avanzando aún en estudios referentes a calidad de esta madera (Fassola *et al.* 2003 y 2004). El conocimiento del desempeño de la especie en cuanto a acumulación de biomasa y sus vinculaciones al crecimiento y calidad de madera obtenida, es una herramienta fundamental para la toma de decisiones.

El objetivo de este estudio fue evaluar las consecuencias del manejo forestal de rodales de *Grevillea robusta* en función a la obtención de madera de calidad. Se decidió encarar la búsqueda de respuestas desde dos ejes temáticos. Por un lado se dio comienzo a tareas de estimaciones de las distintas porciones de biomasa aérea en función a la densidad inicial de plantación y raleos posteriores, considerando su relación con la cantidad y distribución de nutrientes en el sistema. Por otra parte, en un contexto productivo y no meramente de conocimiento biológico de base, se buscó profundizar con un fundamento teórico relacionando las características de la madera de calidad en cuanto a sus propiedades físicas, estabilidad y resistencia, con el manejo forestal.

1. INTA – EEA Montecarlo.  
Av. El Libertador 2472. C. P. 3384.  
Montecarlo.

Misiones. Argentina.  
2. Facultad de Ciencias Forestales –  
UNaM. Bertoni, 124. C. P. 3380.  
Eldorado. Misiones. Argentina.  
Contacto: barth.sara@inta.gob.ar.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se llevó a cabo con material proveniente de un ensayo de *Grevillea robusta* instalado en Posadas, zona Sur de la provincia de Misiones, bajo distintas densidades de plantación (1500, 750, 375 y 162 árboles /ha). Todos los tratamientos recibieron 4 podas hasta llegar a una altura de fuste que proporcione 4 metros de madera libre de nudos. Para el estudio de parámetros dendrométricos se trabajó con datos provenientes de inventario de las parcelas de ensayo con remediciones por un lapso de 18 años. Se consideró para ello diámetro a altura de pecho (dap) y altura total. Para las demás características, siguiendo la metodología propuesta por Köhl *et al.* (2006), a nivel destructivo, se trabajó con una muestra aleatoria compuesta por 6 individuos por cada densidad, considerándose en ello 2 ejemplares dominantes, 2 codominantes y 2 dominados.

**Características dendrométricas.** Se analizó el efecto de la densidad inicial de plantación en el diámetro (cm) y altura media (m) de *Grevillea robusta*. Como el área basal ( $m^2/ha$ ) y volumen son variables derivadas de interés para el manejo de rodales forestales se procedió al cálculo de las mismas para realizar un análisis comparativo según tratamiento. En dicha caracterización se analizó además ahusamiento o conicidad. Se determinó en paralelo la representatividad del duramen según densidad de plantación.

**Compartimentalización de biomasa.** Se procedió al apeo, desrame y defoliado de los individuos seleccionados, procediéndose al pesaje de hojas, tanto vivas como muertas y ramas, separando estas en muertas y vivas como también por tamaño, mayores o menores a 5 cm de diámetro. Con alícuotas de material pesadas previamente a campo se procedió, en laboratorio, a la obtención de peso seco a fin de calcular el coeficiente de transformación peso verde a peso seco para estimar la biomasa por hectárea de los distintos compartimentos (Fassola *et al.*, 2010; Schlegel *et al.*, 2000).

**Estudio comparativo de las propiedades físico-mecánicas de la madera.** De cada individuo apeado se aprovecharon 2 trozas basales para aserrado. A lo largo del fuste se procedió a la obtención de discos para evaluación de propiedades físicas de la madera. Se evaluó además de la densidad básica de la madera, la contracción total, la dureza Janka (según normas IRAM) y MOE dinámico, éste último en tablas aserradas de una pulgada de espesor, mediante equipo Metriguard.

**Determinación de rendimiento de madera aserrada.** La cubicación de las trozas fue realizada por el método de Smalian, se procedió a cubicar las tablas obtenidas por aserrado, siendo el rendimiento en madera aserrada (%) = sumatoria de los volúmenes de las tablas obtenidas de la troza ( $m^3$ ) / el volumen total sin corteza de la troza que originó las tablas ( $m^3$ ) \* 100.

**Clasificación de la madera aserrada según grados de apariencia.** La madera aserrada se clasificó sobre la base de dimensiones e incidencias de defectos. Se empleó para ello una adaptación de la norma de tipificación desarrollada para maderas duras por National Hardwood Lumber Association (NHLA, 2002). Se tomó en cuenta el % de madera libre de defectos para cada grado. Se consideraron 3 calidades: FAS (tablas selectas adecuadas para molduras de mayor longitud con destino a carpinterías para elaboración de marcos de puertas, revestimientos interiores y muebles). N1C (tablas aptas para partes de muebles como armarios de cocina o bi-

bliotecas, son piezas sin defectos visuales pero de menor longitud). N2AC (tablas de hasta 60 cm de largo sin defectos).

**Diseño experimental y análisis estadístico.** La caracterización dasométrica según tratamiento, densidad inicial de plantación, se realizó a través de mediciones de parcelas provenientes de un ensayo preestablecido de densidad de plantación de *Grevillea robusta* A. A los efectos de la valoración de las variables de biomasa, propiedades físico-mecánicas y calidad de madera, en el presente estudio cada espaciamiento fue considerado un tratamiento y cada árbol una repetición. Para el caso de las variables evaluadas a lo largo del fuste y a distintas distancias a partir de la médula se utilizó un diseño de parcelas subdivididas. Siendo la interacción de cada espaciamiento (factor A) con cada altura (factor B) y si corresponde, distancia a la médula (factor C), considerada como un tratamiento y cada árbol como una repetición. (Chies, 2005). A partir de los datos de biomasa obtenida en los distintos compartimientos, se realizó análisis de variancia a fin de determinar la existencia de diferencias significativas entre masas correspondientes a distintas densidades de plantación. Con idéntico procedimiento se evaluaron diferencias en las propiedades físicas y el rendimiento en aserrado de las maderas provenientes de las distintas densidades de plantación. Se empleó ajuste de funciones para análisis de tendencias de comportamiento, realizando los análisis de variancias a través de modelos mixtos (considerando efectos fijos y aleatorios).

## RESULTADOS

Características dendrométricas. Al analizar los resultados encontrados en la variable altura media (tabla 1), las densidades de plantación de 375 a 1500 a/ha presentaron mayor altura a la de 162 a/ha. Esto se debe a la competencia desarrollada por la búsqueda de luz al ser *Grevillea robusta* una especie catalogada como heliófita (Ferreira & Martins, 1998). Si evaluamos diámetro a altura de pecho con corteza (1,30 m), los tratamientos de menor densidad de plantación superaron en diámetro a los de mayor densidad de plantación (tabla 1). Podría decirse que pudieron expresar mejor su potencial ante la ausencia de competencia por luz ya mencionada al considerar la variable altura. El efecto negativo de la competencia en el desarrollo individual de *Grevillea robusta* es también mencionado por Radonski & Ribaski (2010) y Lott et al. (2000) estudiando la potencialidad del uso de la especie en sistemas silvopastoriles y agroforestales respectivamente. En vista a ello es posible afirmar, a menores densidades de plantación, una mejor asignación de espacio vital permitió la manifestación del máximo potencial de la especie en cuanto a desarrollo diamétrico. La distribución de frecuencias en base a los datos observados evidencia que a 1500 a/ha el 30% de los individuos supera los 30 cm de diámetro, con un rango diamétrico de

**Tabla 1.** Variables dendrométricas de *Grevillea robusta* según densidad de plantación. Edad 18 años. Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )

Densidad de plantación	Altura media (m)		dap (cm)		área basal m <sup>2</sup> /ha		volumen c/corteza m <sup>3</sup> /ha	
1500	17,7	b	20,11	a	38	a	309	a
750	19,22	a	25,38	b	36	b	316	a
375	18,08	b	28,86	c	20	c	164	b
162	16,55	c	33,13	d	12	d	111	b

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )

6 a 33 cm. A 750 a/ha dicha frecuencia asciende a 46 %, con un rango de 8 a 38 cm, a 375 a/ha dichos individuos representan un 68 % con un rango de 12 a 44 cm y a 162 a/ha los individuos de las clases superiores a 30 cm constituyen el 85 %, con un rango de distribución de 12 cm a 46 cm.

Al considerar área basal en m<sup>2</sup>/ha (sumatoria de áreas transversales de todos los individuos de una hectárea) la incidencia del número de individuos hace, no obstante la diferencia individual en tamaño, que los tratamientos de mayores densidades de plantación presenten mayor área basal en comparación con los de densidades menores (tabla 1). En volumen con corteza por hectárea, los tratamientos de 1500 y 750 a/ha presentan diferencia estadísticamente significativa con los de 375 y 162 a/ha (tabla 1). Esto se debe al mayor n° de individuos, acompañado en mínimo grado de incidencia por su mayor altura a pesar de su menor dap individual. Este hecho es importante desde el punto de vista del manejo forestal al ser la especie de potencial interés para emprendimientos agroforestales en los que se requiere un menor n° de individuos / ha a fin de evitar competencia de recursos necesarios para la actividad agrícola (Barth et. al. 2015). La proporción de albura/duramen en *Grevillea robusta* estuvo influenciada por la densidad de plantación, a 1500 a/ha el duramen alcanza el 50 % mientras que a menores densidades de plantación el mismo supera el 60 % del volumen.

**Compartimentalización de biomasa.** Analizando lo ocurrido a nivel de árbol individual, la densidad de plantación influyó en la partición de biomasa aérea del árbol. La biomasa total fue menor a mayor densidad de plantación. A menores densidades de plantación (162 y 375 a/ha) la acumulación de biomasa de hojas fue mayor que a mayores densidades de plantación 750 y 1500 a/ha). El hecho de que a menor densidad de plantación se dieran mayores diámetros de rama afecta el rendimiento de madera aserrada para los diferentes grados de calidad. Se hace entonces indispensable priorizar la realización de podas en tiempo y forma para no perjudicar el valor económico del producto a obtener. Si nuestra perspectiva es maximizar volumen de madera libre de nudos, la selección del espaciamiento inicial es de suma importancia. La competencia por recursos hizo que el tratamiento silvícola de 1500 a/ha evidenciara una mayor mortandad de ramas. Densidades de 162 a 750 a/ha tuvieron mayor producción individual de madera en el fuste y en corteza.

Al mismo tiempo que la biomasa individual tiende a incrementarse a menores densidades de plantación, la biomasa total a nivel de rodal (Mg ha<sup>-1</sup>) se incrementa a mayores densidades de plantación. En los tratamientos de mayor densidad de plantación el número de plantas por hectárea tiene una alta incidencia en la producción total de biomasa del rodal.

**Propiedades físico-mecánicas de la madera.** En *Grevillea robusta* la densidad básica no evidenció diferencias significativas entre 162 y 750 a/ha, pero sí entre estas densidades y 1500 a/ha. No se evidenciaron diferencias de la densidad básica de la madera en sentido radial (desde el interior hacia la periferia de la troza), con excepción de la sección de médula, en la que también se produjeron rajaduras en tablas aserradas. En cuanto a la contracción volumétrica total no arrojó diferencias entre los tratamientos de 162 a 750 a/ha con valores entre el 10 y el 11 %, pero sí entre estas densidades y 1500 a/ha, en donde la contracción volumétrica superó el 12 %. Idéntica tendencia se presentó en el hinchamiento volumétrico total, a una mayor densidad básica (1500 a/ha) se dio la mayor inestabilidad dimensional de la madera. En las 3 direcciones (radial, tangencial y longitudinal), los 2 tratamientos de

mayor densidad de plantación presentaron mayor dureza Janka (370 kg / cm<sup>2</sup>) que los 2 tratamientos de menor densidad de plantación (350 kg / cm<sup>2</sup>). El MOE dinámico pasó de una media de 8 gigapascales en menores densidades de plantación a 10 gigapascales en la mayor densidad de plantación.

**Rendimiento de aserrado según grado de apariencia.** En troza 1, menores densidades de plantación (375 y 162 a/ha) dieron lugar a mayores rendimientos, diferenciándose estadísticamente de 750 y 1500 a/ha.

En troza 2, mayores densidades de plantación dieron lugar a un rendimiento mayor (debido a la menor conicidad). Los tratamientos de 375 y 162 a/ha presentaron la mayor proporción de madera de mejor calidad, FAS y N1. A su vez, los tratamientos de 1500 y 750 a/ha presentaron mayor proporción de maderas de calidad N2 y N2C.

## CONCLUSIONES

A mayores densidades de plantación se dan las mayores alturas medias, por lo contrario, en dichas densidades se dan los menores diámetros.

La mayor área basal y los mayores volúmenes por hectárea pertenecen a una mayor densidad de plantación.

La proporción de duramen en *Grevillea robusta* se vio afectada por la densidad de plantación, los valores más bajos se dieron a 1500 a/ha. Las demás densidades generaron entre sí el mismo porcentaje de duramización.

A 1500 a/ha la densidad básica de la madera fue mayor, no existiendo diferencias entre los demás tratamientos. Idéntico comportamiento se presentó en contracción volumétrica total y el hinchamiento volumétrico total.

La madera de *Grevillea robusta* no evidencia diferenciación de comportamiento entre 162 y 750 árboles por hectárea. Cualquiera fuere la densidad de plantación adoptada dentro de ese rango no influye en sus propiedades físico-mecánicas. Por ende, la especie tiene potencial para la implementación de un sistema agroforestal combinando el desarrollo de fuste maderable de alto valor con el desarrollo del estrato herbáceo con miras a la implementación de un sistema silvopastoril.

**Agradecimientos.** Se agradece la colaboración en tareas de campo y laboratorio a Otto Knebel, Lucas Giménez, Roberto Kobs y Diego Aquino (INTA EEA Montecarlo) y Teresa Suirezs y Adelaida Bragagnolo (FCF-UNaM).



## PROYECTO DE INVESTIGACION APLICADA (PIA 10052)

### Crecimiento del *Pinus radiata* sometido a diferentes tratamientos de raleo y poda en el sudeste de la provincia de Buenos Aires, Argentina

Paula Ferrere<sup>1</sup>, Ana María Lupi<sup>2</sup>, Teresa Boca<sup>3</sup>.

## INTRODUCCIÓN

En las zonas de serranías y en el cordón dunoso de la provincia de Buenos Aires, Argentina, las forestaciones de Pino radiata se caracterizan por la ausencia parcial o total de intervenciones silvícolas. El estado actual del patrimonio forestal, concentrado básicamente en medianos y grandes productores agrícolas, se presenta con plantaciones densas, sin raleos ni podas y en consecuencia con bajo valor comercial.

Para alcanzar el mercado de madera libre de nudos, el manejo silvícola se debe orientar a la producción de materia prima de calidad, concentrando el crecimiento en unos pocos árboles de buen tamaño, forma y con la menor cantidad posible de defectos. Estos estándares no son logrados por las plantaciones de *Pinus radiata* de media a avanzada edad localizadas en la provincia de Buenos Aires por que no se dispone de un esquema de manejo silvícola ajustado de tal manera que las plantaciones jóvenes o las nuevas forestaciones puedan generar productos de mayor valor comercial. En consecuencia, el desafío es intervenir los rodales jóvenes y para ello es necesario ajustar la combinación de tratamientos silvícolas en una determinada intensidad, en el momento oportuno, según la calidad de sitio. De esta manera se mejorará calidad de la madera, aumentando los beneficios económicos.

Ante la carencia de antecedentes locales se estableció un ensayo con el objetivo de analizar la incidencia de tratamientos silvícolas de poda y raleo sobre el crecimiento de diferentes variables dasométricas y estudiar su evolución por un período de 7 años. La hipótesis de este trabajo es que la aplicación de podas del 40 % de remoción de la copa a los 6 años no afecta significativamente el crecimiento del árbol siendo el raleo el tratamiento silvícola que más influye sobre el crecimiento a nivel de árbol individual y de rodal

## METODOS

Características del área de estudio. El ensayo se ubicó en una plantación forestal del Establecimiento San Gabriel, a unos 50 km de la localidad de Tandil, provincia de Buenos Aires, Argentina (37° 33' 34" S Y 59° 13' 01" O). El experimento se localizó en una ladera de un cerro, ocupando una posición de media loma a loma, con pendientes en torno al 5- 10 %. El suelo del sitio del experimento es un Hapludol de color negro, de textura superficial franco limosa, muy somero, bien drenado, formado sobre sedimentos loésicos y de aptitud ganadera (Clase Vles). El factor limitante es la profundidad efectiva del suelo que condiciona el anclaje de las raíces y la disponibilidad de agua. El espesor del solum en el sitio del experimento puede variar desde los 10 cm hasta 40 cm y se presentan afloramientos rocosos. En general se trata de suelos con altos contenidos de materia orgánica que no presentan deficiencias nutritivas.

1. AER INTA 9 de julio. Mitre 857, 9 de julio (6500), Buenos Aires. ferrere.paula@inta.gob.ar.

2. Instituto de Suelos, INTA Castelar;

3. Instituto de Clima y agua, INTA Castelar

**Clima.** El clima de la zona se clasificó según Köppen-Geiger como Cfb, definido como templado, con precipitaciones durante todos los meses del año y temperaturas medias del mes más cálido, inferior a los 22 °C. De acuerdo a lo reportado por Jackson y Gifford (1974), se encuentra dentro del óptimo para el cultivo del *P. radiata*, con temperaturas medias de 13,9 °C, mínima promedio de 7,7 °C y máxima promedio de 20 °C para la zona en estudio (INTA Castelar). La precipitación promedio para la serie analizada fue de 885 mm.

**Diseño de experimento y tratamientos.** El ensayo se instaló en un sitio sin uso previo, en el otoño del año 2007 en una plantación realizada en el año 2001. La densidad inicial de plantación fue de 1.111 plantas ha<sup>-1</sup> (3 m x 3 m) y recibió los tratamientos y cuidados culturales tradicionales de la región. Los tratamientos estudiados son: T1: testigo sin intervención, T2: 50 % de raleo (% de raleo sobre el número total de plantas por hectárea), sin poda, T3: 75% raleo, sin poda, T4: 50 % de raleo, con poda y T5: 75 % de raleo, con poda. El raleo se aplicó por única vez en abril de 2007. Los tratamientos de poda se aplicaron secuencialmente en el otoño del año 2007, 2009 y 2010 y la remoción del 40 % de la copa significó, en promedio, una altura de inicio de copa de 4,98 m ( $\pm$  0,74 m). La superficie de cada parcela fue de 600 m<sup>2</sup> y cada una tenía una fila de bordura. La superficie total del ensayo fue de 1,8 ha.

**Mediciones y análisis de los datos.** Previo a la aplicación de los tratamientos de intensidad de raleo se realizó un relevamiento del diámetro a la altura del pecho (dap) de todos los individuos de las parcelas y su estado sanitario y sociológico. Se priorizó la eliminación de árboles dominados, de mala forma y enfermos. Se realizaron mediciones anuales del dap en todos los árboles de las parcelas, desde el año 6 (luego de aplicar los tratamientos) hasta el año 13.

Para la estimación de los volúmenes individuales se utilizó un modelo logarítmico desarrollado para la región, cuya forma es la siguiente:  $\ln v_i = -9,13181 + 2,39432 * \ln(\text{dap})$ . Se calculó el diámetro cuadrático promedio (dmc, cm), el área basal (G, m<sup>2</sup> ha<sup>-1</sup>) y el volumen (V, m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>), ambas indicadoras de la productividad del rodal.

Los cálculos fueron realizados en un entorno R (2014), utilizando el paquete stats. Se utilizó el paquete gls para testear las diferencias entre tratamientos y entre edades para ciclo estudiado. Se realizó una matriz de correlación para analizar el efecto la precipitación, la evapotranspiración potencial y el déficit hídrico sobre las variables en estudio (dmc, G y V).

## RESULTADOS

**Crecimiento en dmc:** El tratamiento testigo (T1) mostró valores de dmc claramente inferiores a los tratamientos con raleo, destacándose el T3 que resultó un 39,2 % superior al testigo. El T2 fue un 23,9 % más que el T1. Para una misma intensidad de raleo (50 %), los tratamientos con y sin poda mostraron tendencias similares. La merma en el crecimiento a causa de la poda no es significativa y se mantuvo a lo largo del ciclo estudiado. Al año 13 el tratamiento T4 resultó un 6,3 % que el T2. En el caso del T5 la disminución en relación al T3 de apenas el 4,6 %.

Para una misma edad, letras minúsculas diferentes indican diferencias significativas entre tratamientos. Para cada tratamiento, letras mayúsculas diferentes indican diferencias significativas entre edades

**TABLA 1**

Variable	Trat.	Edad							
		6	7	8	9	10	11	12	13
dmc (cm)	T1	11,9 a-A	14,8 a-B	16,3 b-B	17,6 b-BC	19,1 c-C	20,2 c-C	21,2 c-C	21,9 c-C
	T2	13,1 a-A	16,9 a-B	19,2 a-B	20,9 a-BC	23 b-C	24,4 b-C	25,9 b-CD	27,1 b-D
	T3	12,5 a-A	17,1 a-B	19,7 a-B	22,1 a-B	25 a-C	27,1 a-CD	29,5 a-DE	30,4 a-E
	T4	12,9 a-A	16,4 a-B	18,3 a-B	19,9 b-B	21,5 bc-C	22,7 bc-C	24,3 b-CD	25,5 b-D
	T5	13,1 a-A	17,3 a-B	19,7 a-BC	21,6 a-CD	23,6 ab-DE	25,2 ab-EF	27,7ab-FG	29,0a-G
AB (m <sup>2</sup> ha <sup>-1</sup> )	T1	43,8 a-A	74,3 a-B	93,1 a-B	112,6 a-B	137 a-BC	156,2 a-CD	176,6 a-D	189,7 a-D
	T2	28,2 ab-A	51,8 b-B	70,7 b-B	86,1 b-C	108 b-C	125,9 b-CD	144,5 b-DE	161,3 b-E
	T3	13,2 b-A	27,4 c-AB	38,6 c-B	50,7 c-BC	67,7 c-CD	82,3 c-DE	100,7 c-E	108,5 c-E
	T4	27,1 ab-A	47,7 b-AB	62,2 b-BC	75,7 b-CD	90,5 b-DE	103,9 b-EF	122,7 b-F	139,5 b-F
	T5	14,8b-A	28,5 c-AB	39,1 c-B	48,6 c-B	59,8 c-BC	70,6 c-BC	87 c-C	93,3 c-C
V (m <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup> )	T1	11,9 a-A	18,5 a-B	22,5 a-B	26,1 a-BC	30,8 a-CD	34,3 a-D	37,9 a-DE	39,1 a-E
	T2	7,4 ab-A	12,3 ab-AB	15,9 ab-BC	18,7 b-CD	22,8 b-DE	25,4 b-EF	28,7 b-FG	30,5 b-G
	T3	3,5 ab-A	6,4 b-A	8,6 c-A	10,8 c-A	13,8 cd-AB	16,2 c-B	19,1 cd-DE	20,3 cd-B
	T4	7,1 a-A	11,4 b-A	14,3 bc-AB	16,8 b-B	19,5 bc-BC	21,8 bc-CD	24,9 bc-DE	26,0 c-E
	T5	3,9 b-A	6,7 b-A	8,7 c-AB	10,4 c-B	12,4 d-BC	14,2 c-CD	16,9 d-D	17,9 d-D

**Crecimiento en área basal.** El tratamiento de raleo afectó significativamente ( $P < 0,01$ ) el área basal desde el momento de su aplicación, resultando el testigo superior a las parcelas raleadas. Si se toma como referencia el valor inicial del área basal de cada tratamiento, el incremento detectado en el tratamiento testigo fue de 230 %, en tanto que para el T2, fue del 311 % y para el T3 fue del 483%.

**Cuadro 1.** Análisis de comparación de medias, para tratamientos de poda y raleo, en un ciclo de 6 a 13 años.

**Crecimiento en volumen.** A los 13 años, el tratamiento testigo contó con un volumen de 189,8 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> lo cual significa una tasa de 14,6 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>. Los tratamientos con una intensidad de raleo del 50% (T2 y T4), solo mostraron diferencias en volumen a los 13 años, con valores en T2 de 161,3 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>, mientras que en T4, de 139,5 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>, es decir se redujo un 13 % en relación a la misma densidad sin poda.

## DISCUSIÓN

La aplicación de un raleo en una plantación de *Pinus radiata* en el sudeste de la provincia de Buenos Aires, afectó el crecimiento de los árboles individuales y de la masa. La adopción de un esquema de manejo con podas y raleo tempranos implica una pérdida deliberada en volumen, que se debería compensar con la calidad superior y mayor valor de la madera producida, objetivo de producción fuertemente ligado a condiciones económicas y de mercado. La productividad máxima del rodal alcanzó los 14,6 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>.

Como respuesta a la intensidad del raleo aplicado en el presente trabajo, el diámetro de los árboles se incrementó en todos los tratamientos, particularmente en los mayores espaciamientos (75 % raleo). El efecto positivo del raleo sobre el creci-

miento en diámetro se atribuye a una reducción en la competencia por luz, agua y nutrientes. Con esta intervención, al remover los individuos competidores se logró un incremento de 5,2 cm en el diámetro (T1 vs T2). El incremento en diámetro fue mayor (8,6 cm) con una intensidad de raleo al 75%. La aplicación de raleos tempranos genera una subocupación inicial del sitio que podría complementarse con la actividad ganadera y posiblemente generaría una mayor aceptación por parte de los productores de la región.

Cuando se analiza el efecto de la poda con una intensidad del 40 %, se observa que para una misma intensidad de raleo no hubo una reducción significativa del diámetro a nivel de árbol individual ni en el área basal 50% no afectan el crecimiento. A pesar de ello, debemos mencionar que para las dos intensidades de raleo se mantienen el mismo comportamiento y la reducción en la productividad alcanzó el 13-14% en volumen (para T2 vs T4 y T3 vs T5), a consecuencia de la poda. Se ha documentado que en coníferas, la reducción del 25-40% de la copa viva puede afectar negativamente el crecimiento en diámetro. La poda de la parte inferior de la copa en árboles relativamente jóvenes creciendo en situación de baja competencia podría significar la remoción de tejido aun activo que contribuye al crecimiento en forma sustancial en la parte inferior del fuste, lo que llevaría a obtener árboles más cilíndricos. Adicionalmente, la poda posibilita una mayor entrada de luz al estrato inferior de la plantación lo que genera un ambiente propicio para el desarrollo de especies forrajeras con vistas al establecimiento de un sistema silvopastoril.

## CONCLUSIONES

La intensidad de raleo del 50 % a los seis años de establecimiento de una plantación es el más recomendado dado que permite combinar crecimiento a nivel de árbol individual con una acumulación importante de volumen en los árboles remanentes. La aplicación de poda de 40 % permite obtener madera con menos defectos. Los crecimientos promisorios obtenidos en estos suelos de bajo índice de productividad indican que es posible destinar estos sitios a la producción de madera de calidad, que cobra importancia en un ámbito de creciente agriculturización de la región. Considerando que son suelos con un uso actual marginal, el desarrollo de plantaciones con vistas a la producción de madera para aserrado requiere de la aplicación de un manejo forestal intensivo, que contemple no solo los tratamientos intermedios de poda y raleo descritos en el presente estudio, sino también, el uso de plantines de calidad con una genética de avanzada, adecuadas técnicas de establecimiento y un aprovechamiento acorde con el objetivo inicial propuesto.

## PROYECTO DE INVESTIGACION APLICADA (PIA 10058)

### Silvicultura del ciprés de la cordillera: ¿una alternativa rentable y sustentable para la provincia de Río Negro?

Lucas A. Garibaldi<sup>1,\*</sup>, Cecilia Casas<sup>1,2</sup>, Matías Goldenberg<sup>1</sup>, Juan Gowda<sup>3</sup>, Karin Heinemann<sup>3</sup>, Thomas Kitzberger<sup>3</sup>, Jennifer Landesmann<sup>3</sup>, Juan P. Langlois<sup>2</sup> y Lucía Mayoral<sup>2</sup>

## INTRODUCCIÓN

El ciprés de la cordillera (*Austrocedrus chilensis*) es una especie arbórea autóctona de la Patagonia Andina. Debido a su calidad maderera, el valor de mercado en los últimos 15 años ha sido cuatro veces más alto que el de coníferas exóticas implantadas en la región. Sin embargo, gran parte de los sitios habitados (o habitables) por el ciprés han sido forestados (o son factibles de serlo) con coníferas exóticas que, a su vez, aumentan de manera importante el riesgo, severidad y extensión de incendios. Al ser una especie nativa formadora de hábitat (especie “ingeniera”), la plantación y el manejo del ciprés en estos sitios resultarían una alternativa de mayor sustentabilidad ecológica que la implantación de coníferas exóticas. Sin embargo, es aún incierta la rentabilidad para el productor de esta actividad.

La regeneración del ciprés se encuentra limitada tanto por la disponibilidad natural de propágulos como por la falta de técnicas y manejos adecuados. La sequía y la ocurrencia de fuegos, naturales o de origen antrópico durante los períodos pre y post-colonización europea han causado la fragmentación de los bosques de ciprés. En consecuencia, algunos bosquetes de ciprés quedaron delimitados sobre afloramientos rocosos que no fueron alcanzados por fuego. Las áreas abiertas incendiadas, fueron usadas para la cría extensiva de ganado (ovino, caprino, vacuno) que, junto con otros herbívoros introducidos (liebre, ciervo) contribuyeron al impacto negativo sobre la regeneración de estos bosques. Revertir esta situación requiere del desarrollo de métodos de plantación y de una mayor difusión de los conocimientos actuales a los productores.

Además, es necesario determinar métodos adecuados a implementar (por ejemplo, raleos, métodos y turnos de corta) para el desarrollo de rodales productivos en aquellos sitios donde la regeneración del ciprés es abundante. Cuando la regeneración del ciprés es abundante, la especie puede formar grupos con densidades superiores a las 30.000 plantas por ha. Debido a su alta tolerancia a la sombra, el proceso de auto-raleo de la especie puede prolongarse durante décadas, reduciendo el valor productivo del rodal. Por lo tanto, propusimos evaluar el costo de liberación de ciprés en etapa de renoval (3-4 m de altura dominante) y su reacción temprana en crecimiento durante los tres años de duración del proyecto (dos temporadas de crecimiento) en situaciones que reflejen las condiciones naturales de regeneración de la especie.

## OBJETIVOS

- (1) Evaluar procedimientos de implantación de ciprés en sitios con condiciones ambientales y de vegetación contrastantes.
- (2) Identificación de áreas óptimas de plantación de ciprés.
- (3) Evaluar el retorno económico de plantar ciprés, incluyendo análisis de sensibilidad y por escenarios.

1. AGRECO, Sede Andina-UNRN y CONICET;  
2. FAUBA;  
3. Lab Ecotono, CRUB-UNCOMA e INIBIOMA-CONICET; \* lgaribaldi@unrn.edu.ar

(4) Evaluar el efecto de la liberación temprana de ciprés en etapa de renoval y su costo.

## SISTEMA DE ESTUDIO

El ciprés es una gimnosperma dioica autóctona de la Patagonia Andina. Se distribuye a ambos lados de la cordillera. Los bosques más conspicuos del lado argentino se encuentran entre los 39° 30' S y los 43° 35' S, siendo los extremos absolutos 37° 7' S (Cañada Molina, provincia de Neuquén) y 43° 44' S (Corcovado, provincia de Chubut). Típicamente la especie prospera en sitios rocosos o en suelos de origen volcánico, de textura gruesa y bien drenados. Soporta condiciones más xéricas que el coihue (*Nothofagus dombeyi*) y otras especies nativas de bosques lluviosos. Es la única especie arbórea nativa en los ambientes más secos adyacentes a la estepa, donde la precipitación media anual es de 500 mm. En sitios más favorables forma rodales mixtos con coihue y también forma rodales puros. Es muy variable en su forma y tamaño, pudiendo alcanzar los 37 m de altura. En este PIA, a lo largo de los sitios de estudio se evaluó un gradiente climático y topográfico que permitió explorar condiciones contrastantes para el crecimiento del ciprés.

## RESULTADOS, CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

El ciprés ocupa actualmente una menor superficie que la habitable por esta especie. Ello se debe, en parte, a los grandes incendios que han ocurrido en la zona durante comienzos del siglo pasado para realizar actividades ganaderas, dando lugar a grandes extensiones de bosques de matorral. Actualmente, en algunos matorrales la regeneración de ciprés es baja, mientras que en otros es elevada.

En aquellos bosques de matorral (y en límite con la estepa) donde la regeneración de ciprés es muy baja, por ejemplo por falta de propágulos, hemos probado en situaciones de campo, sin riego, distintos métodos de plantación de ciprés, dentro de su área de distribución (objetivo 1). Los ensayos se hicieron en 4 sitios, dos en el ecotono con la estepa, en el límite Este de distribución de la especie, y otros dos sitios en un ambiente de matorral arbustivo con mayores precipitaciones. Los resultados indican que es posible plantar ciprés exitosamente siguiendo ciertos procedimientos de implantación. Combinando los resultados de este PIA, con otros antecedentes previos importantes, la supervivencia de plantaciones son altas bajo las siguientes condiciones:

- (1) si los plantines tienen como mínimo 3 años (no menos de 25 cm de altura y 4 mm de diámetro en la base del tallo) y han pasado períodos de rustificación (con menos agua y mayor radiación) previo al trasplante;
- (2) si se plantan en otoño-invierno cuando hayan empezado las lluvias;
- (3) si se plantan bajo arbustos, del lado sur, así tienen sombra durante las horas de mayor radiación solar;
- (4) si se plantan en la parte baja de las laderas bajas con pendientes mayores a 5 grados, pero nunca en fondos de valle.

Vale destacar que estas recomendaciones fueron resumidas en un folleto tríplico de divulgación que sintetiza los protocolos de plantación y manejo. El mismo contó con la participación del INTA, CONICET, Servicio Forestal Andino, CRUB-UNCOMA y UNRN. La difusión del folleto se complementó con el envío electrónico de una versión adaptada del tríptico.

En esta línea surge como importante la identificación de las áreas óptimas para realizar dichas plantaciones de ciprés, focalizando en aspectos de condiciones de sitio y productividad (objetivo 2). En la actividad forestal la estimación de la productividad de sitio es imprescindible para la toma de decisiones económica y ambientalmente sustentables. La productividad de un determinado sitio conjuga su fertilidad y condiciones climáticas en una capacidad potencial para producir biomasa vegetal que la especie concreta como volumen de madera. Con los datos obtenidos en un muestreo de 45 parcelas elaboramos un modelo de efectos mixtos cuya variable respuesta fue el volumen individual del ciprés. El modelo permite clasificar sitios según su productividad para ciprés en función de variables topográficas, climáticas y propias del rodal. Los resultados sugieren que los sitios de mayor productividad a nivel de individuo son aquellos de baja densidad y orientación Sur, con bajas temperaturas de verano y moderadas a bajas precipitaciones anuales. Se analizó la interacción entre la precipitación anual y la temperatura de verano, variable que no había sido incluida en trabajos anteriores. Además, el modelo permite clasificar los sitios en cuatro categorías de productividad, lo que puede ser útil para delimitar zonas con aptitud para la producción de ciprés dentro de una provincia, ordenamiento territorial o asignación de subsidios.

En emprendimientos productivos que impliquen plantar ciprés, un aspecto fundamental es el análisis del retorno económico de esta actividad (objetivo 3). Se plantearon cinco alternativas de manejo, con el objetivo de compararlas según su conveniencia financiera, tres alternativas con diferentes intensidades de raleo para obtención de leña (manejos leñeros), y dos alternativas de raleo de matorral con plantación de especies forestales como ciprés y pino ponderosa para obtención de leña y madera aserrable. El manejo leñero que contempló únicamente raleo de matorral intenso (sin plantación) resultó la alternativa más conveniente. Las variables que definieron el resultado económico de las alternativas fueron el precio y la productividad de leña, además de los gastos directos. La densidad de plantación sería clave a la hora de definir el éxito de un planteo forestal con ciprés, principalmente debido a su influencia en la inversión inicial que generalmente desmotiva este tipo de proyectos productivos, y a su influencia en la calidad de la madera ( $m^3 \text{ árbol}^{-1}$ ) que se reflejaría en mayores o menores precios. El análisis por escenarios demostró que la alternativa más atractiva fue independiente de los escenarios planteados. Sin embargo, hay que considerar que las consecuencias ambientales de dicha actividad intensa de corta (remoción del 70 % de la superficie basal) están siendo aún estudiadas. Por otra parte, los costos sociales de la pérdida de los bosques nativos no son tenidos en cuenta en las evaluaciones financieras privadas, porque el productor busca la maximización de sus beneficios. Las leyes que otorgan subsidios para este tipo de proyectos resultaron de poco impacto financiero en todas las alternativas analizadas, esta información es importante para los organismos estatales encargados de administrarlos.

Por otro lado, en aquellos sitios donde la regeneración de ciprés es abundante, surge la interrogante de cómo manejar estos bosques. En este sentido, el presente PIA avanzó en evaluar el efecto de la liberación temprana de ciprés en etapa de renoval y su costo (objetivo 4). El ensayo de clareo indica que dicha actividad tiene un gran potencial para activar el crecimiento longitudinal del ciprés, lo que no sólo reduciría el tiempo necesario para que los renovales alcancen al dosel superior, sino que también reduciría los riesgos de daño por ramoneo, al dejar el follaje fuera del alcance de herbívoros terrestres. En este experimento, los renovales mostraron una baja



tasa de crecimiento hasta alcanzar una altura de 1,5 m, lo que indica que el clareo podría tener un mayor efecto en una fase aún más temprana del crecimiento del rodal. La densidad final del experimento (equivalente a 5000 plantas ha<sup>-1</sup>) es claramente superior a lo recomendado en forestaciones comerciales (500-1000 plantas ha<sup>-1</sup>), por lo que consideramos los resultados presentados como conservadores para el manejo de esta especie. En vista del valor comercial de la especie, los bajos costos del clareo y los altos costos de establecimiento de la misma, concluimos que el subsidio a clareos de ciprés sería un mecanismo eficiente para promover el aumento en la productividad de esta especie en rodales establecidos naturalmente. Actualmente, dicha actividad no está contemplada en el marco de la Ley 25.080.

## PROYECTO DE INVESTIGACION APLICADA (PIA 10072)

### Prácticas de manejo y dinámica de la materia orgánica, nitrógeno y fósforo en forestaciones de sauce con atajarepuntos en el bajo delta del Paraná

Ceballos Darío S.\*<sup>1</sup>, García Cortes Manuel<sup>2</sup>, Fernández Tschieder Ezequiel<sup>1</sup> y Cerrillo Teresa<sup>1</sup>

La instalación de sistemas productivos en ecosistemas vulnerables pueden ser críticas para el estado y funcionamiento de los mismos, dependiendo de las alteraciones que se realicen sobre las funciones ecosistémicas tanto por el tipo e intensidad de la intervención, como por la escala de las mismas. Los humedales se encuentran entre los ecosistemas que más servicios ecosistémicos brindan a las sociedades, si bien hasta las últimas décadas del siglo XX el manejo más utilizado para estos sistemas consistió en su drenaje y reemplazo por sistemas y modelos de producción de tierras no anegadas, se reconoce en forma creciente que bajo su condición hidrológica típica prestan valiosos servicios hídricos, químicos y biológicos, entre otros, lo que ha obligado a revisar sus prácticas de uso y manejo.

El Bajo Delta del Paraná (Argentina) constituye un mosaico de islas y humedales de 17000 km<sup>2</sup> dentro de los cuales las plantaciones forestales cumplen un rol socioeconómico relevante para los distintos actores sociales. De las 83370 ha forestadas con salicáceas en el Delta del Paraná, el 83 % está constituido por plantaciones de sauces (MPF, 2012), principalmente en sistemas abiertos a los flujos hidrológicos, requiriendo menores modificaciones en los humedales respecto a las forestaciones de álamos o sistemas agrícolas, los cuales se instalan en sitios altos y con elevado riesgo (álamos) o necesariamente dentro de sistemas cerrados a los flujos hidrológicos y con gestión de los mismos (Egreso e ingreso de agua). A pesar de la historia de estos sistemas productivos en los territorios delteños y la importancia como economía regional, las forestaciones de sauce son uno de los sistemas menos investigados, con escasos conocimientos científicos para la toma de decisiones a nivel de predio, tanto por su productividad como de su interacción con el ambiente, aspecto de gran importancia ante la media sanción (2014) en el Congreso de la Nación Argentina de la “Ley de presupuestos mínimos para la conservación, protección y uso racional y sostenible de los humedales”. Por otro lado, los diferentes actores sociales han generado, a partir de la experiencia y del diálogo entre ellos, saberes donde se basan sus decisiones de manejo. En esta investigación, nos propusimos analizar los procesos vinculados a la dinámica del carbono y los principales nutrientes con el fin de comprender el funcionamiento de estos sistemas y compatibilizar la conservación de los recursos con los factores que determinan la productividad de estas forestaciones. El desarrollo de este análisis fue en conjunto con los productores, donde los mismos participaron de espacios de co-construcción, producción y reflexión de los conocimientos obtenidos y compartieron los saberes populares en los cuales basan sus decisiones de manejo.

Nuestra investigación se llevó a cabo a partir de un diseño experimental, representatividad en las plantaciones de sauces seleccionadas tanto de material genético, edad, manejos, gestión del agua, muestreos de vegetación y suelos, desarrollo de modelos de estimación de biomasa, análisis químicos varios, estimación de contenido de nutrientes y la exploración de índices que relacionan extracción con contenido de nutrientes en suelos y con algunos flujos que permiten comprender estas relaciones. Por otro lado, se han desarrollado tres talleres participativos con distintos actores sociales, principalmente productores grandes, medianos y familiares, en los que se

\* ceballos.dario@inta.gov.ar P. de las Palmas y C. L. Comas.- CC14-CP 2804. Campana, provincia de Buenos Aires.

1. Estación Experimental Agropecuaria Delta del Paraná (INTA).

+54 3489 460075

2. Agencia de Extensión Rural Delta (INTA).

han complementado los resultados biofísicos obtenidos con los saberes tácitos y experiencias para finalmente abordar a un ranking de prácticas sugeridas.

Los resultados corresponden a 10 plantaciones de sauce clon `A 131-27` y el clon `A 13-44` distribuidas en Delta Entrerriano y Delta Frontal, todos los rodales constituyen plantaciones cercanas a la edad de corte y plantadas a diferentes densidades, existiendo plantaciones entre 400 a 1000 arb ha<sup>-1</sup>, con Diámetros a la altura del pecho medios de 18 a 22 cm y Altura medio de 16 a 23 m, todos los sitios estuvieron siempre bajo uso forestal y en general constituían el segundo ciclo, además incluían una gran heterogeneidad de gestión de agua tanto dentro de terraplenes y con suelos drenados donde los productores gestionan el agua, y otras en campos abiertos a los flujos hidrológicos.

## BIOMASA FORESTAL

La biomasa forestal seca total de los rodales muestreados fue variable para ambos clones de sauce. Para el clón A 131-27 y en sitios con densidades elevadas (> 800 arb ha<sup>-1</sup>), la biomasa total fue de aproximadamente 120 Mg ha<sup>-1</sup> para sitios cerrados a los flujos de agua y, en sitio abiertos superó los 180 Mg ha<sup>-1</sup>. Para este mismo clón y en los sitios con densidades bajas (<700 arb ha<sup>-1</sup>), y con gestión del agua acumuló cerca de 120 Mg ha<sup>-1</sup>, mientras que el restante acumuló menos de 80 Mg ha<sup>-1</sup>, con 2 años menos de crecimiento. Para el clón A 13-44, los rodales de sitios con mayores densidades y a igualdad de edad (10 años) acumularon distintas biomásas, entre 100 y 160 Mg ha<sup>-1</sup>, el restante rodal acumuló menos de 60 Mg ha<sup>-1</sup>, siendo este un sitio con densidades menores a los anteriores, 1 año menos de crecimiento y con acumulación de agua sobre el suelo y napa freática elevada. La densidad y la gestión del agua fueron determinantes para productividad y la acumulación de biomasa, obviamente la edad tiene un efecto relevante, variable difícil de unificar en ensayos de campo realizados sobre plantaciones existentes.

Para ambos clones y en todos los sitios, la acumulación en los compartimentos fue similar, siendo el fuste (75 %), seguido por las ramas (13 %), corteza (10 %) y hojas (2 %); este mismo patrón fue estimado en plantaciones de álamos en el Bajo Delta del Paraná (Ceballos y col. 2009).

## MINERALOMASA

El contenido de carbono (C) de las plantaciones siguen los patrones estimados y mencionadas para la biomasa total, los valores absolutos pueden consultarse en las publicaciones en Ceballos y col. 2013, con valores que fueron desde los 25 a 80 Mg C ha<sup>-1</sup>, de los cuales el 85 % se extrae en la cosecha como madera para pasta celulósica o tablero de partícula, esto determina que el C secuestrado sea inmovilizado durante 2 o 20 años respectivamente, según sea el producto final.

En ambos clones, tanto para N y P, los patrones de acumulación fueron, en orden de magnitud, el siguiente: fuste, ramas, corteza y hojas. Si se realizara una tala rasa en estos rodales, se extraería en la cosecha el 62 % y 66 % del N y P almacenado respectivamente.

## CARACTERÍSTICA DE LOS SUELOS

Todos los suelos se formaron a partir de la acumulación de material aluvial, son suelos jóvenes con escaso grado de desarrollo pedogenético y rasgos hidromórficos intensos, condiciones reductoras y déficit de oxígeno libre (orden de los entisoles). Específicamente en el Bajo Delta, estos suelos tienen escaso desarrollo de estructu-

ra, abundante carbono y bajas densidades en los estratos superficiales y presencia de una capa subsuperficial de arcillas montmorillonitas que en campos drenados con bajo contenido hídrico del suelo constituye una impedancia física para el desarrollo radicular (resistencia a la penetración > 2,5 MPa), determinando diferente capacidad de soporte de los suelos.

El pH de los suelos se encontró en valores habituales en el Bajo Delta y en perfiles algún grado de drenaje en los mismos, extendiéndose de 4 (extremadamente ácido) a 6 (moderadamente ácido). Estos suelos poseen una baja concentración de fósforo disponible (Pd) y aceptables de fósforo total (Pt), en ninguno de los estratos de los distintos perfiles el Pd supera el 4 % del Pt, probablemente asociado a los bajos valores de pH y la concentración de hierro de estos suelos que predispone a la precipitación de las formas disponibles del fósforo.

## ESTABILIDAD NUTRITIVA DE LOS RODALES

Al relacionar la extracción en fuste y corteza con el contenido de N total hasta los 50 cm de profundidad se estimó que el suelo puede abastecer con suficiencia el N almacenado en estos rodales, con un Índice de Estabilidad de las Plantaciones (IEP) menor a 1, lo que determina estabilidad nutritiva para este nutriente, con N suficiente en todos los suelos para más de 17 ciclos de sauces.

Las estimaciones para P al considerar el contenido de P total hasta los 50 cm de suelo son similares que para N total, con estabilidad nutritiva para este nutriente y con P para abastecer a más de 26 ciclos de sauces. Sin embargo al considerar el P disponible se encuentran suelos con inestabilidad nutricional para este nutriente, sin embargo es necesario un análisis de flujos y de productividad anual para determinar la criticidad de este nutriente.

## ALGUNAS REFLEXIONES Y DESAFÍOS A FUTURO

Los patrones de acumulación de biomasa y C son similares a los estimados en álamos para estos territorios.

Aproximadamente el 65 % del N y P almacenado se extraería en la cosecha en forma de madera y corteza, quedando el restante 35 % como restos de cosecha y ciclando en el sitio, es de resaltar la importancia de conservar la estabilidad nutritiva de los sitios a partir de no quemar las ramas y hojas o, incluso, incorporarlo al suelo para aportar a la estructura masiva de los suelos y flujos hídricos edáficos.

La sostenibilidad nutritiva de los sitios, evaluada a partir del IEP, es estable para N y P y cuando se consideran los contenidos totales de estos nutrientes en el suelo. Sin embargo, al considerar el P disponible del suelo y para algunos los sitios, el IEP presenta inestabilidad, es necesario analizar los flujos y productividades anuales para determinar si este nutriente es críticos para el crecimiento de los rodales.

Las plantaciones de álamos y sauces en el Bajo Delta, además de tener un rol socioeconómico relevante para los distintos actores sociales de las islas, son sustancialmente menos extractivas que los cultivos agrícolas más generalizados en los territorios continentales aledaños.

Los resultados biofísicos tienen relación con los criterios que a prueba y error utilizan los productores para definir intervenir con una práctica de manejo (Resultados presentados en informe final de proyecto).

## PROYECTO DE INVESTIGACION APLICADA (PIA 10075)

### Poda para la producción de madera de calidad en plantaciones de *Populus* de Río Negro y Neuquén

Miguel M. Davel<sup>1,2</sup>, Darío E. Arquero, Norberto Serventi, Aníbal Garcés, Julio García

## INTRODUCCIÓN

Las Salicáceas han sido, en las últimas décadas, las principales generadoras de productos leñosos dentro de las especies implantadas en Patagonia. El consumo anual de madera por parte de la industria en el Valle del Río Negro, durante el período 1990–2001, fue de alrededor de 225.000 t año<sup>-1</sup>, llegando a alrededor de 300.000 t año<sup>-1</sup> entre 2001 y 2003. Sin embargo la oferta de materia prima ha disminuido en cantidad y calidad. De las 3500 ha de macizos de álamos existentes a fines de los '90, actualmente hay alrededor de 2796 ha.

En la última década, por problemas de competitividad de la producción frutícola y por la caída permanente de la calidad de la materia prima forestal, el consumo ha descendido a las 150.000 t año<sup>-1</sup>. Esta madera se destina principalmente a envases y embalajes para productos de la actividad frutícola. Esto no hace más que reforzar la necesidad de producir madera de calidad, libre de nudos, para ganar competitividad. Para la producción de madera de calidad, las plantaciones deben ser adecuadamente manejadas desde sus primeras etapas, siendo la poda la principal actividad de manejo. En su aplicación, abarca numerosos temas, entre los que se encuentran: oportunidad, intensidad y número de levantes y sus efectos sobre el crecimiento de los árboles y el valor del diámetro del cilindro con defectos (DCD).

El presente trabajo tiene como objetivos: **1)** Estudiar el efector de la aplicación de diferentes intensidades de poda sobre el crecimiento de los árboles y la formación de brotes epicórmicos; **2)** determinar el momento de realización de cada levante de poda para mantener un diámetro del cilindro con defectos constante a lo largo del fuste podado y **3)** Definir cuál es la época del año más adecuada para realizar las podas.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El área de estudio abarca parte de los valles medio y alto del río Negro y parte del valle del río Neuquén.

Para cumplir con el primer objetivo se realizó la instalación de dos ensayos en el año 2012, uno en Añelo (38°31'13,1" S y 69°01'56,9" O), provincia del Neuquén, en una plantación de *Populus x canadensis* '1 214' ubicada en un sitio a 438 m.s.n.m., y otro en Lamarque (39°30'28,4" S y 65°41'59,4" O), provincia de Río Negro, donde la especie plantada es *Populus x canadensis* 'Conti 12' en un sitio a 123 m.s.n.m. Ambas plantaciones están dispuestas a un distanciamiento de 3 x 8 m, en sistema silvopastoril, y tenían 3 años de edad al momento de la instalación de los ensayos. Las podas se realizaron en agosto con tijerón y, en el caso de ramas muy gruesas, con serrucho. Los tratamientos aplicados consistieron en diferentes intensidades de poda:

1. Centro de Investigación y Extensión Forestal Andino Patagónico (CIEFAP). CC14, (9200) Esquel, Chubut.

E-mail: mdavel@ciefap.org.ar

2. Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de la Patagonia San Juan Bosco (UNPSJB).

**Poda fuerte:** se podó un 75 % de la altura total de cada árbol, dejando un 25 % de copa verde.

**Poda intermedia:** se podó hasta un 50 % de la altura, dejando un 50 % de copa verde.

**Poda suave:** se podó hasta un 25 % de la altura total, dejando un 75 % de copa verde.

**Testigo (T):** sin poda (100 % de copa).

Para cumplir con el segundo objetivo, se instalaron 12 parcelas permanentes tratando de cubrir toda el área de estudio (6 en el Valle Medio y 6 en el Valle Superior del río Negro). Estas parcelas se ubicaron en las plantaciones juveniles y permitieron reforzar la información obtenida en los ensayos de poda para determinar el momento oportuno de cada levante de poda. Para esto se estudiaron relaciones entre el diámetro del cilindro con defectos (DCD), el diámetro a 1,3 m (DAP), el diámetro en la base de la copa antes de realizar cada levante de poda (DBC<sub>a</sub>) y la altura de poda (APOD).

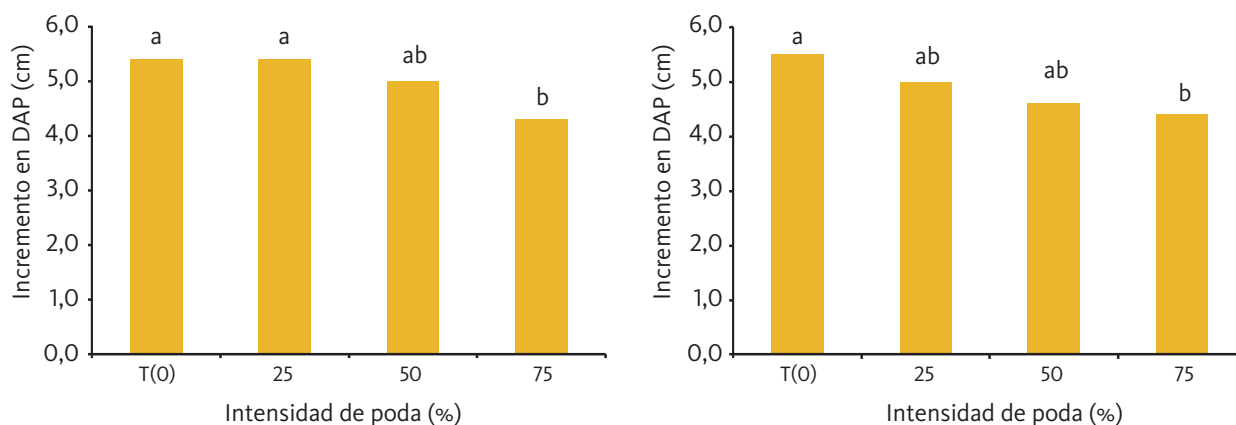
Por último, para cumplir con el tercer objetivo se instalaron dos ensayos de época de poda en las mismas plantaciones donde se instalaron los ensayos de intensidad de poda. Los tratamientos consistieron en la aplicación de podas de hasta el 50% de la altura, en tres diferentes épocas del año: otoño, fines de invierno – principios de primavera (antes de la brotación) y avanzada la primavera cuando las plantas ya están brotadas.

## RESULTADOS Y RECOMENDACIONES

### Intensidad de poda

En los dos primeros años hubo una tendencia de disminución del crecimiento en diámetro (DAP) a medida que aumentó la intensidad de poda (Figura 1). Las diferencias se observaron entre la poda más intensa y la poda suave y el testigo (sin poda) en 'Conti 12' y entre la poda fuerte y el testigo en 'I-214'. El crecimiento en altura, en el mismo período, fue en promedio de 2,5 m/año para 'Conti 12' y de 2,7 m/año para 'I 214'. El mismo no fue afectado por la intensidad de poda, en ninguna de las dos especies.

FIGURA 1.



**Figura 1.** Crecimiento medio en DAP (cm/año) de 'Conti 12' (izquierda) e 'I-214' (derecha), para las tres intensidades de poda y el testigo, luego de transcurrido el segundo período de crecimiento.

El número de brotes epicórmicos, al primer año, aumentó con la intensidad de poda. En 'I 214' hubo una notable diferencia entre la poda más fuerte (34 brotes por árbol) y la poda media (7 brotes) y suave (4 brotes). En 'Conti 12' el número promedio de brotes fue de 3, 6 y 10 para el 25, 50 y 75 % de intensidad de poda, respectivamente. Al tercer año hubo una disminución importante en el número de brotes (1 a 2 por planta para ambas especies), no habiendo diferencias entre los distintos tratamientos. El número de brotes es importante porque se deben eliminar para evitar defectos en la madera. Si no se eliminan se convierten en ramas y es como si no se hubiera podado. La eliminación implica realizar uno o dos desbrotes durante el verano.

Si se establece como objetivo de poda, lograr un fuste de 6 m libre de ramas y, teniendo en cuenta los crecimientos medidos en ambas especies, con una poda del 75 %, se llega a los 6 m podados en tres levantes realizados en tres años consecutivos. Con la intensidad de poda del 50 % se deberían realizar cuatro levantes y, con la intensidad de poda de 25 %, se deberían realizar en total entre 7 y 8 levantes, uno por año.

**En base a todos estos resultados se recomienda podar entre el 50% y el 75% de la altura total de cada árbol en cada levante de poda.**

#### Determinación del momento de cada levante de poda

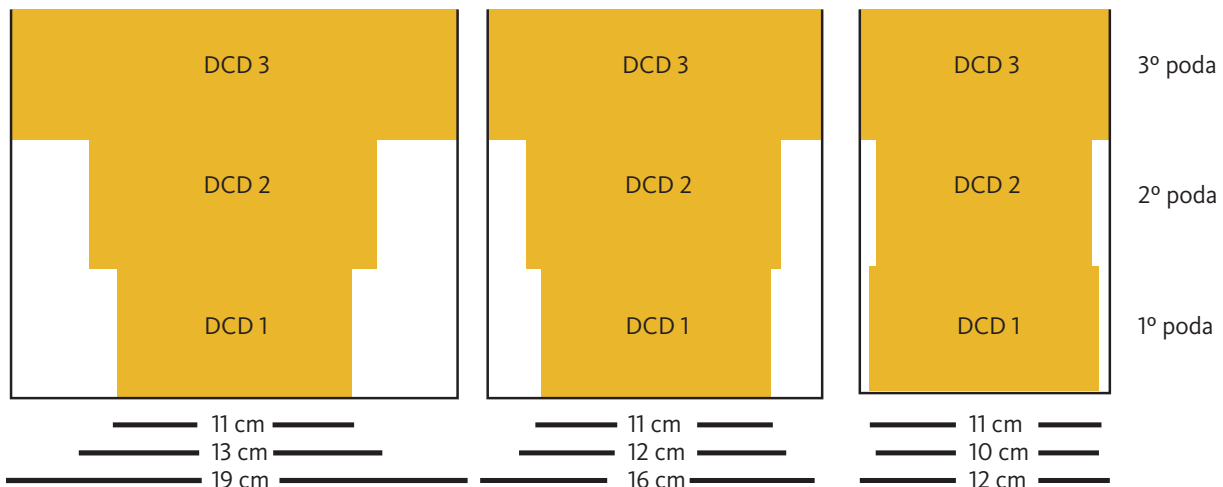
Para poder obtener madera libre de nudos para abastecer a la industria, es indispensable realizar las podas en forma adecuada y en el momento oportuno. Un aspecto fundamental es que el DCD, que queda en el interior del árbol, se mantenga constante a lo largo de todo el fuste podado y que su tamaño esté entre 12 y 15 cm.

**En base a las relaciones estudiadas se recomienda que, para obtener un DCD de unos 12 cm, se debe realizar la primera poda cuando los árboles más grandes tienen un DAP de 5 cm para 'Conti 12' y 'Guardi' y de 4 cm para 'I-214'.**

**Figura 2.** Comportamiento del DCD (considerando 3 cm de cicatrización) para las tres intensidades de poda (25, 50 y 75 %), luego de realizados los tres levantes de poda (uno por año). DCD1; DCD2 y DCD3: DCD producto de la primera, segunda y tercera poda, respectivamente.

Si los levantes posteriores se hicieran anualmente y la intensidad de poda fuera del 25 %, el DCD (considerando 3 cm de cicatrización) va a aumentar alrededor de 8 cm del primero al tercer levante, resultando en una poda ineficiente. La poda de 50 % está en una situación intermedia, pudiéndose mejorar si se realizarán dos levantes anuales y los mejores resultados se obtendrían con una poda del 75 % (DCD de 12 cm) (Figura 2).

**FIGURA 2.**





En base a estos resultados se recomienda podar hasta el 75% de la altura total de cada árbol en cada levante de poda y realizar levantes anuales .

## DETERMINACIÓN DE LA ÉPOCA MÁS CONVENIENTE PARA PODAR

En base a los resultados obtenidos, se puede concluir que es recomendable realizar la poda a fines de invierno – principios de primavera, previo a la brotación. Aunque la cantidad de rebrotes es inferior con la poda de verano, esta no permite que el árbol termine de cicatrizar las heridas de poda, dejando un posible lugar para el ingreso de patógenos. Por otro lado también se retrasa el proceso de cicatrización y el inicio de formación de madera libre de nudos. Otro factor ajeno a este análisis pero a tener en cuenta en la región donde se realizó el estudio, es la menor disponibilidad de mano de obra en el verano para esta tarea, ocupada en otras actividades agrícolas.

Se recomienda realizar las podas a fines de invierno – principios de primavera, antes de que comience la brotación.

# PROYECTO DE INVESTIGACION APLICADA (PIA 10079)

## Optimización de métodos de cosecha para lograr trozas libres de mancha azul

Rajchenberg M., De Errasti A.



**Fig. 1.** Madera elaborada manchada y detalle la colonización en sentido radial por las células fúngicas de color oscuro.

Centro de Investigación y Extensión Forestal Andino Patagónico (CIEFAP), C.C. 14, 9200 Esquel, Chubut, 9200 Argentina y CONICET. [mrajchenberg@ciefap.org.ar](mailto:mrajchenberg@ciefap.org.ar)

### INTRODUCCIÓN

La industria maderera de las regiones cordilleranas de las provincias de Chubut, Río Negro y Neuquén presenta una incidencia elevada de hongos manchadores (mancha azul), que se genera por procesos inapropiados de cosecha y estibado. Esto genera una pérdida en la calidad de la madera y una merma de su valor comercial, en especial en productos de alto valor agregado producidos en la región: cabañas de troncos, revestimientos y muebles en general.

Las manchas azules son causadas por hongos cuyas células (hifas) presentan paredes oscuras. Al crecer en la madera le otorgan una coloración que varía entre azul (el más predominante), negro, marrón y gris. Estos hongos utilizan contenidos celulares simples y no atacan la celulosa y la lignina de la pared celular, de manera que las propiedades mecánicas de la madera permanecen intactas. Sin embargo las manchas traen aparejados otros problemas importantes: **(a)** La madera sufre una disminución en el valor comercial y es considerada de segunda calidad. **(b)** Las exigencias de los mercados internacionales tienden a la implementación de barreras sanitarias que impiden la exportación de los productos manchados. Los hongos responsables de la mancha azul pertenecen, por lo general, a los Microascales y Ophiostomatales de los Ascomicetes y a grupos de Hongos Imperfectos.

Los objetivos del proyecto fueron: **(1)** Establecer el momento más crítico para la proliferación de hongos manchadores en sitios representativos de la región Andino Patagónica, **(2)** Determinar el tiempo de estiba máximo posible de las trozas antes de que comiencen a ser manchadas, y **(3)** Establecer cuáles son los organismos causales más frecuentes.

### MATERIALES Y MÉTODOS

#### Sitios de estudio, plantaciones

Se eligieron 5 plantaciones de *Pinus ponderosa* sitas en Chubut y Neuquén, las que fueron caracterizadas por: edad, área basal, altura dominante, densidad, cobertura, DAP, exposición, pendiente, temperaturas y precipitaciones, aptitud forestal y presencia de insectos.

#### Cosecha

Se realizaron 7 viajes a cada uno de los 5 sitios, cada 3 meses. En cada sitio se cortaron un total de 30 trozas de fustes (total: 150 trozas) según el cronograma: 8 trozas en VERANO, 8 en OTOÑO, 8 en INVIERNO y 6 en PRIMAVERA. Las trozas fueron cortadas en secciones comerciales y colocadas en contacto con el suelo, durante diferentes tiempos (Tabla 1).

**TABLA 1**

Especie	Número de aislamientos
<i>Coniochaeta pulveraceae</i>	2
<i>Coniochaeta rophalochaeta</i>	1
<i>Diplodia pinea</i>	16
<i>Graphilbum sp.1</i>	2
<i>Grosmannia huntii</i>	1
<i>Ophiostoma ips</i>	8
<i>Ophiostoma peregrinum</i>	38
<i>Ophiostoma piliferum</i>	40
<i>Sclerophoma pithyophila</i>	4

**Tabla 1.** Esquema del diseño experimental para evaluar la colonización de las trozas, en relación a su época de cosecha y al tiempo de permanencia en el campo. N = 30. Por cada una de las 16 combinaciones, se procesaron 2 trozas.

En cada estación se tomaron muestras de las que se relevaron: contenido de humedad de las trozas y volumen de manchado de la troza.

### Sitios de estudio, aserraderos

Se recorrieron plantaciones y aserraderos de pinos radiata, contorta y oregón con el fin de completar el conocimiento sobre diversidad de hongos manchadores en Patagonia.

### Aislamiento y determinación de los hongos

En todas las prospecciones se aislaron hongos en medios de cultivo específicos en condiciones de esterilidad. Mediante pinzas se obtuvieron pequeños pedazos de madera manchada que fueron sembrados y mantenidos a 25 °C en estufa, hasta que formaron estructuras reproductivas sexuales y/o asexuales. Entonces se realizaron 2 tipos de determinaciones:

- a. Morfológica, mediante el estudio de las estructuras reproductivas
- b. Molecular, mediante el aislamiento de ADN ribosomal, la secuenciación de los marcadores ITS y  $\beta$ -tubulina, y su caracterización mediante análisis filogenético.

## RESULTADOS

### Desarrollo de las manchas

**Patrón A:** El otoño fue la época más adecuada para el apeo, y el verano la más crítica. Dentro de los 3 meses, la troza no presenta un volumen significativo de mancha, aunque los hongos manchadores ya están presentes. Se relaciona con la presencia de *Diplodia pinea*, un hongo manchador que se desarrolla en condiciones de estrés hídrico en verano en zonas usualmente húmedas. Se recomienda no apeo en verano.

**Patrón B:** El verano y el invierno fueron las épocas más adecuadas para el apeo, mientras que la primavera y el otoño fueron las más críticas. Dentro de los 3 meses, la troza no presenta un volumen significativo de mancha. Se relaciona con la presencia de hongos *Ophiostoma*, vectorizados por escarabajos de la corteza que son abundantes en primavera. Se recomienda no apeo en primavera.

**Patrón C:** Hasta los 6 meses del apeo no hay desarrollo de la mancha, independientemente de la época de apeo. A los 9 meses las trozas apeadas en otoño fueron las más afectadas.

### Especies de hongos manchadores

Se encontró una gran diversidad de especies pero la gran mayoría son muy conocidas de otras áreas del planeta plantadas con pinos (Fig. 2). La gran excepción fue la aparición de una especie nueva para la ciencia que se la denominó *Ophiostoma peregrinum* debido a que, aparentemente, fue introducida del N de Europa, de donde era pobremente registrada. Tuvo una frecuencia muy alta de aislamiento, constituyendo uno de los principales hongos manchadores en la región.

FIGURA 2.

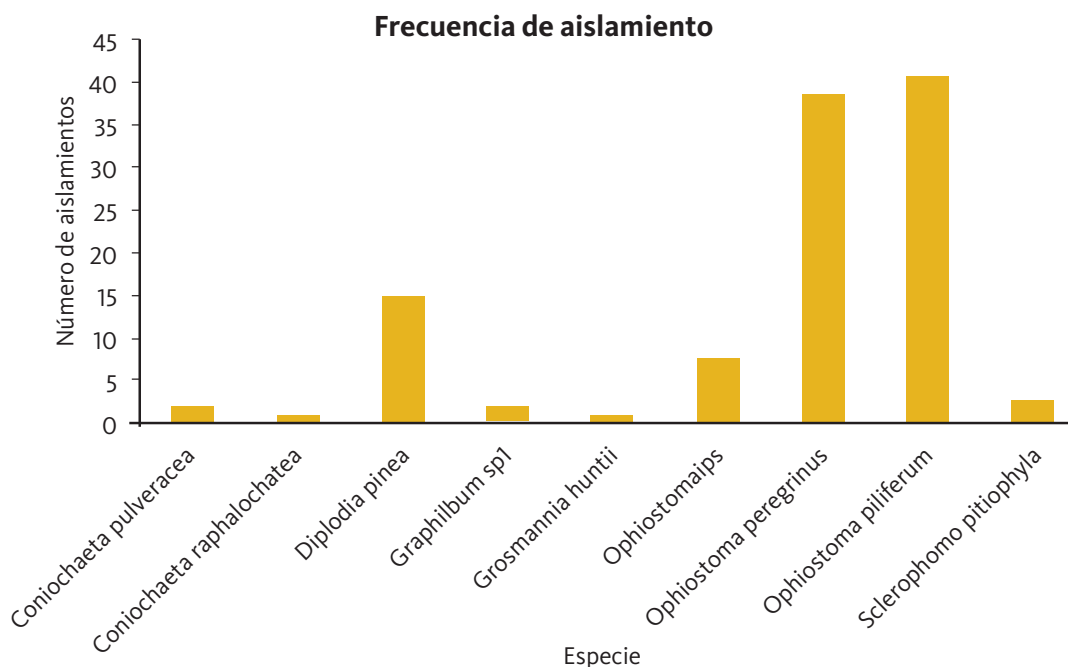


Fig. 2. Diversidad y frecuencia de diferentes hongos manchadores en la Patagonia andina.

## DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

Los resultados muestran que es conveniente conocer la flora de hongos manchadores presentes en un determinado sitio, debido a la existencia de diferentes patrones de desarrollo y las estrategias de manejo y control pueden variar. De todas maneras, existen recomendaciones generales:

1) Las podas y raleos deben efectuarse en la temporada correcta (con bajas temperaturas durante el invierno) para evitar la superposición de heridas mecánicas y condiciones aptas para la germinación de *D. pinea*, lo cual resulta en múltiples infecciones del hospedante.

2) La correcta disposición del material de podas y raleos es necesaria para evitar altas poblaciones de los insectos vectores y la permanencia del inóculo fúngico.

3) Para la disposición de residuos de poda y raleos no comerciales, optar por: el chipado del material (generación de energía), y la construcción de tableros de partículas o su empleo como material estructurante de pilas de compostaje de residuos orgánicos. Siempre evitar las pilas, que es un ambiente apto para la proliferación de insectos.

## RECOMENDACIONES ESPECÍFICAS:

- 1) La mejor estación para efectuar el apeo es el invierno y las trozas deben ser transportadas hacia el aserradero antes de los 3 meses.
- 2) Promover que el proceso completo de aprovechamiento y uso no supere los 3 meses.

Respecto a la diversidad encontrada hay 2 aspectos a señalar:

- 1) Las especies más frecuentes encontradas en Patagonia no difieren mayormente de las ya conocidas produciendo mancha azul en coníferas de otras partes del mundo.
- 2) El reconocimiento de un nuevo taxón *O. peregrinum* es un fuerte indicio sobre el peligro que significa el movimiento de madera a nivel mundial sin controles aduaneros suficientes.

# PROYECTO DE INVESTIGACION APLICADA (PIA 10097)

## Calidad de sitio y manejo de forestaciones de *Prosopis alba* en Formosa

Pérez V.R., Vicentini G.M. y G.R. Rhiner

### INTRODUCCIÓN

En la provincia de Formosa, desde 1990 el aprovechamiento industrial de la madera de *Prosopis alba* “algarrobo blanco” ha sido intenso y continuo, produciendo una fuerte disminución cualitativa y cuantitativa de sus poblaciones naturales, lo que va produciendo gradualmente cada vez más dificultades para el abastecimiento de las industrias y carpinterías. Como una medida paliativa se instrumentaron planes de promoción del cultivo del “algarrobo blanco”, actividad que en esta provincia presenta buenas perspectivas, debido a la reconocida adaptabilidad de la especie a las condiciones ecológicas locales y porque existe demanda creciente de productos elaborados con su madera. Sin embargo, para que estos planes de forestación tengan impacto positivo y rápido, debe trabajarse y avanzarse en el conocimiento de la silvicultura y manejo de la especie, solucionando diversos problemas y deficiencias de información científica sobre la especie en condiciones de bosques cultivados. Entre los problemas básicos se pueden señalar: **a)** desconocimiento del comportamiento y producción del “algarrobo blanco” bajo diferentes condiciones de sitios locales; **b)** escaso y deficiente conocimiento de la tecnología de la forestación (de establecimiento y conducción) de la especie. Los objetivos del presente estudio son: **a)** evaluar la aptitud forestal y productividad de los sitios forestados con *Prosopis alba* en la provincia de Formosa; y **b)** determinar los efectos en el crecimiento de diversas intensidades de podas y raleos.

### B. MATERIALES Y MÉTODOS

Para el estudio de calidad de sitio se utilizan datos procedentes de la medición de parcelas de monitoreo permanente-PMP, localizadas en gran parte de la geografía provincial y especialmente en las Zonas Este y Centro (800 a 1300 mm de precipitación anual, con oscilaciones térmicas medias anuales entre los 21,9° y 23,6°C), donde se concentra la mayor superficie forestada. Las PMP se instalaron en forestaciones privadas, en áreas representativas de la secuencia topográfica, catena de suelo. En las PMP se realizan descripciones morfológicas de perfiles de suelo y se recoge muestras de cada calicata, para su posterior análisis de laboratorio y efectuar determinaciones sobre diversas propiedades edáficas, como ser: densidad aparente (gravimetría de muestras volumétricas), carbono orgánico (método Walkley – Black), nitrógeno total (método microkjeldahl), fósforo extractable (método Olsen), textura (análisis granulométrico); extracto de saturación: conductividad eléctrica, pH, cationes, aniones; alcalinidad: PSI (porcentaje de sodio intercambiable), CIC: Capacidad de Intercambio Catiónico, pH: Relación Suelo/Agua 1:2,5. Se considera un total de 27 variables edáficas, correspondientes a propiedades físicas, químicas y biológicas, con las que se realiza un análisis de correlación a efectos de suprimir todas aquellas variables dependientes con coeficiente de correlación mayor a 0,59 (Cascajo Cardozo y Gallardo Lancho, 1998), quedando solo las variables no correlacionadas. Finalmente se efectúa un Análisis de Componentes Principales y de conglomerados. Las variables forestales son: densidad, altura total-HT,

diámetro a la altura del pecho–DAP y área basal-AB. En el estudio, a fin de determinar las clases preliminares de calidades de sitio se escogió una submuestra de las PMP de cada calidad y predio, en la que se promediaron los valores de HT y DAP de los árboles de mayor tamaño (árboles dominantes-AD) en un número promedio equivalente de 150 pl/ha. En las Zonas antes citadas, se instalaron ensayos en forestaciones de productores demostradores, para evaluar los efectos de las intensidades de podas (en plantación que por primera vez se efectuaba la poda se instaló el **Ensayo 1:** Tr1=20% ht, Tr2=33% ht, Tr3=20% ht más poda de formación en altura (PMA) y Tr4=33% ht más PFA. Un año después del control, sobre las mismas parcelas, se instaló el **Ensayo 2:** Tr1=20% ht, Tr2=33% ht, Tr3=41% ht y Tr4=50% ht. En forestación de 12.7cm y 6.9m, de DAP y HT medias, respectivamente, con plantas libres de ramas hasta 1.0 m, aproximadamente, se realizó el levante experimental de poda - **Ensayo 3,** con una longitud de poda fija (LP): Tr1=sin poda, Tr2=40cm, Tr3=70cm y Tr4=100cm), y raleos (**Ensayo 1:** Tr1=sin raleo, 519 pl/ha. Tr2=445pl/ha, Tr3=371pl/ha y Tr4=296 pl/ha. **Ensayo 2:** Tr1=sin raleo, 486 pl/ha. Tr2=416 pl/ha, Tr3=347 pl/ha y Tr4=278 pl/ha), utilizándose diseño experimental de bloques completos al azar. Para la evaluación de los ensayos se determinan estadísticos descriptivos y realiza análisis de varianza y prueba de Tukey.

## RESULTADOS. DISCUSIÓN

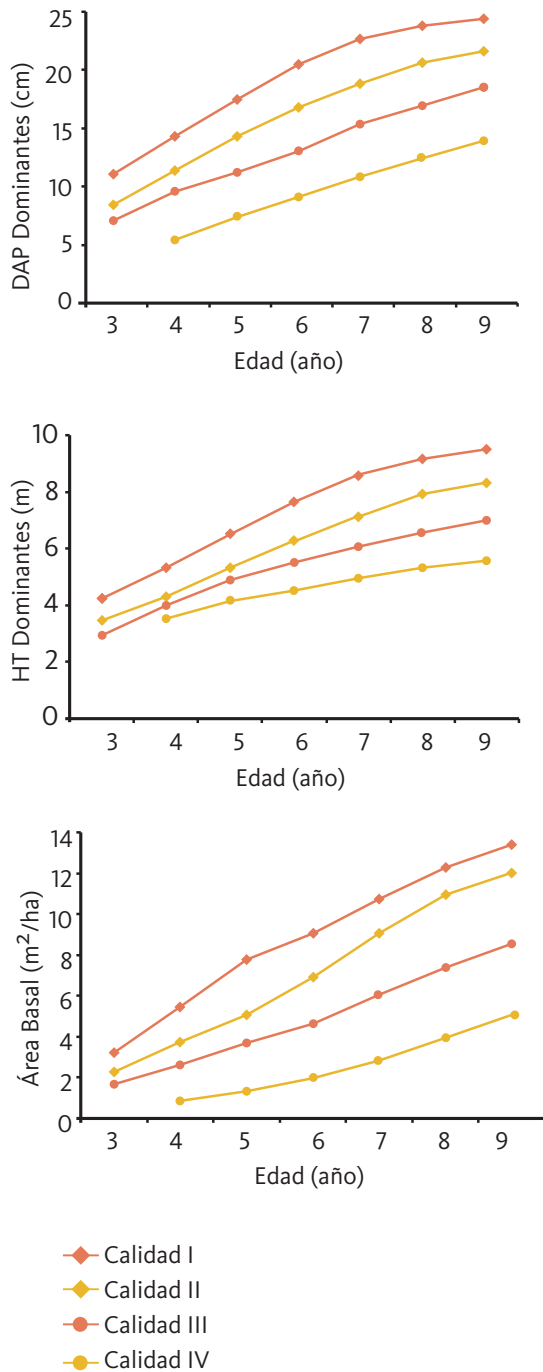
### C.1. Sobre Calidad de Sitio.

Se disponen caracterizaciones edafológicas de treinta y cinco sitios con información dasométrica de los rodales hasta los 9 años de edad. El estudio de correlación permitió descartar 15 variables correlacionadas, procediéndose luego al Análisis de Componentes Principales con 10 variables independientes. Cuatro componentes principales explicaron el 74% de la variación total, de los cuales las dos primeras componente aportaron el 50 % de la variación representadas por las variables drenaje, pH, profundidad de los horizontes superficiales, el contenido de arena y limo en la textura, la capacidad de intercambio catiónico (CIC, en cmolc/kg), el contenido de sodio (Na, Meq/100 g de suelo), la conductividad eléctrica (CE, en mmhos/cm) y el pH en los horizontes sub-superficiales. El análisis por conglomerado de las 10 variables edáficas definió el agrupamiento de suelos en cuatro grupos con un índice de similitud de 0,05. Estas agrupaciones son: Grupo I, presentan altos contenidos de limo en la textura y Capacidad de Intercambio catiónico de los horizontes subsuperficiales; Grupo II, corresponden a los suelos con mayor contenido de arena en la textura de los horizontes sub-superficiales, bien drenados; Grupo III y IV suelos con horizonte sub-superficiales salinos, sódicos y deficientemente drenados. Constituyen variables importantes la textura, el drenaje y la profundidad efectiva, coincidiendo con lo informado por Zurita y Kees (2014) para estudio similar realizado en la provincia del Chaco. Algunas características relevantes de las cuatro calidades de sitios se presentan en Tabla 1.

**Tabla 1.** Resultados analíticos de suelos de cada calidad de sitio

Calidad sitio	pH sup	CIC sup	Limo sub %	Arena sub %	CE Sub	pH sub	Na Sub %	CIC sub	Clase Drenaje	M.O. %	Prof Hz sup (cm)
I	7,3	18,4	37,40	56,93	1,88	8,2	3,30	10,2	3	1,10	20
II	6,6	28,6	46,00	10,00	1,30	7,6	0,56	19,8	2	3,34	15
III	8,1	24,6	63,78	23,50	2,17	9,5	11,30	30,7	2	3,46	15
IV	5,2	15,7	24,10	26,20	6,24	8,3	11,35	37,8	1	1,66	13

**FIGURA 1.**



**Figura 1:** Dinámica de Diámetro (DAP), altura (HT) y área basal de forestaciones de *Prosopis alba*

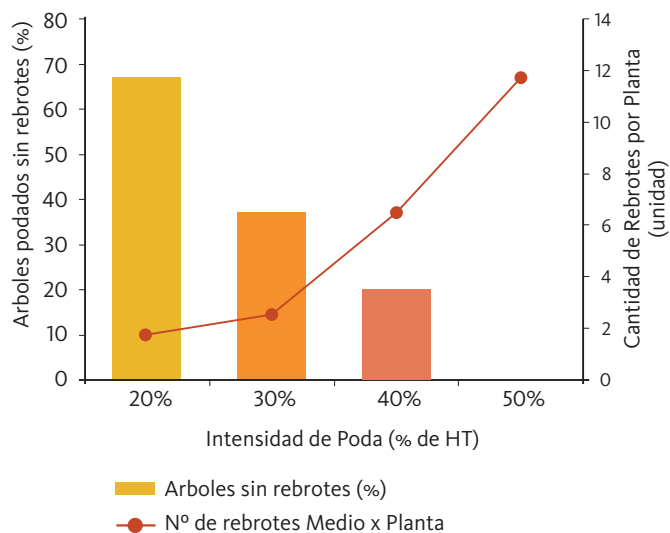
En la Figura 1 se ilustran los promedios de diversas forestaciones por cada calidad, para tres variables dasométricas. En los sitios de mejores calidades entre el 6° y 7° año, las forestaciones muestran niveles importantes de competencia interna, que origina una menor tasa de crecimiento.

### C.2. Sobre Ensayos de Podas y Raleos.

En Tabla 2 se exhiben los resultados de incremento corriente anual (ICA) después de las prácticas silviculturales. Tratamientos con igual letra no son estadísticamente diferentes al nivel  $\alpha = 0.05$ . En relación a la poda, se coincide con antecedentes sobre esta práctica (Informe interinstitucional Sgo. del Estero 2006; Delvalle 20010; Atanasio 2012), en que mejores resultados se logran con intensidad leves ( $\leq 33\%$  de HT). A fin de evitar tener que podar ramas gruesas ( $> 5$  cm de diámetro basal) en sitios de buena a excelente calidad, el levante de podas debe hacerse con una frecuencia menor a los 12 meses.

Aparte del efecto de la poda sobre el crecimiento es importante evaluar la emisión rebrotes, que depende del nivel de espesura del rodal, inclinación del tallo y de la intensidad de poda. En relación a este factor, en Figura 2 se exhiben resultados obtenidos en una plantación de 3 años, 2.90m de HT media. Atendiendo esta cuestión, la intensidad del 50% de HT no resulta apropiada porque los árboles podados rebrotan con alta intensidad. Respuestas satisfactorias se obtienen podando a una intensidad entre el 20 y 30% de la altura total.

**FIGURA 2.**



**Figura 2:** Relación entre intensidades de poda y rebrotes.



**TABLA 2**

	Edad (años)	ICA DAP (cm/año)				ICA HT (m/año)				ICA AB (m <sup>2</sup> /ha/año)			
		Tr 1	Tr 2	Tr 3	Tr 4	Tr 1	Tr 2	Tr 3	Tr 4	Tr 1	Tr 2	Tr 3	Tr 4
Ensayo 1 Poda	4,5	2,45 a	2,68 a	2,70 a	2,80 a	0,84 a	0,89 a	0,89 a	0,78 a	1,26 a	1,55 a	1,53 a	1,60 a
Ensayo 2 Poda	5,5	2,98 a	3,15 a	3,26 a	3,19 a	1,03 a	0,92 a	1,13 a	1,02 a	2,14 a	2,75 a	2,87 a	2,77 a
Ensayo 3 Poda	8	1,00	0,92	0,80	0,72	0,63	0,67	0,55	0,49	1,18	1,18	0,88	0,94
	9	1,26 b	1,15 b	1,08 ab	1,05 a	0,51 a	0,57 a	0,52 a	0,50 a	1,67 b	1,57 b	1,30 ab	1,47 a
Ensayo 1 Raleo	9	1,00 a	0,86 a	0,98 a	1,12 a	0,36 a	0,37 a	0,41 a	0,35 a	1,40 b	0,95 a	0,88 a	0,85 a
Ensayo 2 Raleo	8	1,80	2,14	2,17	2,55	0,64	0,65	0,71	0,68	2,60	2,58	2,00	1,98
	9	1,93 a	2,12 a	2,13 a	2,43 b	0,77 a	0,79 a	0,66 a	0,78 a	2,98 b	2,76 b	2,22 a	2,15 a

**Tabla 2.** Incremento corriente anual del diámetro (DAP), altura total (HT) y área basal (AB) en ensayos de podas y raleos.

Si bien los dos ensayos de raleo se ubicaron en sitios de excelente calidad, sorprendió las respuestas del **Ensayo 1**. Es posible que una explicación parcial se encuentre en el hecho que coincidente con el raleo se realizó un levante tardío de poda, quitándose una importante cantidad de ramas. En el **Ensayo 2** la sensibilidad a la apertura del rodal se observó fundamentalmente en el tratamiento más intensamente raleado. La tendencia de los resultados es coincidente a lo informado por Delvalle (2010) y Atanasio (2014), aunque los crecimientos obtenidos en este estudio son superiores.

## CONCLUSIONES

**1)** Gran adaptabilidad de *Prosopis alba* a diferentes condiciones ambientales, siendo importantes en su comportamiento y crecimiento, la textura, drenaje y profundidad efectiva de los suelos. Se dispone de una clasificación de calidades de sitios, basada en valores de referencia locales, y con resultados dasométricos de rodales implantados hasta los 9 años de edad. **2)** Las mejores respuestas en cuanto a crecimiento y pocos rebrotes se logran con podas leves ( $\leq 30$  de HT) y frecuentes. **3)** La reducción de crecimiento diamétrico y área basal resulta evidente solo al efectuarse raleo al 40% de intensidad.

