

FUNCIONES DE BIOMASA PARA *Acacia saligna* (Labill.) H. Wendl.

MAURICIO BRATTI R.(*), JOHANNES WRANN H.(*) y ANTONIO VITA A.(**)

(*) Ingeniero Forestal, INFOR.

(**) Ingeniero Forestal, Universidad de Chile.

RESUMEN

*El estudio se realizó en una plantación de **Acacia saligna** ubicada en la localidad de Ilta, Illapel, IV Región, con el propósito de obtener funciones de biomasa para el total de la planta y para el material potencialmente forrajero y leñoso por separado. Para tales efectos, se determinaron variables simples y variables compuestas considerando dos clases de altura de los ejemplares.*

La variable diámetro medio del fuste por altura total del árbol, resultó ser la que más se adecuó a las características geográficas y ambientales de la plantación.

Palabras claves: *Acacia, funciones, biomasa*

ABSTRACT

*This study was carried out in a plantation of **Acacia saligna** in the area of Ilta, Illapel, IV Region. The purpose of the study was to construct biomass equations for the whole plant as well as components: fodder and ligneous material. In order to do so, simple and compounded variables were determined considering two height classes.*

The compounded variable average diameter of the timber multiplied by total height resulted to be the most appropriate predicting variable, according to the geographical and environmental characteristics of the plantation.

Keywords: *Acacia, functions, biomass*

INTRODUCCIÓN

La forestación constituye la actividad silvicultural más importante, en términos de superficie involucrada, para revertir los procesos de desertificación que afectan a una considerable superficie del país. Por tal motivo, se dispone en la actualidad de una extensa cantidad de hectáreas de plantaciones con especies arbóreas y arbustivas, como asimismo, de superficies potencialmente forestables.

Una vez instaladas las plantaciones, se requiere intervenirlas silviculturalmente, para que cumplan eficientemente con la producción de bienes y servicios a que están destinadas. Para ello es preciso conocer previamente algunos aspectos sobre el comportamiento de las especies, de acuerdo con las condiciones del medio en que son instaladas.

En Chile existe un buen nivel de conocimiento sobre la forestación en zonas áridas, pero no ocurre lo mismo con el manejo y la producción de las plantaciones.

Entre las especies utilizadas con éxito en dichos ambientes, destaca *Acacia saligna*, tanto por su capacidad de adaptación y crecimiento, como por la gran variedad de usos potenciales. Por tal motivo, existe interés por disponer de mayores antecedentes para desarrollar tecnologías sobre su cultivo.

Dentro del contexto de las consideraciones anteriores el objetivo del presente estudio fue determinar funciones de biomasa para estimar la producción de follaje y de combustible a partir de una plantación de dos años de edad.

MATERIAL Y MÉTODO

Descripción del Área Experimental

El estudio se desarrolló en la Estación Experimental Itta, perteneciente al Instituto Forestal, utilizando una plantación de dos años de *Acacia saligna*. El área se encuentra en la región de clima mediterráneo árido. Está ubicada a 33 km al norte de la ciudad de Illapel, Comuna de Los Vilos, Provincia de Choapa, IV Región, a 31° 37'S y 71° 16'O. La plantación se encuentra a una altitud de 450 m y tiene una superficie aproximada de 0,5 ha. Se ubica sobre la vertiente oriental de la Cordillera de la Costa, formando parte del "secano interior" (WRANN, 1985).

Determinación de las Funciones de Biomasa

Para la obtención de la muestra, los árboles de la plantación se caracterizaron midiendo y calculando las siguientes variables:

a. Variables simples.

- a.1 Altura total (HT).
- a.2 Altura de inserción de rama (AIR).
- a.3 Altura de inicio de copa (AIC).
- a.4 Diámetro del fuste en la base (DB).
- a.5 Diámetro del fuste al inicio de copa (D2CC).
- a.6 Diámetro del fuste en la mitad de la copa (D3CC).
- a.7 Diámetro de copa mayor (DCMA).
- a.8 Diámetro de copa menor (DCME).
- a.9 Diámetro basal de ramas primarias (DBRP).
- a.10 Diámetro medio de ramas secundarias (DMRS).
- a.11 Número de ramas primarias (NRP).
- a.12 Número de ramas secundarias (NRS).
- a.13 Número de ramas sobre el corte (NRSC).
- a.14 Largo de cada rama principal (LRP).
- a.15 Largo total del fuste (LTF).
- a.16 Peso verde material leñoso (PVML).
- a.17 Peso verde material forrajero (PVMF).
- a.18 Peso seco material leñoso (PSML).
- a.19 Peso seco material forrajero (PSMF).

b. Variables Compuestas.

