

**Transformação de sistemas equiâneos puros em mistos voltados  
para a produção de madeiras nobres  
(Cultivo de maderas decorativas en plantaciones mixtas en Misiones, NE Argentina)**

**Transformation of pure even-aged in mixed uneven-aged stands  
for production of noble wood  
(Production of decorative wood in mixed plantations in Misiones, Northeast Argentina)**

Víctor R. Pérez<sup>1</sup>, Hermann Hampel<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Ing Ftal, MSc. Docente e investigador de la Universidad Nacional de Formosa

Dirección: Av. Gutnisky 3.200 – C.P. 3600 Formosa, Argentina. Correo: [forestales@arnet.com.ar](mailto:forestales@arnet.com.ar)

<sup>2</sup> Dr. Recursos Naturales, Técnico Garruchos Forestación S. A.

Dirección: C. C. 449, N3300WAI Posadas, Misiones, Argentina. Correo: [hermannhampel@hotmail.com](mailto:hermannhampel@hotmail.com)

## 1. RESUMEN

Danzer Forestación S. A. (ahora Garruchos Forestación S. A.) inició un proyecto de forestación en la Provincia de Misiones, Argentina, en el año 1993, para cultivar especies latifoliadas de alto valor para la elaboración de chapas decorativas. Aparte de tierras de uso ganadero y ex – agrícola, en parte de los campos había plantaciones de Pino (*P. elliotii* y algo de *P. taeda*) con las tres situaciones siguientes:

- a) Pinares adultos (15 -18 años) con grandes atrasos de raleo.
- b) Regeneración natural de Pino de alta densidad y edades diferentes (2 – 10 años).
- c) Campo abierto; Pino cosechado por dueños anteriores; sin regeneración, capuera inicial.

En las situaciones a) y b), el tratamiento “tradicional” en el nordeste de Argentina es la eliminación total de la cobertura anterior para luego empezar desde “0”. En este emprendimiento, se buscaron alternativas ya que se consideró que una cobertura de Pinos podía facilitar el cultivo de especies sensibles a heladas, y la regeneración de Pino permitiría mejorar la formación de fuste de especies propensas a ramificación intensa o fuste corto o tortuoso. En los casos a) y b) se bajaron las densidades iniciales a través de una combinación de raleos sistemáticos y selectivos y se implantaron especies latifoliadas con distintos esquemas. En el caso c) se buscó aumentar la seguridad de la producción por medio de plantaciones mixtas coetáneas. Las experiencias durante más de 15 años fueron alentadoras, por lo tanto, el método fue extrapolado a plantaciones jóvenes de Pino y *Grevillea robusta* como anfitrión, brindando esta última las mejores condiciones de crecimiento a *Toona ciliata* y nativas. En plantaciones mixtas de *Paulownia sp.* con Pino o *Grevillea*. se obtuvieron fustes más largos que en plantaciones puras, además con menores costos. En un ensayo de manejo instalado en plantación joven coetánea de *Melia azedarach* y *Grevillea robusta*, la mejor intensidad de raleo estaría entre 35 y 45% de la densidad, que permite alcanzar mayor eficiencia en la combinación del crecimiento del diámetro y área basal. En todos los casos es una silvicultura compleja que requiere una calificada atención técnica.

## 2. SUMMARY

Danzer Forestación S. A. (now Garruchos Forestación S. A.) started a forest project in the NE-Argentine Misiones province in 1993, aiming to grow high-value hardwoods for decorative veneers. Besides of grazing and former agricultural use, part of the land had been covered with Pine plantations (*P. ellitottii* and some *P. taeda*) and presented the three following situations:

- a) Mature Pine stands (15-18 years) with heavy delays of thinning

- b) Natural regeneration of pine with high densities and different ages (2-10 years)
- c) Open land; Pines harvested by former owners; without regeneration, initial invasion of bushes.

In the Argentine Northeast, the “traditional” management for situations a) and b) would be the complete elimination of the previous vegetation in order to start over again from “0”. In this project, however, alternatives were sought, as the shelter of pines was considered helpful for frost protection of sensitive species and the natural regeneration of pine a favorable for stem formation of species with tendency of heavy branching or to form short or crooked boles. In the cases a) and b), initial densities were reduced by combined systematic and selective thinning and hardwoods planted in different schemes. In case c) it was tried to enhance production security by even-aged mixed plantations. The experiences of more than 15 years are encouraging, thus the method was extrapolated to young plantations of Pines and *Grevillea robusta* as hosts, offering the latter best growth conditions to *Toona ciliata* and native species. In mixed plantations of *Paulownia* sp. with Pine or *Grevillea*, larger bole lengths were obtained than in monocultures and with less silvicultural expenses. In a management trial installed in young even-aged plantation of *Melia azedarach* with *Grevillea robusta*, best thinning intensity would be between 35 and 45 %, as it permits mayor efficiency of the combined growth of diameter and basal areas. In all cases, it is a complex silviculture that requires qualified technical attention.

### 3. INTRODUCCIÓN

El objetivo principal de Danzer Forestación S. A. ha sido el cultivo de especies latifoliadas de alto valor para la elaboración de chapas decorativas. Además de campos abiertos en la zona de Posadas, Misiones, también se adquirieron rodales adultos de Pino con raleo atrasado y superficies con regeneración natural de Pino. Con la producción de madera de valor de latifoliadas como objetivo principal del emprendimiento de la empresa, las reflexiones acerca del manejo óptimo de estas superficies no se concentraron en como maximizar la producción de volumen. La pregunta clave era si estos ambientes (plantaciones viejas o jóvenes, regeneración de Pino) podrían ser favorables para el cultivo de algunas de las especies de alto valor que se están implantando.

#### 3.1 Pinares adultos

Considerando que en el sur de Misiones pueden ocurrir heladas leves (y no tan leves, p. ej. julio 2000, invierno 2011) entre junio y septiembre, y que una de las especies previstas para cultivar, *Toona ciliata* (Toona), es susceptible a heladas (en especial en su juventud), se descartó la opción tala rasa en el caso de los Pinos adultos y se procuró transformarlos en rodales estables con cobertura moderada para la protección de helada de las Toonas (y otras especies) a implantar bajo su dosel.