## PROYECTO DE INVESTIGACION APLICADA (PIA 12003)

### Plantaciones en bosques ribereños de *Nothofagus pumilio* degradados por *Castor canadensis* en Tierra del Fuego para la recuperación de su producción maderera y de sus servicios ambientales

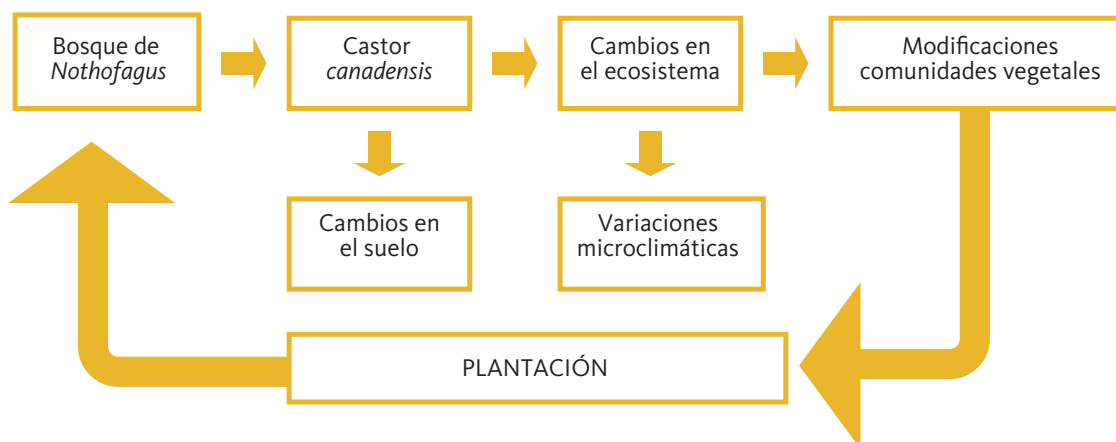
Martínez Pastur G.<sup>1</sup>, Cellini J.M.<sup>2</sup>, Henn J.J.<sup>1</sup>, Lencinas M.V.<sup>1</sup>, Soler, R.<sup>1</sup> y Anderson, C.B.<sup>3</sup>

## INTRODUCCIÓN

La invasión de especies exóticas puede causar un gran impacto en los ecosistemas naturales, siendo uno de los problemas más difíciles de revertir en los ecosistemas naturales. En Tierra del Fuego se destacan los castores (*Castor canadensis*) siendo una de las principales causas de degradación ambiental de los bosques de *Nothofagus*. El castor es considerado un ingeniero de ecosistemas por su capacidad de modificar el ambiente donde vive, cambiando la disponibilidad de los recursos a otros organismos (por ejemplo, creando embalses). Asimismo, son modificadores alogénicos, ya que las modificaciones creadas por ellos pueden persistir por largos períodos de tiempo (mayores a los producidos por la dinámica de disturbios naturales). El castor genera dos tipos de impactos (i) la herbivoría del bosque ripario y las comunidades de plantas acompañantes, y (ii) la inundación producida por la construcción de los diques. Las castoreras producen impactos permanentes en los componentes abióticos y en estructura de las comunidades bióticas originales. Después de que las castoreras son abandonadas y drenadas, el impacto no desaparece, conduciendo la sucesión vegetal a parches gramínoides persistentes, con cambios a largo plazo en el régimen hídrico del suelo. Estos nuevos ambientes no estaban presentes en el bosque original, y son ocupados por aquellas especies capaces de aprovechar los recursos presentes, incluyendo numerosas especies exóticas, lo que permite su ingreso al sistema boscoso original a escala de paisaje, generando ecosistemas noveles para el paisaje fueguino.

Dado que el impacto del castor es de carácter permanente, la restauración pasiva del bosque ribereño bajo procesos de regeneración natural no es viable. Por lo tanto, es necesario establecer acciones para acelerar la recuperación de las áreas afectadas mediante plantaciones, de modo de acelerar o modificar la dinámica natural del bosque. Al presente, se han propuesto planes de erradicación del castor como solución a la generación de los impactos, pero no permite la recuperación de las áreas afectadas en el corto plazo. Es por ello que son necesarias acciones de restauración activa. El presente proyecto se propuso determinar las variables que influyen sobre la regeneración en castoreras abandonadas, y la factibilidad de plantación en bosques ribereños de *Nothofagus pumilio* degradados por castor para la recuperación de su producción maderera y de sus servicios ambientales. La hipótesis de trabajo indica que el castor, a través de los embalses, produce cambios bióticos y abióticos en los ecosistemas ribereños impidiendo la regeneración natural, produciendo cambios en las comunidades vegetales clímax. Las plantaciones pueden acelerar la recuperación de estas modificaciones en el corto plazo y así generar las condiciones para facilitar la restauración del bosque ribereño y sus servicios ambientales asociados en la zona afectada por el castor.

1. Centro Austral de Investigaciones Científicas (CADIC CONICET). Houssay 200, Ushuaia (9410) Tierra del Fuego, Argentina.
2. Universidad Nacional de La Plata - LISEA. Calle 113 n°469, La Plata (1900) Buenos Aires, Argentina.
3. Universidad Nacional de Tierra del Fuego. Darwin s/n, Ushuaia (9410) Tierra del Fuego, Argentina. gpastur@conicet.gov.ar.



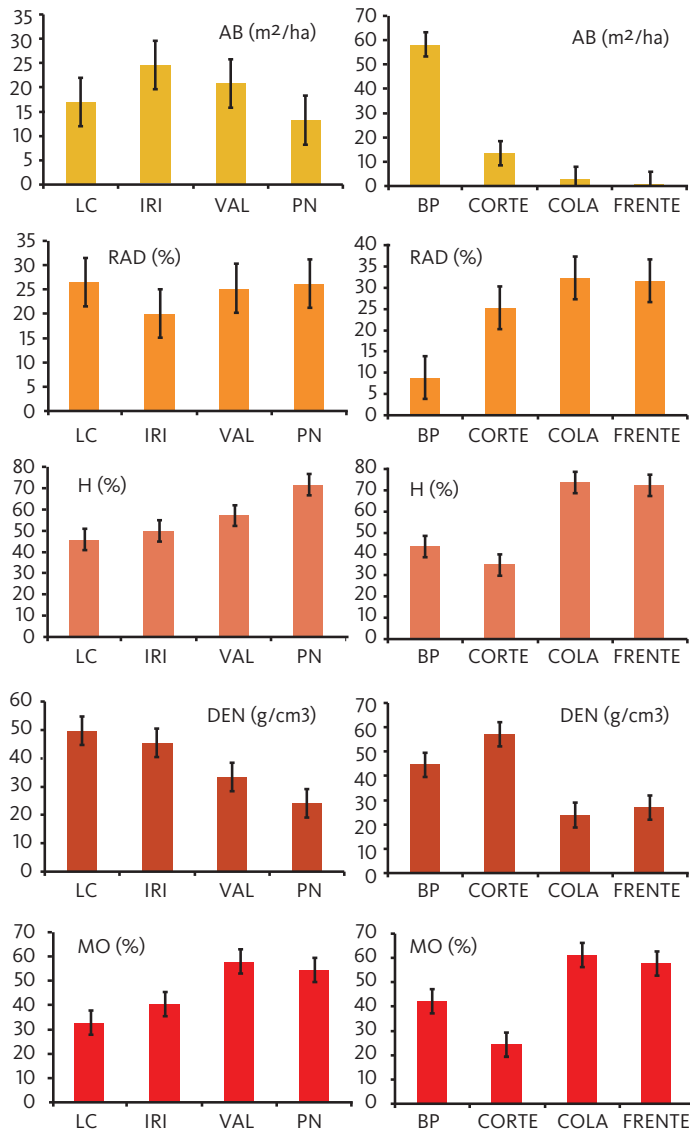
## MATERIALES Y MÉTODOS

Se seleccionaron cuatro bosques afectados por castor a lo largo de un gradiente climático: (i) Parque Nacional Tierra del Fuego (PN) (54°51' S, 68°34' O) (--temperatura, ++precipitación), (ii) Río Irigoyen (IRI) (54°37' S, 66°42' O) (-temperatura, +precipitación), (iii) Río Valdéz (VAL) (54°38' S, 67°22' O) (+temperatura, -precipitación), y (iv) Los Cerros (LC) (54°22' S, 67°51' O) (++temperatura, --precipitación). Dentro de cada bosque se identificaron cuatro sectores: (A) un bosque testigo sin impacto (BP), y tres sectores impactados: (B) sectores cortados sin inundación (CORTE), (C) sectores cercanos al dique (FRENTE) y (D) alejados (COLA), debido a la dinámica diferencial de depósito de sedimentos y cambios en los ciclos de los nutrientes que poseen. Se caracterizaron cambios los sitios de estudio a partir de las condiciones abióticas de los sitios: (i) contenido hídrico del suelo (H), (ii) materia orgánica del suelo (MO), (iii) densidad aparente del suelo (DEN), y (iv) radiación incidente (RAD); y también a partir del componente forestal, como (i) el área basal (AB), (ii) el banco de plántulas existentes, y (ii) la producción de semillas (cantidad y calidad). En los sitios de estudio se realizaron ensayos de plantaciones de *Nothofagus antarctica*, ensayando dos tamaños de explantos (CHICA = <15 cm altura, y GRANDE = 15-30 cm altura) y cuatro réplicas (4 sitios x 3 tratamientos x 2 tamaños de plantas x 4 réplicas). Los explantos fueron extraídos de una turbera (54°37' S, 67°46' O) y se trasplantaron a raíz desnuda durante el mes de abril. Se evaluó la supervivencia, crecimiento de los brotes y la altura total de los individuos con biomasa aérea mensualmente (diciembre a abril). Se realizaron análisis de varianza multifactoriales para comparar los tratamientos ensayados.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El área basal (F=10,5), la radiación (F=33,2), la humedad (F=28,6), la densidad (F=13,5) y la materia orgánica del suelo (F=8,1) variaron entre sitios, poniendo en evidencia los cambios naturales que existen a escalas de paisaje (Fig. 1). Por otra parte, el área basal (F=318,4) y la radiación (F=437,3) variaron entre tratamientos en forma inversamente proporcional (> BP y < FRENTE) generando un gradiente de cobertura y disponibilidad de luz e influyendo también sobre la humedad (F=86,1) que saturó los

**FIGURA 1.**



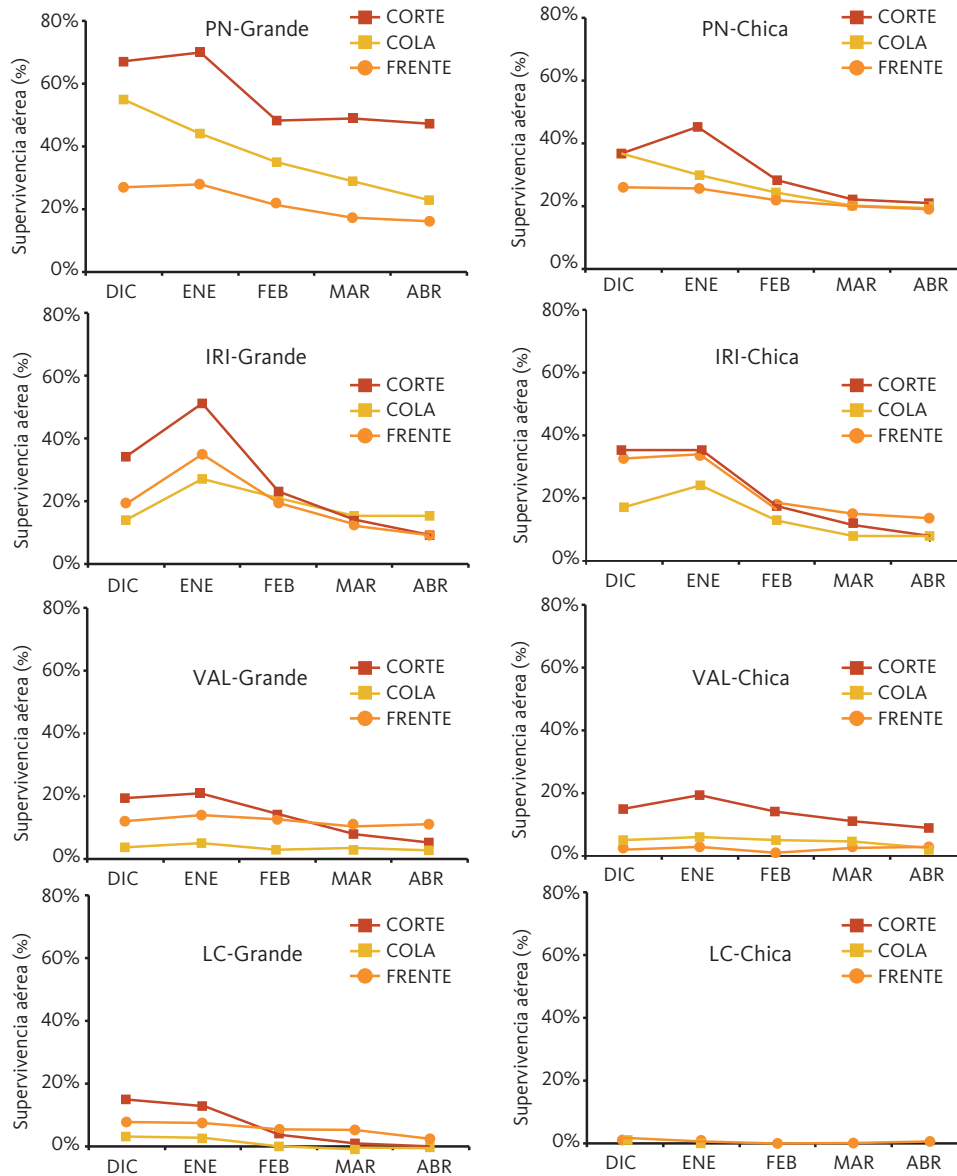
**Fig. 1.** Cambios en las condiciones abióticas y forestales entre e intra-sitios de estudio.

estación de crecimiento. En análisis de varianza multifactoriales la supervivencia varió significativamente con el tipo de planta ( $F=28,1$ ), el tratamiento dentro de la castorera ( $F=30,4$ ), la localidad ( $F=171,9$ ) y el mes ( $F=21,8$ ). El crecimiento estacional varió significativamente con la localidad ( $F=4,0$ ) y el mes ( $F=27,4$ ), pero no con el tipo de planta ( $F=0,01$ ) ni con el tratamiento dentro de la castorera ( $F=2,3$ ). Los crecimientos aumentaron a lo largo de la estación de crecimiento, y los mismos no estuvieron en relación con los gradientes climáticos, siendo mayores en  $VAL > IRI > PN > LC$ . Por otra parte, las plantas presentaron desecamientos y mortalidad de parte de la biomasa aérea durante el invierno, así como durante los meses más cálidos del verano (enero y febrero). Al analizar la altura total de las plantas en un análisis de varianza multifactorial, la misma varió significativamente solo con el tipo de planta ( $F=56,4$ ), pero no con el tratamiento dentro de la castorera ( $F=2,0$ ), la localidad ( $F=2,0$ ) y el mes ( $F=1,8$ ). Esto implica que el crecimiento estacional acumulado no modificó los tratamientos de las plantas originales (GRANDES cpm 21,1 cm vs. CHICAS con 14,4 cm).

suelos en las castoreras abandonadas. La densidad del suelo ( $F=24,0$ ) fue mayor en los bosques CONTROL y CORTE respecto de las castoreras, estando directamente relacionados al contenido de materia orgánica de los mismos ( $F=16,5$ ) (Fig. 1). La regeneración pre-instalada también varió entre sitios ( $F=11,7$ ) siendo mayor en  $IRI > LC > VAL > PN$ , y tratamientos ( $F=14,9$ ) donde  $CORTE > BP > FRENTE > COLA$ . En las castoreras hubo muy pocas plántulas (entre 0 y 1000 ind.  $ha^{-1}$  de acuerdo a los sitios). La producción de semillas varió entre sitios ( $F=5,1$ ) siendo mayor en  $VAL > IRI > PN > LC$ , y tratamientos ( $F=40,5$ ) donde  $BP > CORTE > FRENTE > COLA$ . Si bien no hubo diferencias en la viabilidad entre tratamientos, la cantidad si presentó valores muy diferentes (0,9-2,9 millones.ha en CORTE y BP vs. 0,008 a 0,03 mil.ha en las castoreras).

La supervivencia de los ensayos de plantación con *Nothofagus antarctica* estuvieron influenciados por el tamaño de las plántulas y por las localidades, respondiendo la misma al gradiente climático ensayado (Fig. 2). Las plantas más grandes tuvieron una mejor respuesta que las plantas chicas, y a medida que la precipitación disminuía y la temperatura media aumentaba, la supervivencia disminuía. Por otra parte, mayormente se observó una mayor supervivencia en los sectores de CORTE donde el suelo no fue modificado por la inundación de los diques, seguido por la COLA y el FRENTE, que dependieron de la localidad. En algunos sectores fue mayor en la COLA pudiendo deberse a la menor disposición de sedimentos, y en otros el FRENTE donde la humedad del suelo pudo haber jugado un rol más importante en algunos meses de la

**FIGURA 2.**



## CONCLUSIONES

El impacto del castor modifica profundamente las características abióticas y microclimáticas de los sitios implantados, observando una modificación más pronunciada en los sectores inundados, los que no evidencian una recuperación luego del abandono.

La regeneración natural y la provisión de semillas no es suficiente para recuperar las áreas impactadas en el corto plazo, siendo necesario realizar una restauración activa.

Las plantaciones a raíz desnuda con ñire es factible y económica de emplear, donde la respuesta está en relación con el tamaño de plántula empleado, el sitio impactado dentro de la castorera y las condiciones ambientales del sitio impactado.

Se deben establecer diferentes estrategias de restauración a escala de paisaje, siendo necesarios esfuerzos diferenciales de acuerdo a la ubicación de los sitios a restaurar.

**Fig. 2.** Supervivencia de las plantaciones entre tipos de plantas, sitios y meses del ensayo.

## PROYECTO DE INVESTIGACION APLICADA (PIA 12019)

### Efecto de la competencia en los modelos de crecimiento de árbol individual y estimación de índices para *Pinus taeda* en la Mesopotamia argentina

Teresa Boca<sup>1</sup>, Gastón Sañudo<sup>2</sup>, Hugo Fassola<sup>1</sup>, Paula Ferrere<sup>1</sup>, Raul Pezzutti<sup>3</sup>

## INTRODUCCIÓN

Actualmente la especie bajo cultivo en la Mesopotamia con mayor superficie ocupada es *Pinus taeda*, y constituye la base productiva de las principales industrias forestales de la región vinculadas tanto al mercado interno como externo. Por ello, resulta imperioso contar con instrumentos que permitan planificar y formular políticas de manejo silvícola en la toma de decisiones (Vanclay, 1994). En la Argentina los primeros simuladores fueron desarrollados en Misiones para *Araucaria angustifolia*, *P. elliotii* y *P. taeda* a través de un proyecto cooperativo entre las empresas, el INTA y la Facultad de Ciencias Forestales (Crechi et al., 1999). Estos simuladores de crecimiento y producción permiten realizar simulaciones, estimaciones y proyecciones a nivel de rodal (Fassola et al, 2008 y Pezzutti, 2011). En los últimos años se ha instalado una red de ensayos que cubren distintas estrategias de manejo para *P. taeda*, los cuales generan la información necesaria para ajustar modelos de árbol individual. El avance en la capacidad de procesamiento digital de datos ha hecho posible los estudios geoespaciales que permiten analizar las complejas interacciones competitivas entre los árboles individuales y determinar el grado de competencia. La competencia puede definirse como el efecto negativo que un organismo ejerce sobre otro debido al consumo o al control que realiza sobre el acceso a un determinado recurso de disponibilidad limitada. Existen en la bibliografía distintos índices de competencia y se pueden agrupar en dos categorías: Índices independientes de la distancia que no tienen en cuenta la distribución espacial de los árboles, por lo que no requieren la obtención de las coordenadas de los mismos e índices dependientes de la distancia que tienen en cuenta la distribución espacial de los árboles. Estudios realizados en varios países y para diferentes especies han mostrado mejoras en la estimación del crecimiento en diámetro cuando se ha incluido un índice de competencia en el modelo de árbol individual. En base a estas consideraciones los objetivos de este estudio son: i) estimar el efecto que la competencia ejerce sobre el crecimiento (en DAP y sección normales y en altura) de *Pinus taeda* en la Mesopotamia Argentina y ii) identificar el mejor índice de competencia o la mejor combinación de un índice de competencia con un criterio de selección de competidores.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio, relevamiento de datos. La base de datos cuenta con mediciones anuales sobre 2296 árboles tomadas durante un período de 15 años, comprendiendo un total de 34.440 observaciones. Los registros se realizaron en un ensayo de poda y raleo para *Pinus taeda* instalado en el año 1993 por INTA EEA Montecarlo con el objetivo de evaluar los resultados de diferentes esquemas de manejo de la densidad (individuos por hectárea) y distintas intensidades y oportunidades de poda. El ensayo cuenta con una densidad inicial de plantación de 1.666 árboles por hectárea con un distanciamiento de 3 m entre líneas y 2 m entre plantas sobre la línea. A los 3 años de edad se aplicó un raleo sistemático y se generaron 4 densidades:

1. boca.teresa@inta.gob.ar.

2. UNLP,

3. Forestal Bosques del Plata.

**TABLA 1**

ÍNDICE	FORMULA	REFERENCIA	
IC.1	$IC = \sum g_i \times \frac{10.000}{S}$	Área Basal	
IC.2	$IC = 10^{\log N + 1,605 \times \log Dq - 1,605}$	Reineke (1933)	
IC.3	$IC = DAP/Dq$	Razón DAP/Dq	
independientes de la distancia	IC.4	$IC = \sum g_i / G$	Razón sección normal / área basal
	IC.5	$IC = (g_i / G) \frac{DAP_i}{Dq}$	Razón área basal / diámetro
	IC.6	$IC = \sum DAP_{mayor_i}^2 \times \frac{\pi}{4} \times \frac{10.000}{S}$	BAL Wykoff et al. (1982)
	IC.7	$IC = BAL/G$	Vanclay (1991)
	IC.8	$IC = \sum_{i \neq j} \left\{ \frac{h_i}{h_j \times Dist_{ij}} \right\}$	Pukkala y Kolstrom (1987)
	IC.9	$IC = \sum_{i \neq j} \left\{ \frac{h_i}{h_j \times Dist_{ij}} \right\}$	Pukkala y Kolstrom (1987)
	IC.10	$IC = \sum_{i \neq j} \left\{ \frac{h_i}{h_j \times Dist_{ij}} \right\}$	Braathe (1980)
	IC.11	$IC = \sum_{i \neq j} \left\{ \tan^{-1} \left( \frac{h_j - h_i}{Dist_{ij}} \right) \right\}$	Mitsuda y Yoshida (2002)
Dependientes de la distancia	IC.12	$IC = \sum_{i \neq j} \left\{ \frac{DAP_j}{DAP_i \times Dist_{ij}} \right\}$	Hegyí (1974)
	IC.13	$IC = \sum_{i \neq j} \left\{ \pi \times \left[ \frac{Dist_{ij} \times DAP_i}{DAP_i + DAP_j} \right]^2 \times \frac{DAP_j}{\sum (Dist_{ij})} \right\}$	Alemdag (1978)
	IC.14	$IC = \sum_{i \neq j} \left\{ \frac{DAP_j}{DAP_i} \times \exp \left( \frac{16 \times Dist_{ij}}{DAP_i + DAP_j} \right) \right\}$	Martin-ek (1984)
	IC.15	$IC = \frac{DAP_i^2 \times nc}{\sum_{i \neq j} DAP_j^2}$	Daniels et al. (1986)
	IC.16	$IC = \sum_{i \neq j} \left\{ \frac{DAP_j}{DAP_i \times Dist_{ij}} \right\}$	Mitsuda y Yoshida (2002)

**Cuadro 1.** Índices de competencia dependientes e independientes de la distancia analizados.

Donde G: área basal por hectárea, i: cantidad de árboles presentes en la superficie considerada, g: sección normal de cada árbol, DAP: diámetro a la altura del pecho, N: cantidad de árboles por hectárea, S: superficie del área considerada, Dq: diámetro cuadrático medio, j: los árboles competidores, Distes: distancia entre el centro del árbol objetivo y el árbol competidor considerado en cada caso, nc: cantidad de árboles competidores que afectan al árbol objetivo y h: altura total del árbol.

1.666 árboles ha<sup>-1</sup>, 833 árboles ha<sup>-1</sup> 416 árboles ha<sup>-1</sup> y 208 árboles ha<sup>-1</sup>. Para cada situación de raleo se consideran tres intensidades de poda: sin poda; poda al 30% de altura del árbol y poda al 50% de altura del árbol. Para las condiciones extremas de raleo (0% y 87,5%) se considera un tratamiento de poda al 70% de la altura del árbol. Para las intensidades de poda de 30 y 50% de altura del árbol se realizaron ensayos en los cuales se podaron los árboles en dos, tres y cuatro ocasiones, mientras que para la condición de poda del 70% de altura del árbol se realizaron tratamientos con dos y tres intervenciones. El ensayo abarca un total de 32 tratamientos resultantes de la combinación de densidades y modalidades de poda aplicadas. En el ensayo se mantuvo individualizado cada árbol por medio de su ubicación dentro del rodal lo que permite abordar el desarrollo de índices de competencia dependientes de la distancia. Se relevó el diámetro a 1,30 m (DAP) de todos los individuos del ensayo y en una submuestra de 15 individuos por tratamiento seleccionados al azar se relevó, además, la altura total (H), la altura de comienzo de la copa (HCC) y el diámetro del fuste a la HCC (DF).

**Modelos hipsométricos DAP-Altura (DAP-H).** Dado que los índices de competencia empleados utilizan la altura total como variable de entrada, fue necesario el ajuste de relaciones hipsométricas que permitan estimar la altura de cada árbol a partir de sus respectivos valores de DAP. La relación DAP-H varía sensiblemente tanto entre los tratamientos como con la edad de los árboles, por lo cual las relaciones hipsométricas se ajustaron en función del tratamiento y edad. Para reducir la cantidad de combinaciones tratamientos-edades se consideraron rangos de clases de edad de 5 años de amplitud. Se ajustaron un conjunto de modelos hipsométricos lineales y no lineales basados en la bibliografía (Arias, 2004).

**Índices de competencia.** En el Cuadro 1 se reportan los índices de competencia dependientes e independientes estimados en este trabajo (Crecente, 2008). En la estimación de los índices de sitio dependientes de la distancia para determinar que individuos deben considerarse como competidores del árbol objetivo se empleó como criterio la definición de un radio fijo para cada árbol objetivo, considerando competidores a todos aquellos árboles incluidos dentro del círculo que definía el radio. Los índices dependientes de la distancia seleccionados de la bibliografía fueron aquellos que se podían estimar en función de las variables requeridas para su cálculo.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

**Modelos hipsométricos DAP-H e Índices de sitio.** El ajuste de modelos para la estimación de altura total en función del DAP varió entre los tratamientos y la edad del rodal. De los doce modelos probados (Cuadro 1), los que tuvieron un buen comportamiento en la mayoría de las situaciones fueron: 06, 10 y 12 (Cuadro 3). Los criterios de selección de índices establecidos para las relaciones tasa de crecimiento-índice de competencia: lineal simple, exponencial y potencial determinaron que el ajuste de los modelos potenciales explica mejor la relación dado que se



**TABLA 2**

densidad	lineal			exponencial			potencial			Índice seleccionado		
	AIK	BIC	R <sup>2</sup>				AIK	BIC	R <sup>2</sup>			
Independientes de la distancia	833	0	-1878	-1870	0,32	1701	1692,79	0,333	-194,89	-186,06	0,333	Razón Secc. G
		30	-7501	-7488	0,11	7236	7223,81	0,065	-622,32	-609,3	0,065	Razón Secc. G
		50	-7311	-7298	0,08	7125	7113,06	0,041	-645,46	-632,54	0,041	Razón Secc. G
	416	0	-1998	-1989	0,55	1896	1887,65	0,572	-210	-200,79	0,572	Razón Secc. G
		30	-7120	-7106	0,1	6959	6946,26	0,047	-394,52	-381,39	0,047	Razón Secc. G
		50	-7391	-7378	0,05	7233	7219,75	0,014	-464,91	-451,66	0,014	Razón Secc. G
	208	0	-1714	-1705	0,32	1543	1534,66	0,349	-131,16	-121,98	0,349	Razón Secc. G
		30	-7854	-7841	0,06	7707	7693,44	0,016	-460,69	-446,96	0,016	Razón Secc. G
		50	-8057	-8043	0,02	7912	7899,17	0,001	-374,85	-361,03	0,001	Razón Secc. G
1666	0	-2049	-2040	0,35	1908	1899,24	0,363	-299,42	-290,57	0,363	Razón Secc. G	
	30	-8027	-8013	0,08	7523	7510,1	0,053	-773,55	-760,53	0,053	Razón Secc. G	
	50	-6760	-6747	0,04	6392	6380,11	0,025	-574,35	-561,75	0,025	Razón Secc. G	
Dependientes de la distancia	1666	0	1174	1183	0,057	1179	1188,28	0,459	-25,96	-17,11	0,459	Alemdag (1978)
		30	4456	4469	0,0616	4504	4518,02	0,428	-174,98	-161,95	0,428	Alemdag (1978)
		50	3954	3967	0,059	3985	3998,13	0,455	-93,69	-81,09	0,455	Alemdag (1978)
	208	0	1352	1361	0,0148	1364	1373,41	0,459	65,75	74,94	0,459	Alemdag (1978)
		30	5304	5318	0,0267	5341	5355,6	0,455	-615,53	-601,81	0,455	Alemdag (1978)
		50	5713	5727	0,0205	5740	5754,33	0,465	-340,01	-326,19	0,465	Alemdag (1978)
	416	0	1062	1071	0,0028	1069	1078,38	0,482	-157,05	-147,84	0,482	Alemdag (1978)
		30	4952	4965	0,0091	4969	4982,24	0,466	-19,86	-6,73	0,466	Alemdag (1978)
		50	5082	5095	0,0011	5098	5111,92	0,444	-34,37	-21,12	0,444	Alemdag (1978)
833	0	1057	1066	0,0716	1069	1078,71	0,436	-75,51	-66,68	0,436	Alemdag (1978)	
	30	4042	4055	0,017	4054	4067,36	0,465	-533,42	-520,4	0,465	Alemdag (1978)	
	50	3920	3933	0,0239	3928	3941,29	0,454	-516,42	-503,51	0,454	Alemdag (1978)	

**Cuadro 2.** Valores de los criterios de selección de los índices de competencia

obtuvieron valores de los coeficientes de determinación mayores. Para todos los tratamientos silvícolas aplicados el índice obtenido como la razón del DAP sobre el diámetro cuadrático medio (Dq) es el que mejor ajusta entre los índices independientes de la distancia y el índice propuesto por Alemdag (1978) es el mejor entre los índices dependientes de la distancia.

## CONCLUSIONES

Se concluye que el índice obtenido como la razón del DAP sobre el diámetro cuadrático medio (Dq) es el que mejor ajusta entre los índices independientes de la distancia y que el índice propuesto por Alemdag (1978) es el mejor entre los índices dependientes de la distancia.

## PROYECTO DE INVESTIGACION APLICADA (PIA 12021)

### Evaluación de materiales genéticos y técnicas de establecimiento en tierras marginales del norte de la provincia de Buenos Aires

Lupi Ana Maria<sup>1\*</sup>; Pablo Pathauer<sup>2</sup>; Eduardo Cappa<sup>2</sup>; Romina Romaniuk<sup>1</sup>; Leonardo Salleses<sup>2</sup>; Paula Ferrere<sup>3</sup>; Victoria Netto<sup>4</sup>

## INTRODUCCIÓN

Las tendencias mundiales indican que la demanda de alimentos, energía, fibra y madera continuará en aumento y esto exigirá un incremento en la productividad por unidad de área y la incorporación de nuevas tierras a la producción. La provincia de Buenos Aires presenta importantes posibilidades y mayores desafíos en relación a la producción forestal, particularmente por la presencia de una importante superficie de tierras con capacidad de uso IV a VII. Estos ambientes de aptitud ganadera están subutilizados o han sufrido el avance de la agricultura con altos riesgos sin lograr una estabilidad en los rendimientos. Las principales limitantes de estas áreas son el anegamiento y el drenaje imperfecto por las posiciones topográficas que ocupan y la presencia de horizontes de baja conductividad hidráulica. Adicionalmente, la cercanía y movimiento ascendente de las napas de agua que vienen acompañadas de sales (donde el sodio predomina), determinan que ambas problemáticas pueden estar asociadas.

En toda la provincia de Buenos Aires la superficie aproximada con estos ambientes alcanzaría las 8.000.000 has y solo la pampa deprimida cuenta con 5.000.000 has. Considerando 16 partidos del norte de la provincia se estimó que existen alrededor de 90.000 has de estos suelos, con diferentes grados de aptitud para el cultivo forestal. Por lo tanto, la generación de tecnologías y conocimiento con la consecuente mejora de la productividad de estas tierras a partir del uso forestal o el uso silvo-pastoril, representa un desafío con proyección que fue escasamente abordado. Se plantea la hipótesis que clones e híbridos de especies tolerantes desarrollados por el programa de mejoramiento genético (PMG) del INTA se desempeñan adecuadamente en los ambientes propuestos. Para esto se propuso: **1.-** Evaluar a campo el crecimiento y sobrevivencia de diferentes clones e híbridos de *Eucalyptus spp.*, implantados con diferentes técnicas de preparación del suelo y el agregado de enmiendas mejoradores de suelos sódicos y **2.-** Estudiar en condiciones controladas el crecimiento y la sobrevivencia de diferentes combinaciones híbridas sometidas a distintos estrés abióticos.

## MATERIALES Y MÉTODOS

*Experimentos de campo:* se encuentra instalado en un lote de la empresa Fiplasto SA (34°20'42.00"S; 59°59'18.77"O), partido de Carmen de Areco, Buenos Aires, Argentina. El suelo corresponde un Natracuol Típico de la Serie Tatay, que ocupa una posición de bajo, sódico desde la superficie con una napa fluctuante sódica que genera anegamientos temporarios. El sitio presenta una pendiente del 0,5% y micro-depresiones donde las acumulaciones de agua en superficie se mantienen temporalmente. El sitio no tenía uso previo y se encontraba con la vegetación natural de pasturas característica de estos ambientes. Para el primer experimento, el terreno se preparó con rastra en la primavera del año 2014, cuando la napa descendió y el terreno permitió el ingreso de las maquinarias. Se probaron los siguientes trata-

1. Instituto de Suelos, CIRN, INTA. Los reseros y las Cabañas, Hurlingham, Buenos Aires. Argentina. Tel: 011 4621 2096.

\*lupi.ana@inta.gob.ar;

2. Instituto de Recursos Biológicos INTA Castelar.

3. AER 9 de julio, INTA Pergamino; 4. Estudiante Fauba.

mientos bajo un diseño en parcelas divididas con 4 repeticiones dispuestas en el sentido de la pendiente del terreno.

Materiales genéticos desarrollados por el PMG de INTA (clon EC1-107; clon ET9-133; híbrido GC8 e híbrido GT47). La elección de los materiales genéticos se apoyó en resultados de sobrevivencia preliminares de ensayos clonales instalados en provincia de Buenos Aires.

Uso de enmiendas mejoradoras del suelo: **a)** con aplicación de yeso en una dosis de 1000 kg ha<sup>-1</sup> en una banda de 1,5 m en la línea de plantación. **b)** sin yeso. Para conocer el patrón de evolución de la napa en estos ambientes se instalaron 2 frentímetros en los cuales se registró mensualmente el nivel del agua.

En septiembre de 2014 (luego del laboreo), se realizó la aplicación del yeso y en diciembre se plantó a un distanciamiento de 4 m x 2 m. Cada parcela de medición se conformó con 27 individuos. Se midió la altura total y la sobrevivencia. Se analizaron las diferencias de crecimiento mediante el análisis de la varianza no paramétrico (Test de Kruskal-Wallis,  $\alpha=0,05$ ).

Bajo un esquema similar se instaló un segundo experimento donde se evaluó el comportamiento de combinaciones híbridas desarrollados por PMG del INTA, con y sin el agregado de enmiendas (yeso) en la banda de plantación (1000 kg. ha<sup>-1</sup>). En este caso, la preparación del terreno se realizó con camellones para mejorar el drenaje del agua del lote y alejar a las raíces de las plantas del efecto de la napa sódica cercana a la superficie. La distancia entre camellones fue de 4 m. El lomo de los camellones tiene una altura de 30 cm por encima de la superficie normal del terreno. Se plantó en abril del 2015 a una densidad de 4 m x 2 m y se realizó la primera evaluación de sobrevivencia en junio de 2015.

**Experimento en invernáculo:** se desarrolló en el IRB-INTA Castelar entre los meses de noviembre 2014 a febrero de 2015. Este experimento evaluó el efecto aislado o combinado de los siguientes factores:

**1.- Combinaciones híbridas (CH): a)** *E. grandis* x *E. tereticornis* y **b)** *E. grandis* x *E. camaldulensis*

**2.- Niveles de anegamiento: a)-** Sin anegamiento, con provisión de agua por riego del vivero; **b)** Ciclo de 30 días de inundación (I) y 15 días de riego normal; **c)** Simulación de napa (N): 1/3 de la maceta con agua en forma continua durante todo el ciclo de evaluación.

**3.- Niveles de Salinidad: a)** < 4 dS m<sup>-1</sup>, **b)** 6 dS m<sup>-1</sup>, **c)** 12 dSm<sup>-1</sup>. Cada tratamiento estuvo representado por 5 individuos y 5 repeticiones dispuestos en macetas con tierra de textura franca arcillosa. Se midió el diámetro de cuello y la altura de cada planta cada 15 días. Al final del experimento se cuantificó la materia seca (60°C hasta peso constante), de hojas, ramas y tallo de cada individuo. Las variables se analizaron mediante ANVA y las medias se compararon mediante test de Tukey a un nivel de significancia de 0,05.

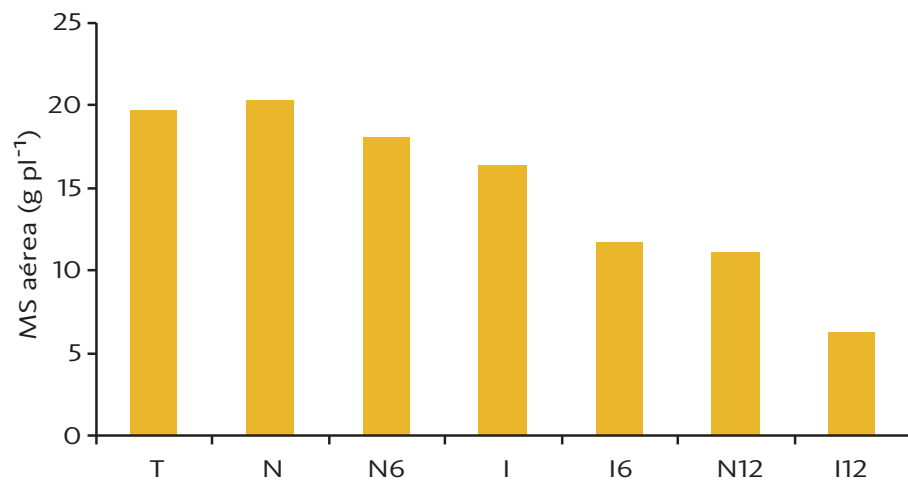
## RESULTADOS

**Experimentos de campo:** En el terreno preparado con rastra, los resultados a los 4 meses de la plantación muestran que la posición en el terreno (efecto del

bloque) controló el crecimiento y la sobrevivencia de los materiales genéticos. Las plantas del sector más alto fueron significativamente más altas que las localizadas en el bajo (74,9 cm en bloque 1 y 32,6 cm en bloque 4). El agregado de yeso tuvo un efecto significativo sobre el crecimiento, siendo la altura media de las plantas en el sector más alto (bloque 1), de 100 cm en comparación con 40,7 cm en la situación intermedia y baja (bloque 3 y 4). Hasta el momento, los materiales genéticos no mostraron un comportamiento diferencial. La sobrevivencia también se vio afectada por la posición que tuvieron las plantas en el terreno, siendo del 93% en el sector más alto y 55% en el más bajo. El uso de enmiendas no modificó la sobrevivencia de los materiales genéticos ni la actividad biológica, evaluada a partir de la respiración microbiana del suelo medida en muestras de suelos tomadas de los primeros 20 cm. Estos resultados son esperables por ser aún muy corto el tiempo transcurrido (7 meses desde la aplicación del yeso).

En el terreno preparado con camellones, la evaluación inicial de la sobrevivencia realizada a los dos meses de la plantación alcanza en promedio el 92,5% en todo el experimento, sin detectar cambios entre materiales genéticos, posición en el terreno o adición de enmienda.

**FIGURA 1.**



**Figura 1:** Materia seca aérea acumulada a los 90 días en diferentes tratamientos de estrés abiótico. T: testigo riego normal de vivero. N: napa. N6: napa salina de 6 dS/m; I: inundación. N12: napa salina 12 dS/m. I12: inundado con sol de 12 dS/m

**Experimento en invernadero:** A los 30 días de iniciar el experimento se analizó el lixiviado de las macetas de todos los individuos de los tratamientos inundación (I<4dS/m, I6 e I12). En I<4 dS/m la conductividad eléctrica (CE) promedio fue de 1,83 dS/m, para I6 dS/m fue de 6,4 dS/m; y para I12dS/m, la CE del lixiviado estuvo en torno a los 10,1 dS/m

El efecto negativo de los tratamientos sobre el crecimiento fue progresivo. Se pudo observar que la combinación híbrida GxT manifestó síntomas de clorosis foliar en I12 en forma más temprana. La mortalidad en ésta combinación híbrida comenzó a los 30 días de iniciar el experimento en comparación con GxC donde la mortalidad de los individuos comenzó 30 días después. Los tratamientos con mayor mortalidad fueron los de inundación I12 e I6, y luego napa N12 y N6. Los tratamientos sólo inundación o napa no salina no generaron mortalidad en ninguno de los híbridos. En relación al crecimiento, el GxC mostró las mayores tasas de crecimiento en diámetro de cuello (DC), altura total y biomasa aérea (ramas, tallos y hojas), en comparación

a GxT. Las diferencias en las tasas de crecimiento se mantuvieron en torno al 14% en el período estudiado.

Se observó que a partir de los 15 días de iniciar el experimento se registra una caída en la tasa de crecimiento del DC en I12 respecto del testigo. A partir de los 45 días, también en el tratamiento N12 disminuyó la tasa de crecimiento. Estos tratamientos con mayor salinidad fueron los de menor performance durante todo el estudio. La tasa de crecimiento del DC en I6 decreció significativamente a partir de los 60 días mientras que N6 lo hizo a partir de los 75 días. En cuanto a la materia seca aérea final se encontró que en I12 fue tres veces menor al testigo (Figura 1), mientras que N12 e I6 la reducción fue algo más del 50%. La materia seca de las combinaciones híbridas no fueron significativamente diferente entre ellas. Las plantas en de los tratamientos T, N, I y N6 presentaron los mayores diámetros de cuello y altura sin mostrar diferencias significativas entre ellos.

## CONCLUSIONES PRELIMINARES

En el experimento de campo instalado en el Natracuol preparado con rastra y evaluados a los 4 meses de la plantación, el crecimiento y la sobrevivencia de los MG estuvieron fuertemente controlados por la posición en el terreno y no se encontraron efectos de la aplicación de la enmienda. En el mismo suelo preparado con camellones se observó una alta sobrevivencia de los MG, sin efecto de la enmienda.

En cuanto al estudio realizado en invernadero, los resultados indican que las combinaciones híbridas expresan diferencias en la tolerancia y crecimiento a los tratamientos de inundación y salinidad siendo mayor ambos parámetros en la combinación *E. grandis* x *E. camaldulensis* en comparación con *E. grandis* x *E. tereticornis*. La inundación (I10) y napa salina (N12) afectaron negativamente las tasas de crecimiento y la acumulación de biomasa mostrando síntomas de clorosis y mortalidad en forma progresiva.

## PROYECTO DE INVESTIGACION APLICADA (PIA 12029)

### Estrategias para maximizar la captura de carbono en el suelo y la productividad en sistemas silvopastoriles del sur de Misiones y noreste de Corrientes

R. P. Ecclesia<sup>1</sup>; M.B. Rossner<sup>2</sup>; G. Kimmich<sup>2</sup>, G. Piñeiro<sup>3</sup>

## INTRODUCCIÓN

La región NE de Argentina es una de las principales en términos de producción forestal, especialmente de especies del género *Pinus sp.* Es ampliamente conocido que las plantaciones forestales que reemplazan pastizales contribuyen a secuestrar C en la biomasa aérea. Sin embargo, existen evidencias de que plantaciones de regiones húmedas generan disminuciones en los contenidos de C almacenado en la materia orgánica del suelo (C-MOS) (entre 20 y 30 Tn/ha en suelos de Misiones), lo cual podría comprometer tanto el almacenamiento de C como la fertilidad potencial del recurso suelo.

Una variante a las plantaciones forestales puras son los sistemas silvopastoriles (SSP) que consisten en la implantación de pasturas bajo el dosel de especies forestales, constituyendo un sistema mixto, forestal y ganadero. En términos forestales, la principal diferencia con las plantaciones puras está dada por la menor densidad de plantas, lo cual permite un mayor pasaje de radiación solar para el crecimiento de la pastura. A su vez, las evidencias indican que los sistemas pastoriles basados en pasturas favorecen la recuperación del carbono orgánico del suelo (COS) en el corto plazo, debido a la gran producción de raíces que generan. Mientras que un mayor aporte está asociado al nivel de productividad de la pastura. Por ello, en un SSP es importante determinar cómo impactan algunas variables de manejo sobre la productividad de la pastura, de modo de asegurar un aporte continuo de C al suelo y al mismo tiempo optimizar la base forrajera del sistema.

Una de las variables de manejo que ha sido evaluada para diferentes especies forrajeras bajo SSP es el nivel de iluminación recibido por la pastura (sombreamiento). En éste sentido, se han realizado diferentes ajustes regionales que apuntan a una mayor productividad. Sin embargo, hasta el momento no se ha considerado su interacción con otras variables de manejo, como por ejemplo la presión de pastoreo, a pesar de que ésta última es una de las principales determinantes de la persistencia de la pastura. En éste trabajo evaluamos comparativamente los cambios en el Stock y la dinámica de COS en SSP y forestaciones implantados sobre pastizales. A su vez se evaluó el efecto conjunto del pastoreo y el nivel de iluminación sobre la productividad primaria neta de una pastura de *Brachiaria brizantha* bajo SSP.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El experimento se llevó a cabo en lotes ubicados en el noreste de Corrientes, departamento Santo Tomé, al límite con la provincia de Misiones (28°18'16" S/ 55°49'12" O). Los suelos son del orden Ultisol y el clima es subtropical húmedo sin estación seca marcada. La precipitación media anual es de 1600 mm y la temperatura media anual es de 20 °C. Se ubicaron tres sitios, formando tríos (SSP-forestación-pastizal) de similar edad entre la plantación forestal, silvopastoril (6 - 8; 12 - 13

1. INTA EEA Paraná, Oro Verde (3100), Entre Ríos  
ecclesia.roxana@inta.gob.ar;

2. INTA EEA Cerro Azul, Misiones;

3. IFEVA-CONICET, Facultad de Agronomía - UBA

y 18-19 años). Se tomaron muestras de suelo hasta los 100 cm de profundidad y muestras de broza en superficie. En el suelo se separó la fracción de la materia orgánica particulada (MOP). Se determinó la concentración de C y la abundancia natural de  $^{13}\text{C}$ . Mediante ecuaciones de mezclado isotópico se estimó el C nuevo (Cn), formado a partir del nuevo uso del suelo, la tasa de descomposición (k) y el C original remanente (Co). Se realizó un test "t" pareado entre el pastizal y cada sistema actual para evaluar las diferencias en el contenido de carbono en la materia orgánica total (C-MOS) y en la fracción particulada (C-MOP). Se realizó un análisis de varianza (ANOVA) entre el SSP y la forestación para evaluar las diferencias en el Cn y Co. En todos los casos las diferencias fueron evaluadas a un  $p < 0,05$ .

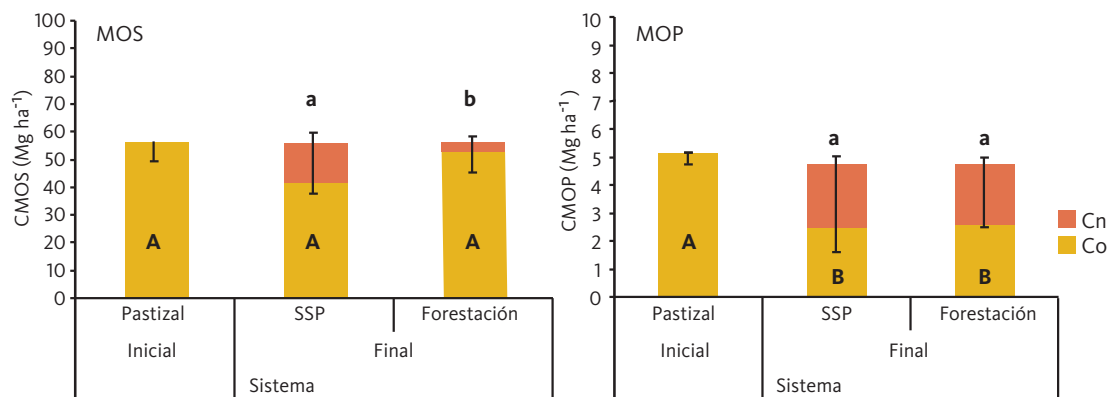
En uno de los sitios SSP, compuesto por *Pinus taeda* y *Brachiaria brizantha*, se instaló un experimento con diseño factorial de dos factores: radiación con 30 y 60 % de RFA y pastoreo (con y sin pastoreo). El arreglo fue en bloques completos al azar, con tres repeticiones, siendo cada repetición un lote independiente. El factor pastoreo se evaluó con parcelas de pastoreo y exclusión del mismo con clausuras. Las parcelas de pastoreo mantuvieron una carga de 300 kg PV ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup> y en cada una se instalaron clausuras móviles para medir el crecimiento de la pastura. La productividad de la pastura se estimó mediante cortes sucesivos cada 30 días durante el período de crecimiento de noviembre 2012 a abril 2013 y cada 60 días durante el receso invernal y segundo período de crecimiento de Mayo 2013 a septiembre 2014. Los resultados fueron analizados mediante ANOVA y prueba de comparación de medias por el método de Tukey ( $p \leq 0,05$ ).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

No se observaron cambios significativos en los contenidos de C-MOS y C-MOP entre forestación y SSP respecto al pastizal natural, siendo el stock de COS promedio en los tres sistemas de 193 Mg ha<sup>-1</sup>. Esto refleja la importancia del manejo durante la implantación ya que en éstos sitios no se realizaron laboreos tradicionales ni quema, sino solamente una remoción mínima en la línea de la plantación. A pesar de ello, se observaron diferencias entre sistemas asociadas a la dinámica de C-MOS (Figura 1). En los SSP se formaron 10 Mg ha<sup>-1</sup> más de C-MOS (Cn MOS) en los primeros 20 cm de suelo respecto a las forestaciones puras (Figura 1a). Al mismo tiempo

Figura 1. (a) Contenido de carbono original (Co) y de carbono nuevo (Cn) en la materia orgánica total del suelo (MOS) y (b) en la materia orgánica particulada (MOP), en los primeros 20 cm de profundidad. Diferentes letras minúsculas indican diferencias significativas ( $p < 0,05$ ) del Cn entre forestación y sistema silvopastoril (SSP). Diferentes letras mayúsculas indican diferencias significativas ( $p < 0,05$ ) del Co entre pastizal inicial y el sistema final (Forestación y SSP).

FIGURA 1.



en la forestación se observó una tendencia a conservar más el C original (Co MOS) respecto al SSP, aunque no fue significativa, lo cual indica mayores tasas de descomposición en los SSP ( $k=0,035$  vs  $k=0,008$ ). En el C-MOP, en cambio, no se observaron diferencias en el Cn, y ambos sistemas generaron similares reducciones del Co MOP (50 % respecto al pastizal de referencia). Estos resultados estarían sugiriendo que en los SSP la dinámica del C es más acelerada respecto a las forestaciones, es decir que entra y sale más C del suelo.

Los datos de PPNA de la pastura presentaron una marcada variación interanual. Los valores de PPNA en pastoreo no presentaron diferencias entre niveles de radiación, lo que sugiere que entre ambos factores, predomina el efecto del pastoreo sobre la PPNA de la pastura (Tabla 1).

**Tabla 1.** Productividad Primaria Neta Aérea de *Brachiaria brizantha* en SSP con distintos niveles de iluminación y pastoreo en el NE de Corrientes, Argentina. Período comprendido entre noviembre 2012 y septiembre 2014.

**TABLA 1**

PPNA kg ha <sup>-1</sup> año <sup>-1</sup>	Período 2012-2013	Período 2013-2014
60% RFA	Clausura	18.109,13 ± 1601,97 a
	Pastoreo	8.267,83 ± 1601,97 b
30% RFA	Clausura	20.661,87 ± 1601,97 a
	Pastoreo	8.155,67 ± 1601,97 b

Letras distintas en columnas indican diferencias significativas al 0,05

## CONCLUSIONES

- Los resultados mostraron que no siempre existe un efecto negativo en el COS al implantar plantaciones forestales sobre pastizales en regiones húmedas (similar tendencia en los SSP), sin embargo el manejo durante la implantación puede ser fundamental para que se den éstos resultados.
- El C-MOS en los SSP fue más dinámico que en las forestaciones puras, esto es, entra y sale más C del suelo. Los mayores ingresos podrían calificar a éstos sistemas como más resilientes que las plantaciones puras en términos de recuperación de COS. Sin embargo habría que evaluar ésta hipótesis en sistemas con balances iniciales negativos, donde se pueda analizar el nuevo equilibrio entre las entradas y las salidas de COS.
- Los resultados indicaron que en SSP con pasturas de *Brachiaria brizantha*, un buen manejo del pastoreo es más crítico que el sombreado producido por los árboles para aumentar la PPNA de la pastura.



## PROYECTO DE INVESTIGACION APLICADA (PIA 12031)

### Desarrollo de funciones de índice de sitio basados en modelos mixtos incluyendo variables climáticas para plantaciones de *Pinus taeda* en Misiones y noreste de Corrientes

Silva F.<sup>1</sup>, Korth S.<sup>1</sup>, Martiarena R.<sup>2</sup>, Keller A.<sup>2</sup>, Fassola H.<sup>2</sup>, Thalmayr P.<sup>3</sup>, Orona M.<sup>3</sup> y Martínez M.<sup>3</sup>

## INTRODUCCIÓN

Uno de los métodos intrínsecos más difundidos para determinar el potencial productivo forestal es el empleo del Índice de Sitio (IS), al cual se lo define como la altura estimada de los árboles dominantes en un sitio dado a una edad base. Esta expresión matemática representa la calidad del sitio, el que es considerado como un concepto biológico que integra a los factores bióticos y abióticos que determinan el crecimiento de los árboles en un sitio en particular. Este enfoque aunque es relativamente simple, está probado que es un método efectivo para estimar el potencial productivo de una especie en un sitio determinado. Esta metodología es la que emplea actualmente en el país, recurriendo tanto a modelos estáticos, como a dinámicos). Estas funciones de sitio han sido incorporadas a los simuladores de crecimiento existentes en la región litoral del país. Aunque las funciones de sitio disponible para *P. taeda* son estáticas y de tipo polimórfico. Por otra parte hay situaciones donde no es posible o apropiado el uso del IS para la evaluación del sitio o, algunos de los conceptos sobre las que se basan los mismos han sido superados. Las restricciones de estos modelos y que caracterizan las funciones de sitio ajustadas para *P. taeda* en el noreste argentino son las siguientes: **1)** Los modelos de altura dominante utilizados fueron desarrollados originalmente para especies de crecimiento relativamente lento y con edades de rotación elevadas; **2)** De acuerdo a estudios hechos en Brasil sobre especies de rápido crecimiento, en años de pronunciada seca y cuando los suelos están descubiertos, son pobres y poco estructurados, estos factores introducen variaciones, las cuales no siempre son explicadas por las tradicionales variables sitio, edad y altura dominante; **3)** Simulaciones de las condiciones climáticas futuras para la región del NE de Argentina indican subas de temperatura y mantenimiento de las precipitaciones. Teniendo en cuenta esas restricciones los objetivos originales de presente proyecto comprendían a los siguientes: **a)** desarrollar funciones de Índice de Sitio en plantaciones de *Pinus taeda* de Misiones y Norte de Corrientes, incorporando variables climáticas y geográficas; **b)** contribuir con estas funciones a mejorar la capacidad de predicción de modelos de crecimiento y/o simuladores existentes o a desarrollar; **c)** mejorar la capacidad de predicción del potencial productivo ante condiciones climáticas cambiantes; y **d)** desarrollar capacidades para la predicción del Índice de Sitio en áreas factibles de implantar bosques de *Pinus taeda*.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El área de interés abarcó toda la provincia de Misiones y la porción noreste de Corrientes, en Argentina. Esta región es particularmente heterogénea ya sea en aspectos geográficos como clima, topografía y tipos de suelos como en los ecológicos, además de los aspectos de uso de la tierra. Con motivo de este proyecto las localidades se agruparon en grandes Zonas, en base a los criterios de semejanza en características climáticas y tipo de uso de la tierra (Figura 1).

1. FCF-UNaM. Bertoní 124 (3380)

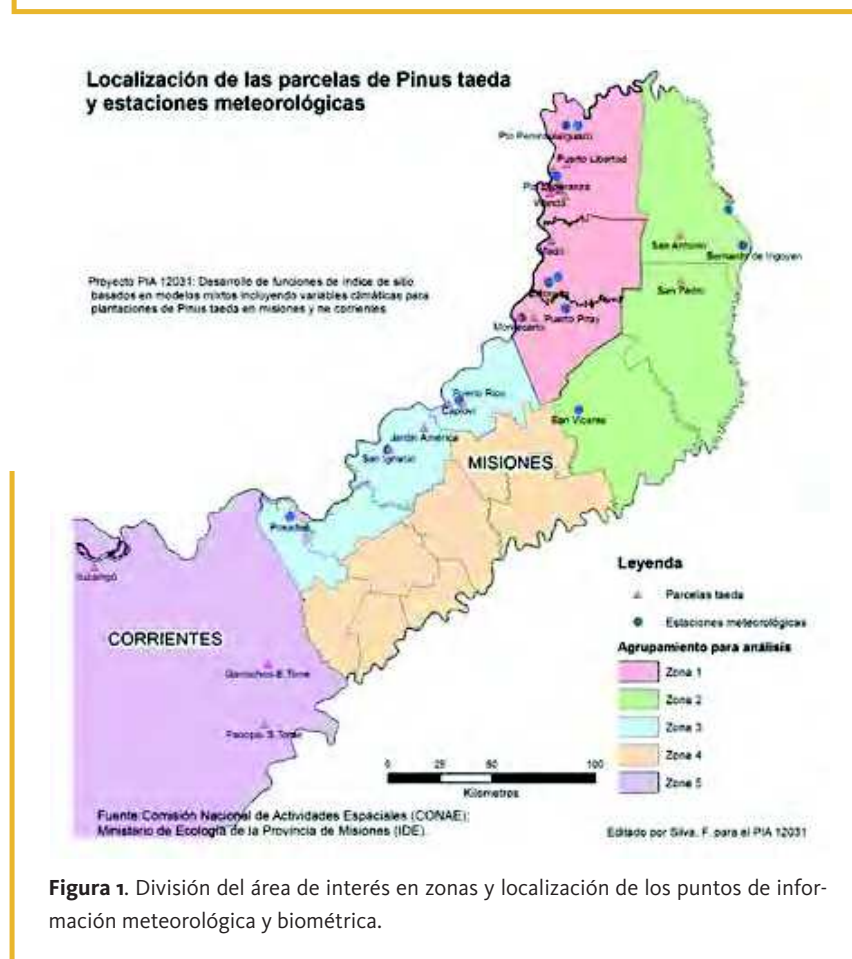
Eldorado, Misiones.  
fidelina16@gmail.com.

2. EEA Montecarlo del INTA.

3. Estudiantes de Ingeniería Forestal,  
FCF-UNaM.

La información básica para la generación de los modelos mixtos lo constituyeron los datos biométricos y datos climáticos. La construcción de la base de datos biométricos se realizó a partir de tres fuentes de información: **a)** lectura de imágenes de rodela proporcionadas por el INTA, **b)** a partir de rodela de árboles volteados ex-profeso para el presente proyecto, y **c)** planilla de datos digitalizados provenientes de ensayos de *P. taeda* con información completa que incluía el número de anillos. La metodología para la recuperación del crecimiento en altura a través de análisis del tronco de la base se basó en las publicaciones de Carmean (1972 y 1975), Lenhart (1972), Newberry (1978), y Kariuki (1995).

**FIGURA 1.**



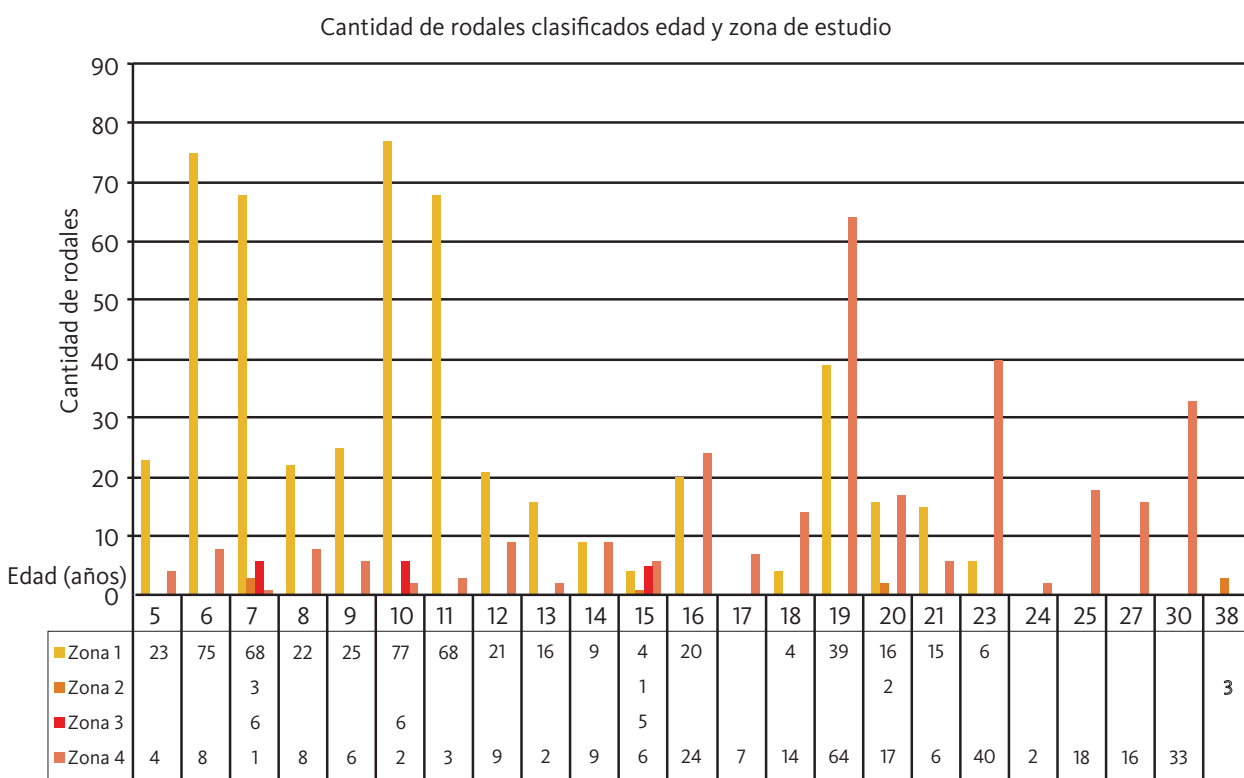
**Figura 1.** División del área de interés en zonas y localización de los puntos de información meteorológica y biométrica.

Para la construcción de la base de datos climáticos se contó con información climática mensual de 13 puntos geográficos dentro del área de estudio. El período de años considerado fue desde 1982 a 2011. Los cuales fueron provistos por la Cátedra de Agrometeorología, el INTA, empresas forestales. Los registros en el periodo de interés pasaron por los procesos de control de calidad y posteriormente el llenado de datos faltantes a través de la estimación a través de técnicas estadísticas. Se calcularon los componentes del balance hídrico para aquellas localidades que contarán con datos continuos de precipitación y temperatura, a través del método de balance seriado (Damario y Pascale, 1990).

## RESULTADOS

Los resultados que se exponen comprenden lo alcanzado en la primera etapa del desarrollo del proyecto, actividades que básicamente se centraron en el análisis de la calidad de los datos tanto biométricos como climáticos existentes y factibles de completar en base a estimaciones. De esta manera, en la figura 2 se presenta un resumen de la información biométrica en bruto disponible; aquí se observa que las zonas con mayor cantidad de información fueron la 1 y la 5 en un amplio rango de edades, sin embargo las zonas 2 y 3 cuentan con pocas parcelas concentradas en 3 y 4 edades respectivamente. Se destaca el hecho de que la zona 4 (Departamentos Cainguás, 25 de Mayo, Oberá, Leandro N. Alem, Apóstoles, Concepción, San Javier, todos en la provincia de Misiones) no cuenta con información.

**FIGURA 2.**



Un análisis más detallado de la calidad de los datos biométricos disponibles determinó que de las 849 parcelas disponibles, únicamente se contaban con 32 parcelas que poseían el conteo de número de anillos, dato este necesario para la reconstrucción del crecimiento anual de la altura. La base original se amplió con la lectura de las imágenes de rodela disponibles para parcelas localizadas en la zona 1. A pesar de contar con imágenes de 36 árboles, la información rescatada fue de solamente 6 árboles completos. Otra fuente de información agregada fue a partir del volteo de 5 árboles localizados en la zona 2 (Tobuna y San Antonio). En aquellos rodales que contaban con lectura de anillos, se utilizó esta información para ajustar los datos medidos y de esta manera lograr la reconstrucción de las alturas asociadas a cada año del árbol. El paso siguiente fue completar los datos faltantes en cada árbol, para lo cual se realizaron se ajustaron los datos a las funciones logísticas, Gompertz y Richards.

**Figura 2.** Gráfico resumen de la cantidad de rodales disponibles para el estudio hasta el año 2014.

Luego del control de calidad de los datos climáticos, se trabajó con 20 series climáticas. Para las variables temperatura media mensual y precipitación mensual, se encontró que un 80 % se provenían de las zonas 1, 2 y 3, de los cuales sólo el 10% - 15% (temperatura y precipitación respectivamente) contaban con información completa del período de interés. El resto de la información disponible se caracteriza por no comprender el período completo de interés, o porque los registros corresponden a años anteriores.

## CONCLUSIONES

Consideramos que la escasa cobertura de los puntos de información meteorológicas de las zonas sureste y sur de Misiones, y norte de Corrientes es una importante debilidad debido a que no nos permite aplicar modelos de estimación de datos faltantes. Cualquiera de los métodos de interpolación geográfica requiere de localizaciones más cercanas debido al paisaje ondulado del sitio de estudio.

A pesar de la gran cantidad de información biométrica existente la misma es incompleta debido al requerimiento de contar con la variable número de anillos para la reconstrucción del crecimiento anual en altura, lo que implica que se deberá continuar con las actividades de volteo de ejemplares arbóreos a campo y paralelamente generar funciones para el rellenado de datos faltantes.

# PROYECTO DE INVESTIGACION APLICADA (PIA 12041)

## Producción de residuos en plantaciones forestales: importancia en función de la práctica de manejo

Silvia Rebottaro<sup>1</sup>, Daniel Cabrelli<sup>1</sup>, Lucía Sparnochia<sup>1</sup>, Diana Efron<sup>2</sup>, Gabriela Sarti<sup>2</sup>

### INTRODUCCIÓN

Aunque la producción de madera seguirá siendo la función principal de las plantaciones forestales, en el escenario de un clima y un mercado cambiante estos sistemas pueden cumplir otras funciones.

Las nuevas tecnologías han incrementado los rendimientos de madera, aumentando también la cantidad de residuos generados por la actividad forestal. Adicionalmente, la expansión de la superficie también producirá un aumento de los residuos en el mediano y largo plazo.

Los residuos forestales (RF) son todos aquellos desperdicios orgánicos generados por acción humana, a través de alguna práctica de manejo propia de la actividad forestal. Estos residuos presentan un potencial de uso como biocombustibles, o como materia prima para diferentes destinos industriales, sin olvidar la función ambiental sobre la diversidad, la productividad y el flujo de energía y carbono. Desde el punto de vista del balance de carbono, la gran mayoría de los residuos que quedan en el campo pasarán a la atmósfera en algún momento, a través de la respiración de los organismos descomponedores, pudiendo una fracción pasar a incrementar el contenido de materia orgánica en el suelo.

La cantidad y tipo de RF depende de la especie, el sistema de manejo, el tamaño de los árboles y el límite comercial. Los RF pueden provenir de diferentes prácticas tales como el manejo del rebrote, el raleo, la poda, y la tala rasa. Estos residuos están compuestos por hojas, ramas, y la fracción no comercial de los tallos. Para evaluar el potencial de uso de los residuos es necesario contar con una estimación de los distintos componentes. El presente trabajo tuvo como objetivo principal evaluar la cantidad y el tipo de residuos generados por diferentes prácticas silvícolas, en plantaciones de *Pinus* y *Eucalyptus* en regiones templadas de Argentina.

### MATERIALES Y MÉTODOS

El trabajo de campo se llevó a cabo en Luján (34° 34' Lat. S, 59° 06' Long. O.) provincia de Buenos Aires, Argentina. El paisaje de la zona está compuesto por lomas alargadas y planicies suavemente onduladas. La vegetación natural es el pastizal, pero ha sido alterada por la actividad humana. El clima en la zona es templado húmedo con una temperatura media anual de 16,6°C y precipitación de 1060 mm. Los suelos predominantes pertenecen a la serie Mercedes, un argiudol típico, con 4 % de materia orgánica, y aptitud agrícola pero con ligeras limitaciones de drenaje. Los RF fueron evaluados bajo dos escenarios productivos, a saber:

a) Producción de volumen: en ciclos de 10-13 años, con especies que rebrotan de cepa, y manejo del rebrote. Se evaluaron tres rodales de *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh. y tres de *Eucalyptus. dunnii* Maiden.

b) Producción para aserrado: en plantaciones de *Pinus elliottii* Engelm., manejadas con raleos, y podas, en ciclos de 20-25 años. Se evaluaron los residuos en tres rodales.

1. Cátedra de Dasonomía, Facultad de Agronomía, Universidad de Buenos Aires, Av. San Martín 4453, Buenos Aires, Argentina, E-mail: rebottar@agro.uba.ar

2. Cátedra de Química Inorgánica, Facultad de Agronomía, Universidad de Buenos Aires.

En términos generales, los RF fueron estimados por diferencias de biomasa antes y después de aplicar alguna de las prácticas silvícolas. Esto implica primeramente realizar un muestreo (ya sea de brotes, ramas o árboles, según lo que se quiera estimar), y aplicar un análisis destructivo, con el fin de obtener relaciones entre tamaño y biomasa leñosa y foliar contenida. Cada muestreo incluyó procesar el material en el campo separando y pesando tallo, hojas y ramas. Una submuestra de cada componente fue llevada a laboratorio para determinar peso seco. A partir de la relación entre peso seco y fresco fue posible calcular el peso seco total de cada componente. Conociendo la estructura poblacional antes y después del manejo del rebrote, fue posible estimar la biomasa de residuos por diferencia. Para los residuos de poda se aplicó la misma metodología, solo que el trabajo consistió en un muestreo y análisis destructivo de ramas, para ajustar la relación entre el área transversal y la biomasa foliar y leñosa. Luego, mediante la medición del diámetro en la zona de corte, se obtuvo la distribución de frecuencia por clases de diámetros de ramas podadas. A partir de dicha información es posible conocer la biomasa total de residuos por hectárea.

**Tabla 1.** Toneladas de materia seca de residuos ha<sup>-1</sup>, para diferentes combinaciones de densidad antes y después del manejo del rebrote en plantaciones de *Eucalyptus*.

Para el raleo y la tala rasa se utilizó una muestra de los árboles cortados (8-15 por rodal), y se realizaron evaluaciones durante el proceso de aprovechamiento. En ambas prácticas una parte del árbol (la porción comercial) sale del sistema, mientras que el resto queda como residuo en el campo (ramas y hojas, y el ápice no comercial). Se tomó un diámetro comercial de 7 cm en punta fina.

**Tabla 2.** Toneladas de materia seca de residuos ha<sup>-1</sup>, generados por podas y raleos en *Pinus elliottii*. (1,2 y 3 se refiere a la primera, segunda o tercera práctica de raleo o de poda dentro del ciclo).

## RESULTADOS

**1. Residuos por el manejo del rebrote:** en plantaciones de *Eucalyptus*, de 2 a 4 años de edad, se presentan en la Tabla 1. Respecto a la composición, se observaron diferencias entre especies. En este sentido, la relación tallo-ramas-hojas resultó de 9-3-1 para *E. camaldulensis* y 2:1:1 para *E. dunnii*.

TABLA 1		Brotos ha <sup>-1</sup> después del manejo			
Brotos ha <sup>-1</sup> antes del manejo	800	1500	2000	3000	
5000	6,46	5,55	4,9	3,6	
10000	12,96	12,05	11,40	10,10	
20000	19,46	18,55	17,90	16,60	
20000	25,96	25,05	24,40	23,10	

**2. Residuos por podas y raleos:** se presentan en la Tabla 2, discriminando por tipo de residuo.

TABLA 2		Podas		Raleos		
	Hojas	Ramas	Hojas	Ramas	Ápice	
1	2,74	1,87	5,75	4,87	1,07	
2	1,57	1,25	4,92	4,18	0,66	
3	1,45	1,18	4,03	3,49	0,58	

### 3. Residuos de la tala rasa: se presentan en la Tabla 3.

**TABLA 3**

	Hojas	Ramas	Ápice
<i>Eucalyptus camaldulensis</i>	6,69	11,79	6,03
<i>Eucalyptus dunnii</i>	8,80	9,12	3,71
<i>Pinus elliotti</i>	10,52	9,18	0,87

## DISCUSIÓN

Los resultados mostraron que la cantidad y tipo de residuos forestales depende de la práctica silvícola. El manejo del rebrote generó una alta proporción de hojas, ya que es una práctica de manejo del canopy que se realiza en una etapa temprana del ciclo. La poda también produjo alta proporción de hojas, ya que las ramas podadas son estructuras relativamente jóvenes. Por lo tanto, ambas prácticas tienen un alto potencial de transferencia de nutrientes al suelo, que estarían disponibles para los árboles residuales. En los diferentes raleos en general se mantuvo la proporción de los diferentes componentes. Pero, la cantidad de RF fue superior para el primer raleo. En el raleo y la tala rasa, la cantidad de residuos depende del número y tamaño de los árboles cortados. Por lo tanto, en un sistema donde se busca volumen, en el momento de la cosecha la población es más joven, y hay más cantidad de tallos de menor tamaño. Por lo tanto, en términos relativos, se produce una mayor cantidad de residuos proveniente del ápice no comercial. Si se pensara en los residuos como materia prima para energía, hay que considerar las diferencias entre especies. En este sentido, *E. camaldulensis* presenta una mayor proporción de leño que *E. dunnii*, principalmente debido a las diferencias en el peso específico de la madera. Finalmente, es importante profundizar en los efectos potencialmente negativos que podría generar la eliminación de los residuos del sistema, considerando su efecto físico y nutricional, lo cual puede tener un impacto sobre los rendimientos en las sucesivas rotaciones. Una alternativa sería utilizar (o sea exportar del sistema) solamente los residuos leñosos, y permitir que las hojas queden en el campo. Considerando que los rendimientos comerciales promedio en la zona se encuentran entre 20 a 35 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>, (según especie y ciclo), los RF representaron alrededor del 10 % de la productividad de materia seca total del sistema.

**Tabla 3.** Toneladas de materia seca de residuos ha<sup>-1</sup>, generados por la tala rasa. (Los datos de *Eucalyptus* son valores promedio de dos ciclos de producción: uno proveniente de plantación y el otro a partir del rebrote).

## CONCLUSIONES

Los resultados del presente proyecto mostraron que:

- 1) El manejo del rebrote produjo 4-26 Tn de residuos ha<sup>-1</sup>, la poda 2-5 Tn ha<sup>-1</sup>, el raleo 8-12 Tn ha<sup>-1</sup>, y la tala rasa 20-25 Tn ha<sup>-1</sup>.
- 2) La poda y el manejo del rebrote generaron residuos con alta proporción de hojas.
- 3) *Eucalyptus camaldulensis* presentó mayor proporción de biomasa leñosa respecto a *E. dunnii*.
- 4) Los resultados muestran la importancia de los residuos forestales, y brinda información básica sobre la cual discutir la sustentabilidad de las plantaciones forestales.
- 5) Los resultados tienen su aplicación en el uso de los residuos como materia prima para diferentes destinos, entre ellos el bioenergético.

## PROYECTO DE INVESTIGACION APLICADA (PIA 12051)

### Extracción de residuos de cosecha forestal con fines energéticos: efectos sobre la biomasa remanente y el balance de nutrientes del sitio

Fernandez, R.<sup>1-2\*</sup>; Von Wallis, A.<sup>1-2</sup>; Pahr, N.<sup>1-2</sup>; Friedl, A.<sup>2</sup>; Martiarena<sup>1</sup>, R; Lupi, A<sup>3</sup>.

## INTRODUCCIÓN

El mantenimiento a largo plazo de la capacidad productiva del suelo es una condición necesaria para la sustentabilidad y para la competitividad del sector forestal. Las principales pérdidas de nutrientes de los sistemas forestales se producen durante las operaciones de establecimiento y cosecha de las plantaciones, mientras que las cantidades exportadas dependen del tipo de productos cosechados.

Si bien en Argentina la modalidad tradicional de cosecha implica solo la extracción del fuste, recientemente algunas empresas comenzaron a recolectar también parte de los restos de la copa con destino a bioenergía, para lo cual, luego del volteo retiran el árbol entero.

La utilización de los residuos no maderables de las plantaciones hace necesario analizar el impacto de la cosecha de estas fracciones en la economía nutricional del sistema forestal. De hecho, la transformación de algunas fuentes de biomasa, como los residuos de cosecha, en formas de bioenergía, es tema de discusión a nivel internacional. Uno de los aspectos en debate se focaliza en el análisis de los impactos positivos y negativos del uso de la bioenergía. Entre los últimos, se mencionan la pérdida de materia orgánica, de nutrientes, la erosión, y la compactación. Además, dado que la intensificación en el uso de la tierra puede activar procesos de degradación de suelos, cabe preguntarse si el ingreso económico generado compensa los costos ocultos -de reposición de nutrientes, de materia orgánica, de la condición física- y, eventualmente, en qué plazos.

En atención a estas consideraciones, el objetivo de este trabajo fue evaluar la biomasa de residuos, y el contenido de nitrógeno, fósforo y potasio, remanentes en los restos de la tala rasa de *Pinus taeda*, bajo dos modalidades de cosecha: Fuste entero y Árbol entero. Si bien la metodología se replicó en tres sitios del NO de Misiones, atento a que los resultados alcanzados presentan tendencias similares, por razones de espacio y claridad, se presentan solo los correspondientes a uno de ellos.

## MATERIALES Y MÉTODOS

La experiencia tuvo lugar al NO de la provincia de Misiones, Argentina, a los 26°00'08" S y los 54°38'54" O en una propiedad de la empresa PINDO SA. El suelo del sitio del muestreo pertenece al gran grupo kandudult, el cual es rojo, arcilloso, bien drenado, libre de fragmentos gruesos, y con profundidad efectiva superior a los 2 metros. El relieve es suave ondulado.

La operación de cosecha se llevó a cabo en dos lotes de dos hectáreas cada uno, localizados en un área homogénea dentro de un rodal de *P. taeda* de 20 años, representativo en cuanto a manejo y producción. Previa a la aplicación de los tratamientos, en cada lote se establecieron tres parcelas de 600 m<sup>2</sup> a efectos del

1. EEA Montecarlo (INTA);

2. Facultad de Ciencias Forestales (UNaM); 3. Centro Investigaciones en Recursos Naturales (INTA)

\* Autor de contacto:  
fernandez.roberto@inta.gob.ar



inventario forestal, y del muestreo del sotobosque, piso forestal y suelo, con el objeto de evaluar el contenido de nutrientes en los tres últimos estratos.

Los tratamientos evaluados fueron dos modalidades de cosecha: **Árbol Entero (AE)** que comprende **a)** Apeo; **b)** Extracción del árbol completo hasta cancha de acopio; **c)** Desrame y troceado del fuste; **d)**, Carga y transporte; y **Fuste Entero (FE)**: que consiste en **a)** Apeo; **b)** Desrame y despunte del fuste en el sitio del apeo; **c)** Extracción del fuste comercial hasta cancha de acopio; **d)** Troceado del fuste **d)** Carga y transporte.

Los residuos de cosecha se estimaron mediante un muestreo sistemático con arranque aleatorio. Se establecieron 15 parcelas de 100 m<sup>2</sup>, en cada tratamiento. El muestreo dentro de cada parcela se realizó en forma sistemática mediante la instalación de 10 sub-parcelas de 0,5 m<sup>2</sup>. El material recolectado en cada sub-parcela se dividió en cinco categorías: **1.** Ramas de diámetro superior a 5 cm; **2.** Ramas entre 1 y 5 cm de diámetro; **3.** Ramas con diámetro menor a 1 cm; **4.** Acículas y **5.** Conos. El material se pesó en campo y se conformaron muestras compuestas por categoría del material recogido en las sub-parcelas. Se extrajeron alícuotas que, luego de pesarse en húmedo, fueron llevadas a estufa hasta peso constante. Las mismas fueron procesadas y enviadas al laboratorio para la determinación de nitrógeno, fósforo y potasio.

Como técnica de análisis estadístico, se utilizó la comparación de las dos poblaciones a través de sus medias muestrales. Para probar las hipótesis se empleó la Prueba de “t” a los niveles de significación de 95 y 99 %.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los valores de contenido de nitrógeno, fósforo y potasio en suelo hasta los 60 cm de profundidad, correspondientes a las seis parcelas de muestreo, se presentan en la Tabla 1.

**TABLA 1**

N total	P total	P disponible	K total	K intercambiable
Kg. ha <sup>-1</sup>				
7596	2979	7,9	6332	320

**Tabla 1.** Contenido de nutrientes en suelo hasta los 60 cm de profundidad.

El total de la biomasa y del contenido de nutrientes en los estratos herbáceo, arbustivo y piso forestal, estimados mediante el muestreo pre-cosecha de seis parcelas, se muestran en la Tabla 2.

**TABLA 2**

Biomasa	N	P	K
Mg. ha <sup>-1</sup>	Kg. ha <sup>-1</sup>		
20,4	130	10,7	70

**Tabla 2.** Biomasa y contenido de nutrientes en estratos herbáceo, arbustivo y piso forestal, de un rodal de *Pinus taeda* de 20 años.

El total de la biomasa y del contenido de nitrógeno, fósforo y potasio remanentes en el sitio para cada modalidad de cosecha, estimados mediante el muestreo de las quince parcelas de fuste entero y las quince de árbol entero, se presentan en la Tabla 3. Puede observarse que la biomasa de residuos recolectada para fines energéticos fue de 25,2 Mg.ha<sup>-1</sup>, y que su extracción del sitio significó la pérdida de 118, 7,6 y 34 Kg.ha<sup>-1</sup> de nitrógeno, fósforo y potasio, respectivamente.

**Tabla 3.** Biomasa y contenido de nitrógeno, fósforo y potasio en residuos remanentes de la cosecha fuste entero y árbol entero. Rodal de *Pinus taeda* de 20 años.

TABLA 3				
	Biomasa	N	P	K
	Mg. ha <sup>-1</sup>	Kg. ha <sup>-1</sup>		
Fuste entero	74,0	424	27,8	119
Árbol entero	48,8	306	20,2	85
Diferencia	25,2	118	7,6	34

El análisis discriminado por categoría de residuo, permitió apreciar que FE presentó mayor biomasa remanente en todas las fracciones evaluadas. Las mayores diferencias se presentaron en las categorías “Ramas > 5cm” y “Ramas 1-5cm”, de las cuales AE extrajo el 78 y el 39 % del total correspondiente a FE. Respecto de las demás categorías, la extracción adicional que representó AE osciló, en los tres casos, en el 17% de la biomasa correspondiente de FE. Estos resultados pueden deberse a que, en AE, el arrastre haya provocado el quiebre de las copas y que, consecuencia de este proceso, fueran las fracciones pequeñas –“ramas<1cm”, acículas y conos-, las que permanecieron en mayor proporción en el sitio.

Se destaca que la extracción de fósforo debido al tratamiento AE, estimada en 7,6 Kg.ha<sup>-1</sup>, resultó equivalente al contenido de fósforo disponible en el suelo (Tabla 1). Merece también mencionarse que una parte significativa del contenido remanente de los tres nutrientes en los residuos de cosecha corresponde a los tejidos de la biomasa del sotobosque + piso forestal preexistentes en el sitio, estimados en 130, 10,7 y 70 Kg.ha<sup>-1</sup> de nitrógeno, fósforo y potasio, respectivamente (Tabla 2).

El análisis estadístico detectó diferencias significativas en los contenidos remanentes de los tres nutrientes estudiados, cuando comparadas ambas modalidades de cosecha.

Por su lado, el costo de reposición de los nutrientes adicionalmente exportados como consecuencia de la cosecha AE, utilizando urea, superfosfato triple de calcio y cloruro de potasio, resultó en 3.627 \$.ha<sup>-1</sup>, correspondiendo 2.619, 441 y 806 \$.ha<sup>-1</sup>, a N, P y K respectivamente. Estos valores están subestimados desde que se ha asumido una eficiencia del 100%, o sea no se han descontado eventuales pérdidas por lixiviación, volatilización, fijación ni escorrentía.

## CONCLUSIONES.

La cosecha de residuos de tala rasa para fines energéticos, de un rodal de *Pinus taeda* de 20 años representó la extracción de 25,2 Mg.ha<sup>-1</sup> de la biomasa remanente, correspondiendo mayormente a las fracciones de mayor tamaño.

Al contrastar ambos sistemas de cosecha, fuste entero y árbol entero, mediante análisis estadístico, se detectaron diferencias significativas en el contenido de nitrógeno, fósforo y potasio presentes en los residuos, siempre menores en la modalidad árbol entero. La extracción de restos de cosecha para fines energéticos representó la pérdida de 118; 7,6 y 34 Kg.ha<sup>-1</sup> de nitrógeno, fósforo y potasio, respectivamente. El costo de reposición de los nutrientes adicionalmente exportados como consecuencia de la cosecha árbol entero, utilizando fertilizantes y considerando una eficiencia de aplicación del 100%, resultó en 3.627 \$.ha<sup>-1</sup>.

## PROYECTO DE INVESTIGACION APLICADA (PIA 12052)

### Desarrollo de herramientas para la gestión sustentable de madera de calidad de *Pinus taeda* y *Eucalyptus grandis* en las planicies arenosas de la provincia de Corrientes

Caniza, F. J.<sup>1</sup> y Aparicio, J. L.<sup>1</sup>

## INTRODUCCIÓN

En la actualidad la Argentina cuenta con un poco más de 1,2 millones de hectáreas de bosques implantados, principalmente con los géneros de *Pinus* y *Eucalyptus*. En la región mesopotámica se concentra la mayor superficie de forestaciones con especies de rápido crecimiento, entre ellas se destacan el *Pinus taeda*, *P. elliotii*, pino híbrido (*P. elliotii* x *P. caribaea* var. hondurensis) y *Eucalyptus grandis*. Cabe destacar que los bosques de cultivo son los principales abastecedores de rollizos de la foresto-industria nacional. En los últimos años las lomas y planicies arenosas del Centro-Sudoeste de la provincia de Corrientes de aproximadamente 2 millones de hectáreas (la cual representa el 40% de la superficie con aptitud forestal de la provincia), fueron ocupadas por forestaciones, aserraderos y carpinterías. Se estima que en estos suelos existen alrededor de 100 mil hectáreas de bosques implantados, con un 70% de *Pinus* sp. y un 30% de *Eucalyptus grandis* (ELIZONDO, 2009).

