

**DETERMINACIÓN DE LA EDAD Y CRECIMIENTO RADIAL,  
DE *Schinopsis balansae* ENGL. A TRAVÉS DE SOFTWARE  
EMPLEADOS EN SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA.**

Bedrij, Natalia Alejandra, Fornaso Davico, Ma. Guadalupe Grance, Luis

<sup>1</sup> Estudiante de Ing. Forestal. Facultad de Ciencias Forestales. Universidad Nacional de Misiones. nabedrij@gmail.com; tel. (+54)03751 15443484. Colón 30 km 9, (CP 3380), Eldorado Misiones, Argentina.

## RESUMEN

El presente trabajo tiene como objetivo determinar la edad y el crecimiento radial a través del análisis de una sección transversal del tronco de un ejemplar *Schinopsis balansae* Engl, "quebracho colorado", obtenida en la zona de Roque Saenz Peña, Chaco. Se procedió al acondicionamiento de la muestra y a la posterior determinación y conteo de los anillos de crecimiento mediante la utilización de un software de SIG. Los resultados obtenidos con respecto a la edad se determinaron que el individuo tenía, al momento de su corta, 66 años. El promedio del incremento medio anual en sección transversal (IMA) calculado, en este trabajo para 57 años, fue de  $4.256,65\text{mm}^2$ , mientras que el incremento corriente anual (ICA) fue de  $5.156,94\text{mm}^2$ . El incremento radial promedio por año fue de  $4,88\text{mm/año}$ , con un desvío estándar de  $2,44\text{ mm/año}$ . El modelo de crecimiento en sección transversal que mejor se ajusta es el de Schumacher presentando un coeficiente de determinación  $R^2$  de 0,999 y un error estándar de  $2.500,23\text{mm}^2$ .

**Palabras claves:** *Schinopsis balansae*, software de SIG, Saenz Peña Chaco, crecimiento, modelos de crecimiento.

## SUMMARY

This work aims at determining age and growth in radio through analysis a cross section of the trunk of an exemplary *Schinopsis balansae* Engl, "quebracho colorado" obtained in the area of Roque Saenz Peña, Chaco. It proceeded to sample conditioning and later identification and counting of the growth rings through the use of software SIG. The results obtained respects to age were that the individual had 66 years at the time of cutting. The annual average increase in transversal section (IMA) calculated in this work for 57 years was  $4.256,65\text{ mm}^2$ , while the annual flow increase (ICA) was  $5.156,94\text{mm}^2$ . Average radius increase per year was  $4,88\text{ mm/year}$ , with a deviation standard of  $2,44\text{ mm/year}$ . The growth model that better fit to the cross section is Schumacher, which presents a determination coefficient  $R^2$  of 0,999 and a standard error  $2.500,23\text{mm}^2$ .

**Keywords:** *Schinopsis balansae*, GIS software, Saenz Peña Chaco, growth, growth model.

## INTRODUCCIÓN

El Quebracho colorado santiagueño (*Schinopsis quebracho-colorado* Schlecht) es la especie económicamente más importante del bosque del Chaco semiárido (BRASSIOLLO *et al.* 2000). Esta especie pertenece a la familia de las Anacardiaceae.

*Schinopsis balansae* Engl. Se debe llamar simplemente “quebracho colorado” por ser la especie de mayor importancia tánica; también se llama “quebracho colorado chaqueño”, “quebracho chaqueño” y “quebracho santafecino” teniendo en cuenta su procedencia (TORTORELLI. 2009).

Árbol que mide unos 25 metros de altura y uno 1,5 metros de diámetro, tronco recto, corteza castaño-grisácea con surcos que la dividen en placas cuadrangulares características, que permiten su identificación en el bosque. Albura de color blanco-rosado y duramen castaño-rojizo, cuando está expuesto al aire; generalmente no posee olor, sin embargo en algunos casos, como ser maderas muy rojizas presenta olor astringente. Es una madera muy pesada; su densidad es 1.250 kg/m<sup>3</sup> y bastante dura lo que conforma los caracteres que la hacen más difícil de trabajar. Es leño de porosidad difusa, poros pocos visibles a simple vista. Anillos de crecimiento muy estrechos y pocos notables (TORTORELLI. 2009).

El Chaco Argentino es la región fitogeográfica cubierta por bosques, más extensa de la Argentina. El recurso forestal es su principal fuente de riqueza y se encuentra en un estado de alarmante deterioro (GIMÉNEZ y RÍOS. 1999).