#### 3.2 Regeneración natural de Pino

En un principio se consideró como un obstáculo, pero luego de evaluar nuevamente el tema, se supuso que podría ser beneficioso para la implantación de varias especies por los siguientes motivos:

1. Microclima favorable: menos viento, más humedad, mejores condiciones de desarrollo inicial.
2. Mejora en la conducción: alta densidad a pesar de implantación de pocas plantas por hectárea; fustes más largos y rectos con menor ramificación por competencia lateral.
3. Menor cuidado: por la presencia de muchas plantas de Pino se origina menor enmalezamiento.
4. Mayor seguridad: en función del éxito (o no) de las especies interplantadas (varias de ellas en forma experimental), co-producción de madera de Pino en vez de re-plantación de ejemplares faltantes o extracción paulatina en raleos consecutivos favoreciendo la especie latifoliada.

Luego de observaciones preliminares confirmando en su tendencia los supuestos mencionados, se empezó a preparar para interplantación todas las superficies restantes de regeneración de Pino.

### 3.3 Plantaciones mixtas

Si bien no son “transformaciones” según las definiciones comunes, igualmente se incluyeron en este documento porque ambas, técnicamente, tienen fuertes coincidencias. En la planificación inicial de los bosques mixtos se conjeturó que a través de plantaciones con varias especies se podría aumentar la seguridad de producción (en especial, tratándose de especies con alto riesgo de enfermedades o experimentos con especies con escasa experiencia), y posiblemente, hasta mejorar algunos aspectos silviculturales y productivos.

## 4. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

### 4.1 Plantación bajo cubierta

En Centro-Europa, la plantación (o siembra o regeneración natural) bajo cubierta se usa entre otros objetivos, para especies que no soportan los extremos climáticos a cielo abierto y es el método estándar en la regeneración de *Fagus sylvatica* (BURSCHEL, HUSS, 1997). También, se transforman pinares (de *Pinus sylvatica*) en bosques mixtos de latifoliadas a través de plantaciones (o siembras) bajo Pino.

En zonas tropicales y subtropicales hubo muchos intentos de enriquecimiento de bosques nativos con especies nativas y/o exóticas (LAMPRECHT, 1986; OTTONE, 1993; WADSWORTH, 1997; MAYHEW, NEWTON, 1999) pero pocas citas de plantaciones bajo el dosel de otra especie implantada. Una de ellas es que *Araucaria cunninghamia* no prosperó en suelos pobres en Australia a cielo abierto. Al plantarse bajo *Pinus taeda* (en los mismos suelos) se logró un buen desarrollo (RICHARDS, 1961; BEVEGE AND RICHARDS, 1970; loc. cit. WADSWORTH, 1997)

En Misiones y Norte de Corrientes, Argentina, ya existen varios ejemplos exitosos de implantación de *Toona* bajo *Pinus taeda* y *Pinus elliottii* y *Araucaria angustifolia*.

### 4.2 Manejo de Regeneración natural

En Centro-Europa, el uso de la regeneración natural se prefiere a la plantación, ya que generalmente es mucho menos costoso (BURSCHEL, HUSS, 1997). Además, se considera como preferible usar material genético comprobado exitosamente en un lugar a usar plantas con posibles “avances” o “mejoras” genéticas de otra zona (que son escasos, ya que debido a los turnos largos de 100 años, hay pocos huertos semilleros, jardines clonales etc.). Se supone que con los raleos adecuados en el rodal madre ya hubo cierta selección que se profundizará con los raleos sucesivos en la regeneración natural. Muchas veces, no solamente se usa la regeneración que se instala espontáneamente, sino que se efectúan varios trabajos silvícolas (raleos para mejor disseminación, escarificación del suelo) a fin de fomentar la instalación de regeneración natural (BURSCHEL, HUSS, 1997).

También para zonas tropicales y subtropicales de Latino-América, WADSWORTH (1997) sugiere usar la regeneración natural de los mejores árboles de plantaciones existentes, ya que de este modo se puede lograr un mejoramiento de hasta 50 % y más.

Para Argentina, COZZO (1995) menciona que con varias especies hubo una “naturalización perfecta” que brinda un buen potencial para manejar la regeneración natural.

En trabajos de BRASSIOLO (1992) y CABRELLI (1999) se investigaron con éxito distintas técnicas de manejo de regeneración natural de *Pinus elliottii*.

Hasta la fecha, en el nordeste de Argentina, la regeneración natural de Pino se considera generalmente como estorbo que debe eliminarse (aunque sea costoso), para luego plantar (Pino o eucalipto) de genética más avanzada.

### 4.3 Bosques mixtos

El manejo de bosques productivos mixtos y/o disetáneos tiene una larga trayectoria en Centro-Europa. GAYER (1886) describe ampliamente los beneficios de las mismas, y hasta hoy, los bosques mixtos se consideran como ventajosos en aspectos productivos, ecológicos y estéticos (BURSCHEL, HUSS, 1997). Por ejemplo, la producción de madera de roble (*Quercus robur* y *Q. petraea*) de alta calidad, en la mayoría de los casos se logra en bosques mixtos (de regeneración natural, siembra y/o plantación). Las especies “auxiliares” umbrófitas como *Fagus sylvatica*, *Tilia cordata* o *Carpinus betulus* forman un segundo dosel que cubre los fustes de los robles y evita la formación de brotes epicórmicos (cuya aparición en algún momento del turno de hasta 250 años, llevaría a una desvalorización parcial o total de los fustes de dicha especie).

