

**UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA  
FACULTAD DE AGRONOMÍA**

**EVALUACIÓN DE VOLUMEN REAL EN SUELOS DE  
PRIORIDAD FORESTAL DE *Eucalyptus grandis* W.Hill ex Maiden,  
*Eucalyptus dunnii* Maiden, *Eucalyptus smithii* R.T.Baker y  
*Eucalyptus benthamii* Maiden & Cabbage**

**por**

**Franco DEVITTA ROMERO  
Juan Pablo ISASA ZAPATA  
Rodrigo MORALES CURBELO**

**Trabajo final de grado presentado  
como uno de los requisitos  
para obtener el título de  
Ingeniero Agrónomo**

**MONTEVIDEO  
URUGUAY  
2024**

PÁGINA DE APROBACIÓN

Trabajo final de grado aprobado por:

Director/a:

---

Pablo González Barrios

Tribunal:

---

Paola Molina

---

Pablo González Barrios

---

Mariana Pintos Torres

Fecha: 28 de febrero de 2024

Estudiantes:

---

Franco Matias Devitta Romero

---

Juan Pablo Isasa Zapata

---

Rodrigo Morales Curbelo

### AGRADECIMIENTOS

A nuestros tutores, Ing. Agr. MSc. Valentina Benítez y la Dra. Ludmila Profumo, por guiarnos en este proceso.

A la empresa Uruply SA, por el tiempo y recursos brindados para el desarrollo de este trabajo.

A los colaboradores de la empresa, Juliana Ivanchenko, Paola Molina y Gerardo Osorio, quienes nos ayudaron en las tareas prácticas de campo.

Al personal de la Estación Experimental Prof. Bernardo Rosengurtt, por su amable atención y colaboración durante nuestra estadía en la estación.

A nuestras familias y amigos, por su apoyo incondicional e incentivo a lo largo de toda la carrera.

## TABLA DE CONTENIDO

<u>PÁGINA DE APROBACIÓN.....</u>	<u>2</u>
<u>AGRADECIMIENTOS .....</u>	<u>3</u>
<u>TABLA DE CONTENIDO.....</u>	<u>4</u>
<u>LISTA DE FIGURAS Y TABLAS .....</u>	<u>6</u>
<u>RESUMEN.....</u>	<u>8</u>
<u>SUMMARY .....</u>	<u>9</u>
<u>1. INTRODUCCIÓN .....</u>	<u>10</u>
1.1 OBJETIVOS .....	10
1.1.1 Objetivo general.....	10
1.1.2 Objetivos específicos.....	10
<u>2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.....</u>	<u>11</u>
2.1. CARACTERIZACIÓN DEL RUBRO FORESTAL EN URUGUAY ....	11
2.1.1 Superficie implantada.....	11
2.1.2 Suelos de prioridad forestal .....	12
2.1.3 Clima .....	12
2.2 CARACTERIZACIÓN DE LAS ESPECIES .....	12
2.2.1 <i>Eucalyptus</i> .....	12
2.2.2 <i>Eucalyptus grandis</i> W. Hill ex Maiden.....	12
2.2.3 <i>Eucalyptus dunnii</i> Maiden.....	14
2.2.4 <i>Eucalyptus benthamii</i> Maiden .....	16
2.2.5 <i>Eucalyptus smithii</i> R. T. Baker.....	19
2.3 MÉTODOS DE CUBICACIÓN .....	20
2.3.1. Cubicación por el método de Smalian.....	21
2.3.2 Cubicación por el método de Huber.....	22
2.3.3 Cubicación por el método de Newton.....	22
2.3.4 Cubicación por el método de Hohenadl .....	23
2.3.5 Discusión sobre los métodos de cubicación rigurosa.....	24
2.4. FACTOR DE FORMA .....	24
2.5 PORCENTAJE DE CORTEZA .....	26
<u>3. MATERIALES Y MÉTODOS.....</u>	<u>27</u>
3.1. CARACTERIZACIÓN DEL SITIO .....	27
3.1.1. Ubicación del ensayo .....	27
3.1.2. Suelos .....	27
3.1.2.1. Unidad de suelo .....	27

3.1.2.2. Grupos de Suelos CONEAT .....	27
<u>3.1.3. Clima .....</u>	<u>28</u>
3.2. DESCRIPCIÓN DEL ENSAYO .....	29
3.3. MUESTREO .....	30
<u>3.3.1 Etapa de Gabinete .....</u>	<u>30</u>
3.3.1.1. Selección de individuos para cubicación .....	30
3.3.1.2. Generación de planillas .....	34
<u>3.3.2 Etapa de Campo .....</u>	<u>34</u>
3.3.2.1. Identificación de árboles a campo .....	34
3.3.2.2. Apeo de los árboles.....	35
3.3.2.3 Cubicación de los árboles .....	35
3.3.2.4. Procesamiento de datos de campo: volumen y factor de forma .	37
3.4 ANÁLISIS ESTADÍSTICO.....	38
<u>4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....</u>	<u>39</u>
4.1. RESULTADOS GENERALES COMPARATIVOS .....	39
4.2 VOLUMEN Y FACTOR DE FORMA DE <i>E. GRANDIS</i> .....	41
4.3. VOLUMEN Y FACTOR DE FORMA DE <i>E. DUNNII</i> .....	42
4.4. VOLUMEN Y FACTOR DE FORMA <i>E. SMITHII</i> .....	43
4.5. VOLUMEN Y FACTOR DE FORMA <i>E. BENTHAMII</i> .....	44
4.6. RESULTADOS DEL ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LAS VARIABLES ESTIMADAS .....	46
<u>4.6.1 Volumen con corteza.....</u>	<u>46</u>
<u>4.6.2 Volumen sin corteza.....</u>	<u>46</u>
<u>4.6.3 Volúmenes por método de cubicación con corteza.....</u>	<u>47</u>
<u>4.6.4 Volúmenes por método de cubicación sin corteza.....</u>	<u>48</u>
<u>4.6.5 Factor de forma con corteza .....</u>	<u>49</u>
<u>4.6.6 Factor de forma sin corteza .....</u>	<u>50</u>
<u>5. CONCLUSIONES .....</u>	<u>53</u>
<u>6. BIBLIOGRAFÍA .....</u>	<u>54</u>
<u>7. ANEXOS.....</u>	<u>57</u>

LISTA DE FIGURAS Y TABLAS

<b>Figura No.</b>	
<b>Figura No. 1</b>	Distribución natural del <i>Eucalyptus grandis</i> ..... 13
<b>Figura No. 2</b>	Ilustración de ramillas y hojas juveniles y adultas, y frutos de <i>Eucalyptus grandis</i> ..... 14
<b>Figura No. 3</b>	Distribución natural de <i>Eucalyptus dunnii</i> ..... 15
<b>Figura No. 4</b>	Ilustración de ramillas y hojas juveniles y adultas, y frutos de <i>Eucalyptus dunnii</i> ..... 16
<b>Figura No. 5</b>	Distribución natural de <i>Eucalyptus benthamii</i> ..... 17
<b>Figura No. 6</b>	Ilustración de hojas juveniles, adultas y frutos de <i>Eucalyptus benthamii</i> ..... 18
<b>Figura No. 7</b>	Distribución natural de <i>Eucalyptus smithii</i> ..... 19
<b>Figura No. 8</b>	Ilustración de ramillas y hojas juveniles y adultas, y frutos de <i>Eucalyptus smithii</i> ..... 20
<b>Figura No. 9</b>	Ilustración de la descomposición de un árbol en trozas. .... 21
<b>Figura No. 10</b>	Ilustración de la división del individuo en sus diferentes alturas . 23
<b>Figura No. 11</b>	Representación de la troza de un individuo ..... 25
<b>Figura No. 12</b>	Ubicación del ensayo ..... 27
<b>Figura No. 13</b>	Mapa de grupo CONEAT ..... 28
<b>Figura No. 14</b>	Distribución de las parcelas dentro de cada bloque ..... 29
<b>Figura No. 15</b>	Clases diamétricas cada 10 cm para la especie <i>E. smithii</i> ..... 30
<b>Figura No. 16</b>	Clases diamétricas cada 10 cm para la especie <i>E. benthamii</i> ..... 31
<b>Figura No. 17</b>	Clases diamétricas cada 6 cm para la especie <i>E. grandis</i> ..... 31
<b>Figura No. 18</b>	Clases diamétricas cada 5 cm para la especie <i>E. dunnii</i> ..... 32
<b>Figura No. 19</b>	Parcelas medidas dentro de cada bloque ..... 33
<b>Figura No. 20</b>	Sección de planilla para datos de diámetros con y sin corteza según % de altura..... 34
<b>Figura No. 21</b>	Muestra de planilla utilizada a campo para el relevamiento de los diámetros con y sin corteza de las trozas obtenidas en la etapa de campo. .... 34
<b>Figura No. 22</b>	Cinta de identificación de individuos..... 35
<b>Figura No. 23</b>	Apeo y obtención de trozas con motosierra..... 35
<b>Figura No. 24</b>	Medición de altura total y comercial del individuo apeado con cinta métrica..... 36
<b>Figura No. 25</b>	Medición de diámetro con corteza y sin corteza en las rodajas obtenidas ..... 37
<b>Figura No. 26</b>	Factor de forma con corteza por especie ..... 39
<b>Figura No. 27</b>	Factor de forma sin corteza por especie ..... 40
<b>Figura No. 28</b>	Espesor de corteza por especie..... 40
<b>Figura No. 29</b>	Volumen promedio individual por método y factor de forma, con y sin corteza para <i>E. grandis</i> ..... 41
<b>Figura No. 30</b>	Volumen promedio individual por método y factor de forma, con y sin corteza para <i>E. dunnii</i> ..... 42
<b>Figura No. 31</b>	Volumen promedio individual por método y factor de forma, con y sin corteza para <i>E. smithii</i> ..... 44
<b>Figura No. 32</b>	Volumen promedio individual por método y factor de forma, con y sin corteza para <i>E. benthamii</i> ..... 45

**Tabla No.**

<b>Tabla No. 1</b> Valores promedios de variables climáticas para el departamento de Tacuarembó (periodo 1961 - 1990). .....	29
<b>Tabla No. 2</b> Promedios de volúmenes por especie y método con y sin corteza. .	39
<b>Tabla No. 3</b> Tabla comparativa entre especies de las variables estimadas. ....	41
<b>Tabla No. 4</b> Análisis de varianza para la variable volumen individual con corteza (m <sup>3</sup> /árbol). .....	46
<b>Tabla No. 5</b> Comparación de medias mediante test de Tukey. ....	46
<b>Tabla No. 6</b> Análisis de varianza para la variable volumen total sin corteza (m <sup>3</sup> /individuo). .....	47
<b>Tabla No. 7</b> Comparación de medias mediante test de Tukey. ....	47
<b>Tabla No.8</b> Análisis de varianza para las medias de volumen individual por método de cubicación con corteza. ....	48
<b>Tabla No. 9</b> Comparación de medias de volumen individual por método de cubicación con corteza mediante test de Tukey. ....	48
<b>Tabla No. 10</b> Análisis de varianza para las medias de volumen individual por método de cubicación sin corteza. ....	49
<b>Tabla No. 11</b> Comparación de medias por método sin corteza mediante test de Tukey. ....	49
<b>Tabla No. 12</b> Análisis de varianza para la variable factor de forma con corteza por especie. ....	50
<b>Tabla No. 13</b> Comparación de medias por método test de Tukey. ....	50
<b>Tabla No. 14</b> Análisis de varianza para la variable factor de forma sin corteza por especie. ....	51
<b>Tabla No. 15</b> Comparación de factor de forma por método test de Tukey. ....	51
<b>Tabla No. 16</b> Tabla resumen para las distintas especies según la variable. ....	52

## RESUMEN

El presente trabajo tuvo por objetivo calcular el volumen real y el factor de forma de distintas especies de *Eucalyptus*, a través de varios métodos de cubicación como Smalian, Huber, Newton y Hohenadl y realizar la comparación respectiva. El cálculo de volumen se realizó a partir de mediciones de una serie de variables dendrométricas de interés como la altura total, el diámetro a la altura del pecho y diámetro a distintas alturas, en un ensayo de árboles de *Eucalyptus* de 15 años, compuesta por cuatro especies: *E. grandis*, *E. benthamii*, *E. dunnii* y *E. smithii* de origen seminal, en el departamento de Tacuarembó, Uruguay. Los datos fueron obtenidos a través de la medición a campo de una muestra de los individuos del total del ensayo. Estos datos se obtuvieron apeando y cubicando a los individuos seleccionados previamente a partir de clases diamétricas generadas para cada especie. El análisis de los datos fue realizado mediante el software estadístico R, en su interfase RStudio, a través del ajuste de modelos lineales, análisis de varianza, comparación de medias por Tukey y análisis de residuos. En cuanto a los volúmenes individuales reales con corteza, para *E. grandis* se obtuvieron diferencias estadísticamente significativas (p-valor de  $1.29e^{-06}$ ) con respecto a las demás especies presentando el mayor volumen, con  $1,821 \text{ m}^3$  por árbol. Para el volumen sin corteza se observa que *E. grandis* se diferenció significativamente (p-valor  $1.4e^{-06}$ ) del resto por presentar el mayor valor para la variable con  $1,6817 \text{ m}^3$  por árbol, mientras que *E. smithii* presentó con el menor valor  $0,8530 \text{ m}^3$  por árbol. Con relación al factor de forma con corteza hubo diferencias significativas entre todas las especies, 0,52; 0,48; 0,43 y 0,41 para *E. grandis*, *E. benthamii*, *E. smithii* y *E. dunnii* respectivamente, (p-valor de  $2.5e^{-10}$ ). Para el factor de forma sin corteza se pudo observar que hubo diferencias significativas entre *E. grandis* con las demás especies (p-valor de  $6.83e^{-11}$ ), presentando esta especie el mayor valor 0,5203 y *E. smithii* fue la especie que presentó menor valor para dicha variable 0,4639. En relación con la estimación por parte de los métodos, para el volumen sin corteza, sí hubo diferencias significativas, entre los métodos de Hohendahl y Huber, pero no así entre estos con Smalian y Newton, mientras que, en la estimación de volumen con corteza, no hubo diferencias entre los mismos.

*Palabras Clave:* *Eucalyptus*, métodos de cubicación, factor de forma, volumen individual



### SUMMARY

The objective of this work was to calculate the real volume and shape factor of different species of Eucalyptus, through different cubing methods such as Smalian, Huber, Newton and Hohenadl and to make the respective comparison. The volume calculation was carried out from measurements of a series of dendrometric variables of interest such as total height, diameter at breast height and diameter at different heights, in a trial of 15-year-old Eucalyptus trees, constitute of four species: E. grandis, E. benthamii, E. dunnii and E. smithii of seminal origin, in the department of Tacuarembó, Uruguay. The data was obtained through field measurement from a sample of individuals of the entire trial. This data was obtained by cutting and cubing the previously selected individuals from diameter classes generated for each species. The data analysis was carried out using the R statistical software, in its RStudio interface, through the adjustment of linear models, analysis of variance, comparison of means by Tukey and residual analysis. Regarding the actual individual volumes with bark, for E. grandis statistically significant differences were obtained (p-value of 1.29e-06) with respect to the other species presenting the largest volume, with 1,821 m<sup>3</sup> per tree. For the volume without bark, it is observed that E. grandis differed significantly (p-value 1.4e-06) from the rest by presenting the highest value for the variable with 1.6817 m<sup>3</sup> per tree, while E. smithii presented the lowest value 0.8530 m<sup>3</sup> per tree. In relation to the form factor with bark, there were significant differences between all species 0.52; 0.48; 0.43 and 0.41 for E. grandis, E. benthamii, E. smithii and E. dunnii respectively, (p-value of 2.5e-10). For the form factor without bark, it was observed that there were significant differences between E. grandis and the other species (p-value of 6.83e-11), with this species presenting the highest value 0.5203 and E. smithii being the species that presented the lowest value for said variable 0.4639. In relation to the estimation by the methods, for the volume without crust, there were significant differences between the Hohendahl and Huber methods but not between them with Smalian and Newton, while in the estimation of volume with bark, there were no differences between them.

*Keywords:* Eucalyptus, cubing methods, form factor, individual volume

## 1. INTRODUCCIÓN

El presente trabajo se desarrolló en un ensayo de cuatro especies de *Eucalyptus*, *Eucalyptus grandis*, *Eucalyptus dunnii*, *Eucalyptus benthamii* y *Eucalyptus smithii*, en el departamento de Tacuarembó, más precisamente en la localidad de Turupí Cinco Sauces. En dicha plantación se estimaron distintas variables de importancia forestal como el volumen individual, el factor de forma, con y sin corteza. Dicho trabajo se desarrolló como otra instancia de formación donde se profundizaron conceptos teóricos adquiridos durante el desarrollo de la carrera, además de ser uno de los requisitos para obtener el título de Ingeniero Agrónomo.

La importancia de la realización de este trabajo para Uruguay fue la de generar nuevos datos para especies de reciente uso en el país, como lo son *Eucalyptus benthamii*, *Eucalyptus smithii*, además de actualizar datos de especies como *Eucalyptus grandis* y *Eucalyptus dunnii*. A una edad de 15 años, edad intermedia entre tala rasa usada como madera sólida (15-17 años) y madera para pulpa (13-15 años).

Es de importancia tener conocimiento de su rendimiento y factor de forma dado el uso que tienen estas especies en nuestro país, conocer el factor de forma es importante en usos para madera estructural y en cuanto al volumen o rendimiento, es importante para todos sus usos o destinos.

### 1.1 OBJETIVOS

#### 1.1.1 Objetivo general

- a) Evaluar el volumen real para *Eucalyptus grandis*, *Eucalyptus dunnii*, *Eucalyptus benthamii* y *Eucalyptus smithii*, a través de distintos métodos de cubicación en suelos de prioridad forestal del noreste de Uruguay.

