

---

## RENDIMIENTO VOLUMÉTRICO DE RALEO DE UN RODAL DE *Acacia caven* EN LA REGIÓN METROPOLITANA, CHILE

Donoso, Sergio<sup>1</sup>, Peña-Rojas, Karen y Díaz, Katherin

### RESUMEN

Las formaciones de espino (*Acacia caven*), se caracterizan por presentar baja cobertura y productividad. Esto se debe a que han sido utilizadas como fuente de recurso energético, por poblaciones rurales que buscan cubrir sus necesidades, sin considerar el manejo sustentable del recurso. El presente estudio, evalúa el rendimiento volumétrico de un espinal, al aplicar un raleo.

El trabajo se realizó en un predio situado en la Comuna de San Pedro, Región Metropolitana y corresponde a un rodal no intervenido que presenta condiciones favorables para la producción de leña y carbón. En el rodal se instalaron tres parcelas rectangulares de 500 m<sup>2</sup>, donde se midió el diámetro a la altura del tocón (30 cm), el diámetro de copa, la altura y el estado sanitario. Luego se aplicó un raleo, donde se cosecharon principalmente aquellos individuos que presentaban problemas sanitarios y estado de desarrollo avanzado.

Para determinar el volumen de los árboles, se voltearon y cubicaron 69 individuos, los cuales fueron desramados hasta un diámetro de 2 cm. Con esta información se desarrolló una función de volumen local. De ellos, se seleccionó una submuestra de 49 ejemplares a los cuales se les determinó la biomasa fustal y una función de biomasa.

El rodal analizado presentó 1.493 individuos por hectárea, con un área basal de 9,50 m<sup>2</sup>/ha. Al aplicar las funciones desarrolladas en el estudio, se obtuvo un volumen de 20 m<sup>3</sup>/ha y 17.409 kg/ha de biomasa fustal. Mediante el raleo se extrajo un 46% del área basal y se determinó, basándose en las funciones generadas, que la cosecha significó una extracción de volumen de 8,6 m<sup>3</sup>/ha y 8.347 kg/ha de biomasa fustal. El raleo produce un rejuvenecimiento y mejora el estado sanitario global del rodal.

Palabras clave: *Acacia caven*, espino, raleo, volumen.

---

<sup>1</sup>-Facultad de Ciencias Forestales, Universidad de Chile, Santiago, Chile. sdonoso@uchile.cl



## THINNING VOLUMETRIC YIELD OF AN *Acacia caven* STAND IN METROPOLITAN REGION, CHILE

### SUMMARY

Espino (*Acacia caven*) stands are characterised by both low coverage and productivity. That is due to the fact they have been utilised as energy source by rural populations trying to cover their needs, without considering a sustainable management of the resource.

The study was carried out in San Pedro Municipality, Región Metropolitana, Chile. The analyzed stand corresponds to a non-intervened one, presenting favourable conditions for fire wood production. In the stand, three rectangular plots of 500 m<sup>2</sup> were established and stump diameter (30 cm), crown diameter, height and sanitary condition were measured. Afterwards, thinning was carried out, where mainly individuals with poor sanitary condition and advanced age were harvested.

For assessing wood volume from the studied stand, 69 individuals were selected and cut off. Their branches were eliminated considering a minimal diameter, for charcoal production purposes, of two centimeters. With this data, a local wood volumetric function was developed. From the selected individuals, a sub sample of 49 individuals was analyzed for assessing stem-wood biomass, and a biomass function was developed.

The stand presented 1.493 individuals per hectare and a basal area of 9.5 m<sup>2</sup>/ha. Applying functions developed in this study, a wood volume of 20 m<sup>3</sup>/ha and stem-wood biomass of 17,409 kg/ha were obtained as result. Through thinning, a 46% of the basal area was taken off. Based on developed functions, the volume of wood harvested was 8.6 m<sup>3</sup> and stem-wood biomass was 8,347 kg/ha. Thinning produced rejuvenation and improved global sanitary condition of the stand.

Key words: *Acacia caven*, espino, thinning, volume.

## INTRODUCCIÓN

Los bosques de espino (*Acacia caven* (Mol.) Mol.), cubren una extensa superficie de la zona central del país, área en la que también se encuentran los más altos porcentajes de población rural. Según INE (1982), el 19% de la población del país es rural y de esta un 76% vive en la zona central del país. Debido a las condiciones de pobreza a las que en general se asocia a esta zona, donde las demandas de la población se enfocan al uso de los recursos leñosos en términos de supervivencia y no como una actividad económica sustentable (Vita *et al.*, 1995), no es extraño que estas formaciones hayan sido sometidas a un nivel de extracción superior a su capacidad de producción (Vita, 1997), lo que ha generado un espino más abierto y constituido por ejemplares más pequeños que se desarrollan a partir de rebrotes de tocón, donde los espinales más densos o menos alterados, han sido relegados a escasos sitios (Donoso, 1982).