Mientras tanto, la gran mayoría de las plantaciones en zonas subtropicales y tropicales se realiza como cultivos monoespecíficos (EVANS, 1996). En una amplia discusión acerca de plantaciones mixtas versus plantaciones puras, WADSWORTH (1997) cita los trabajos de LAURIE (1941) y WAKELEY (1954) que describen varias posibles bondades de las plantaciones mixtas como: mantener mejor la calidad de sitio, menor riesgo de catástrofes, mejora de forma y mayor valor de alguna de las especie en el momento de corte. Sin embargo, WADSWORTH (1997) también menciona, que a veces el “apoyo” para las plantaciones mixtas es más “emocional que intelectual” y que en muchos casos es preferible plantar la especie del mayor valor como pura y no bajar el rendimiento económico agregando especies de menor apreciación en el mercado. Hasta el posible beneficio de menor riesgo de enfermedades sería relativo, ya que, según PEACE (1957, loc. cit. WADSWORTH, 1997) al mezclar 2 a 5 especies, también el riesgo que alguna de estas se enfermara es 2 a 5 veces más grande que en plantaciones de una sola especie (aunque el efecto será más desastroso en el último caso). Además se complica el manejo (EVANS, 1996; WADSWORTH, 1997). No obstante se aconsejan explícitamente plantaciones mixtas para algunas especies subtropicales, p. ej. *Acacia melanoxylon* con *Pinus* o *Eucalyptus* como “tutores” (loc. cit. HICKEY, 1988 en ANONYMOUS, 2000). También hay ejemplos exitosos de plantaciones con *Swietenia macrophylla* (varios autores citados en MAYHEW, NEWTON, 1999).

Según OTTONE (1993), las plantaciones mixtas permiten un mejor aprovechamiento del suelo y se disminuye el riesgo de plagas. Sin embargo, es “difícil” realizar estas plantaciones, ya que exigen un profundo conocimiento de las aptitudes biológicas y forestales de las especies y en Argentina han existido “pocas y pequeñas experiencias sin mayor trascendencia por el momento”. Algunas excepciones en Argentina conocidas por el autor son las siguientes: 1) mezclas de *Pseudotsuga menziesii*, *Pinus ponderosa* y *Pinus jeffreyi* en la pre-cordillera andina; 2) pequeñas plantaciones mixtas de colonos con distintas combinaciones de *Araucaria angustifolia*, *Paulownia* sp., *Toona ciliata*, *Grevillea robusta* y *Pinus* sp. en Misiones. 3) plantaciones mixtas involuntarias de *Pinus elliottii* y *Pinus taeda* por mezcla de semillas.

Para forestadores en Chile, LOEWE y GONZÁLEZ (2006) dan un gran número de ejemplos con descripciones detalladas, resultados y esquemas de mezclas de hasta cinco y más especies y mencionan como bondades mayor sustentabilidad ambiental, mejores fustes de la especie principal, reducción de riesgos, mejor estética y simplificación de algunas tareas silvícolas. Como desventajas enuncian mayores costos de implantación, decisiones más complejas y una investigación todavía muy incipiente.

FASSOLA *et al.* (2010), hacen un análisis de los antecedentes y las potencialidades de los bosques mixtos en el nordeste de la Argentina. En este sentido destacan las experiencias realizadas en Misiones con especies de maderas nobles como las de *Melia azedarach* (paraíso), *Grevillea robusta* y *Toona ciliata*.

Asimismo, señalan como fuerte atractivo para introducir algunas de éstas, en cultivos leñosos mixtos, el importante diferencial de precio entre madera aserrada de Pino y la procedente de las especies nombradas.

## 5. MATERIALES Y MÉTODOS

### 5.1. Plantación bajo Pino adulto

Pinos de aproximadamente 15 años con altas densidades se preparan para la subplantación con *Toona ciliata* (y especies nativas) a través de 2 o 3 raleos, bajando la densidad inicial de 500 - 1000 a 100 - 200 árboles/ha, aproximadamente. Preferentemente, uno de los raleos es sistemático, ya que la tala de líneas enteras de Pino facilitará el futuro apeo de los mismos sin causar demasiado daño a las Toonas subplantadas. La Toona se planta en densidades de 500 a 600 árboles/ha y con distanciamientos de 4 x 5 a 2,5 x 7,5 m. A partir del 2do año de plantación de Toona, cuando éstas alcanzan alturas de 3 - 5 m y ya no son tan susceptibles a las heladas, se realizan raleos moderados en el estrato de Pinos (extracción del 30 - 50% de Pinos restantes), extremando las precauciones para causar el menor daño posible al cultivo nuevo.

A los 8 años (de implantación de Toona) se pretende llegar a una densidad de 30 - 40 Pinos/ha. En Gráfico 5.1 se presentan diversos esquemas. En esta modalidad de protección de dosel de Pino también se tiene experiencia a nivel de ensayo, del cultivo de especies nativas valiosas, como ser “peterebí” *Cordia trichotoma*, “guatambú” *Balfourodendron riedelianum* y “timbó” *Enterolobium contortisiliquum*.

