

## Crecimiento a lo largo del turno de dos clones del Género *Populus* en cinco marcos de plantación en la localidad de Alberti (Buenos Aires, Argentina)

MARQUINA J.<sup>1</sup>; PALAZZINI D.<sup>2</sup>; BAROTTO J.<sup>3</sup>;

<sup>1</sup>Diag 113 y 61 – La Plata, Buenos Aires Argentina, CP 1900. Profesor Adjunto Catedra de Mejoramiento genético forestal, Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales, Universidad Nacional de La Plata. jmarqui30@gmail.com

<sup>2</sup>Diag 113 y 61 – La Plata, Buenos Aires Argentina, CP 1900. Ayudante Diplomado Catedra de Mejoramiento genético forestal, Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales, Universidad Nacional de La Plata. dinoandres9@gmail.com

<sup>3</sup>Diag 113 y 61 – La Plata, Buenos Aires Argentina, CP 1900. Becario CONICET- Universidad Nacional de La Plata, jbarotto@conicet.gov.ar

### Resumen

El objetivo del trabajo es caracterizar a lo largo de un ciclo de 15 años, la evolución de indicadores de la producción, en *Populus x canadensis* “**Conti 12**” y *Populus deltoides* “Delta Gold” (“**Stoneville 66**”), plantados en la localidad de Alberti (provincia de Buenos Aires, Argentina), en 5 marcos de plantación diferentes (2,5m x 2,5m; 2m x 3,5m; 2,5m x 3,5m; 2,8m x 3,5m, y 3,5m x 3,5m). Se desarrolla en uno de los centros de producción de *Populus* para pasta celulósica de Argentina, con 2 clones de uso habitual, y marcos de plantación tanto modales, como superiores e inferiores en cantidad de plantas por unidad de superficie. El ensayo se plantó en el año 2002, en 3 bloques completos, y parcelas con doble bordura de 36 plantas por bloque (totalizando en el ensayo 108 ejemplares en total para cada combinación de clon y marco). Anualmente se mide a cada ejemplar su perímetro a 1,3m de altura (con cinta milimetrada) y su altura total (con BlumeLeiss); se calculan diámetros a la altura del pecho (**dap**), áreas basales individuales (**Ab**), y sus correspondientes valores medios según combinación de clon y marco de plantación; se calculan densidades de área basal según las combinaciones de clon y marco de plantación. Se ajustan curvas sigmoides de evolución con la edad según clon y marco de plantación de: **dap**, área basal, densidad de área basal, y altura total; se calculan los correspondientes valores de incremento anual medio (**IAM**) según edad. En general “**Conti 12**” presentó a lo largo del ensayo mayores valores de área basal individual y “**Stoneville 66**” de altura. Nunca la culminación de los incrementos anuales medios se produjo a menor edad en “**Conti 12**”; para densidad de área basal se produjo entre los 9 y 11 años para “**Conti 12**”, y entre los 8 y 10 años para “**Stoneville 66**”. Los marcos de plantación correspondientes a menores densidades de plantas (plantas/hectárea) produjeron año a año mayores valores de áreas basales individuales y alturas. Los mayores valores de densidad de área basal se dieron para ambos clones, año tras año, en los marcos 2m x 3,5m y 2,8m x 3,5m. Se prevé realizar la corta final luego de la medición de los 15 años (año 2017), y en una muestra de 100 ejemplares (10 por combinación de marco de plantación y clon) realizar análisis de fuste (en trozas de 1m) para ajustar sigmoides edad-volumen según marco y clon, y funciones de forma y volumen según edad, clon y marco de plantación

**Palabras Clave:** *Populus*, Conti 12, Stoneville 66, marcos de plantación, producción

## Introducción

Dos factores que hacen al crecimiento de los rodales son el material genético y la densidad del rodal. Después de la calidad de sitio, la densidad del rodal es el segundo factor en importancia para la determinación de la productividad de una masa forestal; a su vez, es el principal factor que el silvicultor puede controlar para alcanzar los objetivos de manejo (Daniel *et al.*, 1982).