Las principales causas de su estado de conservación corresponden al sobrepastoreo, al desmonte para la habilitación de terrenos agrícolas y a la extracción de leña y producción de carbón. Además, la cosecha se realiza sin considerar técnicas de manejo. En la actualidad, a pesar de no estar permitida la corta del espino sin un plan de manejo, se sigue desarrollando esta actividad de manera ilícita, con fines puramente extractivos, que buscan una utilidad inmediata a través de producción de leña y carbón.

Según Vita (1997), la forma más efectiva y realista de combatir estos procesos es realizar un manejo sostenible de los recursos; donde sean intervenidos según su condición actual y potencialidad. En este ámbito existen estudios silvopastorales y de biomasa que dan cuenta del potencial productivo de los espinos (Aguirre e Infante, 1988; Prado *et al.*, 1988; Caldenty, 1990; Parra, 2001). Sin embargo, hay escasos estudios que cuantifiquen y describan el estado actual de esta formación, que permita estimar y realizar un manejo sustentable.

En el marco de lo expuesto anteriormente, el presente trabajo, realizado en la Comuna de San Pedro, busca evaluar el rendimiento volumétrico, como antecedente para definir tratamientos silviculturales ajustados a la condición local actual, y generar herramientas que potencien el desarrollo sustentable y productivo del recurso.

## MATERIAL Y MÉTODO

El área de estudio se ubica entre los 33° 05' S y 71° 45' O, a 40 km de distancia de Melipilla y a 100 km de Santiago. Corresponde a un predio particular en la Comuna de San Pedro, Región Metropolitana, y se sitúa en el sector noroeste del poblado de San Pedro, en la localidad de Quincanque.

El clima de la zona se caracteriza por temperaturas que varían entre una máxima media en enero de 31,3 °C y una mínima media en julio de 4,4 °C, el período libre de heladas promedio es de 244 días con una media de 8 heladas al año. La precipitación media anual es de 383 mm, el déficit hídrico medio de 1017 mm y el período seco promedio es de 8 meses (Santibáñez y Uribe, 1993).





Los suelos de la zona derivan de material granitoideos, altamente susceptibles a la erosión de manto y zanjas, drenaje interno moderadamente lento y externo rápido, generalmente de baja fertilidad, ligera a moderadamente ácidos, y sufren encostramientos superficiales. Las texturas de los horizontes superiores son livianas a medias, con abundante grava de cuarzo. A continuación se presentan horizontes arcillosos más densos y compactos, también con abundante grava de cuarzo, descansando en material granítico altamente intemperizado (Peralta, 1976).

Respecto de la vegetación del área, corresponde a Bosque Esclerófilo, en que domina *Acacia caven* con alturas dominantes cercanas a 3 m. A menudo es posible encontrar ejemplares de quillay (*Quillaja saponaria*), litre (*Lithraea caustica*) y maitén (*Maytenus boaria*), que constituyen un estrato más alto con muy baja densidad. Bajo el estrato dominante de *Acacia caven*, se encuentra otro, de tamaño medio, que generalmente no es muy denso y en el que son frecuentes huañil (*Proustia cuneifolia*) y natri (*Solanum tomatillo*). Finalmente existe un estrato herbáceo conformado por terófitas anuales naturalizadas, que es de densidad y composición variable (Martínez, 1984; Fuenzalida y Pisano 1965; Gajardo, 1983).

El rodal seleccionado tiene una superficie de 3 hectáreas y presenta condiciones favorables para la producción de leña o carbón de espino; pendientes suaves, cercanía a caminos, alta presencia de individuos de gran diámetro y una cobertura arbórea superior al 45%. Adicionalmente, el área no ha sido sometida a corta alguna, al menos desde hace 20 años.

En la superficie seleccionada, se establecieron tres parcelas de inventario de 500 m<sup>2</sup> distribuidas sistemáticamente. Se contabilizó en el inventario cada vástago como un individuo, a los que se les midió: Diámetro a la altura del tocón (30 cm DAT), diámetro de copa, altura y estado sanitario de los árboles; clasificados como bueno, moderado y malo

Se escogió la variable DAT puesto que, según Gajardo y Verdugo (1979) este es para la especie un parámetro más consistente que el diámetro a la altura del pecho (DAP). De las parcelas se obtuvo la tabla de rodal.

Posteriormente el rodal fue sometido a un raleo, para lo cual se realizó la marcación en toda la superficie. Los árboles seleccionados fueron aquellos que presentaron problemas sanitarios, preferentemente de la categoría malo a moderado, y estado de desarrollo adecuado para producción de carbón, principalmente árboles con diámetros a la altura del tocón superior a 10 cm. Todo lo anterior modulado por las condiciones puntuales de distribución de copa de los árboles en terreno, de forma tal que los árboles remanentes en el rodal se distribuyan espacialmente de forma homogénea.