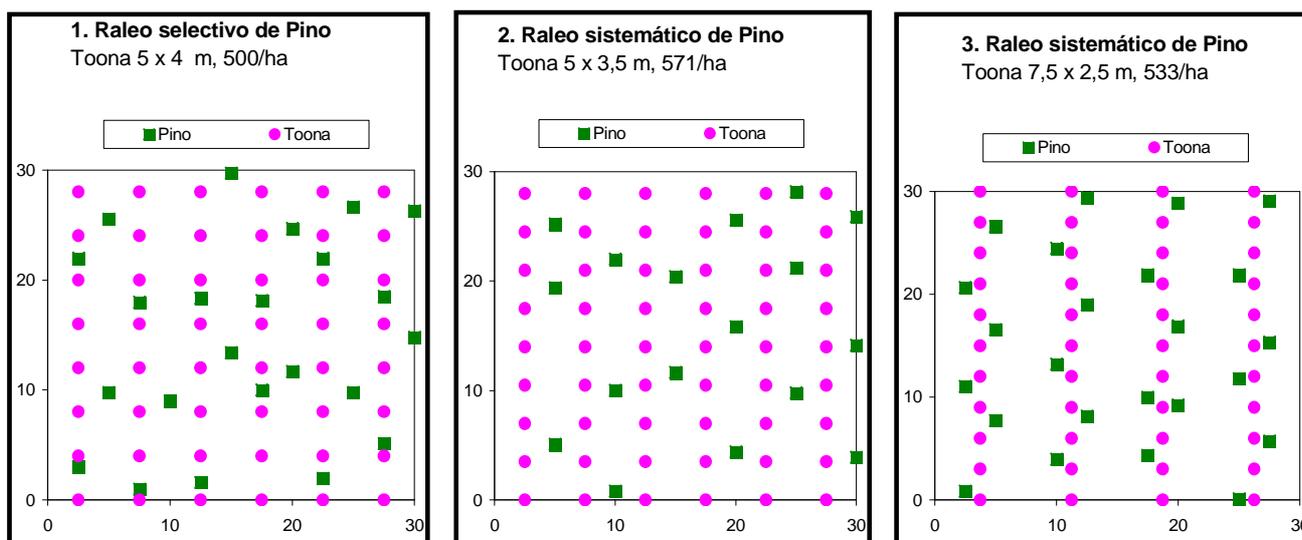
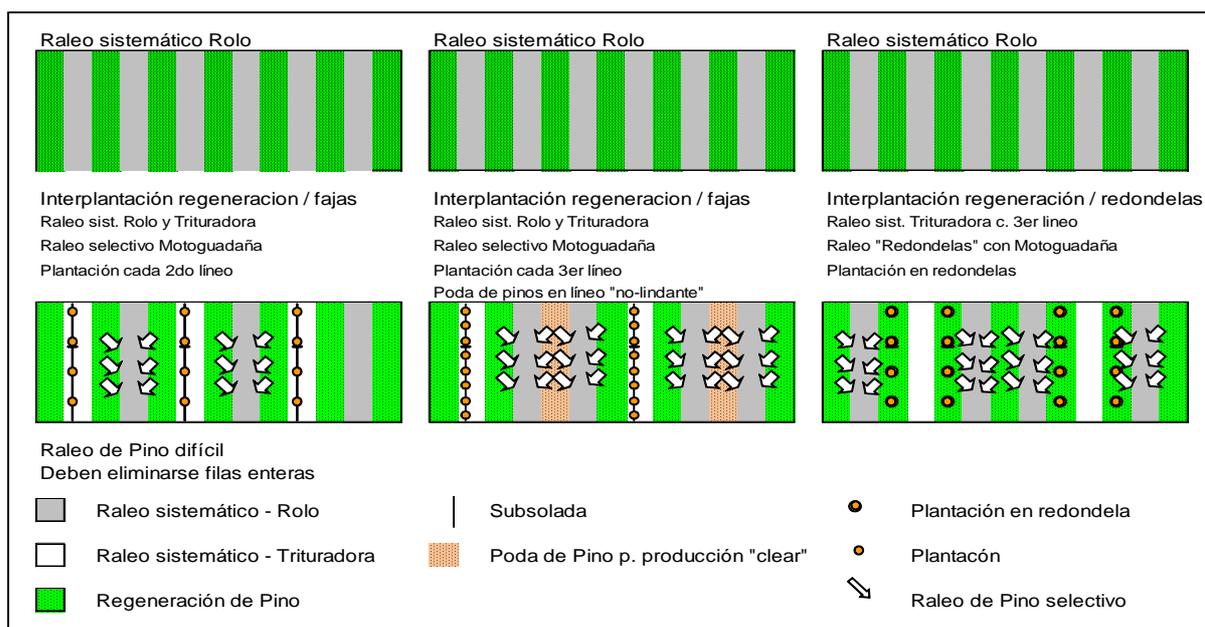


Gráfico 5.1: Distintos esquemas de raleo de Pino y subplantación de Toona

### 5.2 Interplantación en regeneración de Pino

Los métodos aplicados se detallan en Gráfico 5.2 y Tabla 5.2.

Se trata de una cobertura de regeneración natural de *Pinus elliottii* de 2 - 5 años de edad y con densidades de hasta 50.000 ejemplares/ha. El área se preparó para la interplantación con especies sensibles a heladas, y/o tendencia a formar fustes curvos y ramas gruesas a cielo abierto y/o poca experiencia de cultivo.



**Gráfico 5.2: Esquemas de manejo de regeneración de Pino e interplantación**

**Tabla. 5.2: Interplantación en regeneración de Pino**

	<b>A “Rolo-Trituradora, plantación en cada 2<sup>da</sup> entrelinea”</b>	<b>B “Trituradora, plantación en cada 3<sup>ra</sup> entrelinea”</b>	<b>C “Rolo-Trituradora, plantación en redondela”</b>
<b>1</b>	Raleo sistemático con rolo	Raleo sistemático con rolo	Raleo sistemático con rolo
	Ancho de trabajo aprox. 3 m, dejando filas de 0,5 – 1 m de ancho de Pino		
<b>2</b>	Inicio control de hormigas	Inicio control de hormigas	Inicio control de hormigas
<b>3</b>	Raleo selectivo con motoguadaña de intensidad variable 1000 árboles/ha – solamente apertura de redondelas (quedan aprox. 10.000)		
<b>4</b>	Trituración (cada 2da fila)	Trituración (cada 3 <sup>er</sup> fila)	Trituración (cada 3er fila)
<b>5</b>	Subsolado	Subsolado	
<b>6</b>	Herbicida en fajas	Herbicida en fajas	Herbicida en redondela
<b>7</b>	Plantación entre filas de Pino (cada 2da entrefila)	Plantación entre filas de Pino (cada 3ra entrefila)	Plantación en filas de Pino
<b>8</b>	(Poda selectiva de Pino)	Poda semi - sistemática de Pino en líneao “no-lindante”	(Poda selectiva de Pino)

### 5.3 Plantaciones mixtas

Se realizaron mezclas con dos o más especies, probando distintos esquemas. En la mayoría de las plantaciones mixtas, se combinaron una o varias especies con poca experiencia o mayor riesgo de enfermedades con otra(s) especie(s) de mayor experiencia o consideradas como más seguras. Ya que uno de los motivos de la instalación de plantaciones mixtas era contar con “reemplazantes vecinos” en el caso

de presentarse problemas con algunas de las especies, se prefirieron mezclas “en línea” o “individuales (alternados)” a mezclas “en grupos” o “en bloques”.

DORDEL (2009) instaló ensayos con distintas intensidades de raleo (0, 25, 50 y 75 %) en plantaciones de *Pinus taeda*, *Pinus elliottii* x *caribaea* y *Grevillea robusta* de 6 años de edad e investigó su efecto sobre interplantación con *Toona ciliata* (de 1 año de edad).