#### 1.1.2 Objetivos específicos

- a) Calcular el volumen real de *Eucalyptus grandis*, *Eucalyptus dunnii*, *Eucalyptus benthamii* y *Eucalyptus smithii*, a través de los métodos Smalian, Huber, Newton y Hohenadl.
- b) Calcular el factor de forma de *Eucalyptus grandis*, *Eucalyptus dunnii*, *Eucalyptus benthamii* y *Eucalyptus smithii*.
- c) Comparar el volumen real de las cuatro especies.

## 2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

### 2.1. CARACTERIZACIÓN DEL RUBRO FORESTAL EN URUGUAY

La forestación en Uruguay se rige por la segunda Ley Forestal N° 15.939 aprobada el 28 de diciembre del 1987, la cual sustituyó y amplió los términos de la primera ley forestal N° 13.723 del 16 de diciembre del 1968. La segunda ley establece suelos y zonas dentro del país que presentan las mejores condiciones para el desarrollo de las especies forestales utilizadas, teniendo en cuenta los aspectos ambientales, el manejo del monte nativo, el uso y conservación de suelos, a su vez impulsa el desarrollo forestal en todas sus fases a través de investigación, la extensión y la divulgación. Esto incluye la planificación de la economía forestal, la promoción de la forestación en tierras públicas y privadas, la mejora en la producción de plantas y semillas para la forestación, así como la protección de los bosques contra enfermedades y amenazas. Además, colabora en la prevención de incendios forestales y coordina con otros organismos estatales y departamentales, mientras administra el Patrimonio Forestal del Estado y fomenta la explotación sostenible de recursos forestales, determinando así que el rubro se desarrolle bajo un amplio marco legal regulatorio (Ley n°15. 939, 1987).

El sector en nuestro país abarca diversas actividades, desde la obtención de semillas y plantas hasta el transporte de productos finales. Este sector se divide en dos cadenas industriales directas (celulósica-papelera y maderera). Las actividades vinculadas al sector se clasifican en tres tipos: primarias (producción de plantas, tratamientos forestales y cosecha), secundarias (transformación de madera en productos y comercialización) y asociadas a las dos anteriores, como: logística, transporte y servicios profesionales (Uruguay XXI, 2021).

#### 2.1.1 Superficie implantada

En cuanto a la superficie implantada, la misma ha tenido grandes cambios desde los comienzos del rubro en nuestro país, debido a la influencia de las normativas planteadas anteriormente. La segunda ley luego de aprobada fue de gran importancia para el aumento de la superficie efectivamente plantada, pasando de 167.211 ha en 1988 a 1.103.686 ha en 2021 (Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca [MGAP], 2021).

En la actualidad la superficie forestada alcanza aproximadamente el 6% de la superficie del país, siendo los departamentos de Rivera, Tacuarembó, Paysandú, Río Negro y Lavalleja, los que presentan mayor concentración de plantaciones comerciales. Estas plantaciones están sustentadas por las especies, *Eucalyptus grandis*, *Eucalyptus globulus* Labill., *Eucalyptus globulus subsp. maidenii* (F.Muell.) J.B.Kirkp., *Eucalyptus dunnii*, *Pinus elliotti* Engelm. y *Pinus taeda* L. (Sociedad de Productores Forestales del Uruguay [SPF], 2022). El uso de estas especies está determinado por la matriz de cada industria, siendo la especie más plantada para el género *Eucalyptus*, el *Eucalyptus grandis* y para el género *Pinus*, el *Pinus taeda*.

### 2.1.2 Suelos de prioridad forestal

La actividad forestal en Uruguay se desarrolla en suelos denominados de prioridad forestal, definidos en el art. 5 literal A de la Ley Forestal n° 15.939 (1987) como suelos que “por sus propiedades, aptitud, clima, ubicación y demás características, son inadecuados para cualquier otra explotación o destino de carácter permanente y provechoso”. Según el art. 65 de la Ley n° 13.695 (1968) Atendiendo a la definición anterior, los grupos de suelos de prioridad forestal son todos los pertenecientes al grupo 7, la mayoría de los suelos incluidos en el grupo 8, algunos suelos del grupo 9 y los suelos de los grupos 2.11a, 2.12, 2.14, y 5.01 c, 5.02a abarcando una superficie total de 3.553.714 ha de prioridad forestal, estos grupos de suelos son áreas homogéneas definidas por su capacidad productiva en términos de carne bovina, ovina y lana en pie.

### 2.1.3 Clima

Referente al clima general de nuestro país se caracteriza por ser del tipo *cfa* de acuerdo con la clasificación de Meteo Navarra (s.f.), las temperaturas medias anuales tienden a aumentar con una orientación general de suroeste a noreste, donde para todo el Uruguay son de 17.5°C, con una isoterma (línea de igual temperatura) media máxima de 19.0°C sobre Artigas y una media mínima de 16.0°C sobre la costa atlántica en Rocha. Las precipitaciones son generalmente líquidas y excepcionalmente sólidas (granizo o nieve). Se dan en un rango de 1100 a 1500 mm, concentrándose en los meses de verano (Instituto Uruguayo de Meteorología [INUMET], s.f.).

## 2.2 CARACTERIZACIÓN DE LAS ESPECIES

### 2.2.1 *Eucalyptus*

Los *Eucalyptus* L'Hér pertenecen a la familia de las Mirtáceas, que cuenta con 600 taxones específicos y sub específicos originarios de Australia e islas vecinas (Pryor, 1976 como se cita en Brussa, 1994). La dispersión natural se localiza entre los 7° N y 43° S de latitud y la mayoría de las especies se concentran en el territorio australiano, siendo su distribución natural determinada por las condiciones climáticas y los tipos de suelos. Dada la capacidad de sus diferentes especies para adaptarse a una amplia gama de condiciones climáticas, alcanzando un rápido crecimiento, los eucaliptos están entre las especies más utilizadas en el mundo en plantaciones forestales, alcanzando, hace unos 10 años, los 20 millones de hectáreas (Barros Asenjo, 2012).

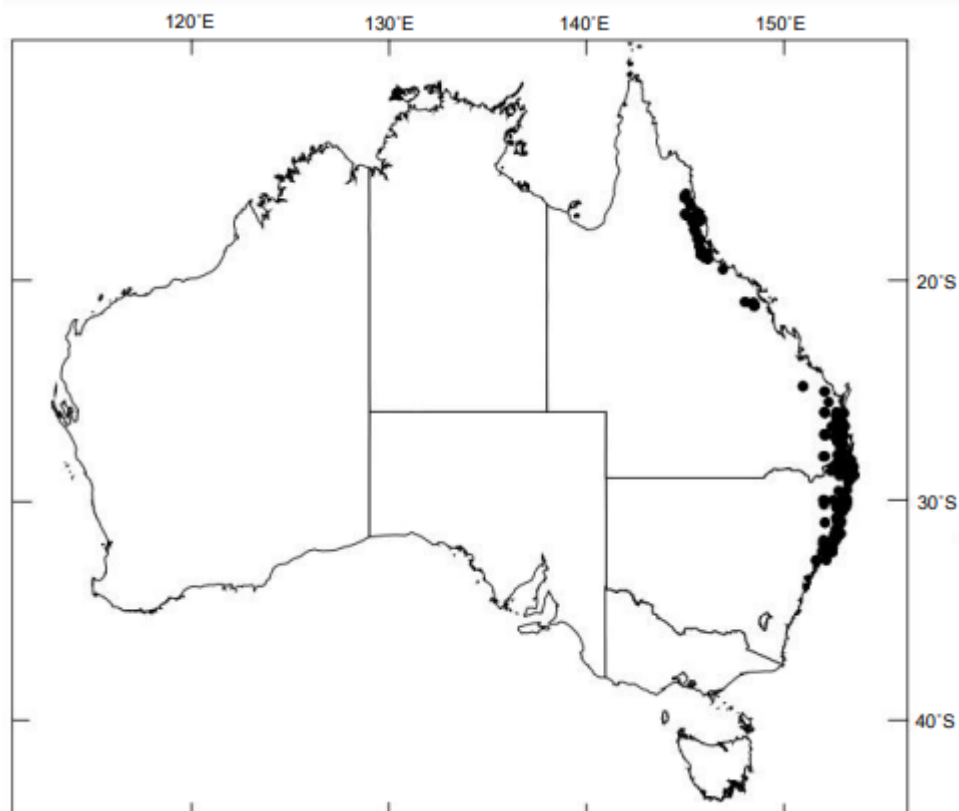
En Uruguay el género fue introducido en la segunda mitad del siglo XIX, principalmente con el objetivo de establecer plantaciones forestales para la producción de madera y otros productos relacionados. Los eucaliptos se han convertido en el género forestal más importante, utilizado tanto en la producción de madera como en la industria papelera (Porcile Maderni, 2007). A continuación, se realizará una breve descripción de las especies de este género utilizadas en la tesis: *E. grandis*, *E. dunnii*, *E. benthamii*, *E. smithii*.

### 2.2.2 *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden

Especie originaria de Australia, localizada en el este el continente australiano, norte de Nueva Gales del sur y sur de Queensland (Figura 1), abarcando

climas templados en el sur, hasta tropicales en el norte, siendo las temperaturas promedio máximas 24°C a 30°C en el sur y de 29°C a 32°C en el norte, mientras que las mínimas van de 3°C a 8°C en el sur y de 10°C a 17°C en el norte. En dicha región se presentan escasas heladas en ubicaciones más al centro del territorio. Las precipitaciones van desde 1000 a 3500 mm/año concentradas en verano. Esta especie se desarrolla y prefiere suelos profundos, de buen drenaje, con buena retención de agua y de textura limosa (Brussa, 1994).

**Figura No. 1**  
*Distribución natural del Eucalyptus grandis*

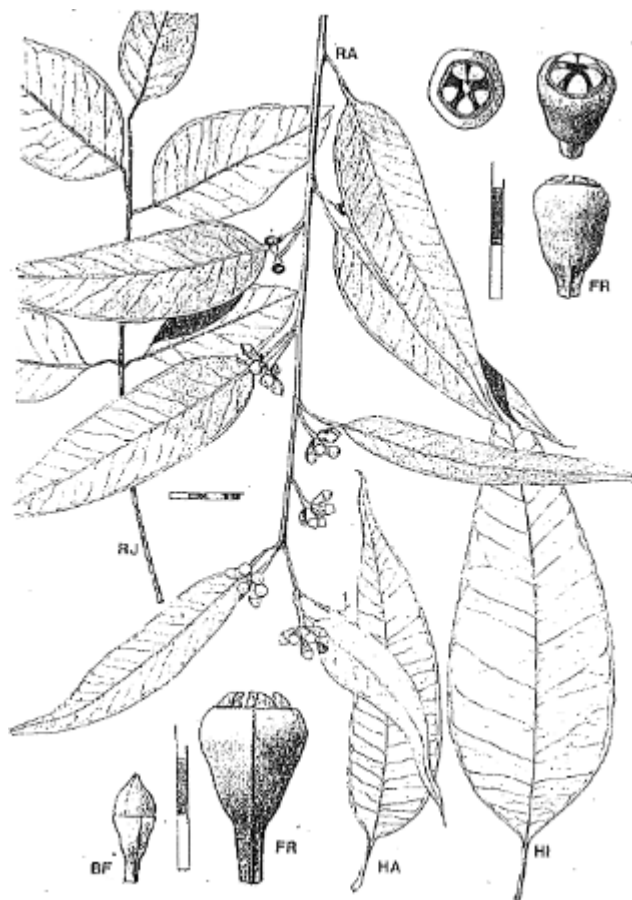


*Nota.* Tomado de Boland et al. (2006).

El *E. grandis* tiene sus características distintivas, presenta corteza caduca en varias fajas, lisa de color gris verdoso a gris blanquecino, la porción basal es escamosa entre los 1 a 3 metros, como un pollerín. En cuanto a las hojas, las juveniles presentan una filotaxia alterna, son pecioladas (1 – 2 cm), de forma oval, ápice agudo, acuminado y base redondeada, verde oscuras en el haz, muy discoloras, con dimensiones que van de 6 – 12 por 5 – 9 cm, de largo y ancho respectivamente; en cuanto a las adultas, las mismas son pecioladas (2 – 2,8 cm), de forma lanceolada, ápice agudo, acuminado y base cuneada, verde oscuras y discoloras, presentando nervaduras secundarias transversales, con dimensiones que van de 10 – 18 por 2 – 3,5 cm (Figura 2). Presenta inflorescencias simples axilares, botones florales glaucos, frutos piriformes, glaucos en estado maduro, contraídos en un orificio con 4 a 6 valvas con ápices convergentes en madurez (Brussa, 1994).

**Figura No. 2**

*Ilustración de ramillas y hojas juveniles y adultas, y frutos de Eucalyptus grandis*



*Nota.* Adaptado de Brussa (1994).

La madera de *E. grandis* presenta un duramen rosado moderadamente duro y durable con una densidad seca al aire de 545 a 955 kg/m<sup>3</sup>, siendo empleada en construcción, carpintería, madera contrachapada, vigas estructurales, laminada, finger joint, encolada, pisos, techos y pasta de celulosa; en el mercado internacional el producto aserrado de esta especie tiene el nombre comercial de Red Grandis (Brussa, 1994; Kmiecik, 2015).

Esta especie es una de las más empleadas en plantaciones forestales por su conformación y velocidad de crecimiento, presentando una disminución en suelos poco desarrollados y que poseen drenaje imperfecto. Para el año 2021, en base a datos de la Dirección General Forestal (DGF, 2022), el total de hectáreas implantadas era de 256.079. En relación al comportamiento del *E. grandis* en Uruguay, a una edad de 57 meses y una densidad de 2.220 plantas/ha para en el departamento de Tacuarembó presentó un Incremento Medio Anual - IMA de 49,6 m<sup>3</sup>/ha, mientras que para el departamento de Paysandú a igual densidad presentó un IMA de 60,1 m<sup>3</sup>/ha (Resquin et al., 2018).

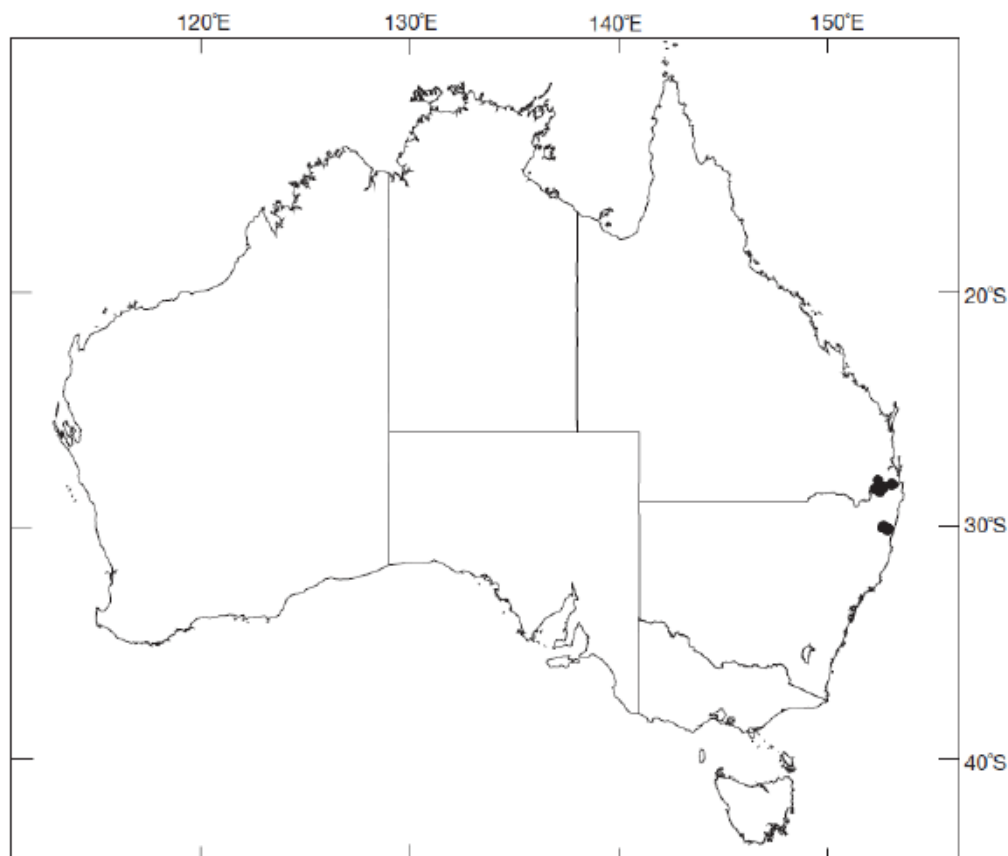
### 2.2.3 Eucalyptus dunnii Maiden

El *E. dunnii* es una especie originaria de Australia, crece en una pequeña área, en el ángulo nordeste de Nueva Gales del Sur y sureste de Queensland (Figura

3). El clima en dicha región es templado, siendo las máximas de 27°C a 30 °C y mínimas de 0°C a 3° C, hasta 60 heladas por año. Las precipitaciones van de 1000 a 1750 mm anuales, concentradas en verano. Los suelos donde se desarrolla son suelos de alta fertilidad, buena capacidad de retención de agua y buena aireación, siendo esta especie sensible al mal drenaje (Brussa, 1994).

**Figura No. 3**

*Distribución natural de Eucalyptus dunnii*



*Nota.* Tomado de Boland et al. (2006).

Las características distintivas al resto radican en que posee corteza lisa en casi todo el tronco, hojas ovales o elípticas de base muchas veces cordadas, las hojas intermedias son de hasta 30 cm de largo, flores en inflorescencias simples, axilares y los frutos presentan forma hemisféricos, con fuertes valvas exertas (Figura 4) (Brussa, 1994).

**Figura No. 4**

*Ilustración de ramillas y hojas juveniles y adultas, y frutos de Eucalyptus dunnii*



*Nota.* Adaptado de Brussa (1994).

Las características en cuanto a su madera son, duramen amarillento de poca durabilidad, con densidad de la madera seca al aire de  $800 \text{ kg/m}^3$ , siendo sus usos, la madera de aserrío y la producción de pulpa de celulosa. Un punto particular de dicha especie es que presenta baja semillazón y con problemas de propagación por estacas (Brussa, 1994).