De los árboles marcados, para el estudio se seleccionaron 69 árboles, de manera de cubrir proporcionalmente todas las clases diamétricas presentes, según la frecuencia de la tabla de rodal. Luego de voltear los árboles, se procedió a desramarlos hasta un diámetro comercial, para la producción de carbón, de 2 cm.



En cada árbol se estimó el volumen midiendo el diámetro mayor, el diámetro menor y largo de la sección en intervalos, a través del fuste del árbol, con lo cual se obtuvo el volumen bruto mediante la fórmula de Smalian y el volumen del árbol, por la adición del volumen de las diferentes secciones (Prodan et al., 1997). La función de volumen local se obtuvo al correlacionar la información de volumen individual de los árboles muestreados, con la variable DAT en base a un modelo cuadrático.

De los árboles a los que se les determinó el volumen, se seleccionó una submuestra de 49 árboles distribuidos en todas las clases diamétricas, a los cuales se les estimó la biomasa fustal. El proceso contempló la obtención de rodajas cada 1 m de altura a lo largo del fuste del árbol, las cuales se cubieron separadamente en corteza, albura y duramen si correspondía, y posteriormente se obtuvieron probetas de tamaño regular. Estas muestras fueron secadas a 70° C hasta obtener un peso constante, obteniéndose de esta manera la masa anhidra registrada a través de una balanza electrónica, con la que se determinó la densidad básica por componentes.

Luego se integró la información de densidad y volumen, para obtener la biomasa total y por componentes de los árboles muestreados. Para la obtención de la función de biomasa, se correlacionaron los datos de biomasa, obtenidos anteriormente, con el DAT mediante una función del tipo alométrica (Pardé, 1980).

Los datos fueron procesados mediante el programa *Statgraphics 2.1*, con el cual se obtuvo el modelo para la función de biomasa fustal, y donde se analizó el coeficiente de correlación ( $R^2$ ), el error estándar de estimación ( $S_x$ ) y la distribución de residuos.

Finalmente, la función de biomasa se aplicó a la tabla de rodal, para estimar el peso de los árboles a nivel individual y por hectárea.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Características del Bosque Antes y Después del Raleo

#### - Variables Dasométricas

El rodal está compuesto principalmente por un matorral espinoso de distribución heterogénea, con desarrollo de algunas especies como maitén y boldo (*Peumus boldus*), de muy baja densidad. También existen en forma aislada especies arbustivas. Presenta una estructura de monte bajo y no ha sido sometido a intervención desde hace unos 20 años. Su altura promedio es de 3,5 m, varía entre una máxima de 5,5 m, una mínima de 1,5 m, y la cobertura de copa es de 49%.

La distribución diamétrica, muestra que la mayor cantidad de árboles se encuentra en las clases diamétricas 7 y 10 cm de DAT, ocupando el 35% y 29% del total, respectivamente, mientras que los menores valores se presentan en las clases superiores correspondiendo para las últimas dos clases un 4% y 1%, respectivamente (Cuadro N° 1). Este tipo de distribución se asocia a la multietaneidad de los individuos. Sin embargo, la menor cantidad de individuos



en la clase de DAT 4 cm, se debería a la presión del ganado (ramoneo), por aquellos árboles más jóvenes.

Al analizar la distribución del área basal por hectárea (Cuadro N° 1) es posible apreciar que el rodal se encuentra en estado de desarrollo avanzado, ya que un 73% del área basal total se concentra especialmente entre las clases diamétricas 7 y 13 cm.

Clase DAT (cm)	BOSQUE INICIAL		BOSQUE FINAL	
	Nha	Área basal (m <sup>2</sup> /ha)	Nha	Área basal (m <sup>2</sup> /ha)
4	347	0,58	313	0,52
7	520	2,13	387	1,57
10	427	3,28	247	1,85
13	113	1,50	33	0,44
16	67	1,31	20	0,35
19	20	0,69	13	0,41
<b>Total</b>	<b>1.493</b>	<b>9,50</b>	<b>1.013</b>	<b>5,14</b>

**Cuadro N° 1**  
**NÚMERO DE ÁRBOLES (Nha) Y ÁREA BASAL POR HECTÁREA, PARA EL RODAL DE**  
**ESPINOS ANTES Y DESPUÉS DEL RALEO, SEGÚN CLASE DE DAT**

Al comparar el valor final del área basal por hectárea con lo obtenido por Navarro (1995), para un bosque ubicado en la misma Comuna de San Pedro, se observa un valor muy por debajo de lo señalado por este autor, correspondiente a 24,5 m<sup>2</sup>/ha. Esto sin duda está fuertemente influenciado por las características específicas del sitio y especialmente de la posición topográfica en que se encuentra, correspondiente a un terreno plano de fondo de valle, con suelos ligeramente profundos a profundos, bien drenados, mientras que la condición topográfica para este estudio es de lomajes con pendientes; aunque suaves, muy susceptibles a la erosión por el tipo de suelo granítico. Esto también podría deberse a la existencia de una mayor presión antrópica del rodal en estudio.