- b.1 Diámetro medio del fuste (DMF):

$$\frac{DB + D2CC + D3CC}{3}$$

- b.2 Diámetro de copa medio (DCMD):

$$\frac{DCMA + DCME}{2}$$



b.3 Cobertura circular (CC):

$$CC = \pi / 4 * DCMD$$

b.4 Cobertura circular por largo total del fuste (CCLTF):

$$CC * LTF$$

b.5 Diámetro medio del fuste por altura total del árbol (DMFA):

$$DMF * HT$$

Estas variables fueron consideradas tomando en cuenta experiencias realizadas en trabajos similares en el norte de Chile (GARCIA, 1992; SFEIR, 1990).

Según una evaluación preliminar realizada en la plantación, se definieron dos niveles de individuos de acuerdo a su altura (Cuadro 1).

Cuadro 1.
RANGO DE CADA CLASE DE ALTURA

Clase de Altura	Rango de Altura (m)
1	1,25 - 1,8
2	1,81 - 3,5

Para el tamaño de muestra se consideraron 15 árboles por cada clase de altura. La selección de los individuos se hizo al azar entre aquellos ejemplares que más se aproximaran al nivel medio de cada estrato o clase de altura predefinida para el estudio.

En la obtención de la muestra se realizó un corte en bisel a menos de 5 cm de altura del fuste con una sierra de arco, y posteriormente se separaron, en bolsas de papel de 60 x 90 cm, las hojas y ramillas del fuste y las ramas, para obtener peso seco forrajero y combustible, respectivamente.

Obtención de Funciones de Biomasa.

Por tratarse de una plantación joven con individuos relativamente pequeños, se utilizó el método directo, debido a que proporciona una mayor exactitud y confiabilidad en la posterior estimación de las funciones de biomasa (Sfeir, 1990).

Los componentes del árbol considerados en el análisis de los datos fueron:

Material forrajero: Compuesto por hojas y ramillas menores a 2 cm de diámetro.

Material leñoso: Compuesto por ramas superiores a 2 cm de diámetro. En este componente también se considera el fuste del árbol.

La división de cada individuo en componente forrajero y leñoso se hizo con el propósito de obtener funciones de biomasa específicas para dichos componentes. El criterio para seleccionar las funciones de biomasa consideró un modelo simple con variables independientes de fácil medición en terreno (FAO, 1981; citado por Oyarzún y Palavicino, 1984).

Método Utilizado en Laboratorio

Determinación del Contenido de Humedad y Peso Seco

Las muestras obtenidas en terreno se llevaron a un horno secador perteneciente al Departamento de Silvicultura de la Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales de la Universidad de Chile. Se secaron hasta que se obtuvo su peso constante. Se calculó el contenido de humedad de los componentes y del total de cada individuo con la siguiente relación:

$$CH = \frac{P_v - P_s}{P_s} * 100$$

donde: CH = Contenido de humedad.

P_v = Peso verde.

P_s = Peso seco.

Una vez determinados los respectivos contenidos de humedad, se obtuvo el peso seco asociado a cada una de las muestras.

Obtención de las Funciones de Biomasa por Componente y Total

Con los pesos secos y las variables predictoras medidas en los árboles, se obtuvieron valores medios y totales para probar distintos modelos de regresión y determinar aquel que más se adecuara a las condiciones de muestreo. Para tal efecto, los datos se procesaron utilizando el software STATGRAPHICS.

A continuación se indica la forma general de los modelos de regresión utilizados en el análisis.

- Modelo Lineal $Y = a + bX$
- Modelo Multiplicativo $Y = aX^b$
- Modelo Exponencial $Y = \exp(a + bX)$
- Modelo Recíproco $1/Y = a + bX$



Junto con utilizar distintos modelos de regresión, se usaron distintas combinaciones de variables independientes aplicando el método de selección paso a paso.

La selección de las funciones se realizó comparando los valores del Coeficiente de Determinación (r^2), Error Cuadrático Medio (ECM) y las distribuciones de los residuos de cada modelo. Dentro de estos tres indicadores de sesgo, el ECM es el más importante debido a que contempla errores tanto aleatorios como sistemáticos, y por lo tanto, se constituye en uno de los mejores indicadores de la exactitud de los modelos (Sfeir, 1990).