La distribución geográfica de la especie en el Chaco, está relacionada fundamentalmente con el régimen pluviométrico, encontrándose en la región oriental húmeda del Chaco (ALTAMIRANDA y MARTINEZ. 2008).

La primera actividad económica del Chaco fue forestal. La industria del quebracho se localiza en nuestro país como consecuencia del descubrimiento, en 1850 por un grupo de técnicos curtidores franceses y alemanes, de las bondades que ofrecía el tanante obtenido a partir de árbol de quebracho. El cual contiene el 31% de materia tánica. La industria del tanino mantuvo un sistema de economía extractiva sin que se fomentaran otras actividades productivas, lo que puso en riesgo la existencia de las especies por lo que es importante conocer su dinámica de desarrollo y su evolución en el ecosistema.

En el año 1956 la Nación declaró al *Schinopsis balansae* Engl como Árbol Forestal Nacional a través del decreto N° 15.100/56 (Boletín TINKUNAKU. 2006) y en el año 1996 la provincia emitió el decreto N° 346/96 Declarase Árbol Provincial.

## OBJETIVO GENERAL

- Estudiar el crecimiento radial, de un ejemplar de *Schinopsis balansae* Engl.

## OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Determinar la edad del ejemplar.
- Determinar los incrementos en sección transversal (ICA, IMA),
- Ajustar y evaluar el crecimiento en sección transversal y el ICA, empleando modelos matemáticos.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Se utilizó la sección transversal de un ejemplar de Quebracho colorado, cortado a 1,30 m de altura, en el año 2004. Proviene del departamento Comandante Fernández, de la Provincia de Chaco, Argentina. El individuo estudiado se encontraba a la orilla del camino en forma natural, dentro de una vegetación denominada capuera (monte secundario).

De acuerdo a la clasificación realizada por Ángel L. Cabrera (1976) el árbol se encontraba en la región fitogeográfica denominada "Provincia Chaqueña Distrito Chaqueño Oriental", Comunidad Climática de Bosques de "Quebracho Colorado" y "Quebracho Blanco", en la siguiente coordenada geográfica 26° 47' 07,48" Latitud Sur y 60° 22' 34,13" Longitud Oeste.

Según la clasificación climática de Köppen, el sitio de recolección de la muestra, corresponde al tipo "Cfa". Se caracteriza por presentar temperaturas del mes más frío menores de 18 °C y superiores a -3 °C y la del mes más cálido es superior a 10°C.

Los suelos en esa zona se encuentran en el área geomorfológica "Sáenz Peña", "Bloque 3" Serie "Chaco" se caracterizan por presentar lomas medias con vegetación pajonal, pastizal y gramillar. Suelos agrícolas con pocas restricciones excepto su susceptibilidad a erosionarse y sectores con drenaje imperfecto (INTA, 2000)

La primera etapa consistió en el acondicionamiento del tronco, para su posterior conteo de anillos de crecimiento. Este se logró mediante el pulido de la parte transversal con papel de lija de diferentes granulometrías (desde el nº 80 al 1500), hasta lograr una superficie lisa que permitió la visualización de los tejidos, para el estudio dendrocronológico.

El conteo de los anillos de crecimiento se realizó en un software de Sistemas de Información Geográfica (GIS). Este es un método poco usual pero con más precisión que el método tradicional usado para el conteo de anillos de crecimiento. El método utilizado en este trabajo consta de la obtención de una fotografía con cámara digital Marca Leaf modelo aptus 2 de 56 megapíxeles con un objetivo de 55 mm, la cual abarcó la totalidad de la tora.

Con la imagen definitiva se procedía a una referenciación métrica de forma que al abrirla en el Sistema de Información Geográfica las unidades correspondieran exactamente con las reales de la sección, para ello se utilizaba como referencia la escala milimétrica incluida en la imagen. De esta forma tanto las distancias longitudinales como las superficies tendrían medidas reales. (CUADROS TAVIRA *et al.* 2005)

A continuación, se procedió a la marcación de los anillos de crecimiento. La referencia utilizada para identificar los límites entre los anillos fue una delgada y tenue línea de parénquima marginal, presente en la especie (TORTORELLI, 2009). (Aquí Figura N°1)

El siguiente paso consistió en generar sobre la imagen raster una "capa o layer" del tipo vectorial en forma de "líneas", superponiéndolas con el parénquima axial marginal. La marcación del final de cada anillo de crecimiento dio como resultado el conjunto de líneas concéntricas desde el centro de la tora hasta la periferia. Dado que la muestra no presentaba la albura en forma continua, por degradación que tuvo en el tiempo, solo se utilizó para el cálculo de crecimiento los anillos que corresponden al duramen.

