

Universidad de la República  
FACULTAD DE AGRONOMIA



- 8 JUN. 1989

FACULTAD DE AGRONOMIA  
DEPARTAMENTO DE DOCUMENTACION Y BIBLIOTECA

**TR**

**FACTORES DE  
CONVERSION  
VOLUMETRICOS  
PARA  
PINO ELLIOTTII  
(*Pino elliotii* var.  
*elliottii* Engelm.)**

**TESIS RESUMEN  
Nº 2**

**MONTEVIDEO**

**URUGUAY**

Las solicitudes de adquisición y de intercambio con esta publicación deben dirigirse al Departamento de Documentación, Facultad de Agronomía, Garzón 780, Montevideo - URUGUAY'

Comisión de Publicaciones Científicas :

Martín Buxedas, Primavera Izaguirre, Carlos Bentancourt (profesores),  
Pablo Fernández (estudiante),  
Roberto Malfatti (profesional),  
Alicia Torres (comunicadora rural).

Factores de conversión volumétricos para Pino Elliottii (*Pinus elliottii* var. *elliotti*) en Puerto Arazatí (Rincón del Pino. Departamento de San José) / por Carlos M. Voulminot Iglesias. - Montevideo : Facultad de Agronomía, 1987. - 24p.- (Resumen de tesis : 2 )

**PINUS ELLIOTTII**  
Voulminot Iglesias. C.M.

CDU 634.0.175

**FACTORES DE CONVERSION VOLUMETRICOS PARA  
PINO ELLIOTTII (*Pino elliotii* var. *elliottii* Engelm.)  
EN PUERTO ARAZATI (RINCON DEL PINO DEPARTAMENTO DE SAN JOSE)<sup>(1)</sup>**

**CARLOS M. VOULMINOT IGLESIAS**

	<b>Página</b>
<b>RESUMEN</b> .....	1
<b>INTRODUCCION</b> .....	3
<b>MATERIALES Y METODOS</b> .....	3
<b>PRESENTACION Y DISCUSION DE RESULTADOS</b> .....	12
<b>CONCLUSIONES</b> .....	19
<b>Bibliografía</b> .....	21

**RESUMEN**

Se determinaron factores de conversión que relacionan los distintos tipos de volúmenes de un rodal desde su estado en pie hasta el producto final, luego del procesamiento en el aserradero.

Se trabajó con un rodal coetáneo de 28 años de *Pinus elliotii* var. *elliottii* ("Slash pine") sito en el paraje Puerto Arazatí, zona Rincón del Pino, Quinta Sección Judicial del Departamento de San José.

Se realizaron las mediciones dasométricas convencionales para inventarios comerciales en pie. determinándose Volumen Total y Volumen Comercial.

---

(1) Trabajo realizado como requisito para la obtención del título de Ingeniero Agrónomo.  
Director de Tesis: Ing. Agr. Arianna Sorrentino F.

Luego se realizó la explotación del rodal de la forma utilizada normalmente por la empresa.

Las trozas comerciales fueron clasificadas según largo y diámetro menor sin corteza, y procesadas en un aserradero del tipo Dankaert, constituido por una sierra principal de cinta, una sierra desdobladora, una canteadora y una despuntadora circular. El volumen de aserrío fue calculado ubicando las piezas obtenidas luego del proceso (tablas de aserrado).

Para el cálculo de los factores de conversión se realizó el cociente entre los distintos tipos de volúmenes obtenidos.

Los resultados se presentan por clase diamétrica (en centímetros), con sus correspondientes coeficientes de variación para volumen.

Los factores de conversión promedio fueron los siguientes:

Volumen de Aserrío / Volumen Total	=	0.3429
Volumen de Aserrío / Volumen Smalian	=	0.4863
Volumen Smalian / Volumen Total	=	0.7123

## SUMMARY

Conversion factors were determined rating the different types of volume that a stand may offer during the stages from standing timber to sawn lumber.

The work was based on a 28 years even aged *Pinus elliottii* var. *elliottii* Engelm. stand, located at Puerto Arazatí, in the area of Rincón del Pino, Department of San José. Uruguay, South America.

First, dasometric conventional measurements were made as for commercial forest inventories. Total Volume (VT), and Comercial Volume (VC) were then determined.

Then the stand was clear cut, and logged as normally practiced.

Finally, all the commercial logs were grouped into categories, according to its length and small end diameters. These groups were sawed on a Dankaert sawmill with two band-saws and two small circular saw for edger and trimmer. The lumber obtained, first in board feet and then transformed to cubic meters, consisted in the Lumber Volume (VA).

The conversion factors were obtained by dividing the volumes according to the ones related.

The results were grouped into diameter classes, (in centimeters), with their corresponding Coefficient of Variations for Volume.

The mean value of the most significant conversion factors are as follows:

Lumber Volume / Total Volume	:	0.3429
Lumber Volume / Smalian Volume	:	0.4863
Smalian Volume / Total Volume	:	0.7123

## INTRODUCCION

Entre las especies de pinos más difundidas en el país, el *Pinus elliottii* var. *Engelm* resulta sumamente apropiada por las características tecnológicas de su madera como producto terminado, su buen comportamiento sanitario y su rápido crecimiento.

En este trabajo se utiliza esta especie como materia prima de estudio y se ofrecen una serie de coeficientes que relacionan los volúmenes obtenidos en los distintos pasos de la explotación de un bosque.

