

# CRECIMIENTO DE ESPECIES FORESTALES NATIVAS EN UNA PLANTACIÓN MIXTA, EN EL ALTO PARANÁ<sup>1</sup>

Gustavo Adolfo Britos Paniagua<sup>2</sup>  
Martín Quinteros Doldán<sup>3</sup>  
Manuel M. Enciso G.<sup>3</sup>

## ABSTRACT

The aim of this research was to evaluate the growth of *Cabralea canjerana* (cancharana), *Pterogyne nitens* (yvyra ró), *Peltophorum dubium* (yvyra pytá), *Tabebuia alba* (tajy sayju), *Cedrela fissilis* (cedro), *Balfourodendron riedelianum* (guatambú), *Amburana cearensis* (trébol) y *Tabebuia heptaphylla* (tajy hú) on mixed stand made in Alto Paraná. The measurement variables considered were the Diameter at Breast-height (DBH), Diameter Mid, Stem Height, Total Height, Stem Volume, Stem Form Factor, Stem Form, Survival, Mean Annual Increment (MAI), Periodic Annual Increment (PAI) and the Current Annual Increment (CAI). At 22 years of stand age *P. dubium* showed better growth of Diameter at Breast-height (DBH), Total Height and Stem Volume with 32.55 cm; 18.37 m and 0.7861 m<sup>3</sup>, despite was not analyzed statistically due to significant Test Homogeneity when is included this specie. Between the analyzed species statistically, *C. canjerana* had the best growth considering the DBH with 21.99 cm; meanwhile *B. riedelianum* had the best growth considering the Total Height and the Stem Volume with 14.48 m and 0.245 m<sup>3</sup>. Considering the Stem Form, it was registered a high percentage of tree number of the studied species that shown a lightly twisted and difurcate stems in the third superior part. More than 50% presented a complete dominance of the initial stem, except the species *P. dubium* and *A. cearensis*, both showed more than 70% of their tree number with mid dominance of the initial stem over the lateral branch.

**Key words:** Forest species. Mixed stand. Forest species – yield. Forest species – grow.

## RESUMEN

El objetivo de este estudio fue evaluar el crecimiento de *Cabralea canjerana* (cancharana), *Pterogyne nitens* (yvyra ró), *Peltophorum dubium* (yvyra pytá), *Tabebuia alba* (tajy sayju), *Cedrela fissilis* (cedro), *Balfourodendron riedelianum* (guatambú), *Amburana cearensis* (trébol) y *Tabebuia heptaphylla* (tajy hú), de una plantación mixta de 22 años de edad, en el Alto Paraná. Las variables consideradas fueron Diámetro a la Altura de Pecho (DAP), Diámetro Medio, Altura de Fuste, Altura Total, Área Basal, Volumen de Fuste, Factor de Forma, Forma de Fuste, Supervivencia, Incremento Medio Anual (IMA), Incremento Periódico Anual (IPA) e Incremento Corriente Anual (ICA). La especie con mayor crecimiento a la edad de 22 años, tanto en Diámetro como en Altura Total y Volumen de Fuste, fue *P. dubium*, con promedios de 32,55 cm 18,37 m y 0,7861 m<sup>3</sup> respectivamente, si bien no fue sometida al análisis estadístico por ser significativo la Prueba de Homogeneidad al incluir esta especie. En base al análisis estadístico se observó diferencias significativas en el crecimiento en DAP, Altura Total y Volumen de Fuste, al nivel de 99 % de confianza, siendo *Cabralea canjerana* (cancharana) la especie con mayor crecimiento en DAP con 21.99 cm, mientras que *Balfourodendron riedelianum* (guatambú) con 14.48 m y 0.245 m<sup>3</sup> fue la que demostró mayor crecimiento en Altura Total y en Volumen de Fuste. Con relación a la Forma de Fuste, un alto porcentaje de los individuos de todas las especies presentaron fustes ligeramente torcidos y bifurcados en el tercio superior y más del 50 % una dominancia completa del tronco inicial a excepción de *Pterogyne nitens*, *Peltophorum dubium* y *Amburana cearensis*, con más del 70 % de sus individuos con dominancia parcial del tronco inicial sobre una rama lateral.

**Palabras clave:** Especies forestales. Plantación mixta. Especies forestales-Rendimiento. Especies forestales-Crecimiento.

<sup>1</sup> Tesis Presentada a la Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Asunción, como requisito para la obtención del título de Ingeniero Forestal. Carrera de Ingeniería Forestal.

<sup>2</sup> Alumno del décimo Semestre de la Carrera de Ingeniería Forestal. Departamento de Silvicultura y Ordenación Forestal.

<sup>3</sup> Profesor Docentes a Tiempo Completo. Departamento de Silvicultura y Ordenación Forestal, Facultad de Ciencias Agrarias - UNA. Casilla de Correo 1618. San Lorenzo – Paraguay.

## INTRODUCCIÓN

El modelo de desarrollo de Paraguay, basado en la explotación agropecuaria y forestal, condujo a la acelerada disminución de su superficie boscosa y consecuentemente a una progresiva reducción del recurso maderero. Considerando esta situación y teniendo en cuenta la demanda de madera para los distintos fines por parte de las generaciones venideras, es necesario establecer bosques implantados con especies nativas e introducidas.