Cada línea es vinculada a una base de datos donde se hace constar el año a la que corresponde. Una vez obtenidas todas las líneas concéntricas, el "layer" fue exportado al software Oziexplorer (programa para navegadores GPS que usa mapas) a los efectos de convertir las líneas en polígonos concéntricos, generando una nueva capa.

Posteriormente, se exportó los polígonos al software de Gis como un nuevo "layer" y sobre éste, el software calcula la superficie correspondiente a cada uno de los anillos de crecimiento. Al mismo tiempo se vincula a la misma base de datos de las líneas; estos valores permiten obtener la superficie de la sección transversal del tronco, y los incrementos.

Los datos generados fueron trasladados a una planilla de cálculos de formato compatible, para realizar el procesamiento de los mismos en donde se obtuvieron una serie ordenada cronológicamente de datos de edad, crecimiento en sección transversal (G) medida en  $\text{mm}^2$ , incremento medio anual (IMA) en sección transversal medida en  $\text{mm}^2/\text{año}$ , incremento corriente anual (ICA) en sección transversal medida en  $\text{mm}^2/\text{año}$ .

Se considero como variable dependiente a la superficie de la sección transversal (G) y como variable independiente a la Edad de cada anillo (E). (PRODAN, *et al.* 2007)

(Aquí tabla N°1)

El ajuste de los modelos se realizó con un software estadístico, que permite ajustar funciones por el método de regresión.

Para evaluar los ajustes, se comparan los resultados de precisión entre los modelos de crecimiento planteados, tomando como indicadores el coeficiente de determinación ( $R^2$ ), el coeficiente de determinación ajustado ( $R^2_{aj}$ ) y el error estándar de la estimación ( $S_{yx}$ ). (MASON, *et al.* 2000)

## RESULTADOS

Al no contar con la rodaja entera de *Schinopsisbalansae* se obtuvieron 57 anillos completos en el duramen y 9 en la porción que aún queda de la albura. Haciendo un total de 66 anillos. Por lo cual, se puede estimar que el año de plantación de ejemplar fue en el 1939.

El Incremento Corriente Anual fue respondiendo lentamente en los primeros 6 años. Desde el año 15 hasta el año 26 presenta un crecimiento abrupto exponencial. Desde este año hasta su final mantuvo valores altos y bajos en lo que respecta a su crecimiento. Se produjo en dos oportunidades picos sobresalientes en el Incremento Corriente Anual correspondiendo al año 29 un ICA de 10.269,61 mm<sup>2</sup> y en el año 51 un ICA de 10.107,97 mm<sup>2</sup>.

Con respecto al Incremento Medio Anual se manifestó que al inicio de su vida el individuo tuvo, hasta los 6 años, un incremento medio anual de 106,66 mm<sup>2</sup>, el crecimiento radial para este período fue de 3,79mm/año. La curva presentó un comportamiento creciente entre los 15y 26 años, con incrementos de 512,14 mm<sup>2</sup>y 2.998,37 mm<sup>2</sup> respectivamente; el crecimiento promedio radial para este período fue de 8,43 mm/año. A partir de ahí, el crecimiento, comienza a decrecer, teniendo un crecimiento promedio radial de 4,43mm/año;hasta tornarse una curva constante con un crecimiento promedio radial igual a 3,29 mm/año. Coincidiendo esta curva, con el comportamiento que presenta la curva del ICA.

(Aquí gráfico N°1)

Según el estudio realizado por GIMENEZ y RÍOS (1999) el espesor medio de los anillos fue de 2,19 mm y una desviación estándar de 0,51mm. En un trabajo similar realizado por ALTAMIRANDA y MARTINEZ (2008) se observaron valores de incremento de espesor de anillos entre 0,50mma 3,40mm.Con respecto a nuestro análisis, se obtuvo un incremento promedio radial de4,88mm/año,con un desvío estándar de 2,44mm/año.