Parámetros Utilizados en la Estimación de Biomasa

- a) Diámetro medio del fuste por la altura total del árbol (DMFA): Esta variable compuesta se utilizó por las experiencias obtenidas en estudios similares (García, 1992). El diámetro medio del fuste se expresa en centímetros y la altura total del árbol en metros.
- b) Diámetro medio del fuste (DMF): Este parámetro es un promedio de tres mediciones realizadas a distintas alturas del fuste. La primera medición se hizo a ras de suelo, la segunda a la altura de inicio de copa y la última se midió de acuerdo al hábito del individuo, ya que algunos presentaron fuste definido sólo hasta el inicio de copa y otros se caracterizaron por un fuste bien definido hasta el ápice del árbol.
- c) Cobertura circular (CC): La fórmula para obtener esta variable fue extraída de García (1992). Se consideró la inclusión de esta variable compuesta en el análisis de los datos debido principalmente a la similitud en el hábito arbustivo que presenta el *Atriplex nummularia* con *Acacia saligna*, en sus primeros estados, y además por lo importante que resultó ser esta variable en el estudio del autor citado.
- d) Diámetro basal (DB): Este parámetro se obtuvo midiendo el fuste a menos de 5 cm de altura con corteza. Esta variable se consideró porque entrega una buena descripción del individuo y es de fácil medición en terreno.
- e) Largo total del fuste (LTF): Esta variable fue considerada por la importancia que representa en la descripción del componente leñoso del árbol.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Determinación de Funciones de Biomasa

En el Cuadro 2 se resumen los valores más altos de los parámetros seleccionadores alcanzados con las variables que se describen a continuación de dicho cuadro.

Cuadro 2.

RESUMEN DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS CON LAS PRINCIPALES VARIABLES UTILIZADAS

<i>V. DEPEND.</i>	<i>V. INDEP.</i>	<i>MODELO</i>	<i>R² (%)</i>	<i>S²</i>
PST	DMFA	Y=ax^b	94,52	0,045
PSML	DMF	Y=ax ^b	94,65	0,049
PSML	CC	Y=ax ^b	75,50	0,226
PSML	DB	Y=ax^b	95,13	0,045
PSML	LTFCC	Y=ax ^b	91,07	0,082
PSMF	DMFA	Y=ax^b	86,03	0,105

Las filas en negrilla indican las variables seleccionadas para las funciones de biomasa finales.

PST = Peso seco total.

PSML = Peso seco material leñoso.

PSMF = Peso seco material forrajero.

DMFA = Diámetro medio del fuste por altura total del árbol.

DMF = Diámetro medio del fuste.

CC = Cobertura circular.

DB = Diámetro basal.

LTFCC = Largo total del fuste por altura total del árbol.

- Diámetro medio del fuste por la altura total del árbol (DMFA): Con esta variable, el Coeficiente de Determinación (r^2) alcanzó un valor de 86,03% para el peso seco del material forrajero (PSMF) y de 94,52% para la función que tiene como variable dependiente, el peso seco total del árbol. Estos resultados fueron los mejores valores obtenidos considerando los cuatro modelos de regresión incluidos en el análisis estadístico, lo que demuestra la alta correlación existente entre la variable y las características de la plantación.
- Diámetro medio del fuste (DMF): El Coeficiente de Determinación obtenido con esta variable fue de 94,65% para el peso seco del material leñoso (PSML), siendo superada sólo por la variable diámetro basal (DB) en el cálculo de dicha variable dependiente. Sin embargo, al utilizarla como variable compuesta junto con la altura total del árbol (A), se logró el valor más alto para el peso seco total, como se menciona en el punto anterior. Además de conseguir resultados positivos con esta variable, cabe mencionar la fácil medición de terreno en la toma de datos, lo que representa otro motivo para utilizarla en la estimación de funciones de biomasa.
- Cobertura circular (CC): Esta variable no se destacó dentro de los mejores resultados. Al actuar como variable compuesta junto con el largo total del fuste (LTF), se obtuvo un Coeficiente de Determinación de 91,07% para el peso seco del material leñoso (PSML), siendo superada por las variables independientes diámetro medio del fuste (DMF) y diámetro basal (DB).
- Diámetro basal (DB): El Coeficiente de Determinación obtenido con esta variable fue de 95,13% para el peso seco del material leñoso (PSML). Este valor resultó ser

muy similar al de la variable compuesta DMFA. Sin embargo, el diámetro basal fue seleccionado finalmente debido a la fácil medición de terreno y su manejo en el análisis posterior de la información. Los resultados demuestran que esta variable se ajusta a las características de la plantación y, por lo tanto, se recomienda utilizarla en estudios similares.