Es importante mencionar que como se trata de un estudio local, los resultados presentados son aplicables únicamente para bosques de la región con características dasométricas similares, sometidos a un proceso industrial también similar al utilizado en este trabajo.

## MATERIALES Y METODOS

### A. Materiales

#### 1. Características del rodal

##### a) Descripción cualitativa

El origen de este rodal fue plantación artificial realizada en el año 1957 en el Establecimiento Puerto Arazatí, Rincón del Pino, departamento de San Jo-

sé (ver croquis de la ubicación en Figura 1), con plantas obtenidas de semillas no selectas provenientes del estado de Georgia (U.S.A.)

La edad promedio del rodal es 28 años, aunque existen algunos ejemplares de 27 y 26 años dado que hubo reposición durante los dos años siguientes a la plantación. El área que ocupa es de una hectárea.

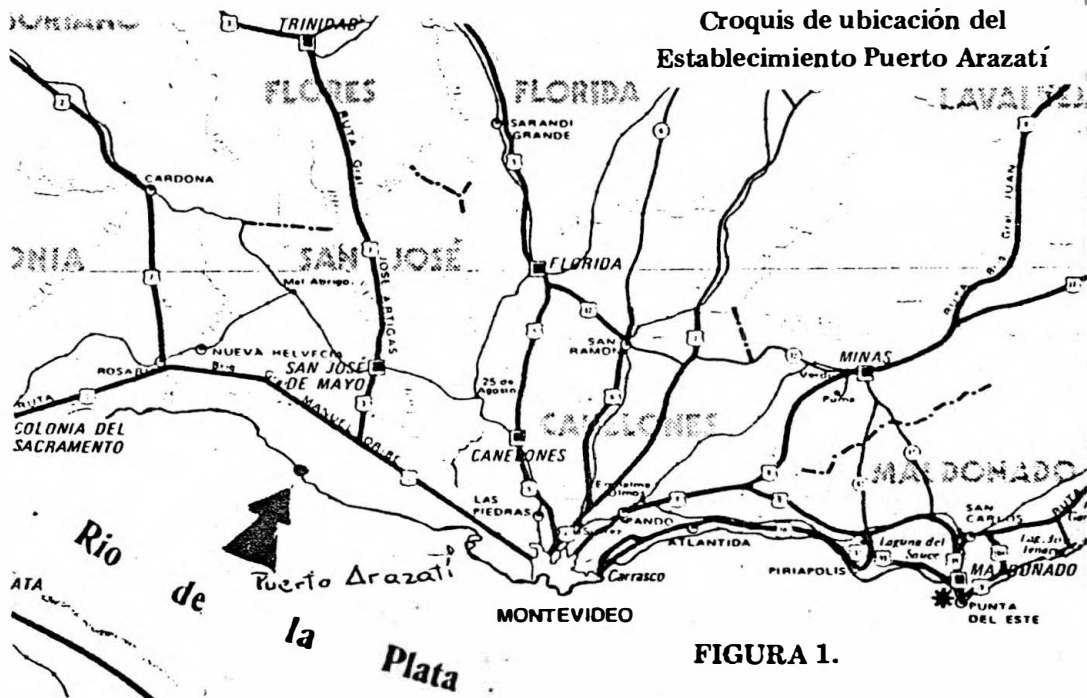
El dosel se da en forma discontinua o compleja ya que coexisten árboles Dominantes, Codominantes, Suprimidos, e Intermedios.

La densidad de plantación original fue de 2m por 2m, es decir 2500 árboles por hectárea.

El estado sanitario del rodal es satisfactorio: el único daño que presenta es ocasionalmente algún árbol quebrado debido a la acción del viento y especialmente al temporal del 29 de mayo de 1984.

La densidad actual de 448 árboles por hectárea se debe fundamentalmente a que en las zonas más bajas, próximas al curso de agua, hubo fallas en la plantación. También contribuye el hecho de que a los 14 y 20 años se realizaron "raleos por lo bajo", extrayendo aproximadamente el 20o/o de los individuos en cada intervención.

### b) Descripción del sitio



El suelo es de aluvión, producto de la erosión de las chacras ubicadas pendiente arriba. Es un suelo limoso a arenolimoso, con una profundidad que oscila entre 20 y 25 cm de horizonte limoso y luego un horizonte arenoso de 70 cm en su parte más profunda (ladera), decreciente hasta 0 cm en el cauce del pequeño arroyo, donde aparece el horizonte 3 arcilloso por debajo del limoso.

## B. Métodos

Se realizó censo del rodal registrándose mediciones en todos los individuos vivos en pie. En primer lugar se numeraron todos los árboles del rodal, y luego de realizar las mediciones dasométricas en pie se efectuó una corta a tala rasa.

A continuación se presenta la secuencia de operaciones realizadas:

- \* Mediciones dasométricas de árboles en pie e identificación con números pintados.
- \* Apeo de todos los árboles y trozado de los mismos.
- \* Medición de las trozas comerciales obtenidas.
- \* Ingreso de las trozas al aserradero y clasificación según largos.
- \* Clasificación de las trozas de cada largo comercial en categorías de diámetro menor.
- \* Proceso de aserrado de las distintas categorías.
- \* Cubicación de los productos finales.