Se ajustaron varias funciones a los efectos de ver si el comportamiento del crecimiento en sección transversal, respondía a algún modelo biológico empleado en las Ciencias Forestales.

Losmodelos que se utilizaron para calcular este ajuste fueron la función polinómicas de tercer grado,el modelo de Schumacher, elmodelo de Chapman y Richards y el modelo de Bertalanffy.

(Aquí tabla N°2)

Con respecto a los valores de precisión obtenidos se observan que los R<sup>2</sup>logrados para los modelos son muy similares entre si, pero al analizar los valores del error estándar de la estimación y el R<sup>2</sup>aj podemos apreciar que la función que mejor se ajustó para relacionar esta dos variables es la presentada por Schumacher, con un R<sup>2</sup> de 0,999, con un R<sup>2</sup> ajustado de 0,999 y un error estándar de 2.500,93mm<sup>2</sup>. El valor R<sup>2</sup> indica que el 99,9 % de la variación de la sección transversal fue explicada por la función mencionada.

La distribución de los valores crecimiento en sección transversal observados fueron representados a través de la curva que presentó el mejor ajuste:el modelo de Schumacher.

(Aquí gráfico N°2)

Los valores observados presentan un comportamiento similar al modelo seleccionado.Sin embargo, la distribución de los residuos, respecto a la variable

considerada, se puede visualizó que no existe una homogeneidad en la distribución de los mismos.

(Aquí gráfico N°3)

Se procedió al ajuste de los valores estimados mediante el modelo  $ICA = b_0 * E^{b_1} * Exp(b_2 * E)$  por medio del método de regresión (ICA est), el cual responde a la siguiente ecuación:  $ICA = 2,585505 * E^{3,045983} * Exp(-0,085677 * E)$

Como matemáticamente la variable ICA es la derivada de la curva de crecimiento (ICA der), se realiza además la curva obtenida con esta ecuación:

$$ICA = (737745 * (63,906) * Exp(-63,906/E)) / E^2$$

Luego se comparo la dispersión de los residuos presentados por el ICA estimado y el ICA derivado, para la ecuación:

$$ICA = 2,585505 * E^{3,045983} * Exp(-0,085677 * E) \text{ respectivamente.}$$

Luego se comparo la dispersión de los residuos presentados por el ICA considerando la derivada de la función de Schumacher en relación al ICA observado.

Al observar los resultados obtenidos se identifica que existe para las 2 ecuaciones una falta de homogeneidad en la dispersión de los valores, mostrando la función derivada de Schumacher menor variabilidad.

## **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

Los resultados obtenidos con respecto a la edad fue que el individuo poseía 66 años al momento de la corta, por lo que se concluye que el año de plantación de dicho individuo fue en 1939.

La adecuación del software de GIS, nos permite trabajar de manera precisa en trabajos de dendrocronología en comparación a técnicas convencionales de medición de anillos, ya que los caracteres con los cuales se trabajaron son visualizados con un mayor nivel de detalles en este tipo de estudio, siempre y cuando los anillos de crecimiento se manifiesten por la presencia de leño temprano y tardío, porosidad circular o la presencia de parénquima marginal.

En base a las curvas de ICA e IMA se observa que en los primeros años el crecimiento fue lento, desde el 15 año hasta el 26 año representaron un crecimiento abrupto exponencial. A partir del 27 año el crecimiento comienza a decrecer hasta tornarse una curva constante. Este comportamiento se podría evaluar en estudios posteriores.

Con respecto al crecimiento presentado por el ejemplar, se concluye que el mismo presenta un mejor ajuste al modelo de crecimiento de Schumacher con respecto a los otros modelos analizados. Sin embargo, para otros individuos de esta misma especie, se podrían obtener otros modelos de crecimiento que brinden mejores ajustes.

Para realizar estudios de crecimiento con esta metodología, se recomienda obtener más información a través de un mayor número de muestra obtenidas de distintos individuos o del mismo individuo a distintas alturas.



## **AGRADECIMIENTOS**

Se le agradece al señor AZNAR Carlos, por ceder la muestra del ejemplar de Quebracho colorado. A los señores GONZALEZ Lucio, GAUTO Juan José, QUEZADA Juan Mauricio, LORÁN Tobias y ALTAMIRANDA Ana, por las predisposiciones brindadas para la realización de este trabajo.