- e) Largo total del fuste por la cobertura circular (LTFCC): Se incluyó esta variable principalmente por los resultados preliminares obtenidos al analizar las dos variables por separado. Teóricamente, debiera haberse encontrado una alta correlación, sobre todo con el peso seco del material leñoso donde fue incluida. Sin embargo, los valores logrados con esta variable no fueron suficientes como para seleccionarla dentro de las funciones de biomasa finales. Los resultados estuvieron, en general, dentro de los valores altos como se aprecia en el Cuadro N°2, por lo que podría inferirse que en estudios similares desempeñaría un rol de mayor importancia en la estimación de funciones de biomasa.

Funciones de Biomasa

El método paso a paso incluido en el Software STATGRAPHICS incorporó tres variables independientes al modelo, pero el incremento del valor del coeficiente de determinación fue bajo, razón por la cual no se justificó el uso de más de una variable independiente.

Al introducir los datos en modelos de regresión simple, las variables independientes seleccionadas en general, para cada función fueron: la variable compuesta diámetro medio del fuste por altura total (DMFA), el diámetro basal, diámetro medio del fuste y el diámetro de copa medio. Estas variables resultan ser las que mejor describen el comportamiento de la variable dependiente para cada componente (peso seco del rebrote). De esta manera, de los modelos probados enumerados en la metodología, fue seleccionado el modelo lineal multiplicativo, de acuerdo a los criterios preestablecidos. En el caso del peso seco del material leñoso (PSML), se obtuvo un Coeficiente de Determinación (r^2) similar con los modelos multiplicativo y exponencial.

Por otro lado, al aplicar logaritmo a los datos, los resultados se mantienen y el valor del error cuadrático medio no experimenta una diferencia significativa.

Las funciones de biomasa desarrolladas utilizando modelos de regresión simple, en las cuales se obtuvieron los mejores valores de los parámetros seleccionadores, son presentadas a continuación tanto para los componentes como para el total de la planta.

El peso seco en todos los casos se expresa en kilos. El diámetro basal, diámetro medio del fuste y la altura total del árbol, en metros.

Cuadro 3.
FUNCIONES DE BIOMASA

Función de biomasa	R ²	S ²
PST = 0,05351*DMFA ^{1.1022}	94,52	0,045
PSML = 5464,894*DB ^{2.7727}	95,13	0,045
PSMF = 0,03182*DMFA ^{1.0056}	86,03	0,105

- PST = Peso seco total de la planta.
 PSML = Peso seco del material leñoso.
 PSMF = Peso seco del material forrajero.
 DMFA = Diámetro medio del fuste por altura total del árbol.
 DB = Diámetro basal del árbol.

Como complemento a este análisis, se entrega la matriz de correlación para las variables involucradas en las funciones de biomasa expuestas anteriormente:

Cuadro 4.
MATRIZ DE CORRELACIÓN ENTRE VARIABLES DEPENDIENTES E INDEPENDIENTES
SELECCIONADAS POR EL ANÁLISIS ESTADÍSTICO

	PSRA	PSH	PST	DB	DMFA
PSRA	1,000	0,9067	0,9844	0,9361	0,9695
PSH	0,9067	1,0000	0,9668	0,8658	0,9068
PST	0,9844	0,9668	1,0000	0,9286	0,9659
DB	0,9361	0,8658	0,9286	1,0000	0,9700
DMFA	0,9695	0,9068	0,9659	0,9700	1,0000

García (1992), correlacionando la fitomasa forrajera con variables independientes tales como cobertura circular y diámetro medio, encontró que el mejor predictor de forraje para *Atriplex nummularia* era el diámetro medio, con un Coeficiente de Determinación (r^2) de 78%. Dicho autor, utilizando las mismas variables independientes en la estimación de la fitomasa leñosa, obtuvo un Coeficiente de Determinación de 85%.

Por otro lado, Ribalta (1983), en un estudio de *Eucalyptus globulus* obtuvo un Coeficiente de Determinación (r^2) de 97,5% para peso total del árbol, utilizando el diámetro a la altura del pecho al cuadrado por la altura total del árbol (D^2H) como variable independiente.

Kannegiesser (1987), utilizando *Peumus boldus*, obtuvo un 90,5% y 97% para el peso seco de hojas y ramas, respectivamente. Las variables independientes utilizadas fueron el diámetro basal de la rama y largo de rama.