FASSOLA *et al.* (2010b), instalaron un ensayo para identificar y cuantificar el efecto facilitador de *Grevillea robusta* sobre el desarrollo de *Toona ciliata*. A las edades de 2, 3 y 4 años de *Grevillea* (rango DAP: 6,1-13,1 cm; rango H: 4,2-8,8 m, respectivamente), se realizaron tres intensidades de raleo (25, 50 y 75% de la densidad de *Grevillea*), interplantando inmediatamente con *Toona*. Los controles de sobrevivencia y crecimiento de diámetro y altura de la *Toona* se realizó a los dos años de plantado esta especie.

En los últimos cinco años se han instalado diversos ensayos de intensidades de raleos en plantaciones mixtas de *Melia azedarach* (Paraíso) y *Grevillea robusta* (*Grevillea*), con el objetivo de evaluar sus efectos en el crecimiento del diámetro y área basal, de cada especie componente y del bosque mixto en su conjunto. En este contexto, PÉREZ y HAMPEL (2011), informan que en la forestación del campo denominado Nofal, se instaló un ensayo a la edad 6 años. La densidad inicial fue de 1111 pl/ha, con 12.8% de fallas, plantado en la modalidad de especies alternadas. Se utilizó diseño de bloques completos al azar con seis tratamientos y tres réplicas: T0 = sin raleo. T1 = raleo tradicional ejecutado en Danzer Forestación (45% de la densidad). T2 = intensidad media de raleo (35% de la densidad), quedando en la unidad de observación igual cantidad de plantas de cada especie. T3 = intensidad media de raleo (35% de la densidad). Debido a que es raleo libre, quedan en la unidad de observación diferente cantidad de plantas de cada especie. T4 = intensidad media de raleo (55% de la densidad), quedando en la unidad de observación igual cantidad de plantas de cada especie. T5 = intensidad media de raleo (55% de la densidad), quedando en la unidad de observación distinta cantidad de plantas de cada especie (raleo libre).

## 6. RESULTADOS

### 6.1 Plantación bajo Pino y *Grevillea*

Comparado con plantaciones de *Toona* a cielo abierto, se hicieron las siguientes observaciones:

1. Mayor seguridad de producción, menos riesgo de daño por heladas.
2. Menor desarrollo en diámetro, pocas diferencias en crecimiento en altura; árboles más delgados y cilíndricos, pero también algo inestable.
3. Menos ramas y de menor diámetro.
4. Formación de ramas adventicias en el caso de raleos demasiado bruscos del Pino adulto.
5. Mayores costos en el aprovechamiento del Pino (comparado con tala rasa del mismo y plantación de *Toona* a cielo abierto).

Hasta la fecha no hubo mayores pérdidas de *Toona* bajo Pino por heladas (a cielo abierto las plantaciones debieron limitarse a los sitios con menos heladas (topes de lomas).

En las heladas fuertes de julio 2000, se “quemaron” las partes aéreas de todas las plantas a cielo abierto recién plantadas y de un año de edad pero también la mayoría de las plantas de esas edades bajo Pino (solamente en lugares de un dosel de Pino muy denso no fueron afectados). Sin embargo, la mortandad bajo cubierta así como a cielo abierto parecería escasa, ya que en la gran mayoría de los ejemplares se observaron rebrotes vigorosos (con la necesidad de conducirlos).

Con respecto al diseño de raleo de Pino y subplantación de *Toona*, se comprobaron como ventajosos raleos sistemáticos de Pino y distancias mayores entre líneas de plantación de *Toona* (ver gráfico 5.2, derecha).

GROSSKLAUS (2009), informa las diferencias de crecimiento inicial de la *Toona ciliata* cuando en la plantación dispone de cobertura de protección de plantas de mayor edad de Pino (*Pinus elliottii*) o Grevillea (*Grevillea robusta*). El crecimiento acumulado en 2 años, del diámetro y altura total, fue 1,96 cm y 1,90 m, en plantación bajo Pino, y 3,04 cm y 3,16 m, en plantación bajo Grevillea, respectivamente.

Los resultados de DORDEL (2009) también indican Grevillea como mejor “especie anfitrión”, ya que a los 2 años de instalación del ensayo, la altura promedio de Toona en TODAS las intensidades de raleo de Grevillea supera ampliamente las alturas de Toona incluso en los “mejores” tratamientos en *Pinus taeda* y *Pinus elliottii* x *caribaea*.

CRECHI *et al.* (2010), informan que a la edad de 12 años, la sobrevivencia de *Cordia trichotoma* (peterebí), *Balfourodendron riedelianum* (guatambú) y *Enterolobium contortisiliquum* (timbó) bajo dosel de *Pinus elliottii* fue superior al 70%. El rango de diámetro (DAP) osciló entre 6,5 (peterebí) y 12,5 cm (timbó), siendo menor o igual bajo cubierta de Pino respecto de su cultivo a cielo abierto. En tanto que la altura bajo Pino fue mayor, variando entre 4,3 (peterebí) y 6,8 m (timbó).

## 6.2 Interplantación en regeneración de Pino

Inmediatamente luego de los raleos, se deben realizar controles de hormiga, ya que al bajar drásticamente la cantidad de árboles, las hormigas presentes (que antes no causaron mayores daños notables) se concentran en los pocos ejemplares restantes.

Con respecto a la interplantación, se obtuvieron los siguientes resultados preliminares:

**Forma:** Se observó mejor forma con fustes más altos y más cilíndricos en las fajas de regeneración de Pino, comparado con plantaciones a cielo abierto.

**Mantenimiento:** Los costos de mantenimiento fueron menores en la regeneración de Pino que en plantaciones a cielo abierto, ya que la regeneración de Pino frena el enmalezamiento y disminuye la frecuencia de desbrotes.

**Protección:** Si bien con las heladas intensas de julio 2000, la regeneración natural de Pino no pudo proteger lo suficiente a muchas especies sensibles a este fenómeno, los daños fueron inferiores que a cielo abierto. Se piensa que en años “normales” la regeneración de Pino brinda una protección adecuada también para especies sensibles.

GROSSKLAUS (2009), comunica las diferencias de crecimiento inicial de *Toona ciliata* asociado a plantas de Pino (*Pinus elliottii*), cuando se encuentra interplantado en regeneración natural o cuando dispone de cobertura de protección de plantas grandes de esa conífera. El crecimiento acumulado en 2 años, del diámetro y altura total, fue 1,96 cm y 1,90 m, en plantación bajo Pino, y 3,18 cm y 2,52 m, en interplantación en ambiente de regeneración natural.