El raleo en las clases diamétricas superiores, representadas por la menor cantidad de individuos, fue más intenso con el fin de producir espacios que serán ocupado por árboles en estado juvenil y que contribuirán de manera importante en la producción de leña futura.

Es así como el raleo fue más intenso en la clase 13 y 16 cm, extrayendo alrededor del 71% y 67%, respectivamente, y con menor intensidad para las clases 4 y 7 cm, con 11% y 26% de corta, respectivamente. Mediante este tipo de intervención es posible mantener la estructura irregular del rodal. Además, el área basal extraída corresponde a 46% del bosque inicial, mientras que a nivel de número de árboles por hectárea se extrajo el 32% (Cuadro N° 1).

Al analizar los resultados después del raleo, se observa que los valores finales de área basal por clase diamétrica, muestran a un rodal rejuvenecido, concentrando los mayores valores entre las clases 4 y 10 cm. Esto produce un reemplazo de los individuos más desarrollados, por individuos jóvenes y vigorosos.

Al comparar estos valores con los obtenidos por Navarro (1995), en un rodal con una altura promedio de 3,5 m, quien aplicó un raleo intenso (reducción de 86% de cobertura de copa a 26%), el área basal remanente fue de 5,8 m<sup>2</sup>/ha, mientras que al aplicar un raleo leve (de 92% de cobertura de copa a 47%), el área basal remanente corresponde a 11,2 m<sup>2</sup>/ha. En este estudio se aplica un raleo donde se reduce la cobertura de copa de un 49% a un 35%, presentando valores de cosecha muy por debajo de los obtenidos por Navarro (1995), esto se explica principalmente a una mayor densidad inicial del bosque estudiado por este autor (3.696 Nha y 89% cobertura de copa).

De igual forma, Cornejo y Gándara (1980) determinaron, en un estudio silvopastoral realizado en la Región del Maule, que el área basal de un rodal con 30% de cobertura de copas, 240 árboles por hectárea y diámetro medio de 22,4 cm, era de 9,48 m<sup>2</sup>/ha; para uno con 60% de cobertura, 444 árboles por hectárea y diámetro medio de 19,4 cm, era de 13,12 m<sup>2</sup>/ha; y para uno con 100% de cobertura, 1.380 árboles por hectárea y diámetro medio de 13,3 cm era de 19,28 m<sup>2</sup>/ha. En este estudio el número de árboles por hectárea estuvo por sobre los obtenidos por los autores. Sin embargo, los valores de área basal antes del raleo se aproximan a uno con 30% de cobertura; esto se debe principalmente a que los diámetros medios del rodal ubicado en la Región del Maule, son mucho mayores, además, de tener una distribución diamétrica más amplia, llegando a árboles con 40 cm de DAT. Esta diferencia se puede deber a que las condiciones del sitio donde se realizó el presente estudio son más restrictivas.

#### - Estado Sanitario

El estado sanitario general del rodal se presenta como deficiente. La distribución porcentual, es de 43% de los individuos en la calidad de malo, 27% en estado moderado y 30% bueno. Una gran proporción de los individuos malos se encuentra en las clases 16 y 19, representando el 53% y 67% de árboles, respectivamente, mientras que en la clase diamétrica 4 cm se encuentra el valor más bajo con un 23% de los individuos malos y el más alto valor de individuos buenos con un 44%. Esto se produce principalmente ya que el ataque del hongo (*Uredinales*) afecta a fases avanzadas de desarrollo.

Estos datos coinciden con los determinados por Cogollor (1990) al evaluar los problemas fitosanitarios para el tipo forestal esclerófilo, específicamente en la estepa de *Acacia caven* (Regiones Metropolitana, Valparaíso y O'Higgins), donde obtiene que en general se presenta un estado sanitario regular, y la especie más dañada es espino por el hongo *Uredinal*, con tendencia al aumento en clases superiores debido a una progresión del ataque.

Producto del raleo, se eliminó el 44% de los árboles de mala calidad, obteniendo un rodal con una mejor sanidad.