Según los resultados presentados anteriormente, resulta difícil establecer una comparación directa con los valores obtenidos en este estudio, ya que las especies son diferentes, y por lo tanto los resultados dependen de las características específicas de cada una de éstas y de las condiciones ambientales en donde se desarrolló el estudio. Sin

embargo, se puede establecer una comparación con *Atriplex nummularia* y *Peumus boldus*, especies que presentan ciertas similitudes con algunos ejemplares de *Acacia saligna* que se desarrollan en forma arbustiva y en lugares ecológicamente similares. Al respecto, es destacable que con el diámetro medio y basal del fuste se obtienen los valores más altos de los parámetros seleccionadores, utilizando estas variables individualmente o en combinación con alguna otra para formar una variable compuesta que se adecúe en mayor grado a las características del estudio. Por lo tanto, es conveniente incluir las variables mencionadas anteriormente en estudios similares de biomasa. El Cuadro 2 establece claramente la importancia de estas dos variables.

Participación de los Componentes Forrajero y Leñoso en el Total del Árbol

La biomasa analizada en el Cuadro 5 corresponde a la que se obtuvo al pesar los 30 árboles seleccionados, 15 de cada clase de altura, en su condición original. A continuación se muestra la participación de cada componente en el peso seco total del árbol en su condición original, expresado en kilos.

Cuadro 5.

PARTICIPACIÓN DE CADA COMPONENTE EN EL TOTAL DEL ÁRBOL

C.altura	PSML	PSMF	PST	(%)
1	7,577	6,609	14,18	20,36
2	32,31	23,19	55,5	79,64
PST(Kg)	39,887	29,799	69,69	100
(%)	57,34	42,66	100	

PST = Peso seco total (kg).

PSML= Peso seco del material leñoso (kg).

PSMF= Peso seco del material forrajero (kg).

Según el Cuadro 5, las proporciones de los componentes definidos son similares con respecto al total del árbol. Esto se debería principalmente al carácter arbustivo que desarrolla la especie como respuesta a la intervención, lo que implica una disponibilidad importante de material vegetal al ganado.

Kannegiesser (1987), en el estudio realizado en *Peumus boldus* calculó la participación de cada componente en el total del árbol, obteniendo un 90,7% de fuste y ramas, y 9,3% de hojas. Se debe considerar que la separación de los componentes realizada en este estudio no fue la misma que la presentada en el Cuadro 5. Sin embargo, se deja en evidencia la mayor participación del componente forrajero en *Acacia saligna* con respecto a *Peumus boldus*.

Ribalta (1983), determinó para *Eucalyptus globulus*, una participación de 92,1% de fuste y ramas, y 7,9% de hojas, ramillas y frutos, con respecto a la biomasa total del árbol.

En el caso de *Atriplex nummularia*, García (1992) obtuvo una participación de 89,4% para el material leñoso y 10,6% para el material forrajero.

De acuerdo a los resultados presentados en los párrafos anteriores, se puede señalar que *Acacia saligna* presenta la proporción más equilibrada entre material forrajero y leñoso. Por consiguiente, con esta especie es posible cumplir tanto objetivos forrajeros como combustibles.

CONCLUSIONES

En relación a las funciones de biomasa, el diámetro medio del fuste por altura total del árbol resultó ser la variable predictora que más se adecuó a las características geográficas y ambientales de la plantación.

De acuerdo a la similitud en la participación que tienen los componentes de follaje y fustes en el total del árbol, la *Acacia saligna* puede cumplir simultáneamente fines combustibles y forrajeros.

REFERENCIAS

- García, P. 1992. Efecto del corte en la producción y calidad forrajera del rebrote de *Atriplex nummularia* (Lindl.). Memoria Ing. Forestal. Universidad de Chile. Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales. P. 1-12-32.
- Oyarzún, V. y Palavicino, V. 1984. Evaluación de especies leñosas para ser usadas con fines energéticos, en la provincia de Choapa, IV Región. Tesis Ing. Forestal. Universidad de Chile. Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales. 159 p.
- Ribalta, E. 1983. Evaluación de la producción y productividad del monte bajo de *Eucalyptus globulus* (Lab.) V Región. Tesis Ing. Forestal. Universidad de Chile. Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales. 124 p.
- Sfeir, J. 1990. Evaluación de la fitomasa y metabolitos de interés comercial en boldo (*Peumus boldus* (Mol.)), quillay (*Quillaja saponaria* (Mol.)) y Eucaliptos (*Eucalyptus* spp.) en la VII Región. Tesis Ing. Forestal. Universidad de Chile. Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales. 153 p.
- Wrann, J. 1985. Metodología para el análisis de la regeneración natural en formaciones arbóreas nativas de la zona semiárida de Chile; en: 2º Encuentro Regional CIID. América Latina y El Caribe. Santiago, Chile.