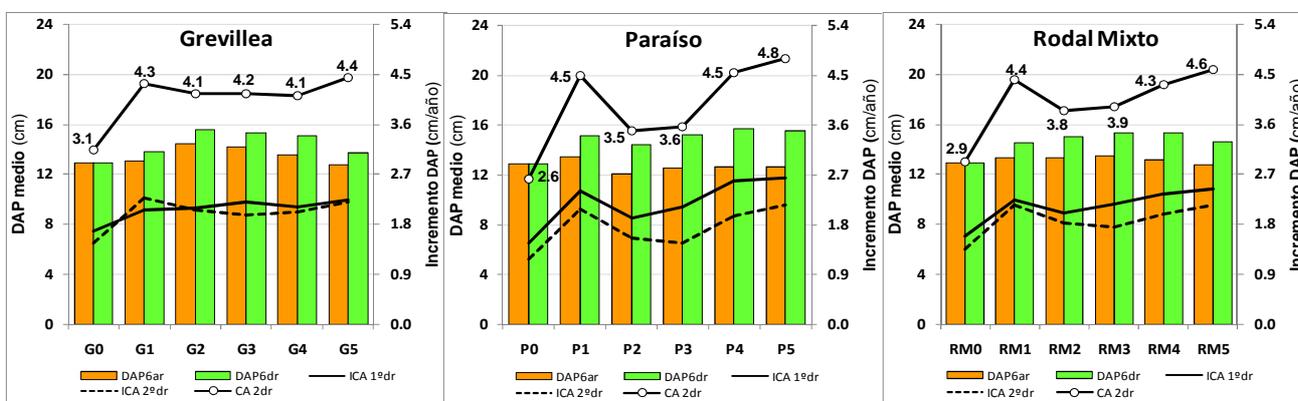
## 6.3 Plantaciones mixtas

Si bien la mayoría de las plantaciones mixtas son de fecha muy reciente, y aún no existen respuestas concluyentes acerca de la aptitud de las distintas combinaciones practicadas, ya se disponen algunos resultados relacionados a la silvicultura de establecimiento y manejo (raleos) de las mismas. Por ejemplo, se pudo constatar un leve aumento de costo en especial en las variantes 2, 3 y 4, ya que los plantadores recorren distancias algo más largas (aunque pueden caminar en diagonal) o tienen que llevar más que una especie. Lo mismo se repite con trabajos culturales a efectuar solamente en una de las dos especies. También aparecen limitantes en la selección del método de limpieza, ya que p.e. si una de las especies tuviera un sistema radicular muy superficial (p.e. *Melia azedarach*) y la otra muy sensible a la aplicación de herbicidas (p.e. *Grevillea robusta*), no se podrá efectuar limpieza con rastra y se deben extremar las precauciones en la aplicación de herbicida.

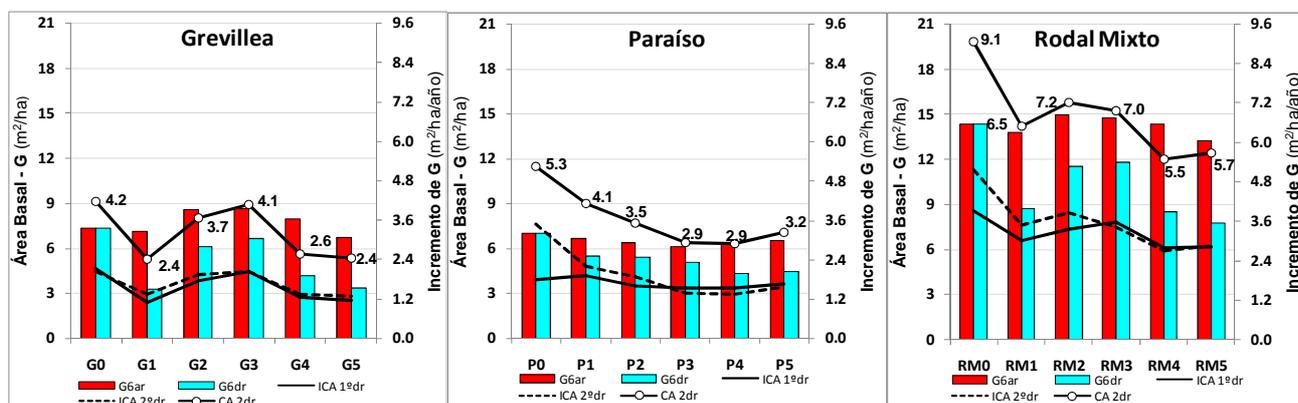
GROSSKLAUS (2009), reporta valores de crecimiento iniciales de *Toona ciliata* cuando se la cultiva en un esquema de plantación mixta, en macizo a cielo abierto, con dos especies distintas. El crecimiento acumulado en 2 años, del diámetro y altura total, fue 2,90 cm y 1,00 m, en plantación mixta con *Grevillea robusta*, y 4,22 cm y 1,95 m, en plantación mixta con *Pinus elliottii*.

FASSOLA *et al.* (2010b), informan que la sobrevivencia de *Toona* varió entre 19 y 60%. Los valores más bajos de fallas se dieron al interplantarla en forestación de *Grevillea* de tres años, y al efectuar menor intensidad de raleo de *Grevillea*. Atribuyeron la mortalidad a condiciones de estrés hídrico posteriores a la implantación. Al segundo año de control, los mayores valores de diámetro y altura de *Toona* se registraron en la interplantación de 2 y 4 años de *Grevillea*, en rangos de 3,0-3,4 cm y 4,1,6,2 m, respectivamente. Señalaron que a intensidades bajas a moderadas de *Grevillea* el crecimiento de *Toona* fue mayor.

PÉREZ y HAMPPEL (2011), presentan los primeros resultados de sus investigaciones, a través de los Gráficos 6.3a y 6.3b. En ellos se exponen sintéticamente los crecimientos del DAP y área basal, dos años después de instalado el ensayo de intensidades de raleo en un rodal mixto en el campo “Nofal”.