Con los incentivos forestales por parte del estado, se obtuvieron logros importantes en cuanto a la reforestación, que en su mayor parte se realizó con especies introducidas, dejando de lado las nativas. Hay que tener en cuenta, que las especies autóctonas forman parte de un ecosistema natural muy complejo y no deben ser remplazadas por completo, por su importancia desde el punto de vista de la biodiversidad. Además, la mayoría de las especies nativas maderables conocidas en el mercado, ofrece ventajas frente a las introducidas, atendiendo a su precio sumamente superior, las propiedades de su madera, su demanda creciente y una oferta cada vez más reducida, atribuibles a la falta de política en el sector forestal.

El país, cuenta con vastas extensiones de tierras potencialmente aptas para la forestación, reforestación y agroforestería; por lo tanto, es factible este tipo de emprendimientos como alternativa de producción sustentable de madera. No obstante, existen limitaciones decisivas para planificar un proyecto de repoblación forestal. Una de ellas es la falta de informaciones técnicas sobre el comportamiento de las especies, sobre todo de las nativas.

Considerando este déficit, surgió esta investigación cuyo objetivo fue evaluar el crecimiento de ocho especies forestales nativas en una plantación mixta de 22 años de edad, instalada en el Alto Paraná.

## MATERIALES Y MÉTODOS

La plantación mixta de especies nativas estudiada esta localizada en el Centro Forestal Alto Paraná (CFAP), dependiente del Servicio Forestal Nacional (SFN), Distrito de Minga Guazú, Departamento de Alto Paraná.

Según López *et al.* (1995), el suelo predominante en la zona está clasificado como *Rhodic Kandiudux*, que es un Oxisol con régimen de humedad údico (alta) y kandico (óxido), de coloración rojiza, clase textural arcillosa muy fina derivado de rocas basálticas. Según el resultado del análisis realizado en el Departamento de Suelo de la Facultad de Ciencias Agrarias, el suelo es ácido, de clase textural arcillosa, de coloración marrón rojiza, con buena disponibilidad de materia orgánica en el horizonte superficial.

El Alto Paraná presenta una temperatura media anual que oscila entre 21 y 22 °C y una precipitación media anual alrededor de 1.650 a 1.700 mm (Huespe *et al.*, 1995). Geomorfológicamente, corresponde a la Formación Misiones, que es la más antigua, ocupa toda una franja al oeste constituida por areniscas eólicas depositadas durante el triásico (del Mesozoico), sobre la cual ocurrió el derrame basáltico de la Formación Alto Paraná en el cretáceo (del Mesozoico). Estos derrames abarcan todo el Departamento de Alto Paraná hasta el Río del mismo nombre.

Los bosques del Alto Paraná forman parte del complejo llamado Bosque Atlántico Alto Paraná (BAAPA) denominado anteriormente Bosque Atlántico Interior (BAI). El estrato arbóreo superior es caducifolio en su mayor parte, constituido por ejemplares de primera magnitud, que pasan los 30 m de altura, llegando hasta los 35-40 m, este estrato posee un alto número de especies diferentes, las principales son: *Cedrela* spp. (Cedro), *Tabebuia* spp (Lapacho), *Apuleia leiocarpa* (Yvyra pere), *Balfourodendron riedelianum* (Guatambu), *Myrocarpus frondosus* (Incienso), *Peltophorum dubium* (Yvyra pyta), *Pterogyne nitens* (Yvyra ro), *Nectandra* sp. (Aju'y), *Ocotea* sp. (Guaica), *Patagonula americana* (Guayaibi), *Enterolobium contortisiliquum* (Timbo), entre otras. También se caracteriza por el elevado número de especies de lianas, epifitas, helechos arborescentes y palmeras (MAG, 1990).

La parcela evaluada presenta una geomorfología de tierras altas, con declives planos (declives de 0 al 3%). Fue instalada en el marco del programa de investigaciones del CFAP en junio del año 1982 como ensayo agroforestal con 11 especies forestales nativas y maíz (*Zea mays*). Las especies forestales implantadas fueron *Balfourodendron riedelianum* (guatambu), *Peltophorum dubium* (yvyra pyta), *Pterogyne nitens* (yvyra'ro), *Guibourtia chodatiana* (curuñai) *Cabralea canjerana* (cancharana), *Cedrela fissilis* (cedro), *Amburana cearensis* (Trébol), *Tabebuia heptaphylla* (tajy hu), *Tabebuia impetiginosa* (tajy), *Tabebuia alba* (tajy say'ju), *Cordia trichotoma* (peterevy). La plantación tenía una densidad inicial de 1.600 plantas/ha (2,5 m x 2,5 m) con una superficie de 6.110 m<sup>2</sup>.

Dentro de la parcela, en junio de 1983 se cultivó arveja (*Pisum sativum*.) y en diciembre del mismo año, sandía (*Citrullus lanatus*) En 1984 la plantación sufrió severos daños por heladas con pérdidas de casi 20% que comprenden daños en la parte apical de las plantas y en algunos casos mortandad; en el 2001 fue plantado café (*Coffea arabica*) en asociación según los registros.

Los cuidados culturales consistieron en limpiezas periódicas anuales con desmalezadoras y machetes hasta el año 1991, a partir de ese año se practicaron limpiezas con machetes cada año de medición y poda de formación en el primero y segundo año. No se ha practicado raleo alguno a la parcela.

Se realizaron mediciones de altura total y diámetro. La altura total se midió desde 1983 en forma bianual hasta 1995, posteriormente en forma trianual hasta el año 2001. Las de mediciones de DAP se hicieron desde 1985 hasta 2004, hasta el año 1995 se tomó bianualmente y a partir del mismo año, trianualmente.