En la gestión de los bosques puede haber tres horizontes de planificación, corto, mediano y largo plazo. Para las evaluaciones de corto plazo se requiere información del estado actual del bosque, en tanto que, la planificación de mediano y largo plazo requieren de proyecciones de crecimiento y producción, incluyendo las calidades de rollizos a obtener y la anticipación de las principales propiedades físicas, mecánicas y tecnológicas de los productos de una determinada especie bajo determinados esquemas de manejo silvícola<sup>1</sup>. Con el presente trabajo se realizaron muestreos destructivos “multipropósito”, que permitieron objetivar: **i)** evaluar el efecto de los esquemas silvícolas sobre los grados de calidad de rollizos a obtener, de calidad de madera aserrada y las principales propiedades de la madera para uso sólido; **ii)** generar herramientas para tomas de decisiones más precisas en el manejo forestal y la producción de madera de los bosques de la ecorregión: como son los modelos de calidad de sitio, forma y volumen de *Pinus taeda* y *Eucalyptus grandis*. Los productos a obtener en la presente propuesta están directamente relacionados con otros PIAs en la Mesopotamia y servirán de insumo a la nueva Plataforma de Gestión Forestal NEA (Nueva Versión del Simulador Forestal del INTA), que en su versión futura, contemplaría también las planicies arenosas de Corrientes.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Funciones de Sitio

La base de datos de *Eucalyptus grandis* contó con información proveniente de ensayos, parcelas de mediciones temporarias y permanentes establecidas en las planicies arenosas de Corrientes desde Loreto hasta Esquina. Los datos fueron aportados por el INTA EEA Bella Vista, Forestal Palomares, Pino Guazú, Pindapoy, Las Tape-ritas, Cooperativa de Electrificación Rural de Bella Vista y Zeni y Cía. S.A. La base

<sup>1</sup> Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria - EEA Bella Vista. Colonia 3 de abril, Corrientes. Argentina. caniza.federico@inta.gob.ar. Sección *Eucalyptus grandis*

<sup>1</sup> Entendiendo a los esquemas de manejo silvícola, tanto de poda y raleo, como: la oportunidad + la intensidad + la edad de inicio.

general de datos contó de 339 observaciones de pares Hdom-Edad, de las cuales 186 correspondientes a las zonas de “arenas amarillas” (fajas de suelos hidromórficos) y 153 a las zonas de “arenas rojizas” (fajas de suelos más profundos sin limitantes de napas de agua), ver Tablas 1 y 2.

Para determinar si se estaba ante la presencia de zonas productivas homogéneas o no, se utilizó el modelo de Schumacher que describe la evolución promedio de Hdom en relación a la inversa de la edad para comparar diferencias entre pendientes e interceptos, recurriéndose al análisis de covarianza mediante el método de Snedecor (Schneider, 1998).

**Tabla 1.** Valores máximos, mínimos y promedios de las variables de estado de la base de datos de *Eucalyptus grandis* en las “arenas amarillas” de la provincia de Corrientes.

**TABLA 1**

	DAP(cm)	Hdom(m)	H(m)	E(años)
Mínimo	3,02	4,38	3,77	1
Máximo	36,66	35,50	33,78	14,6
Promedio	18,12	20,87	20,09	6,9

**Tabla 2.** Valores máximos, mínimos y promedios de las variables de estado de la base de datos de *Eucalyptus grandis* en las “arenas rojizas” de la provincia de Corrientes.

**TABLA 2**

	DAP(cm)	Hdom(m)	H(m)	E(años)
Mínimo	13,20	7,57	16,21	2
Máximo	39,13	51,65	41,55	31
Promedio	24,60	26,36	28,60	9,2

A partir de los pares de datos Hdom – edad, se utilizó el método de curva guía (Prodan et al., 1997). Se ajustaron diferentes 14 modelos que explican apropiadamente el proceso biológico de crecimiento y de mayor aplicación (Alder, 1980; Prodan et al., 1997; Friedl et al., 1997; Andermatten y Letourneau, 1998 y Crechi et al., 2011). Para la estimación de los parámetros se utilizaron técnicas de regresión no lineal empleando el paquete estadístico SAS 9.3 (SAS, 2015). El criterio de evaluación de desempeño de los modelos fueron el error estándar de estimación (Syx), error estándar de estimación porcentual (Syx%); error cuadrático medio (ECM) y el análisis de distribución de residuos, también se consideró el reflejo de aspectos biológicos del crecimiento de las masas. Con los mejores modelos seleccionados se procedió a la estimación de índices de sitio generando una familia de curvas anamórficas.

### Funciones de volumen total con y sin corteza

Se desarrollaron funciones de volumen total con y sin corteza para *E. grandis*. En la actualidad, se cuenta con una base de datos general de 398 árboles de cubitados rigurosamente, de los cuales 305 árboles provienen de arenas rojizas y 93 de arenas amarillas, estos árboles se encuentran distribuidos en edades de 10; 11,1; 14; 15,5 y 23 años (Tabla 3). Debido a la falta de edades jóvenes y el bajo número de observaciones en arenas amarillas, se ajustó una función general para ambas arenas hasta alcanzar un “n” satisfactorio por zona y edad. Se ajustaron 10 funciones mediante regresión lineal múltiple. A los criterios de evaluación de los modelos de las Funciones de sitio, se le incorporo la calidad de ajuste mediante la comparación de los estadísticos R<sup>2</sup>aj (coeficiente de determinación ajustado) y se determinó el Error promedio (m<sup>3</sup>) y relativo (%).

**TABLA 3**

Variable	DAP(cm)	Hdom(m)	H(m)	E(años)
Mínimo	15,10	13,55	13,55	10
Máximo	47,95	39,80	39,80	23
Promedio	26,57	28,65	28,65	14,74

**Tabla 3.** Valores máximos, mínimos y promedios de las variables de estado de la base de datos de *Eucalyptus grandis* en las “arenas amarillas” de la provincia de Corrientes.

**Propiedades de la madera**

Considerando el muestreo destructivo para la cubicación, se seleccionaron en los tratamientos/rodales escogidos una muestra para determinación de las principales propiedades de la madera, tomándose unos 12 del espectro dimétrico (clases bajas, intermedias y superiores). Se determinó las tensiones de crecimiento considerando también su estado de competencia individual dentro del rodal, clasificándose como árboles con Competencia Simétrica (CS) y árboles con Competencia Asimétrica (CA). Estas tensiones que existen naturalmente en los árboles producto de su crecimiento se evalúan mediante las rajaduras en las caras de los rollos utilizando la metodología del equipo de la EEA Bella Vista. Estas rajaduras, son particularmente en el *E. grandis* un defecto que influye directamente en el rendimiento de tablas y en intensidades alta, pueden limitar la comercialización de rollos o postes. Para evaluar las rajaduras se utilizó el Índice de Rajado de Lima (2000), el mismo consiste en una relación entre la sumatoria de las áreas ocupadas por las rajaduras y el área total de la sección transversal que contiene a esas rajaduras. Los parámetros constitutivos del IR se realizaron mediante el análisis de imágenes digitales utilizando el software SIARCS®.

$$IR = \frac{\sum_{i=1}^n (A_i * L_i)}{\frac{\pi * D^2}{4}} * 100$$

Donde: IR: índice de rajado (%); Ai: abertura máxima (cm) de la rajadura i (i=1,...,n); Li: largo (cm) de la rajadura i (i=1,...,n); D: diámetro medio de la sección transversal (cm) que contiene las rajaduras y n: número de rajaduras encontradas en la sección transversal

De los extremos de los rollos muestreados se tomaron rodajas de madera para determinar la Densidad Básica y cuantificar la proporción albura/duramen, en el laboratorio de calidad de la madera de la EEA Bella Vista.

**RESULTADOS**

Mediante el análisis de covarianza (método de Snedecor) de las zonas de arenas se determinó la existencia de diferencias significativas entre pendientes

$$\left[ F(1)(335)_{GI} = \frac{2854,6650}{16,75} = 170,41 \right] \text{ y los niveles, } \left[ F(1)(336)_{GI} = \frac{209,99}{25,20} = 8,33 \right]$$

así como también las regresiones individuales y grupales para los modelos lineales ajustados para estimar la Hdom en función de la inversa de la edad (Hdom=bo+b1\*(1/E)), apreciadas en la Tabla 4 y Figura 1. Debido a los crecimientos diferenciados obtenidos en las zonas de arenas amarillas vs rojizas, surgió la necesidad de funciones de sitio para cada una de ellas.

**TABLA 4**

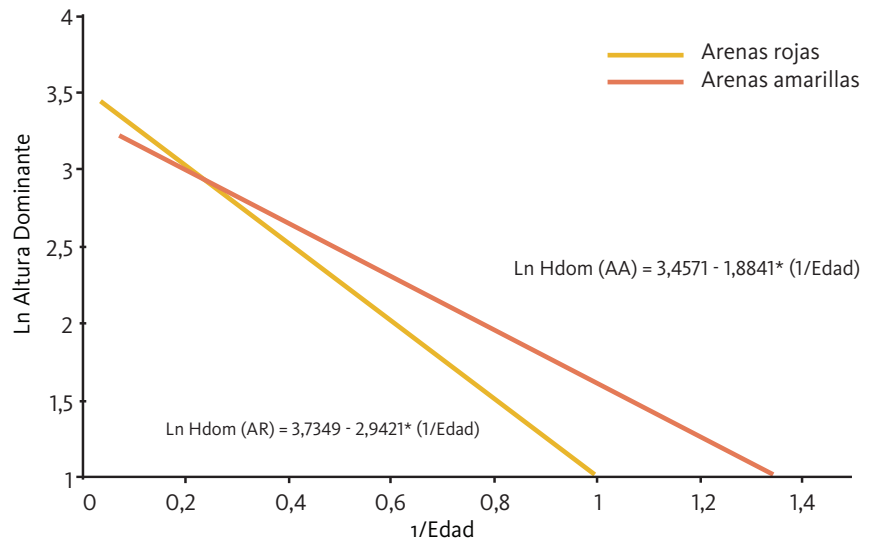
	GL	SC	CM
Agrupados	335	5612,00	16,7519717
Diferencia	2	3064,65	1532,32666
Total	337	8676,56	

**Tabla 4.** Análisis de la diferencia entre la regresión individual y agrupadas.

Se obtiene que:

$$F(2)(3.35)Gl = \frac{1532,34}{16,75} = 91,47$$

**FIGURA 1.**



**Figura 1.** Estimación de la Hdom estimada a partir de la inversa de la edad (1/Edad) de *Eucalyptus grandis* para las zonas con arenas amarillas (AA) y rojizas (AR) en las planicies arenosas de Corrientes.

Se preseleccionaron los tres modelos de menor ECM y Syx% Moisev I, Gompertz modif y Chapman – Richards, y por presentar adicionalmente una destacable superioridad en la distribución de residuales. En coincidencia con el trabajo de Crechi et al (2011), luego de evaluar el desempeño de los modelos se optó por el de Chapman – Richard, debido a que la diferencia con los otros modelos no fueron significativas y tomando en consideración el comportamiento de los mismos en cuanto a criterios biológicos. El ECM del modelo seleccionado fue de 2,25 en AA y de 6,37 en AR.

La expresión matemática del modelo de altura dominante seleccionado para las arenas amarillas y rojizas fueron las siguientes:

$$(AA) \text{ Hdom} = 39,1166 * (1 - \exp(-0,1189 * E))^{0,8428} \text{ (Chapman - Richard)}$$

$$(AR) \text{ Hdom} = 51,0876 * (1 - \exp(-0,0608 * E))^{0,6673} \text{ (Chapman - Richard)}$$

Para estimar Alturas dominantes a diferentes edades para un índice de sitio determinado se reemplazaron los términos y se reordeno el modelo seleccionado, tomándose como edad base 15 años, siendo:

$$\text{Hdom} = IS * ((1 - \exp(b1 * E))^{b2} / (1 - \exp(b1 * Ei))^{b2})$$

$$(AA) \text{ Hdom} = IS * ((1 - \exp(-0,1189 * E))^{0,8428} / (1 - \exp(-0,1189 * Ei))^{0,8428})$$

$$(AR) \text{ Hdom} = IS * ((1 - \exp(-0,0608 * E))^{0,6673} / (1 - \exp(-0,0608 * Ei))^{0,6673})$$

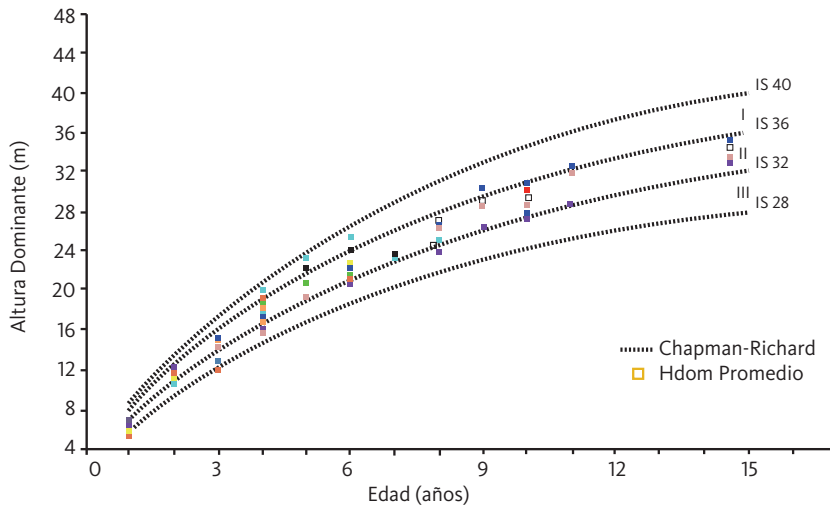
Donde: IS: Índice de Sitio; Ei: Edad Índice o Edad base

Basados en la amplitud de datos a la edad índice y por medio de las funciones de sitio se desarrollaron curvas sitios anamórficas (Alder, 1980). Se estableció una amplitud entre curvas de 4 metros, definiendo tres calidades de sitios o clases de sitios para las arenas amarillas y cuatro calidades o clases de sitio para las arenas rojizas (**Figura 2** y **Figura 3**), alta (I), media (II), baja (III) y muy baja (IV). De acuerdo a la ecuación precedente, reordenando los términos, se puede obtener cualquier IS disponiendo de los datos de Hdom y edad de la parcela.

$$(AA) IS = \text{Hdom} * ((1 - \exp(-0,1189 * Ei))^{0,8428} / (1 - \exp(-0,1189 * E))^{0,8428})$$

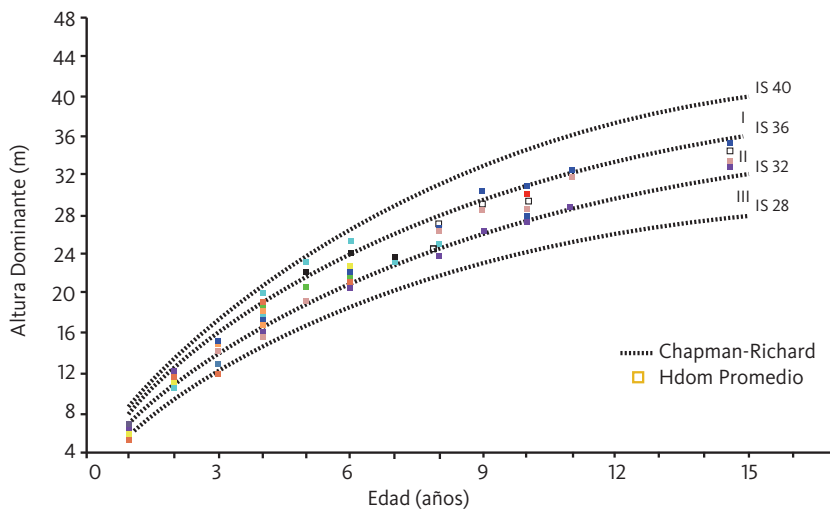
$$(AR) IS = \text{Hdom} * ((1 - \exp(-0,0608 * Ei))^{0,6673} / (1 - \exp(-0,0608 * E))^{0,6673})$$

**FIGURA 2.**



**Figura 2.** Curvas de índice de sitio ajustadas a través del modelo de Chapman-Richard y tendencia de las alturas dominantes promedio observadas en las parcelas permanentes de la zona de arenas amarillas.

**FIGURA 3.**



**Figura 3.** Curvas de índice de sitios ajustadas a través del modelo de Chapman-Richard y tendencia de las alturas dominantes promedio observadas en las parcelas permanentes de la zona de rojizas amarillas.

Asimismo, para ambas zonas se observaron ajustes aceptables en edades tempranas (1 a 5 años), aunque se debe mencionar que el comportamiento en altura den las primeras edades suelen ser erráticos, según Crechi et al (2011) se ven afectadas por la calidad del plantín, vigorosidad con que llega al lugar de plantación y los cuidados posteriores a su plantación. A esto último se puede agregar la fertilización o no de la plantación.

**Funciones de volúmen total con y sin corteza**

Se seleccionó el modelo *Schumacher Hall* para un “primera función general” en las planicies arenosas de la provincia de Corrientes.

**TABLA 5**

$R^2$ adj	$S_{xy} / [S_{xy} (\%)]$	ECM
0,9359	0,1524 / 14,969	0,0216

$\ln(VTcc) = (-8,5516 + 1,7931 \cdot \ln(DAP) + 0,7727 \cdot \ln(HT))$   
 El error promedio (m<sup>3</sup>) de la función en la validación fue de 0,01324.

Dónde:  $R^2$  adj: Coeficiente de determinación ajustado.  $S_{xy}$ : Error estándar de la estimación absoluto y relativo. ECM: Error cuadrático medio.

Dónde:  $R^2$  adj: Coeficiente de determinación ajustado.  $S_{xy}$ : Error estándar de la estimación absoluto y relativo. ECM: Error cuadrático medio.

**TABLA 6**

$R^2$ adj	$S_{xy} / [S_{xy} (\%)]$	ECM
0,9441	0,1435 / 15,725	0,0197

$$\ln(VTsc) = (-8,5808 + 1,7101 \cdot \ln(DAP) + 0,8546 \cdot \ln(HT))$$

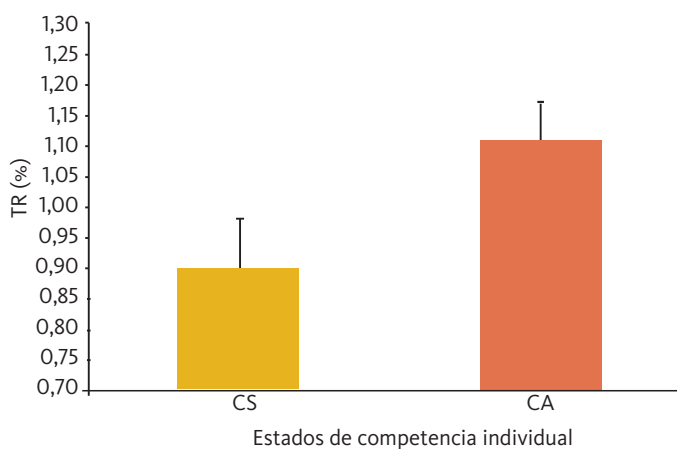
El error promedio ( $m^3$ ) de la función en la validación fue de 0,01428.

### Propiedades de la Madera

Las tensiones de crecimiento se ven principalmente afectadas por las situaciones de competencia dentro del rodal, se obtiene mayores o menores rajaduras en las caras de los rollos si los mismos provienen de árboles con CA o CS (**Figura 4**), asimismo se advierte que la intensidad de esas rajaduras a lo largo del fuste también son afectadas por el estado de competencia (**Figura 5**), aunque el patrón de las distribuciones podrían ser gobernadas por el material genético (Caniza, 2010).

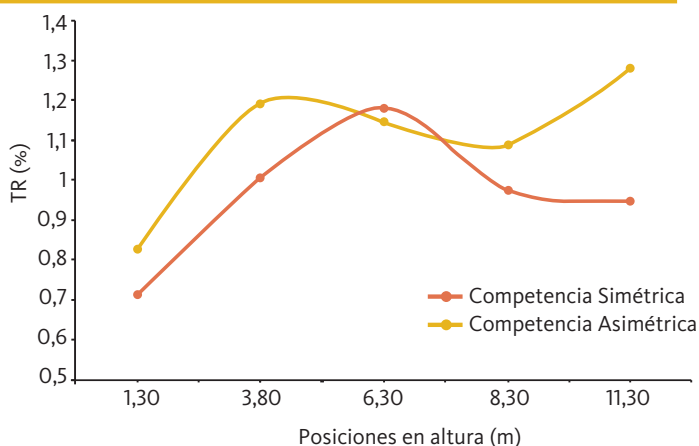
**Figura 4.** Índice de rajado promedio según estados de competencia individual en rodales de *Eucalyptus grandis*. Donde: CS y CA son los estados de Competencia Simétrica o Asimétrica.

**FIGURA 4.**



**Figura 5.** Índice de rajado promedio según estados de competencia individual a diferentes alturas del fuste de *Eucalyptus grandis*.

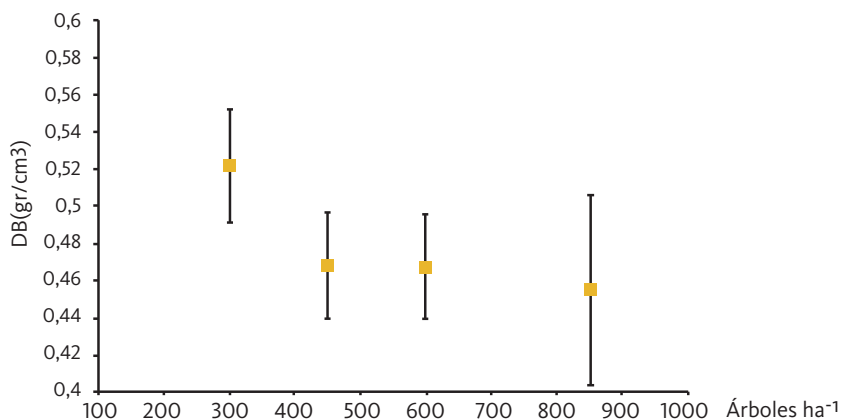
**FIGURA 5.**



Al evaluar la densidad básica de la madera se registró un aumento gradual de 3,5% a 5%, con el aumento de la intensidad de raleo o aumento del espacio vital (**Figura 6**). Esta densidad de la madera también tiende a aumentar casi linealmente con la posición axial en el tronco, independientemente de los tratamientos de raleo que se le apliquen al rodal. Sin embargo se advirtió que la variación radial de la densidad es afectada por el estado de competencia individual (CS o CA), así se encontraron que árboles procedentes de rodales raleados y con CS tienen menor variación radial que los árboles con CA.



**FIGURA 6.**



**Figura 6.** Densidad básica de la madera (gr/cm<sup>3</sup>) promedio de árboles muestras provenientes de rodales con diferentes cantidades de plantas por hectárea.

La proporción de albura/duramen aumenta con el estado de competencia, posición sociológica en el rodal, la edad y la intensidad del raleo. La proporción del duramen oscila entre un 56% Y 64% en arboles co-dominantes y dominantes.

## DISCUSIÓN

En el ajuste de funciones de sitio, la estabilidad del modelo Chapman-Richard queda comprobada al comparar datos medios de altura dominante observada en series de mediciones de parcelas permanentes a lo largo de las curvas que expresan las clases de sitio. Según Clutter et al. (1983) la altura dominante media permanece en la misma clase de sitio durante toda la vida del rodal, esto puede corroborarse en los ajustes realizados. Sin embargo, se debe continuar ampliando la base de datos con ensayos y seguimientos de PMP para robustecer las funciones de sitio y volumen antes de ser incorporadas al simulador forestal. Las funciones de volumen seleccionado (Schumacher Hall) presento para el volumen total con y sin corteza errores aceptables, de 1,3 % y 1,5% respectivamente.

De manera general, los árboles con CA muestran una tendencia a tener mayores tensiones de crecimiento y una mayor relación albura-duramen, en relación a los árboles que crecen con CS. Estos caracteres presentan variaciones significativas con las alturas del fuste y, la diferencias en el patrón de distribución, la uniformidad y la magnitud de éstos, permiten inferir que a través de la selección de árboles y mediante una correcta ejecución del régimen de raleo adoptado, es posible la adición de valor en la madera, mediante el crecimiento y control/reducción de las rajaduras en las caras de los rollos (2,5% a 5%), adicionalmente se podría aumentar la DB hasta un 5%.

## CONCLUSIONES

Es imperioso poder continuar con la instalación de ensayos que permitan llevar como tratamientos diferentes densidades de rodal y el seguimiento de las parcelas de medición permanente para robustecer la base de datos.

Es posible favorecer o deteriorar hasta cierto punto las principales propiedades de la madera, los esquemas de raleos que permitan distribuir homogéneamente los árboles en el rodal y eviten situaciones de competencia por micro espacios (claros) entre árboles vecinos, producirán rollos con menores rajados, menor variación radial de la densidad y una menor proporción albura/duramen.

## PROYECTO DE INVESTIGACION APLICADA (PIA 12065)

### Productividad de plantaciones de *Eucalyptus* en el sur de Entre Ríos: Contribución del componente genético y de prácticas silviculturales de vivero y de implantación durante el establecimiento

Guarnaschelli, A. B.<sup>1\*</sup>, Lupi, A. M.<sup>2</sup>, Garau, A. M.<sup>1</sup>, Pathauer, P.<sup>3</sup>, Caccia, F. D.<sup>1</sup> y E. Craig<sup>4</sup>

## INTRODUCCIÓN

Las plantaciones de *Eucalyptus grandis*, concentradas mayormente en la región Mesopotámica, revisten una notable importancia en Argentina debido a su elevada productividad y calidad de madera, apta para variados usos industriales. Para lograr altos rendimientos *E. grandis* posee elevados requerimientos hídricos y térmicos pero muestra sensibilidad a heladas. Es exigente en fertilidad, textura y profundidad del suelo. Las limitaciones ambientales reducen la productividad de esta especie y a menudo debe ser reemplazada por otras más tolerantes. La generación de clones mejorados de *E. grandis* y de híbridos interespecíficos representa una alternativa a esta problemática, pudiendo generar plantaciones más productivas en áreas marginales.

Frente a una demanda creciente de estos recursos forestales en el país se plantea la necesidad de expandir el área de plantaciones. En el S de Entre Ríos existen tierras disponibles, principalmente sobre suelos arenosos. Más allá de sus ventajas comparativas (cercanía a plantas industriales y a centros urbanos de consumo e inferior cotización de las tierras), esta región presenta mayores limitaciones para el crecimiento de *E. grandis* debido a sus particulares condiciones climáticas y edáficas (existe mayor riesgo de heladas y los suelos tienen menor retención hídrica y fertilidad).

Para hacer más factible el desarrollo de la actividad forestal y aumentar la productividad de las plantaciones en el S de la Mesopotamia se requiere ampliar la información disponible sobre aspectos ecofisiológicos y de crecimiento de los nuevos materiales genéticos, como así también conocer el efecto de prácticas de vivero sobre las plantas y la aplicación de prácticas a campo. Por tales motivos el propósito de este proyecto fue aportar propuestas para optimizar el establecimiento de plantaciones de *Eucalyptus*, evaluando el comportamiento de nuevos materiales genéticos, aplicando prácticas de vivero y prácticas a campo, a fin de aumentar la productividad y atenuar el efecto de las condiciones de estrés, en sitios de suelos arenosos del S de la provincia de Entre Ríos.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El proyecto incluyó experimentos de vivero, experimentos de plantación controlada, realizados en la FAUBA y experimentos de campo en El Potrero de San Lorenzo S. A., Gualeguaychú, E. Ríos.

Experimentos de aclimatación en vivero: Se trabajó con plantas de dos clones de *E. grandis* (EG-INTA-36, EG-INTA-157), dos clones híbridos de *E. grandis* x *Eucalyptus camaldulensis* (GC8 y GC5) y plantas de semilla de *Eucalyptus dunnii*. Las plantas producidas en bandejas plásticas, sobre sustrato de perlita, vermiculita y turba, fueron sometidas durante 35-40 días a dos regímenes hídricos (Control -C- 2-3 riegos dia-

1. Cátedra de Dasonomía, FAUBA,

2. Instituto de Suelos INTA,

3. Instituto Recursos Biológicos (IRB) INTA

4. Cátedra de Dasonomía, UNLU.

\*Email: guarnasc@agro.uba.ar

rios y Estrés -E- un riego diario) y a un régimen de fertilización que incluyó 3 niveles de K (K1 -150 ppm-, K2 -250 ppm- y K3 -350 ppm-), para incrementar la aclimatación a las condiciones de sequía y heladas. Se evaluó altura y diámetro a nivel del cuello. Se midió potencial agua ( $\psi_a$ ) (bomba de presión PMS 600), conductancia estomática (gs) (porómetro Licor Li-1600). El potencial osmótico ( $\psi_{\pi 100}$ ) y el módulo de elasticidad ( $\xi_{max}$ ) se calcularon por curvas de presión/volumen; la conductividad hidráulica específica (Ks) se midió en porciones de tallos.

Experimento de plantación bajo condiciones controladas: Se seleccionaron plantas de *E. grandis* EG-INTA-36 y *E. dunnii*, sometidas a dos tratamientos de vivero CK1 y EK2. Se plantaron en macetas de 10 l con tierra orgánica como sustrato y se sometieron a dos regímenes hídricos: riego diario (C) y ciclos de sequía (E) de duración creciente, desde octubre a diciembre de 2014. El experimento resultó una combinación factorial de 2 materiales genéticos, 2 niveles de aclimatación en vivero y 2 regímenes hídricos post-plantación, sumando 80 plantas. Se realizaron evaluaciones semejantes a las descriptas precedentemente.

Experimento de plantación y fertilización a campo: Se instaló sobre un suelo Entisol. Los materiales genéticos fueron clones *E. grandis*: EG-INTA-36 y EG-INTA-157 y plantas de semilla de *E. dunnii* y dos tratamientos de vivero (CK1 y EK2) de cada material. Se plantó manualmente en marzo de 2014; el distanciamiento fue 4 m x 2 m (1250 pl ha<sup>-1</sup>). Se controlaron malezas y hormigas y se fertilizó. La dosis de N y P, elegida por antecedentes previos, fue 120 g pl<sup>-1</sup> de fosfato diamónico -FDA-; las dosis de K, definidas de igual modo, fueron 0, 82 y 164 g pl<sup>-1</sup> de cloruro de potasio -KCl- (Tratamientos de FDA-KCl: T<sub>1</sub>: 0-0, T<sub>2</sub>: 120-0, T<sub>3</sub>: 120-82, T<sub>4</sub>: 120-164). La mitad de la dosis del fertilizante se aplicó a la plantación y otra en octubre de 2014. El experimento fue un factorial de 3 materiales genéticos x 2 tratamientos de vivero y 4 niveles de fertilización, dispuesto en bloques completos al azar con 4 repeticiones. Las unidades experimentales de 25 plantas, se rodearon de bordura simple. Se midió el crecimiento y la supervivencia en abril, agosto, octubre y diciembre de 2014 y mayo de 2015; la altura se midió con cinta métrica y clinómetro; el diámetro a la altura del cuello con calibre. El comportamiento frente a heladas se evaluó en agosto de 2014 a través de presencia de antocianas en follaje (1: color verde, 2: color verde rojizo, 3: rojo), tejidos dañados/secos (1: 0%, 2: 5-20% y 3: 20-100%), abscisión foliar (1: 0%, 2: 5-20% y 3: 20-100%).

Análisis de datos: se realizaron análisis de variancia multifactorial considerando los efectos de material genético, nivel de disponibilidad hídrica en vivero y/o post-plantación, nivel de K en vivero y/o fertilización a campo, según experimento. Se realizaron algunas transformaciones y se utilizó el test de Tukey. Los datos se analizaron con SAS.

## RESULTADOS

La aclimatación en vivero generó cambios en la morfología y fisiología de los clones híbridos. La sequía redujo las dimensiones de las plantas, la cuáles podrían resultar beneficiadas en condiciones de estrés. El nivel de K sólo modificó algunas características fisiológicas. Entre clones híbridos, el GC8 presentó mayor altura y diámetro (Tabla 1). La interacción material genético x riego para la biomasa de tallo, mostró descenso significativo entre plantas C y E en el GC8 ( $4,6 \pm 0,18$  vs.  $3,32 \pm 0,20$ g), sin modificación en el GC5 ( $2,09 \pm 0,12$  vs.  $1,49 \pm 0,11$ g). La restricción hídrica redujo el  $\psi_{\pi 100}$  (0,12 MPa), como así también el K (K2: 0,12 MPa y K3: de 0,16 MPa). El  $\xi_{max}$  solo varió entre híbridos; GC5 presentó mayor valor (Tabla 1). Los cambios en

las variables hídricas aumentan la tolerancia a la sequía. Paralelamente las plantas redujeron la gs (datos no mostrados).

La restricción hídrica en vivero redujo el tamaño de los clones de *E. grandis* y las plantas de *E. dunnii*. Asimismo se encontraron diferencias entre materiales, *E. dunnii* presentó mayores dimensiones. El  $\psi_{100}$  se redujo por el agregado de K (K3: 0,08MPa) y la restricción hídrica aumentó el  $\xi_{max}$  (Tabla 1). La medición de gs y el  $\psi_a$  cuando todas las plantas no habían sido regadas, mostró que las del nivel K3 presentaron mayor  $\psi_a$  que las restantes, es decir, el K mejoró el estado hídrico bajo estrés. Paralelamente *E. grandis* EG-INTA-36 ( $-1,09 \pm 0,03$  MPa) y EG-INTA-157 ( $-1,05 \pm 0,03$  MPa) presentaron mayor  $\psi_a$  que *E. dunnii* ( $-1,15 \pm 0,03$  MPa). La gs fue mayor en el clon EG-INTA-157 y en las plantas C.

**TABLA 1**

		Clones Híbridos				Clones de <i>E. grandis</i> y Plantas de <i>E. dunnii</i>				
MG		Altura (cm)	Diám. (mm)	$\psi_{100}$ (MPa)	$\xi_{max}$ (MPa)	MG	Altura (cm)	Diám. (mm)	$\psi_{100}$ (MPa)	$\xi_{max}$ (MPa)
GC8		80,4 ± 1,6a	6,06 ± 0,1a	-1,50 ± 0,02a	19,1 ± 1,09b	<i>E. dunnii</i>	57,4 ± 2,50a	4,44 ± 0,12a	-1,48 ± 0,02b	
GC5		52,9 ± 1,3b	4,92 ± 5,9b	-1,62 ± 0,03b	22,3 ± 1,32b	EG36	26,9 ± 1,02b	3,57 ± 0,14b	-1,51 ± 0,03b	
	EG157					29,5 ± 1,27b	3,54 ± 0,13b	-1,23 ± 0,02b		
RH	C	72,7 ± 1,9a	5,78 ± 0,1a	-1,51 ± 0,05a			42,8 ± 2,98a	4,06 ± 0,13a		16,3 ± 1,00b
	E	60,6 ± 1,0b	5,19 ± 4,1b	-1,61 ± 0,02b			34,3 ± 2,69a	3,63 ± 0,11a		18,4 ± 0,86a
	K1			-1,47 ± 0,04a					-1,36 ± 0,02a	
	K2			-1,59 ± 0,04b					-1,37 ± 0,02a	
	K3			-1,63 ± 0,04c					-1,44 ± 0,02b	

**Tabla 1:** Características de la plantas de *Eucalyptus* luego de la aclimatación en vivero.

Valores prom. ± un error estándar. MG: Material genético. B: biomasa. RH: régimen hídrico post-plantación. C: Control, E: estrés. Letras distintas son diferencias significativas.

En la primera evaluación del experimento de plantación bajo condiciones se presentaron menores valores de  $\psi_a$  en las plantas E ( $-2,03 \pm 0,06$  MPa) que en las C ( $-1,67 \pm 0,4$  MPa); *E. dunnii* mostró valores fueron más bajos ( $-1,96 \pm 0,06$  MPa) que *E. grandis* EG-INTA-36 ( $-1,76 \pm 0,07$  MPa). La gs fue mayor en *E. grandis* ( $304 \pm 32$  mmol m<sup>-1</sup> s<sup>-1</sup>) que en *E. dunnii* ( $238,9 \pm 28,33$  mmol m<sup>-1</sup> s<sup>-1</sup>). En la segunda evaluación el  $\psi_a$  descendió de acuerdo a los tratamientos de vivero y post-plantación y hubo efecto favorable del nivel K2 aplicado en vivero. En esa ocasión la gs de las plantas E ( $252 \pm 11,6$  mmol m<sup>-1</sup> s<sup>-1</sup>) fue menor que en las plantas C ( $150,8 \pm 12$  mmol m<sup>-1</sup> s<sup>-1</sup>). La sequía generó ajuste osmótico en ambas especies de 0,22 MPa. Además el  $\psi_{100}$  de *E. dunnii* ( $-1,39 \pm 0,04$  MPa) fue menor que *E. grandis* ( $-1,27 \pm 0,023$  MPa). Se produjo reducción de  $\xi_{max}$  de 2,6 MPa. En *E. grandis* se observó menor  $\xi_{max}$  ( $11,82 \pm 0,68$  MPa) que en *E. dunnii* ( $13,52 \pm 0,82$  MPa). Ambos mecanismos aumentan la tolerancia a la sequía y facilitan la absorción de agua a menores contenidos hídricos del suelo. No obstante se observó un descenso en la Ks de las plantas E ( $0,55 \pm 0,05$  Kg m<sup>-1</sup> s<sup>-1</sup>MPa<sup>-1</sup>) respecto de plantas C ( $0,81 \pm 0,07$  Kg m<sup>-1</sup> s<sup>-1</sup>MPa<sup>-1</sup>). Al final del período de evaluación *E. dunnii* presentó mayor altura y diámetro ( $62,1 \pm 1,8$  cm y  $6,8 \pm 0,2$  mm) que EG-INTA-36 ( $36,5 \pm 0,9$  cm y  $5,9 \pm 0,1$  mm) y también se observaron diferencias entre las plantas C ( $52,6 \pm 2,4$  cm y  $6,4 \pm 0,2$  mm), que superaron a las E ( $46,4 \pm 0,1$  cm y  $6,3 \pm 0,1$  mm). Un hubo efecto del de K de vivero.

En el experimento de fertilización a campo el porcentaje de fallas fue 17%. Las plantas de *E. dunnii* presentaron a lo largo de todo el período de evaluación mayor altura y diámetro. Entre clones de *E. grandis*; el EG-INTA-36 presentó en general mayores dimensiones (Tabla 2). El tratamiento de vivero solo fue significativo en las dos fechas de medición, observándose plantas aclimatadas más pequeñas. A partir de la segunda fecha de medición el agregado de N y P aumentó las dimensiones de las plantas, y si bien las plantas que además recibieron K (T3 y T4) fueron ligeramente más grandes, no superaron significativamente a las que solo recibieron N y P (T2) (Tabla 2).

**Tabla 2:** Altura y diámetro de plantas fertilizadas a campo según factores.

Valores promedio  $\pm$  un error estándar. A: plantas aclimatadas. NoA: plantas no aclimatadas. Letras distintas son diferencias significativas.

**TABLA 2**

Material genético	28/04/2014		28/08/2014		15/10/2014		18/12/2014	
	Altura (cm)	Diám. (mm)	Altura (cm)	Diám. (mm)	Altura (cm)	Diám. (mm)	Altura (cm)	Diám. (mm)
EG-INTA-36	19,2 $\pm$ 0,3b	2,87 $\pm$ 0,04a	37,2 $\pm$ 0,9b	6,69 $\pm$ 0,20b	49,4 $\pm$ 2,0b	9,13 $\pm$ 0,40b	112,1 $\pm$ 6,4b	20,7 $\pm$ 1,26b
EG-INTA-157	18,0 $\pm$ 0,4c	3,14 $\pm$ 0,06a	25,5 $\pm$ 0,7c	6,38 $\pm$ 0,20b	38,2 $\pm$ 3,5c	8,38 $\pm$ 0,52c	88,0 $\pm$ 8,0c	19,1 $\pm$ 1,40b
<i>E. dunnii</i>	29,3 $\pm$ 0,6a	2,97 $\pm$ 0,07ab	52,1 $\pm$ 1,5a	8,80 $\pm$ 0,18a	71,8 $\pm$ 3,3a	11,2 $\pm$ 0,49a	146,2 $\pm$ 7,7a	24,3 $\pm$ 1,33a
A	21,2 $\pm$ 0,8a	2,93 $\pm$ 0,05a	36,0 $\pm$ 1,8					
NoA	22,7 $\pm$ 0,4b	3,06 $\pm$ 0,03b	37,6 $\pm$ 1,9					
T <sub>1</sub> :FDA <sub>0</sub> K <sub>0</sub>	21,3 $\pm$ 1,2ab	2,88 $\pm$ 0,07	31,6 $\pm$ 1,8b	6,10 $\pm$ 0,16b	46,2 $\pm$ 3,0b	6,44 $\pm$ 0,42b	97,9 $\pm$ 6,5b	18,5 $\pm$ 1,00b
T <sub>2</sub> :FDA <sub>120</sub> K <sub>0</sub>	20,3 $\pm$ 1,2b	2,97 $\pm$ 0,06	36,9 $\pm$ 1,4a	7,12 $\pm$ 0,15ab	52,5 $\pm$ 3,4ab	9,52 $\pm$ 0,43a	117,6 $\pm$ 6,8a	21,3 $\pm$ 1,11ab
T <sub>3</sub> :FDA <sub>120</sub> K <sub>82</sub>	22,4 $\pm$ 2,2a	3,07 $\pm$ 0,06	38,6 $\pm$ 2,7a	7,41 $\pm$ 0,16a	55,6 $\pm$ 3,5a	10,3 $\pm$ 0,43a	120,9 $\pm$ 6,7a	22,0 $\pm$ 1,00a
T <sub>4</sub> :FDA <sub>120</sub> K <sub>164</sub>	22,9 $\pm$ 1,3a	3,05 $\pm$ 0,06	40,4 $\pm$ 2,7a	7,67 $\pm$ 0,15a	57,8 $\pm$ 3,4a	10,2 $\pm$ 0,52a	126,4 $\pm$ 7,7a	23,0 $\pm$ 1,39b

En Mayo de 2015 *E. dunnii* superó nuevamente en diámetro y altura (57,9  $\pm$  1,4 mm y 337,5  $\pm$  7,3 cm) a los clones EG-INTA-36 (46,6  $\pm$  1,5 mm y 290,6  $\pm$  9,7 cm) y EG-INTA-157 (48,2  $\pm$  1,3 mm y 257,5  $\pm$  8,1 cm). Y los T2 (51,7  $\pm$  1,9 mm y 299  $\pm$  11 cm), T3 (53,3  $\pm$  1,5 mm y 307  $\pm$  10 cm) y T4 (53  $\pm$  2,1 mm y 301  $\pm$  12 cm) superaron al T1 (46  $\pm$  1,7 mm y 272  $\pm$  11 cm). La evaluación daños por heladas (que fueron de baja intensidad en el 2014) mostró mayor intensidad daño de tejidos y senescencia foliar en el clon EG-INTA-157. El clon de EG-INTA-36 presentó mayores niveles de antocianas, indicativos de mayor defensa frente a fotoinhibición por bajas temperaturas, como ocurrió en *E. dunnii* (Tabla 3).

**Tabla 3:** Evaluación del efecto de heladas en el experimento de fertilización en agosto de 2014.

Valores promedio  $\pm$  un error estándar. A: plantas aclimatadas. NoA: plantas no aclimatadas. Letras distintas son diferencias significativas.

**TABLA 3**

Material genético	Antocianas	Daños tejidos	Senescencia y caída de hojas
<i>E. grandis</i> EG-36-INTA	2,55 $\pm$ 0,014a	1,82 $\pm$ 0,05b	1,33 $\pm$ 0,05ab
<i>E. grandis</i> EG-157-INTA	2,20 $\pm$ 0,3b	2,12 $\pm$ 0,06a	1,49 $\pm$ 0,07a
<i>E. dunnii</i>	2,44 $\pm$ 0,03a	1,89 $\pm$ 0,05b	1,31 $\pm$ 0,05b
A	2,44 $\pm$ 0,03a		
NoA	2,38 $\pm$ 0,03b		

## DISCUSIÓN

Los materiales genéticos demostraron diferentes respuestas a la aplicación de prácticas de aclimatación en vivero, presentaron diferencias en crecimiento a campo y respuestas al estrés. Las prácticas de vivero modificaron diferencialmente las características y el comportamiento de las plantas. La restricción de riegos y el agregado de K en vivero aumentaron la tolerancia al estrés de las plantas. Pero se sugiere adecuar estas prácticas a cada material y continuar las experiencias a fin de ajustarlas. La fertilización a campo incrementó el crecimiento de las plantas y se presentaron además diferencias entre materiales genéticos, observándose mayores altura y diámetro en E. dunii. El crecimiento a campo aumentó con el agregado de N y P, y si bien las dimensiones de las plantas fueron mayores con el agregado de K, los análisis estadísticos no indicaron diferencias significativamente con las que solo recibieron N y P. Las heladas durante el invierno 2014 fueron de baja intensidad y solo ocasionaron daños moderados sobre las plantas, los cuales se asociaron con el material genético, como fuera observado en otros estudios, y bajo estas condiciones no se observaron efectos derivados de los tratamientos de vivero aplicados y la fertilización a campo.

## CONCLUSIONES

Los resultados representan un aporte inicial al conocimiento del comportamiento de nuevos materiales genéticos de *Eucalyptus* en la región particular de la Mesopotámica (S de Entre Ríos) y la influencia de prácticas de vivero y de fertilización durante el establecimiento. Es necesario sin embargo generar nuevos experimentos para ajustar los tratamientos de vivero acorde a cada material genético, evaluar su comportamiento bajo diferentes condiciones de estrés ambiental y asimismo ajustar las prácticas de fertilización a campo para así sugerir las más adecuadas en términos productivos y económicos. Finalmente a fin de lograr una más acertada caracterización de los materiales y las prácticas aplicadas se requieren nuevas evaluaciones de las plantas bajo condiciones de estrés a campo más severas a las ocurridas durante el desarrollo de este proyecto.

## PROYECTO DE INVESTIGACION APLICADA (PIA 12075)

### Respuestas del crecimiento de un nuevo clon de sauce para madera de uso sólido a condiciones de anegamiento, control de malezas y densidad de plantación en el delta del Paraná

Cerrillo, T.<sup>(1)</sup>, Caccia, F. D.<sup>(2)</sup>, Garau, A. M.<sup>(2)</sup>, Fernandez Tschieder, E.<sup>(1)</sup> y Guarnaschelli, A. B.<sup>(2)</sup>

#### EL CONTEXTO, EL PROBLEMA Y LA PROPUESTA

Las forestaciones con álamos, *Populus spp.*, y sauces, *Salix spp.*, constituyen una de las principales actividades productivas en el humedal Delta del Paraná. Se estima que aproximadamente 80% de la superficie forestada con Salicáceas en la región corresponde a sauces y el 20% a álamos. Ello se debe a la excelente adaptación de clones del género *Salix* a los sitios bajos con exceso de humedad, imperantes en el territorio. A través del manejo en turnos cortos de aprovechamiento, el sauce aporta el mayor volumen de materia prima forestal de la región, que es consumido casi exclusivamente por las industrias del “triturado” (papel para diarios y de tableros de partículas). No obstante, es una madera apta también para “uso sólido”, con características físico mecánicas semejantes al álamo, con un potencial de aplicación de mayor calidad que el actual. En los últimos años hay una tendencia creciente de la demanda de madera de sauce para el aserrado y la elaboración de productos sólidos, que proviene principalmente de medianos y pequeños aserraderos, algunos de ellos ubicados dentro de las islas del Delta del Paraná. Sin embargo, la oferta para afrontar este escenario es muy limitada, no existiendo una masa crítica de plantaciones con la calidad que exigen estos usos. Ello se debe en parte a la limitada disponibilidad de clones adecuados, pero también a la falta de información silvícola para la producción de madera para usos sólidos. Frente a esta realidad, recientemente el Programa de Mejoramiento de Sauces del INTA ha desarrollado e inscripto en el Registro Nacional de Cultivares del INASE seis nuevos sauces, seleccionados sobre la base de criterios de selección, que comprenden el crecimiento, la adaptación, la sanidad, la forma del árbol y la aptitud para las industrias del papel y del aserrado, con miras a su adopción para la producción de madera de sauce con fines sólidos. Pero para ello, complementariamente, es necesario que los nuevos materiales mejorados vayan acompañados por la generación de conocimiento sobre técnicas silviculturales adecuadas de manejo.

Con el objetivo de comenzar a generar información silvícola, se consideró en la propuesta uno de los nuevos clones mejorados: ‘Lezama INTA-CIEF’ (*Salix matsudana* x *Salix nigra*) y se inició un proceso de investigación y experimentación adaptativa a través de la instalación de tres ensayos que abordaron, cada uno, tres ejes de trabajo: densidad de plantación, control de malezas y tolerancia al anegamiento bajo condiciones controladas.

Al mismo tiempo, el PIA tuvo como objetivo la conformación de una red interdisciplinaria e interinstitucional para el estudio de la temática.

1. EEA Delta del Paraná INTA, Campana,

2. Cátedra de Dasonomía, Departamento de Producción Vegetal, Facultad de Agronomía, Universidad de Buenos Aires. cerrillo.teresa@inta.gov.ar

## MÉTODO EXPERIMENTAL Y RESULTADOS

### Ensayo de densidad de plantación:

En 2012, en un sitio bajo con frecuente ingreso de agua, se instaló un experimento con diseño en bloques completos al azar, con 3 repeticiones, plantándose estacas (0,80 m de longitud) del clon 'Lezama INTA-CIEF'. Se estudiaron tres densidades de plantación: 400 plantas/hectárea (densidad baja), 625 plantas/hectárea (densidad media) y 1429 plantas/hectárea (densidad alta). Luego de dos años, se observó el efecto de la densidad de plantación en la ocupación del sitio, cuantificada como área basal. Como era esperable, la mayor área basal se manifestó en el tratamiento de mayor densidad inicial de plantación. Sin embargo, aún no se detectó un efecto de los tratamientos sobre el diámetro de las plantas. Esta ausencia de efectos puede deberse a la falta de competencia intraespecífica a esta edad. Cabe destacar que este es un ensayo que posibilitará evaluar en el mediano-largo plazo y hasta el turno de corta, los efectos de la densidad inicial de plantación sobre el crecimiento y productividad del clon 'Lezama INTA-CIEF'. Estas evaluaciones serán relevantes para adoptar las prácticas de manejo silvicultural más adecuadas para los fines propuestos

### Ensayos de control de malezas

Se instalaron dos experimentos: uno a campo, para evaluar el nivel de tolerancia a la competencia interespecífica con malezas durante el período de establecimiento, y otro de tipo manipulativo en macetas, para evaluar el posible efecto del ambiente lumínico sobre el crecimiento. La plantación a campo se realizó en 2013 utilizando estacas (0,80 m de longitud) del clon 'Lezama INTA-CIEF', plantadas a 3.5 X 3.5 m con un diseño de proximidad considerando cada planta de sauce como unidad experimental. Se establecieron 14 repeticiones por tratamiento (distintos niveles de cercanía de malezas). Para evaluar la respuesta de las plantas de sauce a los diferentes tratamientos de control de malezas periódicamente, y hasta la finalización de la primera estación de crecimiento, se efectuaron evaluaciones de crecimiento, arquitectura de las plantas, variables ecofisiológicas y de biomasa aérea. La presencia de malezas cercanas a los sauces, y hasta 50 cm, afectó la altura en un 45% y el diámetro del brote principal en un 48%; la biomasa aérea resultó disminuida en un 80 %, siendo la reducción de la luz el principal recurso involucrado en estas respuestas. Las plantas de sauce con control de malezas en un área adyacente hasta 1 m a cada lado de los sauces alcanzaron mayor altura, diámetro, tamaño de copa y biomasa aérea; lo cual sugiere que para alcanzar altas tasas de crecimiento inicial sería suficiente controlar la vegetación en el área adyacente a las plantas de sauce, sin necesidad de efectuar un control total en todo el lote. En el ensayo manipulativo, que se llevó a cabo en 2013-2014, se plantaron en macetas (15 l) separadas, estacas de sauce (0,40 m de longitud) y plantas de sorgo (para simular el efecto malezas). Se realizaron mediciones de: crecimiento, arquitectura de las plantas, acumulación de biomasa aérea y caracterización del ambiente lumínico durante 6 meses. No se observaron diferencias con respecto al efecto de las malezas, pero sí se detectaron efectos marginales en la altura de las plantas del clon 'Lezama INTA-CIEF'. Los cambios en el ambiente lumínico en el área cercana a las plantas de sauce, parecen no haber sido suficientes para provocar modificaciones en las variables morfológicas evaluadas.



## Ensayo de evaluación de tolerancia al anegamiento (experimento manipulativo)

Consistió en la simulación de regímenes de anegamiento, manipulando la presencia y la permanencia de agua en macetas. Se evaluaron variables de crecimiento, respuestas fisiológicas funcionales (conductancia estomática y potencial agua) y caracterización de raíces bajo el pelo de agua. Los resultados indican que el nuevo clon 'Lezama INTA-CIEF' presenta buena tolerancia al anegamiento sobre la base de las respuestas favorables de crecimiento, morfológicas y funcionales. Esta respuesta de alta tolerancia al exceso hídrico del clon en el experimento manipulativo es consistente con lo evaluado en ensayos a campo, luego de ocurrido un evento crítico de inundación prolongada (2009 – 2010) y significan un aporte valioso para generar criterios y métodos de para la selección temprana de atributos de tolerancia a anegamiento.

## IMPACTOS

Los resultados del PIA han permitido generar información para aportar a la caracterización del nuevo sauce 'Lezama INTA-CIEF' y poder elaborar las primeras pautas silviculturales para el manejo de plantaciones de este sauce con destino a la producción de madera de calidad para uso sólido. Concretamente, se ha generado información sobre la respuesta de situaciones críticas de anegamiento, a la competencia por malezas y está comenzando a brindar las primeras respuestas a la densidad de plantación.

Según los resultados, el clon 'Lezama INTA-CIEF' resulta:

- Sensible a la competencia por malezas, cuyo control más eficiente fue el aplicado en un área aproximada de 1 m alrededor de la planta.
- Tolerante al anegamiento, sobre la base de las respuestas favorables de crecimiento morfológicas y funcionales.

El ensayo de densidad de plantación constituye una fuente de información a mediano y largo plazo que permitirá generar las primeras pautas silviculturales y de planificación para el manejo de plantaciones con este clon, con información sobre las relaciones densidad, producción y tipo de producto a cosechar.

## PROYECTO DE INVESTIGACION APLICADA (PIA 12084)

### Extracción forestal de bajo impacto en primer raleo comercial de pino en Patagonia: tractor con cabestrante versus tractor con barra ranurada combinado con un sulky manual

Pantaenius P. M.<sup>1</sup> y González M. A.<sup>2</sup>

## INTRODUCCIÓN

En la Patagonia Andina se cuenta con una superficie forestada de 96.500 ha de plantaciones de pinos (UCAR – MAGyP 2014). La especie forestal dominante es el *Pinus ponderosa* y su producción anual podrá reemplazar paulatinamente la demanda suplida por los bosques nativos y pinos provenientes mayormente de la provincia de Misiones destinadas a la construcción de viviendas, principalmente por ahorros de flete a favor de la madera local. Se estima que durante los próximos 5 años, en las provincias de Neuquén, Río Negro y Chubut, sobre 5.300 ha/año en los rodales con edades entre 10 y 40 años, será necesario realizar un primer raleo tardío de mejora y una primera poda baja hasta 2 metros para prevención de incendios y para mejorar la calidad maderable de los arboles remanentes (CFI-FUNDFEAEP 2007, Loguercio y Jovanovski et al. 2008). De dichas intervenciones se obtendrá madera de baja dimensión y calidad. En muchos lugares, la extracción más probable de dicha madera, será llevada a cabo de acuerdo al uso de bueyes o al uso de tractores agrícolas. La tradición de extraer madera por medio de bueyes va en franco decaimiento por problemas en la transferencia generacional de los conocimientos de padres a hijos, por el bajo rendimiento que tienen los bueyes para este primer raleo y por la cada vez más fácil accesibilidad de tractores por medio de créditos prendarios; está claro que el origen histórico del trabajo con yunta de bueyes en la Patagonia proviene de la extracción de rollos de especies nativas de alto valor individual y de gran dimensión. El empleo actual del tractor agrícola en el medio forestal desde 1995 hace uso, entre otros, del cabestrante como implemento para la saca teniéndose cierta experiencia en el uso del mismo. Si bien presenta buenos rendimientos se considera que tiene un alto costo de extracción por el alto valor de adquisición del cabestrante. En consecuencia se buscan nuevas alternativas a partir del uso del tractor que permitan ahorrar el costo del cabestrante a cambio de una combinación más económica para arrimar fustes a la vía de saca. Revisando la literatura se observa que existieron en el pasado en los países europeos pequeños arcos de madera manuales (sulky manual) de los cuales se podría rescatar en especial uno de 4 ruedas que pareciera adaptarse perfectamente a los requerimientos buscados, para lo cual sería necesario construir alguno de ellos y someterlo a pruebas reales en el terreno para corroborar su utilidad en las situaciones donde el terreno lo permite. El empleo del tractor con una barra ranurada combinado con un sulky manual promete ser una herramienta económica y de bajo impacto para la extracción de la madera en rollo, pero se desconocen a la fecha sus costos y rendimientos. El objetivo principal del presente PIA es comparar dos sistemas de extracción de madera en rollo: tractor con cabestrante vs tractor con barra ranurada combinado con sulky manual, poniendo en evidencia las diferencias en el costo y rendimiento de ambos sistemas en el primer raleo comercial de plantaciones de pino en Patagonia.

1. Ingeniero Forestal - Centro de Investigación y Extensión Forestal Andino Patagónico – Ruta 259 Km 16,24. Esquel. CP 9200. Chubut. ppantaenius@ciefap.org.ar

2. Ingeniero Forestal, Profesional independiente, Esquel. CP 9200. Chubut. marcosgon80@yahoo.com.ar

## MATERIALES Y MÉTODOS

El ensayo se instaló en una de las plantaciones de pino de la Asociación de Fomento Rural Manzano Amargo de la provincia de Neuquén. Se seleccionó un rodal homogéneo de pino ponderosa, con una edad que oscila entre 15 y 20 años en condiciones de ser raleado y sin raleo previo con un volumen esperado de extracción de entre 50 y 80 m<sup>3</sup>/ha. Se buscó que el mismo sea representativo de las condiciones de los rodales predominantes en la zona, para que los resultados sean extrapolables, además de presentar pendientes suaves entre 0 a 10%, sin afloramientos rocosos o zanjas. La ubicación precisa del ensayo se corresponde con las siguientes coordenadas geográficas 36°38'40.52"S - 70°47'49.85"O y se encuentra situado a 1410 m.s.n.m.

Se seleccionaron dos cuadros contiguos dentro del rodal. En el cuadro 1 se aplicó la extracción de madera en rollo con el uso del tractor con cabrestante y en el cuadro 2 se realizó lo mismo pero utilizando el tractor con barra ranurada combinado con el sulky manual. Previo a las tareas de extracción se realizaron tareas de limpieza y acondicionamiento de los cuadros para que las condiciones de los tratamientos sean homogéneas, también se realizaron las tareas de apeo dirigido y desrame de los árboles apeados con el mismo personal. Estas tareas se realizaron en septiembre de 2014.

En la tabla 1 se puede apreciar los trabajos realizados en cada tratamiento. En ambos sistemas se emplearon los mismos operarios: 1 tractorista y 2 ayudantes.

**TABLA 1.**

### TRATAMIENTOS

Tractor con cabrestante



Tractor con barra ranurada combinado con el sulky manual



Primera etapa de extracción



Segunda etapa de extracción

**Tabla 1.** Tareas de extracción realizadas en cada tratamiento

## RESULTADOS

Los resultados de los tratamientos realizados se muestran en la tabla 2.

**TABLA 2**

TRATAMIENTOS		
	Tractor con cabrestante	Tractor con barra ranurada combinado con el sulky manual
Número de rollos extraídos	86	109
Volúmen total extraído (m <sup>3</sup> sólido)	22,98	27,36
Tiempo total empleado (minutos)	334	566
Rendimiento total (m <sup>3</sup> / h)	4,13	2,9
Costo total (\$ / m <sup>3</sup> )	423,92	257,6

**Tabla 2.** Resultados de los dos sistemas de extracción

## DISCUSIÓN

Se logró realizar la comparación de ambos sistemas de extracción de manera tal que se determinaron parámetros comparables para la toma de decisiones. En la tabla 3 se presenta a modo de discusión, una comparación cualitativa de los resultados obtenidos para cada tratamiento.

**TABLA 3**

TRATAMIENTOS		
	Tractor con cabrestante	Tractor con barra ranurada combinado con el sulky manual
Inversión (\$)	Mayor	Menor
Rendimiento (m <sup>3</sup> /h)	Mayor	Menor
Costo (\$/m <sup>3</sup> )	Mayor	Menor
Cantidad de mano de obra empleada para igual rendimiento (m <sup>3</sup> /h)	Sin limitaciones	Limitado a pendientes $\leq 10^\circ$
Terreno con pendiente		
Riesgo accidentes y roturas	Mayor	Menor
Productos grandes dimensiones	Sin limitaciones	Limitado a diámetros $\leq 35$ cm
Mantenimiento (\$)	Mayor	Menor

**Tabla 3.** Comparación cualitativa de los dos sistemas de extracción.

Se remarcó en negrita lo que se considera una ventaja. En el caso de la cantidad de mano de obra empleada puede ser que utilizar menor cantidad de empleados sea una ventaja para cierta empresa, pero también puede ser una ventaja utilizar mayor mano de obra si la empresa u asociación desea brindar mayor empleo, caso que ocurre por ejemplo en Manzano Amargo.

### **Ventajas y desventajas del tractor con barra ranurada combinado con sulky manual**

- Buenos rendimientos en terrenos medianamente planos, especialmente en situaciones de primer raleo, con diámetros hasta 35 cm en punta gruesa.
- Bajo costo de construcción del sulky manual (\$8.000) y barra ranurada (\$2500) y bajo costo de mantenimiento.
- El sulky manual puede reemplazar la carga a hombro en lugares donde se cuenta con pocos recursos económicos.
- El sistema boggie del sulky manual permite superar fácilmente obstáculos como tocones y piedras.
- Limitado para trabajar con productos mayores a 35 cm de diámetro, largos mayores a 10 metros y en terrenos de mucha pendiente.
- La utilización del sulky manual no genera grandes impactos en el suelo, ya que los rollos van suspendidos en el arco de madereo.
- El sulky requiere de la fuerza humana, lo cual para algunos trabajadores no resulta confortable.

### **Ventajas y desventajas del tractor con cabrestante**

- Muy buenos rendimientos, ya sea en situaciones de primer o segundo raleo y también en corta final.
- Puede extraer rollos de grandes dimensiones ya sea en diámetro o largo.
- No tiene limitaciones en cuanto al tamaño de los productos.
- Puede extraer productos cuesta arriba. No tiene limitaciones para trabajar en terrenos con pendiente.
- Alto costo de construcción del cabrestante (\$130.000) y mantenimiento.
- La extracción con cabrestante genera impactos de consideración en el suelo, ya que los rollos de arrastran, situación que forma surcos y remueve la materia orgánica.
- El uso del cabrestante requiere de menores esfuerzos humanos.

## **CONCLUSIONES**

La utilización del tractor con barra ranurada combinada con sulky manual, puede ser una alternativa de gran utilidad en las situaciones adecuadas, es decir en rodales que presenten diámetros de extracción menores a 35 cm en punta gruesa y donde la pendiente del terreno sea menor a 10°. En dichas situaciones el rendimiento del sulky manual es bueno y el costo es bajo comparado con el uso del cabrestante. La utilización del sulky manual es un importante generador de mano de obra y podría considerarse como muy positiva en lugares donde se priorice la generación de empleo.

## PROYECTO DE INVESTIGACION APLICADA (PIA 12086)

### Cultivo de especies forestales valiosas bajo riego en el Valle Medio del río Negro

María Marcela Godoy y Guillermo E. Defossé

A partir del año 2000, el Centro de Investigación y Extensión Forestal Andino Patagónico (CIEFAP), comenzó a desarrollar proyectos para diversificar el sector forestal en Patagonia (Godoy et al. 2007). Uno de ellos puso de manifiesto el alto potencial del Valle Medio del Río Negro para el cultivo de especies forestales que se consideran valiosas<sup>1</sup>, como *Melia azedarach*, *Fraxinus excelsior*, *Fraxinus americana*, *Eucalyptus camandulensis*, *Prunus avium*, *Prunus mahaleb* y *Pyrus communis*). La plantación de las mismas bajo riego brinda la posibilidad de diversificar el sector forestal y el agrícola-ganadero, pudiendo generar madera de calidad para múltiples usos. Además de utilizar la tierra de acuerdo a su capacidad productiva, se limitan los riesgos bióticos, abióticos y económicos. Hoy en día se debe importar madera del norte del país hacia la región patagónica para satisfacer las demandas regionales, mientras que por otro lado se considera que la oportunidad de producir y comercializar esta clase de maderas en Patagonia sería muy rentable, no sólo para satisfacer la demanda regional, sino para su exportación, ya que existen países dispuestos a comprarla en volúmenes equivalentes a un contenedor completo.

Por otro lado, la plantación de árboles con un distanciamiento amplio crea callejones en donde se pueden sembrar o plantar otros cultivos como pasturas, soja u hortalizas. Esta es una práctica creciente hoy en día en países con climas templados. Esta clase de arboricultura, la agroforestería responde a intereses productivos a largo plazo (producción de madera en predios de pequeños productores) y de corto plazo (producción de un cultivo anual), y tiene también beneficios adicionales como la utilización de los frutos de los árboles para la alimentación de animales domésticos (cerdos por ej.), en la protección de cultivos, la reducción de pérdida de nutrientes y el embellecimiento del paisaje.

El objetivo general de este proyecto es desarrollar el cultivo de especies forestales valiosas bajo riego. Se presentan aquí los principales resultados de una parcela forestal bajo riego en la localidad de Pomona y de una parcela agroforestal en el valle de Conesa, ambas ubicadas en la provincia de Río Negro.

#### Especies forestales valiosas bajo riego en Patagonia

Una de las actividades de este PIA fue el manejo y la remediación de una parcelas ya instalada bajo riego en 2008 en el vivero provincial de Pomona (Godoy y Van den Heede 2011). Se analizaron en total 9 especies con dos parcelas de cada una de estas especies. Cada parcela está formada por 49 plantas (7 x 7 plantas) distanciadas a 3 x 2 m. La superficie total ocupada fue de aproximadamente 0,5 ha. Las especies plantadas, su supervivencia y altura alcanzada se observan en la Tabla 1.

#### Crecimiento en altura

Luego de 5 años de plantadas, las especies evolucionaron en altura según la Figura 1. En esta figura no se incluyó el álamo para poder visualizar mejor las otras especies. El arce alcanzó una altura promedio de más de 200 cm en 6 años, que es un valor aceptable si se lo compara con datos de plantaciones en Alemania, en donde su altura dominante llega a 150-200 cm en 5 años.

mmgodoy@ciefap.org.ar  
CIEFAP Centro de Investigación  
y Extensión Forestal Andino  
Patagónico

<sup>1</sup> Especies de alto valor o especies de maderas valiosas: son especies arbóreas cuya madera es de alta calidad desde el punto de vista tecnológico y cotizan en el mercado mucho más que la madera de pinos y álamos.

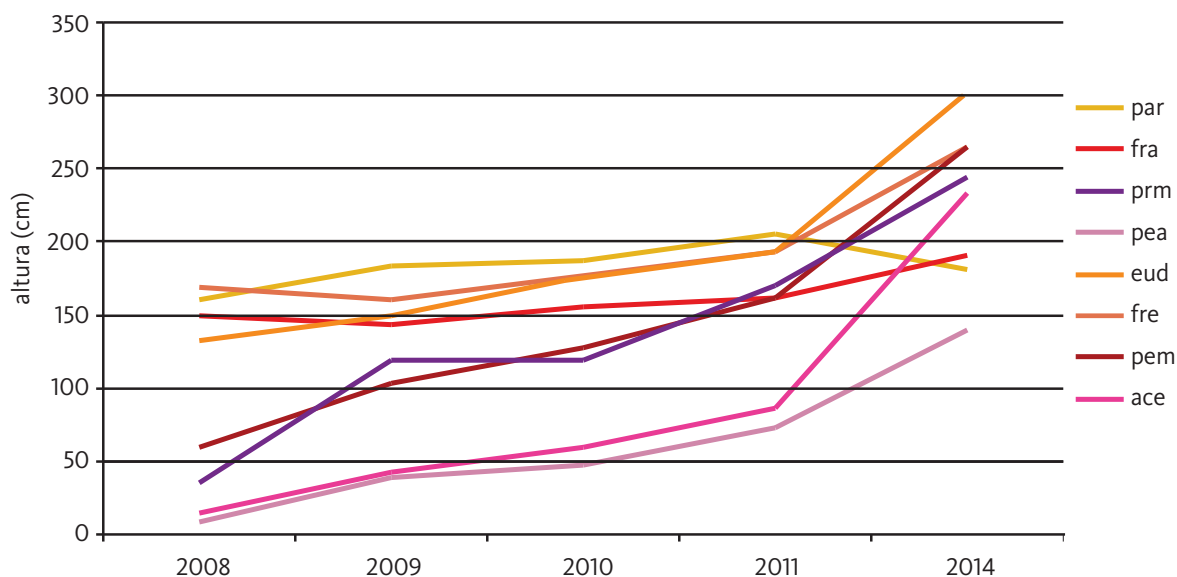
**TABLA 1**

Especie	Nombre común	Supervivencia (%)	Altura promedio* (cm)
<i>Fraxinus americana L.</i>	Fresno americano	95	191
<i>Fraxinus excelsior L.</i>	Fresno europeo	82	265
<i>Melia azedarach L.</i>	Paraíso	50	181
<i>Populus x euroamericana Cv. Conti 12 (Dode) Guinier</i>	Álamo	100	1200
<i>Pyrus communis L.</i>	Peral (procedencia Alemana)	85	140
<i>Pyrus communis L.</i>	Peral (procedencia Mendoza)	98	268
<i>Prunus mahaleb L.</i>	Cerezo	87	244
<i>Acer pseudoplatanus L.</i>	Arce	70	233
<i>Eucalyptus camandulensis Dehm</i>	Eucalipto	50	304

\*La altura es a los 6 años de plantación

**Tabla 1:** Especies plantadas en Pomona

**FIGURA 1.**



### Parcela agroforestal en Gral. Conesa

En este sitio se realizó la plantación de árboles a un distanciamiento de 7 x 6 m entre las variedades de nogal y a 3 x 6 m entre las otras especies de árboles (Tabla 2). El cultivo hortícola intercalar que se sembró fue *Cucurbita moschata*, comúnmente denominado zapallo anco. Para la especie hortícola, la siembra fue manual, de a dos o tres semillas por golpe, distanciados cincuenta centímetros entre golpe. Luego se fertilizó con 400 kg de NPK y se regó según requerimientos del suelo. Se le realizaron luego dos controles mecánicos de malezas y no fue necesario

**Figura 1:** Evolución de las alturas en la parcela demostrativa de Pomona, detalle de las especies sin el álamo. Referencias. par: paraíso, fra: fresno americano, prm: prunus mahaleb, pea: peral de Alemania, eud: eucalipto camandulensis, fre: fresno europeo, pem: peral de Mendoza, ace: arce





Fresno europeo en Pomona



Acer pseudoplatanus en Pomona



Peral alemán en Pomona



Fresno americano en Pomona

realizar tratamientos con insecticidas. En total esta parcela tiene una superficie de aproximadamente 2 ha. El rendimiento fue seriamente afectado por el ataque de liebres europeas, obteniéndose aproximadamente unos diez mil kilogramos de zapallo por ha. Por otro lado, los datos de supervivencia, altura y crecimiento en altura de los árboles luego del primer año de crecimiento figuran en la Tabla 2.

**TABLA 2**

Especie	Super- vivencia (%)	Altura promedio (cm)
<i>Acer pseudoplatanus L. arce</i>	89	93
<i>Juglans regia L. var. Chandler Nogal chandler</i>	83	72
<i>Juglans regia L. var. Paradox Nogal paradox</i>	82	57
<i>Fraxinus americana L. fresno</i>	79	80
<i>Sorbus torminalis L. serbal</i>	48	61
<i>Quercus robur L.* Roble europeo</i>	100	78

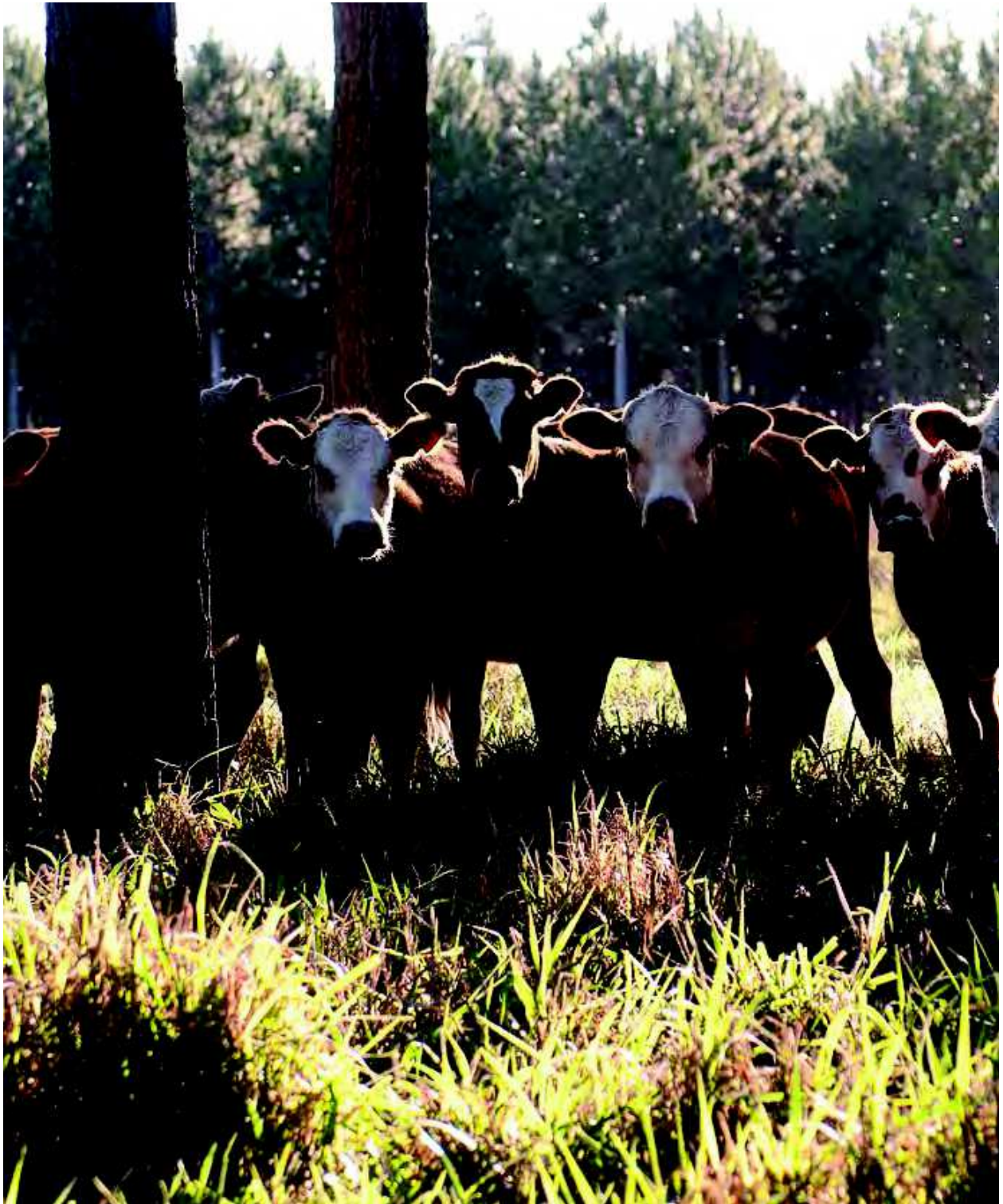
**Tabla 2:** Especies arbóreas en la parcela agroforestal

Estos resultados muestran que en los valles irrigados de la prov. de Río Negro, las especies de fresnos, perales, cerezo y arce poseen un gran potencial de cultivo para la producción de madera en pequeñas superficies. Por otro lado, y dado el relativamente largo período de tiempo que habría que esperar hasta su cosecha y comercialización, hacen que el cultivo intercalar de hortalizas como el zapallo, sea una alternativa de producción a considerar, que permite obtener ingresos en el corto plazo mientras se desarrolla la plantación de especies valiosas bajo riego.



# 5

## Sistemas silvopastoriles



### Sistemas silvopastoriles con algarrobo blanco (*Prosopis alba* Griseb) para la región Chaqueña

Adriana Gómez, María C. Sanchez, Martín Zárate, Lucio Auhad, Andrés Gonzalez

## INTRODUCCIÓN

En los últimos años, la expansión desordenada de la frontera agropecuaria ha provocado grandes áreas degradadas, fragmentación de los bosques nativos y pérdida de germoplasma vegetal de valor actual o potencial. Estas actividades antrópicas no son sustentables ni ambiental ni económicamente ya que concentran la renta y disminuyen el trabajo rural limitando el desarrollo socioeconómico de los pobladores locales.

Para controlar la habilitación de tierras para actividades agropecuarias, el gobierno nacional y provincial sancionaron y reglamentaron las leyes N° 26.331 la N° 6841 respectivamente. Pero, al mismo tiempo se priorizó la actividad ganadera en un plan estratégico de desarrollo (PROCARNE). En este escenario, la solución más viable para recuperar cobertura forestal, y a la vez que sean de utilidad para la actividad ganadera es desarrollar un paquete tecnológico silvopastoril con algarrobo, lo que sería estratégico para la región chaqueña.

La utilización de *Prosopis* para usos múltiples está ampliamente difundida especialmente en zonas áridas y semiáridas del mundo. Los sistemas silvopastoriles (SSP) con algarrobo, aportan no sólo madera, sino también oferta de frutos como forraje para el ganado y sombra lo que reduce el estrés térmico en particular de algunas razas más susceptibles. En Santiago del Estero, la superficie total forestada con algarrobo blanco con los instrumentos previstos en la ley 25.080 de Inversiones para Bosques Cultivados es de 1.700 ha. Por lo que la oportunidad de establecer plantaciones con algarrobo blanco (*Prosopis alba*) y utilizar otras ya realizadas para el uso en es una alternativa interesante, en especial para los productores ganaderos que no se especializan en la actividad forestal. De esta manera los productores pueden acceder a una renta anual proveniente de la ganadería y esperar una renta capitalizada al momento de la cosecha de madera del algarrobo. Por lo tanto el objetivo del proyecto es **Desarrollar un área demostrativa silvopastoril** que permita **probar** el uso de las plantaciones de algarrobo como una alternativa productiva para el sector ganadero, de manera tal que el sistema optimice el uso de los recursos mediante la producción conjunta de carne y madera de calidad en un marco de sustentabilidad económica, social y ambiental. **Capacitar y difundir** el sistema silvopastoril con algarrobo a productores interesados en la temática, y **fortalecer** el trabajo interdisciplinario e interinstitucional.

## CONCLUSIONES

Los módulos demostradores instalados son un espacio de generación de datos y de interacción entre investigadores y productores, estudiantes y comunidad en general. Se evidencian ventajas del sistema silvopastoril respecto al pastoril puro en las variables de suelo, napas y calidad de pastura.

Mediante la formación de recursos humanos (maestría, tesina y pasantías) se cubrieron algunos vacíos de información sobre silvicultura de algarrobo y costos asociados a la misma. Las capacitaciones generaron cuadrillas de trabajo de campo capacitadas, productores informados y estudiantes de la Escuela de la Familia Agrícola (EFA) Avellaneda con formación hacia estos sistemas. Se realizaron dos publicaciones a revistas y un trabajo escrito y disertación oral en el VIII Congreso Internacional de Sistemas Agroforestales y III Congreso Nacional de Sistemas Silvopastoriles en Iguazú, Argentina.

El fortalecimiento interinstitucional y el equipo de trabajo interdisciplinario, fueron las estrategias más robustas mediante las cuales se pudieron concretar los objetivos propuestos hasta el momento. Esto a su vez permite la continuidad del trabajo en terreno (generación de información y de capacitación).

Dos líneas futuras de investigación son: la adopción de la tecnología por parte de los productores (la que podría realizarse mediante encuestas o entrevistas supervisadas) y el efecto del sistema silvopastoril con algarrobo sobre la biodiversidad (vegetal y animal).

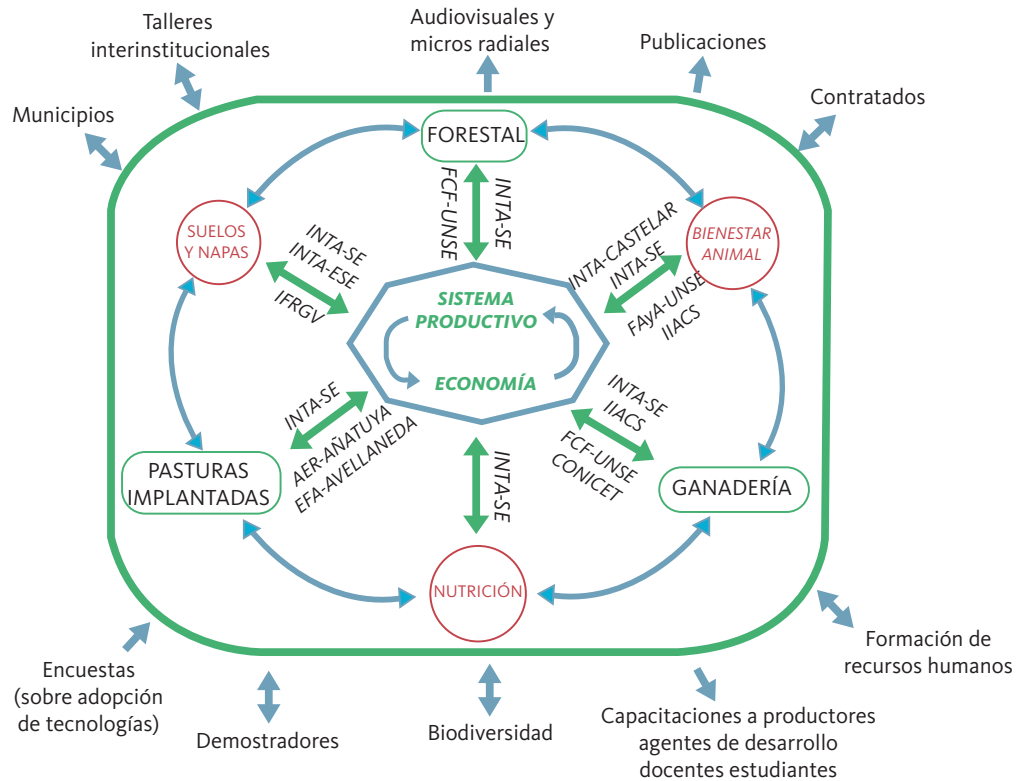
## MATERIALES Y MÉTODOS

Se trabajó con un equipo de 25 especialistas en diferentes áreas del conocimiento relacionadas con los sistemas pastoriles y silvopastoriles de instituciones de la región chaqueña. La estructura de trabajo se organizó en módulos temáticos (Sistema productivo, suelo y napas, pasturas implantadas, componente forestal, análisis económico-financiero, ganadería, extensión y comunicación). Estos módulos se desarrollaron en dos áreas demostrativas y en 5 plantaciones operativas de la región chaqueña (Fig 1).

## RESULTADOS

El siguiente link permite acceder a fotografías y más información del proyecto.  
<https://sites.google.com/site/sspalgarroboblanc/>

FIGURA 1.



**Fig 1:** Mapa de actores y alianzas sociotécnicas del módulo silvopastoril con algarrobo blanco para la región chaqueña. El sistema productivo y la componente economía (Flujo financiero) son sumideros de datos y se regulan mutuamente. Las componentes y sus relaciones generan datos que son usados por el subsistema sumidero de datos. A su vez toda la información generada y procesada se comunica a la comunidad científica mediante publicaciones o trabajos a congresos, y a la población objetivo mediante capacitaciones y micros radiofónicos.

**INTA SE** (Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria Sgo. del Estero): Ingenieros Ftales. Martín Zárate, Andrés Gonzalez, Guillermo Merletti, Nadia Salim y Adriana Gómez (coordinación). Ing. Agr. Rodolfo Renolfi, Roxana Ledesma, María Cristina Sanchez, Howard Van Meer, Lic en Geología Juan C. Tasso, Ing. Hidráulico Mabel Amarilla y Téc. en Comunicación Lucio Ahuad.

**INTA ESE** (INTA Este de Sgo. del Estero): Ingenieras Agr. Amanda Vizgarra, Liliana Clausen.

**AER Añatuya:** Ing. Agr. Ariel Tamer.

**INTA Castelar** (Laboratorio de Ingeniería Rural): Ing. en electrónica Andrés Moltoni.

**FCF-UNSE** (Facultad de Ciencias Forestales, Universidad Nacional de Sgo. del Estero): Dra. Marta Coronel de Renolfi, Dra. Sandra Bravo, Ing. Ftales. Marta Rueda, María Gracia Senilliani y Marcia Acosta.

**FayA-UNSE** (Facultad de Agronomía y Agroindustrias): Ing. Agr. Soledad Barrio.

**IIACS** (Instituto de Investigación Animal del Chaco Semiárido): Ing. Agr. Luciana Martínez Calsina, Dra. María Zimerman.

**CONICET:** Ing. Agr. José Arroquy (PhD), Lic en Ecología Carla Rueda

**IFRGV** (Instituto de Fisiología y Recursos Genéticos Vegetales): Ing. Agr. Paula Venier

**DEMOSTRADORES:** Sr. Ruben Foglia (Colonia Dora), empresa NCG Agris (Herrera)

**MUNICIPIOS:** Comisión Municipal de Herrera y Municipalidad de Colonia Dora.

**EFA Avellaneda** (Escuela de la Familia Agrícola)

**CONTRATADOS:** Ingenieros Agr. Adrián Massa y Juan M. Bonet

**PASANTES:** Ingenieros Forestales Fernando Rossi y Fany Coronel.

**DPF** (Dirección de Producción Forestal) Tec. Leandro Arce

**TABLA 1**

		OBJETIVOS	
<b>Componentes</b>	Probar las plantaciones con Algarrobo blanco para uso Silvopastoril	Capacitación, formación De recursos humanos y difusión	Fortalecimiento Interdisciplinario E interinstitucional
<b>FORESTAL</b>	El algarrobo blanco en crece más (6,8mm radial) que el algarrobo blanco en bosque nativo (1 a 4 mm radial). El raleo de algarrobo en marco de 4X4 debe realizarse antes de los 9 años. Se generaron los protocolos de medición forestal. Se armaron ensayos de raleo y de poda en los demostradores.	1 Tesina de grado 1 maestría (en curso) 2 pasantías universitarias	Se organizó un equipo de trabajo en la temática de epidometría, silvicultura y biomasa de algarrobo con docentes de la Facultad de Ciencias Forestales UNSE. Vinculación con Proyectos Nacionales y Regionales de INTA.
<b>INTERACCIÓN AGUA-SUELO-PLANTA</b>	Tendencias positivas en aspectos físico-químicos de suelo y de napa freática entre la situación inicial y la situación actual en lotes con manejo silvopastoril con algarrobo	Jornada a campo sobre suelos de sistemas silvopastoriles con algarrobo (Agosto) 3 trabajos para jornadas de suelo (en elaboración)	Interacción entre INTA Santiago del Estero, INTA Este de Santiago del Estero y el Instituto de Fisiología y Recursos Genéticos Vegetales (Córdoba). Inclusión de la temática de suelos de sistemas silvopastoriles en Proyectos Nacionales y Regionales de INTA.
<b>PASTURA</b>	La implantación de Grama Rhodes fue superior a la de Gatton Panic en especial en lotes sin cobertura de algarrobo. La producción de materia seca KG/ha de Grama Rhodes fue mayor que la de Gatton Panic y esta mayor (no significativo) que la pastura natural bajo cobertura de algarrobo.	1 pasantía universitaria (convocatoria)	Interacción entre el INTA Sgo. del Estero e INTA Este de Sgo. del Estero
<b>GANADERÍA</b>	Ramoneo bovino a los 18 meses de plantación produjo daño moderado (31%) por lo que se aconseja que los animales ingresen cuando las plantas tengan más de 2 cm de altura apical (altura de "escape del diente").	Trabajo presentado en el VIII Congreso Internacional de Sistemas Agroforestales y III Congreso Nac. Silvopastoril Collares de GPS en proceso de calibración	Interacción entre el IIACS, el INTA Castelar y el INTA Sgo. del Estero
<b>EXTENSIÓN</b>	Disertación en el VII Congreso Internacional de sistemas agroforestales y III Congreso nac. Silvopastoril Un audiovisual de difusión, y un video institucional en elaboración. Dos ciclos radiofónicos	4 Jornadas de capacitación (plantación, vivero, poda y raleo) Un taller interinstitucional 3 talleres de trabajo en equipo	Interacción entre la EFA Avellaneda, la AER Añatuya, la Municipalidad de Colonia Dora, la Comisión Municipal de Herrera
<b>ECONOMÍA</b>	Determinación de costos asociados a la silvicultura de algarrobo blanco en plantación. Determinación del ingreso proveniente de la ganadería en SSP con algarrobo blanco (en elaboración)	Dos publicaciones en revistas científicas	Equipo de trabajo de la FCF-UNSE y el INTA Sgo. del Estero
<b>SISTEMA PRODUCTIVO</b>	Determinación de la productividad primaria neta del sistema silvopastoril versus el pastoril puro (en elaboración)	Protocolos de trabajo y armado de base de datos (en elaboración)	Equipo de trabajo de la FCF-UNSE y el INTA Sgo. del Estero

**Tabla 1:** Resultados del módulo experimental y demostrativo silvopastoril con algarrobo blanco (Nov 2012 - Jul 2015).



## INTRODUCCIÓN

Pese a los esfuerzos nacionales y provinciales, los resultados obtenidos luego de 40 años de promoción de la actividad forestal en Patagonia parecen escasos. Sobre un total de 800 mil hectáreas de buena aptitud forestal (Neuquén, Río Negro y Chubut), se cuenta en la actualidad con 82 mil hectáreas forestadas. Si bien se ha podido demostrar que la actividad forestal es rentable y competitiva frente a la ganadería extensiva, se pudo alcanzar poco más del 10% del potencial de la región.