**Gráfico 6.3a. Incrementos del diámetro (DAP), anuales y periódico durante dos años en rodal mixto, representados de manera conjunta y por cada especie componente**



**Gráfico 6.3b. Incrementos del área basal (G), anuales y periódico durante dos años en rodal mixto, representados de manera conjunta y por especie componente**

## 7. DISCUSIÓN

Los métodos presentados en este trabajo difieren de los “métodos clásicos regionales de instalar plantaciones”. Al no formar parte de rutinas de aplicación masiva, exigen una silvicultura de “mayor atención técnica”. Sin embargo se las considera como alternativas interesantes, en especial si contribuyen a crear condiciones más favorables para el cultivo de las especies deseadas.

## 7.1 Plantación bajo Pino

La plantación de Toona bajo cubierta de Pino requiere mucho cuidado en el momento de los raleos sucesivos de Pino que se efectúan a medida que la Toona ya no requiere tanta protección. Cuanto más grande es el Pino, mayor el riesgo, pero también aumenta el rendimiento económico de la componente Pino. Es la alternativa más conveniente para el cultivo de Toona en zonas con alto riesgo de heladas.

Con el mayor distanciamiento entre líneas de plantación (y menor distancia en las líneas) de Toona el esquema de plantación se aleja de una “equidistribución”, debiéndose efectuar raleos precomerciales a edades prematuras. Sin embargo, se estima que este inconveniente será ampliamente compensado al alivianarse la extracción de los Pinos en raleos posteriores y por una disminución de daños en Toona.

En situaciones con microclima más benigno, plantaciones a cielo abierto son una alternativa interesante, ya que el crecimiento de Toona será mayor y el manejo más fácil.

## 7.2 Interplantación en regeneración de Pino

El manejo de regeneración de Pino se practica poco en la región, ya que difiere con los esquemas tradicionales de producción y no aprovecharía los “avances de mejoramiento genético” logrados en los últimos años. Pese a ello, cabe destacar que también con el manejo de la regeneración se ejerce una selección fuerte sobre material con aptitud comprobada en un lugar. Esta selección se podría incluso intensificar al reemplazar el raleo sistemático con una eliminación indiscriminada de más del 70% de los ejemplares (raleo en fajas con rolo o trituradora) por un raleo totalmente selectivo pero más costoso.

Además, se presenta como alternativa económica interesante comparada con plantaciones nuevas, ya que con 1 - 2 horas de skidder con rolo (USD 50/hora) y aproximadamente, 1 jornal de operario con motoguadaña o motosierra (USD 100/día), se logra establecer una “plantación de 3 años”, por alrededor de USD 200/ha. El costo comparativo de “eliminación de la regeneración” + “preparación de sitio” + “plantación de Pino (mejorado)” + “cuidados durante 3 años”, es del orden de los USD 2.000/ha.

La interplantación parece promisoriosa para los siguientes grupos de especies:

1. Sensibles a heladas y/o con tendencia de fustes malformados a cielo abierto (*Toona ciliata*; *Enterolobium contortisiliquum*). Que tengan la capacidad para “escapar” del Pino gracias a su crecimiento rápido, ya que es baja la intensidad y frecuencia de intervenciones para “manejo de competencia”. En el sistema se dejan las plantas de Pino hasta que alcancen diámetros comerciales.
2. Con necesidad de protección durante mucho tiempo y/o capacidad de permanecer bajo cubierta por varios años (p.e *Aspidoserma australe*). Permiten baja frecuencia e intensidad de raleos de Pino y su uso comercial.
3. De experimentación y sin antecedentes suficientes (es el caso de muchas nativas). En el caso de no prosperar, aún se podría continuar manejando los Pinos en vez de realizar reposición de plantas.

Según las primeras experiencias se considera oportuno preparar solamente cada segunda o tercera línea entre Pinos para la interplantación, ya que de este modo no solamente se reducirán los costos de plantación, sino también se facilitan los raleos posteriores de Pino.

Dándose un desarrollo exitoso de las especies interplantadas (de mayor valor), los Pinos se eliminarán sucesivamente en los distintos raleos. En los casos donde no prosperan los ejemplares interplantados, se mantienen los Pinos y se pueden podar ejemplares de buen porte. En este caso, el rol del Pino cambia de “vegetación matriz” y “bosque auxiliar” a una función de “árbol seguro”.

El hecho de trabajar con “genética vieja” no se considera como inconveniente. Al contrario, un crecimiento algo menor del Pino puede hacerlo “más compatible” con las especies interplantadas y atenuar una potencial dominancia del Pino (costoso en corregir).

### 7.3 Plantaciones mixtas

Queda por demostrarse si los esfuerzos adicionales de las plantaciones mixtas se recompensan por mayor seguridad, crecimiento, flexibilidad comercial, cuidado de suelo, etc. Como se mencionó en la revisión bibliográfica, la mayoría de los trabajos expresan que las zonas subtropicales son favorables para plantaciones puras y relativiza las posibles bondades de las plantaciones mixtas. En el caso presente, la amenaza latente de las plantaciones de *Melia azedarach* por un decaimiento (Melia's Yellow, causado por fitoplasma) llevó a la decisión de iniciar plantaciones mixtas con *Grevillea robusta*, ya que aparte de la minimización de riesgos se supuso que características complementarias de las especies (*Melia azedarach*: raíz superficial, copa globosa; *Grevillea robusta*: raíz más profunda, copa cónica) podrían llegar a aumentar la producción. El concepto de las plantaciones mixtas se extendió a otras especies y se siguen comparando los resultados con plantaciones puras de las especies respectivas.

La interplantación de *Toona* con *Grevillea robusta* joven resultó positiva. Los resultados señalan que al efectuarse un reemplazo del 25-50% con *Toona*, se obtienen buenos crecimientos y protección de ésta. Es decir, estas densidades habrían propiciado un efecto facilitador en el desarrollo de la *Toona ciliata*.