El diseño de la parcela es enteramente al azar con 8 tratamientos (especies) y 25 repeticiones (individuos), cada repetición fue considerada como una unidad de muestra. Los tratamientos mencionados son los siguientes: **T1** *Cabralea canjerana*; **T2** *Pterogyne nitens*, **T3** *Peltophorum dubium*; **T4** *Tabebuia alba*; **T5** *Cedrela fissilis*; **T6** *Balfourodendron riedelianun*; **T7** *Amburana cearensis* y **T8** *Tabebuia*

La cantidad de individuos de las especies *Cordia tricotoma*, *Guibourtia chodatiana* y *Tabebuia impetiginosa* no alcanzaron el número de repeticiones mencionadas por lo que no fueron consideradas en el estudio.

Las variables consideradas fueron: Supervivencia, DAP, Diámetro medio (para el cálculo de factor de forma), Altura de Fuste, Altura total, Área Basal, Volumen de Fuste, Forma de Fuste, Factor de Forma, Incremento Medio Anual (IMA), Incremento Periódico Anual (IPA) e Incremento Corriente Anual (ICA).

Para la evaluación se utilizaron datos correspondientes a registros de mediciones del centro y datos obtenidos por el propio autor. Para este último fueron seleccionados 25 individuos de cada especie (aproximadamente el 49% de la población actual de las especies estudiadas) en forma totalmente aleatoria, para las mediciones de DAP, Diámetro Medio, Altura Total, Altura de Fuste y Forma del Fuste. Las mediciones de DAP y Diámetro Medio se realizaron con cinta diamétrica. La Altura Total se tomó con Hipsómetro Blume-Leiss y la Altura de Fuste con vara alimétrica.

El procesamiento de los datos se realizó en planilla electrónica Excel. Se determinó las medias para los parámetros DAP, Altura Total, Altura de Fuste, Área Basal, Volumen de Fuste y Factor de Forma.

Para representar mejor la variabilidad dentro de las especies se realizó una estratificación de los parámetros cuantitativos (DAP, Altura Total y Volumen de Fuste).

Con los datos del DAP se determinó el Incremento Medio Anual (IMA), Incremento Corriente Anual (ICA) e Incremento Periódico Anual (IPA). El ICA se determinó solamente para *Cabralea canjerana* (cancharana), al azar, a fin de relacionar esta curva de crecimiento con el IMA del DAP e identificar el año en que la curva del ICA le corta a la curva del IMA. Para determinar el ICA se estimó valores de DAP promedio para cada año por medio de una ecuación de regresión. Para el cálculo del IPA se consideró un intervalo (período) de dos años des-

de 1985 a 1995 y a partir de este último año un intervalo de tres años.

Para el parámetro altura se determinó solamente el Incremento Medio Anual. Para el cálculo de Volumen de Fuste se utilizó la fórmula de Huber.

La supervivencia se determinó por simple cuantificación de todos los árboles de cada tratamiento (especies), esta se relacionó con el número de individuos iniciales de cada especie, y luego se expresó en porcentaje.

Entre los parámetros cualitativos estudiados se mencionan: Factor de Forma y Forma del Fuste.

La Forma del Fuste se determinó por el método adaptado de Baquero (1985), citado por Salazar & Boshier (1989), teniendo en cuenta la Rectitud del Fuste, la Altura de Bifurcación del Fuste y la Dominancia del Tronco Principal. Para el efecto la Rectitud del Fuste se agrupó en Clase 1: recto, Clase 2: ligeramente torcido, Clase 3: torcido y Clase 4: muy torcido; la Altura de Bifurcación del Fuste en Clase 1: no bifurcado, Clase 2: bifurcado en el 1/3 superior, Clase 3: bifurcado en el 1/3 medio y Clase 4: bifurcado en el 1/3 inferior; la Dominancia del Tronco Principal en Clase 1: dominancia completa del tronco inicial, Clase 2: dominancia parcial del tronco inicial sobre una rama lateral y Clase 3: dominancia completa de las ramas laterales.

Se realizó el análisis de variancia de los parámetros cuantitativos (DAP, Altura Total y Volumen de Fuste) y posteriormente se utilizó la prueba F al 95 y 99 % de probabilidad, para comprobar si existen diferencias significativas en el crecimiento, en los parámetros citados; luego se aplicó el Test de Duncan para discriminar la diferencia detectada entre especies. Para verificar la validez del análisis de variancia se realizó la prueba de homogeneidad de variancia mediante la prueba de Bartlett.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El estudio de la supervivencia arrojó amplias diferencias entre las especies, encontrándose valores desde 39 % hasta aproximadamente 74 %. Las que presentaron mayor supervivencia fueron *P. nitens* y *A. cearensis*, con 73,9 % y 72,8 %, respectivamente. La especie con menor porcentaje fue *T. heptaphylla* con 39,24 %. Los daños causados por las heladas del año 1984 pudieron haber tenido influencia en la supervivencia de las especies (Tabla 1). El alto porcentaje de supervivencia de *A. cearensis* podría estar relacionado con su poco crecimiento inicial considerando que no es representativa de la zona de estudio y probablemente sus individuos permanecieron en el estrato inferior, en donde se supone que los daños por las heladas fueron mínimos. Además esta especie posee mucha reserva en sus raíces en la edad juvenil.