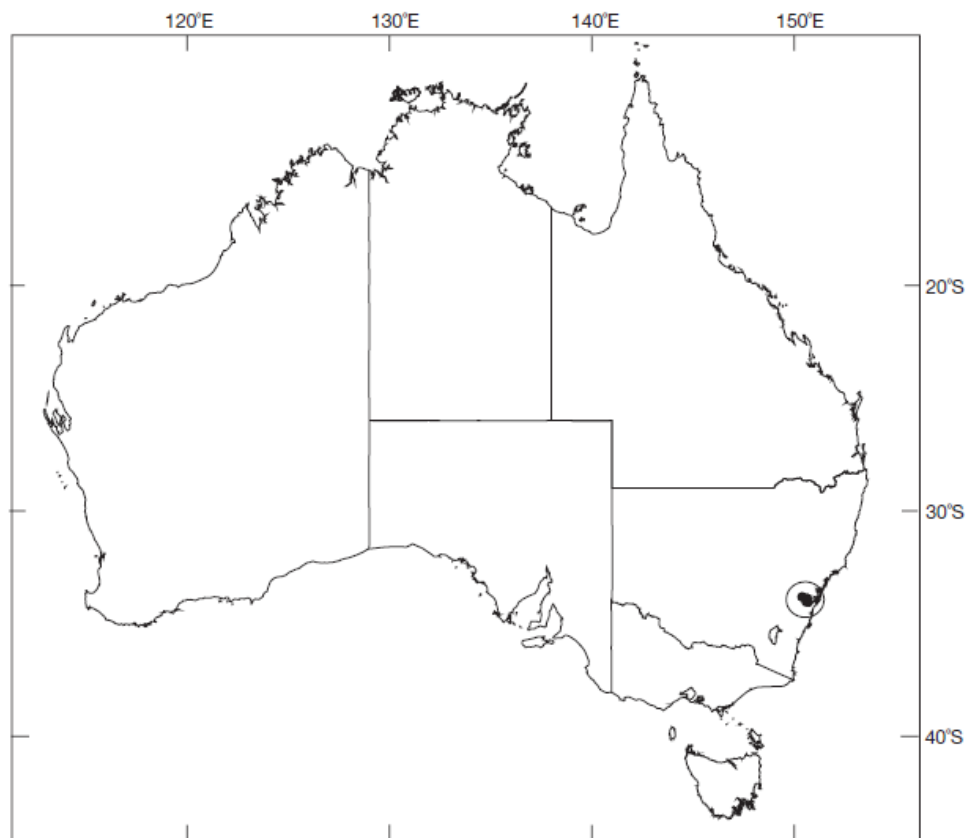
El *E. dunnii* es una especie utilizada conjuntamente con *E. grandis* por su particularidad tolerancia a bajas temperaturas. Para 2021, en base a datos de DGF (2022), el total de hectáreas implantadas era de 225.096. En relación al comportamiento de esta especie en Uruguay, a una edad de 57 meses, y una densidad de 2220 plantas/ha en el departamento de Tacuarembó, presentó un IMA de  $43,3 \text{ m}^3/\text{ha}$ , mientras que para el departamento de Paysandú a igual densidad presentó un IMA de  $53,9 \text{ m}^3/\text{ha}$  (Resquin et al., 2018).

#### 2.2.4 Eucalyptus benthamii Maiden

El *E. benthamii* es una especie originaria de Australia, al igual que *E. dunnii* se distribuye en una pequeña zona en la costa este de Nueva Gales del Sur (Figura 5). El clima regional presenta una temperatura media de los meses más calientes de  $27\text{-}29^\circ\text{C}$ , media de los más fríos  $2\text{-}3^\circ\text{C}$ . Las precipitaciones son de  $750$  a  $850 \text{ mm}$  por año, concentrándose en verano (Brussa, 1994).



**Figura No. 5**  
*Distribución natural de Eucalyptus benthamii*



*Nota.* Tomado de Boland et al. (2006).

Los suelos donde se desarrolla esta especie están asociados a riberas de los ríos, planicies fluviales o laderas adyacentes a tierras bajas. Los suelos son principalmente aluviales arcillosos de buena calidad agrícola. Las características distintivas para la especie son la corteza persistente y fina, hojas adultas opuestas, sésiles, los primeros dos o cuatro pares elípticas a ovaladas; hojas jóvenes opuestas, sésiles, largamente oblongo ovadas, fruto hemisférico a campanulado; disco estrechó, levemente convexo, 3 a 4 valvas (Figura 6). La madera es moderadamente dura, adecuada para uso en locales protegidos (Brussa, 1994).

**Figura No. 6**

*Ilustración de hojas juveniles, adultas y frutos de Eucalyptus benthamii*



*Nota.* Adaptado de Brussa (1994).

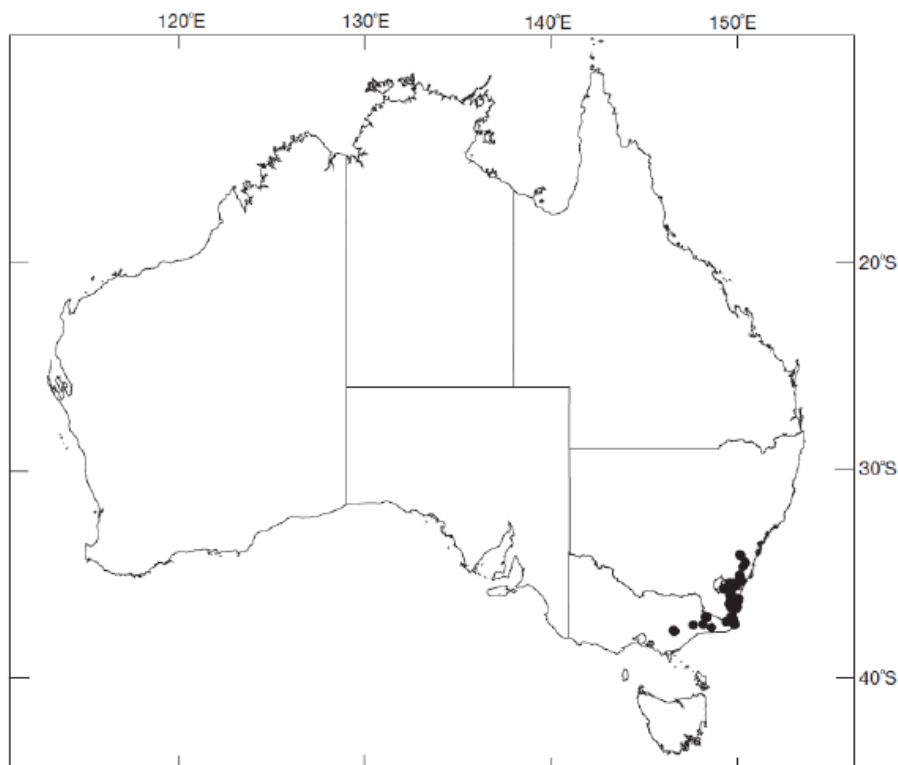
En relación a su madera es relativamente poco colorida, con una densidad básica de  $500 \text{ kg/m}^3$ , siendo su principal uso para pulpa. Es una especie de rápido crecimiento, tolera muy bien las heladas, siendo muy plástica. Presenta como desventaja la baja semillazón, siendo esto una limitante para su uso productivo (Brussa, 1994).

Esta especie en Uruguay es de reciente uso, tal como se mencionó previamente por su baja semillazón, además de estar protegida en el territorio australiano, dificultando el acceso a la semilla. Para el año 2021, en base a datos de DGF (2022), el total de hectáreas implantadas están incluidas en la categoría “otros *Eucalyptus*” con una superficie de 24.887 ha. En relación al comportamiento de *E. benthamii* en Uruguay, a una edad de 57 meses y una densidad de 2220 plantas/ha para en el departamento de Tacuarembó presentó un IMA de  $43,3 \text{ m}^3/\text{ha}$ , mientras que para el departamento de Paysandú a igual densidad presentó un IMA de  $49,4 \text{ m}^3/\text{ha}$  (Resquin et al., 2018).

### 2.2.5 *Eucalyptus smithii* R. T. Baker

El *E. smithii* se distribuye naturalmente en el sur de Australia, desde Nueva Gales del Sur extendiéndose hasta Victoria (Figura 7). El clima de esa región es templado a frío de húmedo a subhúmedo, las temperaturas medias de la región 22°C a 28°C y mínima -2 a 6 °C, en cuanto a su resistencia a heladas la misma varía según la región de origen. El régimen de precipitaciones en la región es de 750 a 1700 mm anuales (Brussa, 1994).

**Figura No. 7**  
*Distribución natural de Eucalyptus smithii*

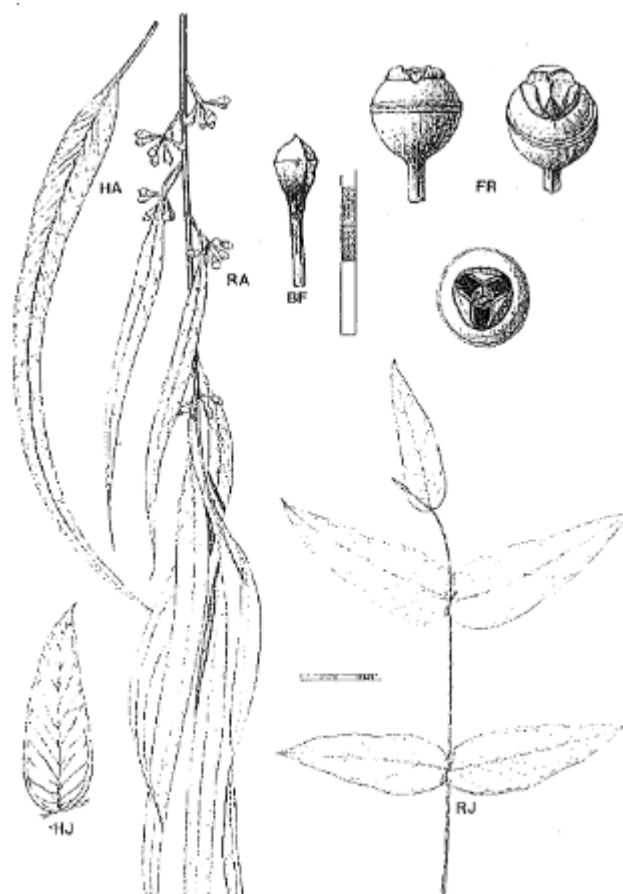


*Nota.* Tomado de Boland et al. (2006).

El *E. smithii* crece en suelos arcillosos a franco limosos, basálticos. Sus características distintivas son la presencia de un tronco con corteza áspera con largas fajas colgando en ramas, hojas muy aromáticas, juveniles angostas con flores y frutos pequeños (Figura 8). En cuanto a las características de la madera presenta un duramen castaño claro moderadamente durable, con una densidad seca al aire de 890 kg/m<sup>3</sup>, es apta para la construcción en general y como combustible (Brussa, 1994).

**Figura No. 8**

*Ilustración de ramillas y hojas juveniles y adultas, y frutos de Eucalyptus smithii*



*Nota.* Adaptado de Brussa (1994).

Esta especie fue introducida a Uruguay por Antonio Lussich, a comienzos del siglo XX como alternativa al *Eucalyptus globulus*, principalmente por sus características pulpables. Tal como sucede para *E. benthamii* esta especie está incluida en el total de ha implantadas dentro de la categoría el total “otros Eucalyptus” (DGF, 2022). En ensayos realizados con el fin de determinar su rendimiento y el desarrollo a través de parcelas permanentes establecidas por empresas forestales en los departamentos de Rocha, Canelones, Florida y Lavalaja, se determinó un IMA de 22,5 m<sup>3</sup>/ha/año a los 8 años (Rachid et al., 2021). En otro ensayo realizado por INIA, en 1995 sobre suelos 7.32, junto a otras especies (*E. dunnii*, *E. tereticornis* Sm., *E. camaldulensis* Dehnh. y *E. globulus*), *E. smithii* al quinto año alcanzó un IMA de 23 m<sup>3</sup>/ha (Balmelli & Resquin, 2000).

### 2.3 MÉTODOS DE CUBICACIÓN

El volumen es la medida de la cantidad de madera sólida más ampliamente utilizada. En el árbol individual pueden identificarse diferentes categorías de volumen. El árbol completo, considerando todos los componentes (fuste, ramas, corteza, copa y raíz), constituye el volumen total; todos aquellos componentes cuyas dimensiones son aceptables para el mercado constituyen el volumen comercial y el volumen de desechos está conformado por secciones maderables del

árbol que presentan defectos y dimensiones menores no comercializadas (Juárez Félix, 2014).

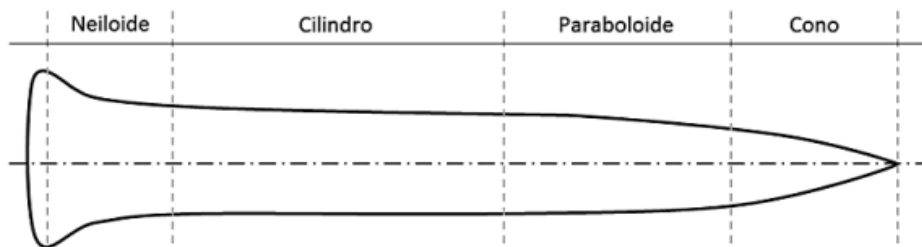
También existe la denominación de volumen bruto cuando se estima el volumen total hasta un diámetro comercial, incluyendo defectos; desde este último, descontados los defectos, se obtiene el volumen neto. Esos volúmenes pueden expresarse con o sin corteza. La medición directa de cualquiera de los volúmenes mencionados en el párrafo anterior es difícil de realizar directamente en árboles en pie. Así, la cubicación normalmente se realiza mediante métodos indirectos. Esto consiste en estimar el volumen de árbol a partir de variables de más fácil medición como el diámetro a la altura del pecho - DAP, la altura total - ht y la forma del fuste utilizando una función de volumen (Juárez Félix, 2014).

Un árbol no es un cilindro perfecto, por lo que para simplificar su cubicación se descompone el fuste en trozas y se le aplica a cada una de ellas el tipo geométrico más apropiado. Así, por lo general, la parte inferior del árbol se ajusta a un neiloide, el tramo medio inferior a un cilindro o a un paraboloides, el tramo medio superior a un paraboloides y el extremo superior a un cono o a un paraboloides (Figura 9) (Juárez Félix, 2014).

Vale aclarar que la forma y la longitud de las trozas puede afectar la precisión de los métodos de cubicación a utilizar.

### Figura No. 9

*Ilustración de la descomposición de un árbol en trozas*



*Nota.* Adaptado de Juárez Félix (2014).

A continuación, se realizará una descripción de los métodos más utilizados en la cubicación de madera.

#### 2.3.1. Cubicación por el método de Smalian.

El método de cubicación de Smalian es una técnica comúnmente utilizada para calcular el volumen de troncos cilíndricos o con forma de cono truncado y expresa el volumen del sólido en relación con su longitud y con la superficie de sus extremos. Este enfoque se basa en dividir el tronco en secciones de longitud uniforme, generalmente de un metro para calcular el volumen de cada sección se aplica la fórmula (Aldana Pereira, 2008):

$$vS = \frac{\pi}{8} (d^2 + D^2) \times L \quad \text{Ec. 1}$$

Siendo:

$vS$ : volumen del fuste según Smalian ( $m^3$ ).

$d^2$ : diámetro menor de la troza.

$D^2$ : diámetro mayor de la troza.

$L$ : longitud de la troza.

El método de Smalian es ampliamente utilizado debido a su simplicidad y facilidad de aplicación. Sin embargo, es importante tener en cuenta que su precisión puede verse afectada si el tronco no tiene una forma cilíndrica uniforme en todas las secciones, esto significa que, si el tronco presenta irregularidades o cambios en su forma, es posible que las estimaciones obtenidas mediante este método no sean medianamente precisas (Aldana Pereira, 2008).

### 2.3.2 Cubicación por el método de Huber

Es un método de cubicación absoluta y con esta fórmula el volumen es obtenido por el producto del área seccional tomada a la mitad de la sección y la longitud de la sección. Esta fórmula fue creada por Kaestner en 1758 y en 1825 se dio a conocer por los estudios de Huber. La utilización de esta fórmula empírica se basa en la hipótesis de que el fuste, o el tronco de un árbol, está asimilado a un cilindro cuya base y altura corresponden respectivamente a la sección mediana y a la longitud de dicho tronco. La fórmula de Huber (Aldana Pereira, 2008).

$$vH = \frac{\pi}{4} \times d(\text{mitad})^2 \times L \quad \text{Ec. 2}$$

Siendo:

$vH$ : volumen del fuste según Huber ( $m^3$ ).

$d$ : promedio de diámetro menor y mayor.

$L$ : longitud de la troza.

Generalmente, requiere medir el diámetro a la mitad de la longitud de una troza. En muchos casos no es fácilmente accesible como cuando las trozas se encuentran apiladas. Al igual que en el caso de Smalian esta fórmula solo sería exacta cuando la troza es cilíndrica o tiene forma de paraboloides. Sin embargo, en la práctica se emplea con más frecuencia la fórmula de Smalian, pues en las trozas ya cortadas resulta en general más fácil medir sus extremos. Los errores cometidos al emplear estas fórmulas aumentan con la longitud de las trozas debido al fenómeno natural de conicidad o ahusamiento. No resulta conveniente utilizar largos mayores a 4,8 metros y en caso de requerir mayor precisión de las medidas convienen largos menores a un entre 1,2 y 2,5 metros (Aldana Pereira, 2008).

### 2.3.3 Cubicación por el método de Newton

Este método implica la mensura de tres diámetros en el tronco, uno en la base, otro en el punto medio y el último en el tope, así como del largo total. La fórmula que la representa es la siguiente:

$$vN = \frac{\pi}{24} \times L \times (d^2 + 4 d(\text{mitad})^2 + D^2) \quad \text{Ec. 3}$$

Siendo:

$vN$ : volumen del fuste según Newton ( $\text{m}^3$ ).