## BIBLIOGRAFÍA

- ALTAMIRANDA, A.; MARTINEZ, O. 2008. Dendrocronología en "*Schinopsis balansae Engl.*". "Tesina". Facultad de Ciencias Forestales – Universidad Nacional de Misiones. Pág. 1-17.
- BOLETÍN TINKUNAKU. 2006. Unidades de información especializadas en ciencias agropecuarias. Año X. vol.73. Agosto 2006 ISSN 1666-5937
- BRASSIOLO M. M.; POKORNY B. 2000. Crecimiento de plantas jóvenes quebracho colorado santiagueño. Revista quebracho VIII. Pág. 64-69. ISSN 0328-0543.
- CABRERA, A. 1976. Regiones fitogeográficas argentina. Enciclopedia Argentina de Agricultura y Jardinería. Tomo II. Ed. ACME. Fascículo 1. Página 85.
- CUADROS TAVIRA S.; RAMIREZ GARCÍA A.; ABELLANAS OAR B. 2005. Epidometría, basada en análisis de imagen y apoyada en un SIG. Acta de la reunión de inventario y Teledetección Forestal. Cuad. Soc. Esp. Cienc. For. Vol. 19. Pág. 85-89. ISSN 1575-2410
- GIMENEZ A. y RIOS N. 1999. Crecimiento de *Schinopsis quebracho-colorado* (SCHLECHT.) BARKL. ET MEYER, anacardiácea. Maderas y Bosques, vol 5. Número 002. Xalapa. México. Pág. 35-51. ISSN 1405-0471.
- MASON; LIND; MARCHAL. 2000. Estadística para Administración y Economía. Editorial Alfaomega. Décima edición. Argentina. Pág. 106-460.
- PRODAN; PETERS; REAL. 1997. "Mensura forestal". Editorial Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA), Costa Rica. Pág. 586
- TORTORELLI. 2009. Maderas y Bosques Argentinos. Editorial Orientación Gráfica Editora SRL. Argentina. Pág. 516 a 532.

## **ABREVIACIONES**

SIG: Sistema de información Geográfico

IMA: Incremento medio anual

ICA: Incremento corriente anual

G: superficie de la sección transversal

E: Edad de cada anillo

$b_0$ ;  $b_1$ ,  $b_2$  y  $b_3$ : coeficiente de las ecuaciones.