**TABLA 1. Valores de sobrevivencia.**

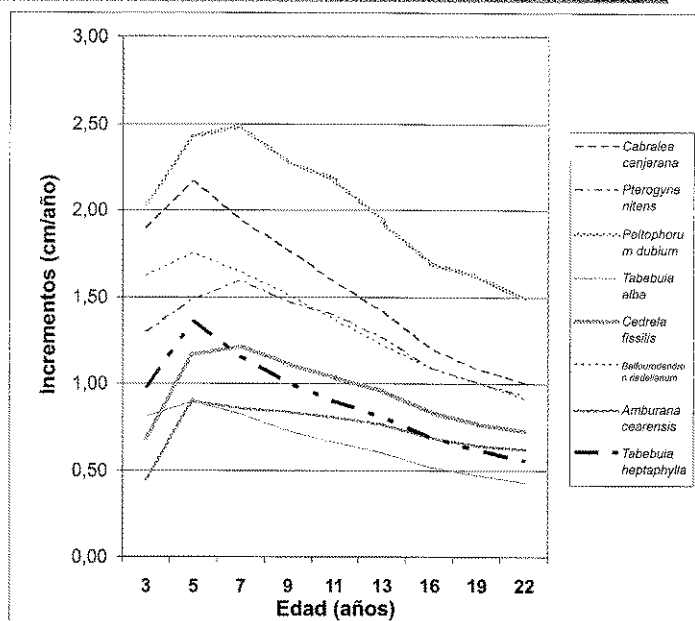
Especies	Población inicial Año 1982	Población Año 2004	Sobrevivencia (%)
<i>Cabralea canjerana</i>	92	55	59,78
<i>Pterogyne nitens</i>	92	68	73,91
<i>Peltophorum dubium</i>	92	46	50
<i>Tabebuia alba</i>	91	37	40,65
<i>Cedrela fissilis</i>	92	60	65,21
<i>Balfourodendron riedelianum</i>	94	48	51,06
<i>Amburana cearensis</i>	92	67	72,82
<i>Tabebuia heptaphylla</i>	79	31	39,24

La especie con mayor crecimiento en DAP promedio a los 22 años de edad fue *P. dubium* con 32,55 cm. La segunda especie fue *C. canjerana* con 21,99 cm, seguido por *P. nitens* y *B. riedelianum*; mientras que *T. alba* fue la de menor crecimiento con 9,38 cm (Tabla 2).

**TABLA 2. Valores de crecimiento.**

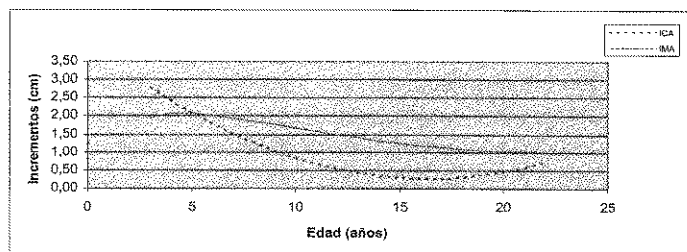
Especie	DAP (cm)	Altura Total (m)	Altura de Fuste (m)	IMA en altura total (m/año)
<i>Cabralea canjerana</i>	21,99	12,36	6,97	0,56
<i>Pterogyne nitens</i>	20,42	13,82	9,97	0,63
<i>Peltophorum dubium</i>	32,55	18,37	11,32	0,84
<i>Tabebuia alba</i>	9,38	9,00	6,00	0,41
<i>Cedrela fissilis</i>	15,91	11,58	9,45	0,53
<i>Balfourodendron riedelianum</i>	19,97	14,48	9,32	0,66
<i>Amburana cearensis</i>	13,56	9,08	5,80	0,41
<i>Tabebuia heptaphylla</i>	12,17	10,20	6,89	0,50

A los 22 años de edad, *P. dubium* presentó un IMA en DAP de 1,48 cm/año, valor muy superior a lo mencionado por Hutchinson (1974) de 0,6 cm/año en bosque nativo. Sin embargo, Carvalho op. Cip., señala un IMA de esta especie de 1,97 cm/año en ensayos en Brasil, en un suelo *Rhodic distrudox*. También Irala op. Cip., reporta IMA de 2,0 cm/año en una plantación de 4 años de edad en Alto Paraná. Le siguen a *P. dubium*, *C. canjerana*, *P. nitens* y *B. riedelianum* con IMA de 0,99, 0,93 y 0,91 cm/año, respectivamente. Por otro lado, *T. alba* presentó el menor IMA en diámetro con promedio de 0,43 cm/año. Hutchinson op. Cip., menciona valores un tanto inferiores (0,6 y 0,7 cm/año) de IMA en DAP en bosque nativo para *P. nitens* y *B. riedelianum*. Para *C. fissilis* y *T. heptaphylla* se encontraron valores de IMA de 0,72 y 0,55 cm/año respectivamente; estas cifras se aproximan a lo mencionado por Hutchinson op. Cip. que reportó 0,69 y 0,47 cm/año, respectivamente, en bosque nativo. Entre los seis y siete años, *P. dubium*, *P. nitens* y *C. fissilis*, alcanzaron el máximo IMA en diámetro, mientras que las otras especies a los cinco y seis años de edad (Fig. 1).



**FIGURA 1. Incremento Medio Anual (IMA) en Diámetro.**

Como se mencionó, fue seleccionado en forma aleatoria *C. canjerana* para relacionar la curva del IMA con el ICA. Se aprecia que la curva del ICA le corta al IMA aproximadamente a los cinco años de edad, momento en que se produjo el máximo incremento medio anual en diámetro de dicha especie (Fig. 2).



**FIGURA 2. Incremento Corriente Anual (ICA) e Incremento Medio Anual (IMA) en Diámetro (DAP) de *C. canjerana*.**

Entre 1987 y 1989 *C. canjerana* ya había registrado una disminución sustancial en el IPA, de 2,57 cm/año en el periodo anterior pasó a tan solo 1,4 cm/año. También en *A. cearensis* y *T. heptaphylla* se observó este comportamiento. *P. nitens* arrojó el máximo IPA en el periodo 1987-1989 con promedio de 1,89 cm/año.