Al evaluarse el crecimiento diamétrico de la componente "Grevillea", en el ensayo realizado en rodal de campo "Nofal", se destaca la llamativa homogeneidad de las respuestas de las parcelas, salvo el menor incremento registrado en la parcela testigo (G0). En el caso del "Paraíso" merece señalarse que: a) En todas las parcelas el incremento diamétrico durante el primer año posterior al raleo fue superior al registrado durante el segundo año de control. b) Se aprecia la sensibilidad de la especie a la intensidad del raleo y consecuente apertura del bosque. En las parcelas con mayor intensidad de raleo (55% de la densidad existente al 6º año del rodal, en modalidades de raleo controlado y libre – P4 y P5, respectivamente) los incrementos diamétricos fueron los más altos. Entre ellas, las respuestas son similares. Esta capacidad de la especie para aprovechar la drástica reducción de la competencia forestal en rodal mixto ya fue informado por PÉREZ y HAMPEL (2010), en un ensayo de raleo en bosque mixto (densidad inicial 833 pl/ha), realizado a la edad de 6,5 años.

En la evaluación conjunta de ambas especies, como rodal mixto, se aprecia que las formas y tendencia de las líneas de representación del incremento diamétrico están fuertemente influenciadas por las respuestas del "Paraíso".

## 8. CONCLUSIONES

La plantación bajo cubierta de Pino, entre regeneración de Pino y la instalación de cultivos forestales mixtos son métodos con pocos antecedentes regionales. Sin embargo, los primeros resultados preliminares señalan que son promisorios para el cultivo de especies sensibles a heladas y/o propensas a formas no-deseables (en plantaciones a cielo abierto) o de poca experiencia en la zona. Todavía faltan experiencias acerca del manejo en etapas más avanzadas del ciclo y cabe destacar que se trata de silvicultura exigente con respecto a la intensidad de la atención técnica.

Hasta el presente, la especie *Grevillea robusta* demostró tener condiciones para acompañar y contener a especies más delicadas o sensibles en sistemas de plantación mixta o interplantación.

En plantación joven, mixta de *Melia azedarach* y *Grevillea robusta*, la mejor intensidad de raleo estaría entre 35 y 45% de la densidad, que permite alcanzar mayor eficiencia en la combinación del crecimiento del DAP y área basal. Las investigaciones sobre plantaciones mixtas continuarán, examinándose dichas variables y otras, e introduciendo nuevas fuentes de experimentación, a fin de profundizar y precisar el conocimiento con relación a las interacciones interespecíficas.

## 9. BIBLIOGRAFÍA

- ANONYMOUS (2000). The Forestry Compendium; CABI Publishing, London, 1 CD
- BRASSIOLO, M. M. (1988). Avaliação da Regeneração Natural de *Pinus elliottii* Engel. var. *elliottii* na Floresta Nacional de Capão Bonito, Sp.; Universidad Curitiba, 112 p.
- BURSHEL, P. HUSS, J. (1997). Grundriss des Waldbaus; Parey-Verlag, Berlin, 487 p.
- CABRELLI, D. (1999). Resumen (inédito) de las actividades de investigación del Grupo de Regeneración Natural de Pinos Subtropicales (GRNPS); Cátedra de Dasonomía, Facultad de Agronomía, Universidad de Buenos Aires, 8 p.
- COZZO, D. (1995). Silvicultura de Plantaciones Maderables; orientación Gráfica Editora S. R. L., Buenos Aires, 905 p. 2 tomos).
- CRECHI E., HENNIG A., DOMEQ C., KELLER A., FASSOLA H., HAMPEL H., EIBL B. (2010). Crecimiento de 3 especies latifoliadas nativas bajo dosel de Pino y a cielo abierto hasta los 12 años de edad. Jornada de Silvicultura de Bosques Mixtos. Misiones, Argentina. 3 p.
- DORDEL, J. (2009): Effects of Nurse Tree Species on Growth Environment and Physiology of underplanted *Toona ciliata* Roemer in Subtropical Argentinean Plantations. PhD-thesis University of British Columbia, Vancouver, 130 p
- EVANS, J. (1996). Plantation Forestry in the Tropics; Clarendon Press, Oxford, 403 p.
- FASSOLA H., CRECHI E., HAMPEL H., HENNIG A., KELLER A., PEREZ, V.R. (2010a). Antecedentes y potencialidades de los bosques mixtos en el NE Argentino. Jornada de Silvicultura de Bosques Mixtos. Misiones, Argentina. 8 p.
- FASSOLA H., CRECHI E., KELLER A., DOMEQ C., HAMPEL H., HENNIG A., PACHAS A. (2010b). Efecto facilitador de *Grevillea robusta* sobre *Toona ciliata* en bosques mixtos juveniles en el sur de la provincia de Misiones. Jornada de Silvicultura de Bosques Mixtos. Misiones, Argentina. 6 p.
- GAYER, K. (1886). Der gemischte Wald; Parey-Verlag, Berlin, 168 p.
- GROSSKLAUS, L.E. (2009). Estudio del comportamiento y crecimiento de *Toona ciliata* en plantaciones mixtas. Tesina de Carrera Ingeniería Forestal (UNaF). Dir. V.R. Pérez. Codir. H. Hampel. 95 p.
- LAMPRECHT, H. (1986). Waldbau in den Tropen; Parey-Verlag, Hamburg, Berlin, 318 p.
- LOEWE, M. V., GONZÁLEZ, O. M. 2006. Plantaciones mixtas. Un modelo productivo con potencial para Chile. Instituto Forestal, 299 p.
- MAYHEW, J.E., NEWTON, A.C. (1998). The Silviculture of Mahogany; CABI Publishing, Wllingford, 226 p.
- OTTONE, J. R. (1993). Árboles Forestales; Editorial AGRO VET S.A., Buenos Aires, 571 p.
- PÉREZ, V.R., HAMPEL H. (2010). Efectos del raleo en el crecimiento del diámetro y área basal en plantación mixta de *Melia azedarach* L. y *Grevillea robusta* A. Cunn. XIV Jornadas Técnicas Forestales y Ambientales, Universidad Nacional de Misiones. Argentina. 9 pp.
- PEREZ, V.R., HAMPEL, H. (2011). Manejo de la densidad en rodal mixto de *Melia azedarach* y *Grevillea robusta* y sus efectos en el crecimiento del diámetro y área basal. XXV Jornadas Forestales de Entre Ríos (Argentina). 11 p.
- WADSWORTH, F.H. (1997). Forest Production for Tropical America; Agriculture Handbook 710, Forest Service, United States Department of Agriculture, 563 p.