$R^2$ : coeficiente de determinación

$R^2$  aj: coeficiente de determinación ajustado

Syx: Error estándar de la estimación

## Gráficos y Figuras

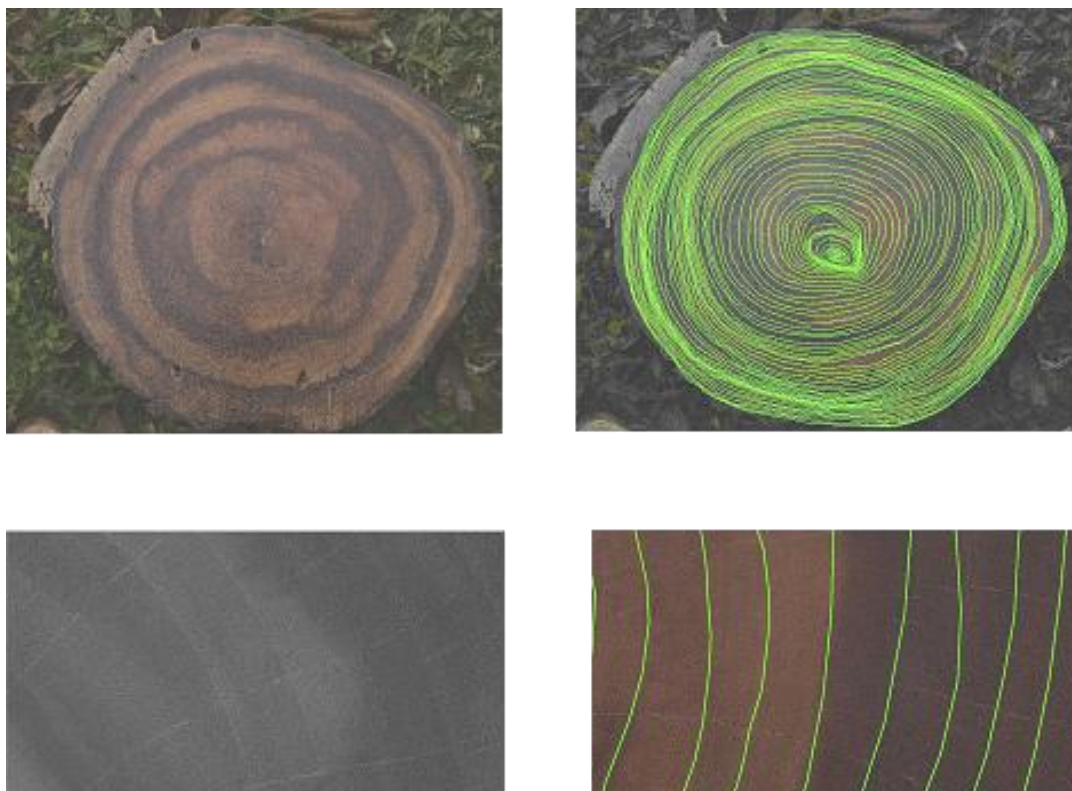


Figura 1: Fotos de la muestra con la marcación de los anillos de crecimiento

Tabla 1: Modelos de crecimiento evaluados

Modelos	
Polinómica	$G=b_0 \cdot E^3 + b_1 \cdot E^2 + b_2 \cdot E + b_3$
Shumacher	$G=b_0 \cdot \text{Exp}(-b_1/E)$
Chapman y Richards	$G=b_0 \cdot (1-\text{exp}(-b_1 \cdot E))^{b_2}$
Bertalanffy	$G=b_0 \cdot (1-\text{Exp}(-b_1 \cdot E))^3$

Tabla 2: modelos de crecimiento y estimadores de precisión

	$R^2$	$R^2$ Aj	$S_{xy}$
Polinómica	0,998	0,997	3754,37
Shumacher	<b>0,999</b>	<b>0,999</b>	<b>2500,93</b>
Chapman y Richards	0,998	0,998	3263,42
Bertalanffy	0,876	0,872	29147,10