## Volumen

El volumen de los árboles fue determinado bajo un procedimiento destructivo, que busca cuantificar al bosque en términos cuantitativos. La ventaja del volumen, con respecto a otras medidas del bosque más utilizadas y desarrolladas para esta especie como las de biomasa, es que permite obtener un valor uniforme básicamente independiente del contenido de humedad presente en el fuste. Junto con lo anterior, debido a que la principal actividad desarrollada es producción de carbón, es fácilmente transformable a valores de peso y cuantificar concretamente la producción fustal. Para esta especie no existen antecedentes bibliográficos sobre funciones de volumen. El modelo seleccionado es:

$$\text{Volumen (m}^3\text{)} = 0.0028 + 1.3065 * \text{DAT}^2 \quad R^2 = 0,82 \quad S_x = 0,0068$$

Donde:

$R^2$  : Coeficiente de Determinación

$S_x$  : Error Estándar de Estimación

DAT: Diámetro a la altura del tocón (m)

Los resultados obtenidos al aplicar el modelo, para la condición inicial y el remanente del bosque, advierten que al cortar un 46% del área basal se obtiene un 43% del volumen, lo que corresponde al 32% de los árboles por hectárea (Cuadro N° 2). Al analizar los valores de volumen por árbol, se verifica un mínimo de 0,004 m<sup>3</sup> en individuos con DAT de 3 cm y un máximo de 0,072 m<sup>3</sup> para un DAT de 23 cm.

**Cuadro N° 2**  
**VOLUMEN SEGÚN CLASE DIAMÉTRICA EN EL RODAL ANTES Y DESPUÉS DEL RALEO**

Clase DAT (cm)	Bosque Inicial	Bosque Final
	Volumen (m <sup>3</sup> /ha)	Volumen (m <sup>3</sup> /ha)
4	1,94	1,74
7	5,00	3,69
10	6,65	3,77
13	2,82	0,82
16	2,37	0,64
19	1,20	0,72
<b>Total</b>	<b>19,98</b>	<b>11,38</b>





## Biomasa Fustal

### - Densidad de los Componentes

Se observó para las densidades de los diferentes componentes; corteza, albura y duramen, un comportamiento más bien estable al aumentar la clase diamétrica. Sin embargo, entre componentes se verifica que el más denso es el duramen y el menos denso la albura (Cuadro N° 3).

Se presenta una densidad promedio de 0,739 para albura, 0,845 para duramen y 0,785 para corteza. Algunos autores, como Rodríguez et al (1983), señalan que la densidad básica de la madera de duramen es de 0,83 g/cm<sup>3</sup>, lo que coincide con la información obtenida.

**CUADRO N° 3**  
**DENSIDAD DE COMPONENTES POR CLASE DIAMÉTRICA**

Clase DAT (cm)	Densidad Albura (g/cm <sup>3</sup> )	Densidad Duramen (g/cm <sup>3</sup> )	Densidad Corteza (g/cm <sup>3</sup> )
4	0,710	0,833	0,771
7	0,745	0,848	0,786
10	0,723	0,832	0,769
13	0,752	0,861	0,837
16	0,752	0,847	0,748
19	0,753	0,849	0,800

### - Estimación Biomasa Fustal

El análisis de regresión tiene la ventaja de que una ecuación desarrollada y validada puede ser usada para tipos de bosque similares, en un amplio rango de sitios y en una particular región geográfica (Satoo y Madgwick, 1982). La función de biomasa estimada a través de este método indica una buena relación entre las variables y se presenta de la siguiente forma:

$$\text{LN Biomasa fustal (kg)} = 8.1177 + 2.3813 * \text{LN DAT (m)} \quad R^2 = 0,86 \quad Sx = 0,37$$

Donde:

R<sup>2</sup>: Coeficiente de Determinación

Sx: Error Estándar de Estimación

En general, para *Acacia cavendishii*, se han descrito varias funciones de biomasa, entre ellas esta la desarrollada por Oyarzún y Palavicino (1984), que ha sido ampliamente utilizada, por ser la única que ocupa parámetros de fácil medición (diámetro basal y diámetro medio de copa) y permite buenas estimaciones. Sin embargo, fue desarrollada para la Región de Coquimbo y se aplica ampliamente en la zona central de Chile. Otras funciones en cambio, como la desarrollada por Aguirre e Infante (1988), para Melipilla (Región Metropolitana), mucho más asociada al área

de estudio, ocupan un mayor número de variables (diámetro promedio del retoño, número de retoños, altura máxima de follaje, diámetro mayor y menor de copa, y altura total), lo que sin duda dificulta las mediciones y aumenta los costos en el proceso de inventario.

El porcentaje de biomasa extraído es de 47%, lo que se traduce en 8,3 t/ha obtenidas al cortar un 46% del área basal (Cuadro N° 4). Los valores obtenidos por Navarro (1995), para la fitomasa comercial (diámetro de rama hasta 3 cm) corresponden a 7,229 t/ha para el remanente luego de aplicar un raleo intenso, 13,493 t/ha para el remanente de un raleo leve y para la situación sin intervención 20,949 t/ha. Estos valores, asociados a las características descritas anteriormente, son mayores al igual que para el área basal.