Los escasos antecedentes de investigación que evaluaron las causas por las cuales no se alcanzaron las expectativas originales, indican que la actividad forestal ocupa una posición doblemente desfavorecida. En primer lugar, debido a la ausencia de un marco de políticas sostenidas, y en segundo término, producto de plazos productivos superiores a 40 años propios de la actividad en un clima templado. El mismo estudio sugiere que la actividad forestal sería entendida e incorporada por mayor número de productores, no como alternativa productiva en sí misma, sino como complemento y mejora de la producción que el productor ya está llevando adelante.

En este marco, el desarrollo de sistemas silvopastoriles basados en plantaciones forestales de pino ponderosa (*Pinus ponderosa*) instaladas sobre pastizales naturales del ecotono estepa-bosque, podrían constituir un aporte relevante para aumentar la superficie forestada en la región. En primera instancia, debido a que compatibilizan la actividad ganadera con la forestal, incorporando el componente forestal como complemento de la ganadería extensiva. En segundo término, como consecuencia de la diversificación productiva generada, se producen ingresos anuales por venta de productos de origen animal reduciendo el tiempo de retorno de la inversión forestal.

El objetivo general del Área Demostrativa Silvopastoril Patagonia Andina fue probar y transferir al sector productivo regional la compatibilidad entre la actividad ganadera y forestal a nivel de predio bajo las condiciones ambientales y productivas propias de la región de Pre-cordillera del N.O. de la Patagonia. Se asume desarrollar la experiencia durante 8 años detallando en este informe los resultados obtenidos en los primeros 3 años.

De manera particular se trabajó sobre dos tipos de objetivos, aquellos relacionados directamente con la escala de predio y otro grupo vinculado con una escala experimental, aportando al desarrollo de nuevas tecnologías. A nivel de predio se intentó promover el descanso estratégico de las áreas de mayor productividad (mallines) y la utilización de las áreas forestadas en momentos clave como las pariciones o los periodos de mayor estrés térmico evaluando la respuesta sobre parámetros de la producción ganadera. Asimismo, se trabajó sobre la evaluación económica y financiera del sistema silvopastoril comparándolo con la producción maderera o ganadera y en el desarrollo de un grupo de indicadores de manejo sustentable de estos sistemas.

A escala experimental se pretendía: **a)** Determinar la factibilidad de implantación de especies arbóreas latifoliadas de maderas de mayor valor que el pino ponderosa, **b)** Determinar la factibilidad de instalación y la producción de especies forrajeras nativas y exóticas bajo cobertura arbórea y **c)** Determinar el efecto interactivo del diseño espacial de los árboles (homogéneo o en fajas) y los niveles de poda sobre la calidad de madera de pino ponderosa. Como consecuencia de la extensión máxima que debe tener el presente informe, se optó por presentar los resultados obtenidos solo para algunos de los objetivos a nivel de predio. En la lista bibliográfica se indican los trabajos publicados relacionados con el resto de los objetivos.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Sitio de estudio

El área demostrativa se instaló en la Ea. Los Peucos (39°38' 22" S; 71° 10' 04" O) propiedad de Bosque Andino S.A. situada próxima a la localidad de Junín de los Andes, provincia de Neuquén. Se escogió esta propiedad debido a que sobre una superficie total de 10500 ha presentaba una superficie forestada con coníferas superior a 3000 ha desarrollando simultáneamente ganadería bovina de cría y re-cría basada en la raza Hereford. Las especies principalmente implantadas son pino ponderosa y pino murrayana (*Pinus contorta*) con edades entre 1 y 13 años al momento de inicio del proyecto.

El clima es frío, con una temperatura media anual inferior a 10° C y precipitaciones que alcanzan 800 mm anuales, concentradas en otoño-invierno siendo los veranos muy secos (>150 mm). Los suelos dominantes son moderadamente profundos, de texturas franco-arenosas, con escasa materia orgánica y un moderado déficit hídrico estival. La vegetación corresponde al Distrito Subandino, caracterizado por estepas gramíneas. Predominan las estepas de coirón amargo (*Pappostipa speciosa*) en los sectores más bajos y las de coirón dulce (*Festuca pallescens*) en los más altos. Se encuentran abundantes mallines con junco (*Juncus balticus*), pasto mallín (*Poa pratensis*) y coirón dulce.

### Evaluaciones por componente

Se realizó el seguimiento de cada uno de los componentes del sistema: pastizal, animal, arbóreo, ambiental y sus interacciones bajo el manejo actual que realiza la Ea. Los Peucos.

La evaluación de cada uno de los componentes se realizó de la siguiente manera:

**1. Componente pastizal:** Caracterización de ambientes en base a imágenes satelitales y determinación de la composición y nivel de cobertura por especie en cada ambiente. Curvas de crecimiento de mallines y estepas. Cálculo de índice verde o NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) de los mallines en una serie histórica (1999-2010) de imágenes satelitales comparando los datos con valores de precipitación anual y de diferentes períodos del año. Determinación de calidad forrajera por especie y por ambiente. Cálculo de receptividad animal como cantidad máxima de equivalentes vaca (EV, vaca de cría de 380 kg) que pueden pastorear en un área sin ocasionar daños a la vegetación, al suelo y recursos relacionados.

**2. Componente animal:** Seguimiento de peso vivo y condición corporal de 100 madres al final de la veranada coincidente con el destete (abril-mayo), pre parto

(agosto-septiembre) y en el momento de salida de invernada y pre-servicio (diciembre). La condición corporal fue evaluada con una escala de 5 puntos. Estimación de porcentajes de preñez, destete y marcación. Cálculo de tasa de crecimiento de los terneros y curva de crecimiento de vaquillonas sobre una muestra aproximada de 20 terneros y 20 vaquillonas mediante el aumento de peso vivo (Kg). Análisis de composición de la dieta a partir del estudio microhistológico de heces. Control sanitario.

**3. Componente forestal:** Cálculo de la superficie de cada rodal. Evaluación de estructura de los rodales (diámetro cuadrático medio, área basal, índice de densidad de rodal, altura dominante, altura de inicio de copa) y nivel de cobertura arbórea asociado a esa estructura analizado mediante fotos hemisféricas. Estimación de incremento anual individual y por hectárea a partir del seguimiento de parcelas permanentes de 1000 m<sup>2</sup>. Predicción de producción y crecimiento y modelización de manejo del componente forestal. Estimación de daño por pisoteo o consumo animal en una muestra de rodales de edad menor a 5 años.

### **Evaluación económica del sistema silvopastoril**

Se realizó una evaluación económica y financiera ex ante, considerando las principales variables que componen los ingresos y egresos del sistema. Con respecto a los ingresos se definió y analizó la composición, el nivel de participación y la distribución en el tiempo de todos los productos y subproductos que se obtienen del sistema. El componente de egresos quedó establecido por los principales costos de producción fijos y variables, definiendo su nivel de participación y dinámica financiera en el tiempo. Los resultados obtenidos fueron comparados con la producción ganadera y forestal exclusivas bajo las prácticas habituales en la región de estudio. Se utilizaron en la comparación los parámetros económico, VAN, TIR y el periodo de recupero de la inversión. En el desarrollo se consideró una unidad productiva de 1000 ha de superficie total con 600 ha forestadas.

## **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

### **Evaluaciones por componente**

Componente pastizal: La cobertura vegetal, en base a la Guía de Condición de Pastizales Naturales de Precordillera indicó que la condición de los mallines y perimallines es REGULAR y de las estepas de REGULAR a POBRE.

Los valores de productividad de los distintos ambientes presentaron valores acordes al estado de conservación encontrado. Los mallines de la zona de veranada alcanzaron en promedio 3100 kg/MS ha, los perimallines 1280 kg/MS ha y las estepas 560 kg/MS ha. Las mismas unidades de vegetación en los ambientes de invernada produjeron, 1760, 700 y 650 kg/MS ha, respectivamente. Los niveles de cobertura arbórea actuales, en general menores al 30%, no presentaron efectos negativos sobre el nivel de producción forrajera alcanzando en promedio 700 kg/MS ha. En todos los casos, la productividad anual se vio afectada por las condiciones climáticas y especialmente por el nivel de precipitación otoño-invernal. En el análisis de la serie histórica de imágenes satelitales se observó que las precipitaciones acumuladas durante otoño e invierno (período marzo-agosto) fueron las más asociadas con el NDVI (índice verde) en el momento de máxima producción de biomasa de los mallines. Estos resultados indican que la productividad de los mallines se define, en gran parte, por las precipitaciones ocurridas en marzo-agosto anterior a la temporada de crecimiento. Esto tiene implicancias para el manejo ganadero ya que se podría



predecir el nivel de producción de los mallines y así diseñar un sistema de alerta temprana que ayude a la toma de decisiones del manejo de este componente.

La receptividad animal, influida por la productividad forrajera de cada ambiente, mostró una gran diferencia entre los potreros de veranada (6 ha/EV) respecto a los de invernada (11 ha/EV). Claramente, las mayores limitantes para la producción ganadera se presentan en la invernada.

**Componente animal:** Los pesos corporales de las vacas de cría aumentaron a una tasa promedio de 300g diarios durante las veranadas (dic-abr) y 80g diarios en la invernada (may-nov). Este grupo de animales al inicio del proyecto tenían entre 3 y 4 años de edad y un peso promedio de 355kg que luego de dos años alcanzó 472kg. Los porcentajes de preñez, parición y destete de esta clase etaria estuvieron por sobre el 90% en los tres años de estudio. Estos valores se encuentran por sobre el promedio regional que indica, en general, una pérdida de peso de los animales durante el invierno y valores reproductivos en torno al 80%.

Las vaquillonas de 2-3 años, que recibieron el primer servicio en la veranada del primer año del proyecto (2012-2013) mostraron una ganancia de peso diaria de 500g. En la invernada de 2013, a diferencia de lo ocurrido con las vacas de cría, esta clase perdió en promedio 30g diarios. La siguiente veranada (2013-2014), con ternero al pie y gestando su segunda cría, esta categoría pudo aumentar en promedio 160g diarios. El porcentaje de preñez del primer servicio realizado durante el verano fue del 100%. Sin embargo, luego del segundo servicio efectuado la veranada siguiente, el porcentaje de preñez de esta categoría bajó al 75%.

La condición corporal, fluctuó entre 2,5 y 3 durante la invernada y entre 3 y 3,5 durante la veranada. Al igual que en el peso corporal, las vaquillonas presentaron una caída de medio punto en el invierno que luego recuperaron la veranada siguiente. Las vacas de cría mantuvieron estable la condición corporal en torno a 3.

Los novillos (18 meses) con destino a venta alcanzaron 380-390kg. Este valor se encuentra muy por encima del promedio regional de 320kg.

Respecto al daño del componente animal sobre el forestal, se contabilizó un alto porcentaje de individuos afectados (45%) que estuvo explicado en mayor proporción por el consumo de acículas. El nivel de daño mostró una tendencia a incrementarse en laderas altas/medias respecto de las posiciones más bajas del paisaje, correlacionándose esto con una menor cobertura vegetal. Los resultados indican que los animales deberían ser introducidos una vez que los árboles superen al menos 0,8 m de altura. De esta forma se evitarían daños sobre los ápices, los cuales inciden directamente sobre la calidad de madera o la viabilidad del componente arbóreo.

**Componente arbóreo:** El largo de la copa viva (m/ha), que refleja con precisión la condición de manejo de cada rodal, presentó la mejor relación con la radiación que alcanza el suelo bajo cobertura. En base a algunos antecedentes (Caballé 2013), el nivel de cobertura arbórea se debería mantener próximo al 50-60% donde llega al sotobosque entre el 50 y 70% de la radiación que alcanza sitios a cielo abierto. De esta forma, se evita la competencia y se aprovechan los efectos positivos del estrato arbóreo sobre las especies del pastizal.

A partir de las relaciones encontradas, para mantener los valores de transmisividad próximos al 60%, se podría recomendar como medida práctica de manejo del dosel arbóreo, que el largo de copa viva fluctúe entre 1800 y 2300 m ha<sup>-1</sup>. Valores superiores aumentarían la competencia de los árboles sobre los pastos provocando pérdida de crecimiento y caída en la productividad y valores inferiores no estarían alcanzando para generar efectos positivos de los árboles sobre los pastos.

**Tabla 1.** Simulación de rendimiento y evolución de parámetros estructurales de un rodal de pino ponderosa con objetivo de producción silvopastoril manteniendo el nivel de poda a 2/3 de la copa viva en la Ea. Los Peucos, Neuquén. **AB (m<sup>2</sup>ha<sup>-1</sup>):** área basal, **Dg (cm):** diámetro cuadrático medio, **DR:** índice de densidad de rodal, **VBrt (m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>):** volumen bruto, **VPtaFina (m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>):** volumen de trozas con más de 15 cm en punta fina y **Altura (m):** altura promedio de los 100 árboles dominantes por hectárea.

Empleando el “Piltriquitron” (Andenmatten y Letourneau, 2004) se efectuaron las simulaciones para obtener datos productivos del componente arbóreo bajo manejo silvopastoril aplicando podas durante el ciclo productivo, equivalentes a 2/3 de la copa viva en cada intervención (Tabla 1). Las simulaciones comenzaron con la estructura actual de las plantaciones de 13 años de edad que han recibido el primer raleo (densidad final de 500 arb/ha) y finalizaron cuando el diámetro cuadrático medio al DAP alcanza 45 cm.

De la simulación, surge que se alcanzará el diámetro objetivo en 20 años lo que arroja un turno de corta de aproximadamente 35 años. Durante ese periodo se deberán aplicar dos raleos que producirán 90 m<sup>3</sup> de madera por hectárea y se alcanzará una producción total de poco más de 400 m<sup>3</sup>/ha. Esto significa, respecto a una forestación con objetivo puramente maderero, resignar aproximadamente 100 m<sup>3</sup>/ha de madera.

**TABLA 1**

Año	Densidad (pl ha <sup>-1</sup> )	AB (m <sup>2</sup> h <sup>-1</sup> )	Dg (cm)	DR	VBrt (m <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup> )	VPtaFina (m <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup> )	Altura (m)
2014	500	14,1	19,2	3,2	64,0	43,2	8,7
2019	330	20,1	28,0	3,8	116,5	105,7	13,3
2024	215	21,8	36,0	3,6	158,7	152,1	17,1
2031	215	34,2	45,2	5,1	313,6	307,2	22,0
Extracción 1º raleo (2019)	166	6,6			35,5	29,3	
		9,2			63,0	59,2	
Extracción 2º raleo (2024)	116				<b>412,1</b>	<b>395,7</b>	
Volumen total							

### Resultado económico de la actividad silvopastoril

El ingreso bruto acumulado proyectado a 35 años es de \$ 30.221.355, mientras que los costos operativos acumulados, proyectados a 35 años ascienden a \$ 17.090.000. La cuenta simple nos indica que la actividad es rentable, sin embargo, al tener un capital inmovilizado durante un largo plazo, existe un costo de oportunidad de ese capital. Por lo tanto, para poder definir el verdadero impacto económico, se le debe aplicar una tasa de descuento al flujo de fondos proyectado. En este caso, se asumió una tasa de descuento del 5 %, ya que al ser una actividad de largo plazo la eficiencia del retorno de inversión esperada, debe ser equiparable a otra inversión de largo plazo. En base a estas características se obtuvieron los siguientes resultados: VAN (valor actual neto) \$ 433.550, TIR (Tasa interna de retorno) 5,45 % y PRI (Período de recupero de la inversión) año 30. La actividad ganadera pura en base a un predio

de 1000 ha bajo las características productivas promedio de la región arrojó los siguientes resultados: VAN: -\$ 183.000, TIR: 3,28 % y PRI: año 35. La actividad forestal con objetivo exclusivamente maderero en un predio de 1000 ha con 600ha forestadas dio como resultado: VAN: \$ 886.762, TIR: 5,50 % y PRI: año 33. Es decir, la actividad silvopastoril se ubicaría en un punto intermedio entre la ganadera y la forestal, con TIR similar a la forestal pero periodo de recupero de la inversión algo menor.

## CONCLUSIÓN

Sobre la base a los resultados obtenidos se concluye que la actividad ganadera y forestal se pueden complementar perfectamente bajo un manejo silvopastoril en las condiciones ambientales y productivas del NO de Patagonia. Es necesario, realizar un correcto manejo ganadero basado en el ajuste de la carga animal a la disponibilidad forrajera y sus variaciones anuales y un manejo preciso de la cobertura arbórea evitando la competencia entre el estrato arbóreo y el herbáceo y la consecuente pérdida de productividad forrajera.

En términos económicos los sistemas silvopastoriles son rentables. Sin embargo, es importante tener en cuenta que si bien el beneficio neto operativo de la actividad ganadera es positivo, no es suficiente para poder apalancar las necesidades financieras de la actividad forestal. Esto implica que existe una alta dependencia de las líneas de promoción forestal existentes, o en su defecto al acceso a otro financiamiento de bajo costo. Este apalancamiento financiero es fundamental, ya que no solo forma parte de la viabilidad económica actual de este negocio, sino que además, es necesario que los fondos sean desembolsados en tiempo y forma para que la actividad de desarrolle. De otro modo, es probable que muchas de las labores que deben realizarse en tiempo y forma, como son los raleos y las podas, no se hagan efectivos y por lo tanto irá en detrimento de la calidad y la competitividad de esta actividad.

# PROYECTO DE INVESTIGACION APLICADA (PIA 10002)

## Establecimiento y comportamiento inicial del roble europeo (*Quercus robur* L.) en sistemas agroforestales del sudeste bonaerense

Laclau P.<sup>1</sup>, Bertoli B.<sup>2</sup>; Cordero J.<sup>3</sup>, Vignolio O.<sup>4</sup>, Domínguez D.<sup>5</sup>, Murillo N.<sup>4</sup>, Fernández M.E.<sup>1</sup>, Gyenge J.<sup>1</sup>, Buckley F.<sup>4</sup>

### INTRODUCCIÓN

La llanura pampeana posee un alto potencial para la forestación, y el cultivo de especies valiosas como el roble europeo (*Quercus robur*) podría contribuir sustancialmente a la diversificación agropecuaria. Sin embargo, no se dispone de tecnologías validadas para su manejo. Por otro lado, el uso intensivo de herbicidas y su forma de aplicación constituye un obstáculo para la implantación de robles en contacto con sistemas agrícolas. En zonas periserranas del sudeste pampeano, las terrazas en curvas de nivel de lotes agrícolas y otros lotes con limitaciones leves a moderadas, contienen tierras de alto potencial de crecimiento para forestales latifoliadas.

El objetivo general de este proyecto de investigación aplicada fue contribuir al conocimiento de la supervivencia y crecimiento inicial de forestaciones con roble europeo en sistemas agroforestales del sudeste pampeano. Específicamente se propuso: **(i)** estudiar la mortalidad y el crecimiento aéreo de los árboles en pequeñas forestaciones bajo dos sistemas de plantación y **(ii)** probar la tolerancia de plantas de vivero a la aplicación de herbicidas de uso común en agricultura.

### MATERIALES Y MÉTODOS

Se instalaron plantaciones experimentales de roble para conformar *sistemas silvopastoriles* (1,4 ha en Tandil y Balcarce con distribución regular 4x2m, densidad 1250 pl/ha), y *agroforestales* (1700 m de líneas simples en Tandil, sobre terrazas en curvas de nivel con plantas cada 2m). Las plantaciones se realizaron a raíz desnuda, con hoyado a pala y control de hormigueros. Los cuidados post-plantación consistieron en la aplicación dirigida de herbicidas (Glifosato y Flumioxasim) en el primer verano, una carpida manual localizada en el invierno siguiente, y control eventual de hormigas con cebo tóxico. También se repusieron fallas leves al segundo año y se instalaron tubos plásticos anti-liebre en algunos sectores. Sobre un porcentaje representativo de plantas (15-20% del total plantado) se midió trimestralmente el *número de plantas vivas*, el *diámetro al cuello*, la *altura total*, y se evaluó su *vigor* y *sanidad*. Se graficó la evolución de estas variables y se probaron diferencias entre el *sistema silvopastoril* y el *agroforestal* mediante ANOVA y análisis de curvas de supervivencia (Kaplan-Meyer).

Para el segundo objetivo, entre 2012 y 2014 se condujeron 5 ensayos –de 60 a 120 días de duración–, de aplicación de herbicidas en vivero a plantas envasadas similares a las destinadas a plantación. Se utilizaron productos y dosis de uso corriente (Tabla 1), pulverizados manualmente en épocas concordantes con cultivos de invierno y de verano. Las plantas de roble se encontraban en estado fenológico de *pre-brotación* (agosto-septiembre) o de *hojas desplegadas* (octubre-noviembre). Se evaluaron periódicamente los *síntomas* en hojas, la *altura* y el *diámetro* de plantas

1. INTA A.E. Tandil

(laclau.pablo@inta.gob.ar);

2. investigador contratado;

3. Estancias El Jabalí S.A.;

4. Unidad Integrada Balcarce, FCA/UNMDP;

5. Dirección de Producción Forestal, MAGyP.

**TABLA 1**

Listado de herbicidas utilizadas en ensayos, modo de acción, absorción y cultivos de aplicación

AGIL (AG)	(Propaquizafop/Ariloxifenoxipopiónico). Inhibidores de síntesis de lípidos, absorción por vía foliar y radical. Síntomas: amarillamiento de hojas jóvenes, las partes bajas se necrosan. Utilizado en girasol, pinos, eucaliptos.
CLEAR SOL (CL)	(Imazapir). Inhibidores del crecimiento de plántulas, absorción por vía foliar y radical. Trasloca a órganos subterráneos. Produce clorosis en hojas jóvenes y posterior necrosis. Utilizado en girasol, maíz, soja RR.
ACETOCLOR (AC)	(Cloro-acetamida). Inhibidores del crecimiento de plántulas, absorción por radícula de plantas en germinación. Preemergente, las gramíneas sensibles que emergen aparecen con las hojas enrolladas sin poder desplegarse; en dicotiledóneas, las hojas aparecen arrugadas o ligeramente acopadas. Utilizados en girasol, soja, maíz.
ATRAZINA (AT)	(Triazina). Inhibidores de la fotosíntesis. Absorción por vía radical, poco por vía foliar, no se absorbe por brotes. Preemergente. Provoca clorosis. Utilizado en maíz y sorgo.
FLUOROCLORIDONA (FL)	(Pirrolidona). Inhibidores de pigmentos. Sistémico, se absorbe por cotiledones, hojas jóvenes y raíces. Produce decoloración y posterior degeneración. Utilizado en girasol, maíz, cebada, trigo.
PIVOT (PT)	(Imazetapir/Imidazolinona). Inhibidores de síntesis de aminoácidos, absorción por hoja y raíz. Actúa en puntos de crecimiento. Síntomas: Hojas cloróticas, bordes amarillos, nervaduras rojo-amarronadas en envés, menor desarrollo de hojas. Afectación del sistema radical. Utilizado en soja RR, maíz IML.
ROUNDUP (GL)	(Glifosato/Fosfometilglicina). Inhibición de síntesis de aminoácidos, penetra por hojas. Menor crecimiento, clorosis y posterior necrosis de los tejidos. Utilizado en soja y maíz RR.
SUMISOYA (SU)	(Flumioxasim/Fenilftalimida). Ruptura de membranas celulares. Ingresa por hojas y semillas. Efecto quemado (burning). Utilizado en soja, maíz, girasol.
METSULFURON METIL (ME)	(Sulfonil-urea). Inhibición de síntesis de aminoácidos. Penetración por hojas y en menor medida por raíces. Produce enanismo, amarilleo, necrosis y muerte. Utilizado en trigo, cebada.
DICAMBA	(Ácido benzoico). Regulación de crecimiento, absorción por hojas y raíces. Síntomas: anomalías en la floración, deformación de hojas y brotes. Utilizado en trigo, cebada, maíz.

y el peso seco al final de cada ensayo. Los datos cuantitativos se analizaron mediante ANOVAs y comparaciones entre medias de tratamientos. Los síntomas observados se analizaron en diagramas bi-lot y de clusters.

**Tabla 1.** Listado de herbicidas utilizados en ensayos, modo de acción, absorción, síntomas y cultivos de aplicación

## RESULTADOS

### Supervivencia y crecimiento

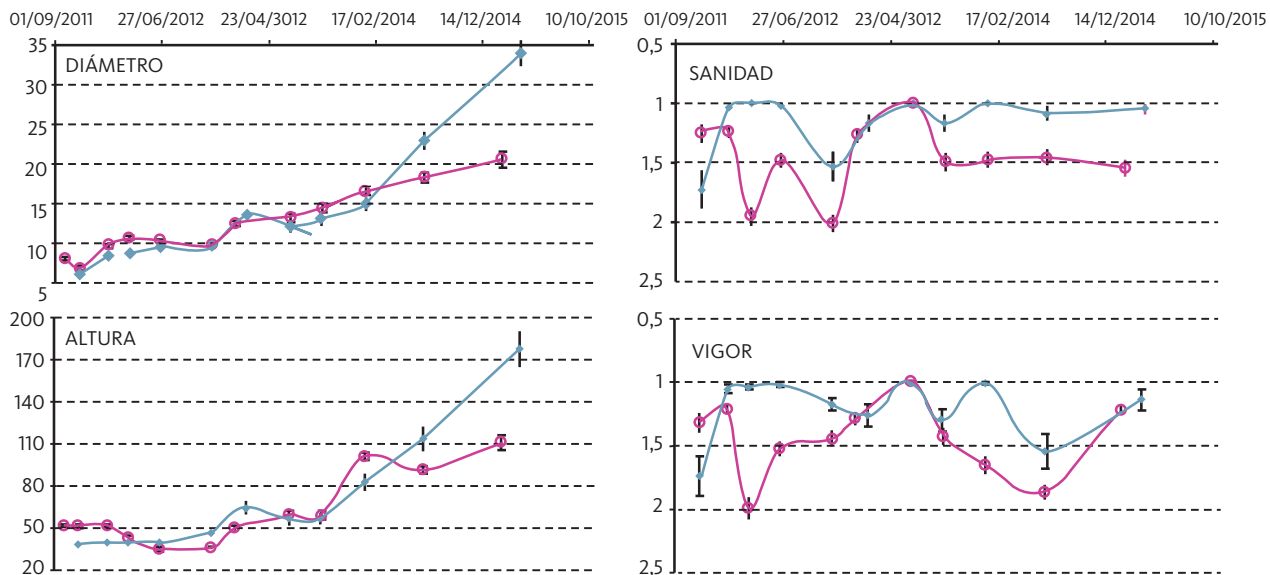
En ambos sistemas la supervivencia al primer año fue mayor al 90%, y al cabo de 3,5 años el *sistema agroforestal* alcanzó una supervivencia del 74% y el *silvopastoril*, del 86%. La supervivencia fue aproximadamente similar y decreciente en ambos sistemas hasta el 2° año (720 días), pero en el período siguiente tendió a estabilizarse en el *silvopastoril*.

En promedio, durante todo el período las plantas del *sistema agroforestal* crecieron a razón 6,1 mm anuales en diámetro al cuello, y 33,1 cm en altura (Fig. 1). En el *silvopastoril*, los crecimientos medios anuales fueron mayores; de 9,7 mm y 50,7 cm respectivamente. En cambio, no se hallaron diferencias significativas entre las curvas de crecimiento, vigor o sanidad de ambos sistemas (Fig. 1).

### Ensayos de tolerancia a herbicidas

En la Tabla 2 se indican las respuestas observadas con los diferentes tratamientos aplicados en cada ensayo.

FIGURA 1.



**Fig. 1.** Crecimiento en diámetro y altura (izq.) y de sanidad y vigor (der.) de las plantas en el *sistema agroforestal* (líneas con símbolos vacíos) y en el *silvopastoril* (líneas con símbolos llenos). La escala categórica de vigor y sanidad (gráficos de la derecha) indican estado; 1= bueno, 2= regular, 3= malo.

## DISCUSIÓN

La supervivencia inicial en ambos sistemas fue relativamente alta en relación a la de pinos y eucaliptos plantados en la misma fecha y en el mismo sitio, que en igual período sufrieron pérdidas mayores al 35%. Las plantas del *sistema agroforestal* estuvieron más expuestas a liebre, ciervos y a hormigas, y fueron afectadas por tránsito de maquinaria y deriva de herbicidas. Los menores valores de crecimiento y supervivencia respecto del *silvopastoril*, responden a estos factores (Fig. 1).

La capacidad de producir brotes basales permitiría a los robles superar disturbios, aunque su tendencia a rebrotar y ramificar afectaría negativamente el crecimiento inicial en altura. La inflexión del crecimiento en altura a partir del 3er. año (Fig. 1), indicaría que la especie responde positivamente a la menor presión de herbivoría y a la competencia de malezas.

Por otra parte, en los ensayos de tolerancia a herbicidas resultó destacable que la supervivencia de las plantas de todos los tratamientos fue del 100%, aunque a largo plazo (>120 dd) algunas plantas pulverizadas con Glifosato en alta dosis (GL4000, GL6000) murieron. Los robles manifestarían distintos mecanismos de evitación, vinculados a la anatomía de las hojas, a la profundidad de las raíces y al estado fenológico.

En las *aplicaciones primaverales*, GL (en baja dosis) y SU se asociaron a clorosis, en tanto que los restantes tratamientos produjeron necrosis y brotes quemados o deformados. Tanto AT como FL y GL en dosis bajas (FL1500, GL2000) tuvieron diferencias leves o ausentes con el Control, lo que sugiere una mayor compatibilidad con la plantación de robles. Se manifestaron diferencias significativas (ensayo 3,  $p < 0,05$ ) entre el Control y los tratamientos PI1000, CL100 y GL6000. El ensayo de primavera del año siguiente, no mostró diferencias significativas con los tratamientos.

En las *aplicaciones de invierno* los herbicidas utilizados no acusaron diferencias sintomáticas importantes con el Control, aunque GL4000 habría producido quemadura de brotes. El área foliar y el peso seco al final del ensayo 2 arrojó diferencias entre el Control y todos los tratamientos, particularmente con SU300, DI100, ME7 y

**TABLA 2**

ENSAYOS	TRATAMIENTOS	RESPUESTAS OBSERVADAS
<b>ENSAYOS DE INVIERNO</b>		
Ensayo 2 (sept 2012)	CT SU50; SU300 GL6000 ME7; ME10 DI100; DI200	La <i>brotación</i> del Control (CT) demoró algo más que en los tratamientos. Al final del ensayo (66 días), el <i>área foliar</i> y el <i>peso seco total</i> de los tratamientos fue menor a la de CT. En el largo plazo (120 dd), las plantas con GL6000 murieron.
Ensayo 4 (ago 2013)	CT SU100 GL4000 ME8 DI120	Síntomas: SU100 y ME8 se asociaron con <i>clorosis parcial</i> , CT con <i>deformación de hojas</i> , GL4000 con <i>clorosis en puntos y brotes quemados</i> , y de DI120 con ningún síntoma. Sin embargo, al promediar el ensayo (día 66), los tratamientos y CT conformaron un grupo relativamente homogéneo. No hubo diferencias en fenología. No hubo diferencias en el <i>peso seco total</i> entre tratamientos y CT, aunque GL4000 mostró un mayor incremento respecto del peso seco inicial. Tampoco se manifestaron diferencias en <i>altura</i> y <i>diámetro</i> de plantas.
<b>ENSAYOS DE PRIMAVERA</b>		
Ensayo 1 (nov 2011)	CT SU100;SU300 GL2000;GL4000 AG500;AG1000	Sólo se observaron síntomas en este ensayo. Los tratamientos manifestaron síntomas variables en hojas ( <i>clorosis</i> , <i>necrosis</i> , <i>deformación</i> , etc) y diferentes del Control (CT). A los 30 días, los síntomas en SU y GL (ambas dosis) se asociaron a <i>clorosis general</i> , y AG (ambas dosis) a <i>necrosis en puntos y bordes</i> . Todas las plantas sobrevivieron.
Ensayo 3 (nov 2012)	CT GL2000 AG500;AG1000 AT2000;AT4000 AC2000;AC4000 FL1000;FL4000 PI500; PI1000 CL33;CL100	AT (ambas dosis) y CT no manifestaron diferencias marcadas en síntomas aunque sí los restantes tratamientos. Las respuestas en síntomas ( <i>clorosis parcial</i> , <i>general</i> , <i>necrosis en bordes</i> , <i>en puntos</i> , <i>hojas bronceadas o muertas</i> ) fueron variables en el tiempo sin un patrón claro de respuesta. El <i>peso seco total</i> la <i>altura</i> de CT fue mayor que los tratamientos PI1000, CL100 Y GL 6000 ( $p < 0,05$ ). El <i>diámetro</i> de CT fue mayor que el de PI1000, GL2000, GL6000 ( $p < 0,05$ ).
Ensayo 5 (nov 2013)	CT GL4000 AT2000 AC2000 FL1500	A los 62 días, GL4000 Y AT2000 se agruparon en síntomas diferentes de CT y los tratamientos restantes. FL1500 se asoció a <i>clorosis y deformación de hojas</i> , y AC2000 y GL4000 a <i>deformación y necrosis de brotes</i> . La fenología manifestó diferencias de CT con AT2000 Y FL 1500. Los restantes tratamientos no arrojaron diferencias entre sí ni con ningún otro tratamiento. No se hallaron diferencias en <i>peso seco</i> , <i>altura</i> o <i>diámetro</i> de plantas.

ME10, indicando algún grado de daño del aparato fotosintético y consecuentemente con el crecimiento. Las mediciones de diámetro y altura no acusaron respuestas diferentes al Control, aunque en los casos que hubo diferencias (por ejemplo, en el ensayo 3), estas fueron concomitantes con las de peso seco.

## CONCLUSIONES

Las plantaciones con roble europeo son factibles de instalar en suelos con limitaciones moderadas en el sudeste bonaerense, con resultados satisfactorios de supervivencia y crecimiento temprano.

Las adversidades del cultivo, principalmente de plagas, fueron parcialmente contrarrestadas por la capacidad de rebrote de la especie, y presumiblemente también por un desarrollo radical temprano.

La tolerancia a una variedad de herbicidas de uso corriente indica que es posible su implantación en combinación con agricultura de cultivos anuales, o en sitios lindantes con este uso.

La escala de experimentación requiere ampliar estos estudios a condiciones diferenciales de sitio y manejo.

**Tabla 2.** Principales respuestas observadas de tratamientos en los diferentes ensayos de invierno y primavera. Se mencionan los herbicidas por su código (ver Tabla 1) seguidos por la dosis aplicada en cc/ha (g/ha en el caso de Metil-Metsulfurón).

## PROYECTO DE INVESTIGACION APLICADA (PIA 10063)

### Estudio de sistemas silvopastoriles para la producción de madera, carne y forrajes de calidad en Corrientes y sur de Misiones

Goldfarb, M.C. Participantes: Lacorte, S.L.; Esquivel, J.I.; Núñez, F.; Quirós Villalba, O.G.; Aranda, R.

## INTRODUCCION

La actividad forestal en Corrientes y sur Misiones, región denominada de los “campos correntinos/misioneros”, continua expandiéndose con plantaciones de Pinos y Eucaliptus, ocupando campos tradicionalmente destinados a la ganadería. Inicialmente, la integración de estos sistemas forestales y ganaderos estaba acotada al uso del ganado con el único fin de eliminar el material combustible, abarcaba solo el 25% de todo el ciclo forestal, desplazando luego al ganado. Actualmente el 10% de los bosques comenzaron a ser manejados como sistemas silvopastoriles (SSP), conteniendo solo al 0,8% de la existencia ganadera provincial, lo cual indica el potencial de su crecimiento. De estos sistemas, en difusión en ambas provincias, existe aún escasa información local; sumado a la *creciente demanda* del sector ganadero y forestal, sobre prácticas de manejo e interacciones entre los componentes del sistema. Se desconoce aún las respuestas del componente arbóreo al incluir la ganadería y de los recursos forrajeros difundidos-pastizal y pasturas a niveles crecientes de sombra. Los SSP comparados con los forestales y ganaderos tradicionales generan beneficios económicos, biológicos y ambientales, optimizan la producción de madera, carne y forrajes de calidad. Los *objetivos* del trabajo fueron evaluar en tres sistemas reales de producción el efecto en, SSP1 distintos arreglos de plantación en Líneas Simples (LS) y Líneas Dobles (LD), espaciamientos entre líneas (8 y 12 metros) y densidades de *Pinus elliotti var elliottii x Pinus caribaea var Hondurensis* (Pino híbrido) sobre la productividad de *Brachiaria brizantha* cv Marandú; en SSP2: distintos arreglos de plantación LS, LD y Líneas Triples (LT), especies arbóreas (Pino y Eucaliptus), sobre la productividad del pastizal y *Brachiaria brizantha* y en SSP3 comparar la productividad del pastizal bajo el dosel de pino híbrido con la de cielo abierto.

## MATERIALES Y METODOS

Se evaluaron (2010/2014) en campos de productores ubicados en las provincias de Corrientes y Misiones los SSP1 SSP2 y SSP3 respectivamente. Se instaló el SSP1 sobre un suelo arenoso, ácido, clasificado como Psamacuente spódicos; el SSP2 sobre un suelo Endoacuultes típicos, arcillosos finos-Serie Garaví y el SSP3 sobre un suelo clasificado como Kandihumult o Kandihumultes, arcilloso, pardo rojizo oscuro bien provisto de MO, profundos, bien drenados, ácidos y con riesgo a la erosión hídrica (Escobar et al., 1996. Cruzate et al, 2011) En cada estación del año se midió y/o registraron variables cuantitativas(B1): Pinos/Eucaliptus=DAP, Altura total (AT), Longitud de copa (LC) y área basal (AB), Luz=incidente bajo dosel (%), HS=Humedad gravimétrica del suelo en muestras extraídas con barreno hasta 20cm de profundidad, en el Pastizal/pastura la **DBA**=Disponibilidad Biomasa Aérea (MS.Kg.ha<sup>-1</sup>) por medio de cortes utilizando un marco de 0.50\*0.50cm en transectas de 100 metros en SSP2 y SSP3 y dentro de Jaulas de 1 m<sup>2</sup> instaladas en SSP1; **DBR**=Disponibilidad Biomasa radical (MS. Kg.ha<sup>-1</sup>) hasta 15/cm de profundidad y acumulación de acículas AC (MS.Kg.ha<sup>-1</sup>); y va-



riables cualitativas (B2): **CB**=Composición Botánica registrando las familias botánicas e individuos dentro de cada grupo familiar, aplicando el método de los rangos en peso seco (DWRM), que agrupa según un criterio forrajero en: Gramíneas (Gra.), Ciperáceas (Cy.), Leguminosas (Leg.) y restantes latifoliadas definidas como “Otras familias (OF); **SD**=suelo descubierto sin vegetación (%), **MM**=Material vegetal muerto en pie (%), **Man**=Material vegetal muerto en descomposición depositado sobre el suelo (%) y el **INTECO**=Índice de Valor Pastoral, que detecta los cambios y condición del tapiz, mediante la composición botánica, que resultan del manejo aplicado y/o eventos climáticos. Se calcula agrupando las especies en 5 tipos productivos y asigna los valores según el tapiz se componga de **especies finas o pasturas**=161 a 200, **tiernas**=131 a 160, **ordinarias**=91 a 130, **duras**=51 a 90 y con escaso a nulo valor **forrajero o malezas**=10 a 50. Los tratamientos fueron: **SSP1**=en un bosque plantado en octubre/2000 en LS, 1200 árb./ha sobre *Brachiaria brizantha* cv *Marandú* sembrada en noviembre de 1999, se eliminaron selectivamente árboles en septiembre 2006 resultando 5 tratamientos según la cantidad de árb./remanentes/ha: **T1**=Forestal puro 816 árb./ha-LS, **T2**=Reducción Directa 250 árb./ha-LS, **T3**=Reducción Gradual 400 árb./ha-LS, **T4**=LD 4\*2\*8m de calles y 427 árb./ha=LD/C8M y **T5**=LD 4\*2\*12m de calles y 397 árb./ha=LD/C12M. En cada tratamiento se instalaron jaulas 8 jaulas tres a **CA**=cielo abierto sin influencia del Pino y 5 bajo el dosel el arbóreo (BD). **SSP2**: **T1**=Pino Taeda+*Brachiaria* en **LT**=4\*4\*4\*2\*8 según el esquema Taeda+Híbrido+Híbrido sobre *Brachiaria* sembrada en 2005, densidad inicial=1000 árb./ha - actual 833 árb./ha., **T2**=Pino Taeda+pastizal de *Axonopus compressus* en LS (6\*2), densidad inicial=1000 árb./ha.- actual 833 plan/ha **T3**. *Eucaliptus grandis*+*Brachiaria* en **LD**=4\*2\*19 en 2008 sobre *Brachiaria brizantha* sembrada en la primavera/2009 solo en las calles. En este tratamiento se miden las variables en el callejón (sector B) con *Brachiaria* y entre las líneas de plantación (Sector D) que se empastó con *Axonopus compressus* mezclado con *Brachiaria* de resiembra; **T4**=*Eucaliptus grandis*\**E.camandulensis*+*Brachiaria Marandú* en LD 4\*2\*12 replantado sobre un monte talado, plantado en 2010 sobre *Brachiaria brizantha* sembrada en la primavera del mismo año solo en las calles. En SSP3 **TO**=Cielo abierto (CA) y **T1**=SSP de *Pinus elliotii*+pastizal pajonal de *Elyonurus múticus*, *Sorghastrum setosum* y *Axonopus compressus*, plantado en 2006 en LS (8\*2) densidad inicial fue 1000 árb./ha, en 2010 cuando el bosque capturaba el 66 % de luz se realizó el primer raleo perdido. A partir de junio/2011 se podaron a 4 metros 300 árb./ha sobre 550 presentes, en diciembre/2011 se rolaron entre las líneas para eliminar el renoval de *Acacia caven* y *Senecio pinnatus*. Se analizaron las variables cuantitativas y cualitativas con el software “Haeve” desarrollado en la EEA INTA Corrientes.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se presentan los resultados logrados, promedio de 4 años (verano/2010 a otoño/2014). En los cuadros 1, 2 y 3 se presentan las variables cuanti-cualitativas del componente forrajero y en los cuadros 4, 5 y 6 del componente forestal y la luz incidente.

En julio/agosto de 2012 se ralearon los tratamientos restando, en todos 250 árboles/ha y estima que la tala rasa será aproximadamente en 2015/17. En T1 la DBA no se recuperó pos raleo, la acumulación de acículas y el % de luz provocaron la mortandad de plantas. En T2 y T3 la recuperación de la DBA es menor que en T4 y T5. Esto indicaría que el raleo no mejora la DBA cuando los niveles de luz se mantuvieron por debajo del punto crítico (40 %) por un tiempo prolongado. Estos resultados sugieren medir la incidencia de luz con frecuencia a fin de definir el manejo silvícola para mantener la persistencia productiva del componente forrajero.

**TABLA 1**

Trat.	SEC.	Kg.ha <sup>-1</sup>			(%)									INTECO
		DBA	DBR	Acícula	HS	Gra.	Leg.	Cy.	OF	Brachiaria	SD	Man	MM	
1	CA	2.283	3.847	520	9	27	0	0	3	70	30	0	5	183
	BD	1.420	4.408	1.761	8	9	0	0	0	91	60	50	10	159
2	CA	1.517	1.350	154	7	61	0	2	2	35	20	10	10	121
	BD	2.642	11.464	4.702	6	7	0,3	0		89	63	18	6,7	182
3	CA	1.529	1.197	120	5	13	4	0	37	46	50	10	0	136
	BD				5									
4	CA	1.511	3.261	148	6	45	11	0	9	35	20	5	5	113
	BD	4.222	5.668	3.468	5	0	0,3	0	11	88	55	17	0	178
5	CA	2.097	1.104	0	5	0	0	0	50	50	40	0	0	162
	BD	4.453	7.006	3.872	5	0,7	0	0	22	78	40	0	0	190

**Cuadro 1.** Variables cuantitativa y cualitativas del componente forrajero SSP1.

**TABLA 2**

Trat.	Kg.ha <sup>-1</sup>		(%)									INTECO
	DBA	DBR	HS	Gra.	Leg.	Cy.	OF	Brachiaria	SD	Man	MM	
1	1299	1210	39	0	0	0	3	97	3	43	47	200
2	1422	1710	34	95	2	0	3	0	0	35	26	81
3B	1.002	2.866	41	0	0	0	9	91	9	22	21	183
3D	955	954	45	59	0	0	4	37	1	25	23	134
4B	1351	1783	41	0	0	0	1	99	4	22	21	143
4D	1266	828	33	59	0	0	32	9	3	32	19	124

**Cuadro 2.** Variables cuantitativas y cualitativas de componente forrajero SSP2

La DBA (kg.ha<sup>-1</sup>) de *Brachiaria* fue menor a lo observado en pasturas fuera del dosel, mientras que del pastizal es similar. Aumentó la frecuencia relativa de renovales de Pino en T1 y T2 El % de HS varió entre tratamientos; fue mayor en LD y LT comparada con LS y en los sectores B vs D (T3 y T4). La DBR varió entre tratamientos; en T1 (LT) superó a LD y LS.

**TABLA 3**

Trat.	Kg.ha <sup>-1</sup>		(%)								INTECO
	DBA	DBR	HS	Gra.	Leg.	Cy.	OF	SD	Man	MM	
0-CA	2.577	6.752	54	93	0	0	7	7	5	29	50
1-SSP	692	8153	36	25	3	0	72	10	31	7	30

**Cuadro 3.** Variables cuantitativa y cualitativas de componente forrajero SSP3

La DBA, el aporte de las otras especies y el INTECO indican que en este SSP el componente forestal afecta al componente forrajero está desapareciendo bajo el dosel, el pastoreo en el T1 se limita a una carga muy baja y en forma esporádica. Esta situación es común en los SSP temporarios en que la densidad de árboles y marco de plantación hace aprovechable como un SSP en 25 % del tiempo desde la plantación hasta la tala. El raleo y paso del rolo faca (2012) no mejoraron la condición del pastizal bajo el dosel.

**TABLA 4**

Tratamiento	DAP (cm)	AT (m)	LC (m)	ÁB (cm)	Luz BD (%) Pro-máx-mín
1	20	13,5	6044	27,2	36 (85-5)
2	23	14,0	3383	18,9	39 (94-3)
3	26	14,3	2194	14,6	37 (86-4)
4	23	14,0	3443	19,1	40 (80-7)
5	23	14,0	2826	15,0	43 (88-3)

**Cuadro 4.** Medidas silvícolas y % de Luz incidente bajo el dosel SSP1.

**TABLA 5**

Tratamiento	DAP (cm)	AT (m)	LC (m)	ÁB (cm)	Luz BD (%) Pro-máx-mín
1	13	23	1738	8,12	43 (100-4)
2	27	25	2610	5,41	30 (96-5)
3	22	12	1989	6,77	32 (99-7)
4	11	8	933	4,35	73 (100-9)

**Cuadro 5.** Medidas silvícolas y % de Luz incidente bajo el dosel SSP2

**TABLA 6**

Tratamiento	DAP (cm)	AT (m)	LC (m)	ÁB (cm)	Luz BD (%) Pro-máx-mín
1	12,5	6,80	2515	7,35	32, (82-3)

**Cuadro 6.** Medidas silvícolas y % de Luz incidente bajo el dosel SSP3.

## CONCLUSIONES

Los esquemas y densidades de plantación forestal modificaron la DBA, el INTECO y la composición botánica del pastizal y la pastura bajo el dosel.

Al disminuir la intensidad lumínica disminuyó el aporte de gramíneas con valor forrajero en el pastizal y de la pastura de *Brachiaria*; y aumentó el de las otras fami-

lias botánicas con menor valor forrajero. A igual densidad de plantación, en las LS aumentó el aporte de las especies con menor valor forrajero.

La sensibilidad a la sombra de las especies individuales del pastizal no fue identificada.

La persistencia de *Brachiaria* disminuyó cuando la incidencia de luz Bajo el Dosel disminuyó por debajo del 40%.

Las variables cualitativas DBA y DBR fueron más estables en LD y LT que en LS. Ambas variables son sensibles para medir la persistencia productiva del recurso forrajero en los SSP. Estas variables y la incidencia de luz son herramientas que ayudan decidir las intervenciones silvícolas, el control de malezas y manejo ganadero con el fin de mantener, en producción todos los componentes del SSP.

A igual densidad, la incidencia de luz es mayor en las LD que en las LS.

La incidencia de luz es menor en LT Híbrido – Taeda, por la mayor cantidad y expansión de las ramas de este, hacia los callejones.

A cielo abierto la HD varió más entre años y tratamientos que bajo el dosel. En años con mayores precipitaciones estas diferencias se acentuaron. Bajo el dosel la HD varió estacionalmente. La densidad de plantación influyó menos que el marco de plantación sobre la HD. La HD fue mayor a cielo abierto que bajo el dosel No se registraron bajo el dosel valores críticos de humedad edáfica para el crecimiento del pastizal y la pastura de *Brachiaria*.

# PROYECTO DE INVESTIGACION APLICADA (PIA 10093)

## Productividad forestal y bases para el desarrollo de sistemas silvopastoriles con pino ponderosa al sur de la provincia del Chubut

G.A. Loguercio<sup>1,2</sup>, C.G. Buduba<sup>2,3</sup>, E. Oyharçabal<sup>1,3</sup>, H. Gonda<sup>1,2</sup>, G.C. García Martínez<sup>3</sup>, Nidia Hansen<sup>3</sup>, L. Heitzmann<sup>1</sup>

### INTRODUCCIÓN

La Patagonia está afectada por graves procesos de degradación de la vegetación y el suelo por sobrepastoreo. La creación de bosques implantados con especies adaptadas al sitio, es una de las principales medidas que podrían ayudar a frenar este proceso, además del beneficio en el largo plazo por la producción de madera. En la provincia del Chubut se han determinado las tierras forestables con pino ponderosa y sus calidades de sitio entre los 42° (Corcovado) y los 43°30' de Latitud Sur. Existe además un potencial no evaluado al sur de esta área, expresado en plantaciones jóvenes distribuidas hasta aproximadamente los 44° 30'. Además, los bosques plantados generan condiciones microambientales que podrían ser aprovechadas para la restauración y recuperación de ciertos nivel de producción forrajera como sistemas silvopastoriles. Las experiencias de siembra de pasturas en la estepa no han sido exitosas (Bonvisuto y Somlo 1994), salvo un ensayo reciente con agropiro en Neuquén. Un estudio previo de siembra de diversas especies forrajeras introducidas bajo pino ponderosa en el norte de Chubut, mostró que solo *Bromus stamineus* "cebadilla perenne" y *Thynopirum ponticum* "agropiro alargado" presentaron un comportamiento inicial aceptable, pero no soportaron el estrés por sequía de la época estival. Al sur de Corcovado, la mayor latitud y altitud hacen al clima algo más frío, con temperaturas más bajas, que podría favorecer el establecimiento y desarrollo de las pasturas pino. Los objetivos del estudio fueron 1-Evaluar la calidad de sitio de las tierras forestables con pino ponderosa entre las localidades de Corcovado y el sur de Rio Pico (44° 30' lat. Sur) en la provincia del Chubut. 2- Evaluar el efecto de la cobertura de pino ponderosa en comparación con la estepa sobre el establecimiento (germinación y crecimiento inicial) de agropiro y cebadilla mediante siembra en el mismo área.

### MATERIALES Y MÉTODOS

#### Calidad de sitio de tierras forestables

Se elaboró una función de predicción de la calidad de sitio de pino ponderosa con base en variables ambientales a partir del muestreo de 23 rodales de 30 plantaciones (la gran mayoría de las existentes en el área). En parcelas circulares de radio variable se registraron las coordenadas GPS, todos los DAP, el índice de entrenudos (IE) y la altura total de los dominantes (100 más gruesos por ha) para estimar el índice de sitio (IS20) como estimadores de la calidad sitio. Además se registraron la exposición, pendiente y altitud, la profundidad efectiva del suelo y se tomaron muestras 0-20 cm y 40-60 cm, para determinar el pHFN y el contenido de humedad al fin del periodo seco. A partir de una cobertura de isohietas se estimó la precipitación media anual de cada parcela. Se efectuaron análisis de correlación simple y de regresión lineal múltiple entre el IE, IS20 y las variables de localización, geoforma y del suelo. Se probaron ajustes con las parcelas del presente estudio y sumadas a una base disponible con par-

1. Centro de Investigación y Extensión Forestal Andino-Patagónico. gloguercio@ciefap.org.ar;

2. Universidad de la Patagonia San Juan Bosco ;

3. EEA INTA Esquel, Chacabuco 513. Esquel, Chubut.

celas del norte de la provincia. Por último la función seleccionada se aplicó utilizando coberturas digitales de la variables ambientales, con la que se construyó un mapa de calidad de sitio de las tierras forestales al sur de Corcovado.

En relación al segundo objetivo se efectuó un ensayo de siembra de las dos especies forrajeras seleccionadas en 5 plantaciones (sitios) con precipitación entre 500 a 750 mm/año, edad entre 16 y 26 años y coberturas entre 20 y 47 %. Cada sitio fue considerado un bloque, siendo 3 los factores: bosque-estepa (2 niveles), especie forrajera comercial (2 niveles): agropiro alargado cv. Rayo y cebadilla perenne cv. Gato y fechas de siembra (4 niveles): primavera y otoño de 2012 y 2014, respectivamente, con tres repeticiones cada uno. Las siembras se realizaron manualmente en surcos, en parcelas cuadradas de 4 m<sup>2</sup>, distribuidas aleatoriamente en cada repetición. Los ensayos fueron clausurados al ganado. Se realizó un monitoreo mensual con lo que se determinó la emergencia (diciembre) y la sobrevivencia (marzo). Los datos se analizaron mediante ANOVA. No se incluyen los resultados de la siembra de otoño de 2014, por no haber culminado el primer período de crecimiento, evaluado en marzo de 2015.

## RESULTADOS

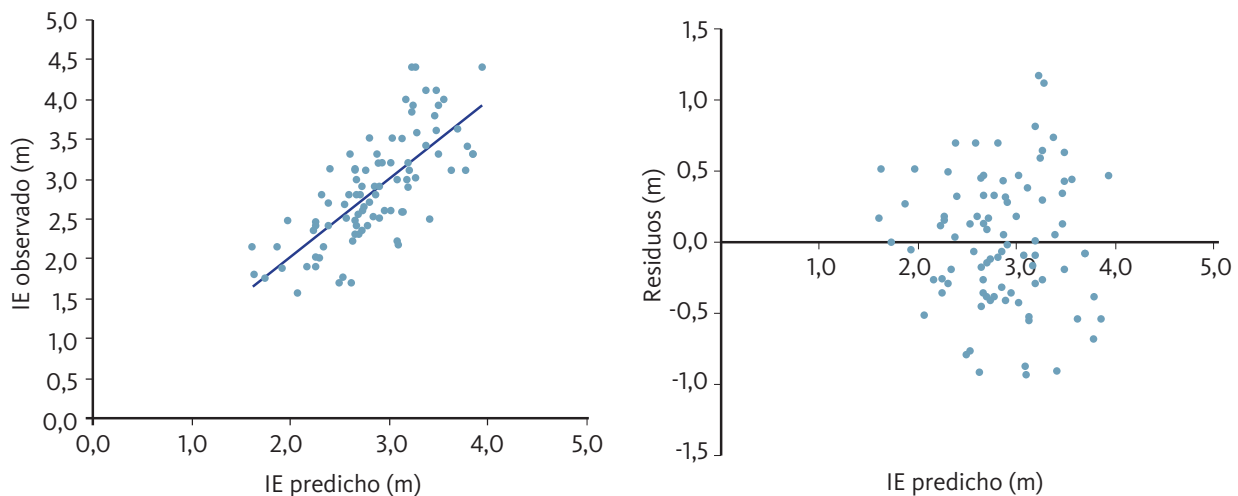
### Predicción de la calidad de sitio

El índice de entrenudos (IE) presentó mejor correlación con las variables ambientales que el IS20. Las variables significativas que mejor lo explicaron, utilizando la base completa de parcelas a nivel provincial fueron la precipitación media anual, la profundidad efectiva del suelo y la latitud decimal. La precisión ( $r^2=0,53$ ) es acorde a la estimación de la calidad de sitio con variables ambientales (figura 1)

**Figura 1:** Índice de entrenudos predicho vs. observados con la función provincial (norte + sur de Corcovado) (izquierda) y gráfico de residuales del total de parcelas (derecha).

$$IE (m) = 20,6391 + 0,0014 PMA + 0,922 Prof\_suelo - 0,454 Lat\_decimal = 91; \\ r^2_{adj} = 0,53; ECMP: 0,239; DIFA = -0,01; REMC = 0,461; \\ PMA = \text{precipitación media anual}$$

**FIGURA 1.**



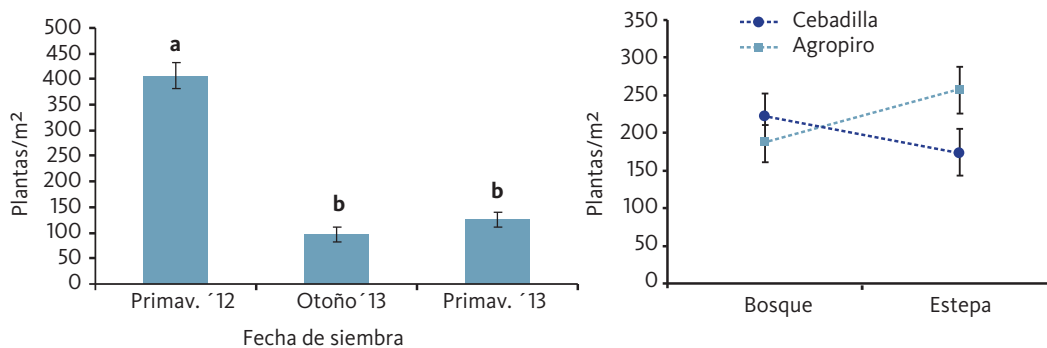
Aplicando la ecuación de predicción del IE a las tierras forestables del área de estudio con un potencial biofísico de 240.000 ha, arrojó un predominio de las clases III y IV con 65 mil ha y 170 mil ha respectivamente (esta última al límite de ser considerada productiva).

## Ensayo de siembra

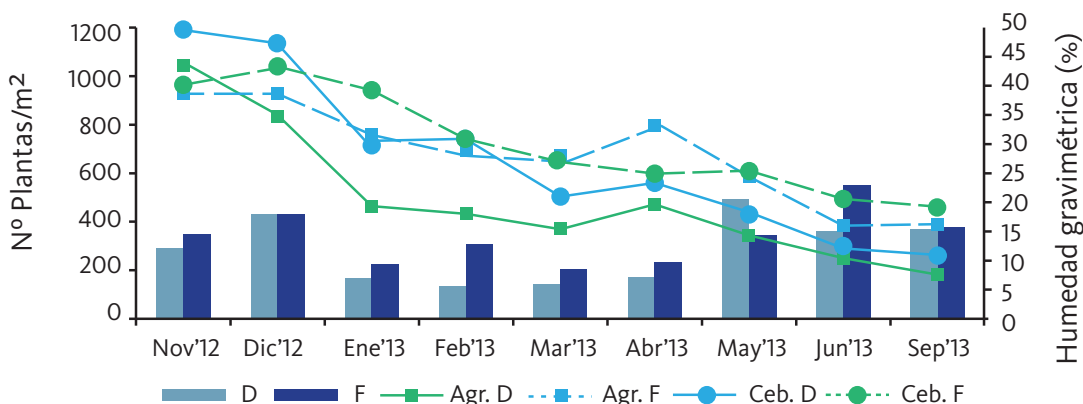
La mejor emergencia y sobrevivencia correspondió a la siembra de primavera de 2012 (figura 2, izquierda) sin diferencias significativas entre el bosque y la estepa, ni entre especies. Sin embargo agropiro se comportó algo mejor en la estepa y cebadilla en el bosque (figura 2, derecha). A lo largo del tiempo se observó mortalidad continua de plantas, incluso durante el invierno (figura 3)

**Figura 1:** Promedio y error estándar del número de plantas al finalizar el primer verano (marzo) correspondiente a cada fecha de siembra. Letras diferentes indican diferencias significativas ( $p < 0,05$ ) (izq). Promedio y error estándar del número de plantas de cebadilla y agropiro en el bosque y la estepa al finalizar el primer verano (marzo) (der.).

**FIGURA 1.**



**FIGURA 2.**



## DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

El IE presentó un mejor ajuste con las variables ambientales que el IS20, probablemente porque predominan plantaciones jóvenes. Las variables explicativas significativas fueron las mismas que las encontradas al norte del área de estudio y con similar precisión. En otro PIA (10092) realizado en la provincia de Neuquén la temperatura resultó también ser determinante de la calidad de sitio, lo que hace presumir que lo mismo ocurriría en el área de estudio si se dispusiera de dicha información.

La emergencia y sobrevivencia del ensayo de siembra ha sido superior al observado previamente (Buduba et al. 2010, 2012), sin mostrar diferencias entre el bosque y la estepa. A diferencia de Bonvisuto y Somlo (1994) la siembra de primavera fue mejor que la de otoño. La productividad hasta el momento es muy baja, pero antecedentes recientes de siembra en estepa indican que se incrementa paulatinamente hasta el 4°- 5° año, por lo que habría que seguir monitoreando el ensayo.

**Figura 2.** Evolución de las plantas vivas de agropiro y cebadilla, correspondiente a la siembra de Primavera 2012 y la humedad de suelo (barras) para el sitio 1, dentro (D) y fuera (F) del bosque.

## PROYECTO DE INVESTIGACION APLICADA (PIA 10104)

### Prácticas para optimizar el rendimiento de sistemas silvopastoriles templados: raleo de árboles y enriquecimiento del estrato herbáceo con gramíneas forrajeras templadas

Cornaglia P.S.<sup>1</sup> Clavijo M.P.<sup>1</sup> Gatti M.L.<sup>1</sup> Signorelli A.<sup>2</sup> Fernández Tschieder E.<sup>3</sup>

## INTRODUCCIÓN

El desarrollo de Sistemas Silvopastoriles (SSP) en diversas regiones de Argentina se ha incrementado en los últimos años como consecuencia de la expansión de la frontera agrícola. La integración de los sistemas forestal y ganadero plantean el desafío de lograr un manejo sustentable del uso de la tierra a partir del desarrollo de planes de manejo pertinentes. Sin embargo, en la región del Delta del Río Paraná, no existen antecedentes sobre la aplicación de herramientas de manejo silvícola y pastoril que eviten el deterioro y la reducción de la productividad futura en SSP bajo plantaciones de salicáceas.

Las prácticas silviculturales (como raleos y podas), condicionan la calidad y cantidad de productos obtenidos de plantaciones forestales con destino a aserrado y/o debobinado. El sombreado generado bajo plantaciones densas, reduce la cobertura herbácea, por ello, la correlación negativa entre la transmisión de luz y el grado de cobertura del dosel implica que, en sistemas silvopastoriles, estas prácticas sean necesarias para mantener niveles de luz en el estrato herbáceo que permitan una producción forrajera acorde con los objetivos de la actividad ganadera. Por lo tanto, sería posible incrementar el potencial productivo del componente forrajero de estos sistemas a partir del manejo silvícola y de la introducción de forrajeras exóticas.

El objetivo del estudio fue evaluar el efecto de diferentes intensidades de raleo de álamos sobre la productividad forrajera de tapices herbáceos nativos establecidos y enriquecidos con especies perennes en el sotobosque.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El bajo delta del río Paraná (34° 06' S; 58° 47' O) abarca islas formadas por el depósito de sedimentos de los ríos Paraná y de La Plata. El manejo del agua en las islas está sistematizado mediante diques que encierran áreas deprimidas en las cuales la vegetación natural ha sido reemplazada casi en su totalidad por plantaciones de álamos (*Populus spp.*) y sauces (*Salix spp.*). La temperatura media anual es de 17°C, y el régimen de lluvias isohigro sin estación seca. Los suelos son molisoles y entisoles de texturas arcillo-limosas y arcillo, areno-limosas.

El estudio se realizó en una plantación comercial de álamo (*Populus deltoides*, clon "Australia" 129/60) de 12 años de edad. En otoño de 2007 se establecieron tratamientos de raleo definiéndose tres densidades de árboles: Testigo (T): densidad original (400pl/ha), 30% de raleo (280 pl/ha) y 60% de raleo (160 pl/ha). Se estableció un diseño en bloques completamente aleatorizados con 4 repeticiones. En otoño 2008 se relevó la cobertura herbácea basal nativa por especie, suelo desnudo y broza de álamo (hojas en descomposición) de cada tratamiento mediante el

1. Cátedra de Forrajicultura.

2. Cátedra de Dasonomía. Facultad de Agronomía. UBA. Av. San Martín 4453 (C1417DSE) Buenos Aires- Argentina. cornagli@agro.uba.ar

3. Estación experimental Agropecuaria INTA Delta del Paraná.



método de intercepción lineal en transectas fijas de 10 metros lineales. Luego en cada tratamiento de raleo se establecieron parcelas de 400 m<sup>2</sup> y a la mitad de cada una se le sembró al voleo semillas de dos gramíneas invernales perennes: pasto ovillo y festuca alta (área sembrada “S” y no sembrada “NS”). Una vez establecida la pastura en las parcelas sembradas, entre marzo de 2009 y mayo de 2011 en cada tratamiento (TS-TNS, 30%S-30%NS, 60%S-60%NS) se relevó periódicamente la cobertura basal por especie y otros componentes mencionados. Paralelamente, en las mismas parcelas se realizaron cortes de biomasa para estimar producción de materia seca de especies forrajeras. Los cortes se efectuaron con tijera, en marcos de 5 x 0,20 metros y la biomasa cosechada se secó en estufa para estimar su materia seca. Se caracterizaron las condiciones ambientales en cada nivel de raleo: temperatura, radiación y precipitaciones. Las temperaturas del aire mínima, media y máxima diarias se calcularon con registros horarios de dataloggers. La radiación transmitida al sotobosque se estimó mediante el procesamiento de fotografías hemisféricas a través del software “GLA” Gap Light Analyzer. Los datos de cobertura se analizaron mediante ANOVA y Test de Tuckey. Para los datos de productividad se utilizó el Análisis de Medidas Repetidas (ANOVA) y Test de Tuckey ( $P \leq 0,05$ ).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se comprobó que la penetración de la luz en el estrato subyacente a un monte de árboles caducifolios (en este caso, álamos) varió con la estación del año y con la densidad de plantación o la intensidad de raleo. Los resultados obtenidos muestran que en otoño, cuando la cobertura está determinada por las ramas y no por el follaje, los tratamientos raleados son más parecidos entre sí en relación a la transmisión de luz hacia el suelo y presentan diferencias significativas con el testigo (no raleado), mientras que en primavera cuando la cobertura está determinada por el follaje, el testigo y el tratamiento de raleo de 30% del AB presentan IAF y porcentaje de transmisión de luz hacia el suelo similar, mientras que el tratamiento del 60 % del AB presenta menor IAF y mayor porcentaje de transmisión de luz que los anteriores. En este momento del año el rodal se encuentra en plena expansión foliar y la transmisión de la radiación solar desde la copa hacia el suelo dependería del tamaño, posición e inclinación de las hojas. Respecto del crecimiento del rodal, luego de tres años de aplicados los tratamientos, el raleo intenso (60%) permitió aumentar el crecimiento en diámetro (2,1 vs. 1,3 cm.año<sup>-1</sup>) pero con una disminución del crecimiento en volumen (16,2 vs. 27,5 m<sup>3</sup>.ha<sup>-1</sup>.año<sup>-1</sup>) y del volumen acumulado (206 vs. 247 m<sup>3</sup>.ha<sup>-1</sup>). Por otro lado, si bien el raleo suave (30%) no se diferenció del tratamiento testigo (tampoco del tratamiento raleo intenso) se podría esperar a futuro un aumento del crecimiento en diámetro sin una pérdida del crecimiento en volumen y volumen acumulado. De esta manera, en un esquema de raleo, es posible lograr, de acuerdo a los objetivos de producción, un balance entre el crecimiento del rodal y el crecimiento individual de los árboles que lo componen y permitir el desarrollo de un estrato herbáceo subyacente que optimice el componente forrajero del sistema silvopastoril.

Asimismo, durante 3 años se relevó periódicamente cobertura basal por especies, suelo desnudo y broza de álamo, y se estimó producción de materia seca. El raleo y la incorporación de semillas mejoraron sinérgicamente la composición, producción y estabilidad forrajera del sotobosque: La producción acumulada de materia seca de las especies forrajeras introducidas difirió significativamente entre los distintos niveles de raleo. El tratamiento con 30% de raleo duplicó la producción del testigo

( $p < 0,001$ ), mientras que el tratamiento con 60% de raleo la triplicó ( $p < 0,001$ ). En los tratamientos con incorporación de semilla los cambios florísticos, que potenciaron la producción de forraje, fueron más abruptos y la situación lograda inicialmente se mantuvo relativamente estable en el tiempo. La cobertura basal de forrajeras lograda luego de la siembra (55%), no sólo duplicó la cobertura de los tratamientos no sembrados, sino que además se mantuvo estable con el tiempo. En particular, pasto ovillo mostró mejor adaptación que festuca alta a las condiciones del sotobosque, resultando una especie más interesante para el sistema bajo estudio, demostrando la mayor tolerancia al sombreado señalada por varios autores.

Dentro de los tratamientos no sembrados se observó una evolución positiva de la cobertura de forrajeras en los tratamientos raleados (30% y 60%), dado principalmente por el establecimiento de gramíneas anuales invernales, cuya cobertura basal de *Phalaris angusta* en los tratamientos 30% y 60% de raleo fue de 40% y 30% respectivamente. La escasez de cobertura de este grupo de especies al inicio del experimento podría deberse a condiciones ambientales (sequía) que dificultaron su establecimiento. Esto sugeriría que cuando el principal componente herbáceo son especies anuales, las cuales dependen de las condiciones ambientales para restablecerse cada año, la inestabilidad productiva así como la susceptibilidad a las invasiones de malezas serían mayores.

En resumen, encontramos que el control de la apertura del canopy arbóreo a través de la práctica silvícola de raleo y la incorporación de gramíneas forrajeras templadas mejoraron sinérgicamente la composición, producción y estabilidad forrajera del sotobosque.

## CONCLUSIONES

El aumento de la actividad silvopastoril en plantaciones forestales de Salicáceas en la región del Delta del río Paraná requiere el planteo de una cadena forrajera que permita un uso ganadero sustentable de estos sistemas, optimizando la producción ganadera y forestal. El diseño de la arquitectura del dosel resulta de suma importancia para planificar el aprovechamiento maderero y la actividad ganadera. Las técnicas de manejo recomendadas para aumentar la productividad y mantener una mayor cobertura con vegetación herbácea nativa y/o la siembra de forrajeras tolerantes al sombreado, pueden evitar la erosión de los suelos que por su naturaleza y origen son frágiles. Asimismo, es fundamental estimar la capacidad de carga de cada situación particular y ejercer un control del pastoreo que garantice el uso adecuado y el equilibrio entre los componentes de los SSP de la región.

# PROYECTO DE INVESTIGACION APLICADA (PIA 10117)

## Estudio de un sistema silvo-apícola-pastoril como alternativa de diversificación productiva en el centro-oeste de la provincia de Buenos Aires

Ferrere, P<sup>1</sup>; Gurini, L<sup>2</sup>; Lopez, C<sup>2</sup>;Palacio A<sup>3</sup>; Millanes, A<sup>1</sup>.

### INTRODUCCION

Los sistemas de uso múltiple, permiten optimizar la utilización de los recursos naturales, aspecto que se hace crítico a medida que las limitantes para la producción son mayores. Los sistemas silvo-apícolas-pastoriles (SAP) permitirían diversificar la producción, generando madera, miel y forraje en un mismo ambiente, en un marco de sustentabilidad económica, ambiental y social.

Si bien el centro oeste de la provincia de Buenos Aires, no presenta árboles en su constitución original, un sinnúmero de especies exóticas se han aclimatado exitosamente, presentando altas tasas de crecimiento y constituyendo una fuente de madera que en el inicio de la colonización aportó bienestar al desarrollo de la zona. En los últimos años, con el avance de la frontera agrícola y la ausencia de manejo y repoblación de las masas forestales, dicho recurso perdió su valor y muchos establecimientos tratan de eliminar sus montes.

De la misma manera, la apicultura se ve seriamente amenazada al reducirse la superficie de campo natural y de pasturas implantadas, y la ganadería ha sido marginada a los sitios menos productivos.

Lograr montes productivos, reimplantar los recursos forrajeros de valor y mantener el capital apícola, constituyen objetivos deseables desde el punto de vista de la sustentabilidad económica, ambiental y social.

Con esta visión, se propuso generar información mediante la instalación de un sistema combinado de producción forrajera, apícola y forestal, que permita ofrecer herramientas para la toma de decisiones de alternativas productivas viables y sustentables para el centro oeste de la provincia de Buenos Aires.

La hipótesis del trabajo fue la siguiente: La combinación deliberada de especies forestales con forrajeras de doble propósito permite incrementar significativamente la producción del apiario y optimizar el uso de los recursos.

### MATERIALES Y METODOS

Caracterización del sitio: El ensayo se instaló en el año 2011 en un lote perteneciente a la escuela M.C. y M. L. Inchausti perteneciente a la Facultad de Veterinaria y Ciencias Agrarias y Forestales de la Universidad Nacional de La Plata, situado en Valdés, partido de 25 de Mayo, provincia de Buenos Aires. (S 35° 35' 38,0'' - W 60° 33' 46,5'').

Descripción edafoclimática: El suelo fue clasificado como Hapludoléntico perteneciente a la serie Norumbega, originado a partir de materiales eólicos arenosos con un perfil pobremente desarrollado y de textura franco-arenosa (INTA, 1993).

El clima del lugar se caracteriza como subhúmedo, con una precipitación media de 1060 mm, (serie histórica 1961–2009). Presenta un período lluvioso que abarca los meses primavera/estivales, y uno seco que comprende los meses invernales. La

1. AER INTA 9 de julio. Mitre 857, 9 de Julio (6500), Buenos Aires. ferrere.paula@inta.gob.ar.
2. EEA INTA Delta del Paraná
3. UI INTA EEA Balcarce

temperatura media anual es de 16,4 °C, con un período medio libre de heladas de 240 días, siendo de alrededor de 25 el número de días con heladas. Los vientos predominantes son del sector Noreste (NE), y en las épocas de sequía los del Sudoeste (SO) y del cuadrante Norte (N), con velocidades medias de 10 a 17 Km hora<sup>-1</sup>.

Diseño del ensayo: El Ensayo posee una superficie de 1 ha aproximadamente, extendido sobre 3 situaciones diferentes de relieve, loma, media loma y bajo inundable. Está constituido por tres componentes: forestal, apícola y pastoril. El componente forestal está representado por 6 especies: Acacia blanca (*Robinia pseudoacacia*), Fresno (*Fraxinus pennsylvanica*), Sauces (*Salix spp.*), Álamos (*Populus spp.*), *Eucalyptus camaldulensis* y *Eucalyptus viminalis*. Estas especies fueron seleccionadas por su aptitud apícola. Se plantaron 3 hileras de cada especie con un distanciamiento de 4 x 4 metros los Eucalyptus, 2.5 x 4 los Fresnos y las Salicáceas y 2 x 2 la acacia blanca. Se dejaron callejones de 8 metros entre las hileras de diferentes especies, en los cuales se sembró alfalfa (*Medicago sativa*). En uno de los callejones se instaló el apiario. (Figura 1).

Figura 1. Diseño de ensayo.

**FIGURA 1.**

	LOMA	MEDIA LOMA	BAJO
<i>Salix sp.</i>			4 X 2.5
			8m
<i>Populus sp.</i>			4 X 2.5
			APIARIO
<i>Fraxinus pennsylvanica</i>			4 X 2.5
<i>Robinia pseudoacacia</i>			2X2
			Callejón: <i>Medicago sativa</i>
<i>Eucalyptus camaldulensis</i>			4X4
			Callejón: <i>Medicago sativa</i>
<i>Eucalyptus Viminalis</i>			4X4

**Muestreos de pasturas:** Se tomaron 5 muestras de situación de relieve (loma, media loma y bajo), con aros de 0.25 m<sup>2</sup>. Las 15 muestras se pesaron, para determinar su peso húmedo y se llevaron a estufa a 60°C, hasta peso constante (peso seco). Se instaló un apiario de 10 colmenas en el callejón que separa los álamos de los fresnos.

**Mediciones dasométricas:** Se midió la altura de los árboles y el DAP a los que superaban 1.30 m de altura (sauces y álamos).

**Muestreo de polen y miel:** Se colocaron trampas de polen permanentes en 5 colmenas del apiario. A partir del mes de octubre se realizaron muestreos periódicos de polen y miel. Las muestras de polen fueron secadas a 37°C en estufa hasta peso constante y enviadas al laboratorio de INTA Rafaela, al igual que las muestras de miel, para determinar el origen botánico (OB) en ambos tipos de muestras, por la técnica de Melisopalinología (Louveau et al., 1978). El % de proteína bruta (%PB) de las muestras de polen se determinó mediante AOAC, 1998 N°976.05.

## RESULTADOS

**Análisis de origen botánico en polen:** Se registraron en total 34 tipos polínicos pertenecientes a 22 familias botánicas, de los cuales 11 fueron identificados a nivel de especie, 15 a nivel de género y 8 a nivel de familia. La familia Fabaceae fue la que presentó el mayor número de especies y/o géneros. Coincidiendo con la bibliografía, que indica la predilección de las abejas por el género Eucalyptus, se encontró este tipo polínico en todas las fechas muestreadas, en % que variaron entre 10 y 73 %.

Se encontraron en promedio 12 tipos polínicos por muestreo lo que representa una importante diversidad, siendo mayor en el primer muestreo de octubre y menor en el muestreo correspondiente al 31 de enero.

**Análisis de origen botánico en Miel:** Se determinaron 28 tipos polínicos, 13 a nivel de géneros, 10 a nivel de especies y 5 a nivel de familias, agrupados en 13 familias Cambié de orden las últimas palabras. Los géneros *Brassica*, *Eucalyptus* y *Trifolium* pertenecen al rango de tipos polínicos “muy frecuentes” debido a que están presentes en más del 50 % de las muestras realizadas.

**Disponibilidad forrajera:** La producción anual promedio fue mayor en la situación de media loma en las 3 temporadas de muestreo siendo mayor en la temporada 2012-2013 (2069 kg Ms.ha<sup>-1</sup>). Esto puede deberse a que en el año 2012 las precipitaciones fueron de 1475 mm. Lo mismo ocurrió en la situación de “loma”, donde la producción promedio anual fue mayor en la temporada 2012-2013 (1839 kg MS.ha<sup>-1</sup>). En la situación de bajo la productividad promedio anual fue mayor en la temporada 2013-2014 (1570 kg MS.ha<sup>-1</sup>), lo que podría deberse a que las abundantes precipitaciones del año 2012 provocaron la inundación de este sector y con ello la disminución en la producción.

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES:

El ensayo silvo-apícola pastoril constituye una innovación para los sistemas productivos de la región, que indudablemente debe continuar estudiándose. Los resultados preliminares encontrados hasta el momento permiten inferir que las especies forestales seleccionadas presentan un excelente crecimiento adaptado a la región. De las especies seleccionadas, *Salix*, *E. camaldulensis* y *Robinia pseudo-acacia* comenzaron su floración durante el desarrollo del proyecto.

Dado que poseen un crecimiento inicial diferente, se podría recomendar la conformación de montes y/o cortinas forestales, que contemplen una o dos especies forestales para simplificar el manejo. Las salicáceas permiten la obtención de una floración temprana y serían aptas para iniciar el pastoreo a principios del tercer año de implantación

En cuanto al rendimiento forrajero, si bien se alcanzaron niveles aceptables, se encuentran lejos del potencial de la región. La incorporación de un manejo tecnológico, tal como insecticidas biológicos para el control de plagas en alfalfa, la fertilización a mitad de ciclo, la resiembra de pasturas seguramente permitirán mejorar la disponibilidad de materia seca. En la finalización del ciclo comienza a vislumbrarse una disminución entre las filas de árboles, con lo cual se podría recomendar -en un segundo ciclo de pastura- la siembra de alguna poaceae como el pasto ovillo (*Dactylis glomerata*) que tolere mayores niveles de sombreado.

Los muestreos de miel y polen arrojaron una multiplicidad de especies utilizadas por las abejas, lo que indicaría una gran variedad floral en el medio en que se encuentran las colmenas. Las especies correspondientes al tipo polínico “muy frecuentes” fueron *Brassica*, *Eucalyptus* y *Trifolium*, estas dos últimas de interés comercial, mientras que la primera corresponde a una maleza habitual en la zona. En cuanto a los porcentajes de proteína en polen, fueron adecuados para mantener los requerimientos nutricionales de la colmena.

La falta de aplicación de plaguicidas en las inmediaciones del ensayo permitió la proliferación de un gran número de especies comúnmente halladas en la zona, pero que se han visto confinadas a zonas reducidas con el avance de la frontera agrícola.

## PROYECTO DE INVESTIGACION APLICADA (PIA 12008)

### Caracterización de los componentes y análisis de las interacciones en sistemas silvopastoriles con pino híbrido sobre suelos arenosos de la provincia de Corrientes

Responsable: Goldfarb, M.C. Participantes: Faggioli, V. S.; Sanabria, M.C.; Núñez, F.; Quirós Villalba, O.G.; Aranda, R.

## INTRODUCCIÓN

En la provincia Corrientes gran parte de los sistemas silvopastoriles (SSP) se plantan sobre suelos arenosos porque tienen buen potencial ganadero y forestal; ocupan 2 millones/has, se extienden de norte a sur conformando la agroecoregión "cordones arenosos y antiguos cauces". En ellos se implantan pasturas y crecen pastizales con buen valor forrajero, producción de biomasa, biodiversidad y valor pastoral. Son ácidos, susceptibles a degradación con escasa materia orgánica y nutrientes esenciales. Falta información local sobre cómo estos SSP con pino híbrido *Pinus elliottii* var. *elliottii* x *P. caribaea* var *Hondurensis* modifican el ambiente físico-químico y biológico del suelo, la interacción entre los componentes y como intervienen en la estabilidad del sistema. A corto plazo, los cambios físicos, químicos y biológicos en el suelo causados por las actividades forestales y la extracción de restos de corta representan una amenaza para la productividad forestal; en particular en superficies extensas forestadas sobre suelos frágiles y susceptibles a la degradación. Una gestión forestal sustentable necesita conocimientos sobre los procesos de cambios y las interacciones entre los componentes del sistema, para adoptar prácticas de manejo en la gestión forestal que eviten o reduzcan esas amenazas y procesos de deterioros. Los objetivos del trabajo fueron medir en un SSP de pino híbrido (*Pinus elliottii* var *elliottii* x *P. caribaea* var *hondurensis*) con diferentes edades de plantación: **1.** En el suelo variables físicas y químicas; **2.** La biomasa microbiana (*BiMi*) del suelo y cambios generados por el pino; **3.** La persistencia productiva del componente forrajero en términos de la composición botánica (CB %), aporte de las especies dominantes (Es %), disponibilidad total (Dt/kgMS.ha<sup>-1</sup>), de las raíces (Dr/MS. kg.ha<sup>-1</sup>), el depósito acículas (Ac/kgMS.ha<sup>-1</sup>), mantillo (Mn/kgMS.ha<sup>-1</sup>) y el valor pastoral (INTECO); **4.** La (RAF) expresada en cantidad y distribución de luz incidente bajo el dosel arbóreo y las variables dasométricas.