En todas las especies se observó un buen IPA en diámetro en los primeros periodos considerados, con un promedio de 1,96 cm/año en el primer periodo (1985 - 1987) y 1,33 cm/año en el segundo periodo (1987-1989). Estos incrementos fueron disminuyendo gradualmente con el correr del tiempo, aunque también algunas especies registraron un aumento leve en el incremento después de un cierto periodo, que es un comportamiento no usual, debido probablemente al raleo natural ocurri-

do en el rodal por efecto de la competencia, ya que se observaron algunos individuos muertos en la parcela (Fig. 3).

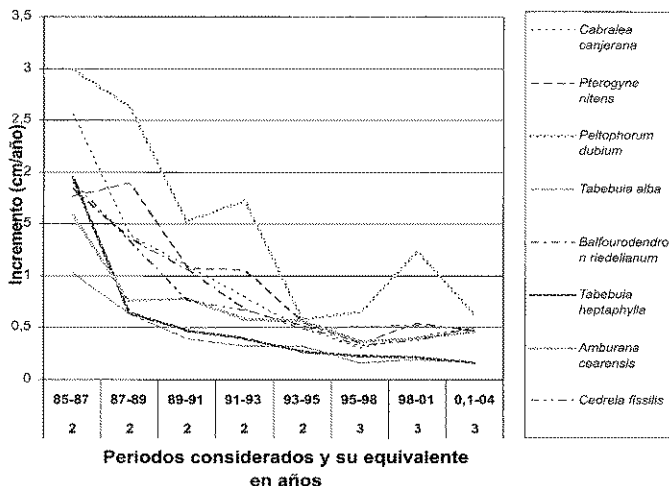


FIGURA 3. Incremento Periódico Anual en Diámetro.

En cuanto a la Altura Total, la especie con mayor crecimiento fue *P. dubium* con 18,37 m seguido por *B. riedelianum*, *P. nitens* y *C. canjerana* con 14,48 m, 13,82 m y 12,36 m, respectivamente. *T. alba* presentó el menor crecimiento en este parámetro con 9,0 m (Tabla 2).

Considerando el IMA en altura, *P. dubium* 0,84 m/año. Carvalho op. Cip., en ensayos experimentales encontró hasta 1,60 m/año de IMA en altura total de esta especie. En el Alto Paraná Irala op. Cip., menciona un IMA de 1,5 m/año en altura de esta especie en una plantación de 4 años de edad, valor muy alto comparado a lo encontrado en este estudio. Esta diferencia tal vez se deba al rápido crecimiento inicial de *P. dubium*. Le siguen *B. riedelianum*, *P. nitens* y *C. canjerana* con IMA de 0,66, 0,63 y 0,56 m/año, respectivamente. La especie con menor IMA en altura total fue *T. alba* con 0,40 m/año (Tabla 2). Según López *et al.* (1987), esta especie es adecuada para suelos profundos y húmedos. La misma es considerada de crecimiento lento en plantaciones a campo abierto (Carvalho op. Cip). Las especies con mayor altura manifiestan las mejores posibilidades de desarrollarse, teniendo en cuenta que forman parte del estrato superior y poseen mejor arquitectura de copa; mientras que las de menor altura son menos vigorosas y se encuentran ya relativamente suprimidos por los individuos del estrato superior por efecto de la competencia.

En Altura de Fuste *P. dubium* registró 11,32 m, seguido por *P. nitens*, *B. riedelianum* y *C. canjerana* con 9,97 m, 9,32 m y 6,97 m, respectivamente. La de menor crecimiento en este parámetro fue *A. cearensis* con 5,8 m.

Según López *et al.* (1987), *B. riedelianum* presenta un crecimiento lento a moderado con incremento en altura de 0,5 a 1,25 m/año, el valor encontrado en este trabajo

está dentro del rango mencionado. En estudio de enriquecimiento realizado en la Estación Experimental de Choré (San Pedro), Quinteros op. Cip., encontró un IMA en altura de 1,0 m/año y 0,91 m/año, plantadas en fajas de 2 y 4 metros.

El promedio de Área Basal individual de la parcela fue de 0,032 m<sup>2</sup>. El mayor valor alcanzó *P. dubium* con 0,0894 m<sup>2</sup>, se estima que dentro de la parcela estudiada existe aproximadamente 4,11 m<sup>2</sup>, para la misma especie, que representa el 30,71 % del total de área basal de la parcela. El área basal total<sup>1</sup> de la parcela fue de 13,39 m<sup>2</sup>, que corresponde aproximadamente a 22 m<sup>2</sup>/ha<sup>2</sup> (Tabla 3).

TABLA 5. Valores de área basal a los 22 años de edad.

Especies	Área basal promedio (m <sup>2</sup> /árbol)	Área basal total dentro de la parcela (m <sup>2</sup> )
<i>Cabralea canjerana</i>	0,0402	2,2110
<i>Pterogyne nitens</i>	0,0352	2,3936
<i>Peltophorum dubium</i>	0,0894	4,1124
<i>Tabebuia alba</i>	0,0077	0,2849
<i>Cedrela fissilis</i>	0,0214	1,2840
<i>Balfourodendron riedelianum</i>	0,0346	1,6608
<i>Amburana cearensis</i>	0,0159	1,0653
<i>Tabebuia heptaphylla</i>	0,0122	0,3782
<b>Total</b>		<b>13,3902</b>

La especie con segundo mayor promedio en Área Basal fue *C. canjerana* con 0,0402 m<sup>2</sup>, ocupando alrededor de 2,21 m<sup>2</sup> (16,51 %) de la parcela estudiada. *P. nitens* ocupa el 17,87 % del total de área basal de la parcela, que representa aproximadamente 3,91 m<sup>2</sup>/ha, con un promedio de 0,0352 m<sup>2</sup>. La especie con menor área basal fue *T. alba* con 0,0077 m<sup>2</sup>.