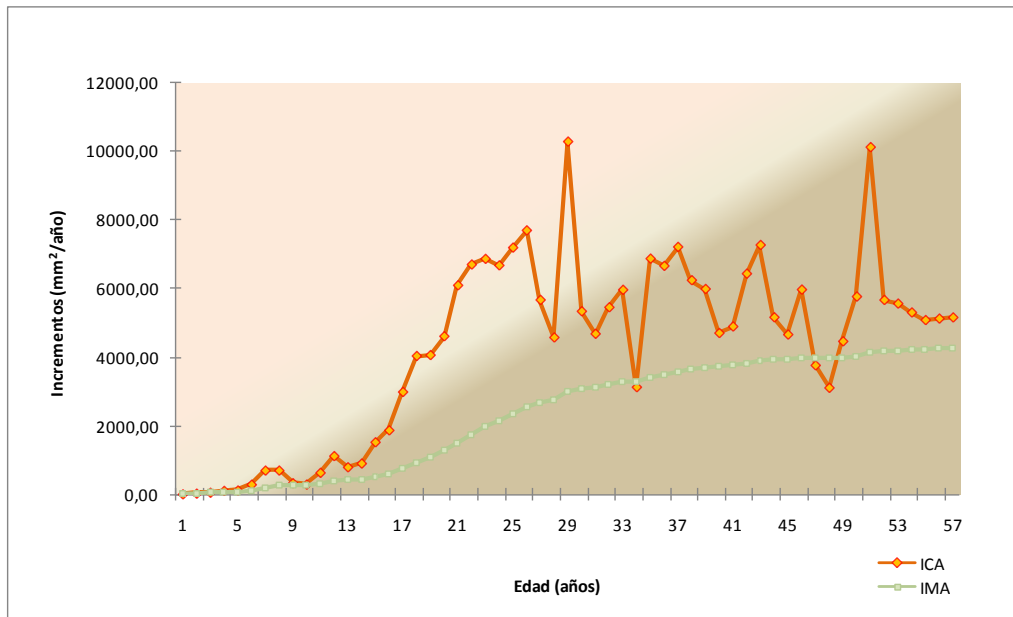


Gráfico N° 1: Relación entre IMA e ICA. Curvas de incrementos en sección radial

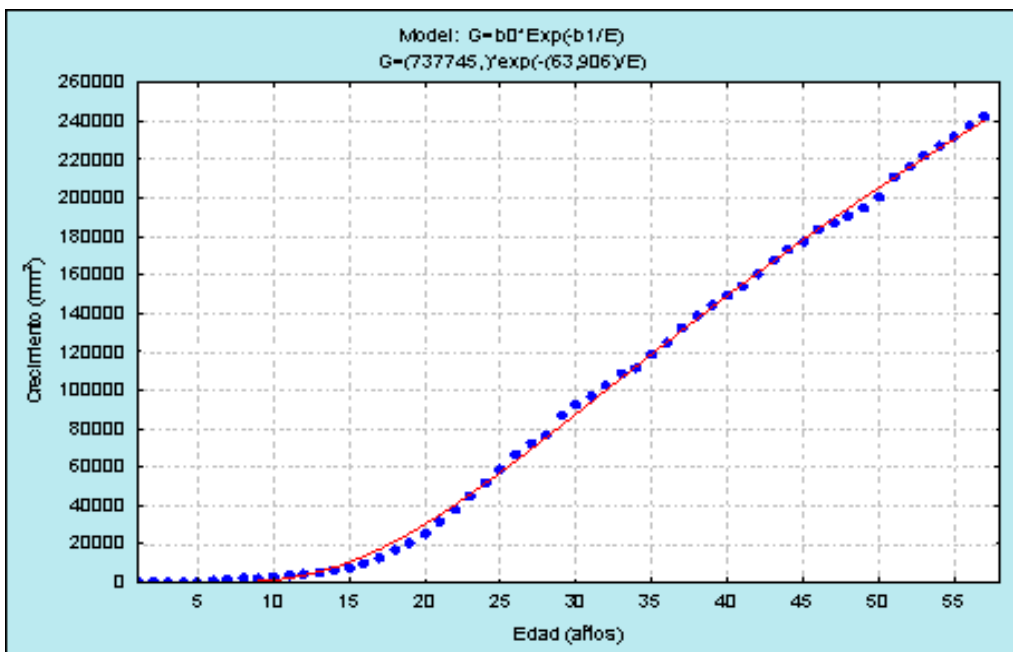


Gráfico N° 2: Valores observados y modelo de crecimiento de Schumacher

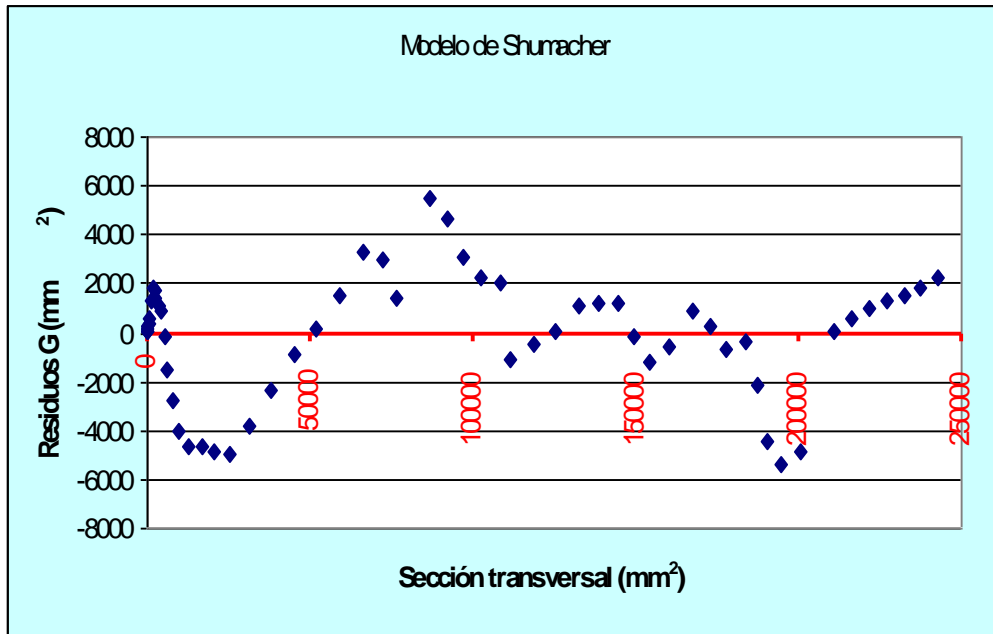


Gráfico N°3: Distribución de los Residuos del crecimiento en sección transversal con respecto Crecimiento en sección transversal.