**Cuadro N° 4**  
**BIOMASA FUSTAL EN EL RODAL ANTES Y DESPUÉS DEL RALEO, SEGÚN CLASE DIAMÉTRICA**

Clase DAT (cm)	Bosque Inicial	Bosque Final
	Biomasa Fustal (kg/ha)	Biomasa Fustal (kg/ha)
4	777,3	694,3
7	3.361,3	2.465,0
10	5.819,9	3.268,9
13	2.956,8	855,7
16	2.770,8	732,0
19	1.621,0	945,9
<b>Total</b>	<b>17.309,1</b>	<b>8.961,9</b>

Para individuos, la biomasa fustal mínima es de 0,79 kg para un diámetro de 3 cm y un máximo de 101,3 kg para un individuo de 23 cm, con un rango que varía según la clase diamétrica (Cuadro N° 5)

**Cuadro N° 5**  
**BIOMASA FUSTAL PROMEDIO POR ÁRBOL, SEGÚN CLASE DIAMÉTRICA**

Clase DAT (cm)	Biomasa Fustal Promedio por Árbol (kg)
4	2,3
7	6,5
10	13,6
13	26,1
16	41,6
19	81,1

Los resultados de este estudio entregan una biomasa fustal media por árbol correspondiente a 12 kg, medido hasta un diámetro de rama mayor o igual a 2 cm, con valores que fluctúan entre 2,3 a 81,1 kg/individuo. Datos obtenidos por Oyarzún y Palavicino (1984), en la Región de Coquimbo, sobre una base muestral de 18 individuos, hacen referencia a un peso seco medio del tronco igual a 59 kg y las ramas un monto medio de 6,9 kg. Estos valores se asocian a una distribución diamétrica que alcanza los 40 cm de diámetro a la base, concentrados entre las clases 3 a 11 cm, lo que puede explicar la gran diferencia entre los montos medios del peso de los individuos, aunque las autoras lo definen como un bosque achaparrado.

Por su parte Del Fierro (2001), en Aucó, también Región de Coquimbo, determinó que los rendimientos promedio de leña seca (diámetro superior a 3 cm) por ejemplar fluctúan entre 2,1 y 61,9 kg, con un promedio de 22,3 kg, y presentando valores más cercanos a los obtenidos en este trabajo. Sin embargo, el bosque es sin duda muy diferente, ya que se encuentra en un avanzado estado de sobre madurez, asociado a un clima mediterráneo árido, donde espinales se encuentran en posiciones de baja ladera o de lomajes suaves, de poca pendiente y exposición noreste.

De igual forma, Alvarado (1989), en la Provincia de Melipilla, sobre una base muestral de 103 espinos, determinó pesos totales promedio de leña verde por ejemplar entre 44,2 y 58,8 kg. Estos valores, al estar expresados como leña verde sin hacer referencia al contenido de humedad al que fue hecha la medición, hacen imposible una comparación, ya que no se encuentran uniformados los valores.

#### **- Estimación Biomasa Fustal por Componentes**

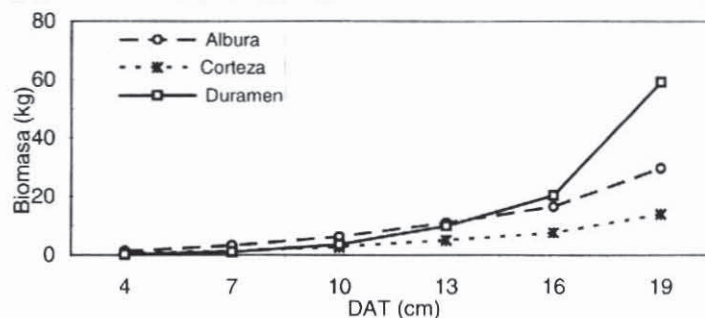
En un análisis gráfico (Figura N° 1), se aprecia que la biomasa de los tres componentes aumenta al incrementar la clase diamétrica. Pero, la participación porcentual de cada uno de ellos refleja variaciones dentro de cada clase. Es así como la biomasa de corteza refleja un leve aumento, tendiendo más bien a la estabilización, donde para las primeras clases diamétricas (4 cm y 7 cm) representa alrededor del 25% de la biomasa fustal, ocupando el segundo lugar relativo. En las clases siguientes disminuye progresivamente su participación desde un 22% para la clase diamétrica 10 cm hasta un 14% para la clase diamétrica 19 cm, ocupando el tercer lugar entre los componentes de biomasa.

La biomasa de albura representa, entre las clases diamétricas 4 y 13 cm, la mayor proporción de biomasa total y los valores disminuyen gradualmente, desde un 63%, para la clase diamétrica 4 cm, hasta un 43%, en la clase diamétrica 13 cm. En las últimas clases es superada abruptamente por el duramen, llegando a representar para la clase diamétrica 19 cm sólo un 29%.