### 1. Medición de los árboles en terreno

En primer lugar se procedió a numerar cada ejemplar utilizando pincel y pintura. Luego se realizaron las mediciones de diámetro a 1.30 m desde el suelo (DAP) con una forcípula común graduada de centímetro en centímetro. Las mediciones realizadas fueron tomadas con aproximación de medio centímetro y en el caso de árboles de sección transversal irregular (elípticos) se registró el diámetro como el promedio aritmético de dos medidas perpendiculares.

Seguidamente se tomaron los datos de Diámetro a la altura del Tocón (DAT: diámetro a 0.30 m desde el suelo) utilizando la misma forcípula y aproximaciones de medio centímetro también.

Las mediciones de altura se realizaron con Relascopio de Bitterlich, utilizando la banda hipsométrica de 20 m. Para cada árbol en pie se midió Altura Total y Altura Comercial hasta un diámetro límite de 18 cm. Ambos paráme-

tros fueron registrados directamente en metros, con una aproximación de medio metro.

Para la determinación de factores de forma se sortearon al azar tres árboles dentro de las clases diamétricas más frecuentes (Clases: 22.5; 27.5; 32.5; 37.5; 42.5 cm), dos árboles al azar para la clase 47.5 cm, y un árbol para la clase 52.5 m. (\*)

Los árboles seleccionados para factor de forma fueron apeados, realizándose en el suelo, mediciones cada metro de diámetros del fuste y espesores de corteza. (\*\*)

## 2. Medición de trozas comerciales

El monte fue explotado en cuatro cortas sucesivas. A continuación se detallan los pasos seguidos en cada corta:

- a) La cuadrilla de operarios, integrada por cuatro personas, procedió a aprear con motosierra y desarmar con hacha todos los árboles existentes en un sector (melga).
- b) El madereo se realizó utilizando un motoarrastrador (Skidder) Timberjack 230 D.
- c) Una vez en la playa de madereo, los integrantes de la cuadrilla procedieron a trozar 310 ejemplares en longitudes de 1.55, 1.85, 2.45, 2.75, 3.35 y 3.65 m.

En todos los casos se tomó la precaución de obtener trozas rectas y sin rajaduras ni heridas (grandes ramas, bolsas de resina). Los diámetros límites comerciales considerados fueron:

Tipo comercial	Largo (en m)	Diámetro menor (en cm)
Cachorro	1.55 y 1.85	20
Corto	2.45 y 2.75	15
Largo	3.35 y 3.65	20

(\*) A estos árboles seleccionados para Factor de Forma también se les tomó espesor de corteza diametral para obtener así el espesor de corteza tipo por clase diamétrica, y luego obtener volumen sin corteza por clase.

(\*\*) Estas etapas de mediciones en el rodal se realizaron entre los meses de julio y noviembre de 1985.



d) Las trozas muy curvas o defectuosas, así como la madera de menos de 15 cm en su punta más gruesa, se apilaron aparte y no se tomaron en cuenta para este trabajo. Únicamente se midió la madera apta para ser procesada en el aserradero.

Una vez finalizado el trozado y la clasificación de la madera no aserrable, se realizó la medición de las trozas de aserradero como se indica a continuación.

- a) Utilizando una regla de metal se midieron los diámetros mayor y menor de cada troza, con y sin corteza, ambos en centímetros.
- b) De acuerdo al diámetro menor sin corteza de trozas, se realizó una clasificación de las mismas en códigos, utilizando pinturas de diferentes colores.

Una vez que todas las trozas de la playa de madereo quedaron clasificadas en diámetros menores e identificados por sus códigos se procedió a cargar el camión con las piezas del mismo largo y del mismo código. A cada grupo de trozas iguales en largo y código (diámetro menor) se le asignó un área dentro de la playa de trozas del aserradero.

De esta forma se fueron acumulando las trozas provenientes de las cuatro operaciones sucesivas de madereo, previamente clasificadas según largo y diámetro menor. Para cada árbol numerado originalmente en pie se registraron: número de trozas obtenidas, largo de trozas, diámetro mayor y diámetro menor de cada troza.

### *3. Mediciones en el aserradero*

- a) Una vez entrada y clasificada en playa del aserradero toda la madera a aserrarse, se comenzó a procesar la madera del largo mayor (3.65 m ) al menor (1.55 m ) en “lotes” correspondientes al código de pintura (diámetro menor).
- b) Las trozas, en todos sus largos y diámetros, se aserraron siguiendo el criterio de “máximo aprovechamiento” de la madera, obteniendo piezas de 1/2”, 1”, 1 1/2” y 2” de espesor (1”= 2.54 cm), y en largos de 3.60, 3.30, 3.00, 2.70, 2.40, 2.20, 1.80, 1.50 y 0.9m

El proceso de aserrado utilizado en este trabajo fue el mismo proceso normal que se emplea en el aserradero.

- c) Los volúmenes de las piezas obtenidas luego de procesar cada “lote” según largo y diámetro menor, se obtuvieron por diferencia, ya que se procedió a contar todas las existencias de tablas en el patio de salida del aserradero cada vez que se terminaba uno de estos “lotes”. Así se fueron sumando los pies madereros correspondientes a cada tipo de pieza, realizando luego la conversión a metros cúbicos (424 pies madereros 1 metro cúbico de tabla).