$d^2$ : diámetro menor de la troza.

$d$  (mitad): promedio de diámetro mayor y menor de la troza.

$D^2$ : diámetro mayor de la troza.

$L$ : longitud de la troza.

Es válida para todos los cuerpos de revolución cuya superficie “s” de la sección está en función a una sección cuyo centro se encuentra referenciado en el origen de las coordenadas. A diferencia de los métodos mencionados anteriormente, resulta exacto para cualquier cuerpo geométrico (Aldana Pereira, 2008).

### 2.3.4 Cubicación por el método de Hohenadl

Consiste en dividir el árbol o troza en cinco, diez o más partes de igual tamaño (Figura 10) y calcular el volumen por el método de Huber. Siendo su fórmula:

$$vHdl = \frac{h}{10} \times (g_{0.05} + g_{0.15} + g_{0.25} + g_{0.35} + g_{0.45} + g_{0.55} + g_{0.65} + g_{0.75} + g_{0.85} + g_{0.95}) \quad \text{Ec. 4}$$

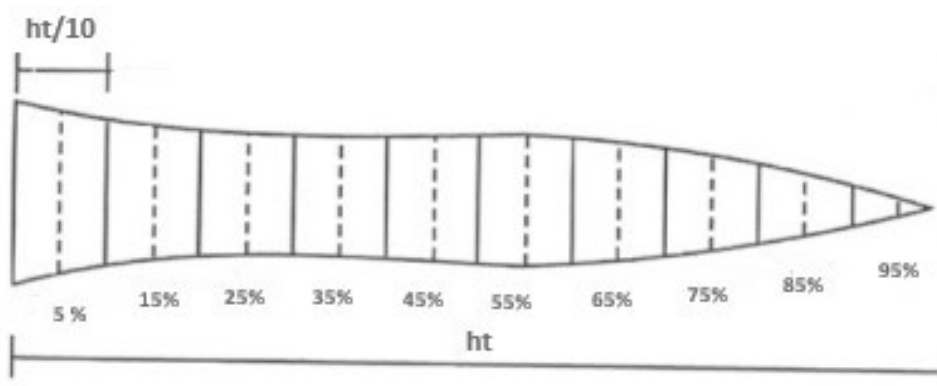
Siendo:

$vHdl$  = volumen del fuste considerado según Hohenadl ( $\text{m}^3$ ).

$g_i$  = área seccional en  $\text{m}^2$  con diámetros tomados a 5, 15, 25, 35, 45, 55, 65, 75, 85, 95% de la altura total del árbol ( $ht$ ).

### **Figura No. 10**

*Ilustración de la división del individuo en sus diferentes alturas*



Este método es usado en trabajo práctico y científico cuando se desea determinar el factor de forma, los verdaderos cocientes de forma e incluso en el estudio de forma de los troncos. El seccionamiento propuesto por Hohenadl implica

el conocimiento previo de la altura total del árbol del ápice a la base (Aldana Pereira, 2008).

### 2.3.5 Discusión sobre los métodos de cubicación rigurosa

“Al cabo de los años los métodos absolutos de cubicación propuestos por Smalian, Huber y Newton han sido utilizados por los forestales en todas partes del planeta, sobre todo por la facilidad que tiene su aplicación” (Machado & Figueiredo Filho, 2003, p. 264).

Según Loetsch et al. (1973), como se cita en Machado y Figueiredo Filho (2003), el método más preciso para obtener el volumen real es el Xilómetro, de todas formas, no es aplicado comúnmente debido al arduo trabajo que requiere el uso del Xilómetro. Siendo este un instrumento de medición de volumen donde se introducen las trozas a cubicar en un volumen de agua conocido y el volumen desplazado corresponde al volumen de la troza introducida en la pileta con agua.

Para Husch et al. (1982), como se cita en Machado y Figueiredo Filho (2003), el método Newton es exacto para todas las formas que puede asumir una sección. Sin embargo, su uso no ha sido frecuente, ya que es necesario medir un mayor número de diámetros a lo largo del tronco, lo que lo hace más lento y adecuado para trabajos de investigación según Schreuder et al. (1993) como se cita en Machado y Figueiredo Filho (2003). Para los métodos Huber y Smalian según Husch et al. (1982), como se cita en Machado y Figueiredo Filho (2003), solo son precisas si la sección es un tronco paraboloides.

En cuanto a Hohenadl con 10 o más secciones, es utilizado especialmente cuando la medición de troncos también tiene como objetivo desarrollar funciones de ahusamiento. El uso de secciones relativas, además de evitar una posible sistematización de errores, facilita la comparación de la forma de troncos con diferentes dimensiones (Machado & Figueiredo Filho, 2003).

La conclusión de los distintos autores es que se utilice la fórmula de Huber en cualquier circunstancia, lo que supondría una reducción del esfuerzo de muestreo y, en consecuencia, un menor coste, especialmente si se utilizaran tramos largos, dada la estabilidad de esta fórmula cuando aumentan las longitudes (Machado & Figueiredo Filho, 2003)

## 2.4. FACTOR DE FORMA

La forma del fuste de los árboles varía ampliamente. La tasa de disminución del diámetro fustal entre la base y el ápice del árbol, conocida como ahusamiento, varía dependiendo la especie, edad y tamaño de los árboles y factores asociados al manejo del rodal y a las condiciones de sitio, siendo característico de este. El estudio de la forma del fuste está destinado básicamente a aportar información para la estimación del volumen del árbol. Una de las maneras de estudio de la forma del fuste es mediante el factor de forma (Juárez Félix, 2014).



El factor de forma se obtiene del cociente entre el volumen real del árbol y el volumen de un cuerpo geométrico de referencia, cuyas dimensiones corresponden a las dimensiones generales del árbol (DAP y ht). Al volumen del sólido de referencia también se le denomina volumen aparente (Juárez Félix, 2014). Su fórmula se expresa como:

$$f = \frac{V_r}{V_s} \quad \text{Ec. 5}$$

Dónde:

$f$ : factor de forma

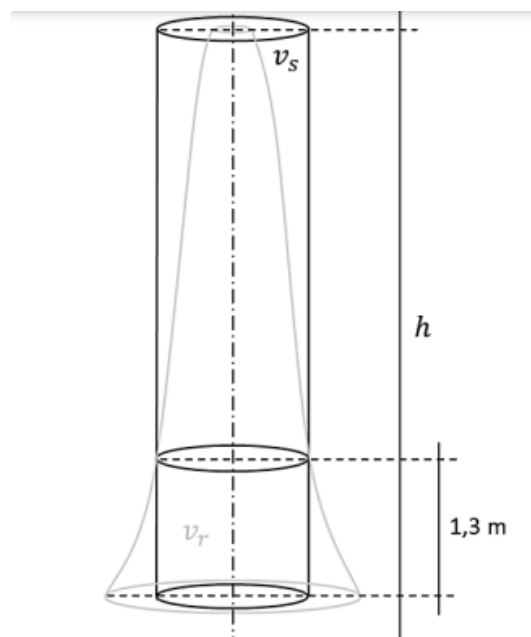
$v_r$ : volumen real del fuste

$v_s$ : volumen del sólido de referencia

Dependiendo de la forma asumida para el sólido de referencia se obtienen factores de forma cilíndricos, parabólicos, cónicos, neiloídes, siendo el factor de forma cilindro el de uso más habitual (Figura 11).

### Figura No. 11

*Representación de la troza de un individuo*



*Nota.* Adaptado de Juárez Félix (2014).

La utilidad del factor de forma es evidente, conocido su valor, es fácil derivar el volumen de un árbol  $v_r = f * v_s$ , siendo el volumen del sólido de referencia ( $v_s$ ) obtenido a partir de la altura total y el diámetro a la altura del pecho del árbol (Juárez Félix, 2014).

El valor de factor de forma, toma valores entre cero y uno, siendo los valores cercanos a uno correspondientes a formas más cilíndricas y los más cercanos a cero más cónicos.

### 2.5 PORCENTAJE DE CORTEZA

La corteza es un producto en general no aprovechable. Por este motivo cuando se realizan inventarios comerciales debe descontarse al volumen bruto el porcentaje de corteza para obtener el volumen neto y aprovechable de los individuos, a su vez esta determina el factor de forma de las especies.

El porcentaje de corteza para Sorrentino, (1997), como se cita en Fernández Caram y Ros Castro (2002), es más elevado en la base, disminuye y se hace constante en la mayor parte del fuste útil del árbol y finalmente vuelve a aumentar en el tramo final hasta el tope, el cálculo del porcentaje de corteza se basó en la medición de diámetros con y sin corteza.

Su cálculo se expresa en la siguiente ecuación;

$$\% \text{ Corteza} = \frac{(\text{corteza (cm)})}{\text{dcc}} \times 100 \quad \text{Ec. 6}$$

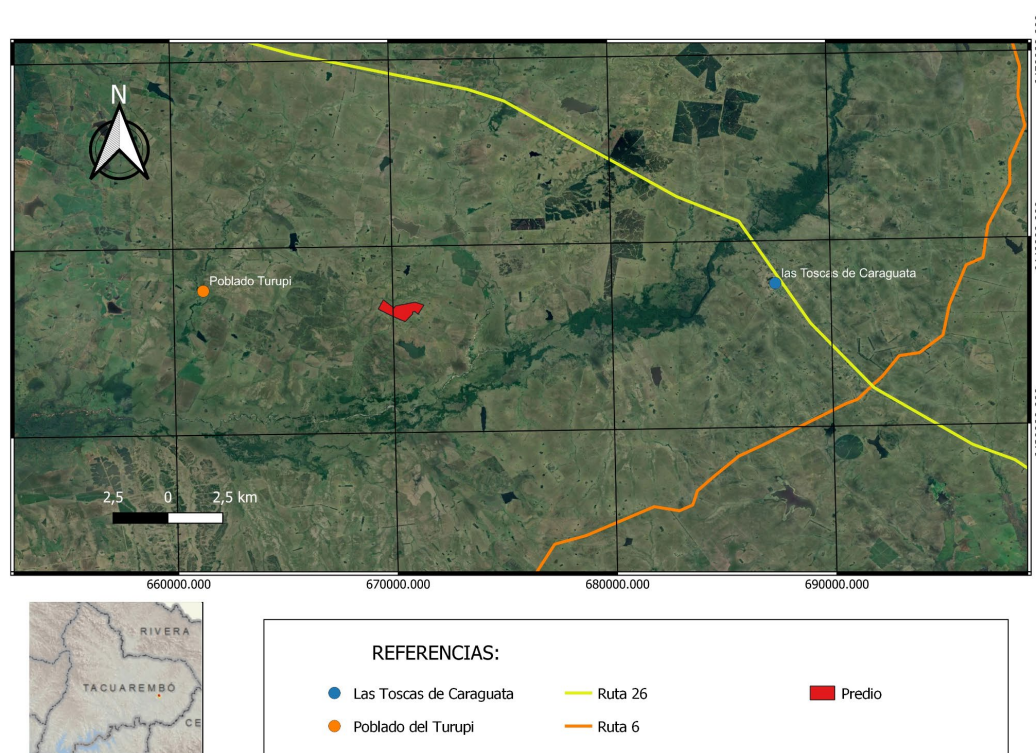
### 3. MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1. CARACTERIZACIÓN DEL SITIO

##### 3.1.1. Ubicación del ensayo

El ensayo se encuentra ubicado en un predio perteneciente a la empresa Uruply S.A. - Lumin, teniendo este una superficie de 133,2 ha. El predio antes mencionado se ubica en la localidad de Turupí en Cinco Sauces, perteneciente al departamento de Tacuarembó, a 50,8 km de la capital de dicho departamento, cercano a la ruta 26 (Figura 12).

**Figura No. 12**  
*Ubicación del ensayo*



*Nota.* Elaborado a partir de Google (2022).

##### 3.1.2. Suelos

###### 3.1.2.1. Unidad de suelo

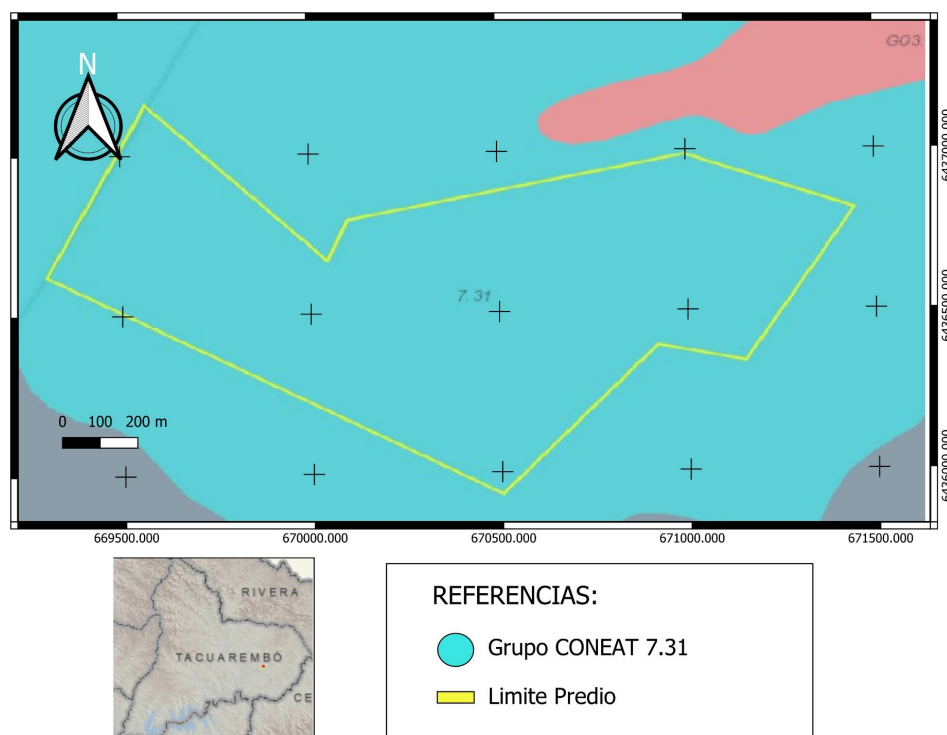
El ensayo se ubica sobre la unidad Rivera de la carta a escala 1: 1.000.000 Dirección de Suelos (DSF, ca.1979). Esta unidad posee como suelo dominante el Acrisol Ócrico Abrúptico Ar, r. posiciones topográficas de loma alta convexa con pendiente de 3%. El material generador corresponde a sedimentos arenosos sobre areniscas de Tacuarembó (anexo A).

###### 3.1.2.2. Grupos de Suelos CONEAT

El predio en el que está ubicado el ensayo se encuentra sobre el grupo 7.31 de la clasificación de suelos de la Comisión Nacional de Estudio Agronómico de la Tierra - CONEAT (Figura 13). Este grupo se localiza en los alrededores de la ciudad de Rivera, sobre las rutas 5, 27 y 30, hasta Tranqueras. El material geológico lo forman areniscas rojas, poco litificadas, apoyadas sobre areniscas de Tacuarembó.

El relieve está constituido por colinas sedimentarias no rocosas, con pendientes de 6 - 10%. Los suelos dominantes son Acrisoles Ócricos Típicos (Praderas Arenosas rojas) muy profundos, de color pardo rojizo, textura arenoso franca, bien drenados y fertilidad extremadamente baja. Asociados, aparecen Acrisoles Ócricos Álbicos muy profundos de color pardo oscuro, textura franco arenosa, bien drenados y fertilidad extremadamente baja, con un índice de productividad de 66 (Dirección General de Recursos Naturales [DGRN], s.f.), la descripción se obtuvo ingresando a la web en la sección buscar, donde se seleccionó departamento y se agregó el número de padrón del predio, obteniendo así la información.

**Figura No. 13**  
*Mapa de grupo CONEAT*



*Nota.* Elaborado a partir de la web DGRN (s.f.).

### 3.1.3. Clima

En este punto se realizará una breve caracterización de las variables climáticas en base a datos correspondientes al periodo (1961 – 1990) obtenidos de la página del INUMET (s.f.), correspondientes al departamento de Tacuarembó, estación meteorológica Paso de los Toros (coordenadas: -32.799 S -56.5294 W). Los datos se presentan a continuación resumidos en la tabla 1.

**Tabla No. 1**

*Valores promedios de variables climáticas para el departamento de Tacuarembó (periodo 1961 - 1990)*

Variable	Anual	Enero	Julio
Temperatura media (°C)	17,7	24,6	11,4
Temperatura máxima media (°C)	23,2	30,9	16,2
Temperatura mínima media (°C)	12,6	18,8	7,2
Humedad relativa (%)	74	65	82
Tiempo de insolación (h)	2456,2	288	144
Velocidad del viento (m/s)	3,4	3,6	3,4
Precipitación (mm)	1287	121	112

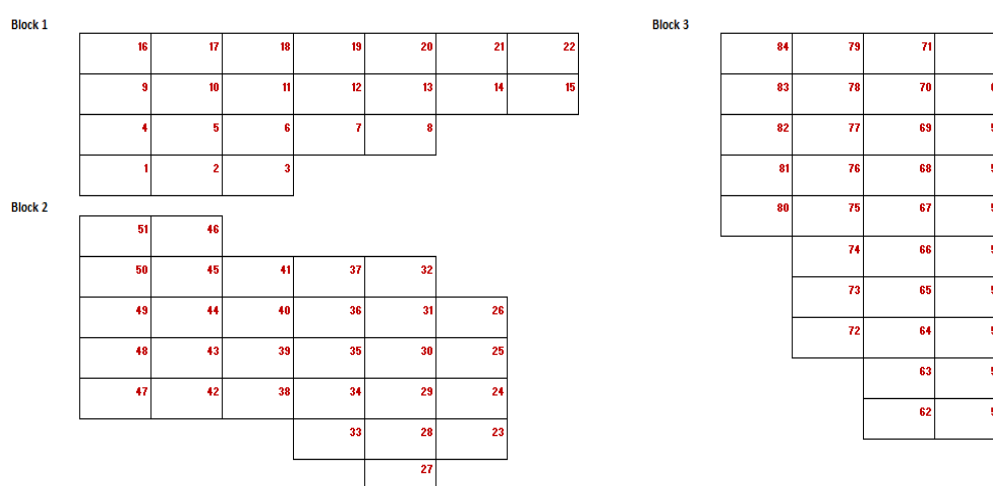
*Nota.* Elaborado a partir de INUMET (s.f.).