La biomasa de duramen, en cambio, se incrementa sostenida y progresivamente al aumentar la clase diamétrica, comienza con el más bajo porcentaje de participación en las primeras clases (4 y 7 cm) representando alrededor de un 16%, para luego manifestar un abrupto aumento a partir de la clase 16 cm, alcanzando para la clase diamétrica 19 cm un 58%.







**Figura N° 1**  
**BIOMASA POR COMPONENTES SEGÚN CLASE DIAMÉTRICA**

Estos resultados concuerdan con los determinados por Gómez (1976), en un estudio donde estima la biomasa de la madera de fuste y de corteza para hualo (*Nothofagus glauca*), obteniendo que ambos componentes aumentan al aumentar el estado de desarrollo de los árboles, mientras que la participación porcentual de la biomasa de corteza tiende a disminuir desde un 11% para las fases iniciales de desarrollo hasta 4% para las fases avanzadas.

Magni (1995), indica que para la especie lenga (*Nothofagus pumilio*) y coigüe (*Nothofagus dombeyi*), existe un descenso de la cantidad porcentual de madera del fuste desde la fase de crecimiento óptimo hacia la de desmoronamiento, por el contrario de la corteza que va aumentando su participación del total de biomasa. Este comportamiento no puede identificarse en este rodal de espino, debido a que no alcanza fases de desarrollo tan avanzadas.

Adicionalmente, se observó que a alrededor de los 3,2 cm de diámetro medido a la altura de tocón se inicia el proceso de duraminización.

## CONCLUSIONES

El bosque de espino en estudio presenta una estructura de monte bajo irregular, donde la mayor cantidad de individuos se concentra en los estados juveniles de desarrollo, a pesar de que la primera clase diamétrica se ha visto disminuida debido al ramoneo del ganado.

La aplicación de un raleo, con la extracción de un 46% del área basal, se traduce en un mejoramiento de la sanidad del bosque, disminuyendo el porcentaje individuos de mala sanidad desde un 43% a un 35%. Este tratamiento genera un volumen 8,6 m<sup>3</sup>/ha y una biomasa fustal de 8,347 t/ha.

La función de volumen desarrollada y validada para la condición local definida, estima de manera confiable el volumen a través de la variable DAT, con un coeficiente de correlación de 0,82 y un error estándar de estimación de un 0,0068, por lo cual es una herramienta adecuada para la evaluación volumétrica del estado actual del bosque.

La función de biomasa aérea, considerada hasta un diámetro de 2 cm, desarrollada y validada para la especie, presenta una buena correlación entre las variables, con un coeficiente de correlación de 0,86 y un error estándar de estimación de 0,37. De esta manera, es posible aplicarla en reemplazo de la función definida para la Región de Coquimbo, que es la función que se ha usado con frecuencia.

La biomasa total se incrementa al aumentar la clase diamétrica. Sin embargo, la participación porcentual por componentes de corteza, albura y duramen varía según la clase diamétrica del individuo. Es así como, mientras la albura disminuye al aumentar la clase diamétrica, el duramen aumenta abruptamente. La corteza, en cambio, disminuye de manera suave y tendiendo más bien a la estabilización.

## REFERENCIAS

**Aguirre, S. e Infante, P., 1988.** Funciones de biomasa para Boldo (*Peumus boldus*) y Espino (*Acacia caven*) en la zona central de Chile. *Ciencia e Investigación Forestal* (2) 3: 45- 50.

**Alvarado, W., 1989.** Relación entre el hábito del espino (*Acacia caven* (Mol.) Mol.) y el rendimiento de carbón y leña. Memoria Ingeniero Forestal. Universidad de Chile. Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales. 90 p.

**Applegate, G., Gilmour, D. y Mohns, B., 1988.** The use of biomass estimations in the management of forests for fuelwood and fodder productions. En: *Commonwealth forestry review*. 67 (2): 141-148.

**Caldentey, J., 1990.** Productividad natural de los bosques esclerófilos y espinosos. En: *Opciones Silviculturales de los Bosques Esclerófilos y Espino de la Zona Central de Chile*. Santiago, Chile, Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales, Departamento de Silvicultura. Apuntes Docentes N° 3. Pp 38-55.

**Cogollor, G., 1990.** Problemas fitosanitarios del tipo forestal esclerófilo. En: *Opciones Silviculturales de los Bosques Esclerófilos y Espino de la Zona Central de Chile*. Santiago, Chile, Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales, Departamento de Silvicultura. Apuntes Docentes N° 3. pp 142-165.

**Cornejo, R. y Gandara, J., 1980.** Influencia de la estrata arbustiva en la productividad de la estrata herbácea de la estepa de *Acacia caven* (Mol) Hook. et Arn. Memoria Ingeniero Forestal. Universidad de Chile. Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales 74 p.