#### 4. Cálculo de factores de forma

##### a) Factor de Forma con corteza

El Factor de Forma indica una relación entre el volumen real del árbol y el Volumen de un cilindro de diámetro igual al DAP.

$$FF = \frac{\text{Volumen real total}}{\text{Volumen aparente total}} = \frac{Vt}{Vat \sum_{i=1}^{n-1}}$$

$Vt$  = Volumen total real del fuste, calculado mediante la fórmula de Smalian acumulada (metros cúbicos).

$$Vt = \pi / 4 (Do^2/2 + Dn^2/2 + \sum Di^2)$$

- siendo:  $Do$  = Diámetro mayor de la primer troza (metros)  
 $Dn$  = Diámetro menor de la última troza (metros)  
 $Di$  = Diámetros sucesivos de las trozas intermedias (metros)

$Vat$  = Volumen aparente total = Volumen de un cilindro (metros cúbicos)

$$Vat = \pi / 4 \cdot DAP^2 \cdot H$$

siendo:  $DAP$  = Diámetro a 1.30 m desde el suelo para cada árbol apeado (metros)

$H$  = Altura total (metros)

*b) Factor de Forma sin corteza*

Para el caso del Factor de Forma sin corteza, el cálculo se realizó de la misma manera que el anterior, habiendo deducido previamente el espesor diametral de corteza a cada dato de diámetro que se utilizó.

Una vez obtenidos los 36 factores de forma (18 árboles con corteza y 18 sin corteza; tres árboles en las clases DAP 22.5; 27.5; 32.5; 37.5; 42.5 cm, dos árboles en la clase 47.5 cm y uno en la clase 52.5 cm), se procedió a graficar los resultados. La distribución de los puntos mostró un comportamiento aproximadamente constante con respecto a la variable clase DAP, por lo que se calculó un único Factor de Forma promedio, con y sin corteza, para todo el rango diamétrico.

**5. Cálculo de volúmenes**

*a) Volumen total en pie para el árbol tipo de cada clase*

$V_{tj}$  = Volumen total en pie para el árbol tipo de cada clase de DAP (metros cúbicos)

$$V_{tj} = \pi / 4 \cdot DAP^2_{qj} \cdot \bar{H}_j \cdot \bar{FF}_{c/c}$$

siendo:  $\bar{H}_j$  = Altura total obtenida como el promedio aritmético simple de las alturas totales de todos los árboles de cada clase (metros).

$\bar{FF}_{c/c}$  = Factor de Forma con corteza promedio para el rodal.

$DAP_{qj}$  = Diámetro a 1.30 m del suelo obtenido como promedio cuadrático de los diámetros reales de todos los árboles de cada clase. (metros).

$$DAP_{qj} = \sqrt{\frac{\sum DAP_i^2}{n_j}}$$

siendo:  $DAP_i$  = Diámetros reales a 1.30 m del suelo de cada árbol en la clase de diámetro, en metros.

$n_j$  = Número de árboles por clase.

$H_j$  = Altura total promedio para cada clase (metros).

$$H_j = \sum H_i / n_j$$

siendo:  $H_i$  = Alturas reales de cada árbol en la clase diamétrica (metros).

$n_j$  = Número de árboles de la clase.

*b) Volumen Comercial en pie para el árbol tipo de cada clase con corteza*

$$VC_j \text{ c/c} = \pi / 4 \cdot DAP^2_{qj} \cdot HC_j \cdot \overline{FF} \text{ c/c}$$

siendo:  $HC_j$  = Altura comercial en pie para el árbol tipo de cada clase (metros cúbicos).

*c) Volumen Comercial en pie para el árbol tipo de cada clase sin corteza*

$$VC_j \text{ (s/c)} = \pi / 4 \cdot (DAP_{qj} - ec)^2 \cdot HC_j \cdot \overline{FF} \text{ s/c}$$

siendo:  $VC_j \text{ (s/c)}$  = Volumen Comercial en pie para el árbol tipo de cada clase sin corteza. (metros cúbicos).

$ec$  = espesor de corteza diametral (metros).

*d) Volumen sin corteza, de trozas comerciales aserrables*

(Volumen Comercial del árbol apeado obtenido como la suma del volumen de las trozas comerciales).

Para el cálculo del Volumen de las trozas comerciales se utilizó la fórmula de Smalian.

$VS$  = Volumen de trozas comerciales aserrables. (metros cúbicos).

$$VS = \pi / 8 \cdot (d^2 + D^2) \cdot L$$

siendo:  $d$  = Diámetro menor de la troza sin corteza (metros).

$D$  = Diámetro mayor de la troza sin corteza (metros).

$L$  = Longitud de la troza (metros).

*e) Volumen de Aserrío del árbol como suma de piezas comerciales*

Una vez terminado el proceso de aserrío de cada lote de trozas de una misma categoría de diámetro menor sin corteza y largo, se procedió de la siguiente manera:

- 1) Se agruparon y contaron todas las piezas de aserrío (tablas, tablones, tirantes, etc.) de acuerdo al espesor, largo y ancho.
- 2) Se buscó en tablas de conversión a pies madereros(\*) de entreda doble, según ancho y espesor de la pieza de largo.
- 3) Se sumaron todos los pies madereros obtenidos durante la corta de un lote de madera de determinado largo y clase de diámetro menor.
- 4) Este Volumen total se dividió entre el número de trozas del lote, obteniendo así el volumen de aserrío promedio por troza en pies madereros, para cada categoría de largo y diámetro menor.
- 5) El volumen aserrable de cada árbol se calculó como la suma de los volúmenes de aserrío promedio correspondientes a cada troza, según categoría de largo y diámetro menor.