En rotaciones cortas y sin raleos, la densidad de plantación (número de plantas por unidad de superficie) constituye una decisión determinante en el manejo forestal, afectando el volumen del rodal, el tamaño de las trozas y el turno de corta (Coetzee, 1991). En concordancia, el tamaño medio de un árbol para una edad dada está determinado por el espacio que previamente tuvo disponible para crecer (Área de incidencia) (Clutteret *al.*, 1983).

El marco de plantación describe las distancias entre las plantas (espaciamiento), que se encuentran en los nudos (intersección entre filas e hileras) de una trama generalmente rectangular o cuadrada (López Peña, 2008). Caracteriza la distribución de plantas en el terreno, superando en información a la densidad, variable a la que involucra implícitamente.

En Argentina, la Llanura Pampeana incluye sectores de las provincias de Buenos Aires, La Pampa, Santa Fe y Córdoba. Principalmente en Buenos Aires y acompañada en menor medida por Santa Fe, cuenta con un estimado de 5.000 ha cultivadas con Salicáceas, siendo estas principalmente de álamos (Achinelliet *al.*, 2004). Según los mismos autores, uno de los destinos de estas plantaciones corresponde a producción de pulpa para papel, en establecimientos de Teodelina (Partido de General López, provincia de Santa Fe) y Palentelén (Partido de Alberti, provincia de Buenos Aires).

En estas forestaciones se utilizan principalmente clones de *Populus deltoides* y *Populus x canadensis*. En Teodelina y Palentelén, dos de los clones más utilizados son *P. deltoides* Delta Gold “**Stoneville 66**”, y *P. x canadensis* “**Conti 12**”, con marcos de plantación de 2,5 m x 3,5 m y 2,8 m x 2,8 m (Achinelli, 2006).

El objetivo del trabajo es (todavía en desarrollo) caracterizar a lo largo de un ciclo de 15 años, la evolución de indicadores de la producción, en *Populus x canadensis* “**Conti 12**” y *Populus deltoides* “Delta Gold” (“**Stoneville 66**”), plantados en la localidad de Alberti (provincia de Buenos Aires, Argentina), en 5 marcos de plantación diferentes (2,5mx2,5m; 2mx3,5m; 2,5mx3,5m; 2,8mx3,5m, y 3,5mx3,5m).

## **Materiales y Métodos**

El estudio se realiza en el Establecimiento Forestal María Dolores, ubicado en la localidad de Palentelén, partido de Alberti, Provincia de Buenos Aires, República Argentina (35° 10' S; 60° 15' W; 52 msnm).

La caracterización climática de la zona, según la clasificación de Köppen-Geiger, es Cfa, denominado clima templado lluvioso, sin estación seca y con verano caluroso.

Este tipo climático está definido por temperaturas medias del mes más frío de entre -3 y 19 °C, temperaturas medias del mes más cálido superiores a 22°C y por la no existencia de una estación seca (lluvias uniformes durante todo el año) (Kotteket *al.*, 2006).

La clasificación taxonómica del suelo corresponde a: Hapludol Típico, Limoso fino, mixto, térmico (USDA - SoilTaxonomy V. 2006).

Corresponde a la serie Bragado, que presenta un paisaje de lomas muy suavemente onduladas. La capacidad de uso del mismo es II s, con un índice de productividad de 79,6. Los componentes que conforman la asociación, así como su porcentaje y posición en el terreno son: 1. Serie Bragado, 70% en lomas; 2. Serie Norumbega, 15% en lomas; 3. Serie Henry Bell, 15% en bajos.

Es un suelo profundo y liviano, de aptitud agrícola, que se encuentra en un paisaje suave a suavemente ondulado con relieve normal. Ocupa un relieve de lomas de la Subregión Pampa Arenosa, bien drenado, desarrollado sobre sedimentos loésicos franco arenosos que evoluciona sobre antiguos médanos estabilizados, remodelado en épocas más secas, no alcalino, no salino con pendiente de 0-1 %.