### 3.2. DESCRIPCIÓN DEL ENSAYO

El área de prueba consiste en un ensayo de especies de *Eucalyptus*, implantado en el año 2007, el mismo cuenta con un diseño experimental en bloques completamente al azar (DBCA), compuesto por tres bloques (Figura 14) en el que a cada uno de ellos se le asignan todos los tratamientos. Los tratamientos son las diferentes especies utilizadas (*E. grandis*, *E. dunnii*, *E. benthamii*, *E. smithii*) de origen seminal, instaladas en las unidades experimentales (parcelas compuestas por 49 árboles dispuestos en un arreglo de 7 x 7 plantas, con 4 m en la entrefila y 2,5 m en la fila, dando una densidad de 1.000 árb/ha) y distribuidas aleatoriamente en la superficie total ocupada, sin repeticiones por tratamiento, siendo un total de 84 parcelas.

**Figura No. 14**

*Distribución de las parcelas dentro de cada bloque*



*Nota.* Elaborado a partir de Uruply SA (comunicación personal, s.f.).

### 3.3. MUESTREO

El muestreo se dividió en dos etapas, la primera, fue una etapa de gabinete, y la segunda etapa a campo, donde se realizaron las mediciones correspondientes a la cubicación de los árboles por especie.

#### 3.3.1 Etapa de Gabinete

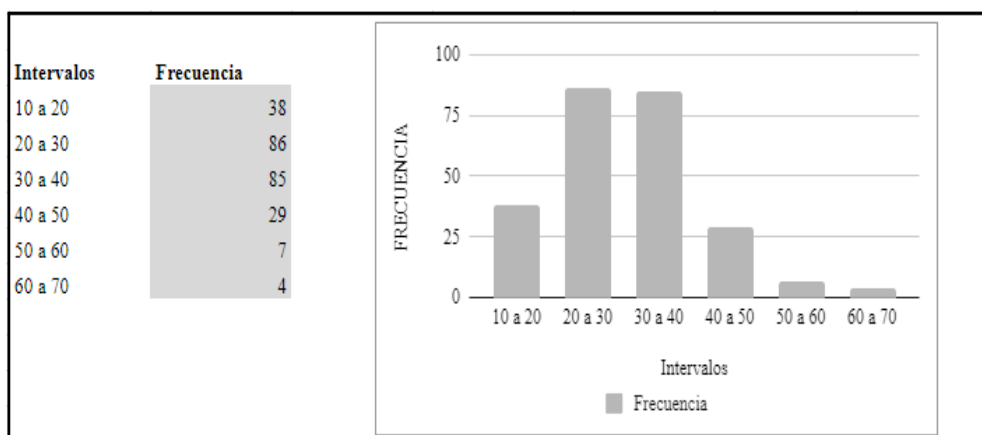
##### 3.3.1.1. Selección de individuos para cubicación

A partir de la base de datos del inventario brindado por la empresa, se confeccionaron las clases diamétricas y se calcularon los coeficientes de variación por especie que fueron, 10 cm (CV 33,27%) para *E. smithii* y (CV de 27,33%) *E. benthamii* (Figura 15 y 16), de 6 cm (CV 24,7%) para *E. grandis* (Figura 17) y de 5 cm (CV 25,6%) para *E. dunnii* (Figura 18). En base a las clases diamétricas y los coeficientes de variación de cada especie, se identificaron y seleccionaron los individuos de la clase diamétrica más frecuente y dentro de esta los individuos promedio, para su posterior cubicación en la etapa de campo, lo que resultó en 11 individuos para *E. smithii*, 12 individuos de *E. benthamii*, 19 individuos de *E. grandis* y 18 individuos de *E. dunnii*, seleccionando un total de 60 individuos. La elección de estos individuos estuvo basada en alcanzar un equilibrio entre la representatividad muestral y la capacidad logística del equipo técnico.

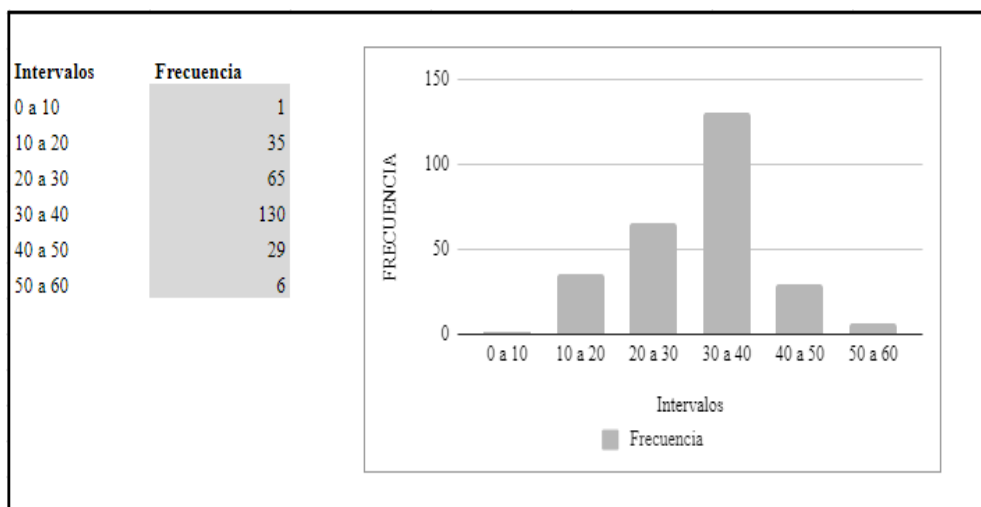
La selección se realizó con el fin de realizar las mediciones de las variables dendrométricas como diámetro a diferentes alturas, largo de trozas, altura total y así poder cubicarlos, hallando su volumen y factor de forma.

**Figura No. 15**

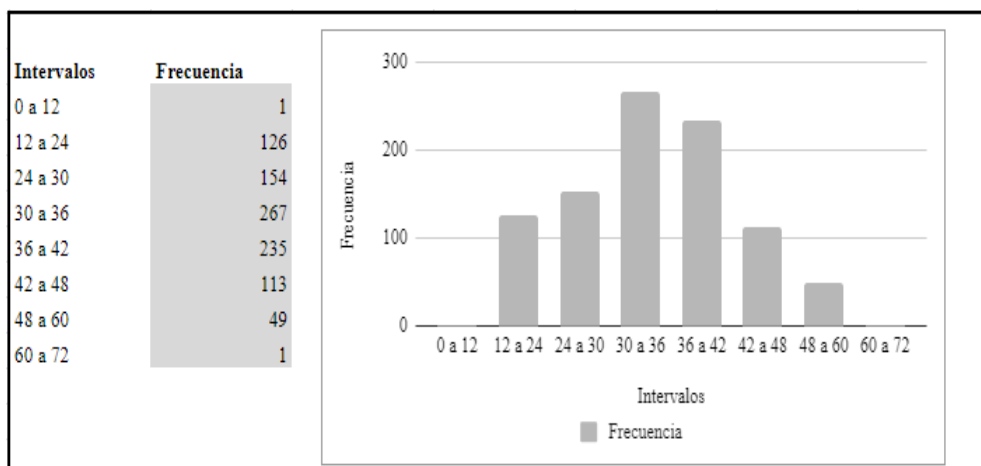
*Clases diamétricas cada 10 cm para la especie E. smithii*



*Nota.* Elaborado a partir de Uruply SA (comunicación personal, s.f.).

**Figura No. 16***Clases diamétricas cada 10 cm para la especie E. benthamii*

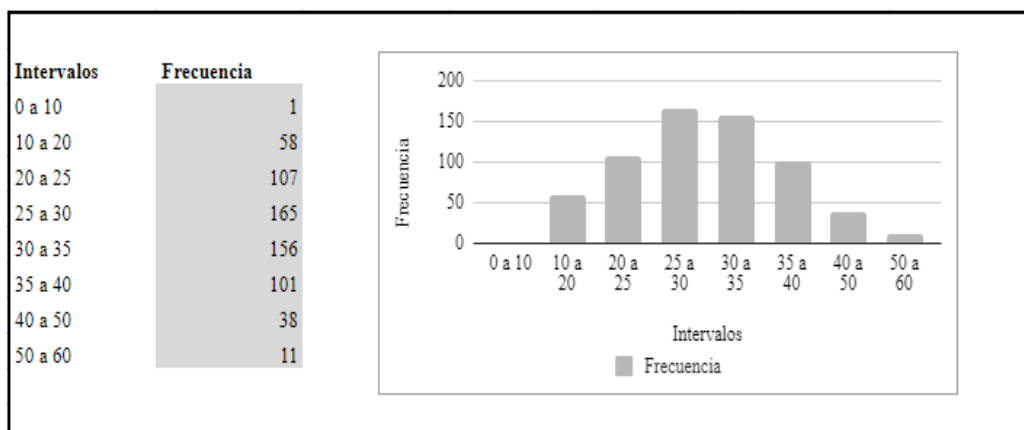
*Nota.* Elaborado a partir de Uruply SA (comunicación personal, s.f.).

**Figura No. 17***Clases diamétricas cada 6 cm para la especie E. grandis*

*Nota.* Elaborado a partir de Uruply SA (comunicación personal, s.f.).

**Figura No. 18**

*Clases diamétricas cada 5 cm para la especie E. dunnii*



*Nota.* Elaborado a partir de Uruply SA (comunicación personal, s.f.).

Posterior a la selección de los individuos se identificaron los mismos dentro de las parcelas del ensayo, tal como se muestra en la figura 19, haciendo un total de, 14 para *E. grandis*, para *E. dunnii* 11, para *E. benthamii* 7, y por último para *E. smithii* 8 parcelas completando un total de 40 parcelas medidas.



**Figura No. 19**  
Parcelas medidas dentro de cada bloque

**Block 1**

16	17	18	19	20	21	22
9	10	11	12	13	14	15
4	5	6	7	8		
1	2	3				

	Parcelas seleccionadas del bloque 1
--	-------------------------------------

**Block 2**

51	46					
50	45	41	37	32		
49	44	40	36	31	26	
48	43	39	35	30	25	
47	42	38	34	29	24	
			33	28	23	
				27		

	Parcelas seleccionadas del bloque 2
--	-------------------------------------

**Block 3**

84	79	71	61
83	78	70	60
82	77	69	59
81	76	68	58
80	75	67	57
	74	66	56
	73	65	55
	72	64	54
		63	53
		62	52

	Parcelas seleccionadas del bloque 3
--	-------------------------------------

*Nota.* Elaborado a partir de Uruply SA (comunicación personal, s.f.).

### 3.3.1.2. Generación de planillas

Luego de haber identificado a los individuos a partir de sus diámetros, se procedió a la confección de las planillas de registro de datos para cada individuo seleccionado, conteniendo cada una de ellas la sección correspondiente para cada método de cubicación Hohenadl (Figura 20), Smalian, Huber, Newton (Figura 21).

#### Figura No. 20

*Sección de planilla para datos de diámetros con y sin corteza según % de altura*

% de la $h_i$	BASE		DAP									
	%	%	5 %	15 %	25 %	35 %	45 %	55 %	65 %	75 %	85 %	95 %
$h_i$ (m)	0,10 (m)	1,30 (m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)
Pcc/D <sub>cc</sub> (cm):												
D <sub>cc</sub> :												
Psc/D <sub>sc</sub> (cm):												
D <sub>sc</sub> :												

#### Figura No. 21

*Muestra de planilla utilizada a campo para el relevamiento de los diámetros con y sin corteza de las trozas obtenidas en la etapa de campo*

trozas de: m	BASE		DAP									
	m	m	troza 1	troza 2	troza 3	troza 4	troza 5	troza 6	troza 7	troza 8	troza 9	troza 10
$h_i$ (m)	0,10 (m)	1,30 (m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)
Pcc/D <sub>cc</sub> (cm):												
D <sub>cc</sub> :												
Psc/D <sub>sc</sub> (cm):												
D <sub>sc</sub> :												

### 3.3.2 Etapa de Campo

#### 3.3.2.1. Identificación de árboles a campo

Los árboles fueron identificados por sus características botánicas, para diferenciar entre especies, posteriormente se les colocó una cinta de color verde fluorescente, esta contaba con la información del individuo como: parcela, bloque, número de árbol, clase diamétrica y especie (Figura 22).

**Figura No. 22**  
*Cinta de identificación de individuos*



### 3.3.2.2. Apeo de los árboles

Los individuos seleccionados fueron apeados con motosierra, con la que también se realizó el desrame y la obtención de las rodajas para facilitar la cubicación de los mismos (Figura 23).

**Figura No. 23**  
*Apeo y obtención de trozas con motosierra*



### 3.3.2.3 Cubicación de los árboles

Una vez apeados se procedió a medir cada árbol en longitud con una cinta métrica (Figura 24), obteniendo así la altura total en metros. Con la misma cinta se

marcaron secciones de 1 metro, con tiza de color blanco, hasta un diámetro en punta fina de 8 cm y a intervalos de 10% de la altura total, a partir de 5%, hasta alcanzar el 85% de la altura de los árboles, con tiza de color azul y así diferenciar las marcas. Estas marcas se realizaron para identificar el lugar donde se deberían realizar las mediciones de diámetros con y sin corteza y así hallar el volumen real de cada individuo, para posteriormente poder calcularlo basándose en los diferentes métodos antes descritos en la revisión bibliográfica (pág. 19 - 21).

**Figura No. 24**

*Medición de altura total y comercial del individuo apeado con cinta métrica*



Luego de haber marcado el árbol, se obtuvieron las rodajas correspondientes a cada sección, para facilitar la medición de sus diámetros, con y sin corteza. Los mismos fueron medidos con cinta diamétrica y descortezados con hachas de mano (Figura 25).



**Figura No. 25**

*Medición de diámetro con corteza y sin corteza en las rodajas obtenidas*



El registro de los datos, como diámetro con y sin corteza y altura total, se llevó a cabo en la planilla de campo mencionada, ver figuras 20 y 21.

#### 3.3.2.4. Procesamiento de datos de campo: volumen y factor de forma

Con el fin de calcular el volumen real de cada individuo, luego de haber obtenido los datos de campo, se procedió a cargar los datos de diámetros con y sin corteza y altura en planillas de cálculo electrónica para cada una de las especies y así aplicar de manera práctica las fórmulas de cada uno de los métodos antes mencionados.

Las medidas de los diámetros se tomaron cada 1m hasta un diámetro de 8 cm, luego para calcular el volumen restante se procedió a aplicar la fórmula de volumen del cono para la punta fina, que, sumado a la cubicación de los árboles hasta los 8cm, según cada uno de los métodos, se pudo obtener el volumen total.

La fórmula de volumen en punta fina se expresa a continuación;

$$vPF = Tf - Pt \times 0,33 \times \left(\frac{dTf}{2}\right)^2 \times \pi \quad \text{Ec. 7}$$

Siendo:

vPF: volumen de punta fina

Tf: Troza final

Pt: Penúltima troza

dTf: diámetro de troza final

Las fórmulas de los métodos y de volumen de punta fina se aplicaron de manera sucesiva para todos los individuos, obteniéndose sus respectivos volúmenes, posterior a ello se calcularon los volúmenes promedios para cada método con y sin corteza, por especie.

Luego de haber obtenido los volúmenes promedio por especie se procedió a calcular el volumen aparente por especie, utilizando la fórmula que tiene en cuenta la altura de los individuos y sus respectivos diámetros a la altura del pecho (DAP), siendo su fórmula:

$$vAp = \left[ \left( \frac{\pi}{4} \right) \times DAP^2 \right] ht \quad \text{Ec. 8}$$

Siendo:

vAp: volumen aparente

DAP: diámetro a la altura del pecho.

ht: altura total.

El cálculo del volumen aparente se realizó con el fin de poder hallar los factores de forma para cada especie, aplicando la fórmula mencionada en la revisión bibliográfica.

Después de obtenidos los valores de volumen real para cada método por especie y los factores de forma, en sus variantes con y sin corteza, estos se evaluaron estadísticamente a través del programa RStudio, para verificar las diferencias entre métodos, especies, factores de forma y los posibles errores relacionados a estos.

### 3.4 ANÁLISIS ESTADÍSTICO

El análisis comparativo de los diferentes métodos utilizados para la cubicación de las especies en sus variantes con y sin corteza, además de los respectivos factores de forma y volúmenes entre especies, fue realizado mediante el software estadístico R, en su interfase RStudio.

En todos los casos, se procedió a ajustar el modelo más adecuado al análisis planteado, efectuar un análisis de varianza y verificar los supuestos del modelo.

Con el fin de responder lo planteado en el objetivo principal de este trabajo, para cada caso se utilizó un modelo lineal a través de la función lm del paquete stats.

En los casos en los cuales el análisis de varianza demostraba que las diferencias entre los elementos evaluados eran significativas, se procedió por realizar una prueba de comparación múltiple de medias mediante test de Tukey. Durante todo el análisis se trabajó con un nivel de confianza del 95% ( $\alpha = 0.05$ ).

#### 4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En este apartado se presentan los volúmenes promedio y el factor de forma con y sin corteza obtenidos para las cuatro especies estudiadas. Estos son el producto del promedio de los individuos de cada especie y para cada método de cubicación.

##### 4.1. RESULTADOS GENERALES COMPARATIVOS

En la Tabla 2 se presentan los resultados promedio para cada método y especie, ordenados en forma descendente.