**Del Fierro, P., 2001.** Efecto de los tratamientos de corte sobre el rebrote de *Acacia caven* (Mol.) Mol. en Aucó, IV Región. Memoria Ingeniero Forestal. Universidad de Chile. Facultad de Ciencias Forestales. 109 p.

**Donoso, C., 1982.** Reseña Ecológica de los Bosques Mediterráneos de Chile. *Bosque* 4 (2): 117-146.



**Fuenzalida, H. y Pisano, E., 1965.** Biogeografía. En: Geografía Económica de Chile. CORFO. pp 228-266.

**Gajardo, M. y Verdugo, R., 1979.** Rendimiento en hojas de boldo (*Peumus boldus* Mol.), corteza de quillay (*Quillaja saponaria* Mol.) y carbón de espino (*Acacia caven* Mol.) en la V Región. Tesis Ingeniero Forestal. Universidad de Chile. Facultad de Ciencias Forestales. 94 p.

**Gajardo, R., 1983.** Sistema Básico de Clasificación de la Vegetación Nativa de Chile. CONAF/ Universidad de Chile. 240 p.

**Gomez, H., 1976.** Estimación de algunos componentes de biomasa vegetal en *Nothofagus glauca* (Phil) Krasser. Tesis Ingeniero Forestal. Universidad de Chile. Facultad de Ciencias Forestales. 50 p. INE Instituto Nacional de Estadística. 1982. Vivienda, hogar y familia, XV Censo Nacional de Población y IV de Vivienda. Ministerio de Economía, Fomento y Reconstrucción. 234 p.

Magni, C., 1995. Acumulación de biomasa y nutrientes en un bosque mixto natural de Lenga (*Nothofagus pumilio* (Poepp. et Endl.) Krasser) y Coigüe de Magallanes (*Nothofagus betuloides* (Mirb.) Oerst) en la XII Región. Memoria Ingeniero Forestal. Universidad de Chile. Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales. 93 p.

**Martinez, J., 1984.** Distribución de las áreas bocosas en la Provincia de Melipilla (Región Metropolitana). Tesis Ingeniero forestal. Universidad de Chile. Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales. 95 p.

**Navarro, R., 1995.** Efecto de una intervención silvicultural sobre el crecimiento y producción de fitomasa de *Acacia caven* en Melipilla, Región Metropolitana. Memoria Ingeniero Forestal. Universidad de Chile. Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales. 87 p.

**Oyarzún, M. y Palavicino, V., 1984.** Evaluación de especies leñosas, para ser usadas con fines energéticos, en la Provincia de Choapa, IV Región. Memoria Ingeniero Forestal. Universidad de Chile. Facultad de Ciencias Forestales. 159 p.

**Pardé, J., 1980.** Forest Products Abstracts Review article. Vol 3 (8): 165-184 p.

**Parra, G., 2001.** Función de biomasa total y por componentes del espino en Penciahue. Memoria Ingeniero Forestal. Universidad de Talca. 54 p.

**Peralta, M., 1976.** Uso, Clasificación y Conservación de Suelos. Editorial de Servicio Agrícola y Ganadero, Santiago. 340 p.

**Prado, J., Infante, P., Arriagada, M. y Aguirre, S., 1988.** Funciones de biomasa para siete especies arbustivas en la IV Región. CONAF/PNUD/FAO. Proyecto FO: DP/CHI/83/017. Documento de Trabajo N° 14. 24 p.

**Prodan, M., Peters, R., Cox, F. y Real, P., 1997.** Mensura Forestal. Proyecto IICA/GTZ sobre Agricultura, Recursos Naturales y Desarrollo Sostenible. 561 p.



**Rodriguez, R., Matthei, S. y Quezada, M., 1983.** Flora arbórea de Chile. Universidad de Concepción. Chile. pp 51:54.

**Santibañez, F. y Uribe, J. M., 1993.** Atlas agroclimatológico de Chile. Regiones Quinta y Metropolitana. Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales. Ministerio de Agricultura, Fondo de Investigación Agropecuaria. Corporación Nacional de Fomento. Santiago. Chile. 65 p.

**Satoo, T. y Madgwick, H., 1982.** Forest Biomass. Ed. Martinus Nijhoff /Dr. W. Junk Publishers. London. England.

**Vita, A., 1997.** Silvicultura de formaciones nativas. En: Forestación y Silvicultura en zonas áridas y semiáridas de Chile. Valdebenito, G. y Benedetti, S. (Eds.). Seminario internacional: "Forestación y silvicultura en zonas áridas y semiáridas", INFOR, La Serena 21-25 Octubre 1996. pp 257-273.

**VITA, A., Serra, M., Grez, I., Olivares, A. y Gonzalez, M., 1995.** Intervenciones silviculturales en espino (*Acacia caven* (Mol.) Mol.) en la zona árida de Chile. Ciencias Forestales. (10) N° 1-2. pp 51-62.