Los clones evaluados son *Populus x canadensis* “Conti 12” y *Populus deltoides* “Delta Gold” (“Stoneville 66”), implantados en el año 2002, mediante estacas de 0,8 m de longitud.

Se analiza el efecto de cinco marcos de plantación diferentes, utilizándose tres repeticiones de parcelas de 100 árboles para cada uno de los marcos. El diseño de parcelas es un cuadrado de 10 filas por 10 hileras. Para el análisis se considera una bordura de dos árboles por lado en cada parcela, por lo que el diseño efectivo sobre el que se trabaja es de 6 filas por 6 hileras.

Los marcos de plantación utilizados son: 2,5mx2,5m; 2mx3,5m; 2,5mx3,5m; 2,8mx3,5m, y 3,5mx3,5m. El tamaño de parcela varía entre 625 m<sup>2</sup> y 1225 m<sup>2</sup>, dependiendo del marco de plantación.

**Tabla 1.** Equivalencias entre marco de plantación, densidad de plantas y área de incidencia.

<b>Marco de Plantación</b> (m x m)	<b>Densidad de plantas</b> (plantas/hectárea)	<b>Área de Incidencia</b> (m <sup>2</sup> /planta)
2,5 x 2,5	1600	6,25
3,5 x 2,0	1429	7,00
3,5 x 2,5	1143	8,75
3,5 x 2,8	1020	9,8
3,5 x 3,5	816	12,25

Anualmente se mide a cada ejemplar su perímetro a 1,3m de altura sobre el nivel del suelo (con cinta milimetrada) y su altura total (con BlumeLeiss).

A partir de los perímetros a la altura del pecho medidos, se calculan los correspondientes **dap** y áreas basales.

En las plantas con más de un eje, se calcula un Área basal única de referencia (suma de las individuales) y su **dap** correspondiente.

$$dap = \sqrt{\frac{4 * Ab_t}{\pi}}$$

**Dónde:**

*dap*: diámetro a la altura del pecho.

*Ab<sub>t</sub>*: área basal total (sumatoria de las áreas basales de losejes)

Como altura de la planta con más de un eje, se toma una altura media de los mismos, ponderada por su correspondiente área basal

$$\text{Altura} = \frac{\sum h_i g_i}{\sum g_i}$$

**Donde:**

$h_i$ : altura del eje i

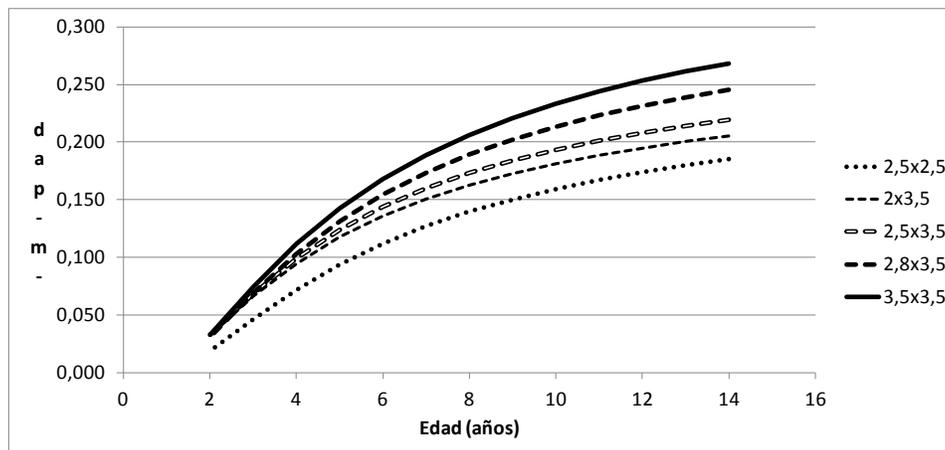
$g_i$ : área basal del eje i

Se suman las áreas basales de los ejemplares existentes en cada parcela (producción total real por parcela) y al resultado se lo divide por 36 (número de ejemplares en parcela completa). A partir de este valor medio de área basal, se calculan los **dap** medios (**dap** medio esperable en una parcela completa)