## MATERIALES Y METODOS

Se instaló el ensayo en un SSP de pino híbrido (*Pinus elliottii* var *elliottii* x *P. caribaea* var *hondurensis*) plantado en un pastizal con *Andropogon lateralis* sobre un suelo arenoso, *Psamacuente spódico* con bajos contenidos de materia orgánica y nutrientes, débilmente ácidos y excesos de humedad con sobresaturación por tiempos prolongados por lluvias (Escobar et al., 1996). El clima de Corrientes fue clasificado como subtropical sin estación seca, el promedio de lluvias es de 1291mm (serie histórica 1890/2014) (Papadakis, 1975). Los tratamientos fueron los años de plantación del pino: T1=2006, T2=2007, T3=2008, T4=2009, T5=2010 y T6=2011, en líneas dobles de 4m\*2.5m y 12 metros de calle, un diseño con tres repeticiones y transectas para el muestreo sistemático (DMS) con arranque aleatorio en cada tratamiento. En cada

repetición se instalaron dos transectas de 100m c/u, una entre las líneas dobles de plantación del pino (L) y otra en la calle (C) que las separan. En la Fecha 1=14/05/13, Fecha 2=27/08/13; Fecha 3=12/12/13 y Fecha 4=10/04/14 se midieron: **1.** El pH, MO (%), P(ppm), Ca(cmol/kg), Mg(cmol/kg), K(cmol/kg), Na(cmol/kg). CE (Mmho/cm) y Al (cmol/kg), en muestras de suelos extraídas sobre las transectas, cada 10 m con un barreno a dos profundidades de 0-10 cm y de 10-20 cm. **2.** El carbono de la biomasa microbiana BiMi expresada en microgramos de carbono por gramo de suelo seco ( $\mu\text{gC}\cdot\text{g}^{-1}\text{ss}$ ); el dato de suelo fue corregido por el factor de humedad que contenían las muestras de suelo las que se extraían sobre las transectas, cada 10 m con un barreno hasta 20 cm de profundidad. Se secaron a temperatura ambiente hasta peso constante y analizaron en el laboratorio de suelos del INTA EEA Marcos Juárez, Córdoba. Se determinó el carbono de la BiMi por el método de fumigación – extracción propuesto por Vance et al., (1987). **3.** Se utilizó un marco (50cm\*50cm) como estaciones de lectura cada 10 metros sobre cada transecta en las que se midió la DEs por cortes a 5 cm de altura, colectaron Ac y Mn depositados, la CB % con el método de los rangos en peso seco (DWRM Tothil, 1978) que agrupa según un criterio forrajero, las especies en: Gramíneas, Ciperáceas, Leguminosas y las restantes latifoliadas o definidas como “Otras familias” y el valor pastoral con el INTECO. Este detecta los cambios y condición del tapiz mediante la composición botánica que resulta del manejo aplicado o eventos climáticos. Calcula el valor pastoral clasificando a las especies agrupadas en los cuatro grupos con criterio forrajero, en 5 tipos productivos y les asigna valores al Índice según el tapiz este compuesto por especies finas o de pasturas=161 a 200, tiernas=131a 160, ordinarias=91a 130, duras=41 a 90 y por especies de escaso a nulo valor forrajero o malezas=10 a 40. Estos tipos fueron definidos por Rosengurtt (1979) observando la preferencia animal, el grado de terneza, la calidad de cada especie y el ciclo de crecimiento. La CB, Es e INTECO se analizaron con el software “HAEVE”; aplicó un ANOVA y Duncan ( $p>0.05$ ) para la comparación de medias. **4.** La RAF luz incidente bajo el dosel arbóreo se midió con un Ceptómetro dual de lectura directa en flujo de fotones ( $\text{RAD}=\text{XX } \mu\text{MOL m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ ), cuya barra de lectura registraba bajo el dosel en forma simultánea con un radiómetro instalado a cielo abierto, conectados ambos mediante un cable de 100 metros. En cada repetición se registró en total 1800 puntos/tratamiento entre las líneas (L) dobles de plantación del pino, en las calles (C) que las separan y cruzando la calle hasta la siguiente línea doble (L+C). En los árboles presentes sobre las mismas transectas se midió Alt=altura total y DAP=Diámetro Altura del pecho.

## RESULTADOS Y DISCUSION

**1.** El pH, Fósforo y Al variaron ( $p<0.05$ ) entre tratamientos, fechas; L, C y profundidades. El pH disminuyó 0,5 unidades/año y el Al aumentó 0,3unidades/año, ambos proporcionalmente con la edad de plantación ( $T6<T1$ ), lo que no se observó en el resto de los elementos. Los contenidos de MO y resto de elementos fueron muy bajos, no variaron entre tratamientos, profundidades, en L, C y no se observó una relacionan con la edad de plantación. En estos suelos, más acidez y Al, afectan la disponibilidad de nutrientes especialmente fósforo, calcio y magnesio acentuando las limitaciones impuestas por la escasa fertilidad propias de los mismos. En el cuadro 1 se muestran las variables de mayor impacto entre tratamientos, profundidades, Líneas (L) y Calles (C)

**CUADRO 1**

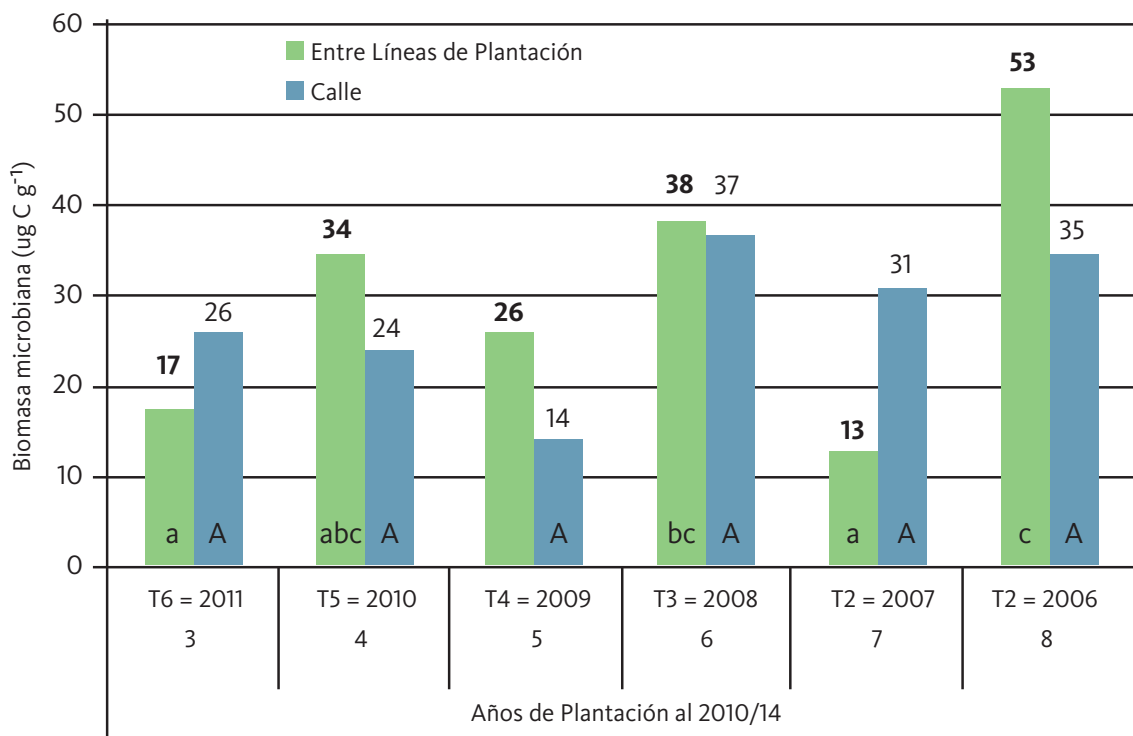
Sector	T1=2006				T6=2011			
	Linea (L)		Calle (C)		Linea (L)		Calle (C)	
Prof. (cm)	0-10	10-20	0-10	10-20	0-10	10-20	0-10	10-20
pH	4,96 a	4,97 a	5,08 a	5,09 a	5,57 b	5,48 a	5,64 b	5,49 a
P ppm	4,21 a	1,93 a	3,20 a	1,72 a	4,83 a	2,48 a	3,80 a	2,04 a
MO%	0,77 a	0,55 a	0,73 a	0,54 a	0,64 a	0,58 a	0,69 a	0,54 a
AL cmol/Kg	0,14 b	0,18 b	0,12 b	0,13 b	0,00 b	0,00 a	0,00 a	0,00 a

**Cuadro 1.** Profundidad, pH, Fosforo (ppm), MO%, Al (cmol/kg) en T1=2006 y T6=2011. Medias con letras diferentes entre las columnas son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ ).

Medias con letras diferentes son significativamente diferentes ( $p < 0,05$ ) entre tratamientos en C (Mayúsculas) y L (minúsculas) **Figura 1.** (BiMi  $\text{ugC.g}^{-1}$ ) en tratamientos, calles y líneas de plantación y edad del pino.

2. La BiMi ( $\text{ugC.g}^{-1}$ ) varió entre tratamientos ( $p < 0,05$ ) T1=43,79(b), T2=21,91(a), T3=37,51 (ab); T4=20,14 (a); T5=29,09 (ab) y T6=21,72 (a); y aumentó con la edad del pino híbrido. Entre las líneas de plantación, la BiMi fue mayor que en las calles. No hubo diferencias entre las fechas. En T1=8años vs T6=3años de plantación, se incrementó un 100%; variando desde 21,72 ( $\text{ugC.g}^{-1}$ ) en T6 hasta 43,79 ( $\text{ugC.g}^{-1}$ ) en T1. El aporte del estrato herbáceo, acumulación de raíces, el depósito de acículas; los residuos de podas y raleos explicarían el aumento de la BiMi con la edad del pino. Se comparó la BiMi ( $\text{ugC.g}^{-1}$ ) entre fechas F1=24,01(a); F2=37,46(a), F3=22,36(a) y F4=32,27(a); aunque estos resultados no fueron estadísticamente significativos ( $p < 0,05$ ), se registró un incremento de 3,58 ( $\text{ugC.g}^{-1}$ ) entre fechas lo que significa un 20% del valor registrado desde el inicio del ensayo. Aunque estos resultados son preliminares representan un punto de partida para futuras investigaciones porque muestran la tendencia que la BiMi aumentó en el SSP con la edad del pino y que esta sería mayor entre las líneas de plantación donde los árboles ejercerían más efecto. En la figura 1 se muestra BiMi ( $\text{ugC.g}^{-1}$ ) comparando en tratamientos las L y C.

**FIGURA 1.**





3. En el cuadro 2 se muestra la Dt, Dr, la acumulación Ac y Mn (MS.kg.ha<sup>-1</sup>) promedio de fechas en cada tratamiento y entre las líneas de plantación (L) y calles (C).

**CUADRO 2**

Trat/Año	Sector	MS.Kg/ha <sup>-1</sup>			
		Total=Dt	Radical=Dt	Mantillo=Mn	Acículas=Ac
1/2006	Calle	1.316	4.685	740	572
	Línea	2.570	3.241	2.869	1.943
2/2007	Calle	5.870	6.879	1.059	79
	Línea	6.633	3.369	2.488	266
3/2008	Calle	2.739	8.422	690	76
	Línea	13.378	2.449	5.742	413
4/2009	Calle	3.225	4.784	847	8
	Línea	7.429	2.647	2.476	440
5/2010	Calle	4.492	4.912	2.956	0
	Línea	6.836	4.176	4.550	219
6/2011	Calle	7.008	10.078	5.878	0
	Línea	14.880	5.279	4.095	0

**CUADRO 3**

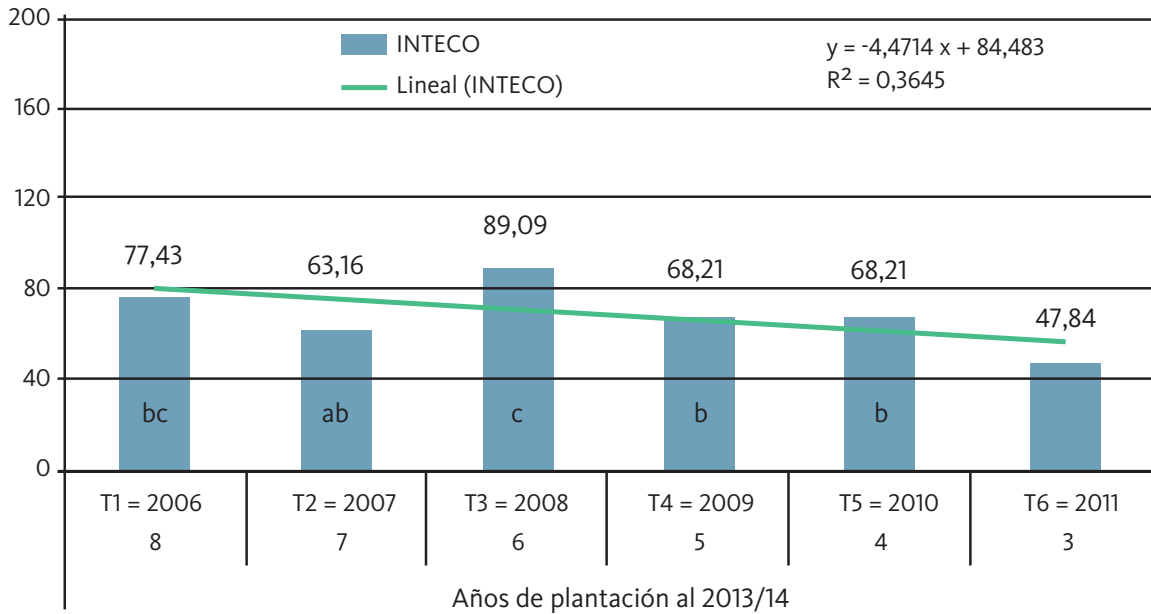
Trat/Año plantación	Atributo forrajero				
	Fina	Tierna	Dura	Ordinaria	Maleza
T1=2006	0 a	39 b	11 ab	38 c	10 ab
T2=2007	11 a	18 a	10 a	54 b	4 a
T3=2008	20 bc	10 a	10 ab	47 c	8 a
T4=2009	14 a	20 ab	11 ab	47 b	8 a
T5=2010	16 ab	12 ab	35 c	30 b	7 a
T6=2011	0 a	10 ab	12 ab	75 b	3 a

El INTECO varió ( $p > 0.05$ ) entre tratamientos y fechas acorde con el ciclo de crecimiento de las especies dominantes del pastizal y aumentó con la edad de plantación del pino híbrido T1 > T6 (Figura 2). Esto se explicaría porque en el mismo sentido aumentó el aporte de las especies finas y tiernas, con mejor valor forrajero. En T6 la clausura - 2 años - pre inicio del pastoreo, contribuyó a que la Dt lo componían especies ordinarias y duras. Todos los tratamientos fueron clausurados como T6 pero el efecto del pastoreo en términos de cargas aplicadas no se evaluó, condición generalizada en los SSP difundidos en Corrientes. Esta variable explicaría la persistencia productiva del recurso forrajero durante el ciclo ganadero hasta la tala del bosque. De igual forma como responde el componente forrajero a sucesivos ciclos forestales es otra línea de investigación que se debería evaluar considerando el valor de estos pastizales.

**Cuadro 2.** Dt, Dr, Ac y Mn (MS.kg.ha<sup>-1</sup>) promedio de fechas, en (L) y (C). La Dt y Dr disminuyeron con la edad del pino. La acumulación del Mn disminuyó y las Ac aumentaron con la edad del pino. En T5 y T4 se recolectaron Ac únicamente en las líneas, en T6 no hubo material depositado. *Andropogon lateralis* fue la especie dominante por disponibilidad (kgMS.ha<sup>-1</sup>) y aporte (%). *Paspalum nicorae*, *Paspalum notatum* y *Axonopus argentinus*, especies tiernas del pastizal, fueron registradas en todos los tratamientos. Otras especies finas y tiernas, con menor aporte, fueron registradas en T1, T2 Y T5. El aporte de las especies duras y ordinarias disminuyó y las tiernas aumentaron, del T6 al T1. El aporte de las malezas se mantuvo entre tratamientos/años y por debajo del 10 % lo que indica un pastizal sin deterioro. En el cuadro 3 se muestra el aporte (%) a la Dt.MS.kg. ha<sup>-1</sup> según el atributo forrajero.

**Cuadro 3.** Aporte (%) a la (Dt.MS.kg.ha<sup>-1</sup>) según el atributo forrajero en los tratamientos. Medias con letras diferentes entre las columnas son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ ).

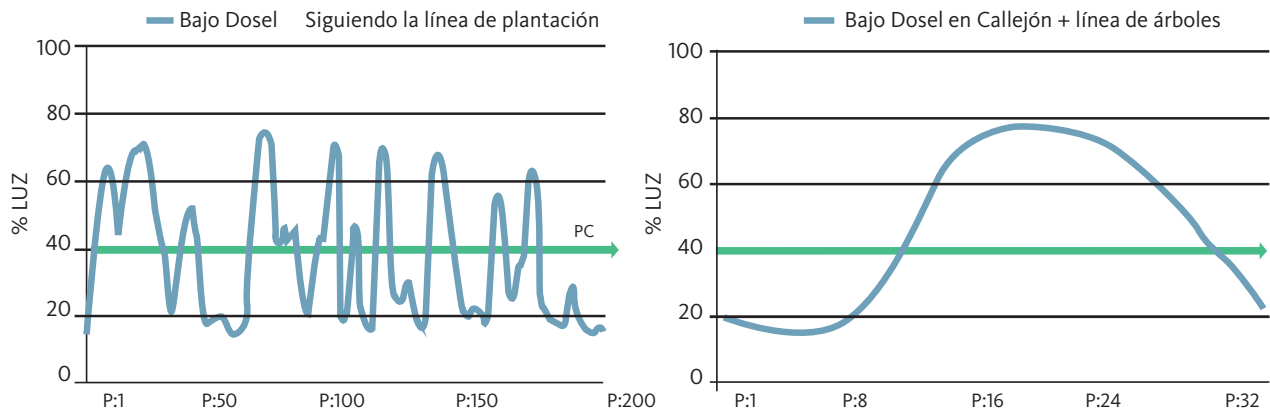
**FIGURA 2.**



Letras distintas indican diferencias significativas ( $p > 0,05$ ) entre columnas.

**Figura 2.** INTECO, años de plantación, línea y ecuación de regresión lineal.

4. La Atl y DAP fue en T1=13-20; T2=18-21; T3=10-19; T4=9-18; T5=7-16 Y T6=3-10 respectivamente. La luz incidente bajo el dosel arbóreo varió ( $p < 0,05$ ) entre L=53%(b) vs C=57%(c) vs L+C=46 % (a), fechas: F1=53 % (b), F2=58 % (c), F3=46% (a) y F4=60% (d) y tratamientos: T1=48% (b), T2=49% (c), T3=57% (d), T4=47% (a), T5=60% (e) y T6=56% (d). En las fotos 1 y 2 se muestra como se midió la luz.



Entre líneas de plantación y calle (L y C). Desde línea hasta línea cruzando la calle (L+C)

La cantidad y distribución de luz incidente varió con la edad y altura del pino, manejo forestal, fechas y formas de medición. En la figura 3 se muestra la luz incidente por tratamiento, altura, edad del pino comparado con el nivel crítico (40 %). Este nivel se considera como límite para el crecimiento de las especies del pastizal.

El diseño de plantación, en líneas dobles con calles de 12 metros permitió que la cantidad de luz incidente supere este nivel aún en T1 y T2 con árboles de mayor altura.

FIGURA 3.

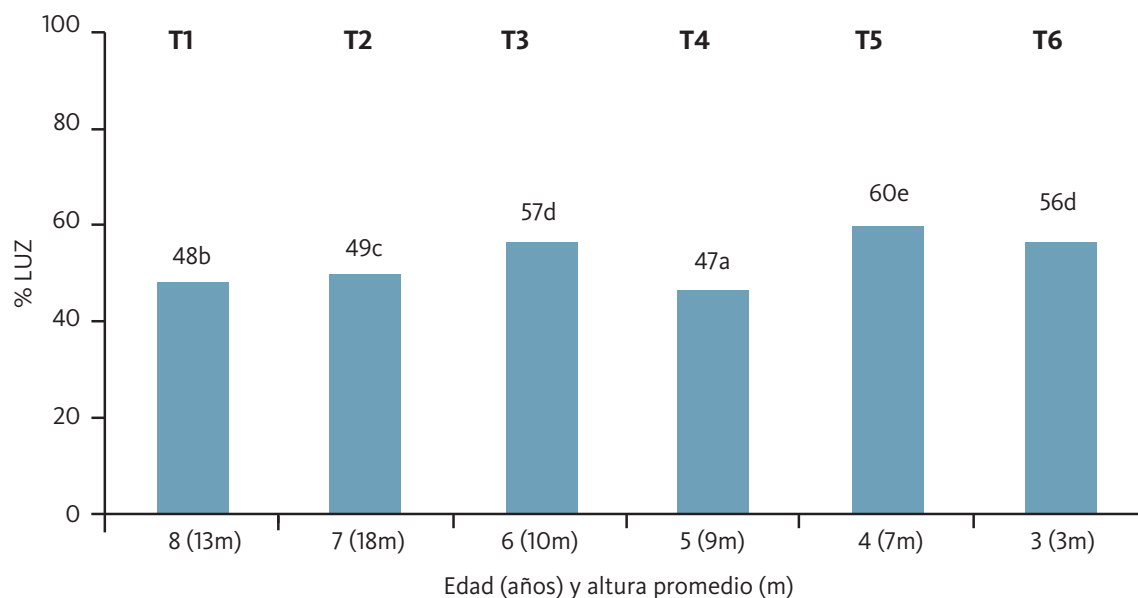


Figura 3. Luz incidente promedio por tratamiento, Alt y edad del pino.

## CONCLUSIONES

Al finalizar cada ciclo forestal, se sugiere, un diagnóstico de la condición del suelo para adoptar manejos y/o sistemas de producción que no afecten la fertilidad ni acentúen las limitantes propias. La biomasa microbiana aumentó con los años de plantación del pino. Entre las líneas la cantidad de biomasa microbiana fue mayor que en las calles. No se observaron diferencias entre las fechas de medición. La edad de plantación del pino híbrido modificó la composición botánica, disponibilidad de las especies y el valor pastoral del componente forrajero del SSP. Aumentó el aporte y la disponibilidad de las especies tiernas y con mejor valor forrajero en el SSP con 8 años de plantación. La clausura del lote, desde la plantación hasta el inicio del ciclo ganadero aumentó el aporte y disponibilidad especies ordinarias y duras con menor valor forrajero. Se destaca la importancia de la luz incidente bajo el dosel arbóreo RAF como herramienta para decidir el manejo forestal del SSP y mantener el componente forrajero en producción. En SSP con líneas dobles y calles de 12 metros la cantidad de luz superó el nivel crítico.

## AGRADECIMIENTOS

Se agradece a la Empresa Zeni SA – Malvinas Esquina – donde se instaló el ensayo. Trabajo financiado por la UCAR .PIA-12008.

## PROYECTO DE INVESTIGACION APLICADA (PIA 12032)

### Alternativas de modelos silvopastoriles en forestaciones de *Populus spp.* en zonas bajo riego en Mendoza

Calderón, A.D.; Rébora, C.; Bustamante J.A.; Tacchini F.; Robledo, S.<sup>1</sup>; Ochoa, M.; Tondi, M. y Araya, O.<sup>2</sup>

## INTRODUCCIÓN

El cultivo de forestales en particular el de *Populus spp.* en zonas bajo riego requiere de plazos generalmente superiores a los 10 años para lograr el retorno del capital invertido en el desarrollo de esta actividad. Por esta circunstancia surge la necesidad de tener alternativas de ingresos antes del turno de corta del forestal y una de ellas sería la incorporación de pasturas dentro del bosque para la alimentación del ganado. Uno de los problemas planteados es que no se conoce claramente el retorno económico que se puede alcanzar con esta actividad ni tampoco la influencia de los cultivos de pasturas sobre el bosque de álamos en las zonas bajo riego.

## OBJETIVOS

El **objetivo** general de este proyecto es evaluar alternativas de modelos silvopastoriles en forestaciones de *Populus spp.* en zonas bajo riego de Mendoza. De este objetivo principal derivan tres objetivos específicos importantes: **1)** Evaluar la respuesta de las forestaciones de álamos a las distintas alternativas de modelos silvopastoriles, **2)** Evaluar la respuesta de las pasturas bajo la influencia del bosque y **3)** Estimar la producción potencial de carne en forma indirecta en base a la cantidad y calidad del forraje.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El proyecto se desarrolla en dos sitios distintos de la provincia de Mendoza: uno en el departamento de Tunuyán y el otro en el departamento de San Rafael.



Vista general en Tunuyán



Vista general en San Rafael

En **Tunuyán** el ensayo se instaló un bosque de álamo *Populus x canadensis* 'Conti-12', establecido a un distanciamiento de 5 x 4 metros y a partir de su 3º año se evalúa su crecimiento y el de las pasturas en 3 tratamientos: rastrojo convencional (sin pasturas), mantenimiento de la vegetación espontánea y pastura polifítica implantada. En este caso las especies sembradas fueron: *Trifolium repens*, *Festuca arundinacea*, *Dactylis glomerata* y *Bromus unioloides*

En **San Rafael**, el ensayo se desarrolla en el campo experimental del INTA Rama Caída en un bosque de álamos *Populus x canadensis* 'Conti-12' establecido a un distanciamiento de 6 x 4 m y de 1 año de edad se compara el crecimiento de los álamos y de las pasturas en 3 tratamientos: Rastrojo convencional (sin pasturas), Pastura pura de *Medicago sativa* y pastura polifítica compuesta por las siguientes especies: *Dactylis glomerata*, *Lolium multiflorum*, *Festuca arundinacea*, *Medicago sativa* y *Trifolium pratense*.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

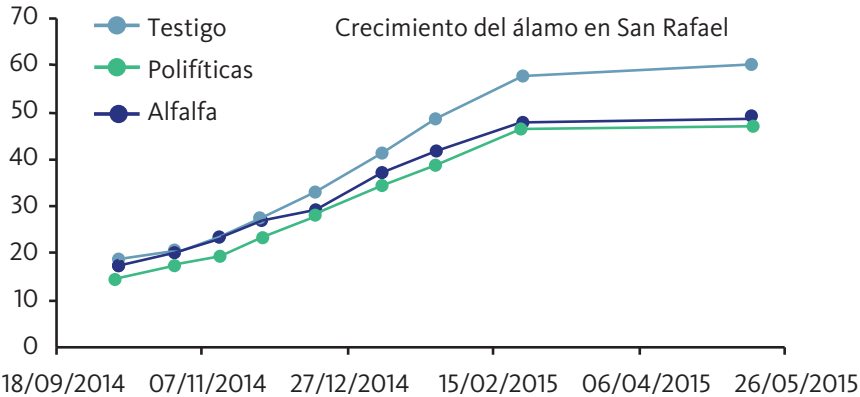
Este proyecto está en ejecución y por el momento se tiene la información del crecimiento de los álamos durante este primer ciclo y también el volumen y la calidad de la pastura producida.

1. FCA-UNCuyo – Mendoza –  
email: dasonomia@fca.uncu.edu.ar

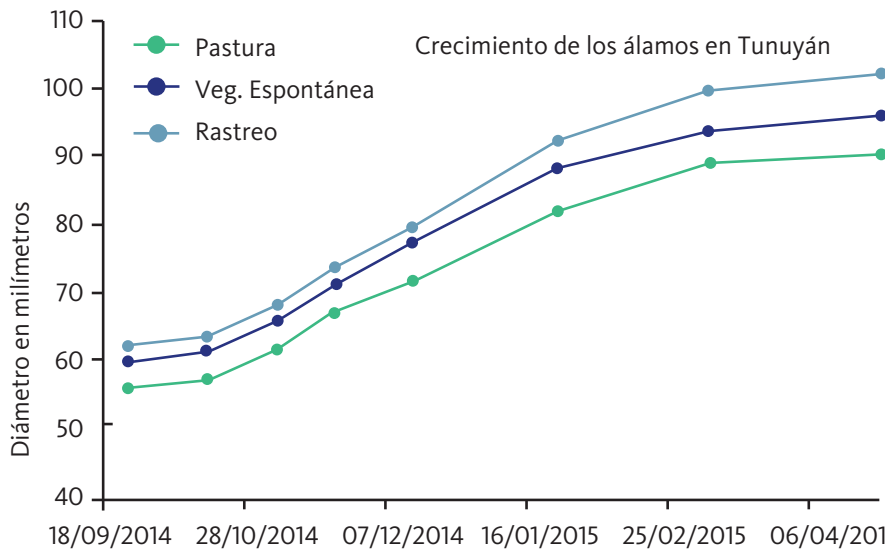
2. EEA – INTA – Rama Caída –  
San Rafael – Mendoza.

Los resultados al momento de estos ensayos pueden apreciarse en los gráficos expuestos a continuación.

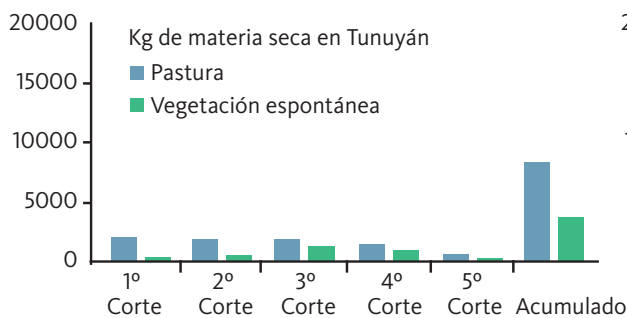
**GRÁFICO 1.**



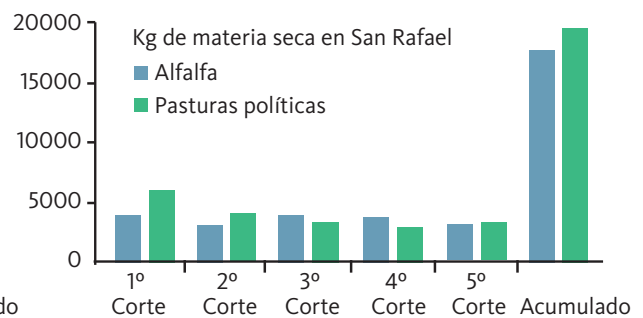
**GRÁFICO 2.**



**GRÁFICO 3.**



**GRÁFICO 4.**



Se han evaluado la calidad nutricional de las dos parcelas de ensayo, el resultado de los análisis correspondientes arrojó los siguientes resultados: Los porcentajes de Proteínas van del 14,45 al 27,71 %; el porcentaje de fibra detergente neutra de 38,72 a 52,10 %; el porcentaje de fibra detergente ácida del 34,16 al 40,88 %, materia grasa desde 2,16 a 2,58 % y Porcentaje de cenizas desde 11,89 a 15,38.

En la tabla siguiente se muestran los valores equivalentes en kg de carne por ha y por año para cada tratamiento basado en el peso de materia seca y los valores nutricionales de las pasturas:

TABLA 1					
SAN RAFAEL-INTA RAMA CAÍDA					
Alfalfa			Pasturas polifíticas		
Producción en Kg de Materia seca por ha.	Conversión alimenticia esperada	Producción esperada Kg de novillo	Producción en Kg de Materia seca por ha.	Conversión alimenticia esperada	Producción esperada Kg de novillo
17800	12,7	1403,6	19566	13,2	1481,1

TUNUYÁN-GUILLAMÓN					
Pasturas polifíticas			Vegeatación espontánea		
Producción en Kg de Materia seca por ha.	Conversión alimenticia esperada	Producción esperada Kg de novillo	Producción en Kg de Materia seca por ha.	Conversión alimenticia esperada	Producción esperada Kg de novillo
8514,36	13,2	646,7	3798,03	15	252,4

**Tabla 1:** Producción equivalente en kg. de carne por ha.año<sup>-1</sup>

## CONCLUSIONES Y DISCUSIÓN

Con los resultados obtenidos hasta la fecha se puede observar que hay diferencias significativas entre los tratamientos en cuanto al crecimiento de los álamos, la media del crecimiento del álamo en todos los casos fue superior en el testigo, es decir aquel tratamiento que no tiene pasturas implantadas y donde se realiza un rastreo para mantener libre de malezas.

Otro aspecto interesante es la producción forrajera que puede alcanzarse en estos sistemas y el valor que agrega al emprendimiento forestal con respecto al que no tiene incorporado el componente forrajero.

También puede observarse una notable diferencia en la producción total de materia seca según el sitio, la producción en San Rafael fue muy superior a la de Tunuyán. Esto se supone puede deberse a las diferentes edades del bosque, las densidades de plantación y las condiciones ambientales para cada sitio.

Al finalizar el ciclo completo se hará el análisis estadístico respecto a la existencia o no de diferencias en el crecimiento del álamo y junto con los datos de las pasturas se hará una estimación de la rentabilidad económica del sistema silvopastoril.

Por supuesto que esta información es parcial y deberá continuarse con las mediciones y cálculos en los próximos ciclos vegetativos a fin de conocer y evaluar el sistema silvopastoril en todo el ciclo del forestal.

# PROYECTO DE INVESTIGACION APLICADA (PIA 12071)

## Producción primaria neta aérea, dinámica del agua y alelopatía en sistemas silvopastoriles del centro de Argentina

Plevich<sup>1</sup>, J. O.; Tarico J. C.; Fiandino S. I.; Utello, M.J.; De Prada, J. D.; Gyenge J. E. Novaira, A. y J. M. Cisneros.

### INTRODUCCIÓN

En el centro de Argentina, las tierras se encuentran sujetas a severos procesos de erosión hídrica con efectos no deseados dentro y fuera del establecimiento agropecuario y la expansión del cultivo de soja constituye una de las principales fuentes de emisión de gases efectos invernaderos que afectan el cambio climático. Para resolver estos problemas se requiere de sistemas de producción mixtos con menos gastos de energía, cultivos alternativos, tecnologías y prácticas de manejo de los recursos naturales enmarcados en el paradigma de la agricultura sostenible; entre todas ellas los sistemas silvopastoriles podrían ser una opción. Los sistemas silvopastoriles involucran la presencia de leñosas perennes e interactúan con especies forrajeras herbáceas y animales. Sin embargo cuando las leñosas y herbáceas comparten el mismo terreno, pueden presentarse entre ellas relaciones de facilitación y/o competencia. La competencia puede ser por radiación, agua y nutrientes, así como también por efectos alelopáticos entre componentes. En cambio la facilitación puede deberse, a la fijación y transferencia de nutrientes y el efecto de protección contra el viento que pueden ejercer las leñosas. El propósito de este proyecto fue analizar la producción de madera - forraje y las relaciones de competencia y facilitación más importantes en sistemas silvopastoriles en la llanura ondulada del suroeste de Córdoba.

### MATERIALES Y MÉTODOS

El trabajo se desarrolló en el campo de docencia y experimentación Pozo del Carril, perteneciente a la universidad Nacional de Río Cuarto, ubicado a los 32° 58' LS y 64° 40' LO, a 550 m.s.n.m, Dpto. Río Cuarto, Córdoba, Argentina. Para el periodo 2013-2014 el ensayo consideró seis sistemas silvopastoriles: **1) *Pinus elliotii-Avena sativa*** **2) *Pinus elliotii-Sorghum sudanense*** **3) *Eucalyptus-Avena sativa*** **4) *Eucalyptus viminalis-Sorghum sudanense*** **5) *Quercus robur-Avena sativa*** **6) *Quercus robur-Sorghum sudanense***. Los sistemas silvopastoriles estuvieron integrados por tres trincheras (dos filas apareadas cada una) de árboles de 15 años de edad, separadas por callejones de pastura de 20 metros. Dichas trincheras estuvieron divididas longitudinalmente en tres bloques. Cada bloque contenía tres parcelas de 20 plantas. Se estableció un testigo en un potrero vecino sin árboles con verdeos de *Avena sativa* y de *Sorghum sudanense*. En estos sistemas se estudió la producción primaria de madera y forraje, la dinámica del agua del suelo, y los efectos alelopáticos de los eucaliptos. Para estimar la producción de madera se realizó un inventario forestal, para lo que se calculó el área basimétrica (AB), el volumen real (Vr) y el incremento medio anual (IMA). Estas variables que reflejan la producción de madera en los diferentes sistemas fueron analizadas mediante la aplicación de modelos mixtos (Balzarini, 2006; Di Rienzo et al., 2009). Para determinar la distribución de la producción primaria neta aérea del verdeo de invierno (Avena) y el de verano (Sorgo) en los callejones de los sistemas silvopastoriles se tomaron muestras a diferentes distancias desde el fuste del árbol

<sup>1</sup>. Departamento de Producción Vegetal, Facultad de Agronomía y Veterinaria, Universidad Nacional de Río Cuarto. oplevich@ayv.unrc.edu.ar

y con diferentes exposiciones: (2,5 m - S; 5 m -S; 7,5 m -S; 10 m \_ centro del callejón; 7,5 m - N; 5 m - N y 2,5 m – N), atravesando el callejón en dirección N-S, mientras que en los testigos sin árboles se tomaran 7 muestras en forma aleatoria (Anexo; fig 1). En cada uno de estos puntos se tomó antes del inicio del pastoreo muestras de 0,5 m<sup>2</sup> de biomasa total (a ras del piso). Se realizaron 3 repeticiones y se tomaran dos submuestras en cada una de ellas. La biomasa total se dividió en dos categorías: **1) Material verde y 2) Material senescente**. Las muestras fueron llevadas a estufa a una temperatura de 60°C hasta peso constante para obtener la materia seca de cada uno de los componentes El análisis estadístico de los datos se realizó mediante análisis de la varianza bajo un diseño de parcelas divididas. Cuando se compararon los diferentes sistemas silvopastoriles la parcela principal estuvo representada por la especie leñosa y la subparcela por la distancia al fuste de los árboles, mientras que cuando se analizó la producción primaria neta aérea del forraje dentro de cada uno de los sistemas la parcela principal fue la exposición (N y S) y la distancia al fuste del árbol la subparcela (2,5 ;5 ;7,5 y 10 m).

Para determinar la distribución espacial y temporal del agua en el suelo en los sistemas silvopastoriles se tomaron muestras de humedad gravimétrica a diferentes distancias desde el fuste del árbol (2,5; 5; 7,5 y 10m) y en las pasturas sin árboles. Para cada punto a evaluar se efectuaran 3 repeticiones por cada horizonte del perfil de suelo y hasta 1 m de profundidad. La lámina de agua en el perfil del suelo se tomó al inicio y al final del ciclo de los verdeos. A partir de la humedad gravimétrica del suelo y utilizando método propuesto por Gil et al. 1993 esos valores fueron expresados lamina en agua útil para las plantas (mm). El análisis de varianza se realizó bajo un diseño de parcelas divididas, considerando la parcela principal a la especie leñosa del sistema silvopastoril y la subparcela la distancia desde el fuste de los árboles (Infostat, 2008).

Para comprobar la presencia de alelopatía periódicamente se obtuvieron extractos alelopáticos de hoja y de suelo de los sistemas silvopastoriles con eucaliptos para contar con el volumen necesario para regar macetas donde crecía *Avena sativa*. Las macetas, se dispusieron en un sector del vivero agroforestal con que cuenta la FAV-UNRC. Para ello se prepararon 60 macetas de polietileno de un volumen de 540 cm<sup>3</sup>. Luego, 20 macetas fueron regadas con el extracto de suelo, 20 con extracto de hojas y 20 con agua de perforación (testigo). Durante el desarrollo del cultivo, se midió periódicamente la altura de cada planta y al finalizar el ensayo (estadio fenológico de grano lechoso) se seleccionaran 10 ejemplares al azar y se determinó la biomasa aérea y radicular. Esta biomasa fue llevada a estufa durante 48 horas, a una temperatura de 100°C para obtener resultados de materia seca producida. Para medir la presencia y efectos de alelopatía se utilizó la proporción de crecimiento en relación al testigo.  $P_c = C/T$ ; donde C es el valor de la variable medida en el tratamiento (Altura; biomasa) y T es el valor de las variables medidas en el testigo. Para analizar los datos se utilizó un ANOVA y las diferencias entre medias se evaluaron mediante el test DGC (Infostat, 2008).

## RESULTADOS

En relación a la producción de madera, *Eucalyptus viminalis* al ser una especie de rápido crecimiento alcanzó el mayor IMA alcanzando los 20 m<sup>3</sup>ha<sup>-1</sup>año<sup>-1</sup>. Para *Pinus elliottii* y *Quercus robur*, los IMA fueron significativamente menores, 2,67 y 1,67 m<sup>3</sup>ha<sup>-1</sup>año<sup>-1</sup> respectivamente para los primeros 15 años. Los bajos incrementos



medios observados en los árboles podrían explicarse en parte por el daño a sus copas provocado por precipitaciones solidas (piedras), que ocurrieron en cuatro oportunidades durante los 15 años que llevan implantadas las especies (Anexo; Tabla1).

En los sistemas silvopastoriles no se advirtió que los árboles tuvieran un efecto neto facilitador sobre los verdeos (Anexo; gráfico 1) como han encontrado otros investigadores en ambiente semiáridos (Fernández, 2003), sino que se observó una marcada competencia. De esta manera, la producción de *A. sativa cv. Cristal* tanto en el primer como segundo pastoreo, durante el otoño, invierno y parte de la primavera fue significativamente inferior cuando creció en los sistemas silvopastoriles que cuando lo hizo en el testigo sin árboles. *Shorgum sudanense* Var. Kuntur INTA Peman tuvo un comportamiento semejante a avena, durante su primer ciclo (primavera-verano), sin embargo durante el segundo ciclo, luego del rebrote la competencia no fue tan marcada.

Es interesante recalcar que la Producción Primaria Neta Aérea (PPNA) varió a lo ancho del callejón, siendo mayor en la parte central que en los sitios más cercanos a los árboles (Anexo; figura 2). En las parcelas integradas por *E. viminalis*, se observó una menor PPNA de forraje en todas las porciones del callejón que la estimada en el resto de los tratamientos en ambos ciclos de los verdeos. El comportamiento de la PPNA en los sistemas silvopastoriles indicaría que la competencia supera ampliamente a las posibles facilitaciones que pudieran estar generando la presencia del estrato arbóreo siendo mucho más marcado en eucalipto debido no solo a la competencia por recursos sino también por la eventual alelopatía que produce esta leñosa (Ávila et al., 2007). *Pinus elliottii* fue la especie leñosa que menor competencia produjo sobre los verdeos, seguida por *Quercus robur* esto podría estar asociado a sus diferencias morfofisiológicas entre estos árboles. Se observó una marcada diferencia de PPNA en las diferentes posiciones geográficas de los callejones silvopastoriles siendo máxima en el centro del callejón y a 7,5 m desde el fuste (Anexo, fig 2).

El agua útil del suelo (Anexo; gráfico 3) se encontraba prácticamente a capacidad de campo al inicio del primer ciclo de avena (otoño), pero luego disminuyó a 50 % al final del ciclo (fines de otoño y durante el segundo ciclo (primavera). El agua útil se mantuvo en estos niveles al inicio (inicio del verano), final del primer ciclo e inicio del segundo ciclo del sorgo (verano) alcanzando altos tenores durante el otoño al finalizar el segundo ciclo de sorgo. Bajo estas condiciones sin restricciones hídricas muy marcadas los sistemas silvopastoriles produjeron menos PPNA que el testigo alcanzando solo el 56 % del valor de este. Durante el otoño de 2015 los sistemas silvopastoriles alcanzaron PPNA semejantes a las encontradas en el testigo.

(Combe y Budowski, 1979), muestran que dentro de la agroforestería existen numerosos ejemplos que dan cuenta que la interacción entre ambos extractos vegetales modulan la productividad del sistema, pudiendo ser esta mayor, igual o menor en sistemas mixtos que en aquellos monoespecíficos. Los resultados en nuestro ensayo (Anexo; tabla 2) muestran que la combinación de especies forestales con verdeos no pudo maximizar la productividad de cada estrato en particular, si lo hizo en la producción total del sistema, donde se destaca el sistema integrado por eucalipto que supero al testigo a expensas de la producción de madera. En este sistema fue donde se produjo menos forraje, porque además de la competencia por agua y luz, los eucaliptos generan un efecto alelopático (Anexo; tablas 3 y 4). Los resultados encontrados, cuando las plantas de Avena sativa fueron regadas con extracto de hoja verde extraída de los árboles y extracto de suelo obtenido bajo copa de estos,

muestran que hay un mayor efecto inhibitorio del extracto de suelo. Esto mostraría que no es la hoja la que produce el mayor efecto inhibitorio si no otras partes de la planta como la hojarasca y las raíces superficiales de los árboles que podrían incrementar la cantidad de productos alelopáticos en el suelo.

La biomas aérea de *Avena sativa* tuvo un comportamiento semejante al obtenido cuando se analizó la biomas radicular. Los efectos inhibitorios más marcados se encontraron cuando las plantas fueron regadas con el extracto del suelo bajo copa de los eucaliptos. Este efecto inhibitorio redujo el 37 % la producción de biomasa aérea de la Avena.

## CONCLUSIONES

La PPNAF caracterizada por el crecimiento medio de las especies forestales muestra que eucalipto produjo 11 veces más que los pinos y robles.

Para un año relativamente húmedo los sistemas silvopastoriles no mostraron un efecto facilitador sobre los verdeos sino que se observó una marcada competencia, por agua y luz en relación al testigo sin árboles.

*Pinus elliottii* fue la especie leñosa que menor competencia produjo sobre los verdeos, seguida por *Quercus robur* esto podría estar asociado a sus diferencias morfofisiológicas entre estos árboles.

El agua útil del suelo se encontraba prácticamente a capacidad de campo al inicio del primer ciclo de avena y al finalizar el ciclo del sorgo, manteniéndose en un 50 % de CC durante el inicio y final de los ciclos intermedios de estos verdeos, lo que sugiere un año relativamente húmedo para la llanura ondulada.

La combinación de especies forestales y de cultivos no pudo maximizar la productividad del estrato forrajero, pero si lo hizo en la producción total cuando los verdeos se combinaron con eucalipto con una alta producción de madera.

El eucalipto fue la leñosa que mayor disminución produjo en la Productividad Neta Aérea forrajera, ya que además de la competencia se observaron efectos alelopáticos.

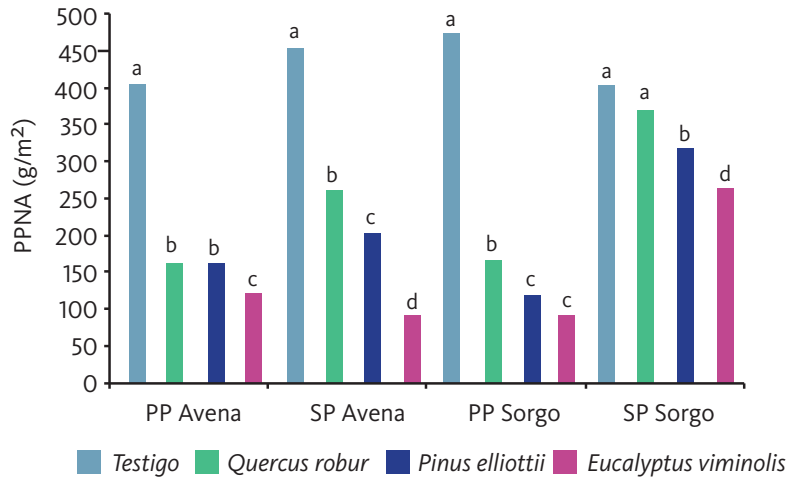
**Tabla1:** Área basal, altura, volumen de madera e incremento medio en volumen, de los árboles que representan el diámetro normal medio en los sistemas silvopastoriles.

Letras distintas indican diferencias significativas ( $p < 0,05$ )

## ANEXO

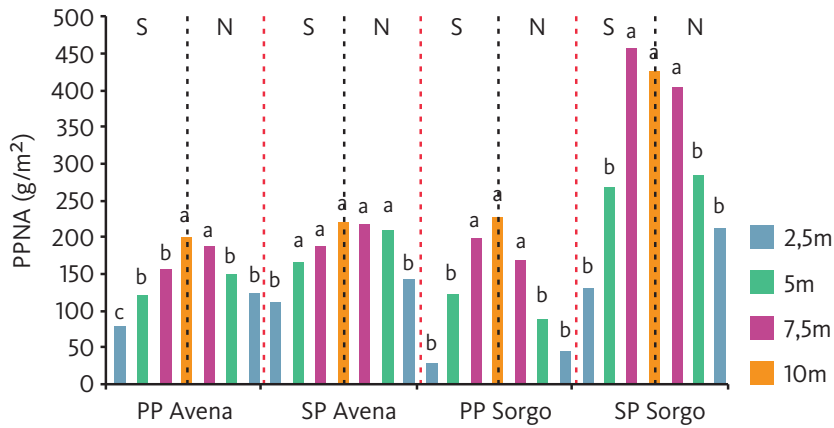
Especie	ab (m <sup>2</sup> )	Altura (m)	Vol. Real (m <sup>3</sup> )	IM (m <sup>3</sup> /año)
<i>E. viminalis</i>	0,07 a	15,71 a	0,61 a	0,041 a
<i>P-elliotti</i>	0,02 b	8,31 b	0,08 b	0,0053 b
<i>Q.robur</i>	0,01 c	6,72 c	0,05 c	0,0033 c
R <sup>2</sup>	0,56	0,81	0,58	0,58

**FIGURA 1.**



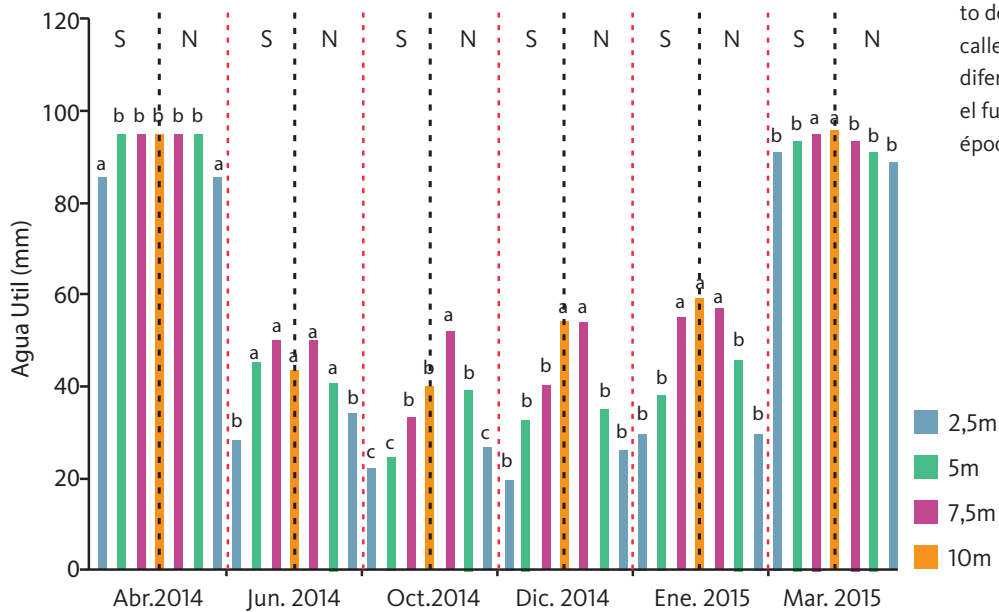
**Figura 1:** Producción Primaria Neta Aérea de *Avena sativa* y *Shorghum sudanense* en sistemas silvopastoriles y en un testigo sin árboles.

**FIGURA 2.**



**Figura 2:** Producción Primaria Neta Aérea de *Avena sativa* y *Shorghum sudanense* en diferentes puntos geográfico en los callejones de los sistemas silvopastoriles.

**FIGURA 3.**



**Figura 3:** Comportamiento del agua útil en los callejones silvopastoriles a diferentes distancias desde el fuste y en diferentes épocas del año.

**TABLA 2**

Sistema/ Tratamiento	Producción de forraje					IMA	TOTAL
	PPavena	SPavena	PPsorgo	S P sorgo	Total		
Pino+avena+sorgo	1500	1900	1500	3500	8400	1468,5	9868,5
Roble+avena+sorgo	1500	2500	1000	3000	8000	1206	9206
Eucalipto+avena+sorgo	1000	750	750	2300	4800	16400	21200
Testigo (avena+sorgo)	3800	4300	4500	3800	16400	-	16400

**Tabla 2:** Producción anual de forraje y madera en los sistemas silvopastoriles y de forraje en el sistema mono-específico de verdeo (testigo).

**Tabla 3:** Efecto inhibitorio de componentes alelopáticos de *Eucalyptus viminalis* sobre biomasa radicular de *Avena sativa*. Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )

**Tabla 4:** Efecto inhibitorio de componentes alelopáticos de *Eucalyptus viminalis* sobre biomasa aérea de *Avena sativa*.

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )

**TABLA 3**

Tratamiento	B.Raíz Trat./B.Raíz Testigo (gr/gr)
Riego con extracto de suelo	0,65 <sup>a</sup>
Riego con extracto de hojas	0,87 <sup>b</sup>
Riego con agua de perforación (testigo)	1 <sup>b</sup>
R2	0,7
CV	24
P	0,008

**TABLA 4**

Tratamiento	B.Aérea Trat./B.Aérea Testigo
Riego con extracto de suelo	0,63 <sup>a</sup>
Riego con extracto de hojas	0,86 <sup>b</sup>
Riego con agua de perforación (testigo)	1 <sup>b</sup>
R2	0,75
CV	17
P	0,0004

## PROYECTO DE INVESTIGACION APLICADA (PIA 12080)

### Efecto de diferentes esquemas silvopastoriles de pino híbrido (*Pinus elliottii* x *Pinus caribaea* var *hondurensis*) en la calidad de la madera en suelos arenosos de Corrientes

Jorge Luis Aparicio<sup>1</sup> y Cesar Gastón Torres

## INTRODUCCIÓN

Los sistemas silvopastoriles (SSP) que consocian plantaciones forestales con pastizales naturales o pasturas cultivadas se encuentran en notable expansión en la provincia de Corrientes. En la actualidad, cerca del diez por ciento de la superficie forestada de la provincia se encuentra bajo diferentes diseños y esquemas de manejo del componente forestal a fin de permitir la producción mixta (SSP), lo cual genera impactos de relevancia en la productividad del sistema y su sostenibilidad. En tal sentido, es necesario señalar que la producción del componente forestal, por su naturaleza de interés acumulado, representa el factor de mayor preponderancia en la rentabilidad final del sistema. Se considera que el pino híbrido (*Pinus elliottii* x *Pinus caribaea* var *hondurensis*) es uno de los materiales más promisorios y utilizados en la instalación de SSP, lo que se debe a su morfología de copa angosta, buena rectitud de fuste y alta productividad. No obstante se desconoce el efecto que tienen los diseños y esquemas de manejo sobre características tales como: el crecimiento, productividad y secuestro de carbono (1), las propiedades físico-mecánicas de su madera (2), los caracteres e indicadores de calidad de rollizos determinantes en la obtención de madera libre de nudos (3) y la producción de madera Clear (4). El presente trabajo busca generar la información necesaria para esclarecer estos enunciados.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó sobre un SSP de Pino Híbrido instalado en el predio Capibara Cue de E. Zeni y Cía SACIAFEI (Esquina, Corrientes). El suelo es característico de las planicies arenosas del centro y sudoeste de Corrientes. En tanto que el clima, clasificado de acuerdo al sistema de Köppen, es mesotermal, cálido a templado. La plantación de P. híbrido se realizó en el año 2000 a 4 x 2,5 m, un sector sobre *B. brizantha* y otro sector sobre pastizales naturales con predominio de *Andropogum lateralis*. En el año 2006 la plantación se dividió en lotes de superficie variable (10 A 30 ha), en los que se instalaron los esquemas de manejo SSP detallados en la TABLA 1.

TABLA 1

Esquema	árboles ha <sup>-1</sup>	<i>B. brizantha</i>	<i>pastizales naturales*</i>
Raleo intenso	250	SI	SI
Raleo medio	400	SI	SI
Raleo suave	800	SI	SI
Calles 12m	400	SI	NO

En cada esquema se instalaron 3 parcelas permanentes (PMP) en las que se midió en forma anual el Diámetro Normal (Dn) y la Altura Total (Ht.) de todos los árboles. Como los datos provienen de pseudorélicas (PMP) constituidas en un diseño

**Tabla 1.** Esquemas silvopastoriles instalados en suelos arenosos del sudoeste de Corrientes.

1. EEA INTA Bella Vista.  
Correo electrónico:  
aparicio.jorge@inta.gov.ar

de franjas de producción (Strip-Plot) con dos factores de estratificación (pastura y esquema SSP), el análisis de las variables dasométricas (1) se realizó mediante modelos lineales mixtos (MLM) para mediciones repetidas en el tiempo (datos longitudinales). Utilizando los datos del último inventario (12.6 años de edad) se construyó la distribución de frecuencias en cuatro clases diamétricas, para cada una de ellas se determinaron las características del individuo promedio a muestrear (seis árboles por esquemas, uno para las clases superior e inferior y dos en las centrales) a fin de realizar las determinaciones a campo y en laboratorio correspondientes a biomasa aérea, indicadores de calidad de troza, producción de madera Clear, y determinación de las propiedades físicas y mecánicas de la madera.

Para la determinación de biomasa (1) los individuos seleccionados se apearon, luego de lo cual se dividió la copa en tercios que se desramaron y desfoliaron, las ramas se dividieron en muertas y vivas de diámetro mayores o menores a 5 centímetros. La totalidad de los componentes se pesaron y de los mismos se extrajo una alícuota para determinación de peso seco en laboratorio. Por su parte, el fuste se dividió en secciones en las que se midieron los diámetros con y sin corteza, a la vez que a lo largo del mismo se obtuvieron muestras para determinar la densidad básica. La biomasa por componente en términos de materia seca se obtuvo por relación directa de los pesos verdes totales y los pesos secos obtenidos en laboratorio, excepto en el fuste en el que se relacionó su volumen con la densidad. Finalmente la biomasa total resultó de la sumatoria de todos los componentes.

La determinación de indicadores de calidad de rollizos (3) se realizó utilizando el rollizo basal de aproximadamente 2,5 m. Los rollizos se aserraron mediante un único patrón de corte, el mismo consistió en la obtención de tablas de 25 mm en una dirección determinada en el plano X hasta la aparición del primer nudo para continuar con la cara opuesta hasta que ocurriera lo mismo, por último se aserró la parte central que conformó el plano Y. Este patrón de aserrado permitió reconstruir el rollizo en dos planos y ubicar sobre ellos todos los defectos. De esta forma se estimaron los diámetros correspondientes al de oclusión (DSO), al cilindro con defectos (DCD) y el máximo sobre muñón (DMSM). Asimismo, se estimó el Índice de Rollizo Podado (PLI) que expresa su potencialidad para producir madera aserrada libre de nudos.

Para la estimación de la producción de madera Clear (4) se procedió a la clasificar y medir las tablas una vez que estas fueron escuadradas y cepilladas en sus cuatro caras. La clasificación se realizó de acuerdo a las siguientes categorías; **Clear 1:** sin nudos o defectos en ninguna cara; **Clear 2:** una cara sin nudos o defectos y la otra cara con defectos menores al 50% de la superficie; **No clear 1:** las dos caras con menos del 25% de la superficie ocupada por nudos; **No clear 2:** las dos caras con más del 25% de la superficie ocupada por nudos, se excluye la presencia de nudos muertos y/o médula; y **No clear 3:** equivalente al grado anterior pero con presencia de nudos muertos y/o médula.

La evaluación de las propiedades físicas y mecánicas de la madera (2) se realizó sobre probetas obtenidas de un torete de 0.5m de longitud contiguo al rollizo basal usado para las determinaciones antes descriptas. El Módulo de Elasticidad (MOE) y el de Rotura (MOR) se determinaron usando una Máquina Universal de Ensayos marca CIFIC de acuerdo a la norma DIN N° 52186, a su vez se midió la densidad básica de cada probeta para estimar las correlaciones adecuadas.

El análisis de la variabilidad de las características estudiadas se realizó en InfoStat siguiendo el procedimiento MLM, utilizando el modelo de efectos anidados

con diseño de Strip-Plot con pseudo-replicas adicionando el efecto del árbol como variable estocástica en el caso (3) y (4), y de la posición de la probeta en (2).

## PRINCIPALES RESULTADOS

**Crecimiento, productividad y secuestro de carbono:** los principales resultados, en cuanto a crecimiento y rendimiento, en forma general, mostraron que el DCM aumenta de forma proporcional a la intensidad de intervención (Intenso>Medio>Suave), contrariamente a lo que ocurre con el Volumen total. En relación a ello, si consideramos que el DCM referencia el tamaño de los árboles y que el Vt. el rendimiento, a los 12,6 años de edad, el esquema de raleo medio generó un Vt intermedio y un DCM superior, tal como se muestra en la Tabla 2. Por su parte, ante un mismo esquema silvopastoril la tendencia marca mayor crecimiento y rendimiento en los pastizales naturales respecto a *B. brizantha*, lo que podría estar asociado a diferencias en los materiales genéticos de P. híbrido. Asimismo, el esquema de calles de 12 m presentó el menor crecimiento y rendimiento.

**TABLA 2**

Esquema	DCM (cm)	Vt (m <sup>3</sup> /ha)	Carbono (t/ha)
Callejón 12m	27	122,4	27
Intenso <i>B. brizantha</i>	30	147,4	43
Medio <i>B. brizantha</i>	26,8	148,5	41
Suave <i>B. brizantha</i>	23,8	207,8	50,3
Intenso Pastizal	31,3	151,1	40,7
Medio Pastizal	29,4	212,7	45,6
Suave Pastizal	26,9	247,9	56,1

**Tabla 2.** Variables dasométricas y carbono fijado en biomasa aérea de cada esquema SSP a los 12.6 años de edad.

DCM: diámetro cuadrático medio, Vt: volumen total, Carbono: carbono fijado en la parte aérea del componente forestal.

En relación a la fijación de carbono en la biomasa aérea (TABLA 2), el esquema que resultó menos eficiente también fue el de raleo sistemático (calles de 12 m), con valores muy por debajo respecto a los esquemas, con raleo selectivo. En estos esquemas, en general la fijación de carbono estuvo asociada a la cantidad de árboles/ha. Sin embargo, los esquemas medio y suave son los que más se adaptan a los sistemas silvopastoriles si se considera la producción forrajera.

En cuanto a la Calidad de rollizos y producción de madera Clear, en la TABLA 3 se observa que el esquema de calles de 12 m (raleo sistemático) presentó todos los indicadores, de calidad de troza y producción de madera libre de nudos, inferiores a los esquemas con raleo selectivo. En particular, se destaca que la producción de madera libre de nudos en los esquemas de raleo selectivo aumentó en promedio un 222% respecto al esquema de calles de 12 m. A su vez, los valores de PLI también fueron superiores con raleo selectivo respecto al raleo sistemático; sin embargo, de acuerdo a la escala de Parck (1989), ningún esquema resultó eficiente. Se debe señalar que el resultado no es concluyente dada la edad de la plantación (12,5 años) al momento de la evaluación, se deberían esperar mayores valores al turno de cosecha.

**Propiedades físicas y mecánicas de la madera.** En la TABLA 4 se observa que los esquemas con *B. brizantha* presentaron valores altos y más estables en todos los indicadores respecto a los esquemas en pastizales naturales. Estos resultados estarían ligados a una diferencia en el material genético de pino, reforzándose

**Tabla 3.** Indicadores de calidad de trozas y producción de madera Clear de la troza Basal en los SSP.

DMSM: Diámetro máximo sobre muñón, DCD: diámetro cilindro con defectos, PLI: Índice de troza podada, Clear: Madera libre de nudos o defectos en una cara, NC: Madera con nudos. PA: % de conversión del volumen de la troza a madera aserrada. En cada indicador letras distintas se diferencian en forma significativa por la prueba de LSD ( $p < 0,05$ ).

**Tabla 4.** Principales Indicadores de las propiedades mecánicas de la madera, en los diferentes SSP. Entre paréntesis el error estándar ( $n=20$ ).

MOR: Módulo de rotura, MOE: Módulo de elasticidad. Letras distintas indican diferencias significativas por la prueba de LSD ( $p < 0,05$ ).

**TABLA 3**

Esquema	DMSM (cm)	DCD (cm)	PLI	Clear (m <sup>3</sup> /ha)	No clear (m <sup>3</sup> /ha)
Callejón 12m	13,7 a	16,5 a	1,91 b	4,8 b	10,43 a
Intenso <i>B. brizantha</i>	11,7 a	13,8 b	3,19 a	14,1 b	9,96 a
Medio <i>B. brizantha</i>	12,3 a	14,4 ab	2,47 a	11,1 b	13,60 a
Suave <i>B. brizantha</i>	11,9 a	13,6 b	2,08 ab	15,5 ab	16,06 a
Intenso Pastizal	13,6 a	15,6 ab	3,87 a	12,2 b	11,29 a
Medio Pastizal	12,6 a	14,4 ab	3,22 a	25,4 a	9,95 a
Suave Pastizal	11,2 a	13,1 b	3,13 a	14,5 ab	14,89 a

la presunción enunciada anteriormente. No obstante, se debe señalar que se detectó una correlación alta y positiva entre los 3 indicadores evaluados (Densidad básica vs MOR y MOE= 0,79 y 0,66, respectivamente) (MOR y MOE= 0,88); lo cual señala la importancia de la densidad básica en las propiedades mecánicas de la madera para el material evaluado. Los valores bajos de los indicadores en los esquemas con pastizal natural, en particular en el esquema medio, estarían señalando la no conveniencia de los mismos en usos estructurales.

**TABLA 4**

Esquema	MOR (kg/cm <sup>2</sup> )	MOE (kg/cm <sup>2</sup> )	Db (kg/m <sup>3</sup> )
Callejón 12m	769,3 (32,1) a b	77938 (4.724) a b	418,49 (1,37) a
Intenso <i>B. brizantha</i>	751,1 (32,1) a b	76880 (5.085) a b	430,02 (1,00) a
Medio <i>B. brizantha</i>	685,5 (14,6) b	78667 (558,1) a b	406,10 (1,00) a
Suave <i>B. brizantha</i>	729,3 (19,2) a	84234 (4.512) a	399,60 (1,15) a b
Intenso Pastizal	653,6 (21,8) b	74316 (4.549) a b	406,89 (1,23) a
Medio Pastizal	459,0 (33,2) c	63040 (6.612) b	343,73 (1,15) a
Suave Pastizal	603,3 (16,6) b	80506 (4.512) a	382,79 (1,00) ab

## CONSIDERACIONES FINALES

Los principales resultados de la experiencia en los suelos arenosos hidromórficos del sudeste de Corrientes, señalan que:

- (a) la intensidad del manejo en la implementación de SSP es proporcional inversamente a la productividad global y directamente al tamaño de los árboles; el presente trabajo permitió cuantificar estas proporcionalidades que deben tenerse en cuenta en la planificación de los SSP;
- (b) la producción de madera de calidad Clear no se comporta linealmente en función de la intensidad como ocurre en (a), observándose que los sistemas sistemáticos atentan contra este tipo de producción;
- (c) el indicador PLI denota performances bajos indicando la necesidad de turnos largos;
- (d) las propiedades mecánicas de la madera se correlacionan fuertemente con la densidad básica, las diferencias entre los SSP con diferentes pasturas evidencian problemas de segregación del híbrido y
- (e) los esquemas silvopastoriles con raleos selectivos intensos o suaves son más adecuados para la producción de madera de calidad para usos sólidos respecto a los esquemas con raleo sistemático.



# PROYECTO DE INVESTIGACION APLICADA (PIA 12089)

## Composición y evaluación forrajera del pastizal en un sistema silvopastoril con álamos (*Populus deltoides*) en el bajo delta del río Paraná, Argentina

González, Gabriela L.; Rossi, Carlos A.; De Magistris, Alberto; y De Loof, Enrique.

### INTRODUCCIÓN

El Delta del río Paraná abarca 1750.000 ha y es el principal humedal de la Argentina y el segundo más importante de Sudamérica, después del Amazonas.

La primera clasificación de esta región fue realizada por Burkart (1957) quien subdividió al Delta en tres grandes subregiones: Delta Superior, Delta Medio y Bajo Delta (Malvárez 1997; Kandus et al. 2003).

El Bajo Delta es la subregión austral y se sitúa en la parte final de la cuenca del Plata siendo un extenso conglomerado de islas que ocupa unas 350.000 ha. Según Borodowski (2006) esta subregión posee la mayor superficie implantada con salicáceas (*Populus spp.* y *Salix spp.*) de la Argentina, ocupando unas 110.000 ha.

Durante las dos últimas décadas, una porción de la ganadería pampeana se ha trasladado a la zona de humedales del Delta del Paraná, sobre pastizales naturales dentro de las plantaciones forestales. Dicho cambio productivo transformó los sistemas forestales puros a Sistemas Silvopastoriles (SSP), como así también promovió un impacto ambiental y social sobre los humedales. (Rossi et al., 2006; González et al., 2008).

El problema central que encuentran los productores del SSP es que no se dispone de información científica sobre la estructura y cualidades de los recursos forrajeros. Esta falta de conocimiento sobre el pastizal ha llevado a muchos productores a no valorizar este importante recurso natural y mal utilizarlo.

El estudio y conocimiento científico de los componentes del pastizal, constituye una herramienta fundamental para su aprovechamiento forrajero racional en un marco de sustentabilidad del SSP.

### OBJETIVO GENERAL

El objetivo general del trabajo fue estudiar la composición florística y las cualidades principales del pastizal natural: Riqueza; Constancia, Dominancia-abundancia y Preferencia animal.

### MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1. Materiales

Los trabajos se desarrollaron en la Unidad Experimental Silvopastoril de la FCA UNLZ – INTA. La superficie del módulo experimental posee una superficie de 40 ha y está ubicada en la EEA INTA Delta del Paraná, localidad de Otamendi, Partido de Campana, provincia de Buenos Aires. La localización geográfica con GPS es 34° 10` S y 58° 10` O.

Programa Silvopastoril  
– Facultad de Ciencias Agrarias  
– Universidad Nacional de Lomas  
de Zamora, pcia. de Bs. As.,  
ARGENTINA.  
carossi2000@yahoo.com  
Camino de Cintura 1055, Llavallol ( CP 1836) pcia. de Bs. As.- Argentina

Palabras clave: cría vacuna, ganadería de islas, humedales, biodiversidad.

El Sistema Silvopastoril de la Unidad Experimental está integrado por plantaciones de álamos (*Populus deltoides*) de 3 a 10 años de edad que están ubicadas dentro de un área con dique perimetral. Las plantaciones iniciales fueron realizadas a partir de guías propias de 2 años y de 6 m. de longitud. El diseño espacial fue a baja densidad con un distanciamiento a 6 x 6 m.

El ganado bovino utilizado en los ensayos es de fenotipo Aberdeen Angus y esta destinado a la cría con el objetivo de producir terneros. Dentro de las categorías del rodeo se utilizaron para los ensayos de preferencia 20 terneras destetadas (vaquillonas de reposición) con 12 meses y 212 kg de promedio.

### 3.2. Métodos

Los estudios de vegetación, calidad y preferencia animal se realizaron en diferentes potreros de la Unidad Experimental Silvopastoril. Estas parcelas experimentales se dejaron en clausura durante los 6 meses previos (invierno y primavera) para obtener un buen desarrollo de las especies del pastizal y facilitar su reconocimiento a campo.

**Censos de Vegetación:** Se realizaron 60 censos al azar en el pastizal abarcando diferentes situaciones de los rodales. Para censar se emplearon cuadrados de 1m<sup>2</sup> de superficie. La metodología utilizada para el relevamiento de las especies fue la de Braun Blanquet (1972). Para cada especie observada se determinó:

**Constancia:** donde su rango se indica en números romanos (I a V) a nivel de presencia de las especies en el total de los censos (60 censos = 100%) **Abundancia-Dominancia** (5 a +) con referencia al rango de cobertura. **Riqueza** (S) total de especies.

#### Preferencia animal

Una vez realizados los censos, se introdujeron en una parcela clausurada 20 vaquillonas propias de categoría recria. El tiempo de pastoreo del ensayo fue de 30 días, de acuerdo con la medición de disponibilidad forrajera de la parcela. Durante todo el ensayo los animales tuvieron libre acceso al agua de bebida. La etapa de pastoreo se evaluó visualmente la preferencia animal observando qué especies eran consumidas, así como el grado de intensidad y frecuencia de pastoreo de las mismas, utilizando para la clasificación el siguiente rango de 0 a 4 (Rossi et al., 2009):

- 0 nunca pastoreada.
- 1 despuntada o pastoreada en forma muy leve eventualmente.
- 2 pastoreada levemente siempre o con mediana intensidad eventualmente.
- 3 pastoreada con mediana intensidad siempre a muy pastoreada eventualmente.
- 4 muy pastoreada siempre.

Las observaciones de especies pastoreadas se realizaron en 3 momentos del ensayo a los 10, 20 y 30 días de ingresados los animales.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

De acuerdo a los resultados obtenidos de los censos se determinó que la Riqueza total (S) fue de 35. Con la información clasificada y ordenada se ha confeccionado el Cuadro 1.

Entre todas las familias botánicas que integran este pastizal se destacan en primer término las Poáceas con 11 especies de pastos, de los cuales 6 corresponden

al tipo C3 y 5 al tipo C4. El segundo grupo en importancia numérica de especies lo constituyen las Compuestas, con 6 especies. El tercer grupo corresponde a las Cypéáceas con 4 especies, aunque la especie *Carex riparia* (Pajilla) se destaca por su alta Constancia y Rango de Abundancia-Dominancia.

**TABLA 1**

Nombre científico	Nombre vulgar	Familia	Const.	Rango de abundancia dominancia	Rango de abundancia dominancia
<i>Carex riparia</i>	Pajilla	Cyperácea	IV	5 a +	2
<i>Phalaris angusta</i>	Alpistillo	Póacea C3	III	5 a 2	4
<i>Deyeuxia viridiflavescens</i>	Pasto plateado	Póacea C4	II	3 a +	3
<i>Bromus catarthicus</i>	Cebadilla	Póacea C3	II	2 a +	4
<i>Paspalum urvillei</i>	Pasto macho	Póacea C4	II	2 a +	3
<i>Lolium multiflorum</i>	Rye grass	Póacea C3	II	2 a +	4
<i>Amorpha fructifosa</i>	Sauce indio	Fabçacea	I	3 a 2	3
<i>Echinochloa helodes</i>	Pasto laguna	Póacea C4	I	3 a +	4
<i>Alternanthera philoxeroides</i>	Lagunilla	Amarantácea	I	2 a +	4
<i>Digitaria sanguinalis</i>	Pasto cuaresma	Póacea C4	I	2 a +	3
<i>Glyceria multiflora</i>	Cebadilla de agua	Póacea C3	I	2 a +	4
<i>Cirsium vulgare</i>	Cardo negro	Compuesta	I	2 a +	1 (*)
<i>Coniza bonariensis</i>	Rama negra	Compuesta	I	2 a +	1
<i>Cardus acanthoides</i>	Cardo	Compuesta	I	2 a +	1 (*)
<i>Phytolaca americana</i>	Ombucillo	Phytolacacea	I	2 a +	1
<i>Schenoplectus californicus</i>	Junco	Cyperácea	I	2	1 (*)
<i>Trifolium repens</i>	Trebol blanco	Fabácea	I	+	4
<i>Juncus dichotomus</i>	Junquito	Juncácea	I	+	3
<i>Juncus microcephalus</i>	Junquito	Juncácea	I	+	3
<i>Eleocharis montana</i>	Junquito	Cyperácea	I	+	2
<i>Panicum pernambucense</i>	Carrizo	Póacea C3	I		3
<i>Chenopodium album</i>	Quinoa	Amaranthácea	I	+	1
<i>Cortaderia selloana</i>	Plumacho	Póacea C3	I	+	1 (*)
<i>Eryngium pandanifolium</i>	Caraguatá	Umbelífera	I	+	1 (*)
<i>Scirpus giganteus</i>	Junco grande	Cyperácea	I	+	1 (*)
<i>Polygonum punctatum</i>	Catay dulce	Poligonácea	I	+	0
<i>Polygonum acuminatum</i>	Catay grande	Poligonácea	I	+	0
<i>Euphorbia apiculata</i>	Lechetres	Euphorbiacea	I	+	0
<i>Lactuca serriola</i>	Lechuga silvestra	Compuesta	I	+	0
<i>Paspalum quadrifarium</i>	Paja colorada	Póacea C4	I	+	0
<i>Baccharis punctulata</i>	Cihilca	Compuesta	I	+	0
<i>Sonchus oleraceus</i>	Cerraja	Compuesta	I	+	0
<i>Lonicera japónica</i>	Madreselva	Caprifoliácea	I	+	0
<i>Relbunium sp</i>	s/n(**)	Rubiácea	I	+	0
<i>Rubus ulmifolius</i>	Zarzamora	Rosácea	I	+	0

Observaciones: (\*) Solo se registró pastoreo en los individuos muy juveniles.

(\*\*) s/n = Sin nombre vulgar

#### Cuadro 1

Resultados ordenados de la determinación de Constancia, Abundancia-Dominancia, Rango de Cobertura y Preferencia Animal en las Especies del Pastizal Natural de un Sistema Silvopastoril con Álamos en el Delta del Río Paraná - Argentina

La Constancia de *Carex riparia* resultó la de mayor índice con un valor de IV. Esta especie palustre, es la más abundante en el pastizal y esto se explica porque domina las partes bajas y anegadizas de los campos.

En base a las observaciones de pastoreo, *Carex riparia* es una especie de índice 2 ya que siempre se la ha observado con las láminas de las hojas despuntadas por los animales.

La segunda especie en Constancia resultó *Phalaris angusta* (Alpistillo) con un valor de III y una preferencia de 4. Esta Poácea C3 de ciclo anual que se desarrolla desde inicios del otoño hasta fines de primavera es una excelente forrajera por la calidad de su forraje.

Del análisis de la información obtenida en los censos surge como dato interesante que las primeras once especies de la lista y que mostraron los mayores rangos de Constancia y Abundancia-Dominancia poseen en general buena preferencia animal con índices de alto a mediano (4 a 2).

En esta lista además de *Carex* y *Phalaris* se destacan las Poáceas *Deyeuxia viridiflavescens*, “Pasto plateado”; *Bromus catharticus*, “Cebadilla”; *Paspalum urvillei*, “Pasto macho”; *Lolium multiflorum*, “Rye grass”; *Echinochloa helodes*, “Pasto laguna”; *Digitaria sanguinalis*, “Pasto cuaresma”; *Glyceria multiflora*, “Cebadilla de agua”.

Por su parte entre las dicotiledóneas forrajeras se destacan *Amorpha fruticosa* “Falso índigo o Sauce indio” que es una Fabácea arbustiva de buena preferencia con índice 3 y *Alternanthera philoxeroides* “Lagunilla” un Amarantácea de crecimiento rastrero que es muy pastoreada por el ganado (índice 4).

Estos resultados de riqueza y alta proporción de especies forrajeras son muy importante para este agroecosistema Silvopastoril. Estas plantaciones de álamos a bajas densidades del Sistema Silvopastoril favorecen la llegada de buenos niveles de luz al suelo lo que promueve el desarrollo de este tipo de pastizal que es aprovechado por el ganado vacuno y también como hábitat y forraje por la fauna autóctona.

## CONCLUSIONES

La composición florística muestra una elevada riqueza para este agroecosistema Silvopastoril. El pastizal estudiado está dominado por una alta proporción de especies herbáceas y principalmente pastos (Poáceas) con cualidades forrajeras que poseen valores altos a intermedios de preferencia animal.

En función de estos resultados obtenidos se puede afirmar que el Sistema Silvopastoril integrado por álamos en bajas densidades de plantación favorece el desarrollo de un pastizal natural biodiverso integrado con especies de interés forrajero.

Es importante destacar que este tipo de pastizal biodiverso del Sistema Silvopastoril es la principal fuente de alimentación del ganado bovino y también de los herbívoros nativos como el “ciervo de los pantanos” y el “carpincho”.



# 6

## Tecnología y calidad de la madera



## PROYECTO DE INVESTIGACION APLICADA (PIA 10003)

### Influencia del raleo sobre las características anatómicas de la madera y las propiedades físicas y mecánicas del *Pinus taeda* L. plantado en la región noreste de la Argentina

Rosa Angela Winck<sup>1</sup>, María Cristina Area<sup>2</sup>, Hugo Enrique Fassola<sup>1</sup>, Diego Rolando Aquino<sup>1</sup>, Daniel Videla<sup>3</sup>, Teresa Suirezs<sup>3</sup>, Ernesto Crechi<sup>1</sup>

## INTRODUCCIÓN

En la provincia de Misiones, situada al NE de la Argentina, se encuentra la mayor superficie plantada con pinos del país. El *Pinus taeda* constituye una de las especies de mayor importancia, dada la extensa superficie implantada, su alta tasa de crecimiento y su potencialidad de uso tanto para la construcción como carpintería en general.

El conocimiento de los factores que influyen en la calidad de la madera, es trascendente para mejorar el valor de las plantaciones. Para mejorar la competitividad de las empresas se debe apuntar a la obtención de madera de calidad, lo que implica la incorporación de nuevas características que sean representativas de la aptitud de la madera para uso sólido. Las características anatómicas están íntimamente relacionadas con las propiedades físicas y mecánicas de la madera, y por lo tanto, con su procesamiento tecnológico. Por este motivo se planteó como objetivo determinar el efecto de la intensidad de raleo sobre la longitud de traqueidas, el espesor de pared, el ángulo microfibrilar, la densidad básica, la contracción, el módulo de elasticidad y de rotura a la flexión y el módulo de elasticidad y de rotura a la compresión paralela a la fibras, de la madera de *Pinus taeda* de 20 años de edad.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Se estudiaron un total 24 árboles a la altura 1,30m, provenientes de un ensayo de raleo de *Pinus taeda* en Puerto Bossetti, Departamento Iguazú, provincia de Misiones, Argentina. Geográficamente se ubica a los 26° 18' S y 55° 38' O. La plantación fue realizada en 1992 con una densidad inicial de 1960 plantas por hectárea, a los 3 años se instaló el ensayo de raleo. El ensayo quedó constituido por cuatro tratamientos: T0, T1, T2 y T3 con 0%, 50% 75% y 87.5% de raleo de la densidad original de plantación (1960 plantas por hectárea) respectivamente. El suelo se caracteriza por un desarrollo en profundidad mayor a los 2 metros, rojo, libre de pedregosidad y fragmentos gruesos, permeabilidad moderada, bien drenado y relativamente insaturado. El clima de la región se caracteriza por una temperatura media anual de 21°C y precipitaciones de alrededor de 2000 mm anuales.

Para la medición del ángulo microfibrilar se utilizó la técnica de Huang *et al.* (1998) y Wang *et al.* (2001) a través de las puntuaciones. Las mediciones celulares se hicieron siguiendo las recomendaciones de las normas IAWA, de propiedades físicas y mecánicas según las normas IRAM. Las determinaciones de las propiedades anatómicas y densidad básica se hicieron en 3 posiciones radiales (relativas en función al diámetro): interna (cerca de la médula), media y externa (cerca de la corteza). Las propiedades mecánicas y contracción se analizaron en 2 posiciones radiales: interna (cerca de la médula) y externa (cerca de la corteza).

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

Autor para correspondencia:  
winck.rosa@inta.gob.ar

2. Programa de Celulosa y Papel (PROCYP) - Instituto de Materiales de Misiones (IMAM). Universidad Nacional de Misiones (UNaM) – Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET). Posadas (3300), Misiones, Argentina.

3. Facultad de Ciencias Forestales. Universidad Nacional de Misiones (UNaM) – Bertoni N° 124. Eldorado (3380), Misiones, Argentina.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los tratamientos con 0%, con 50% y 75% de raleo de la densidad original, presentaron valores estadísticamente iguales en cuanto a las siguientes variables: diámetro a la altura de pecho, diámetro en la base de la copa viva y largo de fuste, mientras que respecto a la altura total del árbol no hubo diferencias estadísticas entre los 4 tratamientos.

El raleo favoreció al crecimiento radial, siendo más notable en el de mayor intensidad. En el tratamiento con raleo más intenso los valores de diámetros fueron más homogéneos, presentaron menor dispersión (coeficiente de variación), mientras que el tratamiento con 50% de raleo presentó mayor dispersión en diámetros.

### Ángulo microfibrilar

El ángulo microfibrilar aumentó con la intensidad de raleo. Los menores valores de AMF se lograron con los tratamientos 0% y 50% de raleo (30,8°), seguidos por el correspondiente a 75% de raleo con 32°. Con el tratamiento de 87,5% de raleo de la densidad original se obtuvo mayor ángulo microfibrilar, de 34°. Los valores encontrados son inferiores a los reportados por Huang *et al.* (1998) para *Pinus taeda*.

El valor medio del AMF para todas las intensidades de raleo, decreció en dirección radial de la médula hacia la corteza, con valores medios de 34°, 33° y 29° para las posiciones radiales interna, media y externa, representando una disminución del 15% desde la médula hacia la corteza.

Winck *et al.* (2012) determinaron valores medios de AMF que variaron de médula a corteza de 56° a 42°, lo que representa una disminución del 25% en el caso de *Pinus taeda* de 15 años de edad proveniente de un sistema silvopastoril. También Yin *et al.* (2011) reportaron una disminución radial de 30% en el valor de AMF para *Pinus taeda* de 22 años de edad. Mientras que Jordan *et al.* (2006) registraron una disminución de 18% en el valor del AMF en árboles de 20 a 27 años en diferentes zonas geográficas. Valores muy similares fueron obtenidos por Isik *et al.* (2008), lo que estaría indicando que para una mayor edad del árbol, la variación radial del AMF sería menor.

Los valores medios de AMF registrados para las traqueidas correspondiente al leño temprano y tardío fueron de 42° y 22° grados respectivamente.

Si bien sería de esperar menores valores de ángulos microfibrilares para la edad de 20 años, se debe tener en cuenta que la técnica de medición empleada sobreestima los valores para las traqueidas de madera temprana (Huang *et al.* 1998).

### Espesor de pared celular

El espesor de pared fue mayor en los tratamientos con 0% y 50% de raleo, con valores de 3,60  $\mu\text{m}$  y 3,64  $\mu\text{m}$  respectivamente, y fueron menores aunque iguales para las intensidades de raleo de 75% y 87,5% (3,55  $\mu\text{m}$ ). Se notó una disminución en el espesor de pared celular al aumentar la intensidad de raleo.

Con respecto a la posición radial, aumentó desde la médula hacia la corteza, con valores medios de 3,24  $\mu\text{m}$ , 3,62  $\mu\text{m}$  y 3,92  $\mu\text{m}$  para las posiciones radiales interna, media y externa respectivamente, para todas las intensidades de raleo. Los valores



medios de espesor de pared obtenidos para las traqueidas de leño temprano y tardío fueron estadísticamente diferentes, registrándose valores medios de 3,04  $\mu\text{m}$  y 4,22  $\mu\text{m}$  respectivamente.

### Longitud de traqueidas

La intensidad de raleo provocó una alteración en la longitud de traqueidas, pero sin marcar una tendencia clara y sistemática positiva o negativa en función al espacio vital asignado para cada árbol debido al tratamiento aplicado. Los tratamientos T0, T1 y T2 alcanzaron longitudes estadísticamente iguales de 3232  $\mu\text{m}$ , 3447  $\mu\text{m}$  y 3388  $\mu\text{m}$  respectivamente. El tratamiento con 87,5% de raleo presentó una longitud media de traqueidas de 3756  $\mu\text{m}$ , un 11% mayor que la media de los tratamientos T0, T1 y T2. La mayor longitud de traqueidas del tratamiento con 87,5% de raleo probablemente se deba a la mayor proporción de copa viva, dado que según Jyske (2008) la longitud de traqueidas está ligada a la proporción de brotes vivos. Los árboles que tuvieron raleo más intenso crecieron en condiciones más favorables, con un mayor crecimiento radial del árbol y con mayor longitud de copa verde. Esto coincide con lo reportado por Jyske (2008), quien encontró que los árboles dominantes presentaron mayor longitud de traqueidas que los árboles suprimidos, en este caso, los árboles dominantes fueron seleccionados en función al diámetro, y en este estudio, el tratamiento que recibió 87,5% de raleo tuvieron árboles de mayores diámetros, respecto a los demás tratamientos. Trevisan *et al.* (2013) también determinaron que los árboles dominantes de *Eucalyptus grandis* presentaron mayor longitud de fibras (4,2%) que los árboles medios. Sin embargo otros autores han reportado resultados contradictorios sobre la relación entre la tasa de crecimiento radial y la longitud de traqueidas, donde la longitud de traqueidas disminuyó con la intensidad de raleo.

La variación radial de la longitud de traqueidas fue ascendente (26% desde la médula a la corteza), independientemente de la intensidad de raleo. El leño tardío presentó traqueidas 34% más larga que las traqueidas del leño temprano.

### Propiedades físicas y mecánicas

Los valores de resistencia a la flexión y densidad básica de la troza fueron similares para los tratamientos de raleo de 0%, 50% y 75%. Mientras que para el tratamiento más fuerte, con 87,5% de raleo, estas propiedades fueron negativamente afectadas. Los valores de resistencia a la compresión paralela a las fibras y la densidad básica a 1,30 m de altura, disminuyeron para intensidades de raleo iguales o mayores al 75%. El tratamiento sin raleo presentó mayor valor medio de contracción volumétrica (11%), debido a que las traqueidas presentaron mayor proporción de leño tardío y mayor espesor de pared.

## CONCLUSIONES

Las intensidades de raleo estudiadas produjeron variaciones significativas en las propiedades anatómicas de la madera de *Pinus taeda*. El ángulo microfibrilar y la longitud de traqueidas aumentaron, mientras que el espesor de pared disminuyó con la intensidad de raleo.