El Volumen Total de Fuste de la parcela fue de 93,9123 m<sup>3</sup>, que representa alrededor de 153,7 m<sup>3</sup>/ha.

El mayor volumen promedio en fuste alcanzó *P. dubium* con 0,7861 m<sup>3</sup>. Se estima que dentro de la parcela existe aproximadamente 36,1606 m<sup>3</sup> de madera de esta especie, que representa el 38,50 % del total de volumen de fuste.

<sup>1</sup> Esta área basal total de la parcela es sin considerar a las especies excluidas del estudio, y se determinó teniendo en cuenta el promedio de área basal por especie y el total de individuos por especie presentes en la parcela.

<sup>2</sup> Los valores por hectárea mencionados, tanto para área basal y volumen de fuste son estimados teniendo en cuenta la cantidad total por parcela de cada parámetro y la superficie de la parcela.

**TABLA 4. Valores de Volumen de Fuste a los 22 años de edad.**

Especies	Volumen de fuste promedio (m <sup>3</sup> /árbol)	Volumen de fuste total dentro de la parcela (m <sup>3</sup> )	IMA (m <sup>3</sup> /árbol/año)
<i>Cabralea canjerana</i>	0,2364	2,2110	0,0107
<i>Pterogyne nitens</i>	0,2422	2,3936	0,0110
<i>Peltophorum dubium</i>	0,7861	4,1124	0,0357
<i>Tabebuia alba</i>	0,0361	0,2849	0,0016
<i>Cedrela fissilis</i>	0,1378	1,2840	0,0063
<i>Balfourodendron riedelianum</i>	0,2450	1,6608	0,0111
<i>Amburana cearensis</i>	0,0757	1,0653	0,0034
<i>Tabebuia heptaphylla</i>	0,0595	0,3782	0,0027
<b>Total</b>		<b>93.9123</b>	

La especie con menor promedio en Volumen de Fuste fue *T. alba* con 0,0361 m<sup>3</sup>, seguido por *B. riedelianum* con 0,245 m<sup>3</sup>.

El IMA en Volumen de Fuste a los 22 años de edad fue 4,26 m<sup>3</sup>, que representa un IMA de alrededor de 7 m<sup>3</sup>/ha/año. El mayor IMA en volumen de fuste alcanzó *P. dubium* con 0.0357 m<sup>3</sup>/árbol/año. Brack & Weik op. Cip., mencionan que esta especie en Paraguay puede alcanzar 0,05, 0,086 y 0,052 m<sup>3</sup>/árbol/año, para 20, 28 y 40 años, respectivamente. El segundo mayor IMA presentó en Volumen de Fuste *B. riedelianum* con 0,0111 m<sup>3</sup>/árbol/año, este valor es inferior a lo citado por Brack & Weik op. Cip., que señalan 0,025 m<sup>3</sup>/árbol/año. Por otro lado, *T. alba* presentó el menor IMA en Volumen de Fuste con 0,0016 m<sup>3</sup>/árbol/año (Tabla 4).

En cuanto al Factor de Forma, *C. canjerana* y *C. fissilis*, las dos especies de la Familia *Meliaceae*, arrojaron mejor Factor de Forma con 0,812 y 0,802, respectivamente; por tanto, presentan fustes más cilíndricos que las demás especies estudiadas. La especie con peor Factor de Forma fue *T. heptaphylla* con 0,635 (Tabla 5).

Con relación a la Forma de Fuste, hubo mayor porcentaje de individuos de la Clase 2 (ligeramente torcido) en todas las especies, con un promedio de 73,5 %. Las especies *P. nitens* y *A. cearensis* no presentaron individuos correspondientes a la Clase 1 (rectos). No se encontró individuos de la Clase 4 (muy torcido) en ninguna de las especies. *B. riedelianum* y *T. alba* presentaron mayor porcentaje de individuos de la Clase 1, con 36 % y 32 %, respectivamente (Tabla 5).

En cuanto a la Altura de Bifurcación del Fuste, la mayoría de las especies corresponden a la Clase 2 (bifurcación en el tercio superior del fuste). En menor porcentaje se observaron individuos de la Clase 3 (bifurcado en el tercio medio). Individuos de la Clase 4 (bifurcado en el tercio inferior) se encontraron solamente en *P. nitens* y *P. dubium*. Individuos de la Clase 1 (no bifurcado) apareció con mayor porcentaje en *T. heptaphylla* y *T. alba*, con 52 % y 36 %, respectivamente.