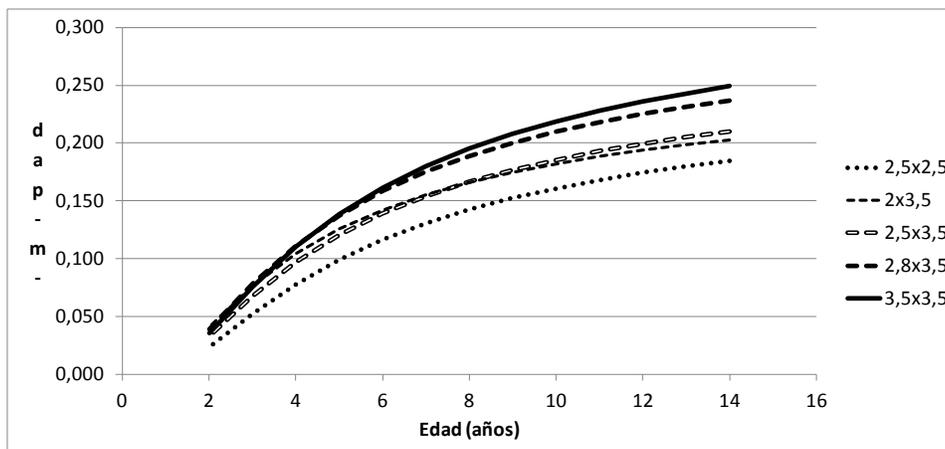
Se calculan valores medios según combinación de clon y marco de plantación para diámetros a la altura del pecho (**dap**), áreas basales individuales, y sus correspondientes; se calculan densidades de área basal según las combinaciones de clon y marco de plantación. Con software StatgraphicsCenturion XV, versión 15.1.02 se ajustan curvas sigmoides de evolución con la edad según clon y marco de plantación para: **dap**, área basal, densidad de área basal, y altura total; se calculan los correspondientes valores de incremento anual medio (**IAM**) según edad.

## **Resultados y Discusión**

Atendiendo a la extensión permitida de esta comunicación se presentan solamente valores y gráficos de **dap** y densidad de área basal. De otros parámetros de producción, se efectúan comentarios y descripciones generales