Se concluye que con 50% de raleo se logró optimizar todas las propiedades de la madera evaluadas en este trabajo, que con un raleo igual a 75% algunas propiedades fueron afectadas, y que con raleo de 87,5% todas las propiedades sufrieron cambios significativos.



El ángulo microfibrilar disminuyó en el sentido radial de médula a corteza, mientras que el espesor de pared y la longitud de traqueidas aumentaron en el sentido radial independientemente del tratamiento de raleo aplicado.

La madera de leño tardío presentó mayor longitud de traqueidas, mayor espesor de pared y menor ángulo microfibrilar que la madera de leño temprano.

En la posición radial inmediatamente cerca de la médula y al 50% del radio, se registraron valores estadísticamente iguales para las variables espesor de pared, longitud de traqueidas y ángulo microfibrilar, indicando que a los 9 años, el *Pinus taeda* aún está constituido totalmente por leño juvenil (la posición ubicada al 50% de la distancia del radio abarcó como máximo al noveno anillo de crecimiento).

Se determinaron asociaciones moderadas para el ángulo microfibrilar con la densidad básica, como así también con los módulos de elasticidad y de rotura a la flexión estática y a la compresión paralela a las fibras.

## AGRADECIMIENTOS

Al Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca, Componente Plantaciones Forestales Sustentables-BIRF 7520-AR por el financiamiento brindado a través del PIA 10003. A la Empresa APSA S.A. que facilitó el sitio donde se instaló oportunamente el ensayo de raleo, de donde se obtuvieron las muestras para este estudio, a la empresa PINDO S.A. por realizar el servicio de aserrado y secado gratuitamente.

## PROYECTO DE INVESTIGACION APLICADA (PIA 10004)

### Efecto de la silvicultura sobre la acumulación de biomasa, la calidad de rollizos, la calidad y propiedades de la producción aserrable en rodales de *Pinus taeda* del noreste de Corrientes

Fassola Hugo E., Winck Rosa A.; Videla Daniel; Crechi Ernesto H.; Keller Aldo E.; Pezzutti Raúl; Barth Sara R.

## INTRODUCCIÓN Y ANTECEDENTES

El presente estudio se desarrolló con el propósito de cuantificar las relaciones existentes entre raleos, podas y crecimiento, tanto en plantaciones como de árboles individuales de *Pinus taeda* L., con la finalidad de construir modelos que puedan predecir la producción y calidad de productos futuros. Para ello se recurrió al ensayo instalado en el año 1996 en las cercanías de Santo Tomé (Corrientes), específicamente en el establecimiento Pariopá de la empresa Bosques del Plata.

## MATERIAL Y MÉTODO

Para cumplir con el objetivo propuesto se generaron –oportunamente - mediante raleo selectivo a los 3 años cuatro densidades diferentes, 0% de raleo, 50 % de la densidad original, 75 % y 87,5 % de raleo. En cada densidad se aplicaron cuatro intensidades de podas (0; 30; 50 y 70%, respecto de la profundidad de copa verde), las cuales se efectuaron en 2, 3 y 4 realces con intervalos de un año entre podas. Cada uno de los 32 tratamientos tuvo 5 pseudoréplicas.

Los objetivos específicos principales de este ensayo son el determinar crecimientos y patrones de acumulación de biomasa, los grados de calidad de rollizos obtenidos, los rendimientos en el aserrado por grados de calidad y propiedades tecnológicas y físico-mecánicas de la madera de *Pinus taeda* bajo diferentes estructuras de canopia como consecuencia de diversos tratamientos silvícolas de poda y raleo.

## RESULTADOS

### Crecimiento y producción

En la tabla 1 se presentan los resultados de la medición 2012, correspondiente a los 19 años de edad. En la misma, al observar los volúmenes, surge que a esa edad aún es posible observar el efecto de la intensidad de poda sobre los diámetros y volúmenes respecto del tratamiento sin poda en cada densidad, aspecto ya observado por Pezzutti (2011).

Sin embargo al analizar los datos de la tabla 1, en la columna referida a la altura media (h) , puede observarse el cumplimiento de la Ley de Eichhorn (Patrone, 1963), según la cual la altura media o dominante no se ven afectadas por la densidad del rodal, dentro de ciertos límites. Aunque a este conocido principio del crecimiento forestal también puede añadirse que tampoco las podas, en las intensidades y oportunidades acá ensayadas afectaron las mismas.

### Acumulación de biomasa

A partir de 2011 se iniciaron los trabajos de apeo de ejemplares para la determinación de biomasa en los compartimentos aéreos, acículas, ramas de todos los

1. INTA EEA Montecarlo. Av. El libertador 2472. (3384) Montecarlo Misiones. [fassola.hugo@inta-gob.ar](mailto:fassola.hugo@inta-gob.ar)

2. FCF-UNaM. Bertoni 125. (3380) Eldorado, Misiones.

3. Bosques del Plata SA. San Isidro (3300) Posadas. Misiones

**TABLA 1**

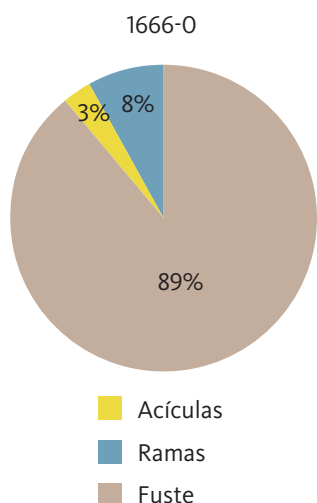
Densidad teórica en año 1996 (árbs/ha)	Densidad real 2012 + % Poda Copa + N° realces	Medición: Septiembre 2012		Vol. (m <sup>3</sup> /ha)	IMA (m <sup>3</sup> /ha)	AB (m <sup>2</sup> /ha)
		DAP (cm)	Altura (m)			
1666	944 - 0 - 0	27.3	27.8	765.7	40.3	55.1
1666	907 - 30 - 2	27.3	27.8	736.3	38.8	52.9
1666	889 - 30 - 3	26.8	27.7	696.0	36.6	50.3
1666	833 - 30 - 4	26.8	27.9	656.4	34.5	47.1
1666	889 - 50 - 2	26.3	27.0	652.2	34.3	48.4
1666	879 - 50 - 3	26.5	27.8	674.2	35.5	48.6
1666	870 - 50 - 4	28.5	26.7	740.4	39.0	55.4
1666	796 - 70 - 2	28.6	27.3	694.9	36.6	51.0
1666	748 - 70 - 3	28.7	26.9	650.8	34.3	48.3
833	629 - 0 - 0	31.6	27.4	677.1	35.6	49.4
833	729 - 30 - 2	30.7	28.4	767.0	40.4	54.0
833	666 - 30 - 3	30.2	27.9	668.5	35.2	47.9
833	657 - 30 - 4	30.5	27.8	668.1	35.2	48.0
833	546 - 50 - 2	31.6	28.0	597.5	31.4	42.7
833	694 - 50 - 3	31.0	28.2	737.8	38.8	52.4
833	666 - 50 - 4	29.8	27.0	627.3	33.0	46.5
416	399 - 0 - 0	38.0	28.5	645.5	34.0	45.4
416	405 - 30 - 2	37.1	28.2	617.1	32.5	43.8
416	372 - 30 - 3	36.9	28.1	556.8	29.3	39.7
416	399 - 30 - 4	33.9	28.0	502.9	26.5	36.0
416	405 - 50 - 2	36.2	27.5	575.2	30.3	41.8
416	394 - 50 - 3	35.6	28.3	552.6	29.1	39.1
416	399 - 50 - 4	34.2	27.7	508.9	26.8	36.8
208	189 - 0 - 0	45.7	28.2	435.7	22.9	31.0
208	196 - 30 - 2	45.4	28.1	447.7	23.6	31.8
208	200 - 30 - 3	43.7	28.1	422.0	22.2	30.0
208	200 - 30 - 4	43.4	28.4	420.9	22.2	29.7
208	200 - 50 - 2	45.1	27.8	444.5	23.4	32.0
208	200 - 50 - 3	43.3	28.0	413.4	21.8	29.6
208	208 - 50 - 4	40.3	28.0	371.3	19.5	26.5
208	204 - 70 - 2	44.0	28.4	439.8	23.1	31.0
208	200 - 70 - 3	38.9	28.1	334.4	17.6	23.8

tamaños y fuste. En las tablas 2 y 3 se presentan los resultados obtenidos para las densidades 1666 pla/ha y 208 pla/ha, con 3 niveles de poda, 0, 30 y 50 % en tres realces. En las mismas es posible que hay una mayor acumulación de biomasa en los ejemplares del tratamiento con mayor intensidad de raleo respecto al que no tuvo raleo. Dado que la poda influye también en el tamaño del árbol, puede verse un menor acumulación en los ejemplares podados respecto de los menos intensamente podados o sin poda.

Sin embargo el hecho más relevante es que si analizamos en forma porcentual la acumulación en los compartimentos aéreos, vemos que para el tratamiento sin raleo, la acumulación en fuste es mucho más respecto del tratamiento más intenso de raleo. Este presenta menor acumulación de biomasa en fuste respecto del anterior aunque una mayor proporción en ramas (Fig 1 y Fig 2). Este comportamiento ya había sido descrito por otros autores, quienes analizaron los patrones de acumulación de biomasa en los compartimentos aéreos en rodales sin raleo y bajo manejo silvopastoril, situaciones que se asemejan a las expuestas en los casos presentes-

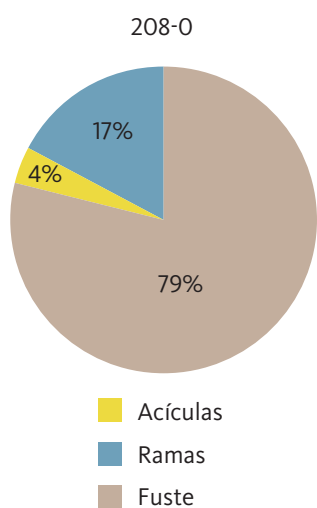
**Tabla 1:** Tabla resumen de resultados de DAP, altura, volumen, incremento medio anual (IMA) y área basal (AB) de los tratamientos con diferentes intensidades de poda y raleo en plantación de *Pinus taeda* a los 19 años de edad.

**FIGURA 1.**



**Figura 1:** Acumulación porcentual de biomasa aérea por compartimento en *Pinus taeda* a los 19 años de edad en .tratamientos con 208 pla/ha (87,5 % raleo) sin poda.

**FIGURA 2.**



**Figura 2:** Acumulación porcentual de biomasa aérea por compartimento en *Pinus taeda* a los 19 años de edad en .tratamientos con 208 pla/ha (87,5 % raleo) sin poda.

**TABLA 2**

Tratamiento	Acículas	Ramas	Fuste	Total
	Mg	Mg	Mg	Mg
1666-0	10	29	308	344
1666-30-3	9	27	305	340
1666-50-3	9	26	297	330

**Tabla 2:** Tabla resumen de acumulación de biomasa aérea en *Pinus taeda* a los 19 años de edad en tratamientos sin raleo y con podas del 0, 30 y 50 % en 3 reales de poda.

**TABLA 3**

Tratamiento	Acículas	Ramas	Fuste	Total
	Mg	Mg	Mg	Mg
208-0	50	192	883	1113
208-30-3	48	182	849	1068
208-50-3	46	171	805	1011

**Tabla 3:** Tabla resumen de acumulación de biomasa aérea en *Pinus taeda* a los 19 años de edad en .tratamientos con 208 pla/ha (87,5 % raleo) y con podas del 0, 30 y 50 % en 3 reales de poda.

## RENDIMIENTOS EN EL ASERRADO

En tres tratamientos de cada intensidad de raleo se procedió al apeo de ejemplares para determinar los rendimientos por grados de calidad de apariencia. Estos tratamientos coincidían con las intensidades de poda del 0, 30 y 50 %. Los grados de apariencia empleados fueron Factory y Selección. El primero de ellos permitió estimar la participación porcentual en Moulding & Better (M), Shop 1 (S1), Shop 2 (S2), Shop 3 (S3), P99 (para saneo) y No Clasifica (NC). En Selección se consideró Clear 4 caras (4F), Clear 1 cara (1F), Furniture 8F), Cutting (C), Internal furniture (IF).

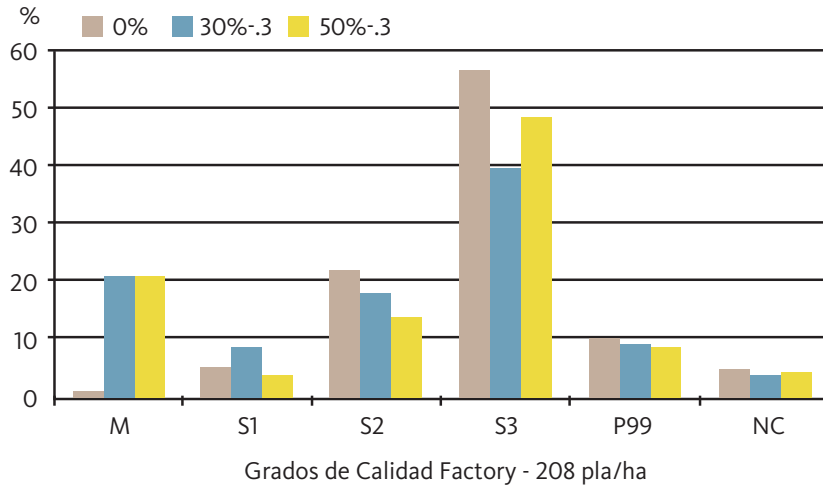
En las figuras 3 y 4 se presentan los valores porcentuales de participación de los grados de calidad de las tablas analizadas bajo ambas normas en las muestras obtenidas en los 3 tratamientos de la densidad 208 pla /ha. Es fácil observar el efecto benéfico de la poda en los grados de calidad superiores de ambas normas, como también la poca diferencia en rendimiento con 3 podas del 30 % o del 50 %, aunque ligeramente superior con la primera intensidad.

### Determinación de propiedades físico mecánicas mediante métodos no destructivos

Métodos no destructivos fueron empleados para determinar la calidad de la madera en lo relativo a propiedades estructurales. Para ello se recurrió a determinar el tiempo de vuelo de la onda de impacto entre los sensores en árboles en pie, a determinar mediante resonancia el Módulo de Elasticidad (MOE) dinámico de los rollizos y mediante vibración se determinó el MOE dinámico en las tablas aserradas .

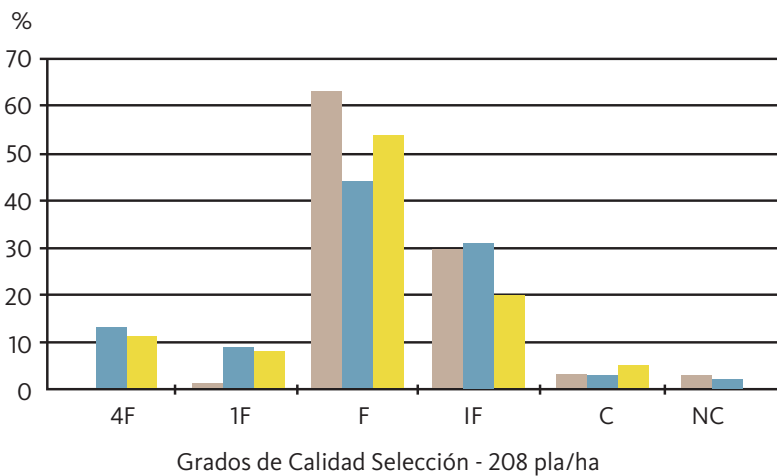
En la tabla 4 se presentan los resultados obtenidos al analizar mediante vibración las tablas obtenidas al aserrar los rollizos de los tratamientos de 800 Pla/ha y de 208 pla/ha

**FIGURA 3.**



**Figura 3:** Participación porcentual en Grados de Calidad Factory de las tablas obtenidas en el aserrado de los rollizos obtenidos en tratamientos de *Pinus taeda* a los 19 años de edad con 208 pla/ha (87,5 % raleo) con poda del 0, 30 y 50 % en tres reales poda.

**FIGURA 4.**



**Figura 4:** Participación porcentual en Grados de Calidad Selección de las tablas obtenidas en el aserrado de los rollizos obtenidos en tratamientos de *Pinus taeda* a los 19 años de edad con 208 pla/ha (87,5 % raleo) con poda del 0, 30 y 50 % en tres reales poda.

**TABLA 4**

	800-0%	800 30%-3	800 50%-3	800 50%-3	208-0%	208 30%-3	208 50%-3
MOE din promedio (Gpa)	7,1	7,5	7,3	7,3	5,7	6,9	6,4
desvío estándar (Gpa)	2	2	2	2	2	2,2	1,8
Máximo (Gpa)	14,3	14,7	16,7	16,7	14,2	14,7	14,3
Mínimo (Gpa)	2,8	2,7	2,7	2,7	2,4	3	3,3

De la misma surge que tratamientos de raleo muy intensos disminuyen las propiedades estructurales de la madera de *Pinus taeda*. Aunque también la poda tiene efecto, tendiendo a mejorarlas.

**Tabla 4:** MOE dinámico promedio, desvío estándar, máximo y mínimo de tablas de *Pinus taeda* de los tratamientos de 208 y 800 pla/ha con podas del 0, 30% y 50%

## CONCLUSIONES

1. La intensidad del raleo pre comercial afectó significativamente el crecimiento de la plantación de *Pinus taeda*. Las mayores intensidades generaron mayores DAP y valores menores de AB y volumen total. El mayor valor alcanzado en DAP fue 45,7 cm (208 pl/ha), los mayores valores obtenidos de AB y volumen fueron de 55,4 (m<sup>2</sup>/ha) y 765,7 m<sup>3</sup>/ha (1666 pl/ha), respectivamente.

2. Al aumentar el porcentaje de remoción de copas los diámetros de los árboles disminuyeron, y en consecuencia el AB y volumen total/ha.

3. Al aumentar el número de levantes de podas los crecimientos en DAP, AB y volumen total disminuyeron gradualmente en función de la intervención.

4. La regulación de la densidad del rodal afecta los patrones de acumulación de biomasa de *Pinus taeda*. El tratamiento testigo, sin manejo, acumuló proporcionalmente más en fuste. Por el contrario el tratamiento extremo, 208 pl/ha similar a un régimen directo para aserrado, acumuló menos en fuste y más en ramas.

5. Las menores densidades y la poda incrementan los rendimientos en grados superiores de calidad de madera de apariencia.

6. Los raleos intensos a edades tempranas reducen las propiedades físico-mecánicas de la madera. La poda contribuye a mejorarlas.

# PROYECTO DE INVESTIGACION APLICADA (PIA 10011)

## Mejoras tecnológicas en la madera juvenil de pino ponderosa (*Pinus ponderosa* Dougl. ex Laws) para usos en productos sólidos y/o encolados

Keil, G.<sup>1,6</sup>; E. Spavento<sup>1,6</sup>; M. Murace<sup>2,6</sup>; M. Tonello<sup>2,6</sup>; M. Luna<sup>3</sup>; G. Acciaresi<sup>1,6</sup>; L. Maly<sup>2,6</sup>; M. Refort<sup>4,6</sup> & I. Andía<sup>5</sup>

### INTRODUCCIÓN

En Neuquén, Río Negro y Chubut - Patagonia Argentina - se encuentran forestadas alrededor de 70.000 ha con pináceas, de las cuales 56.000 ha corresponden a *Pinus ponderosa* Dougl. ex Laws. Los principales productos de madera de Pino ponderosa presentes en el mercado local son: postes impregnados y varillas para alambrado, postes para construcción de cabañas, tablas y tacos para pallets y fabricación de bins, tablas y tirantes para encofrado, machimbres, vigas laminadas y ladrillos de madera. La producción de madera aserrada de Pino ponderosa tiene su competencia con la abundante oferta actual de madera de pinos de Misiones y Corrientes - Mesopotamia Argentina -, como *Pinus elliottii*, *P. taeda* e híbridos de *P. elliotti* x *. caribaea*, la cual al presentar valores inferiores de contracción y un bajo coeficiente de anisotropía, se constituye en un material más estable que la madera juvenil de la especie en estudio. Si bien sobre los pinos mesopotámicos existen numerosos estudios, sobre Pino ponderosa la información disponible es escasa. Este proyecto tuvo como objetivo la producción de un aporte significativo al conocimiento sobre mejoras tecnológicas posibles de aplicar en madera juvenil de Pino ponderosa, con vistas a usos y aplicaciones para la construcción, en productos sólidos en piezas enterizas y/o encoladas.

### MATERIALES Y METODOS

Se trabajó con madera de pino ponderosa proveniente de 4 sitios de la provincia de Neuquén según el detalle de la Tabla 1. De cada sitio se seleccionaron al azar 10 individuos y se trabajó con la primera troza a partir de los 2 metros de la base.

Tabla 1. Datos generales de los cuatro sitios analizados.

1. Profesor Adjunto.
2. JTP.
3. JTP FCNyM - UNLP.
4. Becaria.
5. Profesor Adjunto AUSMA – UNCOMA.
6. FCAyF – UNLP. Correo electrónico de contacto: gabrieldkeil@yahoo.com.ar

TABLA 1

Características	Sitio 1 (19 años)	Sitio 2 (22 años)	Sitio 3 (29 años)	Sitio 4 (30 años)
	Meliquina		Junín de los Andes	Abra Ancha
Latitud	40° 29' 23"	40° 29' 23"	39°55'03"	39°19'03"
Longitud	71° 11' 31"	71° 11' 31"	71°05'03"	70°56'36.8"
Exposición	Media loma (Sur)	Media loma (Sur)	Este	Este
Pptación anual	550-660 mm	550-660 mm	500-550 mm	500-550 mm

Tabla 1. Datos generales de los cuatro sitios analizados.

Se realizaron los estudios siguientes sobre madera de los 4 sitios: propiedades físicas: contenido de humedad, cambios dimensionales y densidades aparentes (IRAM 9532, 9543, 9544); propiedades mecánicas: flexión estática, corte, dureza Janka, compresión paralela y perpendicular (IRAM 9545, 9596, 9570, 9551, 9547).

Sobre madera juvenil del sitio 2 se realizaron los siguientes estudios: anatómicos; químicos; durabilidad natural en laboratorio; pérdida de resistencia mecánica por degradación; estudios de impregnación; durabilidad adquirida, toxicidad y permanencia en laboratorio; comportamiento al fuego; endurecimiento de la madera y tratamientos superficiales. Para los estudios de impregnación, durabilidad adquirida y comportamiento al fuego se emplearon los siguientes productos: paraformaldehído (conc. = 25, 50 y 100%); metaborato de sodio (conc. = 10 y 15%); compuesto de fosfato monoamónico y decaborato de sodio (conc. = 8%); arseniato de cobre cromatado (CCA) (conc. = 2%) y preservante biodegradable en desarrollo (conc. = 5%). Para los estudios de recubrimientos superficiales se emplearon los siguientes productos: esmaltes sintéticos blancos al solvente e hidrosolubles, 3 barnices de mercado, 3 lasures oscuros de mercado, pintura acrílica blanca, lasur semitransparente, lasur de altos sólidos, ambos en desarrollo. Se instalaron 5 expositores que se encuentran en exposición: en La Plata, Bariloche (2). El Bolsón y Trevelin.

**Tabla 2.** Contenido de humedad (CH) y densidades aparentes normal (Dn), anhidra (Do) y básica (Db).

\*Letras diferentes denotan diferencias significativas con el test de Tukey ( $p < 0,05$ ), los coeficientes de variabilidad (CV%) se indican entre paréntesis. \*\* Densidad aparente normal al 12% de CH.

## RESULTADOS Y CONCLUSIONES

En la Tabla 2 se detallan los resultados obtenidos de los ensayos físicos.

**TABLA 2**

SITIOS	CH (%)*	**DN (G/CM <sup>3</sup> )*	DO (G/CM <sup>3</sup> )*	DB (G/CM <sup>3</sup> )*
1	12,48 a (2,70)	0,36 a (9,85)	0,33 a (10,44)	0,29 a (9,22)
2	12,30 b (3,18)	0,40 b (9,53)	0,37 b (9,55)	0,32 b (9,31)
3	11,06 c (2,38)	0,43 c (4,19)	0,40 c (4,28)	0,36 c (10,14)
4	10,98 c (3,41)	0,46 d (3,10)	0,43 d (2,99)	0,39 d (5,28)

En la Tabla 3 se detallan los resultados del estudio de cambios dimensionales.

**TABLA 3**

SITIO*	PSF (%)	CN MAXRD (%)	CN MAXTG (%)	CN MAXL (%)	VRD	VTG	VL	T/R
1	29,71 a	3,02 a (19,20)	5,20 a (16,08)	0,71 ab (28,63)	0,12 a	0,15 a	0,02 a	1,84 a (16,11)
2	29,26 a	3,30 a (23,04)	5,81 b (11,76)	0,66 a (27,68)	0,12 a	0,20 b	0,03 a	1,88 a (20,76)
3	29,06 a	3,28 a (17,40)	7,86 c (5,00)	0,99 c (21,11)	0,10 a	0,22 b	0,04 bc	2,40 b (13,64)
4	30,17 a	3,72 b (3,85)	6,76 d (6,14)	0,75 b (15,77)	0,12 a	0,15 b	0,05 c	1,82 a (6,53)

**Tabla 3.** Parámetros dimensionales.

\*Letras diferentes denotan diferencias significativas con el test de Tukey ( $p < 0,05$ ); CV% entre paréntesis. Referencias: Punto de saturación de las fibras (PSF); contracción normal máxima radial (Cnmaxrd), tangencial (Cnmaxtg) y longitudinal (Cnmaxl); coeficiente de contracción radial (vrd), tangencial (vtg) y longitudinal (vl); coeficiente de anisotropía o relación contracción tangencial y radial (T/R)



Las propiedades mecánicas halladas se detallan a continuación:

**En flexión estática** el módulo de rotura (MOR) fue muy bajo en el sitio de 19 años (menor a 49 N/mm<sup>2</sup>), siendo bajo en los restantes sitios (rango 49-93 N/mm<sup>2</sup>); el módulo de elasticidad (MOE) presentó valores muy bajos en todos los casos (inferiores a 9800 N/mm<sup>2</sup>). En compresión paralela a las fibras los MOR hallados resultaron muy bajos (< 20 N/mm<sup>2</sup>) en los sitios de menor edad y medios en los rodales de 29 y 30 años; asimismo, los MOE resultaron muy bajos en todos los sitios (menor a 5500 N/mm<sup>2</sup>). En compresión perpendicular y corte paralelo a las fibras resultaron muy altos (> 9,8 N/mm<sup>2</sup>) y bajos (rango 3,9-8,3 N/mm<sup>2</sup>), respectivamente y en todos los casos. En dureza Janka la madera de los 4 sitios se clasificó como muy blanda: <30 N/mm<sup>2</sup>. En términos generales, la mayoría de las propiedades de la madera de los sitios de Meliquina se diferenciaron significativamente de los de Junín de los Andes y Abra Ancha. El sitio de Abra Ancha presentó valores superiores en los 5 ensayos mecánicos. Las diferencias encontradas pueden ser debidas a la presencia de madera juvenil en los ejemplares de menor edad como a características del sitio.

**En Durabilidad natural**, si bien la madera se comportó como “no resistente” frente a *Gloeophyllum sepiarium* y por esto ha de esperarse una vida útil de 5 años o menor en condiciones de uso extremas, su utilidad en servicio expuesta a esfuerzos de flexión se vería aún más limitada al ser degradada por este hongo de pudrición castaña. En esta madera, *G. sepiarium* produce una fuerte caída en los valores de MOR y MOE (49% y 55%, respectivamente, en relación al testigo) con bajo porcentaje de Pp (<5%), perjuicio que en función de las determinaciones realizadas sólo pudo ser evidenciado mediante ensayos mecánicos y la caracterización química del material.

**En impregnación profunda**, la madera fue “fácilmente impregnable” por el método Bethell (vacío – presión – vacío), con una impregnación total de la pieza, presentando valores aceptables de absorción y retención en todas las soluciones ensayadas.

En los ensayos de **comportamiento al fuego**, la madera impregnada con metaborato de sodio y fosfato monoamónico y decaborato de sodio, presentó una capacidad ignífuga eficiente, mientras que las soluciones de paraformaldehído, el biopreservante y el CCA no proporcionaron propiedades retardantes de llama sobre la madera.

En los estudios de **endurecimiento superficial** se logró la incorporación de silicatos en la madera de Pino ponderosa, con valores de absorción superiores, a los hallados en otras investigaciones para este tipo de impregnantes. Se lograron aumentos en el valor de densidad aparente normal y de dureza en el plano transversal e impermeabilización. Las mejoras en las características naturales, potencian el uso de la madera impregnada con silicatos, en pisos tipo adoquín, tejas y muebles.

En los estudios con **recubrimientos superficiales**, en La Plata a los 180 días de exposición, se observó: los esmaltes sintéticos al solvente y al agua tuvieron buen comportamiento. Los 3 barnices tuvieron un rápido decaimiento con fin de la vida útil a 105 días de exposición. Los 3 lasures tuvieron un buen desempeño y continúan brindando protección. El esmalte blanco acrílico favoreció el agrietamiento de la madera. El lasur semitransparente tuvo deficiencias en el control del desarrollo de hongos, a pesar de esto la micropelícula mantiene sus propiedades iniciales en cuanto a color y brillo. El componente altos sólidos tuvo un buen desempeño debiéndose mejorar su distribución. El testigo se mantuvo dentro de los rangos esperables con un agrisado

superficial, desarrollo de hongos y manchas de los clavos. La evaluación de este ensayo continuará por otros 180 días, completando un ciclo bianual. Los 4 expositores instalados en Patagonia (Chubut y 3 en Río Negro), se encuentran en evaluación.

En los ensayos de **durabilidad adquirida** todos los productos ensayados incrementaron la resistencia con respecto al testigo y en orden decreciente (CCA, Biopreservante, fosfato decaborato, metaborato de sodio, paraformaldehído), en particular frente a la cepa de pudrición castaña (*G. sepiarium*). El grado de aumento de la durabilidad adquirida por la madera de ensayo está estrechamente vinculado al tipo de producto, poniendo en evidencia la toxicidad y permanencia diferencial de las soluciones preservantes. Se observó mayor susceptibilidad al deterioro por *G. sepiarium*, característica representada por las mayores pérdidas de peso (%) obtenidos en los ensayos de toxicidad y permanencia, respecto del material expuesto a pudrición blanca (*Picnoporus sanguineus*). De acuerdo con esto, la resistencia a la degradación (durabilidad natural y adquirida) también depende de la cepa xilófaga. A los fines prácticos, al momento de definir la situación de uso para la cual una madera presenta aptitud, debe considerarse la clase o categoría de durabilidad inferior, en este caso, la obtenida para el material expuesto a *G. sepiarium*.

# PROYECTO DE INVESTIGACION APLICADA (PIA 10019)

## Alternativas de utilización de madera de raleos de pino ponderosa en la Patagonia

Alejandro Jovanovski<sup>1,2,\*</sup>, Claudia Zapata<sup>1</sup>, Gustavo Salvador<sup>1,2</sup>, Andrés Costa<sup>1,3</sup> y Mario Tiznado<sup>1</sup>

### RESUMEN

Las provincias de Neuquén, Río Negro y Chubut han desarrollado plantaciones con diversas especies, entre las que se destaca el pino ponderosa (*Pinus ponderosa* (Dougl. Ex Laws)), totalizando una superficie que actualmente supera las 70.000 ha. Este patrimonio de bosques implantados presenta una superficie con significativa dispersión en comparación con otros lugares del país, situación que condiciona la realización de raleos y podas, tareas que son imprescindibles para resguardar a las plantaciones de riesgos sanitarios e incendios forestales y producir madera de calidad industrial. La carencia de industrias de triturado en la región condiciona la salida comercial para los productos de pequeñas dimensiones de los primeros raleos, por lo que los productores no pueden obtener retornos económicos de esta actividad silvicultural. En este contexto y considerando el moderado grado de desarrollo de la foresto industria en la región Andino Patagónica, se infiere que el desarrollo de tecnologías simples y la aplicación de nuevos métodos de trabajo, podrían favorecer emprendimientos que procesen madera de pequeños diámetros aportando a la solución del problema planteado. Desde el punto tecnológico, el material de raleos puede presentar una alta proporción de madera juvenil, cuyas propiedades son inferiores a las de la madera madura de más edad. Una de las propiedades más críticas dado que condiciona la estabilidad de la madera es la contracción longitudinal, a la que se le atribuyen gran parte de las torceduras que sufre la madera aserrada obtenida de rollos jóvenes durante el proceso de secado.

Los objetivos planteados en el proyecto fueron: caracterizar tecnológicamente el material de raleo bajo la perspectiva de su utilización en productos de madera maciza; evaluar un método de secado natural para rollizos para determinar su incidencia en el rendimiento del secado de madera aserrada al cortar rollos secos y; diseñar, adaptar y desarrollar prototipos de productos que presenten potencial de mercado e incorporen este tipo de materia prima.

Se realizó un raleo en un rodal de 20 años plantado en una calidad de sitio media en las inmediaciones de la ciudad de Esquel, Chubut (42°53'48" de latitud Sur, 71°20'35" de longitud Oeste y 830 m.s.n.m. de altitud), sobre una superficie de 1,08 ha. Del mismo se extrajeron 44,6 m<sup>3</sup>/ha en fustes hasta punta fina 7 cm. Luego del trozado se obtuvieron 14,9 m<sup>3</sup>/ha de varas, postes y puntales, y 29,6 m<sup>3</sup>/ha de rollizos de pequeño diámetro.

Un total de 18 rollizos fueron utilizados para una caracterización tecnológica de la madera mediante la aplicación de normas ISO. El resto de rollos se dividió en 3, el primer tercio fue aserrado con un sistema de corte tradicional para obtener madera de 1" y 2" de espesor y de 4" a 6" de ancho, el segundo tercio fue aserrado con un sistema de corte uniforme, denominado "live sawing" en inglés, que consiste en aserrar el rollizo en tablas sin que el mismo sea rotado. En ambos casos la madera cortada se ubicó en estibas para secado natural. El tercer tercio de rollizos también fue dispuesto a secado natural, una parte descortezado y otra con corteza. La calidad de secado

1. Centro de Investigación y Extensión Forestal Andino Patagónico (CIEFAP). CC 14, (9200) Esquel, Chubut.

2. Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de la Patagonia San Juan Bosco (UNPSJB). Esquel, Chubut.

3. Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET)

\* ajovanovski@ciefap.org.ar



Tableros alistonados de madera sin nudos unida mediante finger joint.



Prototipo de sistema mobiliario de octógonos efectuado con madera de pequeño diámetro.



Aplicación de un sistema de tableros decorativos irregulares en mobiliario.

de madera aserrada de los distintos tratamientos se evaluó mediante la aplicación de la Norma Chilena NCh 993. EOf7z sobre cada pieza.

Los rendimientos obtenidos en el aserrío fueron bajos debido a la elevada concicidad y torcedura de la materia prima, alcanzando un coeficiente de aserrío de aproximadamente  $125 \text{ p2/m}^3$ .

Los resultados de la caracterización tecnológica indicaron que en el raleo se obtiene madera juvenil y esto limita las potenciales aplicaciones. Se observaron anchos de anillos variables y altos índices de contracciones longitudinales con ángulos de grano elevados, fundamentalmente en los primeros años de crecimiento. Justamente este fenómeno resulta en bajos rendimientos de madera de calidad en el secado natural por las severas deformaciones.

Si bien las propiedades físicas estudiadas revelan diferencias con la madera de pino ponderosa de Estados Unidos y con madera de mayor edad para sitios similares en Patagonia, éstas no son de una magnitud importante. No sucede lo mismo con las propiedades mecánicas, que en todos los casos, presentaron valores inferiores a los de la especie en Estados Unidos. En este sentido, los valores determinados en este estudio sugieren que la madera de raleo presenta limitaciones para ser usada en aplicaciones que requieran prestaciones elevadas de resistencia mecánica.

La práctica de secado natural llevada a cabo indicó un muy buen comportamiento en términos de pérdida de humedad, ya que se alcanzaron bajos valores en periodos de tiempo cortos para madera aserrada de 1" y 2" de espesor. El secado natural de rollizos no resultó tan eficiente, y solo fue factible de llevar a cabo si los mismos están descortezados.

El efecto de aserrar madera de rollizos secos tuvo consecuencias directas en la calidad de las piezas aserradas en términos de sus deformaciones, lográndose diferencias significativas con el aserrío tradicional de 4 caras en verde. Sin embargo, el tiempo que transcurre entre el estibado de las trozas y la obtención de la madera aserrada seca es muy prolongado. Incluso, es probable que se alargue aún más dependiendo de la época de estibado, lo que incrementa el riesgo de ataque de hongos.

Un efecto similar, en términos de calidad de las piezas aserradas, se observó cuando se aplicó el plan de corte uniforme, las piezas con canto vivo se secaron y luego se cantearon en seco. El proceso de secado de esta madera es exactamente igual al secado de las piezas aserradas mediante el esquema tradicional; sin embargo, desde el punto de vista de la calidad de la madera aserrada, se observaron ventajas significativas en comparación con el aserrío tradicional, lo que aporta una solución práctica al problema que presenta la madera de pino ponderosa aserrada en relación con las deformaciones durante el secado.

Entre los productos que se elaboraron se destacaron los tableros alistonados de 20 y 30 mm de espesor. A pesar de que los rendimientos de estos productos son bajos, la estabilidad dimensional que se logra mediante el saneado de nudos y defectos es muy importante y valoriza el hecho de que la especie presenta un crecimiento anual regular dando lugar a entrenudos libres de defectos. Por otra parte, la calidad estética de la madera es muy buena, ya que el ligero contraste entre el leño temprano y tardío, con la suave delimitación de los anillos de crecimiento y los nudos de color claro, favorecen su apariencia. Esto se resalta con los excelentes resultados obtenidos en términos de la aplicación de tinturas y tratamientos superficiales. Las siguientes figuras muestran tres de los principales productos elaborados.

## PROYECTO DE INVESTIGACION APLICADA (PIA 10044)

### Propiedades tecnológicas de la madera de *Grevillea robusta* y desarrollo de programas de secado adaptados a la pequeña y mediana industria regional

Hernández M.A.<sup>1</sup>, Genes P.Y.<sup>1</sup>, Arias E.<sup>2</sup> y López J.A.<sup>1</sup>

## INTRODUCCIÓN

Los programas de secado que se encuentran en la literatura para *Grevillea robusta* se construyeron en base a ensayos de prueba y error, sin una base teórica para su desarrollo. Esta carencia de fundamento teórico de los programas existentes, junto a la poca fiabilidad de los sistemas de sondeo del contenido de humedad de la madera superiores al punto de saturación de las fibras, se traducen en una mayor duración de los segmentos de los programas o en la reiteración de segmentos cuando no se alcanza el contenido de humedad final deseado. La aplicación de un método con base teórica para la estimación de la duración del secado, permitiría evaluar programas existentes o preparar nuevos programas con la consiguiente reducción de tiempos y costos operativos. La ecuación propuesta por Kollmann basada en la segunda ley de difusión de Fick, ofrece una aproximación a los tiempos de secado cuyos resultados pueden ser aplicados en la práctica, a pesar de que no es rigurosamente exacta.

El objetivo del trabajo fue desarrollar y evaluar el desempeño de la ecuación de Kollmann en el secado en cámara de *Grevillea robusta* mediante un proceso estocástico. Se plantea la hipótesis de que la ecuación propuesta por Kollmann basada en la teoría de difusión permitiría estimar el tiempo de secado de la madera de *G. robusta* sin perjudicar la calidad.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El modelo de Kollman tiene la forma que se presenta en la ecuación 1, en donde  $Z$  es el tiempo de secado (horas),  $a$  un coeficiente definido por la madera y el equipo de secado,  $CH_i$  el contenido de humedad inicial (%),  $CH_f$  el contenido de humedad final (%),  $ESP$  el espesor de tabla (mm)  $TBS$  la temperatura del bulbo seco ( $^{\circ}C$ ) y  $a$  y  $b$  exponentes.

$$Z = \frac{1}{a} \ln \left( \frac{CH_i}{CH_f} \right) \left( \frac{ESP}{25} \right)^a \left( \frac{65}{TBS} \right)^b \quad (1)$$

Para ajustar y validar este modelo se realizaron tres ensayos de secado en una cámara de mampostería localizada en la ciudad de Formosa, Argentina. En cada ensayo las condiciones de temperatura, contenido de humedad de las probetas, espesor de tablas y velocidad de circulación del aire, variaron dentro del rango presentado en la tabla 1.

El material de investigación se encontraba conformado por tablas y probetas de *G. robusta*, las cuales se distribuyeron a lo largo y ancho del castillo en tres niveles de altura: parte inferior, media y superior. Se usaron 10 tablas y 5 probetas por ensayo

1. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA). Grupo Calidad de la madera. EEA Bella Vista-Corrientes.

hernandez.mariano@inta.gob.ar

2. Cátedra Tecnología de la madera. Facultad de Recursos Naturales-Universidad Nacional de Formosa.

**Tabla 1:** Condiciones psicrométricas y características de las tablas empleadas en los ensayos

Variable	Rango de variación
Contenido de humedad (%)	80 - 12
Temperatura del bulbo seco (°C)	45 - 60
Temperatura del bulbo húmedo (°C)	40 - 45
Espesor (mm)	25,4 - 50,8
Velocidad del aire (m/s)	4

para cada uno de los tres niveles de espesores experimentados: 25, 38 y 50 mm. Las tablas y probetas presentaban corte tangencial y su ancho era de 100 mm por 2000 mm de largo (tablas) o 500 mm (probetas). Las variables para el ajuste y validación de la ecuación de Kollmann se determinaron durante el experimento de secado mediante el registro de la evolución de las condiciones psicrométricas de la cámara y el registro de la evolución del contenido de humedad de las probetas en el tiempo a través de determinaciones gravimétricas en balanza. Las variables vinculadas a la calidad del secado se determinaron sobre las tablas aserradas de *G.robusta* una vez finalizado el secado, (cuando se alcanzó un contenido de humedad final de 12%) y fueron: longitud de grietas y magnitud de alabeos (acanaladura, arqueadura, encorvadura y torcedura).

Se ajustó y validó el modelo de secado con un total de 519 observaciones correspondientes a los tres ensayos. Se separaron las observaciones con un muestreo al azar: El 70% de los datos se usaron como datos de estimación (n=360) y el 30% se utilizaron como datos de predicción (n=159). La estimación de los parámetros del modelo se realizó con el método de compromiso de Marquardt. La validación consistió en la comparación de estimadores y errores del modelo estimado y el modelo predicho.

El análisis de la calidad del secado se realizó con 90 observaciones para cada tipo de defecto analizado. Se calculó la frecuencia relativa de las clases establecidas por la norma NCh 992. EOF7 por tipo de defecto.

## RESULTADOS

La tabla 2 muestra los estadísticos para el modelo de calibración y el modelo de predicción. Los coeficientes del modelo se mantienen relativamente estables para uno y otro conjunto de datos. El error cuadrático medio (ECM) presenta las mayores diferencias entre los datos de calibración y validación, aunque la degradación en la eficiencia no resulta tan grave. El error medio (EM) y el error absoluto medio (|E|) no presentan grandes diferencias. El modelo explica 91,7% de la variabilidad en el tiempo de secado. La “pérdida” en R2 para la predicción es muy pequeña. El error estándar del modelo (SS) es elevado demostrando que la ecuación de Kollmann permite la aproximación al tiempo de secado con baja precisión. Se puede considerar este error como aceptable en la medida en que la ecuación se utilice como una herramienta para mejorar o crear programas de secado en función del contenido de humedad, pero no se recomienda la utilización del modelo en la elaboración de programas de secado en función del tiempo.

**TABLA 2**

		Calibración Estimador (error)	Validación Estimador (error)
Parámetros	α	0,016 (0,0013) **	0,023 (0,0029) **
	a	0,13 (0,032) **	0,13 (0,048) **
	b	4 (0,32) **	5,25 (0,50) **
Residuos	EM	7,3	8,2
	E	20,8	22
	ECM	721	845
Ajuste	SS	26,8	29
	R <sup>2</sup>	91,7	90,1

El modelo final tiene la forma

$$Z = \frac{1}{0,016} \ln\left(\frac{CH_i}{CH_f}\right) \left(\frac{ESP}{25}\right)^{0,13} \left(\frac{65}{TBS}\right)^4$$

**TABLA 3**

Tipo de defecto	Clase A	Clase B	Clase C	Clase D	Fuera de clase
Arqueadura	33%	57%	9%	1%	-
Encorvadura	13%	17%	27%	17%	26%
Acanaladura	84%	13%	2%	1%	-
Torcedura	19%	32%	26%	11%	12%
Grietas	81%	8%	1%	10%	-

En la tabla 3 se presenta las frecuencias de los defectos de las tablas según los niveles establecidos por la norma NCh 992. EOf7. Torcedura y encorvadura fueron los defectos que mayor frecuencia presentaron por encima de los niveles establecidos por la norma, sin embargo, esto no amerita el rechazo de las tablas para su uso. Por el contrario, la norma establece que los límites previstos para cada clase deben ser fijados para cada especie mediante una comprobación práctica de forma de evitar el desequilibrio entre niveles. La magnitud y frecuencia de los defectos encontrados en las tablas hacen que se considere que la calidad del secado fue buena bajo las condiciones psicrométricas empleadas.

## DISCUSIÓN

La ecuación presentada en este trabajo permite crear o mejorar programas de secado ya existentes para la especie de estudio, cuando la madera se seca dentro del rango de las variables especificadas en la tabla 1. El modelo no sirve para construir programas en base a tiempo porque su error estándar es alto, pero es útil para

**Tabla 2:** Comparación del desempeño entre el modelo de estimación y el modelo de predicción.

\*\* Estadísticamente significativo al 0,01

**Tabla 3:** Frecuencia de defectos en tablas clasificados por norma NCh 992.EOf7

**Tabla 4:** Programas de secado para tablas de 25 y 38 mm de espesor

**TABLA 4**

Programas	Tiempo (hs)	CH (%)	TBS (°C)	TBH (°C)
1 pulgada (25 mm)	107	80-50	47	45
	185	50-30	52	45
	289	30-12	56	45
1,5 pulgadas (38 mm)	70	80-60	47	45
	146	60-40	50	45
	192	40-30	52	45
	253	30-20	53	45
	314	30-12	55	45

estimar de manera aproximada el tiempo necesario para alcanzar un determinado contenido de humedad en programas de secado en función del contenido de humedad. También permite la operación inversa, estimar para un determinado tiempo, el contenido de humedad que tiene la madera con independencia de los sensores conductivos del horno. Para esto es necesario realizar un pasaje de términos, donde la ecuación tome la forma  $CH_f = CH_i e^{-\alpha Z (1/f^n)}$ , donde  $f_n$  representa a los coeficientes de corrección espesor y temperatura del bulbo seco.

A modo de ejemplo, en la tabla 4 se presentan programas de secado en función del contenido de humedad elaborados con el modelo ajustado, para espesores de una pulgada y una pulgada y media.

## CONCLUSIONES

La ecuación de Kollmann permitió estimar en forma aproximada los tiempos de secado en cámara de *Grevillea robusta* en función de las variables contenido de humedad, espesor de tabla y temperatura del bulbo seco.

La calidad de secado se consideró buena para las condiciones psicrométricas empleadas. Los defectos de secado más frecuentes fueron torcedura y encorvadura.



# PROYECTO DE INVESTIGACION APLICADA (PIA 10050)

## Evaluación de la calidad de madera de *Prosopis alba* en rodales semilleros

Moglia JG, González D. Cisneros A. B., Giménez A.M Pan E. López Launstein D\*.

El algarrobo blanco, es una de las especies de mayor valor e importancia económica en el país por el volumen que se comercializa, produce madera de buenas características físicas y mecánicas y dado su potencial forestal y maderero constituye un importante recurso para los pueblos de zonas áridas y semiáridas. Los objetivos del Proyecto PIA 10050, fueron estudiar y evaluar la variación de los parámetros de calidad de la madera de los rodales semilleros de *Prosopis alba*, futuras fuente de semilla con la finalidad de caracterizarlos e identificar los rodales más promisorios para uso sólido.

### MATERIAL Y MÉTODOS

El material estudiado proviene de 6 árboles por cada uno de los cuatro sitios de muestreo: Villa Ángela (Chaco), Los Arias y San Isidro (Sgo. del Estero), e Isla Cuba (Formosa). En cada uno de los individuos se midieron la altura total y de fuste, el diámetro a 1,30 m de altura. Se describieron los marcadores morfológicos macroscópicos de hojas tipo de corteza, inclinación del grano. La copa de los árboles adultos se determinó por el método de ángulos fijos, en 4 direcciones (N, S, E y O). Se extrajeron rodajas cada árbol a 1,30 m de altura. Sobre ellas lijadas y pulidas determinaron y midieron los espesores de anillos de crecimiento sobre las orientaciones Norte-Sur. Para las tendencias de crecimiento, se utilizó el método basado en la edad biológica, para ello el espesor medio de los anillos de cada árbol se alineó con los de otros individuos según la edad biológica y no cronológico con su promedio se generó la curva de crecimiento del árbol base para cada uno de los sitios. Se determinaron el crecimiento, Incremento anual (IA) e Incremento medio anual (IMA) en DAP y en superficie normal. En cada rodaja se determinó la proporción albura-duramen, el color de acuerdo a la carta de colores Munsell y se realizó una clasificación visual agrupándose por rangos. A efectos de evaluar la variabilidad radial de la madera, en cada rodaja se seleccionaron, secuencialmente los anillos número de 5 al 11, 17 al 22 y 26 al 30, se obtuvieron así probetas por rango de anillos seleccionados, en las cuales se determinó la densidad básica y los preparados microscópicos.

Para las propiedades físicas se cortaron trozas a los 1,30 m de altura en cada uno de ellos de 60 cm de largo que se tablearon descartando el tablón central para obtener las probetas de estudio.

Para la determinación de la densidad básica se utilizó el método de inmersión de agua según la Norma IRAM 9544 y la estabilidad dimensional con Normas DIN 52.184. El análisis estadístico se realizó mediante un modelo anidado, con efecto aleatorio de árboles y fijo en sitios para las propiedades físicas, para anatomía y densidad asociada en las probetas se evaluó además la variabilidad radial con muestreo multietápico y con anidamiento sucesivo de las variables clasificatorias, “sitios”, “árboles”, y “distancias radiales a la médula” Se aplicó un modelo mixto, con efecto aleatorio de árboles y fijo de sitios y distancias radiales. Los datos fueron analizados con InfoStat.

Instituto Silvicultura de Manejo de Bosques- Facultad de Ciencias Forestales-Universidad Nacional de Sgo. del Estero.  
vimog@unse.edu.ar \* IFGR

En consecuencia el modelo lineal aditivo correspondiente es:

$$Y_{ijk} = \mu + S_i + A_{ij} + D_{jk}$$

Donde:

$Y_{ijk}$  = media de la variable Y evaluada en el sitio i, en el árbol j y en el tratamiento k

$\mu$  = promedio general

$S_i$  = efecto del i ésimo sitio

$A_{ij}$  = efecto del j ésimo árbol dentro del i ésimo sitio.

$D_{jk}$  = efecto del k ésima distancia, dentro del j ésimo árbol, dentro del i ésimo sitio.

## DESARROLLO



El rasgo que mejor estimó la superficie de copa fue el diámetro normal a 1,30 m, un parámetro de fácil medición y la mejor función encontrada que relaciona el DAP y la superficie de copa es la lineal. Los anillos de crecimiento de *Prosopis alba* son anuales y las edades determinadas en estas muestras oscilan entre 30 a 46 años. El color de los individuos varió entre y dentro de los sitios, entre y dentro de los individuos. Los colores de albura varían entre blanco amarillento y blanco-rosáceo y el del duramen presenta colores de castaño rosáceo a castaño grisáceo. Esto es de suma importancia para la industria del mueble. La proporción de duramen fue de un 90 %, (89,5- 92,8) con escasa variabilidad entre árboles o sitios. El defecto más común encontrado en los distintos sitios y muestras son las grietas en la medula con la totalidad de individuos en Villa Ángela e Isla Cuba, con menor porcentaje en Los Arias y en San Isidro también se encontraron algunas acanaladuras, excentricidad de médula y presencia de nudos.

En cuanto al crecimiento de los individuos, los ejemplares de menor edad corresponden a San Isidro, con una edad promedio de 18 años; los de mayor edad fueron los de Villa Ángela, Chaco, con edades máximas entre 30 a 46 años, el de mayor edad alcanza un diámetro de 43,8cm a los 46 años y en Los Arias fue de 23,12 cm para una edad de 24 años. El espesor medio de los anillos de crecimiento fue de 4,62 mm (1,7 - 9,9).

La función lineal fue la que mejor expresó la relación encontrada entre la edad y el DAP, con un  $R^2=0,99$  para todos los sitios. Las curvas de incremento anual (IA) y el incremento medio anual (ICA) se intersectaron a la edad de 10 a 15 años, mientras que en la sección normal no hubo intersección a las edades estudiadas. Se observa un máximo en el ICA de 1,23 cm de diámetro a los 23 años. La función polinómica de segundo grado es la que mejor ajustó para expresar la relación de la sección normal y la edad, con un  $R^2 = 0,99$  para todos los sitios.

La densidad básica (db) en promedio total fue de 0,58 (0,51-0,69) g/cm<sup>3</sup>. Si bien las diferencias entre los sitios no fueron notorias los árboles de Isla Cuba (Formosa) fueron los de mayor db con un promedio de 0,658 g/cm<sup>3</sup>, mientras que San Isidro, Sgo. del Estero evidenciaron el menor valor de 0,609 g/cm<sup>3</sup>. El análisis mostró que el sitio no tiene efecto significativo sobre la densidad básica, pero si hubo diferencia entre árboles. La tendencia de variación radial de la densidad básica promedio de los arboles muestreados es decreciente de medula a corteza, similar a las tendencias encontradas en otras especies de latifoliadas. La especie presenta un valor promedio de anisotropía de 1,69 con muy bajos valores de variabilidad entre sitios y

árboles. La contracción total de la madera de *Prosopis alba* para todos los sitios fue de (radial = 1,63 a 1,73 % y tangencial de 2,99 a 3,35 %) se considera como muy pequeña para ambas posiciones. Los rangos de valores de contracción volumétrica por sitio fueron =5,15 % Villa Ángela, Los Arias= 5,40 %, San Isidro =5,16% e Isla cuba=5,41%. Estos valores que indican que tiene un rango normal de contracciones y anisotropía, siendo su madera apta para usos sólidos.

## CONCLUSIONES

Los estudios conducen a afirmar que *Prosopis alba* tiene buenos valores de anisotropía siendo una madera muy estable y de escasa variabilidad entre sitios o (en este caso rodales) por lo cual la preferencia en selección para calidad de madera estaría centrada en el mayor volumen que puede obtenerse en los sitios con crecimientos mayores asociados generalmente con mayores longitudes de fuste. Los sitios Isla Cuba Formosa y Villa Ángela Chaco son las poblaciones que presentan los árboles mayores tamaños y forma y también fueron los que tuvieron menor cantidad de defectos.

El análisis de densidad básica indica que el sitio no tiene efecto significativo por lo que no mostró ser un índice eficiente para valorar la calidad de la madera por sitios debido a la alta variabilidad entre árboles. Esta característica es importante cuando se tiene en cuenta el mejoramiento forestal de esta especie una herramienta importante a la hora de hacer selección de individuos que tengan una mayor o menor densidad básica de acuerdo al uso final de la plantación. Se seguirá trabajando en la mayor incorporación de sitios y en la incidencia de la forma en la calidad de la madera.

La distancia a la médula es la fuente de variación más importante en la mayoría de los caracteres anatómicos estudiados lo que ratifica que la variabilidad dentro del árbol es más importante que la variabilidad entre árboles o sitios para las variables anatómicas.

### Otros resultados del proyecto: Módulo preparado con los desechos de las muestras utilizadas

Se diseñó y desarrolló un producto a partir de la reutilización de las probetas de los desechos y probetas de la determinación de las propiedades físicas de la madera y con el objetivo de agregarle valor al material a través del diseño industrial con poca tecnología, maquinaria y con mínimo procesamiento. Se logró un módulo con las muestras largas prensadas y encoladas con resina ureica, este módulo se puede repetir y formar placas.

### Presentación de los resultados del proyecto.

Evaluación de la calidad de madera de *Prosopis alba* en la 1era Jornada del algarrobo noviembre de 2012 Córdoba.

**Relación entre la superficie de copa y el árbol en *Prosopis alba* Griseb** III Congreso Latinoamericano de IUFRO (III IUFROLAT) Costa Rica Junio 2013.

**Caracteres macroscópicos de la madera de individuos selectos de *Prosopis alba*** de diferentes sitios. Cisneros A. B, Moglia J. G., González D. Jornadas CODINOA Sgo. del Estero, octubre 2013

**Variación radial de caracteres anatómicos y densidad básica en el leño** de *Prosopis alba*: El rol de la edad cambial Moglia, Cisneros, Molina Congreso Forestal Argentino Setiembre de 2013.

**Caracterización macroscópica y estabilidad dimensional en ejemplares selectos** de *Prosopis alba* Griseb. de la Región Chaqueña Argentina. Molina A. Moglia J., Cadena M., Pan E., Umlandt M Congreso Forestal Mundial IUFRO Salt Lake City Set 2014

**Frecuencia de defectos comunes de la madera** en las principales especies leñosas del Chaco Seco. Moglia J. G. Giménez A.M Cisneros a B. IV Congreso Iberoamericano de Protección de la madera (RIPMA, Nov 2014).

**Crecimiento y variabilidad de madera** en *Prosopis alba*. J.G. Moglia, Cisneros A. B., Giménez A. M., González D. Congreso del Gran Chaco 5-6 Nov 2014

**Variabilidad de las propiedades físicas** de la madera entre y dentro de árboles de un rodal semillero de *Prosopis alba*. J. G. Moglia, E. Pan, D. González, Juárez de Galíndez M, Umlandt M.

**Crecimiento anual de altura total y de fuste** de *Prosopis alba* en plantación J. G. Moglia, S. Bravo, M. Pece, A. Bender 2015

**Magnitudes dendrométricas de cuatro poblaciones** de Algarrobo Blanco (*Prosopis alba*) de diferentes edades Bender, A., Araujo, J., Perreta, M. & Moglia, J. REv FAVE de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional del Litoral 2015.

### Capítulo de libro

Estudios de anatomía de madera en la región Chaqueña Argentina revisión y perspectivas 2014., Moglia JG. Giménez A., González D.

En el marco del proyecto se realizaron 2 becas CIN una tesis de grado y se está desarrollando una tesis de doctorado de CONICET sobre esta temática.

# PROYECTO DE INVESTIGACION APLICADA (PIA 10061)

## Caracterización de la madera de cedro proveniente de cultivo, a distintas edades y en diferentes sitios del noroeste argentino

Fornes L.<sup>1</sup>, Palazzi S.<sup>3</sup>, Albornoz P.<sup>2</sup>, Anaya D.<sup>3</sup>, Sidán M.<sup>2</sup>, Guantay M.E.<sup>2</sup>, Trápani A.<sup>4</sup>, Arce O.<sup>4</sup> y A. Mateo<sup>5</sup>.

### INTRODUCCIÓN

La principal fuente de suministro de maderas de calidad en el Noroeste argentino continúa siendo el bosque nativo. Tradicionalmente el NOA fue exportador al mercado interno y externo de maderas nobles, sin embargo la extracción no planificada de madera pone en riesgo la oferta sostenida. En general, se observa una tendencia declinante de la actividad en cuanto a superficies de aprovechamiento forestal, al igual que un cambio en el volumen cosechado por especie, en especial de las tradicionales como el Cedro, Lapacho y Quina Colorada, y un aumento de los volúmenes de Cebil moro. Así, el Cedro continúa siendo una de las especies de mayor valor en el mercado de productos forestales. Una medida para contribuir a salvaguardar el futuro de los cedrales en las Yungas es la reforestación a través de los sistemas de cultivo de enriquecimiento o en macizos, aliviando de esta manera la presión sobre las formaciones nativas. Para tal propósito, una gran oportunidad es la superficie disponible en las “zonas amarillas” (Ley Nac. 26.331), la cual supera el millón de hectáreas en el NOA y donde no es factible cambiar el uso del suelo. Este trabajo busca contribuir al conocimiento sobre la calidad de la madera que se espera obtener de plantaciones de las 3 principales especies de Cedros de las selvas subtropicales argentinas, en diferentes sistemas productivos, a diferentes edades y en distintos ambientes del NOA., comparando los tratamientos probados con los correspondientes testigos provenientes del bosque nativo y con el principal sustituto introducido, el cedro australiano (*Toona ciliata var. australis*).

### MATERIAL Y MÉTODOS

El material experimental se detalla en la Tabla 1. El diseño experimental propuesto para el estudio de las propiedades físico-mecánicas, las características dendrocronológicas y las variables anatómicas está anidado dentro de cada tratamiento en cinco árboles y dentro de este en dos trozas con sus respectivas repeticiones, totalmente aleatorizado, variando el número de repeticiones según el tipo de variable analizada.

#### Método Experimental y Técnica

En una primera etapa se efectuó un estudio dasométrico de cada uno de los tratamientos (rodales), tanto en macizo como en enriquecimiento (Tabla 1). Una vez analizados los datos, se ubicaron al azar 5 individuos (de acuerdo a la disponibilidad) cuyos DAP superen la media de la población más un desvío estándar. Posteriormente, se obtuvieron dos trozas de 1.40 m por individuo que se aserraron según lo indicado en la Norma INCONTEC C25.16/73 y la Norma NCh 968, en cuanto a la selección, obtención y acondicionamiento de muestras y probetas para la determinación de las propiedades físicas y mecánicas. Así, se obtuvieron las trozas A y B con dos repeticiones pareadas (viguetas) por troza de donde se extrajeron las probetas indicadas para los diferentes ensayos físico-mecánicos. En el caso de las variables anatómicas se

1. INTA EEA Famaillá fornes.luis@inta.gob.ar

2. Fundación Miguel Lillo

3. Laboratorio de Ensayos de Materiales, FCE-UNT

4. FAZ-UNT

5. Consultor PIA 10061

**TABLA 1**

Trat.	Especie y Sistema productivo	Edad ó DAP	Procedencia	Sitio
1	<i>Cedrela angustifolia</i> (enriquecimiento)	30 años	El Naranjo, Tuc.	Pedemonte
2	<i>Cedrela balansae</i> sin riego (macizo)	12 años	Gral. Pizarro, Salta	Transición
3	<i>Cedrela balansae</i> (macizo)	17 años	Yuto, Jujuy	Pedemonte
4	<i>Cedrela fissilis</i> (enriquecimiento)	10 años	Potrero de las Tablas, Tuc.	Selva Montana
5	<i>Cedrela fissilis</i> (enriquecimiento)	14 años	El Naranjo, Tuc.	Pedemonte
6	<i>Toona ciliata</i> con riego (macizo)	12 años	Gral. Pizarro, Salta	Transición
7	<i>Cedrela balansae</i> con riego (macizo)	12 años	Gral. Pizarro, Salta	Transición
8	<i>Toona ciliata</i> (macizo)	17 años	Yuto, Jujuy	Pedemonte
9	<i>Toona ciliata</i> (macizo)	30 años	Alpachichi, Tuc.	Selva Montana
10	<i>Cedrela angustifolia</i> (testigo bosque nativo)	18 años	Tuc. (Maderas San Carlos)	Selva Montana
11	<i>Cedrela angustifolia</i> (testigo bosque nativo)	19 años	Tuc. (Maderas San Carlos)	Selva Montana
12	<i>Cedrela balansae</i> (testigo bosque nativo)	50 años	Salta (Maderas San Carlos)	Pedemonte
13	<i>Cedrela balansae</i> (testigo bosque nativo)	43 años	Salta (Maderas San Carlos)	Pedemonte

**Tabla 1:** código de tratamiento (Trat.) que resume a la especie y el sistema productivo, la edad o DAP, la procedencia y el sitio ecológico.

NOTA: fue imposible conseguir material nativo de *C. fissilis* dado que el Gob. de Misiones prohíbe su venta y traslado.

realizaron 15 repeticiones. Las características dendrocronológicas evaluadas fueron: Edad por conteo de anillos, altura total y comercial, diámetro a 0,30 y 1,30 m, incremento anual, proporción de albura y duramen (%) y Duraminización. Las variables tecnológicas estudiadas fueron: peso unitario-IRAM 9544 ( $\text{g}/\text{cm}^3$ ), tensión de rotura Flexión estática-LP9545 IRAM 9545 ( $\text{kg}/\text{cm}^2$ ), límite de proporcionalidad Flexión estática-LP9545, tensión de rotura compresión paralela a las fibras IRAM 9551-MOR Cp ( $\text{kg}/\text{cm}^2$ ), módulo de elasticidad flexión estática IRAM 9545-MOE FI ( $\text{kg}/\text{cm}^2$ ), módulo de elasticidad compresión paralela a las fibras IRAM 9551-MOE Cp ( $\text{kg}/\text{cm}^2$ ), dureza Janka tangencial IRAM 9570-DJ t ( $\text{kg}/\text{cm}^2$ ), dureza Janka radial-DJ r ( $\text{kg}/\text{cm}^2$ ), coeficiente de resiliencia ( $k= T/W$ ) - Flexión Dinámica IRAM 9546 ( $\text{kgm}$ ) y Tensión de corte paralelo a las fibras IRAM 9596 ( $\text{kg}/\text{cm}^2$ ) - TC 9596. Entre las variables anatómicas se encuentran: longitud y diámetro de vasos ( $\mu\text{m}$ ), longitud y diámetro de fibras ( $\mu\text{m}$ ), espesor de pared ( $\mu\text{m}$ ) y densidad de fibras ( $\text{n}^\circ/\text{mm}^2$ ). Se realizaron los análisis univariantes utilizando los procedimientos del software SAS V 8.0 para Modelos Lineales Mixtos Generalizados, de acuerdo al diseño experimental utilizado. Además, se efectuó un análisis multivariante, utilizando el software InfoStat V. 2012.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Todas las variables mostraron diferencias altamente significativas para los tratamientos, excepto la excentricidad. A nivel individual, la proporción de corteza, la elipticidad y el índice de rajado mostraron diferencias significativas entre árboles. El mayor crecimiento anual se midió en *C. balansae* con riego de 12 años, *T. ciliata* con riego de 12 años, *T. ciliata* de 17 años y *C. balansae* de 17 años, no encontrándose diferencias significativas entre ellos (2,11 a 2,37 cm/año). El menor crecimiento fue para *C. angustifolia* de cultivo (0,92 cm/año). Por otra parte, el menor índice de rajado fue para *C. fissilis* de 14 años siendo muy bajo según López (2009), mientras que *T. ciliata* con riego de 12 años evidenció un valor muy alto. La duraminización fue buena en la mayor parte de los tratamientos, aunque menor en *C. fissilis* de 10 y 14 años, seguramente debido a su corta edad. En general, los valores de MOR-FI y MOE-FI fueron bajos según la clasificación de Rivero Moreno (2004), mientras que los de MOR-Cp y TC-9596 fueron intermedios. El material nativo de *C. angustifolia* mostró el mejor comportamiento, mientras que entre los materiales de cultivo se destacó *C. balansae* de 17 años. Todas las variables físico-mecánicas mostraron diferencias altamente significativas para los tratamientos, mientras que MOR-FI, MOE-FI, LP-9545, DJ-t y CR-9546 además mostraron diferencias significativas entre individuos. Las variables que evidenciaron diferencias significativas entre las trozas A (primera troza de 1,40 m) y la B (segunda troza de 1,40 m) fueron MOE-Cp y DJ-r. Los coeficientes de variación experimental estuvieron entre 11 y 25 %. Los valores de Dureza Janka, según la clasificación de Coronel (1995), ubica a los materiales como maderas blandas, mientras que *C. balansae* de 17 años (0,435 g/cm<sup>3</sup>) se halla al mismo nivel que un *C. balansae* nativo de 50 años (0,468 g/cm<sup>3</sup>). Otro con buen comportamiento fue *C. fissilis* de 14 años (0,450 g/cm<sup>3</sup>). Es interesante considerar como parámetro industrial para uso sólido al coeficiente de resiliencia (k) que resulta del cociente entre el trabajo de deformación "T" (kgm) y el módulo resistente "w" ya que es independiente del contenido de humedad de la madera. En este sentido, nuevamente muestra un buen comportamiento el tratamiento 5, seguidos por el 3 y el 9, entre los materiales cultivados. Cabe destacar que las clasificaciones se han realizado teniendo en cuenta el uso estructural, sin embargo el destino principal de este tipo de maderas (*Meliaceas*) tradicionalmente fue el de aberturas, mueblería fina, terminaciones, molduras y artesanías. Con respecto a las variables anatómicas, mostraron diferencias altamente significativas. Entre los elementos que aportarían mayor resistencia, el tratamiento 5 presentó los mayores valores de diámetro de fibra y espesor de pared. El tratamiento 4 mostró el mayor valor de longitud de fibra. La mayor densidad de fibra la presentó *T. ciliata* de 17 años. Los menores valores en diámetro y longitud de vaso lo presentaron *C. fissilis* de 10 años y *T. ciliata* de 12 años con riego, mientras que los mayores valores se observaron en *C. balansae* de 12 años con riego y *C. fissilis* de 14 años, siendo resultados un tanto contradictorios. Las correlaciones positivas más fuertes (r entre 0,6 y 0,9) las mostraron el MOR-FI y el LP-9545, lo cual es coherente. También, mostraron fuerte correlación el crecimiento anual con la proporción de albura y con la densidad de fibras. Entre las moderadas (r entre 0,3 y 0,5) encontramos numerosas asociaciones, tales como el diámetro de fibra con el espesor de pared celular, el crecimiento anual con la elipticidad y el índice de rajado con el MOE-FI. También el DAP se relaciona con el MOE-FI, MOR-Cp y LP-9551, y la edad con el MOE-Cp. Como es sabido, el peso unitario se relaciona moderadamente con una serie de variables físico-mecánicas importantes, tales como MOR y MOE-FI, MOR y MOE-Cp, TC-9596, LP-9545 y LP-9551. Por otro lado están las asociaciones negativas, las cuales son importantes tener en cuenta a la hora de hacer selecciones. En nuestro caso de estudio, las más fuertes



ocurren entre la proporción de duramen con el crecimiento anual y con la densidad de fibras ( $r=-0,75$ ). Otras correlaciones negativas moderadas ocurren entre la proporción de duramen con la elipticidad y el diámetro de vaso. La proporción de albura con MOE-FI, MOR-Cp, LP-9551 y TC-9596. El crecimiento anual con la edad y con la longitud y diámetro de fibra.

### **Análisis multivariante**

La correlación cofenética para los Autovectores fue de 0,92, por ende muy confiable. Se diferenciaron 4 grupos de variables de mayor peso según el plano considerado:

**Grupo 1:** está asociado a las variables físico-mecánicas afines con el uso estructural, tales como peso unitario, DJ-r y DJ-t, LP-9545 y LP-9551 y CR-9546, siendo los tratamientos de *C. angustifolia* nativos los que más se acercan a estas características.

**Grupo 2:** se asocia a diversas variables como crecimiento, espesor de pared y TC-9596, aunque en menor intensidad también se advierten MOE-FI, MOR-Cp y CR-9546, siendo *C. balansae* de 17 años y *T. ciliata* de 30 y 17 años los que comparten estos rasgos requeridos principalmente para aberturas, mueblería, ensambles, terminaciones, entre otras.

**Grupo 3:** madera nativa de *C. balansae* gran versatilidad de uso industrial.

**Grupo 4:** se caracteriza por un uso de menor valor, dado que reúnen a la mayor proporción de albura y corteza como principales características. Lo que puede estar asociado también a materiales aun inmaduros tales como *C. balansae* de 12 años, *C. fissilis* de 14 años y *T. ciliata* de 12 años. En especial *C. fissilis* de 14 años mostró características interesantes para variables de importancia económica y de buena apreciación en carpintería.

## **CONCLUSIONES**

En general Los mayores índices de rajado y el menor peso específico de la madera los presentaron los tratamientos correspondientes a la especie *Toona ciliata*. El mayor crecimiento anual lo mostraron *C. balansae* con riego de 12 años, *T. ciliata* con riego de 12 años, *T. ciliata* de 17 años y *C. balansae* de 17 años, con un rango entre 2 y 2,4 cm/año.

La mayor proporción de albura se asoció negativamente con las principales características físico-mecánicas (MOE-FI y MOR-Cp), a su vez estas se correlacionaron positivamente con el DAP y con la edad.

*C. balansae* de 17 años y *Toona ciliata* de 30 años, presentaron las mejores características desde un punto de vista integral entre el material proveniente de cultivo.

El cultivo de especies de maderas nobles como el cedro constituye una estrategia válida de relevo a la madera tradicionalmente aprovechada de las mismas estas especies ante la necesidad de conservar las poblaciones remanentes dada la drástica reducción de las existencias volumétricas del material nativo.



## PROYECTO DE INVESTIGACION APLICADA (PIA 10069)

### Ensayo de especies leñosas nativas para la producción de biomasa mediante bosques energéticos en la provincia de Misiones

Bohren, A. V.<sup>1</sup>; Zaderenko, C.<sup>1</sup>; Eibl, B. I.<sup>1</sup>; Barney, E. <sup>2</sup>; Niella, F.<sup>1</sup>; Rocha, P.<sup>1</sup>; González, C.<sup>3</sup>; Aguilera, M. A.<sup>4</sup>; F. Branco<sup>5</sup> y G. Karlstorf<sup>6</sup>

Con la sanción de la Ley N° 106/2010 en la provincia de Misiones, titulada “Marco regulatorio de los Recursos Dendroenergéticos Renovables” donde se establece, que a partir del año 2015, la prohibición de la producción, comercialización y consumo industrial de leña y de carbón vegetal de bosques naturales. En este actual escenario, las industrias de té, yerba mate y mandioca que consumen alrededor de 1.000.000 tn/año de leña deberán producir biomasa a partir de la instalación de bosques energéticos.

La producción de energía a partir de biomasa es trascendental no solo por tratarse de una fuente de energía renovable, sino que comparada con los combustibles fósiles, presentan ventajas como: el aporte en la reducción de emisión de gases de efecto invernadero, la reducción del volumen de desechos en vertederos y la diversificación de la matriz energética de nuestro país. La instalación de bosques energéticos contribuye no solo con la conservación de la biodiversidad y los beneficios ambientales, sino que también genera oportunidades de desarrollo a los pequeños productores.

Este proyecto tiene por finalidad evaluar la posibilidad de producir biomasa a partir de plantaciones con especies nativas, desde la cosecha de los frutos (realizada en tres locales y en tres momentos de la fructificación, el número de semillas por fruto, y el número de semillas por kilogramo); ensayos de germinación (tratamiento pre-germinativo, porcentaje de germinación, tiempo de inicio de la germinación y número de días del ensayo y contenido de humedad de las semillas); obtención de plantines y viverización (requerimientos silviculturales tales como: tamaño de tubetes (50, 100 y 150 cm<sup>3</sup>), tipo de sustrato (corteza de pino compostado (CPC) puro, o en mezcla: 50% de corteza de pino compostado, 25 % arena y 25 % arcilla) y dosis de nutrientes de liberación lenta (1,5 y 3 kg/m<sup>3</sup>); diámetro a la altura del cuello (d.a.c.)). Ensayos de plantación a campo (con plantaciones en alta densidad y en fajas bajo protección de un bosque secundario) donde inicialmente se evaluara supervivencia, adaptación al sitio y crecimiento en altura. Determinación de las características de la biomasa (densidad, poder calorífico del leño, temperatura de inflamación, porcentaje de cenizas y densidad energética), y ensayos de combustión (tiempos de carbonización, duración de brasa, redondeo de las aristas y reducción a cenizas).

Se han seleccionado ocho especies nativas de la Selva Paranaense de Misiones: “curupay” (*Anadenanthera macrocarpa* (Benth.) Brenan), “urunday” (*Astronium balansae* Engl.), “anchico colorado” (*Parapiptadenia rigida* (Benth.) Brenan), “caña fístola” (*Peltophorum dubium* (Spreng.) Taub.), “isapuy” (*Machaerium paraguariense* Hassl.), “canela de venado” (*Helietta apiculata* Benth.), “loro negro” (*Cordia trichotoma* Arráb. ex Steud.) y “koku” (*Allophylus edulis* (A. St.-Hil., A. Juss. & Cambess.) Hieron. ex Niederl).

En las Tablas N° 1 y 2 se presentan los resultados relacionados al número de semillas por fruto y por kilogramo y de los ensayos de germinación. Los ensayos de germinación superaron el 70 %, excepto en Canela; determinándose en cada especie el

**1.** Docentes de la Facultad de Ciencias Forestales (FCF), Universidad Nacional de Misiones (UNaM), Eldorado. Bertoni 124. 3382 Eldorado. Mnes. aliciabohren@hotmail.com

**2.** Docente de la Facultad de Ingeniería, UNaM, Oberá, Mnes.

**3, 4 y 5.** Graduados y 6 estudiante de la FCF, UNaM, Eldorado; Mnes.

momento más adecuado para la cosecha de las semillas. Han requerido tratamiento pre-germinativo “caña fistola” y “canela”, no superándose para este último el 40 % de germinación.

**Tabla 1:** Número de semillas por fruto y por kilogramo

Nombre común	Número de semillas por fruto	Número de semillas/fruto por kilo
Koku	1	18.300
Curupay	1 a 15	8.800
Urunday	1	131.00 a 151.000
Loro negro	1	35.200
Canela	3	55.200
Isapui	1	9.648
Anchico colorado	3 a 10	23.500 a 36.100
Caña fistola	1 a 3	21.500 a 23.500

**TABLA 2**

Especies	Germinación (%)	Tratamiento pre-germinativo	Días del ensayo (días)	Inicio germinación (días)	Contenido humedad (%)	Cosecha frutos
Koku	80	No requiere	28	7 a 10	10 a 20	sept/oct
Curupay	92	No requiere	28	3 a 5	8 a 12	jul/oct
Urunday	74	No requiere	28	5 a 7	8 a 12	ene/feb
Loro negro	78	No requiere	28	7 a 12	8 a 12	Jul/agost
Canela	40	Estratificación	120	30 a 40	10 a 20	dic/feb
Isapui	93	No requiere	28	10	10 a 20	may/jun
Anchico colorado	98	No requiere	28	5 a 7	8 a 12	Jun/agost
Caña fistola	90	Escarificación con lija	28	5 a 7	8 a 12	May/agost

**Tabla 2:** Ensayos de germinación

En la Tabla N° 3, se presentan los resultados de la viverización de las especies en estudio, determinándose para cada caso el tamaño de tubete, el tipo de sustrato y cantidad de nutrientes para los mejores crecimientos, los máximos crecimiento en altura se observó en “curupay” (28 cm) y los mínimos en “urunday”, “loro negro”, “canela” y “anchico colorado” con 16 cm.

Los ensayos de plantación a campo realizados en fajas, de dos años arrojaron una supervivencia comprendido entre el 60 y 90 % desarrollando buena y muy buena adaptación al sitio, excepto en “loro negro” con un 20 % de supervivencia y con daños por ataques de insectos. En tanto las plantaciones realizadas en alta densidad mostraron una supervivencia al año menor, comprendida entre el 26 y 70 %.

Las principales diferencias entre las características de la biomasa (Tabla 4) se observan en la densidad anhidra, proporción de cenizas y densidad energética. Este último con mayor valor en “anchico colorado” y le sigue “curupay” y “canela”; mientras que el mayor contenido de cenizas se observó en “curupay”, aunque todos los valores se encuentran en un rango aceptable.

**TABLA 3**

Especies	Tubete (cm <sup>3</sup> )	Tipo de Sustrato	Nutrientes (kg/m <sup>3</sup> )	Diámetro cuello (mm)	Altura (cm)
Koku	100	CPC	3	s/d	18
Curupay	100	Mezcla	1,5	2	28
Urunday	140	Mezcla	1,5	2,3	16
Loro negro	100	CPC	3	3,3	16
Canela	100	Mezcla	1,5	3	16
Isapui	140	Mezcla	1,5	2,6	18
Anchico colorado	100	CPC	3	2,3	16
Caña fistola	100	CPC	3	4	22

**Tabla 3:** Ensayos de Viverización**TABLA 4**

Especies	Poder Calorífico Superior (kcal/kg)	Poder Calorífico Inferior (kcal/kg)	Densidad Anhidra (kg/dm <sup>3</sup> )	Punto de Inflamación (°C)	Cenizas (%)	Densidad energética (kcal/dm <sup>3</sup> )
Koku	4.303	4.093	0,56	389,00	0,70	2.290
Curupay	4.484	4.170	0,74	387,50	1,70	3.095
Urunday	4.122	3.872	0,74	382,50	0,70	2.879
Loro negro	4.207	3.905	0,44	383,75	1,10	1.731
Canela	4.204	3.982	0,74	390,00	0,60	2.965
Isapui	4.404	4.079	0,50	387,50	0,80	2.048
Anchico colorado	4.783	4.448	0,83	386,00	0,90	3.678
Caña fistola	4.230	3.898	0,64	387,50	0,50	2.489

**Tabla 4:** Características de la Biomasa**TABLA 5**

Especies	Carbón (min)	Brasa (min)	Redondeo de aristas (min)	Reducción a cenizas (min)
Koku	8,33	11,33	14,00	21,67
Curupay	8,67	13,00	16,33	29,33
Urunday	8,67	11,00	14,00	20,33
Loro negro	7,67	10,33	12,33	19,00
Canela	8,67	12,67	16,33	24,67
Isapui	10,67	12,67	14,67	21,33
Anchico colorado	10,67	13,33	16,00	31,33
Caña fistola	9,00	13,33	16,67	28,67

**Tabla 5:** Ensayos de Combustión

Los ensayos de combustión presentados en la Tabla 5, al “anchico colorado”, “curupay” y “cañafistola” como las especies de mayor duración de la brasa.

Desde el punto de vista silvícola aún no se pueden obtener conclusiones dado la poca edad de las parcelas; pero desde el punto de vista biomásico y de combustión, las especies que se presentan como más promisorias son el “anchico colorado”, “curupay” y “cañafistola”.

# PROYECTO DE INVESTIGACION APLICADA (PIA 10080)

## Determinación del rendimiento de aserrado y grados de calidad de rollizos de *Eucalyptus grandis* en Entre Ríos

Mastrandrea, Ciro Andrés

### INTRODUCCIÓN

En la Argentina existen aproximadamente 1,4 millones de hectáreas de bosques cultivados (FAO, 2010), principalmente forestadas con *Pinus* y *Eucalyptus*. Más del 80 % de estas plantaciones se encuentran en la Región Mesopotámica, la cual abarca las provincias de Corrientes, Misiones y Entre Ríos. Esta última ocupa el tercer lugar nacional en cuanto a superficie de plantaciones forestales, con 144.732 hectáreas, correspondiendo el 71% al género *Eucalyptus* (MINAGRI, 2010). El género Eucalipto presenta un gran potencial para ser utilizado en la industria del aserrado y remanufactura, por ser de rápido crecimiento, poseer buena adaptación a diferentes condiciones ambientales y porque su madera presenta buenas propiedades físico mecánicas y es bastante fácil de ser trabajada. En el noreste de Entre Ríos existen aproximadamente 220 aserraderos cuyo mercado principal es la madera de baja calidad para envases y construcción (encofrado), aunque en los últimos años la comercialización de madera para usos de alto valor agregado (remanufacturas, partes de muebles y aberturas) y usos estructurales (viviendas de madera) cada vez cobra mayor importancia. Cabe destacar que diferentes productos requieren de diferentes propiedades estéticas y físico mecánicas, es así que para muebles se busca color, diseño y madera libres de nudos al igual que para remanufacturas, mientras que para usos estructurales se prioriza la resistencia (módulo de elasticidad, modulo de ruptura, densidad).

Conocer el potencial de crecimiento y la variación de las propiedades de la madera intra árbol como entre árboles bajo distintos esquemas de manejo permitiría asignar cada industria la parte del árbol más adecuada o maximizar bajo un esquema de manejo el potencial uso industrial de los mismos. A pesar de ello hay poca información sobre los rendimientos de madera libre de nudos y la variaciones de los módulos de resistencia bajo diferentes esquemas de manejo silvícola.

El objetivo de este trabajo fue caracterizar el rendimiento bruto, comercial y clear y la calidad tecnológica (Propiedades físico mecánicas internas y externas) de la madera de *Eucalyptus grandis*, según diferentes esquemas de manejo silvicultural, edades y sitios

### MATERIALES Y METODOS

Para la realización de este estudio se utilizaron 3 ensayos instalados en el marco de la convocatoria PIA 03/01: "Evaluación de aspectos silvícola y de manejo en plantaciones y replantaciones de Entre Ríos y S.E. de Corrientes". Dos de los tres ensayos se encontraban en un establecimiento propiedad de Forestal Argentina (FASA), ubicado en las cercanías de la ciudad de Monte Caseros, provincia de Corrientes (30° 07' 36,19" S – 57° 48' 34,69" O), el tercer ensayo se encontraba ubicado en un establecimiento de la empresa Eksercillan Bogos, en las cercanías de Nueva Escocia, Entre Ríos (31° 38' 46,85" S – 58° 08' 15,97" O). En el establecimiento de

Monte Caseros se analizó un ensayo de intensidad y oportunidad de raleo plantado en el año 2000 a un distanciamiento de 4 x 2 metros y un ensayo de oportunidad de poda instalado en septiembre de 2001. Mientras que en el establecimiento de Entre Ríos se analizó solo un ensayo de intensidad y oportunidad de raleo plantado en noviembre de 1997 a un distanciamiento de 3 x 3 metros.

**Tratamientos ensayos de intensidad y oportunidad de raleo:** Ambos ensayos contaron con los mismos tratamientos de raleo: Testigo; raleo a 700 plantas por hectárea; raleo a 500 plantas por hectárea; raleo a 300 plantas por hectárea; raleo a 700 y luego a 300 plantas por hectárea y raleo a 500 y luego a 300 plantas por hectárea, contando con 6 intensidades de raleo y 2 oportunidades. En el caso de Nueva Escocia los raleos fueron realizados en el año 4 y 8, mientras que en Monte Caseros los raleos se realizaron en el año 2 y 5

**Tratamientos ensayos momento de poda:** La primera poda se realizó en todos los tratamientos a una misma altura (2,3 metros), modificándose el momento: 1 año y 5 meses; 1 año y 7 meses; 2 años; 2 años y seis meses.

El levante de poda se realizó a 4,5 metros en todos los casos salvo en uno en el cual se llevó a 6,5 m. Realizándose las mismas en 2 momentos: 2 años y 3 años y 3 meses.

En ambos ensayos de oportunidad e intensidad de raleo se realizó la medición 2013 de altura y DAP de todas las parcelas. Solo en el caso del ensayo de Monte Caseros se realizó el registro de la velocidad de desplazamiento de onda en árbol en pie para cada uno de los árboles seleccionados. En ambos ensayos se voltearon 4 árboles por tratamiento en los cuales se registró el diámetro a los 0,3; 0,7; 1,3; y cada dos metros; altura y diámetro de copa viva; altura total. Al momento del apeo el ensayo de Nueva Escocia contaba con 16 años de edad y el de Monte Caseros con 13 años de edad.

De cada uno de los árboles apeados se extrajo el rollo basal y el siguiente en 3,10 metros de largo, en los mismos se registró diámetro en punta fina y gruesa, rajaduras en punta fina y gruesa, contenido de duramen; cantidad, tipo, tamaño y altura de nudos y velocidad de desplazamiento de onda en rollos. Ambos rollos de cada árbol fueron aserrados para realizar el cálculo de rendimiento (bruto, comercial y clear) y el cilindro con defecto de los mismos.