*6. Cálculo del Coeficiente de Aserrío*

Estos factores de conversión corresponden a cocientes entre los distintos valores de volúmenes obtenidos en las sucesivas etapas del trabajo.

*a) Cálculo del Coeficiente de Aserrío*

Este factor, también llamado coeficiente de aserrado, factor de rendimiento (“recovery factor”), y coeficiente de transformación, se obtuvo para cada árbol en forma individual. También se calculó como promedio de la clase y como promedio general para todas las clases. Para dichos cálculos se utilizó un minicomputador “Commodore 2000”.

Con los datos de VS (Volumen Smalian) y VA (Volumen de Aserrío) de cada árbol, se procedió a efectuar el cociente de VA / VS.

Para cada clase diamétrica se calculó el coeficiente de aserrío promedio, que luego fue ponderado para obtener el Coeficiente de Aserrío general.

---

\* Un pie maderero (“Board feet”) es una medida de volumen de un pie (30.48 cm) de largo, por un pie de ancho, por una pulgada (2.54cm) de espesor.  
Un pie maderero = pm = 1 bf = 0.002358 metros cúbicos.

*b) Otros factores de conversión*

Los otros factores de conversión se obtuvieron para cada clase diamétrica efectuando el cociente de los distintos tipos de volúmenes promedio por clase obtenidos.

$$VC/VT; VA/VT; VA/VC; VA/VS; VS/VT; VS/VC$$

siendo: VT = Volumen Total en pie

VC = Volumen Comercial en pie

VS = Volumen acumulado según fórmula de Smalian (sin corteza)

VA = Volumen de Aserrío

*7. Cálculos estadísticos*

A los efectos de conocer la confiabilidad de los datos obtenidos, así como la homogeneidad del material de trabajo (rodal) se procedió a calcular los coeficientes de variación de los parámetros del rodal, así como de los coeficientes resultantes.

*a) Parámetros del Rodal*

Se estudió la variación dentro de cada clase y en el rodal como un todo, para los parámetros de DAP y Altura Total (Ver cuadro No. 1).

*b) Coeficientes de Variación para Volúmenes*

Se realizaron cálculos de los coeficientes de variación para cada clase diamétrica en los Volúmenes de Aserrío y Volúmenes según Smalian (Ver cuadro No. 4).

## PRESENTACION Y DISCUSION DE RESULTADOS

### A. Caracterización cuantitativa del rodal

El DAP promedio del rodal fue 35.2 cm y la Altura Total promedio 19.5m

el Coeficiente de Variación promedio para los parámetros DAP y Altura Total resultó ser 4.4119 y 12.9746 respectivamente.

De estos resultados se puede concluir que se trata de un rodal sin grandes variaciones, correspondiendo plenamente a lo supuesto sobre el rodal coetáneo en el cual se han efectuado "raleos por lo bajo".

El cuadro No. 1 muestra los Coeficientes de Variación calculados para los parámetros DAP y altura.

**CUADRO No. 1 — PARAMETROS DEL RODAL**

DAP MARCA DE CLASE EN cm.	NUMERO DE ARBOLES POR CLASE	DAP q PROMEDIO EN cm.	COEF. DE VARIACION DE DAP	ALTURA PROMEDIO EN METROS	COEF. DE VARIACION DE ALTURA
17.5	1	16.00	—	12.5	—
22.5	24	22.52	6.0592	19.01	11.4888
27.5	41	27.27	5.5970	19.50	12.5524
32.5	93	32.30	4.6087	19.91	10.4725
37.5	68	36.85	4.3121	19.67	18.0435
42.5	49	41.95	3.3750	19.92	13.3640
47.5	22	46.75	2.9173	20.11	10.9450
52.5	9	51.46	2.6588	18.36	9.2568
57.5	3	55.02	—	19.45	—

Los factores de forma (con y sin corteza) mostraron un comportamiento más o menos constante en relación a la variación diamétrica. Esto concuerda con las características de rodal coetáneo sometido a raleos.

Por esta razón se utilizó únicamente el valor de factor de forma con corteza

za: 0.490 que representa el promedio aritmético simple de los datos con corteza y 0.526 como promedio aritmético simple de los datos sin corteza.

### B. Volúmenes obtenidos

El cuadro No. 2 resume los distintos tipos de volúmenes calculados para el árbol medio de cada clase.

**CUADRO No. 2 — VOLUMENES PROMEDIO DEL ARBOL TIPO  
POR CLASE DIAMETRICA**

<b>DAP MARCA DE CLASE EN cm.</b>	<b>VOLUMEN TOTAL EN m. cub.</b>	<b>VOLUMEN COMERCIAL CC EN m.cub.</b>	<b>VOLUMEN COMERCIAL SC EN m.cub.</b>	<b>VOLUMEN SMALIAN EN m. cub.</b>	<b>VOLUMEN DE ASERRIO EN m. cub.</b>
17.5	0.1399	0.0414	—	0.0462	0.021
22.5	0.3709	0.1965	0.1670	0.2215	0.1061
27.5	0.5575	0.3400	0.2914	0.3720	0.1596
32.5	0.7995	0.5279	0.4381	0.5827	0.2557
37.5	1.0280	0.6967	0.5798	0.7776	0.3489
42.5	1.3471	0.8997	0.7644	0.9829	0.4646
47.5	1.6874	1.1151	0.9272	1.1345	0.5378
52.5	1.8700	1.1416	—	1.4700	0.7070
57.5	2.2658	1.4795	1.1698	1.4767	0.6661

— Los volúmenes se expresan en metros cúbicos por árbol medio de cada clase.