**Tabla No. 2**

*Promedios de volúmenes por especie y método con y sin corteza*

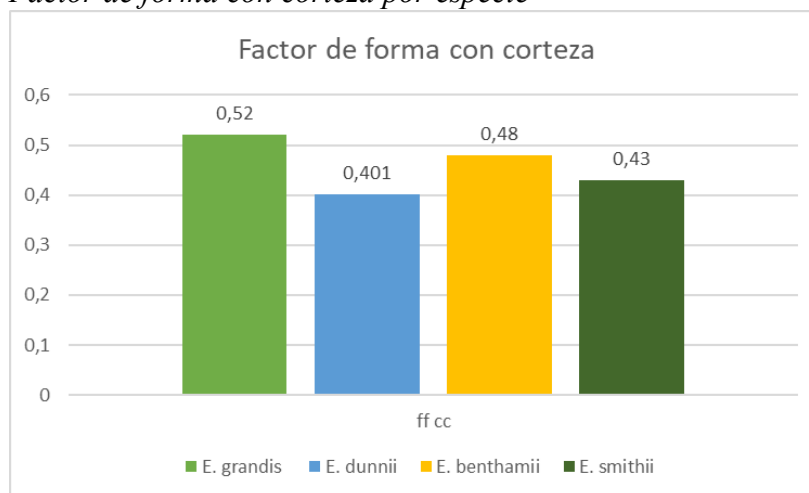
Especie	Smalian cc (m <sup>3</sup> )	Smalian sc (m <sup>3</sup> )	Huber cc (m <sup>3</sup> )	Huber sc (m <sup>3</sup> )	Newton cc (m <sup>3</sup> )	Newton sc (m <sup>3</sup> )	Hohenadl cc (m <sup>3</sup> )	Hohenadl sc (m <sup>3</sup> )
<i>E. grandis</i>	1,742	1,612	1,743	1,612	1,742	1,612	2,055	1,891
<i>E. benthamii</i>	1,087	0,944	1,084	0,941	1,085	0,942	1,316	1,120
<i>E. dunnii</i>	1,081	0,951	1,072	0,943	1,075	0,946	1,286	1,133
<i>E. smithii</i>	0,915	0,812	0,914	0,811	0,914	0,812	1,127	0,977

*Nota.* cc: con corteza; sc: sin corteza. Plantación de 15 años de edad y 1.000 árboles/ha.

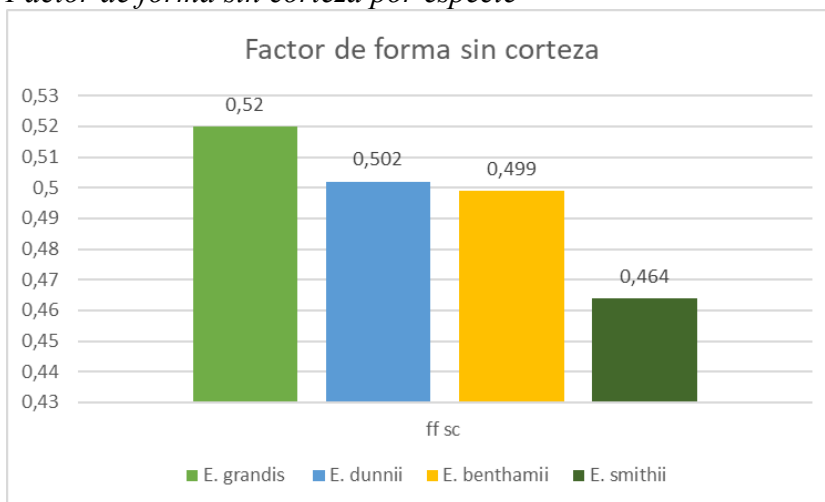
La figura 26 y anexo B presentan en resumen una comparación de los factores de forma con corteza por especie.

**Figura No. 26**

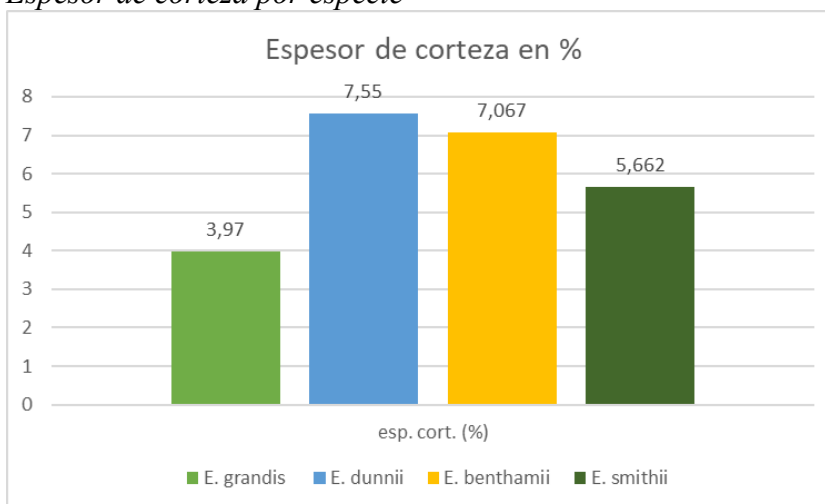
*Factor de forma con corteza por especie*



La comparación de los factores de forma sin corteza por especie se presenta en la gráfica a continuación (figura 27 y anexo C).

**Figura No. 27***Factor de forma sin corteza por especie*

Además del volumen por especie y la estimación de un factor de forma por especie, pudo estimarse el espesor de corteza en relación con el diámetro con corteza y se muestra en la figura 28 y anexo D. Por otra parte, en la tabla 3 se muestra de manera comparativa las variables estimadas para cada especie.

**Figura No. 28***Espesor de corteza por especie*



**Tabla No. 3**

*Tabla comparativa entre especies de las variables estimadas*

Variable	<i>E. grandis</i>	<i>E. dunnii</i>	<i>E. benthamii</i>	<i>E. smithii</i>
vol. real cc (m <sup>3</sup> )	1,821	1,129	1,143	0,960
vol. real sc (m <sup>3</sup> )	1,682	0,993	0,987	0,853
ff cc	0,520	0,401	0,480	0,430
ff sc	0,520	0,502	0,499	0,464
esp. cort. (%)	3,970	7,550	7,067	5,662

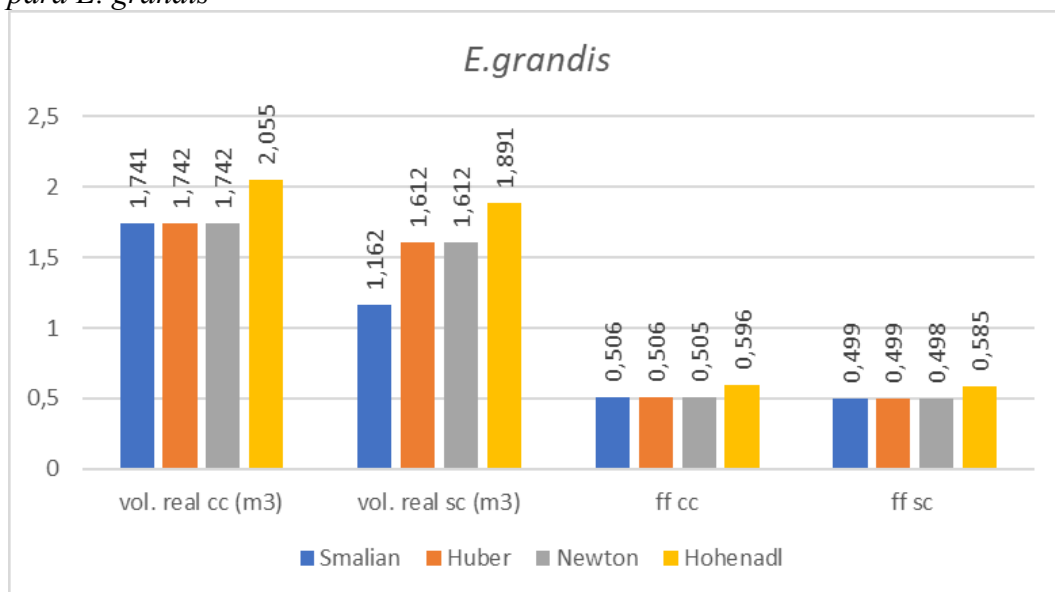
*Nota.* cc: con corteza; sc: sin corteza. ff: factor de forma. vol: volumen individual; volumen real con corteza - vol.real cc; volumen real sin corteza - vol. real sc; factor de forma con corteza - ff cc; factor de forma sin corteza - ff sc y espesor de corteza en porcentaje - esp. cort. (%).

#### 4.2 VOLUMEN Y FACTOR DE FORMA DE *E. GRANDIS*

Para *E. grandis* se presentan en la figura 29 y anexo E los valores promedio de volumen individual y factor de forma, con y sin corteza, de los 19 individuos muestreados.

**Figura No. 29**

*Volumen promedio individual por método y factor de forma, con y sin corteza para E. grandis*



Para *E. grandis* se obtuvo un volumen real promedio individual de 1,820 m<sup>3</sup> con corteza y de 1,681 m<sup>3</sup> sin corteza, como se observa en la tabla 3. Si se comparan los resultados obtenidos con el trabajo realizado por Bemhaja y Pittaluga (2006) en tres ensayos instalados sobre areniscas de Tacuarembó a una edad de plantación similar, se observa un volumen promedio inferior (0,548 m<sup>3</sup>/individuo), esta diferencia puede deberse a la densidad de plantación, siendo menor en nuestro trabajo, de 1.000 árboles/ha vs 1.818 árboles/ha del ensayo publicado por Bemhaja y Pittaluga (2006).

En cuanto al factor de forma de *E. grandis* se estimó un valor de 0,528 con corteza y 0,520 sin corteza (ver tabla 3), este valor da la pauta de que la especie presenta forma paraboloidal, ya que es la variable que nos indica la forma del individuo. Comparado este dato con el obtenido por Fusco et al. (2022), trabajo realizado en el departamento de Cerro Largo para la misma especie, en el cual se obtuvo un valor inferior de 0,439, factores de forma más bajos se corresponden a formas más cónicas. Mientras que el valor manejado por Cozzo (1976), como se cita en Daniluk (1992), el factor de forma para *E. grandis* fue de 0,490, a una edad de 6 años. A partir de lo revisado se podría decir que el valor estimado en este trabajo es similar al manejado por dicho autor Cozzo (1976), como se cita en Daniluk (1992).

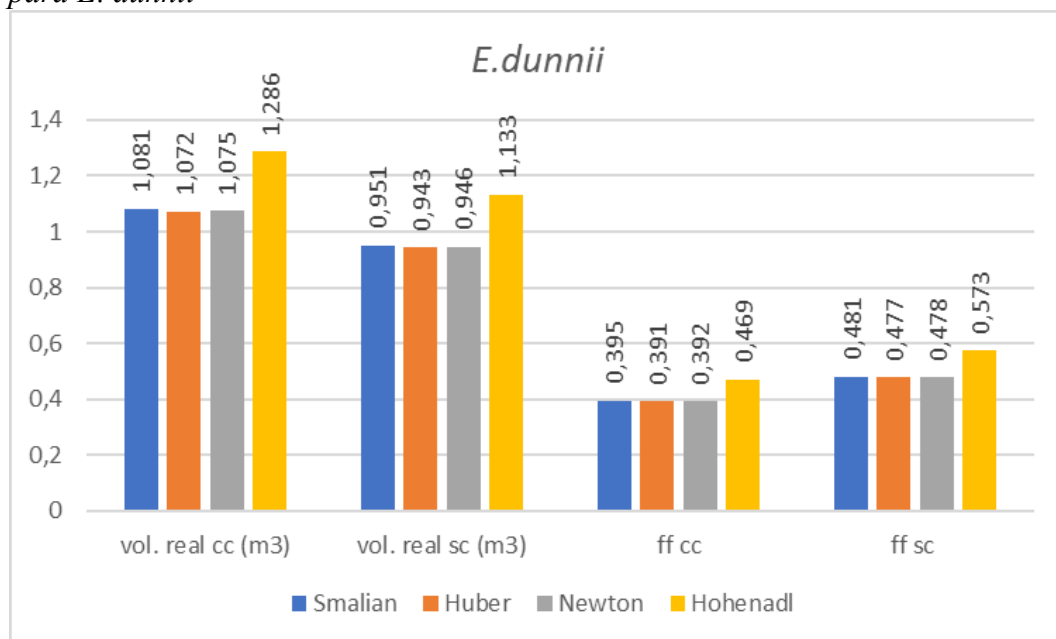
Para la variable espesor de corteza se obtuvo un valor promedio de 0,952 cm, lo que se corresponde con 3,97% (ver figura 28 y anexo D), siendo el valor de corteza más bajo de todas las especies incluidas en este trabajo. En comparación con lo estimado por Fusco et al. (2022) los valores son coincidentes respecto a tener la menor proporción de corteza, lo que explica la escasa diferencia entre los volúmenes con y sin corteza.

#### 4.3. VOLUMEN Y FACTOR DE FORMA DE *E. DUNNII*

Los resultados del volumen individual promedio, el factor de forma, con y sin corteza, de los 18 individuos medidos para esta especie y para cada método de cubicación se presentan en la figura 30 y anexo F.

**Figura No. 30**

*Volumen promedio individual por método y factor de forma, con y sin corteza para E. dunnii*



Para *E. dunnii* se estimaron valores de volumen individual promedio de 1,128 m<sup>3</sup> y 0,993 m<sup>3</sup>, con y sin corteza, respectivamente, los mismos se presentan en la tabla 3. Estos valores son superiores a los indicados en Bemhaja y Pittaluga (2006) para tres ensayos instalados sobre areniscas de Tacuarembó, para la misma

especie, donde estimó para una plantación de 11 años un volumen individual de  $0,439 \text{ m}^3$  con corteza, apreciándose una diferencia importante que se puede explicar por la edad inferior (11 vs 15 años) y densidad de plantación mayor (1000 vs 1800 árboles/ha). Cárdenas Bonsignore (2016) en el litoral oeste del país obtuvo, para una plantación de entre 9 a 14 años de la misma especie y para distintas densidades de plantación, volúmenes medios de  $0,304 \text{ m}^3$  y  $0,253 \text{ m}^3$ , con y sin corteza, respectivamente, lo que da la pauta de que el volumen real varía notoriamente entre sitios y densidades de plantación.

En lo que se refiere al factor de forma, los valores estimados para *E. dunnii* fueron de 0,41 y 0,50 (ver tabla 3) con y sin corteza, respectivamente, lo que indica que la especie presenta una forma cónica paraboloidal. Comparando los valores con los estimados por Fusco et al. (2022) 0,42 y 0,35, con y sin corteza, respectivamente, son similares solamente en el caso del valor con corteza. Balmelli y Resquin (2000) en una evaluación de especies de *Eucalyptus* al quinto año, reportan un factor de forma de 0,41, coincidiendo el valor al estimado con el presente trabajo y al estimado por Fusco et al. (2022), lo que indica que esta variable es característica del sitio y de la edad.

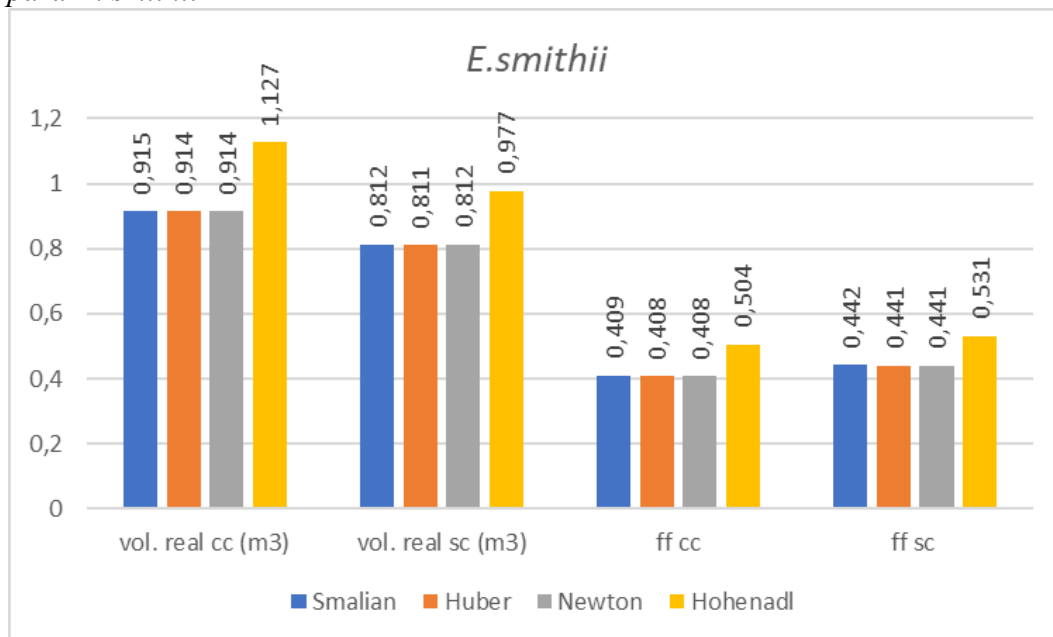
Para el espesor de corteza de *E. dunnii* se estimó un valor medio de 1,27 cm y 7,55% (figura 28 y anexo D) en relación al diámetro con corteza, siendo el valor más alto de los estimados en este trabajo en relación con las demás especies. Según Maiden et al. (1989), como se cita en Fernández Caram y Ros Castro (2002), el espesor de corteza para una plantación de 7 años fue de 7,21%, por lo que el resultado obtenido en este trabajo es similar al indicado por el autor y al igual que para el factor de forma se puede decir que esta característica es propia de la especie.

#### 4.4. VOLUMEN Y FACTOR DE FORMA *E. SMITHII*

En la figura 31 y anexo G se muestran los resultados de volumen y factor de forma, por método de cubicación, con y sin corteza, respectivamente, de los 11 individuos medidos para esta especie.