**TABLA 5. Valores de Factor de Forma, Rectitud y Altura de Bifurcación del Fuste, y Dominancia del Tronco Principal.**

Especies	Factor de forma	Rectitud del fuste				Altura de bifurcación del fuste				Dominancia del tronco principal		
		Clase 1	Clase 2	Clase 3	Clase 4	Clase 1	Clase 2	Clase 3	Clase 4	Clase 1	Clase 2	Clase 3
<i>Cabralea canjerana</i>	0,812	24	68	8	0	4	80	16	0	52	48	0
<i>Pterogyne nitens</i>	0,703	0	72	28	0	16	64	16	16	20	76	4
<i>Peltophorum dubium</i>	0,738	8	84	8	0	0	56	40	4	20	80	0
<i>Tabebuia alba</i>	0,691	32	64	4	0	52	40	8	0	68	32	0
<i>Cedrela fissilis</i>	0,802	8	92	0	0	24	68	8	0	60	40	0
<i>Balfourodendron riedelianum</i>	0,728	36	64	0	0	20	68	12	0	52	48	0
<i>Amburana cearensis</i>	0,754	0	72	28	0	8	80	12	0	24	76	0
<i>Tabebuia heptaphylla</i>	0,635	20	72	8	0	36	60	4	0	68	32	0

Referente a la Dominancia del Tronco Principal, más del 50 % de los individuos de *C. canjerana*, *T. alba*, *C. fissilis*, *B. riedelianum* y *T. heptaphylla* corresponden a la Clase 1 (dominancia completa del tronco inicial), mientras que más del 70 % de los individuos de *P. nitens*, *P. dubium* y *A. cearensis*, pertenecen a la Clase 2 (dominancia parcial del tronco inicial sobre una rama lateral). Solamente en *P. nitens* se encontró individuos de la Clase 3 (dominancia completa de las ramas laterales).

En cuanto al análisis estadístico del DAP y la altura total, fueron excluidas *P. dubium* y *T. alba*, en tanto que del análisis de Volumen de Fuste, se excluyó a *T. heptaphylla*, además de las especies citadas anteriormente debido a que la prueba de homogeneidad incluídas dichas especies resultó significativo. De este modo, del análisis de variancia para comparar estadísticamente el crecimiento entre las especies dentro la plantación, se excluyeron a dichas especies, resultando homogénea la variancia.

Los valores de cada especie y parámetro analizados fueron expresados en porcentaje. Para el parámetro DAP, el 24% de los individuos de *P. dubium*, excluida del análisis estadístico, muestra diámetros mayores a 40 cm, mientras que las demás especies no alcanzan este valor. Así también en cuanto a la altura total de esta especie, el 32 % de los individuos presentan altura superior a 20 m, valor que solamente se presenta en *B. riedellianum* y en *P. nitens*, pero en muy pequeñas proporciones. En volumen de fuste se mantiene esta tendencia, considerando que aproximadamente el 72 % de los individuos de *P. dubium* registra volúmenes de fuste mayor a 0,4 m<sup>3</sup>, valor observado en *C. fissilis*, *B. riedelianum*, *P. nitens* y *C. canjerana*, pero iguales o menores al 20 %.

En contrapartida, *T. alba*, la otra especie excluida del análisis estadístico, presenta valores individuales que se concentran en los dos primeros estratos de los parámetros mencionados, mientras que esto no se observa en algunas especies, y en otras se presentan en menores proporciones y que no incluyen a todos los in-



dividuos. Fue excluida del análisis estadístico de volumen de fuste, *T. heptaphylla* por el comportamiento similar a *T. alba*, pero solo considerando este parámetro. De acuerdo al Test de Duncan al 99 % de probabilidad, no existen diferencias significativas en el crecimiento diamétrico entre T1: *Cabralea canjerana*, T2: *Pterogyne nitens* y T6: *Balfourodendron riedelianum*, pero las mismas se diferencian significativamente de las demás especies. Igualmente no se observaron diferencias significativas entre T5: *Cedrela fissilis* y T7: *Amburana cearensis*. No existen diferencias significativas entre T7: *Amburana cearensis* y T8: *Tabebuia heptaphylla* al 99 % de probabilidad (Tabla 6).

**TABLA 6. Test de significancia para las medias ordenadas de DAP.**

Medias	T1	T2	T6	T5	T7	T8
T8	9,82**	8,25**	7,8**	3,74**	1,39 <sup>ns</sup>	-----
T7	8,43**	6,86**	6,41**	2,35 <sup>ns</sup>	-----	
T5	6,08**	4,51**	4,06**	-----		
T6	2,02 <sup>ns</sup>	0,45 <sup>ns</sup>	-----			
T2	1,57 <sup>ns</sup>	-----				
T1	-----					

ns: no significativo,

\* significativo al 95 % (0.05) de probabilidad,

\*\* significativo al 99 % (0.01) de probabilidad.

Según el Test de Duncan al 99 % de probabilidad no existen diferencias significativas en el crecimiento en altura total entre *B. riedelianum* y *P. nitens* y entre *C. canjerana* y *C. fissilis*. Asimismo no existen diferencias significativas entre *T. heptaphylla* y *A. cearensis* y entre *C. fissilis* y *T. heptaphylla*. También al 99 % no existen diferencias significativas entre *Pterogyne nitens* (vyvra ro): T2 y *Cabralea canjerana* (cancharana): T1; pero, estas mismas especies al 95 % difieren significativamente entre sí (Tabla 7).

**TABLA 7. Test de significancia para las medias ordenadas de altura total.**

Medias	T6	T2	T1	T5	T8	T7
T7	5,40**	4,74**	3,28**	2,50**	1,12 <sup>ns</sup>	-----
T8	4,28**	3,62**	2,16**	1,38 <sup>ns</sup>	-----	
T5	2,90**	2,24**	0,78 <sup>ns</sup>	-----		
T1	2,12**	1,46*	-----			
T2	0,66 <sup>ns</sup>	-----				
T6	-----					

ns: no significativo

\* significativo al 95 % (0.05) de probabilidad

\*\* significativo al 99 % (0.01) de probabilidad.