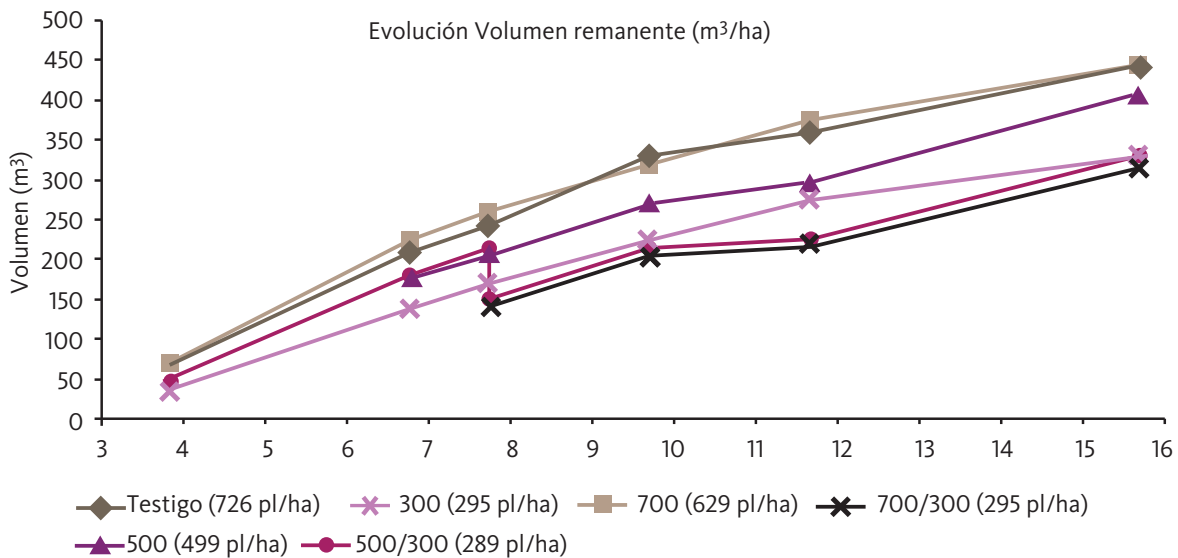
En el ensayo de poda se seleccionaron y apearon 4 árboles por tratamiento, de cada uno de los mismos se extrajeron el rollo basal y el siguiente en 3,10 metros de largo, los cuales fueron llevados a aserradero y reconstruidos para determinar el cilindro con defectos.

Entre los tres ensayos fueron apeados 68 árboles y aserrados 136 rollos

## RESULTADOS

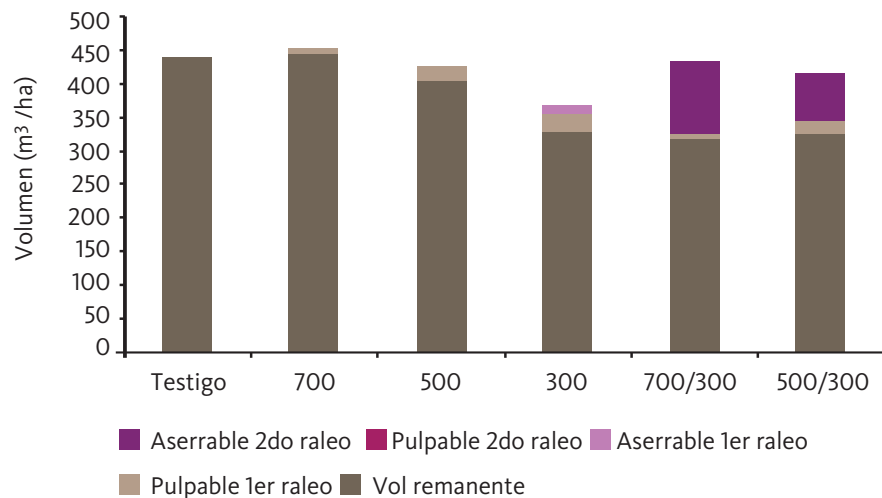
### Resultados ensayo intensidad y oportunidad de raleo Nueva Escocia

Al momento de la corta final, los tratamientos con mayores intensidades de raleo (Tratamientos 300, 700/300 y 500/300) presentaron DAP significativamente mayores que los demás tratamientos ( $p < 0,0001$ ). La altura total fue mayor en el tratamiento 500/300 con respecto a los tratamientos 500 y 700/300, que a su vez presentaron alturas superiores al testigo y al tratamiento de 700 plantas remanentes/ha ( $p < 0,0001$ ).



Al considerar el volumen total (remanente + extraído), los tratamientos no difieren significativamente, con excepción del tratamiento de 300 plantas/ha, cuyo volumen total fue significativamente inferior al resto de los tratamientos ( $p < 0,037$ ). Por otra parte, el volumen remanente a los 16 años fue superior en los tratamientos de menor intensidad de raleo (Testigo, 700 plantas/ha y 500 plantas/ha), respecto de los demás tratamientos ( $p < 0,0001$ ).

**FIGURA 2.**



**Figura 2:** Volumen total (remanente + extraído)

Las mayores intensidades de raleo permiten que las curvas de distribución diamétrica se trasladen hacia la derecha; menos árboles pero más grandes. Es así que el tratamiento de 300 plantas remanentes/ha logró un 65 % de rollos con diámetros en punta fina mayores a 25 cm, mientras que los tratamientos 700/300 y 500/300 obtuvieron 46% y 49 % de esta clase de rollos, respectivamente. En los tratamientos 700 y 500, aproximadamente un 20 % de los rollos fueron de esta categoría, mientras que en el tratamiento Testigo solo el 14 %.

Se realizó un análisis para determinar la rentabilidad de cada uno de los tratamientos a turno utilizando indicadores financieros (VAN y TIR). Según estos indicadores los tratamientos con dos raleos alcanzaron los niveles de rentabilidad más altos y dentro de ellos el mejor resultado financiero se logró con la aplicación del tratamiento 700/300 plantas remanentes/ ha.

### Resultados ensayo Momento de poda

Para evaluar la calidad de los rollizos según su contenido de madera libre de nudos se utilizaron como indicadores el Cilindro con defectos (Cd); el índice de grado (lg) y el factor de conversión de madera libre de nudos.

**TABLA 1**

Tratamiento	Cd (cm)		Factor de conversión		Índice de grado	
	rollo 1	rollo 2	rollo 1	rollo 2	rollo 1	rollo 2
3	14,28	20,43	0,33	0,11	1,05	0,85
4	16,05	19,83	0,20	0,09	0,79	0,88
5	15,69	17,67	0,16	0,09	0,74	0,81
6	19,30	19,38	0,12	0,10	0,61	0,84
7	20,69	17,98	0,12	0,13	0,67	0,97

## DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

Si el objetivo de producción es lograr árboles, que provean trozas de gran diámetro para obtener la mayor cantidad posible de tablas anchas y libres de nudos, el volumen total no es buen indicador de la calidad del monte, pues mayores rendimientos volumétricos no propician las mayores rentabilidades

Desde el punto de vista económico, los rollizos producidos en los tratamientos raleados tienen mayor valor que aquellos obtenidos sin raleo. Para que una poda se justifique es imprescindible que ella cubra en su totalidad el largo comercial de una troza, o, en su efecto, que la poda siguiente no determine un diámetro máximo sobre muñón superior a la poda anterior. La mayor potencialidad para producir madera clear, se encuentra en las trozas basales del árbol. Existe una relación entre el porcentaje de remoción de área verde, y la pérdida de incremento en altura, área basal y volumen. Sin embargo, y de acuerdo a antecedentes neozelandeses, es preferible podar más, que podar menos.

## PROYECTO DE INVESTIGACION APLICADA (PIA 10096)

### Madera de calidad desde el recurso forestal de Buenos Aires

Igartúa D<sup>1</sup>, Monteoliva S<sup>2</sup>, Villegas Szq.e.p.d., Achineli F<sup>2</sup>, Moreno K<sup>1</sup>.

## INTRODUCCIÓN

La provincia de Buenos Aires cuenta con tres géneros forestales cultivados tradicionalmente (*Salix*, *Populus* y *Eucalyptus*). Sin embargo, no ofrece las maderas que demanda el mercado en relación a la construcción y a la industria del mueble. La demanda provincial de madera sólida para diversos usos, es definida en buena medida por el sector de la construcción que ha desarrollado en los últimos años una considerable expansión, sector que a su vez derrama en numerosos otros, dentro de los que se destaca el de los muebles. Puede indicarse que esta demanda se atiende actualmente con madera aserrada de especies nativas y exóticas provenientes del noreste del país (NEA). Desde hace unos años se registra un cierto desabastecimiento y elevación de los precios de las maderas del NEA en el mercado doméstico regional, dado que las mismas son preferentemente exportadas en conjunto con otros productos forestales nacionales.

Desde hace 20 años se cultiva *Eucalyptus globulus* Labill. en el sudeste bonaerense que ha sido estudiado localmente en aspectos tecnológicos de su madera relacionados a sus usos papeleros pero no a sus usos como madera sólida. La región cuenta además con otro recurso forestal constituido por *Acacia melanoxylon* R.Br, no incluida en el mercado maderero argentino y mundialmente reconocida por la calidad de su madera para usos en ebanistería. La presencia de esta especie en la zona ha sido informada en los años 1940, sin embargo los estudios tecnológicos de su madera se han iniciado recientemente en el país.

Las actuales forestaciones basadas en *E. globulus*, tanto como el recurso hasta ahora no ordenado de *A melanoxylon*, podrían aportar a la oferta regional de madera sólida de calidad apta para mueblería y usos relacionados a la construcción. La región sudeste de la provincia de Buenos Aires, que se corresponde latitudinalmente con las regiones de origen, representa una adecuada zona de introducción para ambas especies.

Este proyecto se propuso continuar las investigaciones antecedentes sobre la calidad de la madera del recurso forestal bonaerense, con el objetivo de evaluar el crecimiento y los caracteres xilotecnológicos de *A. melanoxylon* y *E. globulus* en masas implantadas en la provincia de Buenos Aires, en relación a sus potenciales usos en las industrias de la construcción y del mueble.

### Materiales y método

El material (madera) de *A. melanoxylon* correspondió a masas implantadas en dos sitios de la región, seleccionadas y muestreadas en el marco de la investigación antecedente, bajo los criterios siguientes: **a)** cubrir la variación geo-edáfica descrita para la región, y **b)** elegir masas normalmente pobladas según lo indica la Ordenación Forestal.

1. Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de Mar del Plata-Argentina.

igartua.dora@inta.gob.ar

2. Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales de la Universidad Nacional de La Plata-Argentina



El material de *E. globulus* correspondió a un muestreo a escala regional que siguió el diseño geográfico impuesto por el Primer inventario de macizos forestales de la especie desarrollado por el Ministerio de Asuntos Agrarios de la provincia de Buenos Aires. Este inventario evaluó el recurso forestal constituido por macizos en pie (excluyendo cortinas forestales), en una región aproximada de 1587 km<sup>2</sup> de superficie que son las jurisdicciones que concentran la mayor superficie forestada con esta especie.

Se estudió el material correspondiente al muestreo destructivo de 10 árboles de *A. melanoxylon* (dos sitios) y 19 árboles de *E. globulus* (12 sitios), que captó las variaciones axial y radial dentro del fuste. Se evaluaron la dendrometría y el crecimiento individual en ambas especies (29 árboles). Además, en las masas de Acacia, se estudiaron el crecimiento, las existencias y la estructura.

La madera fue estudiada en término de las siguientes propiedades: anatómicas (biometría de fibras y vasos); físicas (densidad básica, densidad normal, contracción e hinchamiento en sentidos radial y tangencial, coeficiente de anisotropía y punto de saturación de las fibras); mecánicas (comportamiento en flexión estática, compresión perpendicular y paralela a las fibras, corte paralelo, dureza); contenido de duramen y presencia de defectos (nudos, grietas, rajaduras).

### **Principales resultados**

El proyecto permitió lograr la primera información dasométrica y xilotecnológica sobre *A. melanoxylon* en Argentina y la primera información xilotecnológica argentina sobre *E. globulus* a nivel de su única cuenca forestal en el país. En el caso de la primera de las especies el análisis y discusión están concluido, en tanto que para la segunda resta ser completado.

### ***Acacia melanoxylon***

El recurso local de *Acacia melanoxylon* presenta una estructura de edad y diámetro desuniformes propia del desarrollo espontáneo que ha tenido la especie, colonizando diferentes sitios. Se manifiesta cierta variación entre los sitios en términos del ambiente ofrecido y, en consecuencia, del crecimiento, desarrollo y producción.

Los rendimientos en volumen del recurso local resultan más bajos, si bien alentadores, que los correspondientes a los países donde ordenan forestalmente sus plantaciones. A través de sus árboles superiores en diámetro, ofrece rollizos comerciales de buena longitud, pero no mayores a 25-30 cm de diámetro. Estos árboles superiores representan una pequeña población dentro del conjunto (8%).

La descripción anatómica general macro y microscópica, coincidió con la de otros autores, observándose líneas oscuras dentro del duramen, que podrían estar asociadas a la presencia de madera de tensión. Las dimensiones celulares le otorgan una textura fina y permiten inferir que esta madera logrará un buen acabado superficial por cepillado, lijado y lustre.

Presentó duramen (su más apreciado atributo) a lo largo de todo el fuste y en todos los árboles, cuyo contenido fue de la mitad de su volumen comercial, proporción similar, y aún mayor que lo informado en plantaciones ordenadas de Australia y Nueva Zelanda.

La composición química resultó típica de una angiosperma dicotiledónea de color oscuro. La densidad la califica como madera de mediana densidad con valores de contracción e hinchamiento coincidentes con lo indicado por otras investigaciones para la especie. Las propiedades mecánicas (resistentes y elásticas) fueron las esperadas para una madera de densidad media.

En todas las propiedades físicas, mecánicas, químicas y en el contenido de duramen la variación más destacada fue la ocurrida entre árboles.

La región basal de los fustes, hasta el 30% de la altura total, resultó uniforme en relación a la densidad, al contenido de duramen, a los cambios dimensionales y a las propiedades mecánicas. Esto significa una homogeneidad de la troza de mayor rendimiento en aserrado, muy valorada en relación a su uso final como materia prima.

La investigación desarrollada permite recomendar el uso de la madera del recurso regional de *A. melanoxylon* para muebles, pisos aptos para tránsito de mediana intensidad, revestimientos, chapas y láminas para paneles, molduras, carpintería rural, productos de madera corta (mangos de herramientas), entre otros. Se la puede considerar como un material de buena trabajabilidad que logrará un adecuado acabado superficial. Sin embargo, el recurso regional actual está ofreciendo como máximo piezas de aserrío de 25-30 cm de ancho, con alta población de nudos y alta probabilidad de contener la médula, las cuales son limitantes a superar con el análisis, planificación y ejecución de pautas de ordenación forestal para el recurso.

### ***Eucalyptus globulus***

La densidad, que representa la materia contenida en un determinado volumen de madera es una propiedad importante en relación a la calidad de la madera. Su valor promedio estuvo comprendido en el rango informado para la especie en otras zonas de implantación en el mundo. El recurso resultó con edades comprendidas entre los 10 y 16 años y la densidad no registró diferencias importantes desde el punto de vista tecnológico entre las diferentes edades.

Se encontró, tal como se reconoce en la literatura, que mayores tasas de crecimiento pueden o no estar asociadas positivamente con la densidad.

Se manifestó variabilidad en la densidad entre las procedencias con las que se originó el recurso forestal regional (Angol-Chile; Valdivia-Chile; Portuguesa y Local). Las procedencias Local y Portuguesa representan las densidades mayores dentro de la variabilidad encontrada.

Las propiedades anatómicas, tanto como el contenido de duramen, los cambios dimensionales y las propiedades mecánicas se encuentran bajo análisis al momento del presente informe.

## PROYECTO DE INVESTIGACION APLICADA (PIA 10107)

### Optimización del trozado de fustes de pinos y eucaliptos cultivados en Misiones y Corrientes

Yapura Pablo<sup>1</sup>, Sañudo Gastón<sup>1</sup>, Fassola Hugo Enrique<sup>2</sup>, Crechi Ernesto Héctor<sup>2</sup>, Keller Aldo Esteban<sup>2</sup> y Caraballo Horacio<sup>1</sup>.

Las plantaciones forestales pueden conducirse bajo diferentes sistemas de manejo silvícola (SMS), lo cual influye en las características de los fustes producidos. En términos de productividad maderera, los resultados de los SMS se evalúan en función del rendimiento obtenido durante un período de tiempo y la cantidad o valor de los diferentes productos cosechados. Los distintos destinos comerciales o industriales a los cuales se destinará la producción demandan un tipo particular de productos, generalmente definidos por el diámetro y la longitud de las trozas. La forma en que los fustes son fraccionados en trozas para obtener los diferentes productos se denomina compartimentación de la producción. Esta actividad influye sobre la rentabilidad de las actividades forestales debido a que los distintos productos se diferencian por su precio en el mercado. Con la finalidad de proveer una herramienta que permita optimizar la compartimentación de la producción de un modo eficiente, considerando la forma y dimensiones del fuste, así como las dimensiones y precio de los productos demandados, se desarrolló un modelo de optimización del trozado de fustes para tres especies cultivadas en la provincia de Misiones y en el noreste de la provincia de Corrientes: *Pinus taeda*, pino híbrido (*Pinus elliottii* x *Pinus caribaea* F2) y *Eucalyptus grandis*. Para ello se recurrió a técnicas de programación dinámica, las cuales han sido poco aplicadas en el país a la resolución de esta etapa del proceso de producción forestal.

La optimización del trozado del fuste requiere tomar una secuencia de decisiones interrelacionadas de modo tal que la eficiencia de todas las decisiones sea maximizada. Ante este tipo de problemas, la programación dinámica, una rama de la Investigación Operativa, provee una serie de procedimientos sistemáticos para determinar la combinación de decisiones que maximiza la eficiencia total de un sistema. En esencia, el trozado de un fuste es representado como un diagrama de redes (grafo) para el cual es necesario desarrollar algoritmos específicos para hallar la combinación de nodos (estados del sistema en cada etapa) y arcos (decisiones tomadas) que generan el máximo beneficio, obteniéndose consecuentemente la solución óptima del problema. Para el caso que nos ocupa esto es el patrón óptimo de trozado.

## RESULTADOS

Con la finalidad de lograr una estimación precisa del diámetro del fuste a cualquier altura, así como una del volumen de cualquier porción del mismo, se ajustó una función de forma para cada especie estudiada y a partir de ella se derivaron los modelos de volumen total y parcial. Los modelos son:

$$d = \sqrt{DAP^2 \cdot \left(\frac{h}{1,30}\right)^{(2-\gamma)} \cdot \left(\frac{H-h}{H-1,30}\right)}$$

1. Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales, Universidad Nacional de La Plata.

2. INTA, EEA Montecarlo.  
Correo-e del primer autor:  
ypf@agro.unlp.edu.ar

$$V_{(h_1/h_2)} = \frac{0,78539816 \cdot 1,30^{(\gamma-2)} \cdot DAP^2}{(H - 1,30)} \cdot \left[ \frac{(\gamma - 4) \cdot h_1^3 \cdot H + (3 - \gamma) \cdot h_1^4}{(\gamma^2 - 7 \cdot \gamma + 12) \cdot h_1^\gamma} - \frac{(\gamma - 4) \cdot h_2^3 \cdot H + (3 - \gamma) \cdot h_2^4}{(\gamma^2 - 7 \cdot \gamma + 12) \cdot h_2^\gamma} \right]$$

En la que DAP es el diámetro del fuste a 1,30 m de altura (cm), h es la variable independiente que representa la altura del fuste (m), H es la altura total del fuste (m), d es el diámetro del fuste (cm) a la altura h, V(h<sup>1</sup>,h<sup>2</sup>) es el volumen (m<sup>3</sup>) de la porción del fuste comprendida entre h<sup>1</sup> y h<sup>2</sup>, h<sup>1</sup> y h<sup>2</sup> son las alturas inferior y superior (m), respectivamente, de la porción del fuste cuyo volumen se quiere estimar y γ es un parámetro que depende de la especie (Tabla 1).

**Tabla 1.** Valores del parámetro β y coeficiente de determinación para las tres especies estudiadas.

TABLA 1		
Especie	γ	R <sup>2</sup>
<i>Eucalyptus grandis</i> con corteza	2,12089	0,9882
<i>Eucalyptus grandis</i> sin corteza	2,10828	0,9854
<i>Eucalyptus grandis</i> duramen	2,15796	0,8987
Pino híbrido con corteza	2,09245	0,9823
Pino híbrido sin corteza	2,08185	0,9793
Pino taeda con corteza	2,08818	0,9751
Pino taeda sin corteza	2,09134	0,9726

Mediante el empleo de las funciones de forma y volumen ajustadas, y con la programación dinámica como técnica de optimización, fue posible desarrollar un modelo para el trozado transversal del fuste óptimo para las tres especies estudiadas. La consolidación del modelo en planillas de cálculo, junto con la elaboración de macros, permite operar el modelo de forma sencilla y rápida. En síntesis, el modelo consolidado comprende:

- a. Las funciones de forma, volumen total y volumen parcial, con y sin corteza, para *Pinus taeda*, pino híbrido (*P. elliotii* x *P. caribaea* F2) y *Eucalyptus grandis*;
- b. El algoritmo de optimización desarrollado sobre la base de técnicas de programación dinámica;
- c. Las macros que permiten automatizar la carga de datos y el procesamiento de la información; y
- d. Una interfaz de usuario sencilla e intuitiva para el ingreso de datos (Figura 1) y consulta de las salidas del sistema, las que comprenden el patrón óptimo de trozado, la cantidad de trozas, sus dimensiones y los ingresos y volúmenes generados (Figuras 2 y 3).

FIGURA 1.

**OPTIMIZADOR DE TROZADO**

DAP (cm)	33,0					
H total (m)	26,00					
Factor PV(V (litro/m <sup>3</sup> ))	0,81					
K_pande	1,00					
Kbvepp	1,00					

Producto	Categoría	Long mín (m)	Long máx (m)	DIFmín (cm)	DIFmáx (cm)	Precio (\$/m <sup>3</sup> )
Arbolado 2. P. 1100	Laminado	3,3	4,3	13,0	65,0	222,00
Polpa Papel Mielado 1	Paralelepípedo	3,30	4,30	10,0	60,0	127,00
Aserrado Mielado 1	Aserrado	3,30	4,30	13,0	50,0	183,00
Polpa 2. 10. P. 1100	Paralelepípedo	3,30	4,30	10,0	60,0	186,00
Arbolado Mielado 1. 1	Laminado	3,30	4,30	13,0	50,0	180,00
Arbolado Mielado 1. 2	Laminado	3,30	4,30	10,0	50,0	216,00
Arbolado Mielado 1. 3	Laminado	3,30	4,30	10,0	50,0	190,00
Arbolado Mielado 1. 4	Laminado	3,30	4,30	10,0	50,0	180,00
Polpa Papel Mielado 2	Paralelepípedo	3,30	4,30	10,0	60,0	132,00
Polpa Papel Mielado 3	Paralelepípedo	3,30	4,30	10,0	60,0	132,00
Polpa Papel Mielado 4	Paralelepípedo	3,30	4,30	10,0	60,0	132,00

**RESERVA LIBRE DE MADERA**

Producto	Categoría	Long mín (m)	Long máx (m)	DIFmín (cm)	DIFmáx (cm)	Precio (\$/m <sup>3</sup> )
Arbolado 2. P. 1100	Laminado	3,3	4,3	13,0	65,0	222,00
Arbolado 2. Mielado 1	Laminado	3,30	4,30	10,0	60,0	180,00

Figura 1. Interfaz de usuario del optimizador: ventana de ingreso de datos

FIGURA 2.

**Descripción del fuste**

DAP (cm)	33,00
H total (m)	26,00
V total CC (m <sup>3</sup> )	0,712
V total SC (m <sup>3</sup> )	0,601

**Trozado óptimo**

Destino	Volumen (m <sup>3</sup> )	Valor (\$)
Laminado	---	---
Aserrado	0,60	119,9
Polpa/triturado	0,11	16,5
Leña	---	---
Descarte	0,002	---
<b>Total</b>	<b>0,71</b>	<b>136,3</b>

Figura 2. Interfaz de usuario del optimizador: salida resumida

FIGURA 1.

**OPTIMIZADOR DE TROZADO**

DAP (cm)	33,0					
H total (m)	26,00					
Factor PV(V (litro/m <sup>3</sup> ))	0,81					
K_pande	1,00					
Kbvepp	1,00					

Producto	Categoría	Long mín (m)	Long máx (m)	DIFmín (cm)	DIFmáx (cm)	Precio (\$/m <sup>3</sup> )
Arbolado 2. P. 1100	Laminado	3,3	4,3	13,0	65,0	222,00
Polpa Papel Mielado 1	Paralelepípedo	3,30	4,30	10,0	60,0	127,00
Aserrado Mielado 1	Aserrado	3,30	4,30	13,0	50,0	183,00
Polpa 2. 10. P. 1100	Paralelepípedo	3,30	4,30	10,0	60,0	186,00
Arbolado Mielado 1. 1	Laminado	3,30	4,30	13,0	50,0	180,00
Arbolado Mielado 1. 2	Laminado	3,30	4,30	10,0	50,0	216,00
Arbolado Mielado 1. 3	Laminado	3,30	4,30	10,0	50,0	190,00
Arbolado Mielado 1. 4	Laminado	3,30	4,30	10,0	50,0	180,00
Polpa Papel Mielado 2	Paralelepípedo	3,30	4,30	10,0	60,0	132,00
Polpa Papel Mielado 3	Paralelepípedo	3,30	4,30	10,0	60,0	132,00
Polpa Papel Mielado 4	Paralelepípedo	3,30	4,30	10,0	60,0	132,00

**RESERVA LIBRE DE MADERA**

Producto	Categoría	Long mín (m)	Long máx (m)	DIFmín (cm)	DIFmáx (cm)	Precio (\$/m <sup>3</sup> )
Arbolado 2. P. 1100	Laminado	3,3	4,3	13,0	65,0	222,00
Arbolado 2. Mielado 1	Laminado	3,30	4,30	10,0	60,0	180,00

Figura 3. Interfaz de usuario del optimizador: salida detallada

El modelo desarrollado permite optimizar de forma precisa y expeditiva el trozado del fuste considerando el precio y las dimensiones de diferentes productos. La evaluación del rendimiento puede realizarse en términos de valor o volumen, obteniéndose asimismo la cantidad y tamaño de rollizos generados. Para su operación, solamente hace falta relevar a campo el DAP y la altura total del fuste, variables de fácil medición, lo que torna muy sencillo el empleo del modelo. Las citadas características permiten aplicar el modelo a escala operativa en las etapas de aprovechamiento, inventario forestal y planificación del manejo silvícola.

El modelo permite optimizar el trozado de fustes pie a pie, brindando también una sólida base para estudios futuros que permitan abordar el problema de optimización a nivel de rodal, por ejemplo usando el enfoque conocido como trozado a la orden. Sintéticamente, este trozado a la orden intenta aprovechar un rodal dado de modo que se produzcan todos los volúmenes requeridos de cada uno de los productos deseados, en forma óptima.

Los beneficiarios directos del modelo de optimización del trozado de fustes pueden ser los productores que cultivan o aprovechan bosques de las tres especies estudiadas en Misiones y el noreste de Corrientes, en todas las escalas productivas. Asimismo, el optimizador puede constituir una importante herramienta para las empresas dedicadas al aprovechamiento forestal y para los profesionales independientes dedicados a las actividades de inventario forestal y planificación del manejo silvicultural. Potencialmente y en forma indirecta se beneficiarán diferentes eslabones del sector foresto-industrial de la región. Por otro lado, el modelo constituye una valiosa herramienta para el ámbito científico-tecnológico con aplicación, entre otras cosas, a la simulación y evaluación del efecto de diferentes sistemas de manejo silvícola sobre el rendimiento y la cantidad de productos brindados. Finalmente, el modelo también puede emplearse con fines didácticos en el entorno académico.

# PROYECTO DE INVESTIGACION APLICADA (PIA 12005)

## Evaluación del aserrío de álamos provenientes de cortinas del valle del río Negro

Alejandro Jovanovski<sup>1,2,\*</sup>, Claudia Zapata<sup>1</sup>, Gustavo Salvador<sup>1,2</sup>, Andrés Costa<sup>1,3</sup> y Mario Tiznado<sup>1</sup>

### RESUMEN

En los valles bajo riego de la región norpatagónica las cortinas forestales, principalmente de álamos, han acompañado el desarrollo de otros cultivos, como frutas, hortalizas y pasturas, con el objeto de generar un microclima y disminuir la acción del viento sobre los mismos, lográndose ventajas en términos de productividad y sanidad de los montes y cultivos. En la actualidad esta región cuenta con un total de aproximadamente 15.100 ha forestadas con salicáceas (mayormente álamos), de las cuales unas 2.600 ha corresponden a plantaciones de macizos y las restantes 12.500 ha a cortinas cortavientos localizadas principalmente en el Alto Valle del río Negro. Los rollizos obtenidos de cortinas de las diversas especies y variedades presentan diferencias en aspectos tecnológicos básicos (forma, conicidad, ángulo de inserción de las ramas y tamaño de nudos, entre los principales), por lo tanto los productos, rendimientos y su valor económico presentan diferencias.

Con la meta de contribuir a la mejora de la competitividad del sector foresto industrial del Valle del río Negro, se plantearon los siguientes objetivos: **1)** determinar el mix comercial genérico del sector de aserrío; **2)** identificar las características y defectos principales que afectan la calidad de la materia prima de álamo e influyen en proceso de aserrío; relevar y **3)** analizar los tipos de productos que se obtienen y el coeficiente de aserrío de trozas de álamo criollo (*Populus nigra*) e híbrido (*Populus x canadensis*) y; **4)** evaluar la influencia de la calidad de las trozas en el coeficiente de aserrío.

Para esto se realizó un estudio aplicado de rendimientos y productos tomando como base materia prima proveniente de cortinas de álamo criollo por un lado e híbridos por otro, que son las principales materias primas disponibles en la región bajo estudio. A través de la caracterización de los rollizos y su posterior aserrío, aplicando planes de corte típicos del sector, se observaron las diferencias en términos de los procesos y productos de cada tipo de materia prima.

Para caracterizar la industria de la madera en el Alto Valle del río Negro se realizó un relevamiento de empresas características del sector. El consumo anual de materia prima en las empresas visitadas se encuentra entre 1000 y 6500 toneladas. La tecnología de corte disponible en los aserraderos es de sierra sin fin (sierra sin fin principal y sierra tableadora), en muchos casos con máquinas y sistemas de protección precarios, los sistemas de avance y movimiento de piezas son manuales, solo dos emprendimientos contaron con mecanización en el avance de la máquina principal. En el caso de la remanufactura, se observó cepilladora, escuadradora y guillotina, y otros equipos específicos para el armado de cajones. Por otra parte, se relevó una empresa que fabricaba tableros multilaminados.

**1.** Centro de Investigación y Extensión Forestal Andino Patagónico (CIEFAP). CC 14, (9200) Esquel, Chubut.

**2.** Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de la Patagonia San Juan Bosco (UNPSJB). Esquel, Chubut.

**3.** Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET)

\* ajovanovski@ciefap.org.ar

En el ciclo productivo de esta industria pueden identificarse las siguientes etapas: compra de materia prima, volteo, transporte, aserrío, remanufactura y comercialización. Cada una de ellas está acotada a determinados meses del año siendo el aserrío la única actividad que se realiza durante todo el año. Un análisis FODA permitió identificar que la principal debilidad del sector se relacionó con la materia prima, éste es un aspecto relevante ya que su disponibilidad en cantidad y calidad suficiente es cada vez es menor.

Para el estudio de rendimiento se seleccionaron y caracterizaron dos cortinas de 100 metros lineales, una de álamo híbrido y otra de criollo, ubicadas en la localidad de Allen, ambas representativas de la oferta disponible para las industrias. En ambos casos se registró menos de un 5% de individuos con problemas sanitarios. En cuanto al fuste, los árboles de álamo híbrido presentaron un 30% de los ejemplares con fuste recto y el resto con fuste inclinado y/o sinuoso. En la cortina de álamo criollo aproximadamente dos tercios de los árboles tuvieron fuste recto, mientras que solo el 25% de los mismos presentó forma sinuosa. Se clasificaron los rollizos en clases diamétricas de 10 a 15 cm, 15,1 a 20 cm y 20,1 a 25 cm para comparar sus rendimientos de aserrío. Los rollizos seleccionados fueron pintados en ambas puntas con colores diferentes por especie y clase para poder hacer el seguimiento en el aserradero. Antes del procesamiento cada rollizo fue medido en ambas puntas, largo y se caracterizó según forma y estado sanitario. Posteriormente fueron aserrados según el programa de producción de corte del aserradero y en función a los productos que habitualmente producen. Entre los productos se encuentran tablas de 1" de espesor y anchos desde 3" a 6" y piezas de 3" x 4" ambas destinadas para los bins y 1 1/2" x 1 1/2" que luego se reprocesan para ser utilizados en los esquineros de los cajones de frutas. Del material de recuperación salen tablillas para cajones y el resto se destina a leña.

Los rendimientos de aserrío primario fueron los siguientes: para la clase diamétrica 10-15 cm se obtuvo un 32,2% para el híbrido, en cuanto para el criollo un 34,3%, la clase diamétrica 15,1-20 cm un 36,3% para el híbrido y 38,2% para el criollo y para la última clase diamétrica 20,1 – 25 cm 38,6% y 48,3% para híbrido y criollo respectivamente. Se observa una diferencia en los coeficientes de rendimiento debido principalmente a la forma de los rollizos.

En términos de calidad de madera aserrada se trabajó bajo la norma española UNE-EN 975-2, la cual clasifica: tipo, cantidad y tamaño de nudos, ataque de insectos, pudrición entre otros defectos y agrupa en 4 niveles de calidad, siendo calidad 1 la más alta que no acepta ningún tipo de defectos. En este caso, se midieron 20 tablas al azar de cada especie, tanto de híbrido como de criollo, siendo el defecto más frecuente la presencia de nudos y en menor porcentaje gemas. Como resultado se obtuvo que el material procesado corresponde en un 90% a la calidad 3, y un 10% a la calidad 4, debido principalmente a la cantidad y tamaño de nudos que son admitidos en esas calidades.



## PROYECTO DE INVESTIGACION APLICADA (PIA 12034)

### Tratamiento de vaporizado para proceso de lixiviación a efectos de uniformizar el color en maderas de alta calidad con destino a pisos flotantes y tarugados

Obdulio Pereyra<sup>1</sup>, Teresa Suirezs<sup>2</sup>, Adelaida Bragañola<sup>3</sup> y Enrique E. Pereyra<sup>4</sup>

## INTRODUCCIÓN

La provincia de Misiones y el Norte de Corrientes se caracterizan por su gran actividad Foresto Industrial, en el caso de Misiones, cuenta según el último Censo realizado a las Industrias procesadoras de madera, con unos 650 a 700 establecimientos Industriales.

Todas estas Empresas producen madera aserrada que luego son re procesadas para la obtención de diversos Productos como (Machimbres, Molduras, tableros alistonados, vigas multilaminadas, pisos, entre otros.).

En general, el 90 % de los establecimientos procesan maderas provenientes de bosques implantados, utilizando las especies: Pinus (*Pinus taeda* y *Pinus elliottii*), Araucaria (*Araucaria angustifolia*) y Eucalyptus (*Eucalyptus sp*) y en menor escala especies nativas cuya disponibilidad cada vez es menor y su explotación se encuentra estrictamente controlada.

En el uso de madera de *Eucalyptus* y algunas especies nativas, como el Incienso (*Myrocarpus frondosus*), loro blanco (*Bastardiopsis densiflora*), guayubira (*Patagonula americana*), se genera un problema importante en cuanto a la calidad de producto final, esto se debe a la gran variación de color que existe dentro de una misma pieza, lo que genera una importante disminución de la calidad estética del mismo acompañado por un valor comercial bajo.

Esto es muy marcado cuando se está produciendo Pisos que pueden ser: tarugados, Alistonados o parquet.

Esta importante variación de color dentro de una misma pieza y entre piezas, es un problema grave ya que al buscar productos con colores uniformes, disminuye sustancialmente el rendimiento del proceso, por lo que tenemos que utilizar una gran cantidad de materia prima para obtener poco volumen de producto de alta calidad.

Ante esta situación aparece la oportunidad de mejorar ese rendimiento, a través de la obtención de piezas más uniforme en cuanto al color, realizando un proceso de Lixiviado (cambio de color a través de vaporizado), proceso que requiere para obtener un buen resultado, de cámaras de vaporizados eficientes y muy bien controladas.

Al producirse madera aserrada con destino a la producción de pisos en sus distintas formas y al ser la variación de color un importante impedimentos para su comercialización (en especies muy aceptada en el mercado, como por ejemplo el Eucalyptus,

**1,2.** Docentes Regulares Facultad Ciencias Forestales (UNaM) opereyra@facfor.unam.edu.ar.

**3,4.** Alumnos Ingeniería en Industria de la Madera- Facultad de Ciencias Forestales (UNaM).

el Incienso) y como potenciales especies para el futuro como son el Loro Blanco, el Rabo itá (*Lonchocarpus campestris*), y el marmelero (*Ruprechtia laxiflora*), aparece como una solución totalmente factible y práctica trabajar con el Proceso de Lixiviado, analizando el tiempo y la temperatura correcta del proceso de vaporizado.

El Objetivo del Proyecto es analizar el efecto del tratamiento de Lixiviado, sobre las propiedades físicas (Dureza, y Retracciones) y mecánicas (Módulo de elasticidad y rotura) y la Uniformización de color de la madera destinada a la producción de pisos, en la búsqueda de madera de Calidad.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El material utilizado en los ensayos de caracterización de la madera y uniformización y cambio de color, fueron extraídas de un aserradero de la zona, dedicada exclusivamente a la producción de pisos. En la Industria se llevaron en primer lugar el aserrado de las especies a estudiar y luego el proceso de vaporizado, utilizando una cámara de mampostería, con temperatura y tiempo controlado. El material utilizado fueron piezas de 1" de espesor, por 5 a 6" de ancho y largo de 1,20 m.

El material vaporizado y no vaporizado, fueron sometido al proceso de secado al aire libre, en la facultad de Ciencias Forestales, hasta lograr un porcentaje de Humedad del 13 %, para luego dar inicio a la confección de las probetas para los ensayos físicos y mecánicos, y el cepillado de parte del material para la observación del cambio de color.

Se utilizaron las instalaciones y equipos del Departamento de Tecnología de la Madera de Facultad de Ciencias Forestales, dependiente de la Universidad de Nacional de Misiones, para la realización de los trabajos de laboratorio.

a) Se estudiaron 4 especies de madera latifoliadas, Incienso, Loro Blanco, Rabo itá y *Eucalyptus grandis*. Todas las especies a estudiar se aceptan en el mercado en distintos productos.

b) Se utilizaron como material de ensayos, madera acerrada, en dimensiones que no superan los 100 cm de largo por 10 de ancho y 2.5 cm de espesor.

c) Los ensayos mecánicos fueron llevados a cabo con una máquina Universal de ensayos de 30tn.

### Metodología

a) Determinación de la Uniformización y cambio de color, después del proceso de Vaporizado.

b) Determinación de las propiedades físicas y mecánicas de las maderas **antes de ser sometidas al proceso de vaporizado** (densidad, contenido de humedad, contracción e hinchamiento, dureza Janka flexión estática.

d) Determinación de las propiedades físicas y mecánicas de las maderas **después de ser sometidas al proceso de vaporizado** (densidad, contenido de humedad, contracción e hinchamiento, dureza Janka flexión estática.

e) Para llevar adelante los ensayos se utilizaron las siguientes normas técnicas: RAM N° 9543, Contracción e hinchamiento. IRAM N° 9544, Densidad. IRAM N° 9532, Contenido de humedad. IRAM N° 9542, Flexión estática. IRAM N° 9570, Dureza Janka.

**TABLA 1**

Especies			ENSAYOS																	
			FLEXIÓN				DUREZA		RETRACCIONES						DENSIDAD					
			MOR (N/mm <sup>2</sup> )		MOE (N/mm <sup>2</sup> )				Radial			Tangencial			Estacionada		Anhidra			
									Contracc.	Hincham.		Contracc.	Hincham.							
<i>Inciense</i>	Media	Bruto	112,97	A	12448,02	A	806,61	A	1,79	A	1,83	A	4,49	A	3,91	A	0,82	A	0,74	A
		Vaporizado	109,9	B	11464,77	B	637,39	B	1,8	A	1,84	A	3,76	B	4,71	B	0,82	A	0,76	A
	Desvío	Bruto	14,95		1878,15		93,28		0,54		0,56		0,69		0,76		0,04		0,04	
		Vaporizado	17,43		1749,13		109,86		0,42		0,44		0,51		0,55		0,05		0,05	
	CV%	Bruto	13,24		15,09		11,56		30,05		30,6		15,5		16,1		4,47		5,07	
		Vaporizado	20,88		15,26		17,24		23,53		24		13,6		14,1		6,37		6,74	

<i>Eucalyptus grandis</i>	Media	Bruto	72,02	A	10095,77	A	306,96	A	2,39	A	2,45	A	2,9	A	2,99	A	0,51	A	0,45	A
		Vaporizado	84,3	B	11454,5	B	362,87	B	2,95	B	3,04	B	2,99	A	3,09	A	0,59	B	0,54	B
	Desvío	Bruto	14,05		1567,87		46,05		0,38		0,4		0,44		0,46		0,06		0,06	
		Vaporizado	15,07		1299,76		60,85		0,45		0,48		0,38		0,41		0,06		0,06	
	CV%	Bruto	19,5		15,53		15		15,84		16,2		15		15,4		11,5		12,4	
		Vaporizado	17,88		11,35		16,77		15,35		15,8		12,8		13,2		10,3		10,9	

<i>Loro blanco</i>	Media	Bruto	81,53	A	9244,23	A	560,64	A	2,39	A	2,45	A	2,9	A	2,99	A	0,68	A	0,52	A
		Vaporizado	73,89	B	8632,57	A	544,07	A	2,95	B	3,04	B	2,99	A	3,09	A	0,59	B	0,58	B
	Desvío	Bruto	10,44		1170,44		81,12		0,51		0,54		1,15		1,29		0,06		0,06	
		Vaporizado	10,37		1270,87		90,73		0,47		0,49		0,32		0,34		0,05		0,03	
	CV%	Bruto	12,8		12,66		14,47		16,74		17,2		21,3		22,6		9,94		10,16	
		Vaporizado	14,03		14,72		16,68		26,38		26,9		9,71		10,1		8,17		6,41	

## RESULTADOS

a) En la Tabla siguiente se pueden observar los resultados obtenidos de los ensayos de Flexión, Dureza, Retracciones y Densidad de las maderas antes y después del proceso de vaporizado, donde se manifiestan comportamientos muy dispares dentro de las especies estudiadas.

## DISCUSIÓN

La aplicación de la técnica vaporizado (Lixiviado), es un proceso no muy utilizado en el sector industrial maderero, pero que da resultados muy positivos en el momento de búsqueda de aumentar la calidad de la madera en el proceso de obtención de productos remanufacturados.

Del análisis de la madera sometido al proceso, se puede observar una fuerte homogeneización de la variación de color que presentaban todas las especies tratadas, como un resultado positivo y fundamental para la producción de pisos.

En cuanto a los resultados obtenidos de las propiedades físicas y mecánicas, el comportamiento fue muy variable: la madera de Incienso, mostró una disminución significativa en las propiedades de Flexión estática y Dureza, después del proceso de vaporizado, las retracciones tuvieron un aumento significativo, (Contracción e hinchamiento). La densidad se mantuvo estable en las dos condiciones. Pudo observarse que el comportamiento del Eucalyptus fue muy similar al del Incienso. Solo en el caso del Loro blanco mejoraron las propiedades físicas y mecánicas estudiadas.

Igualmente la variación de estas propiedades no son temas excluyentes para la utilización de estas especies en la producción de madera para pisos, ya que lo fundamental es llegar a obtener una uniformidad en el aspecto de la madera después del tratamiento, que se dio para todos los casos estudiados.

## **E. CONCLUSIONES**

La aplicación de técnica de vaporizado (lixiviado) en las madera de Incienso, Eucalyptus, Loro blanco, es fundamental en la homogeneización y cambio de color, lográndose esto de forma práctica y segura.

Los cambios de las propiedades físicas y mecánicas no afectan a la calidad del material obtenido.

## PROYECTO DE INVESTIGACION APLICADA (PIA 12053)

### Desarrollo de una norma de clasificación para madera aserrada de *Grevillea robusta* secada en horno en Argentina

Keller A. E.<sup>1</sup>, Videla D.<sup>2</sup>, Fassola H. E.<sup>1</sup>, Crechi E. H.<sup>1</sup>, Mastrandrea C.<sup>3</sup> y Vargas M.<sup>4</sup>

## INTRODUCCIÓN

Las normas de clasificación son herramientas que permiten la clasificación de diferentes productos, madera en este caso, en lotes de características más o menos uniformes. Su propósito es asegurarle al comprador un producto de similares características en el tiempo, apta para la finalidad prevista. Mediante su implementación puede, en ocasiones, mejorarse los ingresos para los productores de ciertas materias primas. Cumpliendo con las normas se garantizaría conformidad de los clientes en el tiempo.

La superficie cultivada con *Grevillea robusta* en la provincia de Misiones es en la actualidad de unas 2.000 ha, según el Sistema de Información Foresto-Industrial Provincial – SIFIP - Ministerio del Agro y la Producción 2.010, la que irá entrando pronta y paulatinamente en producción. No debe dejar de considerarse además la superficie implantada con esta especie en la provincia de Corrientes, ya que hay una gran interacción entre productores, industriales y posibles compradores de madera de esta especie.

La integración con otros proyectos del INTA que abordan estudios sobre el manejo de las plantaciones de la especie y con el proyecto de investigación PIA 10051 “Efectos de la densidad de plantación sobre la biomasa aérea, la distribución de los nutrientes y las propiedades físicas de la madera de *Grevillea robusta* A.” permitiría próximamente contar información sobre las propiedades físico-mecánicas de la madera de *Grevillea* que este proyecto no aborda.

Dado que la región no cuenta aún con una norma que permita asignar grados de calidad a la madera de *Grevillea robusta* producida bajo diferentes esquemas de manejo del bosque, se consideró oportuno el desarrollo de una propuesta. Una norma o regla que podría utilizarse sería la de la National Hardwood Lumber Association (NHLA) de los EE.UU. Sin embargo, esta opción no es tal vez la más recomendable debido a que son vistas como demasiado complejas y exigen un ancho mínimo de seis pulgadas (aspecto que podría dejar fuera de norma mucha madera de excelente calidad proveniente de rollizos finos o medianos o madera lateral libre de nudos proveniente de reprocesos de costaneros).

## MATERIALES Y MÉTODOS

Se seleccionaron algo más de 50 árboles provenientes de ensayos de conducción silvícola y de plantaciones comerciales de la zona con manejo tradicional para ser apeados.

De esos árboles se obtuvieron rollizos de diferentes diámetros y largos que fueron aserrados con un esquema de corte único, obteniéndose así tablas de 1 pulgada de

1. Investigadores Área Forestal INTA EEA Montecarlo – Av. El Libertador 2472 – CP 3384, Montecarlo, Misiones, Argentina – keller.aldo@inta.gob.ar

2. Docente Facultad de Ciencias Forestales, U.Na.M. – Eldorado, Misiones.

3. INTA EEA Concordia

4. Pomer Maderas, Posadas, Misiones.

espesor que luego fueron secadas en cámara. Una vez seca la madera, se identificaron y cuantificaron los tipos y la intensidad de los defectos que presentaba (nudos, grietas superficiales, rajaduras, manchas y deformaciones). Luego, utilizando como guía la propuesta de regla de tipificación para madera aserrada de *Eucalyptus grandis* desarrollada y presentada por Mastrandrea et al 2007 y versiones posteriores, se establecieron los grados o clases de calidad por apariencia de la madera aserrada que reflejen una diferencia de los tipos e intensidades de los defectos que ocurren en la madera.

### Descripción de defectos

**Nudos:** son las porciones de las ramas que quedan insertas en las tablas. Pueden clasificarse en nudos vivos y muertos, según la rama que le dio origen haya estado viva o muerta al momento de generarse la madera que compone cada tabla.

**Rajaduras:** se presentan básicamente en los extremos de las tablas y pueden tener su origen en tensiones de crecimiento consecuencia del manejo de la plantación o por características del material genético utilizado, además de las condiciones de secado a que son expuestas las tablas.

**Grietas superficiales:** son separaciones de las fibras en el sentido del grano de la madera y en general aparecen como consecuencia del secado de la madera. Existen sectores de las tablas que son más susceptibles a la aparición de grietas superficiales.

**Canto muerto:** son áreas de las tablas que presentan aún zonas con corteza (o no, si fueron descortezados los rollizos) o zonas donde los cantos no son vivos. Pueden aparecer por canteados o despuntados insuficientes.

**Pudrición y Corteza incluida:** suelen aparecer en zonas donde el árbol recibe algún daño, ya sea por causas naturales o durante las tareas de aprovechamiento en el manejo de la plantación.

**Brotos epicórmicos:** dejan en la madera pequeños nudos que pueden ser vivos o muertos pero cuyos diámetros no suelen superar los 5 mm, muchas veces son poco perceptibles (vivos).

**Manchas naturales:** en este caso nos referiremos con este término a la albura, que aunque por ahora no es considerada un defecto, agrega a la madera un cambio de coloración.

## RESULTADOS

En la siguiente tabla se presentan los tipos de defectos que se observaron y describieron y la cantidad permitida para clase de calidad propuesta.

## DISCUSIÓN

La presente propuesta está básicamente destinada a la clasificación por apariencia de “tablas enteras con un grado de calidad general para toda la pieza, en principio, considerando la mejor cara” con vistas a un uso de la madera principalmente para la confección de muebles, partes de muebles o aberturas, en tanto que sus aspectos estructurales o propiedades físico-mecánicas no fueron abordados en esta ocasión.

Tipo y cantidad de defectos permitidos en cada grado de calidad.

**TABLA 1**

GRADO DEFECTO	CLEAR (C)	PRIMERA (P)	ESTÁNDAR (E)	RECORTE (R)
Médula	No permitido	No permitido	No permitido	<10% del largo
Rajaduras	No permitido	No permitido	<10% del largo	<10% del largo
Canto muerto	< 5% del largo sólo en un extremo	< 5% del largo sólo en un extremo	< 5% del largo	<10% del largo
Pudrición	No permitido	No permitido	No permitido	<10% sup
Corteza incluida	No permitido	No permitido	< 5% sup	< 5% sup
Nudo vivo	No permitido	Diámetro del nudo $\leq 1/4$ del ancho de la cara y máximo 1 por metro	Diámetro del nudo $\leq 1/3$ del ancho de la cara y máximo 2 por metro	Diámetro del nudo $\leq 1/3$ del ancho de la cara ilimitado
Nudo vivo con grieta	No permitido	Diámetro del nudo $\leq 1/4$ del ancho de la cara y máximo 1 por metro ancho de la grieta <2 mm	Diámetro del nudo $\leq 1/4$ del ancho de la cara y máximo 1 por metro ancho de la grieta <3 mm	Diámetro del nudo $\leq 1/3$ del ancho de la cara ilimitado
Nudo muerto, suelto o caído	No permitido	No permitido	Diámetro del nudo $\leq 1/3$ del ancho de la cara y máximo 2 por metro	$\leq 1/3$ del ancho de la cara Máximo 3 por metro de largo
Agujeros de insectos	<2 mm de diámetro, Máximo 2 por tabla	<5 mm de diámetro, Máximo 1 por metro de largo	<5 mm de diámetro, Máx 3 por metro de largo	<10 mm de diámetro, Máx 3 por metro de largo
Brotos epicórmicos	Máximo 2 por tabla	Máximo 2 por metro	Ilimitado	Ilimitado
Manchas naturales (albura)	Ilimitado	Ilimitado	Ilimitado	Ilimitado
Grietas Superficiales	No permitido	<1 mm de ancho. < 200 mm de largo	<2 mm de ancho. Largo ilimitado	<2 mm de ancho. Largo ilimitado

Considerando que las normas o reglas de clasificación deben ser sencillas y dado que la construcción de los grados o clases de calidad es un tema iterativo y subjetivo, se propone una primera propuesta con 4 clases o grados de calidad por apariencia denominados: Clear (C) (madera prácticamente libre de todo tipo de defectos en al menos una cara con destino a la fabricación de muebles); Primera (P) (permite obtener un 80% de la superficie libre de defectos en la mejor cara en cortes de al menos 1,2 metros de largo y 8 cm de ancho para fabricación de muebles); Estándar (E) (permite obtener al menos un 50 % de rendimiento de la superficie libre de defectos en la mejor cara en cortes de al menos 1,2 metros de largo y 8 cm de ancho, recortando para obtener productos clear de pequeñas dimensiones o usos de madera con nudos); y Recorte (R) (la que no permite lograr el 50% de rendimiento descrito en el ítem anterior y que está destinada a un mayor reproceso para ser utilizada o bien irá a usos de baja exigencia).

Dado que en función del uso final de la madera pueden surgir requerimientos de calidad superiores a los mencionados anteriormente, la regla propuesta queda sujeta a incorporar grados de calidad superior, como por ejemplo las C2, C3 y C4, siendo éstas, Clear en dos, tres y cuatro caras, respectivamente. Otro grado superior de calidad que pudiera aparecer es una combinación de C acompañada de cualquier número y una D (Duramen) que indique que la pieza en cuestión no posee albura. Así podrá aparecer una clasificación C2D que indica que la tabla tiene 2 caras Clear y es sólo duramen (no posee albura).

Existe la posibilidad de la utilización de esta propuesta para la clasificación de madera aserrada en estado verde, con una reclasificación posterior al secado y con la salvedad de que las tablas con médula o muy próximas a ésta deberían ser clasificadas en principio bajo el grado de Recorte, dado que al secarse es altamente probable que surjan grietas o rajaduras que la descalifiquen, además de los nudos.

En esta propuesta se establecen, además de los grados de calidad de la madera, las medidas y tolerancias admitidas inicialmente para los distintos productos, independientemente del grado de calidad al que correspondan, siendo por ejemplo el contenido de humedad máximo de  $12 \pm 2\%$ , determinado según la norma IRAM 9532. No obstante, para la madera a ser comercializada en ciertas zonas del país, podrán acordarse entre las partes (comprador/vendedor) otros valores de contenido de humedad. En cuanto a las dimensiones de las tablas en estado verde, se deben tener presentes los coeficientes de contracción determinados en la zona (Moscovich y otros, 2005).

Las deformaciones durante el proceso de secado como alabeos, combado y otros, no fueron abordados en este trabajo, y ya que algunos de ellos pueden corregirse con el cepillado, se podría pensar en una pequeña tolerancia más a la hora de aserrar la madera, ya que una tabla cepillada debería ser uniforme en todo su largo y ancho.

## CONCLUSIONES

Dado que la idea fue generar una herramienta para uso regional voluntario que sirva de referencia para la comercialización de madera aserrada de *Grevillea robusta*, y no algo que deba imponerse obligatoriamente, se decidió darle el nombre de REGLA DE TIPIFICACIÓN POR APARIENCIA PARA MADERA ASERRADA DE *GREVILLEA ROBUSTA* SECADA EN HORNO EN ARGENTINA, quedando, por qué no, la puerta abierta para que en el futuro esta Regla pueda ser adoptada y adaptada para convertirla en una Norma, de carácter obligatorio.

Las propiedades mecánicas de la madera de *Grevillea robusta* no fueron abordadas en este estudio ni consideradas para la confección de la presente Regla.



# 7

## Propagación



## PROYECTO DE INVESTIGACION APLICADA (PIA 10031)

### Desarrollo de técnicas de propagación clonal para la utilización sostenible de especies forestales nativas multipropósito y/o fijadoras de nitrógeno y productos forestales no madereros

Niella<sup>1</sup>, F.; Rocha<sup>2</sup>, P.; Eibl<sup>3</sup>, B.; Bohren<sup>4</sup>, A.; Ayala<sup>5</sup> L.; Conti<sup>6</sup>, P.; Franco<sup>7</sup>, M.; Martínez, M<sup>8</sup>.

## INTRODUCCION

Un uso netamente extractivo no sostenible de los recursos forestales nativos y productos forestales no maderables, es una modalidad de explotación extendida en la Selva paranaense o Selva misionera que se encuentra en un acelerado proceso de fragmentación como consecuencia del avance de la frontera agrícola ganadera. Una consecuencia directa es la continua subutilización del potencial genético de las especies vegetales que la componen y con cosecha de semillas de árboles cada día más escasas y difíciles de encontrar. Es representativo de esta situación, las especies leguminosas arbóreas como *Peltophorum dubium* (Caña fistola), *Enterolobium contortosiliquum* (timbo), y frutales nativos como *Eugenia involucrata* (Cerella o Cerezo nativo), *Acca sellowiana* (Guayabo nativo) y *Rheedia brasiliensis* (Pacurí), que hemos seleccionado para nuestros estudios. El presente trabajo describe los resultados obtenidos en la propagación in vitro y ex vitro de las especies arriba mencionadas.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### B.1. PROPAGACIÓN IN VITRO

**Establecimiento in Vitro:** Para las especies en estudio, se optimizaron diferentes tratamientos de desinfección de semillas y/o brotes provenientes de plantas madres criadas en setos. Para germinación de semillas in vitro, se utilizaron soluciones de alcohol (etanol) en concentraciones en un rango del 50 al 80 %, por un tiempo de exposición que va, dependiendo del material, de 30 segundos a 2 minutos. Seguido esto, por inmersión en soluciones de hipoclorito de sodio (NaOCl) en concentraciones que pueden variar de 0.25 al 3 % y en tiempos de exposición que van de 5 a 30 minutos. Para el establecimiento de brotes, se realizaron tratamientos preventivos de aplicaciones de fungicidas y bactericidas a las plantas madres, por dos semanas, previo a la cosecha de brotes. La desinfección posterior fue similar a la descrita para las semillas. Los medio nutritivos utilizados fueron: MS, MS1/2 (Murashige & Skoog, 1962) y WPM (Woody Plant Medium; Lloyd and. McCown, 1981). En todos los casos, el cultivo de las semillas, fue en cámara de cría con una intensidad lumínica de 3000-4000 lux con un fotoperiodo de 16 hs de luz y 24° C.

**Organogénesis somática y multiplicación vía axilar:** Se estudiaron, fuente de explanto (embriones maduros, y secciones de cotiledones, hipocótilos, y raíz, nodales e internodales y de hojas obtenidos de plántulas germinadas o brotes establecidos in vitro); medio nutritivo (MS, MS modificado y WPM); tipo, concentración, combinación y tiempo de exposición de reguladores de crecimiento [BA (6-Benzilaminopurina), KIN (Kinetina), TDZ (**Thidiazuron**), 2,4-D (2,4- Acido diclorofenoxiacético) y ANA (Acido Naftaleno Acético)]; concentración de sacarosa (20 y 30 g/l); su-

UNaM - Facultad de Ciencias Forestales – Laboratorio de Propagación Vegetativa

1. Director: fernandoniella@gmail.com / lpv@facfor.unam.edu.ar ,

2, 3, 4. Integrantes;

5, 6, 7, 8. Becarios

plementos (carbón activado; caseína hidrolizada, aminoácidos) y gelificantes (agar y phytigel). Los explantos cultivados fueron mantenidos, por un período de 15-45-90 días, en cámara de cría con fotoperíodo (16 horas de luz), intensidad lumínica de 3000-4000 lux y temperatura controlada (24-28° C).

**Diseño experimental y Análisis estadístico:** En todos los casos, se utilizó un diseño completamente aleatorizado con un arreglo factorial de los tratamientos (cuando fue necesario) con 5-10 repeticiones por tratamiento. Para el análisis se utilizó el ANOVA y test de separación de medias (LSD). Las variables estudiadas incluyeron: número de semillas o embriones establecidos libre de contaminación y germinados, frecuencia de explantos con presencia de tejido organogénico<sup>1</sup> y o embriogénico<sup>2</sup>, frecuencia de explantos con presencia de brotes adventicios, longitud de brotes, número de brotes, número de plántulas obtenidas (con al menos 2 yemas).

## B.2. PROPAGACIÓN EX VITRO

**Manejo de Minicepas:** Para la producción de plantines de *Peltophorum dubium* (Caña fistola), *Enterolobium contortosiliquum* (timbo), y frutales nativos como *Eugenia involucrata* (Cerella o Cerezo nativo), *Acca sellowiana* (Guayabo nativo) y *Rheedia brasiliensis* (Pacurí), se utilizaron semillas de polinización abierta. Las minicepas de las especies bajo estudio fueron criadas, con una densidad de 60 plantas/m<sup>2</sup>, en invernáculo con media sombra del 80 % en condiciones semi-controladas de humedad (microaspersión). Se estudió la aplicación del fertilizante PLANTACOTE PLUS 8M®. (15-9-12 NPK + micronutrientes) en distintas combinaciones de dosis y re-aplicaciones, de acuerdo al siguiente esquema: F1=3 gr/planta con aplicación cada 6 meses; F2=12 gr/planta con aplicación cada 6 meses; F3=4 gr/planta con aplicación cada 2 meses. Los plantines fueron decapitados cuando alcanzaron los 15-20 cm de altura, un diámetro altura de cuello de 3 a 5 mm, a una altura no inferior a 6 cm, convirtiéndose así en minicepas.

**Enraizamiento:** del rebrote obtenido de las minicepas, se cosecharon miniestacas uni o binodales, de una longitud promedio de 5 cm, y un diámetro no menor a 3 mm. El sustrato de enraizamiento utilizado fue corteza de pino compostada tamizada y perlita (relación 3:1). El enraizamiento, se realizó en invernáculo, en condiciones semi-controladas de humedad (microaspersión). Los tratamientos inductivos de las miniestacas estudiados, consistieron en la inmersión de las bases en: **1)** solución acuosa de AIB en una concentración de 400 ppm, pH 5.7, por un periodo de 24 hs; **2)** inmersión de las bases de la estaca en agua por 24 hs y **3)** inserción inmediata de las miniestacas. En todos los casos, luego de la aplicación del tratamiento inductivo, se realizó una inmersión de las bases de la estaca en fungicida Zineb® (20g/l) por 20 minutos, previa inserción de las miniestacas en bandejas HIKO® de 40 cavidades, de 93 cm<sup>3</sup> cada una.

**Diseño experimental y análisis estadístico:** Se utilizó el diseño completamente aleatorizado con 30-40 repeticiones (estacas) por tratamiento de enraizamiento, la unidad experimental fue la estaca. Para el análisis se utilizó el ANOVA y test de separación de medias (LSD). Para el manejo de minicepas, se utilizaron 30-40 plantas/especie. La evaluación de las minicepas se efectuó por dos años, cada 60 y 120 días, evaluándose la sobrevivencia, y número de estacas útiles/plantas; y el enraizamiento de las estacas a los 45-60 días de iniciado el tratamiento inductivo, evaluándose porcentaje de enraizamiento, sobrevivencia y número de raíces primarias.

---

1 Tejido organogénico: masa indiferenciada de células presente en el explanto inducido

2 Tejido embriogénico: masa indiferenciada con células embriogénicas presente en el explanto inducido

## RESULTADOS

### C.1. PROPAGACIÓN IN VITRO

Establecimiento In Vitro: Se ajustaron protocolos de desinfección de semillas y germinación in vitro, con un 80-100% de semillas germinadas y libre de contaminación para las especies *Peltrophorum dubium* (Caña fistola) y *Acca sellowiana* (Guayabo misionero). En el caso de la especie *Enterolobium contortosiliquum* (Timbo) y *Rheedia braziliensis* (Pacurí), se logró un porcentaje de germinación in vitro libre de contaminación, en un rango que del 60-80%. Para las semillas de *Eugenia involucrata* (Cerella o Cerezo nativo) la germinación in vitro fue del 2%, por esta razón se ajustó un protocolo de establecimiento de brotes, lográndose un 80% de brotes establecidos libre de contaminación y vigorosos. El medio nutritivo definido para todos los casos es de MS (Murashige and Skoog, 1962) en concentración normal de sales, excepto para el caso de Caña fistola en el que medio nutritivo apropiado resultó el MS½.

Organogénesis somática y multiplicación vía axilar: Los resultados obtenidos indican que la frecuencia de expresión (número de explantos que responden / número total de explantos cultivados) x 100) para el caso de Timbo y Caña fistola fue de un 80-100%, cuando se utilizaron secciones cotiledonares, apicales, nodales. En el caso de segmentos de raíz, se obtuvo 0% de respuesta en todos los casos. En el caso del guayabo, y cerella se obtuvo una respuesta del 80-90% para segmentos apicales y nodales en la elongación del brote principal generando así un mínimo de 3-4 nuevos brotes/explanto en un periodo de 45 a 60 días, para guayabo y de 1-1.8 brotes/explanto para cerella. Esto indica, para guayabo, una tasa de multiplicación potencial promedio de 25 nuevas plantas/explanto en un periodo de 12 meses. Los medios nutritivos con mayor frecuencia de expresión resultaron, el MS para timbo, cerella y guayabo; MS ½, para caña fistola. Los resultados obtenidos en los diferentes ensayos indican diferencias significativas (p-valor: 0.0001) para las variables número de brotes/explanto y longitud de los brotes en caña fistola, obteniéndose un promedio de  $1.60 \pm 0.17$  brotes/explanto, y una longitud promedio de  $2.26 \pm 0.13$  cm en explantos cultivados en medio MS1/2 sin hormonas, superior a los promedios obtenidos en medio MS con y sin BAP. En Timbo no se observaron diferencias significativas respecto al medio nutritivo, con un promedio de  $1.44 \pm 0.09$  brotes/explantos, con una longitud de brotes promedio de  $1.63 \pm 0.09$  cm en MS y un promedio de  $1.24 \pm 0.07$  brotes/explantos. En el caso del guayabo misionero, los medios nutritivos con mayor grado de respuesta, fueron MS y WPM, sin diferencias significativas entre ellos para la variable longitud de brotes, observándose diferencias estadísticamente significativas (p-valor: 0.0008) para la variable producción de segmentos uninodales/brote, siendo el medio WPM suplementado con 0.1 mg/l de BAP el más apropiado, con una producción promedio de  $3.33 \pm 0.72$  yemas/explantos. Entre las combinaciones y concentraciones de BAP/ANA y 2,4D/BAP estudiadas para la etapa inductiva de caña fistola y timbo, (0.05-5 mg/l de BAP y 0.01-0.3 para ANA y/o 2,4-D), ambas combinaciones, resultaron en formación de masas organogénicas y/o embriogénicas en segmentos nodales, cotiledonares, y apicales. En el caso del guayabo misionero, se observó que la presencia de Kinetina en el medio WPM, indujo, a partir de un explanto uninodal, la producción de 25 plantines/explanto en un periodo de 9 meses, comparado con una producción de 10 plantas/explanto cuando se utiliza BAP. BAP/ANA y 2,4D/BAP. La producción de plantlets (plantines producidos in vitro y aclimatizados) fue de un 70% para guayabo, 60% para caña fistola y 30% para cerella.

## C.2. PROPAGACIÓN EX VITRO

Manejo de minicepas: Las minicepas de *Peltophorum dubium* (Caña fistola), *Eugenia involucrata* (Cerella o Cerezo nativo), y *Acca sellowiana* (Guayabo nativo) presentaron una sobrevivencia promedio de 80-100%, y un promedio de  $5,14 \pm 2,27$ ,  $3,26 \pm 2,72$  y  $4,3 \pm 3,10$  estacas/planta, respectivamente, cada 60 días, lo que implica una producción promedio anual de aproximadamente 700-900 estacas/m<sup>2</sup>, considerando solamente 3 cosechas anuales (en octubre, diciembre y febrero).

Enraizamiento: El análisis de los resultados demostró diferencias significativas en la capacidad de enraizamiento (%ENRAIZ), sobrevivencia (SOBRE) y número de raíces laterales (RP) para los tratamientos inductivos ensayados para caña fistola, cerella y guayabo (p-valor: 0.0001;  $\alpha=0,05$ ). Las estacas de posición apical y secundaria, sin aplicación de IBA, con inserción directa en el sustrato de enraizamiento (DIRECTA) presentaron un promedio de un  $80 \pm 9,80\%$ ;  $94 \pm 7,29\%$  y un  $78 \pm 8,24\%$  de enraizamiento, respectivamente, no observándose diferencias significativas entre estacas apicales y basales.

## CONCLUSIONES

Se optimizaron protocolos de germinación y establecimiento in vitro para todas las especies propuestas. Se avanzó en el desarrollo de protocolos de propagación vía axilar para las especies *Peltophorum dubium*, *Enterolobium contortosiliquum*, *Eugenia involucrata* y *Acca sellowiana*; se indujo la formación de tejido organogénico y embriogénico en explantes de *Peltophorum dubium* y *Enterolobium contortosiliquum*. Por otro lado, se desarrollaron protocolos operativos de manejo de minicepas y enraizamiento de estacas para las especies *Peltophorum dubium*, *Eugenia involucrata* y *Acca sellowiana*.

## PROYECTO DE INVESTIGACION APLICADA (PIA 10032)

### Avances en el desarrollo de herramientas para la implementación de la silvicultura clonal de *Pinus sp.*

Rocha<sup>1</sup>, P.; Niella<sup>2</sup>, F.; Bohren<sup>3</sup>, A.; Schoffen<sup>4</sup>, C.; Martinez<sup>5</sup>, M. y Aguilera<sup>6</sup>, G.

## INTRODUCCIÓN

Los programas de mejoramiento genético forestal se basan en ciclos continuos de selección de árboles plus, ensayos de progenies, evaluación, y la polinización controlada de árboles con características sobresalientes. Las semillas generadas de estos cruzamientos representan un alto valor genético y comercial y da lugar a la silvicultura familiar implementada a escala comercial en la región. No obstante, las ganancias genéticas obtenidas son menores a las que se obtendrían de un programa de silvicultura clonal, mediante la cual es posible la captura de la varianza genética total, con el consiguiente incremento en la ganancia genética. En este sentido, la particularidad de la técnica de embriogénesis somática de generar tejido rejuvenecido a partir de meristemas de árboles adultos, resulta en la tecnología apropiada para avanzar en la silvicultura clonal en *Pinus sp.* El objetivo principal de nuestra investigación se focalizó en el desarrollo de líneas embriogénicas a partir de meristemas apicales de tejidos juveniles y adultos y de embriones maduros de *Pinus taeda* y *P. híbrido*. En el presente trabajo se describen los resultados obtenidos en los estudios correspondientes a la inducción y proliferación de tejido embriogénico, en los cuales hemos analizado diferentes factores, tales como: edad, genotipo, y manejo de la planta madre donante de explanto, así como también tratamientos pre-inductivos e inductivos, y medios nutritivos. Se optimizó la técnica de organogénesis y multiplicación vía axilar para la generación de meristemas a ser utilizados como explantos en el proceso de embriogénesis somática. Se desarrolló un protocolo de establecimiento in vitro de meristemas obtenidos de plantas madres juveniles y adultas, se indujo la formación de tejido embriogénico a partir de embriones maduros y de meristemas de tejido juvenil y adulto y se ajustaron las metodologías histológica y citológica para el análisis de tejidos y proliferaciones celulares.

## MATERIALES Y METODOS

### B.1. Establecimiento in vitro de meristemas apicales

**Manejo de plantas donantes de brotes:** Se realizaron tres ensayos, utilizándose plantines criados en macetas, de 2 y 4 años de edad, e injertos de 18 años de edad de *Pinus taeda*, y *P. híbrido* y plantines de 2 años de edad de 5 familias de cruzamiento controlado e injertos que fueron provistos por INTA-EEA Montecarlo. Para el establecimiento in vitro, se evaluaron tres periodos de aislamiento de planta madre previo a la cosecha de brotes para su establecimiento in vitro: 7, 15 y 30 días con aplicaciones semanales de tres tratamientos de desinfección de la planta madre: sin aplicación de solución desinfectante, con aplicación de solución de fungicida, y con aplicación de una solución mezcla de fungicida y bactericida.

**Establecimiento in vitro de los brotes cosechados:** Se realizaron tres ensayos de establecimiento, utilizando brotes apicales, de 2 cm de longitud obtenidos de los

---

UNaM - Facultad de Ciencias Forestales – Laboratorio de Propagación Vegetativa  
1. Director del proyecto-  
Email: procha910@gmail.com / lpv@facfor.unam.edu.ar  
2, 3. Integrantes y  
4, 5 y 6. Becarios



plantines e injertos (descritos más arriba), los cuales habían recibido los pre-tratamientos descritos. En esta etapa, se evaluaron tres tratamientos que consistieron en combinaciones de diferentes compuestos desinfectante: solución de HCl, solución de fungicidas + HCl, y solución de fungicida + bactericida + HCl, para cada tratamiento de manejo de planta madre. Los brotes esterilizados, fueron cultivados en medio WV5 (Cooke, 1996), sin reguladores de crecimiento, cultivados en cámara de cría con temperatura controlada a 27° C y fotoperíodo de 16 hs.

**Diseño experimental y análisis estadístico:** En todos los ensayo realizados se utilizó un diseño completamente aleatorizado, con arreglo factorial de los tratamientos, con 5 -20 repeticiones/tratamiento. Las variables evaluadas fueron: número de brotes sobrevivientes (brotes libre de contaminación y vigorosos a los 7, 15 y 30 días de cultivo).

## **B.2. Optimizar la metodología de organogénesis para la producción de brotes adventicios**

**Esterilización y estratificación de las semillas:** Los tratamientos de esterilización, estratificación y germinación in vitro se realizaron según protocolo organogénesis descrita por Rocha y Niella (2002).

**Inducción:** Los embriones pre-germinados, a los cuales se le elimino la radícula, fueron cultivados en medio WV5 (Cooke, 1996), suplementado con el regulador de crecimiento benzil amino purina (BAP), sacarosa y Agar, con pH 5.6, en cámara de cría con temperatura controlada a 27° C y fotoperiodo de 16 hs, bajo una intensidad lumínica de 2000 lux.

**Proliferación:** Los embriones inducidos (hinchados, con protuberancias abultadas), fueron cultivados en medio WV5 (Cooke, 1996), sin reguladores de crecimiento, con carbón activado, sacarosa y Agar, con pH 5.6, en cámara de cría con temperatura controlada a 27° C y fotoperiodo de 16 hs, bajo una intensidad lumínica de 2000 lux.

**Diferenciación:** Los embriones proliferado (con formación de yemas adventicias en los cotiledones) fueron cultivados en medio WV5 (Cooke, 1996), sin reguladores de crecimiento, con, sacarosa y Agar, con pH 5.6, en cámara de cría con temperatura controlada a 27° C y fotoperiodo de 16 hs, bajo una intensidad lumínica de 2000 lux. Los brotes adventicios producidos mediante esta tecnología, son utilizados para obtención de meristemas apicales para la tecnología de embriogénesis somática.

## **B.3. Estudio de los factores que afectan la etapa inductiva y proliferación de tejido embriogénico.**

**Explantos:** los explantos utilizados fueron embriones maduros, obtenidos de semillas de *Pinus taeda*, y *P. híbrido* esterilizadas, estratificadas y pre-germinadas según metodología descrita en más arriba. Meristemas apicales, obteniéndose secciones transversales de 5 mm de espesor, obtenidas de los ápices de brotes estériles de plantines de 2 y 4 años de edad e injertos, establecidos in vitro.

**Medio nutritivo:** los medios nutritivos utilizados consistieron del medio básico WV5 (W) descrito por Coke, et al. (1996) y el medio DCR (D) descrito por Gupta and Durzan (1985), las concentraciones y combinaciones de reguladores de crecimiento, tanto para el pre-tratamiento, como para las etapas de iniciación y mantenimiento, según Malabadi y van Staden (2006).

**Pre-tratamiento inductivo:** Con pre-tratamiento, los explantos esterilizados fueron cultivados en medio pre-inductivo, tanto con medio WV5, como DCR, a 3° C, en oscuridad, por tres días, previamente a ser sub-cultivado en medio inductivo. Sin pre-tratamiento, los explantos esterilizados fueron cultivados directamente en medio inductivo, tanto en WV5, como DCR, a temperatura ambiente en oscuridad.

#### **Diseño experimental y análisis estadístico**

En cada etapa, se utilizó un diseño completamente aleatorizado, con arreglo factorial de los tratamientos, con 5 repeticiones con 10 explantos cada repetición. Las variables evaluadas fueron: número de explantos inducidos/tratamiento; número de explantos amarronados/tratamiento; número de explantos proliferados/tratamiento; tipo de inducción y lugar de la inducción, y se realizaron observaciones histológicas y citológicas de los tejidos proliferados.

**B.4. Estudio histológico:** cuatro semanas después de la inducción los tejidos formados, se fijaron en FAA (etanol-ácido acético-formalina) durante 24 h, con posterior deshidratación en una serie de etanol y embebidos en cera de parafina. Las muestras se cortaron con micrótopo rotativo en secciones de 10 a 12 micras de espesor. Los cortes fueron teñidos con Safranina - Astra Blue. Para la observación microscópica se utilizó un microscopio Zeiss trinocular y una cámara MotiCam 2000 de 2.0 MP adaptada al microscopio.

**B.5. Estudio citológico:** Se utilizó la técnica de doble tinción descrita por Gupta y Holmstrom (2005), utilizando Acetocarmin al 2% y Evans Blue al 0.5%.

## **RESULTADOS**

### **C.1. Establecimiento in vitro de meristemas apicales**

De los resultados obtenidos, se puede concluir que la combinación del tratamiento de aislamiento de la planta madre de por al menos 15 días, con aplicación semanal, mediante rociado de los brotes con una solución de fungicida y bactericida y el tratamiento de establecimiento in vitro que contempla la inmersión de los brotes en una solución mezcla de fungicida y bactericida, con la subsecuente inmersión en una solución de HCl (hipoclorito de sodio), es adecuada para obtener una frecuencia superior al 80% de brotes sobreviviente, vigorosos y libre de contaminación después de 45 días en cultivo.

### **C.2. Optimizar la metodología de organogénesis para la producción de brotes adventicios**

Los resultados indican que la metodología de desinfección y estratificación fueron efectivas, con una tasa de producción de 70% de embriones pre-germinados y libres de contaminación, disponible para el cultivo en medio inductivo. La tasa de inducción fue de 60% de embriones inducidos de los cuales un 54% proliferaron produciendo yemas adventicias, que se diferenciaron en brotes adventicios con una tasa de 42% de embriones diferenciados los cuales produjeron, en promedio, 8-10 brotes por embriones.

### **C.3. Estudio de los factores que afectan la etapa inductiva y proliferación de tejido embriogénico**

Los resultados obtenidos, indican un efecto diferencial del tipo de explanto, pre-tratamiento inductivo y medio nutritivo. Observándose que los diferentes tipos



de explantos, cultivados en diferentes medios nutritivos, con o sin pre-tratamiento inductivo, presentaron inducción de tejido embriogénico. Obteniéndose, un 100 % de explantos inducidos, tanto en explantos obtenidos a partir de meristemas apicales de rebrotes de plantas de 4 años, cultivado en medio WV5 y en DCR, como en embriones maduros cultivados en medio DCR, ambos con pre-tratamiento inductivo; como así también en embriones maduros cultivados en medio DCR pero sin pre-tratamiento inductivo.

**C.4. y C.5. Estudio histológico y citológico:** El análisis preliminar, morfológico, histológico y citológico, de los tejidos proliferados, reveló formación de meristemoi-des y presencia de células suspensoras (elongadas) con cabezas embrionales, confirmando de esta manera la formación de tejido embriogénico a partir de meristemas apicales de brotes de plantines de 2,4 e injertos de *Pinus taeda* y P. híbrido.

Cuando el tejido embriogénico obtenido en la etapa inductiva fue sub-cultivado a medio de mantenimiento se observó que el 100% de los explantos sub-cultivados continúan proliferando, observándose cambio en la consistencia y color de los tejidos proliferados. El sub-cultivado posterior a medios de maduración y/o germinación no prosperaron, mostrando un 100% de tejido necrótico.

## CONCLUSIONES

A la fecha se ha optimizado el establecimiento in vitro a partir de embriones de semillas maduros y de meristemas apicales de brotes obtenidos de plantines de 2 y 4 años, y de injertos de 18 años. Se optimizó un protocolo de organogénesis para la producción de brotes adventicios. Se indujo la formación de tejido embriogénico a partir de embriones maduros, y meristemas apicales de brotes apicales juveniles y maduros. El próximo desafío es aislar el tejido embriogénico para continuar con las etapas de mantenimiento, maduración y germinación.

## PROYECTO DE INVESTIGACION APLICADA (PIA 10057)

### Aspectos de la viverización, inoculación micorrícica y comportamiento en plantación de lenga (*Nothofagus pumilio*) en el marco de la restauración de bosques degradados

Carolina Barroetaveña

## INTRODUCCIÓN

En las áreas afectadas por incendios, la capacidad y velocidad de restauración natural del ecosistema está determinado por los mecanismos de regeneración de las especies y el grado de exposición a factores adversos. En el caso de los bosques de lenga, la especie no posee capacidad de rebrote, dándose su regeneración solo en forma sexual a través de las semillas, por lo cual si no hay ejemplares vivos, no hay banco semillero. Además, necesita de la protección del estrato arbóreo para el establecimiento de la regeneración, dado que es susceptible a la insolación directa. Por todo ello, la única manera de regenerar estos sitios es por medio de la plantación. La recuperación de sitios degradados es una tarea compleja, debido a que las diversos deterioros y perturbaciones afectan en diferente grado la biodiversidad, el ciclaje de nutrientes, la fertilidad del suelo, las propiedades físico-químicas y biológicas del suelo y puede ocurrir la invasión del sitio por parte de especies agresivas y/o exóticas (Salas, 2009). Conocer los principales atributos que una planta debe reunir para ser exitosa en un sitio determinado es de vital importancia para lograr buenos resultados, y en este marco, la incorporación de procesos biotecnológicos al desarrollo productivo, puede brindar mayor seguridad y eficacia en la producción (Carvallo, 1996). Los hongos micorrícicos asociados a la lenga, importantes en el prendimiento y crecimiento del hospedante, también se ven alterados o desaparecen en los sitios degradados, por lo que se deben incorporar al proceso de producción de plantas destinados a restauración.

## OBJETIVOS

1- \*Evaluar las diferencias en los parámetros morfométricos de plantines de lenga producidos bajo 2 regímenes de fertilización en la etapa de Crecimiento Rápido (2011-2012).

2- \*Evaluar a campo la supervivencia y crecimiento de plantines de lenga producidos bajo ambos regímenes de fertilización e inoculados con micorrizas (2012-2014).

3- Ensayo redefinido: Evaluar la respuesta de las plantas a la competencia herbácea por medio de la aplicación de mulching. (Originalmente el ensayo era: Evaluar la respuesta de las plantas induciendo la rustificación a través de la aplicación de 3 niveles de estrés hídrico) (2012-2014).

4- \*Evaluar el efecto de la inoculación con especies de ectomicorrizas nativas seleccionadas en el prendimiento y crecimiento de lenga plantada en un sitio degradado (2013-2014).

5- \*Describir los morfotipos micorrícicos de especies de ectomicorrizas nativas seleccionadas en plantines de lenga (2012-2014) ya que se carece de dicha información. \*Debido a que en las dos temporadas de producción de plantas no hubo casi producción de semillas de lenga, alcanzando las cosechadas solo el 2% de viabilidad no germinó la cantidad requerida para los ensayos, debiéndose redefinir la cantidad de plantas a utilizar y faltando realizar el ensayo de Estrés Hídrico.

### **\*Relevamiento y elección del sitio.**

El sitio se encuentra ubicado a 42° 56' lat. Sur y 71° 30' long. Oeste, distante a 50 Km de la localidad de Esquel hacia el Parque Nacional "Los Alerces", provincia de Chubut, afectado por el incendio de marzo de 2008 denominado "La Colisión" donde se quemaron aproximadamente 6.000 ha de las cuales 262,5 ha correspondieron a bosque de lenga. Presenta una precipitación media que ronda los 1,000 mm anuales, la exposición es Sur a Sur-Oeste, con una pendiente de 25° y profundidad efectiva mayor a 1 m. La cobertura en 2011 era 15% de suelo desnudo, un 77% cubierto por herbáceas y un 8% de arbustivas en promedio. Se tomaron datos de temperatura y humedad en tres niveles de profundidad bajo suelo desnudo, semicubierto y cubierto, para tener una idea de las condiciones de crecimiento a las que se someterían las plantas, asimismo se efectuó un análisis químico del suelo que arrojó una fertilidad buena.

## **RESULTADOS DE LOS ENSAYOS**

**Ensayo 1: evaluar las diferencias en los parámetros morfométricos de plantines de lenga producidos bajo 2 regímenes de fertilización en la etapa de crecimiento rápido. (Dieta estándar y dieta al 20%).**

Se produjeron plantas bajo dos dietas distintas de fertirriego (220 plantas por tratamiento) durante la temporada octubre 2011-marzo 2012. Una dieta correspondía a la dieta estándar aplicada por el vivero del INBIES para la producción de nativas en tanto que la segunda aportaba solo el 20% de los nutrientes de la primera.

Los resultados no fueron los esperados ya que el crecimiento promedio en altura fue mayor en la Dosis menor, donde se presentaron porcentajes de frecuencia de 33.8% y 30% para las clases de 5 cm a 10 cm y 10 cm a 15 cm de altura respectivamente, en tanto más del 40% de las plantas se encuentra entre 5cm a 10 cm de altura para el tratamiento de Dosis estandar. En el caso del diámetro también fue mayor con la aplicación de la Dosis menor, aunque ambos tratamientos presentaron más del 40% de plantas en la clase diamétrica de 3-4mm, en el caso de la Dosis estandar es seguido por la clase diamétrica de 2-3mm, con aproximadamente el 30%; y para la Dosis menor este mismo porcentaje se presentó pero en la clase de 4-5mm. El análisis estadístico no arrojó diferencias significativas ( $P < 0.05$ ).

Este resultado se explica por diversos motivos: las plantas ingresaron tarde al proceso productivo sin poder responder debidamente al fertirriego. Esto sucedió porque la infraestructura y logística quedaron limitadas a la aprobación e inicio formal de este proyecto, que se desfasó de los tiempos previstos por la convocatoria, y la alta dependencia estacional de los estudios involucrados en este proyecto.

Las altas temperaturas registradas durante el verano dentro del invernáculo a pesar de las medidas tomadas para descenderla (apertura de ventanas, aplicación de bruma) y por último se registró un aumento de la concentración de nutrientes en el sustrato del tratamiento de menor dosis o Dieta 20%, con una C.E de 550 microS, que aumentó a una C.E de drenado de 950 microS, muy cercano a los valores del tratamiento de la dieta estándar, que presentó una C.E de 1040 y una C.E de drenado de 1300 microS debido a que el fertirriego se realizó con regadera, y si bien se aplicaba hasta percolación, la misma fue deficiente provocando la acumulación de sales en el medio; aunque este efectos solo se registró por dos semanas, corrigiéndose con una mayor percolación del agua de riego.