— Los Volúmenes Total y Comercial corresponden a árboles en pie.

— El Volumen Smalian fue calculado como la sumatoria a los volúmenes de las trozas obtenidas del árbol después de apeado.



El Volumen Smalian resultó mayor que los Volúmenes Comerciales con y sin corteza. Estos resultados podrían tener su explicación en los tres hechos que se exponen a continuación:

- 1) Para el cálculo de los Volúmenes en pie (total y comercial con y sin corteza) en árboles bifurcados se tomó sistemáticamente el fuste mayor como el verdadero y único, no computándose el restante; éste, a pesar de ser menor y dar menos madera aserrable que el principal, igual contribuye aportando algunas trozas comerciales.
- 2) El Volumen Comercial se calculó en base a Altura Comercial (HC), medida con Relascopio de Bitterlich hasta un diámetro estimado de 18 cm. Esta estimación puede llevar a errores sistemáticos en el cálculo del Volumen Comercial: en este caso, dicho volumen podría estar subestimado.
- 3) En el trozado del árbol, los operarios de la cuadrilla consideraron en muchas trozas 15 cm de diámetro mínimo aceptable, y no 18 cm como fue considerado en las mediciones en pie.

Estos hechos llevaron a que el Volumen Comercial esté en parte subestimado y que el Volumen Smalian resultante esté sobrestimado, produciéndose así la distorsión comparativa previamente mencionada.

El Cuadro No. 3 muestra la cantidad de pies madereros promedio que se obtienen por troza categorizada según largo y diámetro menor.

Estos datos se calcularon dividiendo el total de pies madereros obtenidos luego de procesar toda una categoría de trozas, entre el número de trozas de dicha categoría.

**CUADRO No. 3 — VOLUMEN PROMEDIO POR CATEGORIA DE TROZA**

DIAMETRO MENOR EN cm.	LARGO DE TROZAS EN METROS					
	1.55	1.85	2.45	2.75	3.35	3.65
15 a 19.5	10.63	20.29	9.07	13.96	27.99	30.91
20 a 24.5	10.63	20.29	19.50	28.18	27.99	30.91
25 a 29.5	20.50	21.79	24.55	37.43	45.22	52.98
30 a 34.5	30.43	35.00	43.84	42.90	76.13	73.87
35 a 39.5	45.50	46.00	54.00	89.50	—	107.37
40 a 44.5	—	76.00	87.67	137.60	121.50	137.25
45 a 49.5	67.00	94.00	—	—	—	152.67

El Cuadro No. 4 muestra los coeficientes de variación para los Volúmenes Smalian y de Aserrío.

CUADRO No. 4 — COEFICIENTES DE VARIACION PARA VS y VA

DAP MARCA DE CLASE EN cm.	NUMERO DE ARBOLES POR CLASE	VOLUMEN SMALIAN EN m. cub.	COEF. DE VARIACION DE VS	VOLUMEN DE ASERRIO EN m. cub.	COEF. DE VARIACION DE VA
17.5	1	0.0462	—	0.021	—
22.5	24	0.2215	35.0341	0.1061	40.1418
27.5	41	0.3720	29.7397	0.1596	29.3442
32.5	93	0.5827	26.6054	0.2557	31.8765
37.5	68	0.7776	25.7867	0.3489	28.6597
42.5	49	0.9829	20.8505	0.4646	23.5073
47.5	22	1.1345	22.8288	0.5378	31.7401
52.5	9	1.4700	22.9955	0.7070	20.1947
57.5	3	1.4767	—	0.6661	—

— El Coeficiente de Variación promedio ponderado por el número de individuos de cada clase fue de 26.2053 para el Volumen Smalian, y 29.7770 para el Volumen de Aserrío.

Es importante destacar que tanto el Volumen Smalian como el Volumen de Aserrío se presentan en este cuadro para cada marca de clase diamétrica en centímetros, pero esto no significa que estos dos volúmenes hayan sido calculados y expresados en función del DAP.

El elevado Coeficiente de Variación que presenta el Volumen de Aserrío

tiene su explicación en la metodología seguida en el cálculo de dicho volumen. Para este cálculo se parte de Volúmenes de Aserrío promedio de trozas categorizadas según largo y diámetro menor, pero sin tener en cuenta el DAP del árbol del cual provienen ni la posición que ocupa en el fuste.

Por otra parte, la variabilidad de conicidades y espesores de corteza presentadas por las trozas dan como resultado una variabilidad también grande para el Volumen de Aserrío promedio por troza y el Volumen de Aserrío por árbol.

### C. Factores de conversión

El Cuadro No. 5 resume los factores de conversión para cada clase diamétrica expresados como cocientes, en decimales (todos los volúmenes se expresan en metros cúbicos).