**Gráfico 1** –*Populus x euroamericana*“Conti 12”, evolución del **dap** con la edad según marco de plantación

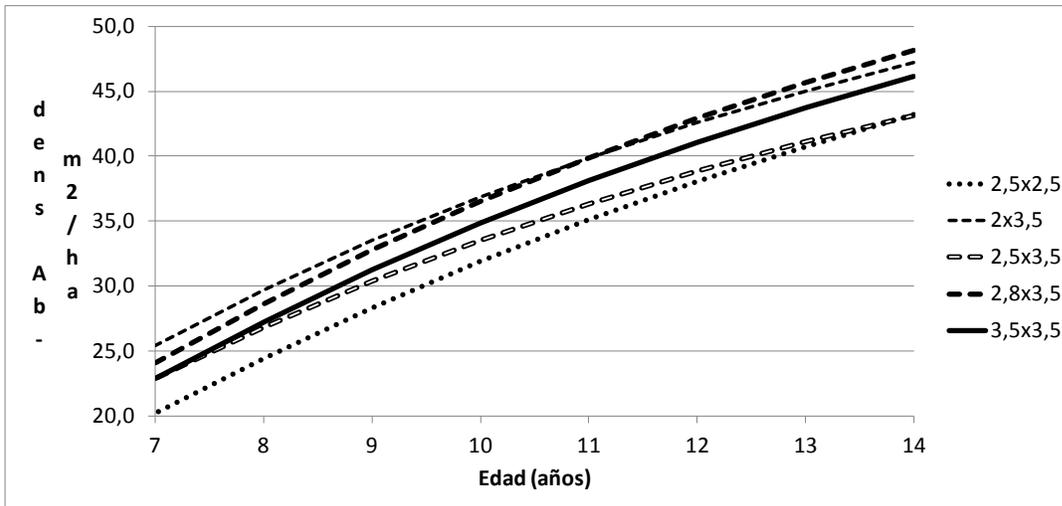


**Gráfico 2** –*Populus deltoides*“Stoneville 66”, evolución del **dap** con la edad según marco de plantación

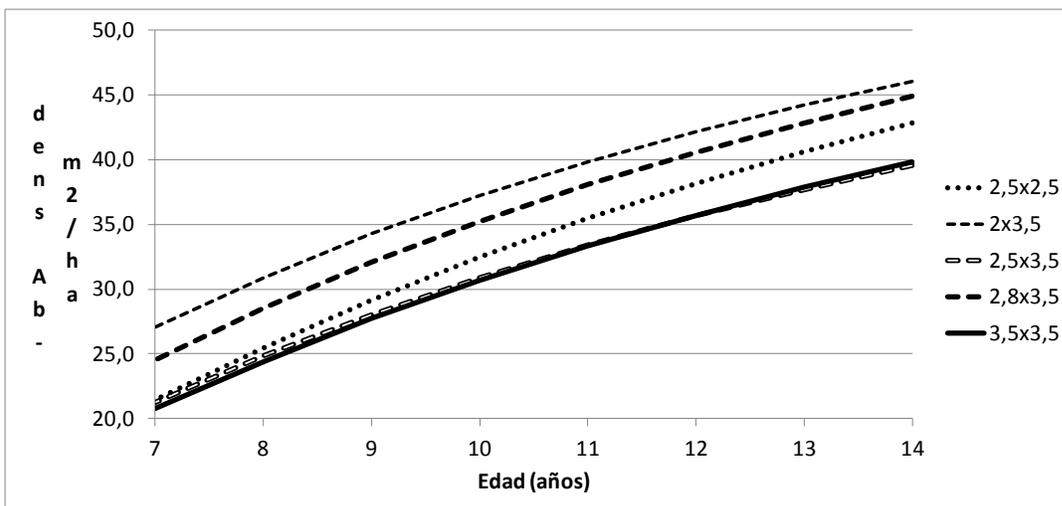
La importancia del indicador **dap**, consiste en ser el parámetro indicador de estado y producción general más usado, por lo cual da acceso a comparaciones y referencias con y de otros trabajos. Los valores presentados pueden ser tomados como referencia para otras plantaciones similares (en edad, clon y marco) para análisis comparativos. Es variable de entrada para generar respuestas de expectativas de rendimiento. Será variable de ingreso (única o combinada) para las funciones de volumen o rendimiento a ajustar

Atendiendo al análisis de los coeficientes de determinación calculados en el ajuste de cada sigmoide, en todos los casos la edad explicó en más de un 85% la variación de **dap** (el 10% restante es mayormente explicado por el desvío estándar propio de la distribución de **dap** para un mismo clon, misma edad y misma área de incidencia)

En general “**Conti 12**” superó anualmente a “**Stoneville 66**”, en todos los marcos de plantación; las diferencias fueron del orden de 1 cm. Los marcos de menor densidad de plantas presentaron mayores valores de **dap** medios.



**Gráfico 3** –*Populus x euroamericana* “**Conti 12**”, evolución de la densidad de área basal (m<sup>2</sup>/ha) con la edad según marco de plantación



**Gráfico 4** –*Populus deltoides* “**Stoneville 66**”, evolución de la densidad de área basal (m<sup>2</sup>/ha) con la edad según marco de plantación

El indicador densidad de área basal es el más consistente en este momento del ensayo en que todavía no se han ajustado funciones de volumen que vinculen este parámetro con clon, edad y marco de plantación; las mismas se ajustarán a la corta del ensayo previsto para el año 2018, cuando se tomarán datos por análisis de fuste. En términos generales, la densidad de área basal se asocia linealmente con el volumen, con lo que se simplifica su interpretación