**Figura No. 31**

*Volumen promedio individual por método y factor de forma, con y sin corteza para E. smithii*



Para *Eucalyptus smithii* se observó un volumen real promedio individual de 0,967 m<sup>3</sup> con corteza y de 0,853 m<sup>3</sup> sin corteza, tal como se observa en la tabla 3. La bibliografía consultada para la especie en Uruguay es escasa. Tomando como referencia un trabajo reciente realizado en el departamento de Cerro Largo, donde se observaron volúmenes individuales de 0,87 m<sup>3</sup> y 0,75 m<sup>3</sup> con corteza y sin corteza, respectivamente, para una plantación de 13 años de la misma especie. Por otra parte, Bemhaja y Pittaluga (2006) reportaron volúmenes individuales con corteza en plantaciones de 9 años de 0,399 m<sup>3</sup>, las diferencias entre las dos publicaciones podrían estar explicadas por el sitio, la edad y la densidad de plantación.

En cuanto al factor de forma de *E. smithii* se estimó en 0,432 con corteza y en 0,463 sin corteza (ver tabla 3), lo que indica que la especie en comparación con *E.grandis* presenta una forma más cónica - paraboloide. El trabajo realizado por Fusco et al. (2022), presentó factores de forma de 0,455 con corteza y 0,383 sin corteza, lo que comparados con este trabajo son similares en cuanto al factor de forma con corteza.

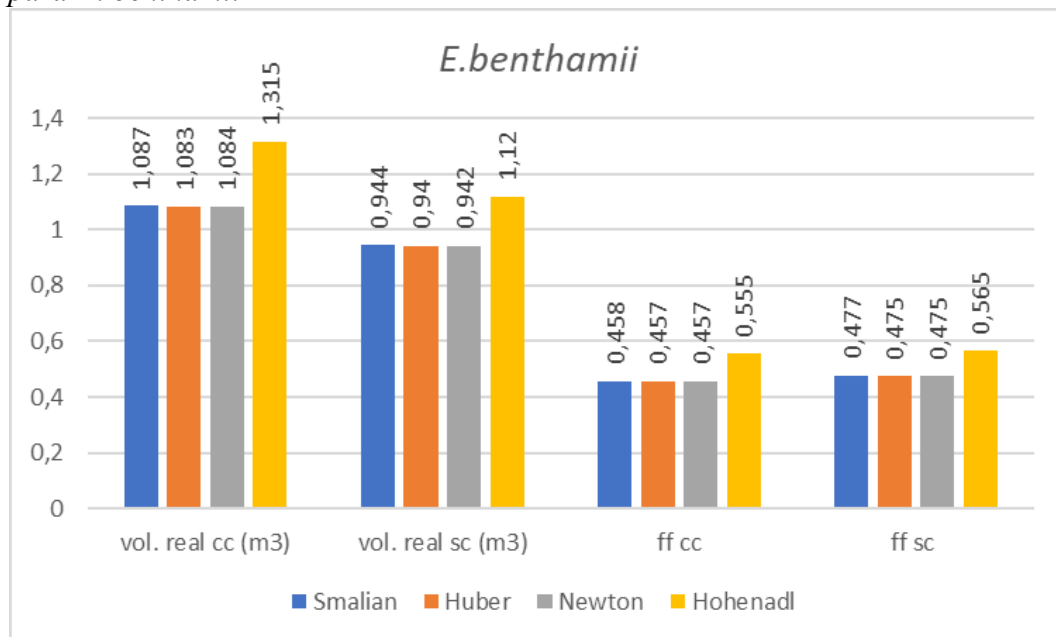
Para el espesor de la corteza, como se observa en la figura 28, se estimó un valor medio de 1,118 cm (anexo D) y 5,66% con relación al diámetro con corteza, siendo un valor intermedio comparado al de las otras tres especies y coincidente con lo estimado por Fusco et al. (2022) donde también reporta que presenta un comportamiento intermedio para esta variable.

#### 4.5. VOLUMEN Y FACTOR DE FORMA *E. BENTHAMII*

Los resultados de volumen y factor de forma de los 12 individuos medidos de *E. benthamii*, por método de cubicación, con y sin corteza, respectivamente se presentan en la figura 32 y anexo H.

**Figura No. 32**

*Volumen promedio individual por método y factor de forma, con y sin corteza para E. benthamii*



Para esta especie se estimó un volumen real promedio individual de  $1,142\text{m}^3$  y  $0,986\text{m}^3$  con y sin corteza, respectivamente, tal como se observa en la tabla 3. Al igual que para *E. smithii* la bibliografía para Uruguay sobre esta especie es escasa, dado que es de reciente uso como plantaciones con fines productivos.

Bemhaja y Pittaluga (2006) para tres ensayos instalados sobre areniscas de Tacuarembó para *E. benthamii* reportaron un valor de volumen individual con corteza de  $0,434\text{m}^3$  en una plantación de 9 años. En otro trabajo realizado por Resquin et al. (2018) para una plantación de 2 años y una densidad de 2.220 árboles por ha se estimó un valor de  $0,17\text{m}^3$  en Tacuarembó. Uranga Priore (2009) en un trabajo realizado en el litoral oeste, para una edad de 2 años, estimó un valor de  $0,26\text{m}^3$ .

Las diferencias observadas en los trabajos pueden deberse principalmente a la edad de estimación de la variable, los sitios y densidad de plantación, como se pudo ver en las demás especies, es la variable que presenta mayor variación entre distintos trabajos.

Para el factor de forma, como se puede ver en la tabla 3, se estimó el valor de 0,48 y 0,49 con corteza y sin corteza, respectivamente, indicando que la especie presenta forma cónico paraboloide. Estos datos no pueden compararse con otros trabajos dado que la bibliografía es escasa para Uruguay.

Por último, para la variable espesor de corteza, se estimó el valor de 7,067% en relación con el diámetro con corteza (ver anexo D), esta especie no presenta diferencias con *E. dunnii* para este trabajo, teniendo un valor intermedio en comparación con las cuatro especies estudiadas. En un trabajo realizado por Bocage Norman y Ulery Duarte (2005) en el departamento de Rivera se estimó una

media de 1,12 cm para una plantación de 6 años, pudiendo decir que el valor es similar al estimado en este trabajo, por lo que al igual que para las demás especies esta variable es característica de la especie.

#### 4.6. RESULTADOS DEL ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LAS VARIABLES ESTIMADAS

##### 4.6.1 Volumen con corteza

Las tablas 4 y tabla 5 presentan el análisis de varianza y test de Tukey, respectivamente para la variable volumen con corteza.

**Tabla No. 4**

*Análisis de varianza para la variable volumen individual con corteza (m<sup>3</sup>/árbol)*

ANOVA Volumen m <sup>3</sup> cc					
F de V	gl	SC	CM	F	p-valor
Método	3	1,89088	0,63029	722,283	1.285e-06 ***
Especie	3	0,08551	0,0285	32,662	0,07322
Residuales	9	0,07854	0,00873		

*Nota.* F de V: Fuentes de Variación, gl; grados de libertad, SC: suma cuadrado, CM; cuadrado medio. F=valor observado. p-valor=valor de probabilidad asociado al resultado observado. Nivel de significancia: 0 ‘\*\*\*’ 0.001 ‘\*\*’ 0.01 ‘\*’ 0.05 ‘.’ 0.1 ‘ ’ 1.

**Tabla No. 5**

*Comparación de medias mediante test de Tukey*

Especie	Volumen individual con corteza (m <sup>3</sup> )	Grupos
<i>E. grandis</i>	1,087	a
<i>E. benthamii</i>	0,944	b
<i>E. dunnii</i>	0,458	b
<i>E. smithii</i>	0,477	b

*Nota.* Grupos con letras diferentes confirman diferencias significativas.

Para los volúmenes individuales promedio con corteza calculados para cada especie y comparados a través del test de comparación de medias Tukey (tabla 15) se pudo observar diferencias significativas entre *E. grandis* y el resto de las especies, la primera arrojó los mayores volúmenes promedio para esta zona del país, esto respalda lo visto en el trabajo realizado por Bemhaja y Pittaluga (2006), en cuanto a los promedios sin corteza, ya que estos arrojaron diferencias significativas entre varias de las especies. *E. grandis* continuó siendo la especie con mayor volumen (ver tabla 3).

##### 4.6.2 Volumen sin corteza

Para la variable volumen sin corteza se realizó el análisis de varianza y test de Tukey que se presentan en la tabla 6 y 7, respectivamente. Se observa que hubo diferencias significativas entre todas las especies, donde *E. grandis* fue el que presentó mayor valor con 1,682 m<sup>3</sup> (a), *E. benthamii* y *E. dunnii* no se diferencian

entre ellos, pero si presentaron diferencias significativas tanto con *E. grandis* como con *E. smithii* (b y bc) 1,110 m<sup>3</sup> y 0,987 m<sup>3</sup>; mientras que *E. smithii* fue el que presentó un valor de volumen individual sin corteza significativamente inferior al de las otras tres especies, con 0,853 m<sup>3</sup> (c).

**Tabla No. 6**

*Análisis de varianza para la variable volumen total sin corteza (m<sup>3</sup>/individuo)*

ANOVA Volumen m <sup>3</sup> cc					
F de V	gl	SC	CM	F	p-valor
Especie	3	1,5958	0,5319	70,745	1,4e-06 ***
Método	3	0,0948	0,0316	4,204	0,0407*
Residuales	9	0,0677	0,075		

*Nota.* F de V: Fuentes de Variación, gl; grados de libertad, SC: suma cuadrado, CM; cuadrado medio. F=valor observado. p-valor=valor de probabilidad asociado al resultado observado. Nivel de significancia: 0 ‘\*\*\*’ 0.001 ‘\*\*’ 0.01 ‘\*’ 0.05 ‘.’ 0.1 ‘ ’ 1.

**Tabla No. 7**

*Comparación de medias mediante test de Tukey*

Especie	Volumen individual con corteza (m <sup>3</sup> )	Grupos
<i>E. grandis</i>	1,682	a
<i>E. benthamii</i>	1,110	b
<i>E. dunnii</i>	0,987	bc
<i>E. smithii</i>	0,853	c

*Nota.* Grupos con letras diferentes confirman diferencias significativas.

#### 4.6.3 Volúmenes por método de cubicación con corteza

La comparación de los distintos métodos de cubicación para la estimación del volumen con corteza a través del análisis de varianza (tabla 8) arroja un p - valor de 0,0732 entre métodos, siendo no significativo y un p - valor de 1.29e<sup>-06</sup> significativo entre especies, tal como ya se comentó anteriormente. En cuanto a los métodos de cubicación utilizados, al compararlos se pudo observar que los volúmenes promedio arrojados por los mismos no presentaban diferencias significativas (tabla 9) para los árboles con corteza, lo que indica que podría ser indiferente la estimación de volúmenes con corteza para estas especies mediante cualquiera de los cuatro métodos probados, estos resultados conciben con el trabajo realizado por Do Nascimento et al. (2023), para los métodos de cubicación de Smalian, Huber y Newton.

**Tabla No.8**

*Análisis de varianza para las medias de volumen individual por método de cubicación con corteza*

ANOVA Volumen m <sup>3</sup> cc					
F de V	gl	SC	CM	F	p-valor
Método	3	0,0855	0,0285	3,266	0,0732
Especie	3	1,8909	0,6303	72,228	1.29e-06 ***
Residuales	9	0,0785	0,0087		

*Nota.* F de V: Fuentes de Variación, gl; grados de libertad, SC: suma cuadrado, CM; cuadrado medio. F=valor observado. p-valor=valor de probabilidad asociado al resultado observado. Nivel de significancia: 0 ‘\*\*\*\*’ 0.001 ‘\*\*\*’ 0.01 ‘\*\*’ 0.05 ‘.’ 0.1 ‘.’ 1.

**Tabla No. 9**

*Comparación de medias de volumen individual por método de cubicación con corteza mediante test de Tukey*

Método	Volumen individual con corteza (m <sup>3</sup> )	Grupos
Hohenadl cc	1,360	a
Smalian cc	1,206	a
Newton cc	1,203	a
Huber cc	1,117	a

*Nota.* Grupos con letras diferentes confirman diferencias significativas.

#### 4.6.4 Volúmenes por método de cubicación sin corteza

Para el volumen sin corteza en la tabla 10 y 11 se presenta el análisis de varianza y el test de Tukey, respectivamente, para la estimación para cada método de cubicación. En la comparación de los métodos en la estimación de volumen sin corteza, estos sí presentaron diferencias, sobre todo entre los métodos de Hohenadl (a) y Huber (b), sin embargo, ambos métodos no presentaron diferencias significativas con Newton (ab) y Smalian (ab), dato que puede ser importante al momento de la elección de un método de cubicación para individuos de estas especies sin corteza en esta zona del país.



**Tabla No. 10**

*Análisis de varianza para las medias de volumen individual por método de cubicación sin corteza*

ANOVA por métodos de cubicación para volumen individual sin corteza					
F de V	gl	SC	CM	F	p-valor
Método	3	0,0948	0,0316	4,204	0,0407*
Especie	3	1,5958	0,5319	70,745	1,4e-06 ***
Residuales	9	0,0677	0,0075		

*Nota.* F de V: Fuentes de Variación, gl; grados de libertad, SC: suma cuadrado, CM; cuadrado medio. F=valor observado. p-valor=valor de probabilidad asociado al resultado observado. Nivel de significancia: 0 ‘\*\*\*\*’ 0.001 ‘\*\*\*’ 0.01 ‘\*’ 0.05 ‘.’ 0.1 ‘ ’ 1.

**Tabla No. 11**

*Comparación de medias por método sin corteza mediante test de Tukey*

Método	Volumen individual con corteza (m <sup>3</sup> )	Grupos
Hohenadl sc	1,280	a
Smalian sc	1,163	ab
Newton sc	1,111	ab
Huber sc	1,077	b

*Nota.* Grupos con letras diferentes confirman diferencias significativas.

#### 4.6.5 Factor de forma con corteza

Otro de los objetivos de este trabajo fue calcular el factor de forma por especie con y sin corteza, las tablas 12 y 13 muestran el análisis de varianza y test de Tukey, respectivamente para dicha variable con corteza. La prueba de comparación de medias (tabla 13), para la variable factor de forma de las cuatro especies en su variación con corteza, mostró diferencias significativas para las cuatro especies, siendo *E. grandis* 0,529 (a) el que presentó el mayor factor de forma seguido por *E. benthamii* 0,482 (b), *E. smithii* 0,432 (c) y *E. dunnii* 0,411 (d), esto debido a la conicidad que presenta cada una de estas especies donde *E. grandis* es la que presenta menor conicidad, o posee un fuste más cilíndrico y así respectivamente para las demás especies.

**Tabla No. 12***Análisis de varianza para la variable factor de forma con corteza por especie*

ANOVA factor de forma cc					
F de V	gl	SC	CM	F	p-valor
Método	3	0,03292	0,010972	501	2.5e-10 ***
Especie	3	0,02429	0,008098	369,8	9.7e-10 ***
Residuales	9	0,0002	0,000022		

*Nota.* F de V: Fuentes de Variación, gl; grados de libertad, SC: suma cuadrado, CM; cuadrado medio. F=valor observado. p-valor=valor de probabilidad asociado al resultado observado. Nivel de significancia: 0 ‘\*\*\*’ 0.001 ‘\*\*’ 0.01 ‘\*’ 0.05 ‘.’ 0.1 ‘ ’ 1.

**Tabla No. 13***Comparación de medias por método test de Tukey*

Especie	ff cc	Grupos
<i>E. grandis</i>	0,529	a
<i>E. benthamii</i>	0,482	b
<i>E. smithii</i>	0,432	c
<i>E. dunnii</i>	0,411	d

*Nota.* Grupos con letras diferentes confirman diferencias significativas.

#### 4.6.6 Factor de forma sin corteza

El análisis de varianza y test de Tukey para el factor de forma sin corteza se muestra en las tablas 14 y 15. En la comparación entre factores de forma sin corteza (tabla 15) se evidenciaron aumentos en este valor para todas las especies, además de cambios en el ranking, en este caso *E. dunnii* pasó de tener el menor factor de forma a ser el segundo después de *E. grandis*, esto estaría explicado no sólo por la variación en los porcentajes de corteza de las especies, sino también por la distribución que está presente a lo largo del fuste, siendo mayor en las zonas más bajas del fuste, por lo que al momento de medir el DAP con corteza para calcular el volumen aparente del individuo se sobre estima el diámetro del cilindro haciendo que el volumen aparente muestre una mayor diferencia con el volumen real del árbol y por consiguiente un menor factor de forma para individuos medidos con corteza, suponiendo esto, *E. dunnii* sería la especie donde este efecto se vería más acentuado, mientras que *E. grandis* sería el menos afectado ya que es la especie que presenta menor variación en el factor de forma entre individuos con y sin corteza, esto no sólo está dado por presentar un menor porcentaje de corteza que las demás especies, sino por hacerlo con una distribución más homogénea a lo largo del fuste.

**Tabla No. 14***Análisis de varianza para la variable factor de forma sin corteza por especie*

ANOVA factor de forma sc					
F de V	gl	SC	CM	F	p-valor
Método	3	0,006672	0,002224	669,6	6.83e-11 ***
Especie	3	0,024368	0,008123	2445,5	2.04e-13 ***
Residuales	9	0,00003	0,000003		

*Nota.* F de V: Fuentes de Variación, gl; grados de libertad, SC: suma cuadrado, CM; cuadrado medio. F=valor observado. p-valor=valor de probabilidad asociado al resultado observado. Nivel de significancia: 0 ‘\*\*\*’ 0.001 ‘\*\*’ 0.01 ‘\*’ 0.05 ‘.’ 0.1 ‘ ’ 1.

**Tabla No. 15***Comparación de factor de forma por método test de Tukey*

Especie	ff sc	Grupos
<i>E. grandis</i>	0,520	a
<i>E. dunnii</i>	0,502	b
<i>E. benthamii</i>	0,498	b
<i>E. smithii</i>	0,464	c

*Nota.* Grupos con letras diferentes confirman diferencias significativas.

Para finalizar la discusión se compararon los resultados de volumen individual, Dap, altura total y factor de forma para *E. grandis*, *E. smithii* y *E. dunnii* (tabla 16) obtenidos en el presente ensayo y los resultados obtenidos en el ensayo hermano ubicado en el departamento de Cerro Largo (Fusco et al., 2022).