CUADRO No. 5 — FACTORES DE CONVERSION

DAP MARCA DE CLASE EN Cm.	V C — V T	V A — V T	V A — V C	V A — V S	V S — V T	V S — V C
17.5	—	0.1501	—	0.4622	0.3302	—
22.5	0.4503	0.2861	0.6353	0.4793	0.5972	1.3263
27.5	0.5227	0.2863	0.5477	0.4422	0.6673	1.2766
32.5	0.5480	0.3198	0.5836	0.4372	0.7288	1.3301
37.5	0.5640	0.3394	0.6017	0.4486	0.7564	1.3412
42.5	0.5674	0.3449	0.6078	0.4727	0.7296	1.2858
47.5	0.5495	0.3187	0.5800	0.4740	0.6723	1.2236
52.5	—	0.3781	—	0.4810	0.7861	—
57.5	0.5163	0.2940	0.5694	0.4510	0.6517	1.2624
<b>PROMEDIO PONDERADO</b>	0.5406	0.3429	0.5905	0.4863	0.7123	1.2243

VT = Volumen total en pie con corteza

VC = Volumen Comercial en pie sin corteza

VS = Volumen como suma de las trozas comerciales según Smalian

VA = Volumen de Aserrío como suma de las piezas obtenidas

### Coefficiente de Aserrío

Este coeficiente, uno de los más utilizados universalmente, se obtiene como el cociente entre los volúmenes de aserrío y los volúmenes de trozas (Smalian).

Los resultados de dichos cálculos se presentan resumidos en el Cuadro No. 6 conjuntamente con el número de individuos y el valor del Coeficiente de Aserrío para cada clase diamétrica.

CUADRO No. 6 — COEFICIENTE DE VARIACION VA/VS

DAP MARCA DE CLASE EN Cm	NUMERO DE ARBOLES POR CLASE	VA — VS	COEFICIENTE DE VARIACION
17.5	1	0.4622	—
22.5	24	0.479	35.5054
27.5	41	0.4422	14.0020
32.5	93	0.4372	14.3653
37.5	68	0.4486	11.5383
42.5	49	0.4727	9.8532
47.5	22	0.4740	11.4964
52.5	9	0.4810	7.9421
57.5	3	0.4510	—

Los coeficientes de variación obtenidos para cada clase, a excepción de la clase 22.5, así como el promedio general ponderado 14.1824, están indicando que los coeficientes de aserrío obtenidos presentan una confiabilidad aceptable.

## CONCLUSIONES

### A. Generalidades

De los seis factores de conversión volumétricos que se presentan en este trabajo los más promisorios son:

$$VA / VT; VA / VS; VS / VT$$

siendo: VA = Volumen de Aserrío  
VS = Volumen Smalian  
VT = Volumen Total

Las ventajas que presentan estos factores son el relacionar estados volumétricos muy distintos y distantes en proceso uno del otro. Además, no interviene en ninguno de ellos el VC (Volumen Comercial), el cual generalmente resulta en una estimación subjetiva.

A través del proceso de obtención de estos factores y de su estudio, se llegó a una serie de conclusiones:

- 1) El Volumen Total del árbol tipo por clase aumenta conjuntamente con el diámetro. Esto cambia drásticamente cuando se compara los coeficientes VA/VT y VS/VT, que a pesar de tener al Volumen Total como uno de sus componentes, reflejan la importancia del Factor de Forma en el rendimiento maderable y de aserrío. Como consecuencia, los valores de los coeficientes ya no aumentan sólo con la marca de clase, sino que presentan su valor máximo en la marca de clase 52.5 disminuyendo luego para las clases mayores a las que corresponden factores de forma muy bajos por tratarse de árboles de borde.
- 2) Para efectuar predicciones de Volumen Smalian esperado directamente a partir de datos de DAP de árboles en pie, resultaría recomendable rea-

lizar un ajuste de los resultados obtenidos, ya sea gráfico o analítico en función de los datos de DAP originales de terreno. Esto permitiría representar resultados de volúmen en función del DAP marca de clase, con una variabilidad menor a la encontrada en este trabajo.

- 3) La cantidad de pies madereros (Volumen de Aserrío) por árbol tipo de cada clase, aumenta hasta llegar al máximo de 299.77 pm para la clase 52.5. Este hecho concuerda con que también sea la clase con el Coeficiente de Aserrío mayor: (0.481), lo que indica que para esta clase diamétrica se dio la conjunción de diámetro y Factor de Forma más adecuado, lográndose los mayores rendimientos a pesar de no ser la clase diamétrica mayor.
- 4) Respecto al Coeficiente de Aserrío VA/VS, que representa la eficiencia del proceso de aserrado, es importante destacar que dicho factor no aumenta sólo con el diámetro del árbol, sino que responde a la interacción de múltiples factores tales como: diámetro de las trozas, conicidad de las trozas, largo de las trozas, y tipo de escuadría a que se corta.

## B. Aplicación práctica de los resultados

Para condiciones similares a las definidas en este trabajo, en cuanto a materiales y métodos, los factores de conversión volumétricos calculados pueden ser utilizados para realizar estimaciones de rendimiento.

La aplicación práctica de dichos factores es sencilla, ya que se parte de resultados de Volumen Total en pie, que es el primer y más esencial dato que se obtiene cuando se realiza un inventario comercial en pie. Sobre el Volumen Total para el individuo tipo por clase diamétrica, se aplican los coeficientes que transforman ese dato en Volumen Smalian o en Volumen de Aserrío, llevando luego los resultados al total del bosque.