**Tabla 2** - Incrementos anuales medios (**IAM**) en densidad de área basal según edad, clon y marco de plantación

<b>Conti12</b>					
	marco	marco	marco	marco	marco
<b>Edad</b>	<b>2,5m x 2,5m</b>	<b>2m x 3,5m</b>	<b>2,5m x 3,5m</b>	<b>2,8 mx 3,5m</b>	<b>3,5m x 3,5m</b>
<b>14</b>	3,0843	3,3735	3,0834	3,4401	3,2979
<b>13</b>	3,1331	3,4641	3,1624	3,5123	3,3647
<b>12</b>	3,1707	3,5500	3,2365	3,5753	3,4223
<b>11</b>	3,1914	3,6266	3,3010	3,6237	3,4653
<b>10</b>	3,1873	3,6870	3,3496	3,6493	3,4857
<b>9</b>	3,1470	3,7207	3,3722	3,6400	3,4719
<b>8</b>	3,0545	3,7111	3,3537	3,5784	3,4070
<b>7</b>	2,8875	3,6332	3,2709	3,4385	3,2664
<b>Stoneville66</b>					
	marco	marco	marco	marco	marco
<b>Edad</b>	<b>2,5m x 2,5m</b>	<b>2m x 3,5m</b>	<b>2,5m x 3,5m</b>	<b>2,8 mx 3,5m</b>	<b>3,5m x 3,5m</b>
<b>14</b>	3,0603	3,2914	2,8255	3,2067	2,8437
<b>13</b>	3,1249	3,4023	2,9012	3,2965	2,9128
<b>12</b>	3,1815	3,5137	2,9730	3,3826	2,9765
<b>11</b>	3,2251	3,6226	3,0370	3,4609	3,0304
<b>10</b>	3,2486	3,7235	3,0874	3,5250	3,0684
<b>9</b>	3,2413	3,8082	3,1152	3,5651	3,0809
<b>8</b>	3,1875	3,8626	3,1068	3,5659	3,0539
<b>7</b>	3,0643	3,8639	3,0412	3,5036	2,9659

**Nota:** las celdas sombreadas corresponden a culminaciones del Incremento anual medio

Para ambos clones aparecen como más propicios para la producción (entendiendo como tal a maximizar los valores de producción por ha, por año) los marcos 2m x 3,5m y 2,8m x 3,5m.

“Conti12” supera a “Stoneville66”, en el valor del indicador de producción culminación del IAM de la Densidad de Área basal, en las tres situaciones de menor densidad de plantas

Nunca se produjo a menor edad la culminación del IAM en “Conti12” que en “Stoneville66”

A misma densidad de Área basal es de esperar que produzca mayor volumen útil aquel marco con menor densidad de plantas, y que aumente la eficiencia de cosecha.

La maximización del IAM en la primera rotación no es suficiente para definir los turnos. Debería tenerse en cuenta el número esperado de ciclos para la misma cepa, tener estimaciones de la pérdida de productividad en los turnos posteriores al primero, y maximizar el IAM para el conjunto de rotaciones.