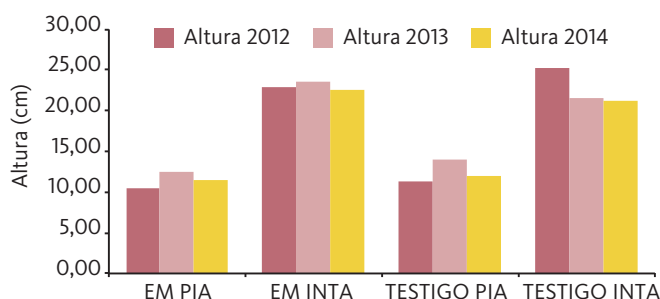
**\*Ensayo 2: tipo de planta + mix de especies ectomicorrizicas.**

Dado que el ensayo 1 no resultó como se esperaba se utilizaron las plantas provenientes del tratamiento de Dosis Menor y plantas producidas por la Estación Experimental INTA Trevelin que presentaban mayor altura y diámetro. Estas plantas se llevaron a campo en 2012 contando con 4 tratamientos: \*Plantas sin inocular de mayor tamaño (Testigo INTA) \*Plantas sin inocular de menor tamaño (Testigo PIA) \*Plantas inoculadas de mayor tamaño (EM INTA) y \*Plantas inoculadas de menor tamaño (EM PIA) con 48 plantas por tratamiento. La inoculación se efectuó con un Mix de esporas de Ectomicorizas “EM” que estaban establecidas como potenciales candidatas a inoculo bajo diversos criterio por Bassani 2010. (*Austropaxillus statuum* (epígeo), *Setchelliogaster fragilis* (sub-hipógeo), *Hallingea purpurea* (hipógeo), *Cortinarius xiphidipus* (epígeo) y *Thaxterogaster albocanus* (sub-hipógeo)) aplicándose 1x10<sup>6</sup> esporas activas por planta.

Las EM fueron cosechadas en bosque nativo en la temporada otoñal 2012 las cuales se procesaron en laboratorio midiendo su concentración y actividad mediante Tinción con Bromuro de Tetrazolium, y posteriormente se secaron para almacenarse hasta su uso donde se efectuaron suspensiones como inóculo.

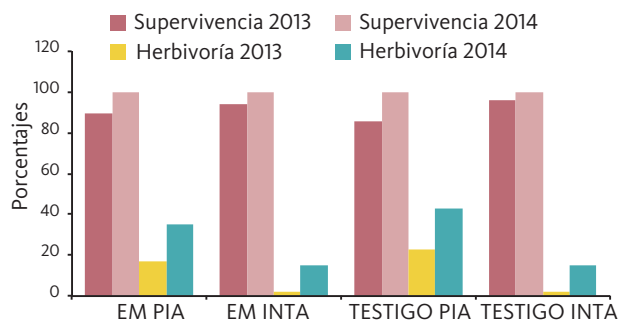
En los siguientes gráficos se muestran los resultados obtenidos.

**GRÁFICO 1.**



**Grafico 1:** evolución de la altura del ensayo

**GRÁFICO 2.**



**Grafico 2:** evolución de la Supervivencia “Tipo de planta+Mix de esporas”y Herbivoría del ensayo desde el año 2012 (plantación) a 2014. “Tipo de planta+Mix de esporas”

Estos datos preliminares muestran el comportamiento típico de la especie en cuanto a su respuesta en el crecimiento en altura cuando las condiciones de desarrollo se dan con un verano caloroso y seco, ya que se produce la muerte de gran parte del vástago principal arrojando valores de crecimiento muy pequeños e incluso negativos, a lo que se sumó el ramoneo producido por el ataque de roedores generando la rara evolución de la altura que se observa en el gráfico 5.

Para el año 2013 la mortandad de plantas fue de 17 en total lo que representa el 8,9% en tanto que no hubo registro en 2014, es por ello que la supervivencia fue del 100%; con respecto a la herbivoría o plantas faltantes, esta alcanzo el 11% (21 plantas) en 2013 y 25,7% (27 plantas) en 2014.

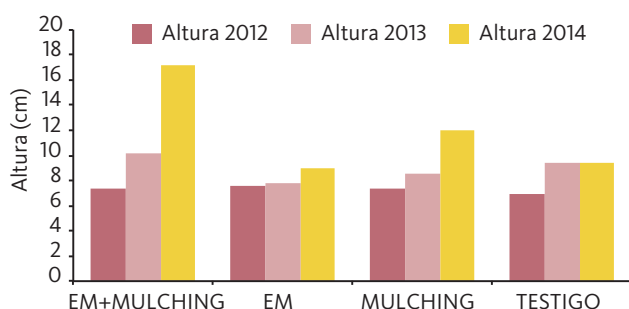
El análisis estadístico no arrojó diferencias significativas entre tratamientos (P > 0,05), pero si entre temporadas ( P < 0,05).

**\* Ensayo 3: plantas inoculadas + tratamiento contra la competencia herbácea.**

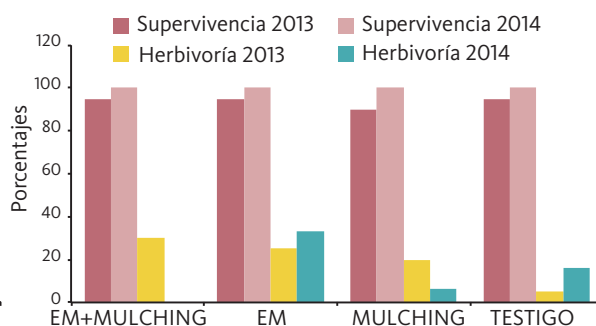
Con las plantas sobrantes del tratamiento de Dosis estándar del ensayo 1 se procedió a rediseñar otro ensayo para evaluar la competencia de las herbáceas para plantas pequeñas, para lo cual se utilizó viruta de lenga como mulching (Figuras 1 y 2) y el Mix de esporas anterior como inóculo. En este caso se efectuaron 4 tratamientos con 20 plantas por cada uno: \*Plantas sin inocular y sin mulching (TESTIGO), \*Plantas inoculadas con Mulching (EM+MULCHING) \*Plantas inoculadas (EM) y \*plantas sin inocular con Mulching (MULCHING). Estas plantas se establecieron a campo en junio de 2012.

En los siguientes gráficos se muestran los resultados obtenidos.

**GRÁFICO 3.**



**GRÁFICO 4.**



No hubo por el momento una mortandad de plantas significativa, solo han muerto 5 plantas, aunque la pérdida por herbivoría (extracción) representó en 2013 el 20% y un 14% en 2014. Se observa a la vez una tendencia favorable con respecto a la colocación de mulching, ya que tanto los incrementos como la altura total son mayores aunque no se hallaron diferencias significativas entre tratamientos o tiempo de medición (temporadas).

**Gráfico 3:** evolución de la altura promedio del ensayo “Plantas Inoculadas + Tratamiento contra la Competencia Herbácea”.

**Ensayo 4: inoculación con distintas especies em.**

Las especies que se hallaron fueron: *Austropaxillus statuum* (epígeo), *Hallingea purpurea* (hipógeo), *Cortinarius maguellanicus* (epígeo), *Russula nothofaginea* (epígeo), \**Russula fuegiana* (epígeo) y *Thaxterogaster albocanus* (sub-hipógeo).

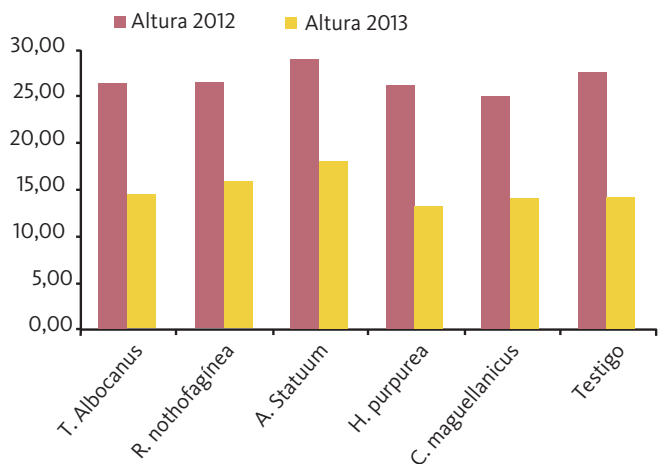
\* solo se utilizó para el ensayo de producción de Tips ya que era muy escasa la cantidad de inóculo.

**Gráfico 4:** evolución de la Supervivencia y Herbivoría del ensayo “Plantas Inoculadas + Tratamiento contra la Competencia Herbácea”.

El ensayo constó de 6 tratamientos con 60 plantas cada uno: *Russula nothofaginea*, *Thaxterogaster albocanus*, *Hallingea Purpurea*, *Austropaxillus statuum*, *Cortinarius maguellanicus* y *Testigo*.

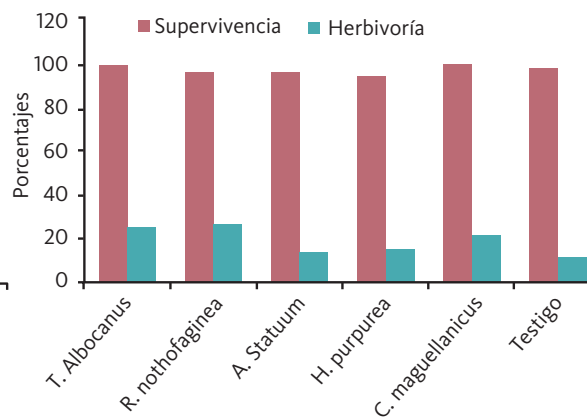
La instalación del ensayo a campo e realizó en junio de 2013.

Del análisis de los gráficos, se desprende que no hubo por el momento una mortandad de plantas significativa, solo han muerto 8 plantas, aunque la pérdida por herbivoría (extracción) representó aproximadamente el 19% del total de plantas. Para efectuar un analisis de altura se requiere más años de seguimiento hasta que desaparezca el efecto de la herbivoría y muerte del ápice por exceso de calor en verano.

**GRÁFICO 5.**

**Gráfico 5:** distribución de altura por supervivencia y tratamiento para el ensayo “Inoculación con distintas especies EM”

**Gráfico 6:** Distribución de herbivoría para el ensayo “Inoculación con distintas especies EM”

**GRÁFICO 6.**

### Ensayo 5: producción de tips micorrizicos en laboratorio.

Este ensayo se llevó a cabo en 5 oportunidades, 4 de las cuales fueron bajo condiciones de humedad, luz y temperatura controladas en una cámara de cultivo previamente desinfectada. Se utilizaron plantas producidas bajo fertirriego como producidas en la cámara con sustrato inerte esterilizado y sustrato con compost esterilizado. En tanto que el riego se efectuó con agua destilada y esterilizada. El último ensayo se efectuó bajo invernadero con riego por aspersión. En todos los casos las plantas se inocularon con especies EM nativas y todo los materiales y herramientas utilizados fueron debidamente esterilizados. Lamentablemente no se obtuvieron resultados positivos debido a diversos factores como: problemas con patógenos y ácaros dentro de la cámara ya que la misma se utilizaba para diversos ensayos con material biológico a pesar de encontrarse el ensayo lo más aislado posible, el efecto residual del fertirriego habría inhibido la simbiosis en plantas sanas, la disminución natural de la actividad de las esporas, la escasez de inóculo por bajas precipitaciones que no permitieron repetir seguidamente las inoculaciones, las altas temperaturas que se registraron en el invernadero que causó la muerte de las plántulas. El hecho de que los ensayos con plántulas hayan muerto por diversas causas muestra lo susceptible que es la lenga al tener un crecimiento natural tan lento, donde los tejidos son de tipo meristemáticos primarios sin mayores barreras de defensa contra patógenos e insectos que no son habituales en un bosque nativo o a temperaturas mayores a las dadas bajo la protección del dosel.

Ensayo re-definido en el pedido de prórroga.

### “Descripción de morfotipos de especies de ectomicorrizas nativas en plantines de lenga instalados a campo”

Dado el fracaso del ensayo 5 se procedió en los meses de marzo y abril de 2014 a la extracción de un total de 50 plantas provenientes de los ensayos “Tipo de planta+Mix de esporas” (20 plantas) y “Planta + especie EM” (30 plantas) para evaluar y describir morfotipos.

Las plantas se trajeron del campo con abundante tierra para no dañar el sistema radicular y se procesaron en el laboratorio del Área de Protección de CIEFAP.

La metodología fue la descrita por Brundrett et al, 1996, aunque para el Porcentaje de micorrización se utilizó solamente 1 mt de longitud de raíz para agilizar los conteos.

Los morfotipos hallados se describieron macro y microscópicamente siguiendo la metodología descrita por Agerer y fueron guardados en CTAB (Bromuro de hexadeciltrimetilamonio), para la extracción de ADN. El método de extracción utilizado fue el Método Manual adaptado por personal del Laboratorio de Protección Forestal del CIEFAP del protocolo de Bent & Taylor (2010); y la amplificación de ADN (PCR) siguiendo el protocolo de Pildain et al. 2009, lamentablemente no se obtuvieron bandas para ninguno de los morfotipos, por lo que se evaluara repetir la extracción de ADN pero utilizando otro método como es el uso del kit SIGMA para poder efectuar la secuenciación en MACROGEN (Corea). Se obtuvieron 15 morfotipos en total.

Si bien las plantas presentaron simbiosis, esta tuvo mayor presencia en las plantas que permanecieron más tiempo en el campo o sea las del ensayo "Tipo de planta+Mix de esporas" instalado en 2012; ya que se encontraron 10 Morfotipos diferentes, además la mayor presencia se da en las plantas de mayor tamaño, lo que puede deberse a que las mismas poseen demandas de nutrientes y agua superiores a las plantas más pequeñas. En tanto para el Ensayo "Planta + especie EM" solo se encontraron 3 Morfotipos repartidos en 3 tratamientos por lo que este ensayo no brindó los resultados esperados, ya que no todas las especies inoculadas presentaron simbiosis. Esto se puede deber al efecto inhibitor del fertirriego el primer año de vida de las plantas sumado a la pérdida total de viabilidad de las esporas en el mismo lapso, o a que las especies EM no eran las adecuadas para el estadio de plántula. En el tratamiento de *Cortinarius magellanicus* uno de los morfotipos concordó con una breve descripción previa efectuada por el Dr. Reinhard Agerer para esta especie. Por otra parte la presencia de morfotipos en los tratamientos "Testigos" evidencia la presencia de inoculo en el campo. En tanto del análisis del gráfico se puede determinar que los más abundantes fueron los morfotipos 3 afín *Tomentella sp.*, afín *Cenococcum sp.* y los morfotipos 8 y 9 afín *Thaxteropogaster albocanus*, actualmente *Cortinarius sarcinochrous*.

### Imágenes de morfotipos.

**Morfotipo 1, Morfotipo 2, Morfotipo 3** afín *Tomentella sp.* **Morfotipo 4 Morfotipo 5** afín *Hysterangium sp.* **Morfotipo 6** afín *Cenococcum sp.* **Morfotipo 7** afín *Cortinarius Maguellanicus.* **Morfotipo 8: Morfotipo 9** afín *Thaxteropogaster albocanus*, actualmente *Cortinarius sarcinochrous* **Morfotipo 10** afín *Cenococcum* Descripción ídem a morfotipo 7 sólo que no presentaba mantos de tipo estrellado, más bien sinenquima. **Morfotipo 11 Morfotipo 12 Morfotipo 13 Morfotipo 14 Morfotipo 15.**

## DISCUSION

La mayor limitación en la restauración de lenga se debe a la escasez de semillas, ya que esta especie como el resto de los Nothofagus poseen una producción cíclica que es muy influenciada por las condiciones climáticas además de contar con muy escasa viabilidad de sus semillas, la dificultad de acceder al bosque por las condiciones topográficas, ya que son muy pocos los rodales que cuentan con vías de acceso.

La fertilidad del sitio y las condiciones benévolas dadas por la exposición Sur que garantiza mayor humedad y profundidad del suelo así como menor insolación y protección contra el viento pueden haber influenciado en el establecimiento de la simbiosis junto con el estado nutricional de las plantas al provenir de un fertirriego.

Las especie EM seleccionadas no se habían probado con anterioridad a campo, lo que demuestra que la selección puede ser equivocada, dada la interrelación de las raíces de

ejemplares adultos con la regeneración, lo que genera que se encuentren fructificaciones de EM bajo regeneración que en realidad se hallan formando simbiosis con árboles adultos. Esto se da en otros tipos de bosques, como por ejemplo en el género *Pinus* donde dependiendo de la edad del mismo se encuentran determinadas especies ectomicorrizas, aunque en el caso del bosque nativo es aún más complejo el sistema de biota fúngica ya que en un mismo sector conviven ejemplares de diversas edades.

El lapso de estudio debe ser mayor a 5 años para poder establecer los verdaderos efectos de la inoculación, el tamaños de las plantas y la competencia por nutrientes y agua frente a las herbáceas.

Dada la mortandad del vástago, hecho que sucede en veranos muy calurosos y más aun no teniendo protección del dosel, el incremento Medio Anual en altura no representó el verdadero crecimiento de las plantas.

El hallazgo de algunas puntas micorrizadas afines a *Cenococcum sp.* se justificaría por la presencia de esta especie cosmopolita en la etapa de viverización, ya que puede establecerse aun con elevadas concentraciones de nutrientes.

La mayor diversidad de morfotipos hallados en el ensayo de concuerda con que las plantas que permanecieron más tiempo en el campo acabándose el efecto residual del fertirriego.

## CONCLUSIONES

Dada las limitaciones para obtener semilla de lenga se deberá previamente efectuar un relevamiento para aumentar las áreas de cosecha de esta especie.

Si bien el efecto de la inoculación EM y el mulching no fueron significativos, la tendencia observada indica un efecto estimulante en la supervivencia.

Dada las características de la lenga para producir semillas primero se deberá estudiar y definir otros sitios de cosecha ya que los disponibles no alcanzan a cubrir las demandas para establecer ensayos de restauración; esto implica una importante inversión principalmente destinada a la construcción de vías de acceso a dichos sitios. Las características del sitio a restaurar van a definir las actividades de restauración y tipo de labores a efectuar, lo que definirá el costo de la misma.

El lapso de estudio debe ser mayor a 5 años para poder establecer los verdaderos efectos de la inoculación, el tamaños de las plantas y la competencia por nutrientes y agua frente a las herbáceas.

Los ensayos de producción de tips micorrícicos deberán tomar en cuenta la susceptibilidad de las plántulas y la inhibición del efecto residual del fertirriego. Para lo cual se podría probar con plantas producidas un año en fertirriego para favorecer su crecimiento y rustificación de forma rápida y posteriormente dejarlas una temporada repicadas a envase sin aporte de nutrientes y utilizarlas al tener 2 o más años de edad.

Para definir las especies EM propias del estadio de regeneración se deben contrastar los ensayos de inoculación con estudios más exhaustivos mediante muestreos de raíces de ejemplares del bosque y técnicas de extracción de ADN de para definir las especies simbióticas.



# PROYECTO DE INVESTIGACION APLICADA (PIA 10070)

## Propagación vegetativa de *Grevillea robusta*

Carlos Vera Bravo\*<sup>1</sup>. Sansberro P<sup>2</sup>. Luna C<sup>2</sup>. Jara M<sup>3</sup>.

### INTRODUCCIÓN

*Grevillea robusta* es una latifoliada originaria de Australia que en el Noreste de Argentina ha evidenciado una velocidad de crecimiento intermedia entre *Eucalyptus grandis* y *Pinus taeda* o *Pinus elliottii*. Su madera es considerada de alta calidad para fines decorativos, presentando un jaspeado similar al roble en cortes radiales, condición ésta que permite utilizarla ventajosamente en la elaboración de muebles finos, puertas, ventanas, chapas, revestimientos de interiores, paneles y hasta instrumentos musicales. En el NE Argentino a partir de mediados de la década de los 90' se inició la introducción de orígenes y progenies desde el área de distribución natural. Estos ensayos demostraron alta variabilidad genética a nivel familiar e individual, evidenciando la posibilidad de incrementar su potencial productivo utilizando estrategias convencionales de mejoramiento genético. En este sentido, en la EEA del INTA Bella Vista existe un Huerto Semillero Clonal de primera generación de mejoramiento pronto a entrar en producción, y en la empresa Pomera S. A. un Huerto Semillero de Progenies. Ambas poblaciones de producción permitirán abastecer de semilla mejorada al sector productivo. No obstante, las forestaciones realizadas con material seminal manifiestan mayor heterogeneidad en cuanto a velocidad de crecimiento, forma y propiedades de la madera que las realizadas utilizando familias clonadas o clones propiamente dichos. Por ello, a través del presente Proyecto, se propuso avanzar en el desarrollo de protocolos de propagación vegetativa a través de la macropropagación clonal familiar y micropropagación de árboles adultos.

### MATERIALES Y METODOS

Para la macropropagación se utilizó semilla de 10 árboles seleccionados fenotípicamente provenientes de un Huerto Semillero de Progenies pertenecientes a la empresa Pomera maderas S.A. éstas se sembraron en bandejas con tubetes que contenían un sustrato a base de corteza de pino compostada y perlita. Luego de germinadas se plantaron 10 plantas por familia en canaletones para su crecimiento y formación de las plantas madres dadoras de estacas. Las plantas utilizadas para la micropropagación provinieron de materiales selectos pertenecientes al INTA y cuyos rametos pertenecen a un Huerto Semillero Clonal de primera generación de mejoramiento. los mismos fueron producidos vía injerto. Así mismo, rametos de éstos árboles fueron enviados al Laboratorio de Fisiología de la Cátedra de la Facultad de Ciencias Agrarias (UNNE), y de manera similar se dispuso de plantas en el laboratorio del INTA Bella Vista.

Se utilizaron explantes provenientes de campo e invernadero. A los mismos se les realizó un cepillado firme (cepillo de dientes) en una solución acuosa de Hipoclorito de sodio al 5%, luego se procedió a un segundo lavado según tratamiento: Peroxosulfato ácido de Potasio (KHSO<sub>5</sub>); hipoclorito de sodio (NaOCl) a diferentes

1. Estación Experimental INTA Bella Vista, CC N° 5. CP 3432, Corrientes, Argentina

2. Facultad de Ciencias Agrarias, Sargento Cabral 2131, CP 3400, Corrientes, Argentina

3. Vivero Puerto Valle, Pomera Maderas, Ruta Nacional 12 Km 1282, Ituzaingó, Corrientes, Argentina.

\*vera.bravo@inta.gob.ar

concentraciones (5% a 15%), y un fungicida Carbendazim a distintas concentraciones. Luego de enjugados fueron cultivados individualmente en tubos de vidrio conteniendo 10 ml de medio nutritivo de Murashige y Skoog, 1962 (MS). Los explantes establecidos y cuyas yemas axilares brotaron se colocaron en medios de cultivo para multiplicar brotes caulinares utilizando concentraciones diferentes de Ácido indolacético (AIA) y 6-Bencilaminopurina (BA). Parte de los brotes establecidos se colocaron en bioreactores de inmersión temporal tipo BIT para inducir brotación a distintas concentraciones de BA (0, 1, 2, 5 y 10  $\mu$ m).

## RESULTADOS

Luego de tres meses de crecimiento las plantas madres fueron cortadas a una altura de 10 cm, esta altura fue mantenida durante todo el experimento. La supervivencia de las plantas madres, luego de los sucesivos cortes, fue del 100%. La producción de brotes por planta en promedio fue de 0,86 por corte. De las 100 plantas madres conducidas en este experimento durante un período de 8 meses se obtuvieron 1.215 brotes. Considerando la producción total de brotes por familia, se detectaron diferencias significativas entre familias ( $p < 0,0028$ ) y entre estaciones ( $p < 0,0001$ ), indicando la existencia de familias más productivas que otras, cuyas productividades dependen de la estación. No obstante, la interacción familias x estación resultó no significativa, lo que indica que el comportamiento de las familias fue similar en cuanto a la cantidad de brotes producidos durante las estaciones estudiadas. La frecuencia de extracción de brotes fue variable dependiendo de la estación climática, siendo de 6 días entre los dos cortes del mes de septiembre y 30 días en el mes de mayo, con un promedio de 12 días entre corte y corte. Se constató una alta correlación positiva (0,86) entre las estacas establecidas en los sucesivos cortes y el enraizamiento de los mismos, indicando un alto grado de enraizamiento de los brotes instalados en los sucesivos cortes.

A los brotes colocados en el sustrato de enraizamiento se les hizo un seguimiento, observándose que durante los primeros 10 a 15 días de estar bajo condiciones de enraizamiento se produjo un leve engrosamiento en la zona de corte, luego se observó la emergencia de las raíces, éstas a su vez, a medida que crecieron se dividieron y formaron raíces secundarias, que en el término de 30 a 45 días, dependiendo de la época de enraizamiento emergieron del tubete. Durante el enraizamiento se observaron 2 a 3 raíces primarias y pocas raíces secundarias y gruesas al compararse con los plantines de origen seminal, que poseen una raíz primaria gruesa y numerosas raíces secundarias delgadas. La supervivencia de los plantines enraizados durante el proceso de rusticación fue del 100%. Ambos tipos de plantas (seminal y clonal) fueron instaladas a campo y luego de 7 meses de crecimiento no se observaron diferencias entre ambos tipos de plantas, cuyo crecimiento fue similar, lo que evidenció una buena condición de las raíces adventicias.

Al realizar el análisis de la varianza para las estaciones de corte otoño, invierno y primavera hubo diferencias estadísticas en cuanto al enraizamiento de las familias, ocurriendo un mayor enraizamiento en invierno ( $p > 0,0031$ ). El promedio de enraizamiento en invierno fue de 87% mientras que en otoño y primavera fue de 77% en ambos casos. Al comparar el porcentaje de enraizamiento no se detectaron diferencias significativas entre familias y al considerar la interacción familias x época de enraizamiento tampoco resultó significativa, indicando que todas las familias tuvieron similar comportamiento en las tres estaciones de enraizamiento, con un promedio general de 82% de enraizamiento.

Durante el proceso de establecimiento in vitro, todos los tratamientos de desinfección probados fueron efectivos en los materiales provenientes de invernáculo. El porcentaje de establecimiento in vitro varió desde 16% a 96%, este último material mostró un comportamiento superior a los demás establecidos, el mismo fue seguido por otro material que alcanzó un 86 % de establecimiento.

El medio (semisólido) con mayor respuesta para la multiplicación de brotes fue el compuesto por el MS adicionado con 0,5 mg/l de AIA y 0,08 mg/l de BA, con este medio se logró romper la dominancia apical, produciendo 1 a 3 brotes/explante por subcultivo por mes. Por otro lado, los brotes colocados en los bioreactores tuvieron mejor respuesta tanto en número y longitud de brotes (4,5 brotes/explante y 1,7 cm respectivamente) con inmersiones (cada 4 h durante 1 minuto) en el medio (líquido) MS adicionado con 0,22 mg/l de BA. Con esta concentración del regulador de crecimiento (BA) hubo ruptura de la dominancia apical, promoviendo una multiplicación de brotes.

Con los brotes producidos in vitro en medios semisólidos, se prevé enraizar los vástagos, para que una vez pasadas a suelo constituyan las plantas madres dadoras de estacas para el enraizamiento ex vitro siguiendo el protocolo de enraizamiento logrado en el proceso de macropropagación a nivel de familias. La disponibilidad de protocolos de propagación clonal familiar y el uso por parte de los viveros en un futuro cercano permitirá transferir al sector productivo familias y clones de mayor productividad y calidad.

## DISCUSIÓN

La producción de estacas es intensa tal como ocurre en *E. grandis* o *P. taeda*, para ello se puede ajustar la aplicación de fertilizantes e incrementar el espaciamiento entre las plantas madres, por tratarse de una latifoliada de hojas grandes. La producción de estacas y el enraizamiento a partir de plantines de semilla es relativamente fácil, facilitando el manejo de las plantas madres en un vivero comercial; es probable que haya un envejecimiento de estas plantas madres y disminuya la capacidad de enraizamiento, como sucede con otras especies. No obstante se prevé, que el rejuvenecimiento de los materiales por cultivo in vitro permitirá propagar árboles probados a campo.

La propagación clonal familiar permitirá, la obtención de plantaciones clonales, constituyendo un avance para superar las dificultades de heterogeneidad y productividad de las plantaciones provenientes de semilla, siendo este proceso de mayor eficiencia.

## CONCLUSIONES

La propagación clonal familiar es económicamente posible por los altos porcentajes de enraizamiento obtenidos dentro y entre familias de medios hermanos.

El enraizamiento está sujeto a las condiciones ambientales, donde el invierno favorece un mayor enraizamiento, probablemente se deba a condiciones de temperatura adecuada para la síntesis de auxinas que favorecen el enraizamiento.

Es posible rejuvenecer in vitro materiales adultos para incrementar el porcentaje de enraizamiento y propagar árboles seleccionados.

## PROYECTO DE INVESTIGACION APLICADA (PIA 10071)

### Multiplicación *in vitro* de especies forestales nativas de alto valor maderable

Lucía P. Díaz, Elsa E. Valdora, Osvaldo E. A. Arce, L. Victoria Mainardi Grellet, Jorge J. Namur, Silvina I. Rodríguez, Sandra F. Medina, Diego C. Cuello.

## INTRODUCCION

En Tucumán las áreas forestales degradadas, con potencial de ser enriquecidas con especies de alto valor (Áreas en amarillo) suman alrededor de 100.000 ha, en las cuales se puede implantar especies nativas de madera valiosa, entre las que se destacan las comprendidas en los géneros *Cedrela* y *Handroanthus* (= *Tabebuia*), con un excelente mercado tanto interno como externo (ITTO, 2010). Las Técnicas de Cultivos de Tejidos Vegetales *in Vitro* (CTV) son una alternativa para la propagación asexual de árboles selectos. Consisten en colocar en condiciones asépticas: órganos, tejidos, células y protoplastos en condiciones controladas de temperatura, luz y humedad con el empleo de medios nutritivos artificiales y con la finalidad de que se regenere una planta completa. Entre las aplicaciones más exitosas esta la propagación masiva o micropropagación, cuyas ventajas son: altas tasas de multiplicación. En el presente trabajo se realizó la propagación en forma rápida, masiva *in vitro*, manteniendo la identidad y las características sobresalientes del lapacho y de cedro, especies nativas de alto valor maderable. La técnica empleada fue la micropropogación o propagación masiva *in vitro* de las especies citadas, control de plagas y enfermedades y manejo de la nutrición para favorecer un crecimiento vigoroso en invernadero y o sombráculo. El Objetivo General fue establecer modelos de propagación *in Vitro* de las especies nativas de los géneros *Cedrela* y *Handroanthus*, destinados a la obtención de plantines de pureza genética asegurada y sanidad controlada. Los objetivos específicos fueron: **a.** Establecer protocolos de regeneración y multiplicación *in Vitro* de *Cedrela sp.* y *Handroanthus impetiginosus*. **b.** Establecer en invernadero un sistema de manejo eficiente de los plantines obtenidos *in Vitro*. **c.** Difundir los beneficios del empleo del material élite obtenido *in Vitro* en los sistemas de producción forestal de la región. La metodología aplicada en el presente proyecto se la subdividió en etapas que a continuación se detallan. Etapa o se estableció un banco de donantes y se identificó la procedencia del material vegetal, indispensable para asegurar el desarrollo de un esquema de propagación eficiente y repetible. El material empleado y la procedencia es la siguiente, en función de la especie: A) *Handroanthus impetiginosus*. Esta especie se propaga mediante semillas, las cuales son numerosas, achatadas, de color castaño, subelípticas, de 10 mm. de largo por 6 mm. de ancho, rodeadas de una ala membranososa opaca, translúcida, que mide 4 a 5 cm. de largo por un 1 cm de ancho. El fruto es una capsula alargada de 20 a 30 cm. de largo y 2 cm. de diámetro. Este árbol, en Tucumán, florece generalmente los primeros días de agosto. Al finalizar este mes, sus ramas están completamente provistas de flores y totalmente defoliadas (*Digilio y Legname, 1966*). Entre noviembre y diciembre se produce la fructificación. La recolección de los frutos debe realizarse antes de su apertura. La viabilidad de la semilla es de corta duración, pero la producción de semillas es abundante, anual y es de fácil germinación (*Valdora y Soria, 1999*). Las plantas obtenidas a partir de cultivo *in Vitro* de semillas son las fuentes de microestacas que se utilizan para la etapa de multiplicación *in Vitro* de un protocolo de micropropagación. En la presente línea de trabajo se alcanzaron los siguientes resultados para la etapa O:

Laboratorio de Cultivo de Tejidos Vegetales. Cátedra Caña de Azúcar. Fac. de Agronomía y Zootecnia. Univ. Nac. de Tucumán. Florentino Ameghino s/n, B°. Mercantil, El Manantial, Tucumán, Argentina. [ldiaz@faz.unt.edu.ar](mailto:ldiaz@faz.unt.edu.ar)

1. Se cuenta con 55 pies de injerto de *Handroanthus sp* disponibles para injertar con material del Proyecto de Domesticación Nativas del INTA Famaillá, son donantes para el año 2015.

2. Se injertaron 20 pies, de los 55 arriba mencionados, de *Handroanthus sp* i con material del Proyecto de Domesticación Nativas del INTA Famaillá.

3. En condiciones de sombráculo crecen 5 ejemplares de *Handroanthus impetiginosus* donados por INTA Famaillá (abril 2014), transplantados a recipientes de 20 lt; su origen es de vivero comercial local que trabaja con semillas de individuos elegidos.

4. En condiciones de invernáculo se cuenta con un lote de 120 plantines que provienen de la cosecha de los árboles progenitores de *Handroanthus impetiginosus* (Mart. ex DC.) Mattos en el Campo Experimental Finca El Manantial, ciclo 2012-2013.

5. Se identificaron árboles progenitores de *Handroanthus impetiginosus* (Mart. ex DC.) Mattos en el Campo Experimental Finca El Manantial de la Facultad de Agronomía y Zootecnia de la Universidad Nacional de Tucumán. Las semillas cosechadas de estos árboles fueron fuente de explantes para el cultivo In Vitro durante 2012, 2013 y 2014.

6. Se determinó la fenología anual de floración, fructificación y maduración de frutos de árboles cultivados de *H. impetiginosus* de la Finca El Manantial cuya finalidad fue establecer el momento adecuado de cosecha de frutos y semillas. La cosecha se realizó a comienzos del mes de noviembre, esto fue al inicio de la etapa de dehiscencia de los frutos y dispersión de las semillas.

7. La selección de los árboles se realizó sobre la base de los siguientes parámetros: **a)** precocidad en floración, fructificación y maduración de frutos. **b)** características morfológicas como diámetro altura de pecho (DAP), calidad del fuste, altura, forma y posición de la copa. Para la selección se aplicaron técnicas de análisis estadístico multivariado (análisis de componentes principales y análisis de conglomerados).

8. Se determinaron los parámetros de frutos, semillas, la energía germinativa y la viabilidad mediante la prueba topográfica de tetrazolio.

9. Además se cuenta con un lote de 120 plantas que provienen de la cosecha de los árboles progenitores de *Handroanthus impetiginosus* (Mart. ex DC.) Mattos en el Campo Experimental Finca El Manantial, ciclo 2012-2013. Los mismos se mantienen en invernadero.

#### **B) *Cedrela sp.*:**

Semillas de *Cedrela fissilis* obtenidas de una plantación de árboles selectos de la localidad de Potrero de Las Tablas, Departamento Lules, Tucumán.

1. Semillas de *Cedrela fissilis*, procedentes de árboles selectos de plantación comercial en El Naranjo, Dpto Burruyacu; Lat. 26° 40' 6,00" S; Long. 65° 00' 38,90" O. 2013 y 2014.

2. Semillas de *Cedrela balansae* que provienen de árboles seleccionados por características morfológicas y silvícola de un rodal nativo de la empresa La Moraleja SA, localizado en la Transición Chaco-Yungas, General Pizarro, Departamento de Anta, Salta.

3. Brotes herbáceos de *Cedrela balansae* procedentes del banco de plantas madres realizado en invernáculo, implantados en macetas, en EEA INTA Famaillá (Tucumán), formado con material proveniente de árboles selectos de la Selva Tucumano-Boliviana (Tucumán, Salta y Jujuy) y de la selva Paranaense (Misiones).

4. Estacas de árboles adultos del Clon BSA01 de *Cedrela balansae*, obtenidas de un huerto semillero clonal (HSC) instalado en EEA INTA Famaillá, Tucumán en el marco del Proyecto de Domesticación de Especies Nativas de las Selvas Subtropicales.

5. Plantas madres de *Cedrela balansae* en macetas de 10 l. obtenidas a partir de semillas de individuos selectos de la Selva Tucumano-Boliviana de Salta y Jujuy.

6. Plantines de *C. fissilis* provenientes de semilla de árboles selectos, plantados en Potrero de las Tablas, Dpto. Lules; Lat. 26° 49' 16,7" S; Long. 65° 26' 38,68" O.

7. Se cuenta con 45 pies de injerto de *Cedrela sp.* y 63 plantas provenientes de semillas donadas por Proyecto de Domesticación de Especies Nativas de las Selvas Subtropicales.

8. Mantenimiento de 40 plantas donantes de *C. balansae*, en macetas en invernáculo, provienen del rejuvenecimiento de plantas madres adultas de semillas de la Selva Tucumano-Boliviana

9. Plantel de 38 plantas de *Cedrela fissilis*. Origen: plantines donación de INTA en bandeja de tubetes, provienen de semillas de árboles seleccionados de una plantación de El Naranjo; crecen en macetas en invernáculo.

10. Plantel de 16 individuos de *Cedrela odorata*, obtenidos de siembra en macetas pequeñas con semillas colectadas de individuos de Quinta Agronómica, es una especie exótica.

**Etapas 1 o Establecimiento *in vitro*** A) *Handroanthus impetiginosus*. Se emplearon como explantes semillas que se incubaron en los medios basales Woody Plant Medium (1981) y Murashige y Skoog (1962), sólidos, llamados respectivamente Lo: MS + Ac. Cítrico 100 mg/l y L1: WPM + Ac. Cítrico 100 mg/l. En dichos medios, se realizaron modificaciones en las etapas evaluadas en la concentración de los reguladores de crecimiento y vitaminas empleadas. Se empleó el ácido cítrico como sustancia antioxidante, en igual concentración en ambos medios. Etapa 2 o Multiplicación se emplearon como explante microestacas obtenidas de las plántulas cultivadas *in Vitro*, que se incubaron en los siguientes medios de cultivo basales Woody Plant Medium (WPM) 1981, con macro y micronutrientes de Murashige y Skoog (MS) 1962, vitaminas de Gamborg(B5) 1968. Se probaron diferentes concentraciones o balances de los reguladores de crecimiento Acido Indol Butirico (AIB), Bencil Amino Purina(BAP), ácido giberilico (AG) en relación al empleo de diferentes concentraciones.

nes de los medios basales: WPM y MS al 50,75 y 100 %. Se ensayaron las diferentes modificaciones en estado sólido vs. Líquido y el empleo de medio sólido con una capa de medio líquido. A partir del explante original se promueve el crecimiento del brote, elongación y luego se divide o multiplica para formar nuevas plantas en forma masiva. Etapa 3 o de Enraizamiento: en la misma se promueve la formación de raíces con el cambio del balance hormonal o con el agregado de sacarosa en diferentes concentraciones. Etapa 4 o de aclimatación: Cuando se ha formado la planta completa son transferidas a macetas, en invernadero o sombráculo. Allí se aclimatan o rustican para asegurar la supervivencia en las condiciones externas.

**Etapa 1 o Establecimiento *in vitro*.** B) *Cedrela sp.* Se emplearon semillas y plantines de *C. fissilis*. También se emplearon semillas, brotes herbáceos y estacas leñosas (provenientes de plantas madres) de *C. balansae*. Se realizaron siembras in vitro de semillas de dichas especies en medio WPM con la finalidad de obtener plantas, que serán las fuentes de estaquillas. Etapa 2 o Multiplicación a partir de incubación in vitro de segmentos uninodales de *C. fissilis* que provienen de plántulas germinadas in vitro se ensayaron diferentes concentraciones del medio WPM para promover la formación de nuevos vástago. Se está empleando el medio en doble capa, para favorecer la elongación de los entrenudos. Hasta el presente no se observó en ninguno de éstos ensayos la formación de masas callosas. Después de sucesivas multiplicaciones se cambia la composición de medio de cultivo y se promueve la formación de raíces de la estaquilla, de manera que se forma la planta completa. En una siguiente etapa se procede a aclimatar o rusticar los plantines, de manera que se adapten a las condiciones externas y sobrevivan. Esta etapa se puede realizar en condiciones in vitro o ex vitro.

## RESULTADOS OBTENIDOS

**De lapacho rosado:** se identificaron árboles progenitores en Finca El Manantial, Fac. Agronomía y Zootecnia, de los cuales se recolectaron semillas que fueron sembradas en invernáculo e in vitro; se obtuvieron plantines, que fueron empleados para extraer ápices, meristemas, estaquillas, etc., que fueron cultivados in vitro a fin de lograr una propagación masiva de esta especie.. Etapa 0: Se logró establecer un banco de donantes de las especies *Handroanthus impetiginosus*, *Cedrela balansae* y *C. fissilis* de diferentes procedencias las cuales crecen en sombráculo e invernadero. Se logró la regeneración y multiplicación in Vitro de las especies nativas *Handroanthus impetiginosus* (lapacho) y *Cedrela sp.* (cedro) hasta la etapa de enraizamiento *in vitro*.

En el marco del proyecto se realiza la formación de recursos humanos mediante pasantías, se encuentra en curso una tesis de maestría sobre Micropropagación del genero *Cedrela* de Importancia Forestal en el NOA y finalizada una de grado sobre: “Calidad de Semillas de Individuos de *Handroanthus Impetiginosus* seleccionados en base a características fenológicas y fenotípicas.”

## PROYECTO DE INVESTIGACION APLICADA (PIA 10083)

### Producción sustentable en viveros forestales: uso de *Trichoderma harzianum* Rifai como promotor de crecimiento y agente de biocontrol

Craig E<sup>1</sup>, Penon E.<sup>1</sup>, Giachino V.<sup>1</sup>, De Falco P.<sup>1</sup>, Sobero y Rojo P.<sup>1</sup>, Garau A.<sup>2</sup>, Guarnaschelli A.<sup>2</sup>, García M. De los A.<sup>3</sup>, Ramos S.<sup>3</sup>, Ewens M.<sup>5</sup>, Scarselletta A.<sup>1</sup>, Eggs A.<sup>1</sup>, Medina A.<sup>4</sup>

## INTRODUCCIÓN

En Argentina se producen plantines forestales de distintas especies de pinos y eucaliptos principalmente. La gran heterogeneidad de crecimiento del material resultante y la alta incidencia de enfermedades en la etapa de vivero (producidas por hongos como *Rhizoctonia spp.*, *Pythium spp.*, *Fusarium spp.* y *Botrytis cinerea*), así como la mortandad o menor crecimiento derivado de condiciones de estrés hídrico durante las primeras etapas de la implantación a campo son problemas relevantes en el sector forestal.

El mercado forestal a nivel mundial exige plantas de calidad, pero cuya producción sea además sustentable teniendo en cuenta aspectos ambientales, económicos y sociales. El uso de promotores de crecimiento no micorrícicos, en forestales es novedoso y presenta un futuro promisorio en Silvicultura inicial. Incorporar el uso de agentes biológicos que actúen como promotores de crecimiento y biocontroles de enfermedades permitiría disminuir el uso de agroquímicos. Además, podría ser una herramienta útil y aceptable por los protocolos de certificación de buenas prácticas forestales.

*Trichoderma harzianum*, es un hongo *Ascomycete habitante* del suelo, descomponedor de materia orgánica, con actividad micoparasítica. Se ha comprobado el efecto promotor y biocontrolador de distintas cepas de *T. harzianum*, siendo su respuesta variable respecto a la especie vegetal, dosis, momento de aplicación y la cepa, encontrándose escasos antecedentes en plantas forestales.

## OBJETIVO

El objetivo de este estudio fue evaluar en todo el ciclo de cultivo de vivero forestal y al inicio de la etapa de implantación, el uso del hongo *T. harzianum* como promotor de crecimiento y agente de biocontrol.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Se evaluó el efecto del hongo sobre el crecimiento y la calidad de planta en etapa de vivero e implantación en algunas de las especies de *Eucalyptus* más plantadas en el país (*Eucalyptus camaldulensis*, *Eucalyptus tereticornis*, *Eucalyptus globulus*, *Eucalyptus viminalis*, *Eucalyptus grandis*, *Eucalyptus dunni*) y de *Prosopis alba*. Los ensayos en vivero, sobrevivencia y colonización de raíces por *Trichoderma* se realizaron en el campo de la Universidad Nacional de Luján (UNLu), los ensayos de déficit hídrico e implantación se realizaron en FAUBA, ensayos de implantación a campo se realizaron en UNLu e INTA Concordia y los ensayos de evaluación de la calidad sanitaria de plantas madres clonales se realizaron en el vivero Paul Forestal. La producción de

1. UNIVERSIDAD NACIONAL DE LUJAN. 2.FAUBA  
3. INTA CONCORDIA.  
4. PAUL FORESTAL.  
5. E. E. FERNANDEZ  
Email: craigelena@yahoo.com.ar



plantas se realizó en bandejas de plástico rígido con 40 celdas de 90 cm<sup>3</sup> cada una. Se utilizó un sustrato a base de corteza de pino compostada, turba, perlita y vermiculita. En todos los casos se utilizaron semillas comerciales certificadas. El diseño experimental fue un factorial completamente aleatorizado, siendo la unidad experimental la planta. Se inoculó con dos cepas comerciales, Th1 y T22. La incorporación de *Trichoderma* se realizó con dosis de aplicación al 5% y al 10% en volumen (2,13x10<sup>7</sup> unidades formadoras de colonia/planta y 3.5 x 10<sup>9</sup> ufc/planta). No se aplicaron fungicidas ni bactericidas. Se realizaron mediciones de crecimiento del cultivo y calidad de planta. Un mes antes de terminar el cultivo (quinto mes desde la siembra aproximadamente) se generaron condiciones de déficit hídrico similares a una rustificación. Al final del ensayo en vivero e implantación se evaluó biomasa seca, altura total, diámetro al nivel del cuello, área foliar, relación tallo/raíz (TR), relación altura/diámetro (H/D), contenido de micronutrientes y macronutrientes en hoja y suelo. Los datos fueron analizados por ANOVA y LSD. En el sustrato se evaluó la supervivencia de *Trichoderma* mediante recuento de unidades formadoras de colonia y la colonización de raíces en planta mediante observación de trozos de raíces de 1 cm. Respecto a los ensayos de implantación a campo en INTA Concordia, se plantaron plantines correspondientes a cuatro tratamientos: testigo, fertilización, *Trichoderma* y combinación de ambos. En la plantación se fertilizó con 20 g/planta con fertilizante de liberación lenta (Basacote 6M). A los tres meses se midió altura de las plantas, supervivencia y se evaluó grado de daño por bacteriosis; y a los siete meses se midió nuevamente altura. Los datos de altura se analizaron con modelos mixtos y test LSD de diferencias entre medias y los de estado sanitario con Tablas de contingencia.

En plantas madres clonales, en un vivero forestal comercial (Paul Forestal), se evaluó la calidad sanitaria de las mismas luego de haber sido inoculadas con *Trichoderma*.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Uso de Promotores de crecimiento en forestales y su efecto sobre la calidad de las plantas

En todos los ensayos, *T. harzianum* mostró efectos positivos y estadísticamente significativos sobre las variables de crecimiento analizadas en todas las especies de *Eucalyptus*. No se encontraron efectos de promoción en *P. alba*; esto pudo deberse a varias causas, una interacción planta-cepa promotora incompatible, momento de inoculación no adecuado para la especie, dosis de fertilización utilizada muy alta que enmascara el efecto de los promotores. En Eucaliptos, en relación al uso de distintas cepas y formulaciones de *T. harzianum*, la cepa Th1 mostró una mejor performance respecto a la cepa T22 en relación a la respuesta de las variables de crecimiento e índices de calidad de planta. Respecto al uso de diferentes dosis de *T. harzianum* Th1, la mayor dosis (3.5x10<sup>9</sup> ufc/planta), mostró plantas de mayor calidad y tamaño.

Es interesante destacar que aplicando *T. harzianum* en dosis de (3.5x10<sup>9</sup> ufc/planta), se pueden obtener plantas de buena calidad sin necesidad de aplicar fertilizante, ya que la respuesta respecto del crecimiento de las plantas es similar a una dosis de (3.5x10<sup>7</sup> ufc/planta) de *T. harzianum* más fertilizante químico. Los resultados de la totalidad de los ensayos nos permitieron observar que las plantas inoculadas con *T. harzianum* y sin fertilizar fueron entre un 25% a un 200% más altas que las no inoculadas. Similar relación de crecimiento ocurrió en otros parámetros evaluados.

La aplicación de *T. harzianum* tuvo un efecto sinérgico con la fertilización química como promotor del crecimiento en *E. grandis*. Éste efecto fue más representati-

vo en los tratamientos con la mayor dosis del inoculante ( $3,5 \times 10^9$  ufc/planta), y se correlacionó positivamente con los mayores recuentos del hongo en el sustrato y una mayor colonización de raíces. Algunos autores puntualizaron que, cuando las plantas crecen bajo condiciones óptimas de nutrición, el efecto de promoción de *Trichoderma* fue poco medible, mientras que bajo condiciones subóptimas el efecto de promoción mejoró notablemente. Por lo tanto, resulta importante evaluar esta interacción a fin de determinar para cada especie las condiciones óptimas de fertilización que no enmascaren el efecto de *Trichoderma* sino que potencien ambos efectos. La práctica de inoculación - reinoculación en etapas avanzadas del desarrollo de la planta, no presentó ventajas comparativas con la inoculación única en vivero. Respecto a la colonización de raíces por *Trichoderma*, se observaron diferencias estadísticas significativas en el porcentaje de colonización de raíces que alcanzó el 49% con la aplicación de la dosis de 109 ufc/planta-mientras que fue del 10% en promedio con la dosis de 107 ufc/planta. En el período de implantación a campo, el efecto de la aplicación de *T. harzianum* Th1 sobre el crecimiento de las plantas mantuvo su efecto durante los 50 días post-transplante. Se discute el posible efecto temporal de la aplicación.

En ensayos a campo en INTA Concordia, la supervivencia inicial fue significativamente mayor en las plantas provenientes del tratamiento de la combinación Fertilización-*Trichoderma* (94,6 %) en comparación con las del tratamiento con trichoderma solo (80,3 %), sin diferenciarse del tratamiento de fertilización sola ni del testigo. En cuanto a la altura a los 7 meses, los tratamientos con fertilización presentaron alturas medias significativamente superiores a las de las plantas del tratamiento con *Trichoderma* solo y del testigo.

### ***Trichoderma harzianum* Th1 y déficit hídrico**

Respecto del déficit hídrico, la restricción hídrica aplicada en el período post-transplante provocó una disminución en el crecimiento (20% menos en altura y 26% menos en diámetro). Este nivel de respuestas, si bien de menor magnitud a la observada por otros autores, pone en evidencia la sensibilidad de la especie. Algunos trabajos demostraron que, en plantas de cacao inoculadas con *Trichoderma*, las mismas mostraron mayor crecimiento en condiciones de restricción hídrica. En nuestro ensayo no se observó interacción entre factores, pero las plantas con *Trichoderma* presentaron mayor altura total que las no inoculadas en ambas condiciones hídricas.

### **Uso de *Trichoderma*, supervivencia y calidad sanitaria de las plantas**

En los ensayos de implantación a campo con plantines inoculados con *T. harzianum* Th1 en vivero, no se encontró asociación significativa entre el estado sanitario y los tratamientos. En los ensayos realizados en plantas madres clonales de *E. grandis*, se encontró una mayor calidad sanitaria de las plantas madre inoculadas con *T. harzianum*. Esta mejora en la calidad sanitaria no afectó el % de plantas logradas.

Respecto a la especie *P. alba*, el uso de la cepa Th1 de *T. harzianum* ha mejorado en un 20% el número de plantas de logradas.

### **Análisis económico de la propuesta**

La incorporación de *T. harzianum* a un vivero forestal implica un menor costo de uso de fungicidas y fertilizantes (5% del costo total), una menor pérdida de plantas por enfermedades fúngicas, una mejor calidad de planta que involucra una mayor supervivencia a campo. Por lo tanto, si bien los costos que representa dependen

de la estructura de costos de cada cultivo, consideramos su incorporación positiva desde el punto de vista ambiental, económico y de mejora en la calidad de vida de los trabajadores.

## CONCLUSIÓN

El uso de *T. harzianum* como promotor de crecimiento en vivero ha mostrado respuestas variables respecto de la especie, dosis, cepa, momento de aplicación y manejo. En el género *Eucalyptus*, su aplicación demostró respuestas positivas y significativas estadísticamente respecto de las variables de crecimiento e índices de calidad de planta evaluados. Su incorporación en un vivero forestal representa una ventaja comparativa respecto del manejo de un vivero tradicional en cuanto a disminución del uso de fungicidas y fertilizantes, mayor número de plantas logradas y una mejor calidad de vida de los trabajadores. En implantación, el efecto positivo del uso de *Trichoderma* se prolonga en el tiempo, por lo menos 60 días. La reinoculación del hongo en etapas de implantación a campo no ha demostrado efectos significativos respecto de las variables de crecimiento. La cepa Th1 mostró mejores resultados en las variables de crecimiento evaluadas.

Respecto de *P. alba*, hay que continuar investigando con cepas regionales de *T. harzianum*, diferentes momentos de aplicación y distintas dosis de fertilización.

Es importante ajustar las variables de manejo para cada especie forestal en particular dada la variabilidad encontrada en su respuesta.

## PROYECTO DE INVESTIGACION APLICADA (PIA 12007)

### Caracterización morfológica y fenológica de clones de *Populus* y *Salix* en vivero cultivados en Patagonia sur

Amicol,<sup>1</sup> Kirner H.<sup>2</sup>, Guerra P. E.<sup>2</sup> y Troncoso, O.<sup>2</sup>



Hojas álamo *P. trichocarpa*



Hojas de sauces

## INTRODUCCIÓN

En la Región Patagónica se han difundido clones de álamos (*Populus spp.*) y sauces (*Salix spp.*) de distinta procedencia que han manifestado buenos crecimientos y comportamiento a campo. El material vegetativo que se comercializa en los viveros no siempre se encuentra identificado y es frecuente que en las partidas se encuentren clones mezclados y con denominaciones incorrectas. El mismo material puede tener diferentes nombres, de acuerdo al viverista o el productor que lo obtuvo y lo estableció en su campo. Para identificar clones de salicáceas cultivados en la Región Patagónica es necesario realizar la descripción morfológica y fenológica de cada uno de ellos.

El objetivo de este trabajo fue identificar y describir clones de álamos y sauces cultivados en Patagonia Sur a través de sus características morfológicas y fases fenológicas de brotación, amarillamiento y caída de hojas.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Se realizaron observaciones, mediciones morfológicas, registros fenológicos y análisis del leño correspondientes a 16 clones de *Populus* y *Salix*. El estudio se llevó a cabo en el Vivero de Salicáceas ubicado en el Campo Experimental Agroforestal Trevelin, de INTA EEA Esquel, provincia de Chubut (43° 07' 33,4" Latitud Sur, 71° 33' 0,6" Longitud Oeste).

Las observaciones, mediciones y registros de morfología y fenología se realizaron en dos condiciones de cultivo: en plantas madre de estaquero y en barbados de uno y dos años cultivados bajo normas UPOV (Union for the Protection of New Varieties of Plants). Para la descripción de las características morfológicas y fenológicas se tuvieron en cuenta una serie de pautas generales definidas por la UPOV.

Los clones evaluados fueron los siguientes:

- Clones de *Salix*: *S. matsudana* x *S. alba* "Ragonese 524-43", *S. viminalis* "Gigante Aldea Escolar" y *S. caprea* "Arroyo Blanco".
- Clones de *Populus*:
  - Sección Tacamahaca (Álamos Balsamíferos): *Populus trichocarpa* "125", *P. trichocarpa* "1456", *P. trichocarpa* "Río frío", *P. trichocarpa* "919", *P. balsamifera* "Trevelin" y *P. simonii* "Pañilef".
  - Sección Aigeiros (Álamos negros): *P. nigra* "F-Vert de Garonne Sehuil", *P. nigra* "F-Blanc de Garonne", *P. nigra* "F-Verecken M. Delion", *P. nigra* "F-Vert de Garonne Naurduze", *P. nigra* "F-Vert de Garonne Moissac", *P. nigra* "99/86" y *P. nigra* "119/86".

1. INTA EEA Esquel  
amico.ivana@inta.gob.ar.

2. Facultad de Ingeniería Forestal  
UNPSJB, Esquel.

Se evaluaron 60 variables morfológicas en hojas, tallos y yemas de barbados. La descripción, medición y evaluación de las características morfológicas se realizaron en material fresco y herborizado.

Se realizaron observaciones y registros de fenología en barbados y plantas madre de estaquero. Se analizó el período vegetativo, definido como el período comprendido desde el inicio de brotación hasta la caída de hojas. Se determinaron las fechas de inicio de 5 fases fenológicas de brotación de yemas siguiendo las normas de UPOV y fases de inicio de amarillamiento y caída de hojas.

Se estudiaron, analizaron y describieron elementos anatómicos estructurales del leño secundario de plantas madre de estaquero de 7 años de edad. Para ello se extrajeron muestras de fustes y se hicieron preparados microscópicos para hacer observaciones en las secciones transversal, radial y tangencial.

Se evaluaron las plantas durante dos períodos vegetativos: 2013- 2014 y 2014-2015.

## RESULTADOS

Se obtuvo la descripción morfológica, fenológica y anatómica de los 16 clones. Con las variables evaluadas se realizó una base de datos que permitió describir, caracterizar e identificar a cada clon.

Las fases fenológicas de inicio de brotación, así como las de amarillamiento y caída de hojas de los clones estudiados fue variable, encontrando una diferencia de aproximadamente dos meses entre los más precoces y los más tardíos.

Los estudios de anatomía del leño permitieron establecer analogías y diferencias en porosidad, tipo de vasos, perforaciones, puntuaciones intervascuales, tipo de radios y de parénquima.

Las variables morfológicas más relevantes, que permitieron distinguir e identificar los clones a campo se presentan en la Tabla 1 (Clones de Sauces), Tabla 2 (Clones de Álamos Balsamíferos), y Tabla 3 (Clones de Álamos Negros).

**Tabla 1:** Principales variables morfológicas que describen clones de Sauces

<b>TABLA 1</b>			
Variables morfológicas	<i>S.caprea</i> "Arroyo Blanco"	<i>S. viminalis</i> "gigante Aldea Escolar"	<i>Salix</i> "Ragonese 524-43"
<b>Tallo</b>			
Porte	curvado suave	curvado a sinuoso	derecho
Color en el tercio medio	marrón rojizo	amarillo	marrón rojizo y marrón oliva oliva
Color en el ápice	marrón rojizo oscuro	amarillo	marrón rojizo oscuro
Pilosidad	presente (medio)	presente (débil)	ausente
Pruina	presente	presente	ausente
<b>Yemas</b>			
Color	rojo oscuro	amarillo amarronado	marrón rojizo
Pilosidad	muy piloso	media	media
<b>Hojas</b>			
Forma de la base	cuneiforme redondeada	cuneiforme atenuada	cuneiforme atenuada
Forma del Ápice	anchamente aguda	angostamente aguda	acuminada
Pubescencia (cara infer)	presente (débil)	presente(fuerte)	ausente
Estípulas	presente	ausente	ausente

**TABLA 2**

Variables morfológicas	<i>P. trichocarpa</i> "Río Frio"	<i>P. trichocarpa</i> "125"	<i>P. trichocarpa</i> "1456"	<i>P. trichocarpa</i> "919"	<i>P. simonii</i> "Pañilef"	<i>P. balsamifera</i> "Trevelin"
<b>Tallo</b>						
Porte	sinuoso	leve ondulado	derecho	derecho	derecho	derecho
Sección transversal	anguloso con acanaladuras	anguloso no acanalado	fuertemente acanalado	anguloso no acanalado	fuertemente acanalado	circular
Color en el tercio medio	marrón rojizo oscuro	marrón rojizo oscuro	marrón rojizo y marrón verdoso moteado	marrón rojizo c/ líneas blanco grisáceas	marrón rojizo c/manchas marrón grisáceo	marrón rojizo con manchas verde oliva
Color en ápice	marrón rojizo	marrón rojizo	marrón rojizo	marrón rojizo oscuro	marrón rojizo	marrón rojizo
<b>Yemas</b>						
Longitud (mm)	13 ± 1	15 ± 1	19 ± 2	16 ± 1	10 ± 1	15 ± 1
Ápice	estrecha y puntiaguda	estrecha y puntiaguda	estrecha y puntiaguda	estrecha y puntiaguda	estrecha y puntiaguda	ancha y puntuda
Color	marrón rojizo oscuro	marrón rojizo oscuro	marrón rojizo	marrón rojizo oscuro	marrón rojizo	marrón rojizo
Bálsamo(invierno)	anaranjado	amarillo	rojo	rojo	amarillo	amarillo
<b>Hojas</b>						
Forma de la base	cuneiforme derecha	ligeramente cordiforme y cuneiforme derecha	ligeramente cordiforme	ligeramente cordiforme	cuneiforme derecha	cordiforme
Forma del ápice	acuminada	acuminada	acuminada	acuminada	redonda acuminada	obtusa
Ondulación	débil	importante	débil	muy importante	media	media
Color al inicio de brotación*	rojiza	rojiza	verde claro	verde amarillento	verde claro borde rojizo	verde amarillento

\*\*En brotación los álamos balsámiferos presentan manchas oscuras de resina de aspecto gomoso sobre las hojas.

**Tabla 2:** Principales variables morfológicas que describen los clones de Álamos Balsámiferos

**TABLA 3**

Variables morfológicas	<i>P. nigra</i> "Sehuil"	<i>P. nigra</i> "Garonne"	<i>P. nigra</i> "De Lion"
<b>Tallo</b>			
Porte	derecho	derecho	derecho
Sección transversal	anguloso no acanalado	anguloso c/pequeñas acanaladuras	anguloso no acanalado a circular
Color en el tercio medio	marrón oliva c/manchas gris oliva	marrón rojizo c/manchas gris oliva	marrón rojizo oscuro c/manchas grandes gris marrón
Color en ápices	marrón	marrón	marrón
<b>Yemas</b>			
Longitud (mm)	6,5 ± 0,5	6 ± 1	6,5 ± 0,5
Ápice	ancha y puntiaguda	ancha y puntiaguda	estrecha y puntiaguda
Color	marrón rojizo	marrón rojizo	marrón rojizo oscuro
Bálsamo(invierno)	amarillo	amarillo	amarillo
<b>Hojas</b>			
Forma de la base	derecha	derecha	derecha a cuneiforme
Forma del ápice	redonda a estrechamente acuminada	redonda acuminada	redonda a estrechamente acuminada
Ondulación	muy importante	muy importante	media a muy importante
Color al inicio de brotación	verde amarillento leve rojizo	verde amarillento leve rojizo	verde rojizo

**TABLA 3**

Variables morfológicas	<i>P. nigra</i> "Naurduze"	<i>P. nigra</i> "Moissac"	<i>P. nigra</i> "99/86"	<i>P. nigra</i> "119/86"
<b>Tallo</b>				
Porte	derecho	derecho	derecho	leve ondulado
Sección transversal	anguloso no acanalado	anguloso no acanalado a circular	anguloso c/pequeñas acanaladura	anguloso no acanalado a circular
Color en el tercio medio	marrón oscuro c/manchas grandes gris marrón	marrón rojizo c/manchas gris oliva marrón	marrón oliva claro c/manchas gris oliva marrón	marrón rojizo c/manchas grisáceas marrón oscuro
Color en ápices				
<b>Yemas</b>				
Longitud (mm)	5 ± 1	6,5 ± 0,5	5 ± 0,5	6,5 ± 0,5
Ápice	estrecha y puntiaguda	estrecha y puntiaguda	ancha y puntiaguda	ancha y obtusa
Color	marrón rojizo	marrón rojizo	marrón rojizo	rojo oscuro
Bálsamo(invierno)	amarillo	amarillo	amarillo	amarillo
<b>Hojas</b>				
Forma de la base	derecha a cordiforme	derecha	derecha	derecha
Forma del ápice	redonda acuminada	redonda a ampliamente acuminada	redonda acuminada	redonda acuminada
Ondulación	media a muy importante	media a importante	muy importante	muy importante
Color al inicio de brotación	verde claro	verde claro	verde claro con punta rojiza	verde claro

## CONCLUSIONES

Las características morfológicas y las fechas de brotación de los clones estudiados, así como la de amarillamiento y caída de hojas, permiten identificar clones de álamos y sauces en vivero. Las características anatómicas del leño secundario también pueden servir para identificar a clones en plantas madres de estaquero.

Las características morfológicas más sencillas de utilizar a campo, que permiten distinguir los clones de álamo y que muestran mayor variación entre estos son: el porte, la forma de la sección transversal y el color del tallo, la forma de la base y del ápice de las hojas, la ondulación del borde de la hoja, el color de las hojas al inicio de la brotación, el color, la longitud y la forma de las yemas y el color del bálsamo de las yemas en invierno. En sauces las variables más destacadas para diferenciarlos son: el porte, el color y la pilosidad del tallo, la forma de la base y del ápice de las hojas, la pubescencia de la cara inferior de las hojas, el color y la pilosidad de las yemas.

Los resultados de este trabajo permitirán, en un futuro cercano, difundir material vegetativo de álamos y sauces identificado e incrementar de la calidad y la productividad de las plantaciones de Salicáceas en Patagonia. En el mediano y largo plazo, los resultados de este trabajo pueden llegar a tener un impacto en el sector productivo de viveristas, prestadores de servicios forestales, productores y aserraderos, de manera que todos los sectores vinculados al sector forestal de la Patagonia se verán beneficiados.

**Tabla 3:** Principales variables morfológicas que describen clones de Álamos Negros

## PROYECTO DE INVESTIGACION APLICADA (PIA 12028)

### Fertilización en estaqueros de álamo: supervivencia, crecimiento y tolerancia a la sequía de las estacas provenientes de cepas fertilizadas

Corina Graciano<sup>1</sup>, Laura I. Faustino<sup>2</sup>, Emilia Rodríguez<sup>1</sup>, Javier Álvarez<sup>2</sup>, Silvia Cortizo<sup>2</sup>, Fermín Gortari<sup>1</sup>, Guillermo Doffo<sup>1</sup>

## INTRODUCCIÓN

Los nutrientes que más limitan la productividad en sitios forestales y que son extraídos en mayor magnitud son el nitrógeno (N) y el fósforo (P). En Argentina son escasos los conocimientos sobre la respuesta a la fertilización de las plantaciones de álamos. Los pocos antecedentes disponibles en la actualidad han evaluado la fertilización en plantaciones, pero no en estaqueros. Los estaqueros son plantaciones a alta densidad que año tras año son recepados, es decir, se cortan las ramas producidas y se preparan las estacas o guías para establecer una nueva plantación clonal. La extracción reiterada de material vegetal del estaquero, ocasiona la pérdida de fertilidad del suelo y el rendimiento de las cepas disminuye. Los ensayos realizados en plantaciones han demostrado que el álamo responde a la fertilización con N y con P en el inicio de la plantación, por lo que es previsible que también la fertilización en el estaquero estimule el crecimiento de las cepas. Los suelos de los sitios utilizados para producir estacas están sometidos a fuerte extracción de nutrientes, ocasionada por la cosecha anual de guías. El rendimiento en estaquero oscila los 4 kg de materia seca cosechada por m<sup>2</sup>, que contiene estimativamente 40 g de nitrógeno, que son retirados cada año del mismo lugar. En algunos estaqueros es ostensible la pérdida de fertilidad de los suelos, reflejada en la menor productividad de las cepas. La aplicación de fertilizantes puede contrarrestar la extracción de nutrientes, de manera que el suelo recupere fertilidad, a la vez que puede aumentar la productividad de los estaqueros. Adicionalmente, la fertilización aumentará los nutrientes de reserva en las estacas. Estos nutrientes son fundamentales para el enraizamiento y crecimiento inicial de la planta, hasta que ésta logra el crecimiento radical suficiente para absorber los nutrientes disponibles en el suelo y haya logrado una expansión foliar suficiente para abastecer a las raíces y tallo de fotoasimilados. Si bien las reservas acumuladas en la estaca no condicionan la capacidad de enraizamiento, las estacas derivadas de plantas en mejor estado nutricional pueden tener mayor vigor en el crecimiento de las raíces y mayor energía en la brotación, ya que ambos procesos dependen directamente de las reservas acumuladas en la estaca. Sin embargo, la mayor tasa de crecimiento muchas veces se asocia con menor tolerancia a los estreses, por ejemplo a la sequía o la inundación. Es importante poder evaluar si las estacas producidas en estaqueros fertilizados, que seguramente crecerán a mayor tasa de crecimiento, son menos tolerantes a situaciones de alta demanda evapotranspirativa o baja disponibilidad de agua en el suelo, típicas en los meses de verano en las zonas endicadas del Bajo Delta del río Paraná, donde las plantaciones de álamos están ampliamente difundidas.

El objetivo general es evaluar si la fertilización de los estaqueros aumenta la productividad de los mismos, sin comprometer la supervivencia y crecimiento de las plantas derivadas de estacas de cepas fertilizadas. Asimismo, se busca evaluar si el clon con mayor tasa de crecimiento es más afectado que el clon con menor tasa de crecimiento frente a las condiciones de estrés que pueden presentarse durante el establecimiento de las estacas.

1. INFIVE (CONICET- FCAyF, Universidad Nacional de La Plata), CC 327, 1900 La Plata

2. corinagraciano@agro.unlp.edu.ar

3. INTA EEA Delta del Paraná, Campana



## METODOLOGÍA

**Fertilización en estaqueros:** En octubre de 2013 se instaló un ensayo en la estación experimental del INTA EEA Delta del Paraná sobre estaqueros comerciales instalados en el año 2011. Los clones de *Populus deltoides* utilizados fueron: `Australiano 129/60´ y el clon experimental “150-82”. Dentro del estaquero de cada clon se dispusieron 12 parcelas en un diseño completamente aleatorizado de tres tratamientos: fertilización con N (50 g de urea por cepa), fertilización con P (100 g de superfosfato triple de calcio (SFT) por cepa) y control sin fertilizar, con cuatro repeticiones. La aplicación de los fertilizantes se hizo manualmente, en un orificio de 10 cm de profundidad realizado con barreta a 20 cm de la cepa. El estaquero recibió los cuidados habituales para un estaquero comercial. El distanciamiento entre cepas fue de 0,5 x 0,85 m. Cada parcela fue 60 cepas para el clon “150-82” y de 85 cepas para el `Australiano 129/60´. Las mediciones se realizaron en las cepas centrales de la parcela. En marzo de 2014, a finales del verano, se midió diámetro y altura de las guías y se realizó un muestreo destructivo de 3 guías por parcela para determinar la concentración de N y P en tallo y hojas, y estimar el contenido de N y P por m<sup>2</sup> de estaquero. En las guías muestreadas se midió el diámetro basal, el largo y el peso fresco. Se calculó el peso seco a partir de la determinación del contenido de humedad de submuestras. Se ajustaron regresiones por clon y tratamiento para determinar la materia seca de hojas y tallo por cepa a partir del producto entre el diámetro basal y la altura. Estas regresiones se utilizaron para calcular el contenido de N y P y la materia seca de hojas y tallos por m<sup>2</sup> de estaquero.

En agosto de 2014, finalizada la etapa de crecimiento, se midió el diámetro de todas las guías comerciales, la altura de la guía más alta de cada cepa y el número de guías comerciales por cepa. Además se realizó un muestreo destructivo de 7 guías comerciales por parcela, a las que se les midió el diámetro basal, el largo, el peso fresco y se calculó el peso seco y se determinó el contenido de N y P en tallo, según la metodología detallada más arriba. La densidad básica de la madera se determinó a partir del cociente entre el peso anhidro (secado en estufa a 100±5 °C) y el volumen saturado en 2 probetas extraídas de cada una de las guías del muestreo invernal.

**Ensayo de enraizamiento inicial:** Estacas provenientes de cada clon y cada tratamiento de fertilización se colocaron a enraizar en contenedores de 15 litros rellenos con suelo negro, que estuvieron con buena disponibilidad de agua. Se realizaron 4 muestreos de materia seca de raíces, tallos y hojas, cada 20-30 días.

**Ensayo de tolerancia al estrés:** Estacas provenientes del clon “150-82” de cada tratamiento de fertilización se colocaron en contenedores de 100 litros, y se dividieron en 3 tratamientos desde febrero hasta la abscisión otoñal: **1)** plantas que se mantuvieron a capacidad de campo durante toda la estación de crecimiento, **2)** plantas sometidas a estrés por sequía **3)** plantas bajo inundación. Se midió el crecimiento del diámetro de la guía, número de hojas y materia seca de tallos y raíces una vez concluido el crecimiento del primer año.

**Ensayo de plantación a campo:** estacas del clon “150-82” se plantaron a campo y se midió su crecimiento aéreo durante el primer año. Las plantas estuvieron expuestas a los estreses ambientales típicos de la región.

## RESULTADOS

En plantas no fertilizadas, el rendimiento del clon `Australiano 129/60´ fue mayor que el del clon “150-82”. El clon `Australiano 129/60´ no respondió a la fertilización

con N ni con P en rendimiento en materia seca ni en metros lineales de guías por m<sup>2</sup> de estaquero. El clon "150-82" tuvo mayor rendimiento cuando fue fertilizado con N. Sin embargo, la fertilización con N tornó limitante al P, por lo que sería interesante probar la aplicación combinada de ambos nutrientes. La densidad básica de la madera de los dos clones disminuyó en las plantas fertilizadas con N, respecto a las no fertilizadas.

La fertilización aplicada en este ensayo fue suficiente para cubrir los requerimientos por m<sup>2</sup> de terreno de los genotipos explorados y para solventar la exportación de N y P realizada con la cosecha de material de propagación. La extracción de N por m<sup>2</sup> que se realizó, en las parcelas fertilizadas con urea corresponde al 11,4% de los 54,1 g de N por m<sup>2</sup> aportados con la fertilización. La extracción de P en las parcelas fertilizadas con SFT, corresponde al 1,8% de los 47,1 g de P aportados con la fertilización. Por lo tanto si la intención es mantener la dotación de N y P en el suelo, las dosis ensayadas podrían reducirse, para minimizar la lixiviación y la pérdida de nutrientes del sistema.

En los dos clones se encontró un aumento significativo en la concentración de N y P en las guías de invierno en relación al verano. Con la cosecha del clon "Australiano 129/60" se extrae del sitio más cantidad neta de N y P que con la cosecha del "150-82". Con la cosecha de las guías de "Australiano 129/60" en invierno se extrae el 41,2% del N y todo el P presente en los compartimentos aéreos durante el verano. En el caso del clon "150-82", la extracción con la cosecha de guías en invierno es del 27,3% de N y del 80,4% de P contenido en las guías durante el verano. Estas diferencias en los porcentajes con respecto a "Australiano 129/60" indican una mayor retraslocación de N y P hacia compartimentos no cosechados o una mayor contenido en las hojas senescentes. Cualquiera de estos dos mecanismos indicaría un mayor porcentaje de N y P que la planta utiliza durante la estación de crecimiento pero que quedan en el sitio cuando se realiza la cosecha de guías. Estos nutrientes remanentes, si quedan acumulados en cepas y raíces, podrían tener influencia en la brotación de la temporada siguiente o, si caen junto con las hojas, aumentar el retorno de nutrientes al suelo. Estas dos alternativas merecen más análisis, porque podrían influir en el manejo que debería realizarse en el estaquero. Finalmente, al año siguiente de realizada la fertilización, se observó que el efecto positivo de la fertilización con N se repitió en el clon "150-82", que no respondió a la aplicación de P. Asimismo, el clon "Australiano 129/60" tampoco respondió a la fertilización con N ni P al año siguiente.

Con respecto al vigor de brotación de las estacas provenientes de cepas fertilizadas, 40 días después de realizada la plantación, las estacas del clon "150-82" que provenían de cepas fertilizada con N poseían menor número y materia seca de raíces que las estacas provenientes de cepas no fertilizadas o fertilizadas con P. En ese muestreo, el clon "Australiano 129/60" poseía menor vigor de producción de raíces, y mayor crecimiento a la parte aérea, sin diferencia entre tratamientos. En los nuestros sucesivos las diferencias entre tratamientos del clon "150-82" se fueron perdiendo, y a los 110 días el clon "Australiano 129/60" presentó mayor vigor de brotación que el clon "150-82". En este experimento las plantas tenían buena disponibilidad de agua. El estrés hídrico aplicado luego de establecida la planta, tanto por sequía como por inundación, redujo el crecimiento de las plantas del clon "150-82", aunque no se observó efecto diferencial entre las estacas provenientes de cepas fertilizadas con N o P, o no fertilizadas. Por lo tanto, la fertilización no tiene efecto negativo en la supervivencia y tolerancia al estrés del material de propagación.

# PROYECTO DE INVESTIGACION APLICADA (PIA 12046)

## Macro y micropropagación del cedro australiano (*Toona ciliata* M. Roemer)

Tarnowski, C.<sup>1</sup>; Vitoria, R.<sup>1</sup>; Vieira de Souza, J.C.A.<sup>2</sup>

### INTRODUCCIÓN

*Toona ciliata* M Roem. var *australis* (F. Muell) CDC, conocido vulgarmente como cedro australiano, pertenece a la familia de las meliáceas y es la especie exótica de madera valiosa más utilizada en plantaciones en macizo y enriquecimientos en el NOA. Fue introducido al país a principios de la década de 1970 y se caracteriza por su resistencia al ataque del barrenador de los brotes (*Hypsipyla grandella*), una plaga forestal que causa considerables daños en los cedros nativos. Su madera es muy similar a la del cedro orán (*Cedrela balansae*), con las mismas características tecnológicas, de color rojizo brillante, grano recto, atractivo vetado y fácil de trabajar, con un peso específico de 0,57 Kg/dm<sup>3</sup>. Es excelente para mueblería, construcción de marcos, puertas, ventanas, carrocerías, trabajo de tornos. Con un buen manejo silvicultural, el turno de corta se estima en 20-25 años y diámetros de 50-55 cm permiten obtener un volumen maderable aproximado de 300 m<sup>3</sup>/ha.

Sin embargo, las plantas originadas a partir de material seminal exhiben gran variabilidad fenotípica y por consiguiente las plantaciones comerciales suelen ser muy heterogéneas debido a que el crecimiento del plantío no es uniforme. Además, no existe una fuente de semillas de calidad, su disponibilidad es estacional y presentan corta viabilidad.

Una alternativa viable para resolver estos problemas es mediante el desarrollo de un protocolo integral de macro y micropropagación vegetativa de material genético adaptado a la región y con características sobresalientes. Una de las ventajas más importantes es que las plantas obtenidas presentarían las mismas características que la planta donante (clon) y la disponibilidad de material sería constante durante todo el año. En este trabajo se pretende adoptar y ajustar, en colaboración con otras instituciones, tres técnicas de propagación vegetativa: acodo aéreo, estaqueo y cultivo *in vitro*, a fin de estudiar el potencial uso y eficiencia de las mismas para su aplicación por parte de productores, forestadores o mejoradores interesados por la *Toona*.

### MATERIALES Y MÉTODOS

**Acodo aéreo:** A fin de obtener material rejuvenecido para propagar, en febrero de 2014 se procedió a cortar cinco árboles de *Toona* de diferentes edades para utilizar los rebrotes producidos por el tocón. Después de dos meses se seleccionaron los brotes que superaban los 15 cm de longitud y de mayor diámetro para acodarlos. Esta tarea se realizó nuevamente en febrero de 2015 en los mismos cinco árboles. Se probaron dos tipos de contenedores de sustrato como tratamientos: en el primer año bolsitas y en el segundo vasitos *RooterPot*®. El sustrato consistió de una mezcla de turba y arena (3:1v/v). Después de aproximadamente 30-40 días se colectaron y evaluaron el número de acodos enraizados por tratamiento y el porcentaje de plantas vivas luego de un mes de colocadas en macetas.

---

1. Laboratorio de Biotecnología, INTA Yuto  
tarnowski.christian@inta.gob.ar  
2. Departamento de Producción Vegetal, Facultad de Ciencias Agrarias de la UNL.

**Enraizamiento de estacas:** El jardín clonal consistió de 130 plantas de cedro de 3 años de edad acondicionadas en macetas de 3 L, colocadas en vivero bajo media sombra 80% y recepadas en febrero de 2015 a una altura de 20 cm para forzar la brotación. Se utilizaron solamente miniestacas basales de 6 cm de longitud con un par de hojas y de tres meses de edad. Todas las miniestacas fueron sumergidas por 30 min en solución fungicida de Carbendazim 50% (1 ml/L) y seguidamente fueron colocadas en bandejas con tres sustratos diferentes como tratamientos: turba (T), arena (A) y grava (G). La parcela experimental consistió de 10 miniestacas con 4 repeticiones por tratamiento bajo un diseño completo al azar (DCA). El ensayo fue instalado a mediados de mayo y conducido en un invernadero con temperatura no controlada entre 20-30°C y más del 80% de humedad relativa. Se registraron datos de altura y diámetro de los brotes utilizados. Fueron evaluados porcentaje de estacas vivas y enraizadas; altura y diámetro de los rebrotes después de 40 días de iniciado el ensayo. Se calcularon promedios  $\pm$  DS de estas variables. Se realizó un análisis de las variancias y la diferencia de medias se testó con Tukey ( $\alpha=0,05$ ).

**Cultivo *in vitro*:** se utilizó material vegetal proveniente de plantas de 3 años de edad criadas en vivero y recepadas a 20 cm de altura para forzar la brotación. El explanto consistió de segmentos subapicales de 15-20 días de edad. Para la desinfección se hizo un lavado con solución de hipoclorito de sodio 5%, Carbendazim 0,3% por 30 min, enjuague con etanol 70% por 1 min; inmersión en solución de hipoclorito de sodio 25% + 2 gotas Tween por 20 min y enjuagues con agua estéril. Se utilizó el medio basal MS diluido a  $\frac{1}{4}$  al cual se agregaron ácido indolbutírico (IBA), ácido 2,4-diclorofenoxiacético (2,4-D), bencilaminopurina (BAP) y 3% de sacarosa. El pH de los medios de cultivo fue ajustado a 5,8 antes de la adición de 0,7% de agar-agar y posteriormente fueron esterilizados en autoclave a 1 atm durante 20 min. Los cultivos permanecieron 40 días en sala de incubación a una temperatura de  $25\pm 2^\circ\text{C}$  con fotoperiodo de 16 hs luz y luego fueron evaluados los explantos contaminados, oxidados y brotados.

## RESULTADOS

**Acodo aéreo:** en el primer año se contabilizaron en total 87 brotes de los cuales 23 tenían las medidas adecuadas para acodar. Fueron cosechados 10 acodos enraizados y luego de permanecer un mes en invernadero, no sobrevivió ninguna. Para el segundo año había en total 113 brotes y se seleccionaron 45 para acodar. Fueron colectados 30 acodos enraizados (66%) y después de un mes de trasplantados a macetas sobrevivieron 20 plantas (44%).

**Enraizamiento de estacas:** se colectaron en total 120 brotes con un promedio de altura de  $20,05 \pm 6,83$  cm de longitud y diámetro de  $0,53 \pm 0,08$  cm. Al momento de finalizar el ensayo se observó que hubo una menor cantidad de estacas vivas en el sustrato T (75%) en comparación con G (92,5%). Simultáneamente, la proporción de miniestacas enraizadas fue mayor en G (75%) pero menor en A (44%) (Tabla 1).

Con respecto a la longitud promedio de los brotes, no hubo diferencias significativas entre los originados en sustrato T y A, pero fue menor en G. Los diámetros de estos brotes fueron similares en todos los sustratos evaluados.

**TABLA 1**

	Turba	Arena	Grava
estacas vivas	30 (75%)	34 (85%)	37 (92,5%)
estacas enraizadas	16 (53%)	15 (44%)	28 (75%)
long brotes (cm)	1,68 a	1,69 a	1,18 b
diam brotes (cm)	0,19 a	0,2 a	0,23 a

**Tabla 1.** Resultados obtenidos del enraizamiento de estacas basales de *Toona ciliata* en tres tipos de sustratos después de 40 días de ensayo.

Muchas de las estacas que no enraizaron presentaban inicios de raíces o pequeños abultamientos que potencialmente serían puntos de rizogénesis.

Cultivo *in vitro*: se realizaron varios ensayos preliminares a fin de conocer la respuesta de la organogénesis, uno de los ensayos fue el siguiente:

	2,4-D mg/l		
BAP mg/l	0	0,005	0,01
0	T1	T2	T3
0,05	T4	T5	T6
0,5	T7	T8	T9
5	T10	T11	T12

Se realizó un registro semanal y al cabo de un mes de cultivo se observó que los tratamientos T1 al T6 fueron los únicos que brotaron y crecieron entre 5 y 8 mm.

En los demás tratamientos se observó escasa brotación, terminaron secándose y muriendo a partir de la segunda semana de cultivo. Hubo muy bajas pérdidas por contaminación.

Se probaron también otras combinaciones de reguladores cuyos resultados, para algunos tratamientos, aún están siendo estudiados. Hasta ahora, sólo los tratamientos T1 a T4 fueron evaluados y dieron los siguientes resultados:

	IBA mg/l		
BAP mg/l	0,01	0,1	1
0,05	T1	T2	T3
0,5	T4	T5	T6
1	T7	T8	T9

Variables	T1	T2	T3	T4
long brotes (mm)	6,89 a	5,79 ab	7,07 a	3,10 b
% brotados	95	70	75	50
% contaminados	0	0	10	15
% oxidados	5	30	15	35

Los tratamientos T1, T2 y T3 no difieren significativamente en cuanto a la longitud promedio de los brotes, en cambio T4 fue mucho menor y un alto porcentaje de los explantos se oxidaron y murieron. Los brotes mayores a 10 mm serían subcultivados a medio de enraizamiento  $\frac{1}{4}$  MS + 0,1 mg/L IBA.

## DISCUSIÓN

Si bien las plantas obtenidas a través de la técnica de acodo aéreo no superan el 50% de sobrevivencia, resulta muy promisorio como método de clonación de árboles adultos. Este tipo de experiencias con especies forestales son muy escasas o casi nulas, por lo tanto sería interesante continuar con los estudios para definir la mejor época de colecta y calidad de sustrato en maceta. El enraizamiento de estacas en el sustrato G parece ofrecer mayor oxigenación y drenaje del agua para que las raíces puedan desarrollarse y crecer más rápidamente, en comparación a la T y A, donde la retención de agua sería mayor y favorecería la pérdida de estacas por podredumbre. No obstante, resta aún evaluar las características de las raíces adventicias para poder determinar la eficacia de los sustratos utilizados. Al igual que con el método de acodamiento, es necesario probar en diferentes épocas del año y usar estacas de origen no solamente basales sino también intermedias y apicales, las cuales han demostrado ser materiales aptos para enraizamiento según trabajos publicados. En cuanto a la micropropagación, los datos hasta ahora registrados son insuficientes para definir una estrategia, pero en base a la experiencia adquirida en este proyecto, se logró superar satisfactoriamente la etapa del establecimiento *in vitro* del material vegetal, paso fundamental para continuar con la siguiente etapa, tal cual se vienen desarrollando, que consiste en la multiplicación vegetativa.

## CONCLUSIONES

**Acodo aéreo:** el empleo de los vasitos dio un resultado muy superior con respecto a las bolsitas, en cuanto a la mayor supervivencia de plantas en maceta y mayor practicidad en el campo.

**Enraizamiento de estacas:** el sustrato G es el más adecuado para enraizar estacas basales, sin necesidad de usar hormona enraizante, manteniendo elevada humedad ambiente y temperaturas no superiores a los 30°C.

**Micropropagación:** no es necesario el agregado de reguladores de crecimiento en el medio de cultivo para la regeneración del brote, sin embargo la combinación adecuada de citoquininas y auxinas estimulan en mayor medida este proceso.



INVESTIGACIÓN FORESTAL 2011 · 2015  
Los Proyectos de Investigación Aplicada







Ministerio de Agroindustria  
Presidencia de la Nación



**UCAR**  
UNIDAD PARA EL CAMBIO RURAL



PROYECTO FORESTAL  
BIRF 7520 AR – GEF 090118

ISBN 978-987-1673-41-8



9 789871 873418