Se puede trabajar con el rodal subdividido en clases diamétricas, o se puede utilizar el promedio ponderado y aplicarlo en el individuo tipo del inventario comercial en pie.

**BIBLIOGRAFIA CONSULTADA**

1. ALDER, D. Estimación del volumen forestal y predicción del rendimiento. F.A.O., Roma, O.N.U., para la agricultura y la alimentación, 1980, 118 p. v. 2.
2. AVERY, T. Forest measurements. Mc Graw-Will Inc., New York, 1967. 290 p.
3. BONILLA, J.A. Fórmulas de cubicación de los árboles. Facultad de Agronomía, Boletín No. 108, Montevideo, 1969. 20 p.
4. BONILLA, J.A. y BECKMANN, R. Evaluación de los rendimientos de pino marítimo en la zona de Carrasco (segunda parte). Departamento Forestal, Boletín No. 12. Montevideo, 1964. pp. 10 - 23.
5. BONILLA, J.A. y ROLFO, M. El coeficiente mórfico en relación con el diámetro y la altura en pino marítimo. Departamento Forestal, Montevideo, Facultad de Agronomía, 1964. Boletín del Departamento Forestal No. 13, pp. 2 - 23.
6. BRUCE, D. and SCHUMACHER, F. X. Medición Forestal. México, CRAT, 1965, 474 p.
7. CAILLIEZ, F. Estimación del volumen forestal y predicción del rendimiento. F.A.O., Roma, O.N.U., para la agricultura y la alimentación, 1980, 92 p. v. 1.
8. Cátedra de Tecnología Forestal Instrumentos de medición forestal. Facultad de Agronomía, Montevideo.
9. CHAGAS CAMPOS, J.C. Dendrometría: parte I, Viçõsa, MS, Universidad Federal de Viçõsa, Departamento de Engenharia Florestal, 1979, 54p.
10. CHIFFLET y MARTINELLI Evaluación del crecimiento de Pino elliottii Engelm y Pino taeda (Pino taeda L.) en la zona de Arazati, Facultad de Agronomía, Departamento Forestal, Montevideo, 1970.
11. ELLIS, J. C. A three-dimensional fórmula for coniferous log volumes in New Zealand. New Zealand Forest Service, Wellington, 1982.
12. ELLIS, J. C. Log volume tables for tapers of 0.4 cm./m. to 2.2 cm./m. New Zealand Forest Service, Wellington, 1983, 83 p.
13. GILCHRIST, J. y GILCHRIST, J. Inventarios forestales. Facultad de Ciencias Forestales, Universidad de Chile, Manual No. 1, Santiago de Chile, 1978.

14. HARRISON, J. Inventario forestal nacional, F.A.O., Roma, 1951, 102 p.
15. HERNANDEZ, C.A. Indices de competencia para el pino insigne en la VII región. Universidad de Chile, Escuela de Ciencias Forestales, Santiago de Chile, 1983, 207 p.
16. HUSCH, B. Forest mensuration and statistics. The Ronald Press Company, New York, 1963, 440 p.
17. KRALL, J. y TUSET, R. Piques de Eucalyptus, datos sobre su producción. Montevideo, Facultad de Agronomía, Departamento Forestal, 1964. Boletín No. 8 pp. 7 - 17.
18. LAFFITTE, J., MEZZOTTONI, C., y BONILLA, J. Segunda contribución dasométrica: tablas de volumen standard de Pino marítimo. Montevideo, Facultad de Agronomía, Boletín del Departamento Forestal No. 10, 1964, pp. 7 - 16.
19. LOETSCH, F., ZOHRER, F. and HALLER, K. E. Forest Inventory. Munchen, BLV, 1964, v. 2.
20. MAC LEAN, A. Normas para la presentación de bibliografía para escritos científicos. Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas, San José de Costa Rica, 1975, 135 p.
21. MERRIFIELD, R., MOCHRING, D., HOLMES, M. Tables for estimating cubic foot volumen and fresh weight of planted slash pine. Texas A. y M. University, Texas, 1973.
22. SORRENTINO, A. Técnicas e instrumentos de medición forestal. Cátedra de Dasometría, Facultad de Agronomía, Montevideo, 1984, 2v. 312 p.
23. TUSET, R. y DURAN, F. Manual de maderas comerciales, equipos y procesos de utilización. Editorial Agropecuaria Hemisferio Sur S.R.L., Montevideo, 1979.
24. VANCLAY, J. K. Stem form and volume of slash pine thinnings in South East Queensland. Department of Forestry Queensland, Technical paper No. 34, Queensland, 1982.
25. VAN SOEST, J., et al. La Normalización de los símbolos en dasometría. Roma, O.N.U., para la agricultura y la alimentación, 1969, 19 p.
26. VITALI, E. Rendimiento maderable de pino marítimo (*Pinus pinaster*). Boletín de la Escuela Industrial de Silvicultura de Maldonado, Boletín No. 8, Maldonado, 1956, pp. 25 - 50.
27. WHITESIDE, J.D. Predicting radiata pine gross sawlog values and timber grades from log variables. Forest Research Institute, New Zealand Forest Service. Bulletin No. 4, Rotorua, 1982.