De forma general se visualiza que los resultados de ambos ensayos son similares para estas variables, para *E. dunnii* y *E. smithii*; sin embargo, se observaron diferencias en volumen y factor de forma; para *E. grandis* a pesar de la diferencia etaria (15 y 14 años respectivamente) y a igualdad de tratamientos silvícolas, se puede decir que presentó mayor rendimiento en el ensayo realizado en Tacuarembó. En cuanto al Dap y a la altura total al ser similares, se puede deducir que la diferencia en volumen se debe a la forma de los individuos y que ello se refleja en el factor de forma.

**Tabla No. 16***Tabla resumen para las distintas especies según la variable*

E. smithii				
	vol. (m <sup>3</sup> )	Dap (cm)	ht (m)	ff
Tacuarembó	0,97	31,00	28,88	0,43
Cerro Largo	0,74	27,30	29,00	0,45
E. dunnii				
Tacuarembó	1,13	29,37	35,09	0,41
Cerro Largo	1,15	27,90	34,20	0,42
E. grandis				
Tacuarembó	1,82	34,07	37,78	0,52
Cerro Largo	1,25	32,40	35,90	0,43

*Nota.* ht: altura total, vol: volumen real, Dap: diámetro a la altura del pecho, ff: factor de forma.

## 5. CONCLUSIONES

Los métodos estudiados no presentan diferencias significativas en la estimación de volumen individual con corteza para *Eucalyptus grandis*, *Eucalyptus dunnii*, *Eucalyptus smithii* y *Eucalyptus benthamii*. El método Hohenadl es el que en este trabajo se podría decir que sobreestimó el volumen sin corteza en general para las cuatro especies, por lo que no sería el más recomendado. Teniendo en cuenta el largo de troza medido en este trabajo (1 m) lo recomendado es Smalian y en caso de contar con las instalaciones e instrumentos adecuados, es óptimo medir el volumen mediante el método xilómetro, ya que es el más preciso.

La especie de mejor comportamiento fue *Eucalyptus grandis* en concordancia con la revisión bibliográfica para el departamento de Tacuarembó, seguida de *Eucalyptus benthamii* y *Eucalyptus dunnii*, sin diferencias, quedando en último lugar *Eucalyptus smithii* para la variable volumen individual.

El factor de forma con corteza indicó que la especie más cilíndrica es *Eucalyptus grandis*, mientras que las demás tienden a ser entre cónicas a paraboloides, este dato es importante principalmente para especies destinadas a madera de calidad, debobinado principalmente.

Por último, para la variable espesor de corteza, la misma estuvo en el rango de 3,9 a 7,55% en relación con el diámetro con corteza, siendo la especie con menor corteza *E. grandis* y la que presenta mayor proporción de corteza *E. dunnii*, determinando un volumen aprovechable menor debido a esto.

## 6. BIBLIOGRAFÍA

- Aldana Pereira, E. (2008). *Medición forestal*. Universidad de Pinar del Río.
- Balmelli, G., & Resquin, F. (2000). *Evaluación de especies de Eucalyptus al quinto año*. INIA.
- Barros Asenjo, S. (2012). El género Eucalyptus. *Ciencia & Investigación Forestal*, 18(3), 75-100. <https://doi.org/10.52904/0718-4646.2012.395>
- Bemhaja, M., & Pittaluga, O. (Eds.). (2006). *30 años de investigación en suelos de areniscas INIA Tacuarembó*. INIA.
- Bocage Norman, I., & Ulery Duarte, L. (2005). *Caracterización anatómica de Eucalyptus benthamii Maiden et Cambage cultivado en Uruguay* [Trabajo final de grado]. Universidad de la República.
- Boland, D. J., Brooker, M. I. H., Chippendale, G. M., Hall, N., Hyland, B. P. M., Johnston, R. D., Kleinig, D. A., McDonald, M. W., & Turner, J. D. (2006). *Forest trees of Australia*. CSIRO.
- Brussa, C. A. (1994). *Eucalyptus: Especies de cultivo más frecuente en Uruguay y regiones de clima templado*. Hemisferio Sur.
- Cárdenas Bonsignore, D. F. (2016). *Tablas de volumen individual para Eucalyptus Dunnii Maiden en el litoral del Uruguay* [Tesis de maestría]. Universidad de la República.
- Daniluk, G. A. (1992). *Comparación de rendimientos en bosques coetáneos de Eucalyptus grandis Hill ex Maiden y Eucalyptus globulus labill ssp. globulus kirkp, en la localidad de Empalme Olmos* [Trabajo final de grado]. Universidad de la República.
- Dirección de Suelos. (ca.1979). *Carta de reconocimiento de suelos del Uruguay: Vol. 3, parte 2. Descripciones, datos, físicos y químicos de los suelos dominantes*. MGAP. <https://descargas.mgap.gub.uy/DGRN/CONEAT/Ap%C3%A9ndice%20%20tomo%20III%20Carta%20de%20Reconocimiento%20de%20Suelos%20del%20Uruguay.pdf>
- Dirección General de Recursos Naturales. (s.f.). *CONEAT*. MGAP. <https://dgrn.mgap.gub.uy/js/visores/coneat/>
- Dirección General Forestal. (2022). *Superficie forestal del Uruguay (bosques plantados): Período 1975-2021*. MGAP. <https://www.gub.uy/ministerio-ganaderia-agricultura-pesca/sites/ministerio-ganaderia-agricultura-pesca/files/2023-01/Superficie%20Plantado%20Informe%202022.pdf>
- Do Nascimento, J. D. C., Martins, M. T., Pfeifer, M. I., Nunes, D. G., Bugs, C. A., & Floriano, E. P. (2023). Métodos de cubagem e xilometria para estimativa de volume de toras de eucalyptus sp. *Revista Foco*, 16(7), Artículo e02710. <https://doi.org/10.54751/revistafoco.v16n7-131>

- Fernández Caram, V., & Ros Castro, A. (2002). *Caracterización anatómica de dos especies de Eucalyptus (Eucalyptus dunnii Maiden y Eucalyptus bodjensis Beuzev & WeJch)* [Trabajo final de grado]. Universidad de la República.
- Fusco, A. B., Rodríguez Bruno, F. A., & Rodríguez Raffo, M. V. (2022). *Evaluación de la producción y variables dasométricas relevantes para Eucalyptus grandis, Eucalyptus dunnii y Eucalyptus smithii en Cerro Largo* [Trabajo final de grado]. Universidad de la República.
- Google. (2022). [Poblado Turupi, Tacuarembó, Uruguay. Mapa]. Recuperado el 18 de mayo de 2022, de <https://earth.google.com/web/@-32.18050378,-55.22607624,127.69538462a,20214.39557029d,35y,360h,0t,0r/data=CkQaQhI8CiUweDk1MDgwZmJhZjIjODAsZmY6MHhkNDUzNWNmYzQwYmU3NDQ0KhNQb2JsYWRvCmRlbcBUdXJ1cMOtGAIgAToDCgEw>
- Instituto Uruguayo de Meteorología (s.f.). *Tablas estadísticas*. <https://www.inumet.gub.uy/clima/estadisticas-climatologicas/tablas-estadisticas>
- Juárez Félix, Y. (2014). *Dasometría: Apuntes de clase y guía de actividades prácticas*. [https://www.academia.edu/35493332/DASOMETR%C3%8DA\\_Apuntes\\_de\\_Clas\\_e\\_y\\_Gu%C3%ADa\\_de\\_Actividades\\_Pr%C3%A1cticas](https://www.academia.edu/35493332/DASOMETR%C3%8DA_Apuntes_de_Clas_e_y_Gu%C3%ADa_de_Actividades_Pr%C3%A1cticas)
- Kmiecik, P. (2015). Red Grandis - drzewo XXI wieku od firmy URUFOR. *Kurier Drzewny*, (90), 42- 43. <http://www.urufor.com.uy/articulos/Kurier.pdf>
- Ley n° 13.695: *Primera Ley Forestal*. (1969). IMPO. <https://www.impo.com.uy/bases/leyes-originales/13695-1968>
- Ley n° 15.939: *Segunda Ley Forestal*. (1987). IMPO. <https://www.impo.com.uy/bases/leyes/15939-1987>
- Machado, S. A., & Figueiredo Filho, A. (2003). *Dendrometria*.
- Meteo Navarra. (s.f.). *Clasificación climática de Köppen*. <http://meteo.navarra.es/definiciones/koppen.cfm#B>
- Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca. (2021, 22 de junio). *Suelos de prioridad forestal*. <https://goo.su/jJFk48>
- Porcile Maderni, J. F. (2007). *Crónicas del desarrollo forestal del Uruguay*. Fin de Siglo. [https://www.gub.uy/ministerio-ganaderia-agricultura-pesca/sites/ministerio-ganaderia-agricultura-pesca/files/2020-02/cronicas\\_del\\_desarrollo\\_forestal\\_del\\_uruguay\\_ii\\_0.pdf](https://www.gub.uy/ministerio-ganaderia-agricultura-pesca/sites/ministerio-ganaderia-agricultura-pesca/files/2020-02/cronicas_del_desarrollo_forestal_del_uruguay_ii_0.pdf)
- Rachid, C., Resquin, F., Balmelli, G., & Scoz, R. (2021). Eucalyptus Smithii: Una especie de interés creciente en la región sureste. *Revista INIA*, (65), 71-74.

Resquin, F., Navarro-Cerrillo, R., Rachid-Casnati, C., Hirigoyen, A., Carrasco-Letelier, L., & Duque-Lazo, J. (2018). Allometry, growth and survival of three eucalyptus species (*Eucalyptus benthamii* Maiden and Cambage, *E. dunnii* Maiden and *E. grandis* Hill ex Maiden) in high-density plantations in Uruguay. *Forests*, 9(12), Artículo e745.

<https://doi.org/10.3390/f9120745>

Sociedad de Productores Forestales del Uruguay. (2022). *Uruguay Forestal: Principales cifras del sector*. <https://www.spf.com.uy/uruguay-forestal>

Uranga Priore, M. L. (2009). *Evaluación de especies y orígenes de Eucalyptus por tolerancia a las heladas en el litoral oeste de Uruguay* [Trabajo final de grado]. Universidad de la República.

Uruguay XXI. (2021). *Sector forestal en Uruguay*.

<https://www.uruguayxxi.gub.uy/uploads/informacion/a29771e03cc49e42fe516c01b0d271dc0fcf4cbe.pdf>



## 7. ANEXOS

### Anexo A

#### *Descripción del perfil de suelo predominante en la unidad*

DESCRIPCION	N°90	
UNIDAD	Rivera (Rv)	
SUELO	Acrisol Ocrico Abrúptico Ar, r. (Paleudult Ródico)	
PERFIL	H 8 - 6	
AUTOR	A. Durán	
UBICACION	Departamento Rivera	
	Hoja 10	
	Coordenadas 6570 - 6575 y 515 - 520	
	Foto 50 - 239	
POSICION TOPOGRAFICA	- Loma alta convexa	
PENDIENTE	3%	
MATERIAL GENERADOR	- Sedimentos arenosos sobre areniscas de Tacuarembó.	
USO ACTUAL Y VEGETACION	- Pastoral, campo natural	
N°ANALISIS	1029 - 1036 (D.S.)	
0 - 30 cm	A <sub>11</sub>	Pardo rojizo (5 YR 4/4); arenoso; grano simple; muy friable; transición clara, ondulada.
30 - 90 cm	A <sub>12</sub>	Pardo rojizo oscuro (5 YR 3/3); arenoso franco; bloques subangulares medios, débiles; muy friable; transición gradual, plana.
90 - 110 cm	A <sub>3</sub>	Pardo rojizo oscuro (5 YR 3/4); moteado rojo oscuro (2.5 YR 3/6) común, muy pequeño, tenue, difuso; franco arenoso; bloques subangulares medios; débiles; muy friable; transición clara, plana.
110 - 123 cm	B <sub>1</sub>	Pardo rojizo oscuro (2.5 YR 3/4); arcillo arenoso; bloques angulares y subangulares medios, moderados a débiles; friable, débilmente pegajoso, débilmente plástico; películas de arcilla pardo rojizo oscuro (5 YR 3/3) delgadas, continuas, transición gradual, plana.
123 - 150 cm	B <sub>21t</sub>	Rojo oscuro a pardo rojizo oscuro (2.5 YR 3/5); arcillo arenoso; bloques angulares medios, moderados; friable a firme, débilmente pegajoso, plástico; películas de arcilla pardo rojizo oscuro (2.5 YR 3/4); transición difusa, plana.
150 - 185 cm	B <sub>22t</sub>	Rojo oscuro (2.5 YR 3/6); arcillo arenoso; bloques angulares medios, débiles; firme y débilmente pegajoso, plástico; películas de arcilla rojo oscuro a pardo rojizo oscuro (2.5 YR 3/5); delgadas, continuas; transición difusa, plana.
185 - 235 cm	B <sub>3</sub>	Rojo a rojo oscuro (2.5 YR 3.5/6); franco arcillo arenoso; bloques angulares medios y grandes, débiles; friable, débilmente pegajoso, débilmente plástico; películas de arcilla rojo negruzco (2.5 YR 3/2), medias, discontinuas; transición difusa, plana.
235 - 280 cm	C+	Rojo oscuro (2.5 YR 3/6); franco arcillo arenoso.

*Nota.* Tomado de Dirección de Suelos (ca.1979).

#### Bibliografía Anexo A:

Dirección de Suelos. (ca.1979). *Carta de reconocimiento de suelos del Uruguay: Vol. 3, parte 2: Descripciones, datos, físicos y químicos de los suelos dominantes.* MGAP. <https://descargas.mgap.gub.uy/DGRN/CONEAT/Ap%C3%A9ndice%20%20tomo%20III%20Carta%20de%20Reconocimiento%20de%20Suelos%20del%20Uruguay.pdf>

**Anexo B**

*Resumen de volumen real y aparente con corteza y factor de forma con corteza, por especie*

Variable	<i>E. grandis</i>	<i>E. benthamii</i>	<i>E. smithii</i>	<i>E. dunnii</i>
vr promedio cc (m <sup>3</sup> )	1,820	1,142	0,967	1,128
vap promedio cc (m <sup>3</sup> )	3,444	2,368	2,237	2,740
ff cc	0,52	0,48	0,43	0,41

*Nota.* ff: factor de forma vr: volumen real vap: volumen aparente. Los datos corresponden a una plantación de 15 años de edad con 1.000 árboles/ha.

**Anexo C**

*Resumen de volumen real y aparente, sin corteza y factor de forma sin corteza, por especie*

Variable	<i>E. grandis</i>	<i>E. dunnii</i>	<i>E. benthamii</i>	<i>E. smithii</i>
vr promedio sc (m <sup>3</sup> )	1,683	0,933	0,987	0,853
vap promedio sc (m <sup>3</sup> )	3,232	1,977	1,979	1,839
ff sc	0,520	0,502	0,498	0,464

*Nota.* ff: factor de forma vr: volumen real vap: volumen aparente. Los datos corresponden a una plantación de 15 años de edad y 1.000 árboles/ha.

**Anexo D**

*Espesor de corteza promedio, en porcentaje y en cm, por especie*

Especie	Espesor de corteza promedio (%)	Espesor de corteza promedio (cm)
<i>E. dunnii</i>	7,552	1,279
<i>E. benthamii</i>	7,067	1,352
<i>E. smithii</i>	5,662	1,118
<i>E. grandis</i>	3,977	0,952

*Nota.* cm: centímetros y % en proporción al diámetro con corteza.

**Anexo E**

*Volumen individual promedio y factor de forma, con y sin corteza, discriminados por método de cubicación, para E. grandis*

Variable	Smalian	Huber	Newton	Hohenadl
vol. real cc (m <sup>3</sup> )	1,741	1,742	1,742	2,055
vol. real sc (m <sup>3</sup> )	1,612	1,612	1,612	1,891
ff cc	0,506	0,506	0,505	0,596
ff sc	0,499	0,499	0,498	0,585

*Nota.* Volumen real con corteza - vol.real cc; volumen real sin corteza - vol. real sc; factor de forma con corteza - ff cc; factor de forma sin corteza - ff sc.

**Anexo F**

*Volumen individual promedio y factor de forma, con y sin corteza, discriminados por método de cubicación para E.dunnii*

Variable	Smalian	Huber	Newton	Hohenadl
vol. real cc (m <sup>3</sup> )	1,081	1,072	1,075	1,286
vol. real sc (m <sup>3</sup> )	0,951	0,943	0,946	1,133
ff cc	0,395	0,391	0,392	0,469
ff sc	0,481	0,477	0,478	0,573

*Nota.* Volumen real con corteza - vol.real cc; volumen real sin corteza - vol. real sc; factor de forma con corteza - ff cc; factor de forma sin corteza - ff sc

**Anexo G**

*Volumen individual promedio y factor de forma, con y sin corteza, discriminados por método de cubicación, para E. smithii*

Variable	Smalian	Huber	Newton	Hohenadl
vol. real cc (m <sup>3</sup> )	0,915	0,914	0,914	1,127
vol. real sc (m <sup>3</sup> )	0,812	0,811	0,812	0,977
ff cc	0,409	0,408	0,408	0,504
ff sc	0,442	0,441	0,441	0,531

*Nota.* Volumen real con corteza - vol.real cc; volumen real sin corteza - vol. real sc; factor de forma con corteza - ff cc; factor de forma sin corteza - ff sc.

**Anexo H**

*Volumen individual promedio y factor de forma, con y sin corteza, discriminados por método de cubicación, para E. benthamii*

Variable	Smalian	Huber	Newton	Hohenadl
vol. real cc (m <sup>3</sup> )	1,087	1,083	1,084	1,315
vol. real sc (m <sup>3</sup> )	0,944	0,940	0,942	1,120
ff cc	0,458	0,457	0,457	0,555
ff sc	0,477	0,475	0,475	0,565

*Nota.* Volumen real con corteza - vol.real cc; volumen real sin corteza - vol. real sc; factor de forma con corteza - ff cc; factor de forma sin corteza - ff sc.