Según el Test de Duncan al 99 % de probabilidad no se observan diferencias significativas en el Volumen de Fuste entre T6: *B. riedelianum*, T2: *P. nitens*, T1:

*Cabralea canjerana* y T5: *Cedrela fissilis*, los tres primeros tratamientos (T6, T2 y T1) se diferencian significativamente de T7: *A. cearensis*, mientras que T5: *C. fissilis* y T7: *A. cearensis* no difieren significativamente entre sí. Sin embargo a un menor grado de precisión (95% de probabilidad) se pudo observar que T6: *B. riedelianum*, T2: *P. nitens* y T1: *C. canjerana*, difieren significativamente de T5: *C. fissilis* y T7: *A. cearensis*.

**TABLA 8. Test de significancia para las medias ordenadas de Volumen de Fuste.**

Medias	T6	T2	T1	T5	T7
T7	0,169**	0,166**	0,160**	0,062 <sup>ns</sup>	-----
T5	0,107*	0,104*	0,098*	-----	
T1	0,008 <sup>ns</sup>	0,005 <sup>ns</sup>	-----		
T2	0,002 <sup>ns</sup>	-----			
T6	-----				

ns: no significativo

\* significativo al 95 % (0.05) de probabilidad

\*\* significativo al 99 % (0.01) de probabilidad.

## CONCLUSIONES

Las especies con mayor porcentaje de sobrevivencia fueron *Pterogyne nitens* (vyvra ro) y *Amburana cearensis* (trébol) con 73,9 % y 72,8 %, respectivamente

La especie con mayor crecimiento a la edad de 22 años, tanto en Diámetro como en Altura Total y Volumen de Fuste, fue *Peltophorum dubium* (vyvra pyta), con promedios de 32,55 cm 18,37 m y 0,7861 m<sup>3</sup> respectivamente, si bien no fue sometida al análisis estadístico por ser significativo la Prueba de Homogeneidad al incluir esta especie.

En base al análisis estadístico se observó diferencias significativas en el crecimiento en DAP, Altura Total y Volumen de Fuste, al nivel de 99 % de confianza, siendo *Cabralea canjerana* (cancharana) la especie con mayor crecimiento en DAP con 21.99 cm, mientras que *Balfourodendron riedelianum* (guatambú) con 14,48 m y 0,245 m<sup>3</sup> fue la que demostró mayor crecimiento en altura total y en volumen de fuste.

Según el Test de Duncan al 99 % de probabilidad, en crecimiento en DAP no existen diferencias significativas entre *C. canjerana*, *P. nitens* y *B. riedelianum*, pero las mismas estadísticamente difieren de las demás especies consideradas. También al mismo nivel de probabilidad se demostró que no existen diferencias significativas en altura total entre *B. riedelianum* (guatambu) y *P. nitens* y entre este último y *C. canjerana*.

En Volumen de Fuste acorde al mismo test al 99 % de

probabilidad, no se encontraron diferencias significativas entre *B. riedelianum*, *P. nitens*, *C. canjerana* y *Cedrela fissilis* (cedro).

En cuanto a la Forma del Fuste, un alto porcentaje de los individuos de las especies estudiadas presentan fustes ligeramente torcidos y bifurcados en el 1/3 superior. Así mismo más del 50 % presenta una dominancia completa del tronco inicial, a excepción de *P. nitens*, *P. dubium* y *A. cearensis* con más del 70 % de sus ejemplares con dominancia parcial del tronco inicial sobre una rama lateral.-

## LITERATURA CITADA

BRACK, W.; WEIK, J. 1994. El bosque nativo del Paraguay; riqueza subestimada. 2<sup>da</sup> ed. Asunción, PY: DGP/MAG/GTZ. 326 p.

CARVALHO, P. 1994. Especies florestales brasileiras; recomendações silviculturales, potencialidades e usos da madeira. Brasil, BR: Embrapa-CNPQ/SPI. 639 p.

FREESE, F. 1970. Métodos estadísticos elementales para técnicos forestales. México, MX: CRAT, AID. 102 p.

GOMES, F.; BOGGIO, R. 1978. Curso de estadística experimental. Buenos Aires, AR: Hemisferio Sur. 289 p.

HUESPE, H. ; SPINZI, L. ; CURIEL, M. ; BURGOS, S. 1995. Atlas ambiental de la Región Oriental del Paraguay. San Lorenzo, PY: Carrera de Ingeniería Forestal. FCA. UNA. V. 2.

HUTCHINSON, I. D. 1974. Inventario Forestal de Reconocimiento; Proyecto de Desarrollo Forestal y de Industrias Forestales. Roma: FAO.

LOPEZ, G. ; GONZALEZ, E. ; DE LLAMAS. ; MOLINAS, A. ; FRANCO, E. ; GARCÍA, S. ; RÍOS, E. 1995. República del Paraguay; Mapa de reconocimiento de suelos de la Región Oriental. San Lorenzo, PY: MAG. Esc. 1: 500000. Color.

LÓPEZ, J. A. ; LITTLE, E. ; RITZ, G. ; ROMBOLD, J. ; HAHN, W. 1987. Árboles comunes del Paraguay: ñande yvyramata kuera. Asunción, PY: Cuerpo de Paz. 425 p.

MAG (Ministerio de Agricultura y Ganadería, PY); CDC (Centro de Datos para la Conservación). 1990. Áreas prioritarias para la conservación en la Región Oriental del Paraguay. Asunción. PY. 99 p.

SALAZAR, R. ; BOSHIER, D. 1989. Establecimiento y manejo de rodales semilleros de especies forestales prioritarios en América Central. Turrialba, CR, CATIE. 179 p. (Informe técnico N° 148).