**Tabla 3 – Alturas medias (m) según clon, marco de plantación (mxm) y edad (años)**

Edad	Co12					St66				
	2,5x2,5	3,5x2	3,5x2,5	3,5x2,8	3,5x3,5	2,5x2,5	3,5x2	3,5x2,5	3,5x2,8	3,5x3,5
1	2,1	2,4	2,3	2,3	2,4	2,1	2,7	2,3	2,3	2,4
2	2,9	4,3	4,0	4,0	4,3	3,1	4,8	3,9	4,5	4,3
3	4,9	6,8	6,3	6,6	6,8	5,5	8,2	7,1	8,0	7,4
4	7,2	9,2	8,6	9,2	9,4	8,6	10,9	9,8	11,2	10,9
5	8,9	11,1	10,2	10,9	11,3	10,5	13,0	11,8	13,0	12,9
6	13,5	14,9	14,3	14,9	15,5	14,1	15,1	14,2	15,1	15,4
7	14,7	16,6	15,7	16,7	17,0	16,3	18,6	17,4	19,0	19,2
8	15,5	165,5	16,6	17,4	71,1	17,5	19,3	18,6	20,0	20,3
9	17,9	19,2	19,0	19,8	20,4	20,0	21,8	21,6	22,6	23,3
10	19,3	47,6	20,4	53,8	92,5	21,2	23,2	22,7	24,2	25,0
11	19,6	21,0	20,9	21,7	22,3	21,5	23,4	23,2	24,4	25,3
12	19,8	21,4	21,3	21,9	22,6	21,7	23,5	23,2	24,6	25,4
13	21,5	22,5	22,7	23,3	24,0	23,2	24,6	25,2	26,3	27,1
14	22,5	23,4	23,6	24,2	24,8	22,7	24,6	25,1	26,5	27,0

## Comentarios

En general “**Conti 12**” presentó a lo largo del ensayo mayores valores de área basal individual y “**Stoneville 66**” de altura.

Menores densidades de plantas, se asociaron con mayores alturas medias

Nunca la culminación de los incrementos anuales medios se produjo a menor edad en “**Conti 12**”; para densidad de área basal se produjo entre los 9 y 11 años para “Conti12”, y entre los 8 y 10 años para “**Stoneville 66**”.

Los marcos de plantación correspondientes a menores densidades de plantas (plantas/hectárea) produjeron año a año mayores valores de áreas basales individuales y alturas.

Los mayores valores de densidad de área basal se dieron para ambos clones, año tras año, en los marcos 2mx3,5m y 2,8mx3,5m.

El objetivo final del ensayo es estimar la evolución de medias y desvíos de **dap**, Ab, alturas y volúmenes útiles, según edades, clones en estudio, y los 5 marcos de plantación considerados, en plantaciones que combinen dichas variables de producción.

Para alcanzar dicho objetivo se propone realizar análisis de fuste en 100 ejemplares (10 por combinación de clon y marco)

A partir de la misma se decidirán los modelos y ciclos de mediciones a utilizar para caracterizar la evolución de **dap**, A basal y densidad de A basal según edad, clon y marco de plantación

## Bibliografía citada

- Achinelli, F., G. Denegri & R. Marlats.** 2004. Evolución y perspectivas del cultivo de Salicáceas en la pampa húmeda argentina. SAGPyA Forestal 32: 14-23.
- Achinelli, F.** 2006. Silvicultura de álamos y sauces en la Pampa húmeda. Actas de las Jornadas de Salicáceas 2006. Buenos Aires. Argentina. 21-36.
- Coetzee, J.** 1991. The influence of stand density on the yield of *Eucalyptus grandis*: a comparison between a good site and a poor site at age 4 years. IUFRO Symposium. Intensive Forestry. The role of Eucalypts. Durban, South Africa, 2-6 de septiembre. Vol. 2: 901-916.
- Clutter, J., J. Fortson, L. Pienaar, G. Brister & R. Bailey.** 1983. Timber management: a quantitative approach. John Wiley & Sons. New York. 333 pp.
- Daniel P., U. Helms & F. Baker.** 1982. Principios de Silvicultura. Ed. McGraw-Hill. México DF. 492 pp.

- Kottek, M., J. Grieser, C. Beck, B. Rudolf & F. Rubel.** 2006. World Map of the Köppen-Geiger climate classification updated. *MeteorologischeZeitschrift* 15 (3): 259-263.
- Lopez Peña, C.** 2008. Estudio de la espesura de las masas forestales. Curso de dasometría. Ingeniería Agroforestal. Universidad Politécnica de Madrid. Disponible en: <http://ocw.upm.es/ingenieria-agroforestal/dasometria/contenidos-ocw-2008/>. Último acceso: mayo de 2012