

RESULTADOS DEL RENDIMIENTO DE BIOMASA DE CASUARINA *EQUISETIFOLIA* FORST. EN CUATRO CONDICIONES EDAFOCLIMÁTICAS

LIZEYDA PAREDES MOREJÓN,¹ ALICIA MERCADET PORTILLO,¹ MARÍA ANTONIA GUYAT DUPUY¹ Y LEUFRIDO YERO VALDÉS²

¹ Instituto de Investigaciones Forestales (IIF). Calle 174 no. 1723 e/ 17B y 17C, Rpto. Siboney, Playa, La Habana, Cuba.

² Estación Experimental Forestal de Guisa (EEFG). Carretera Victorino, Km 1½, Guisa, Granma, Cuba.

RESUMEN

Este trabajo tiene como objetivo valorar el resultado de la cuantificación de biomasa sobre la base del peso seco de la especie Casuarina equisetifolia Forst. bajo cuatro condiciones edafoclimáticas diferentes en las localidades Cauto Cristo (Granma), La Experiencia (Camagüey), Alameda (Matanzas) y EMA Trinidad (Sancti Spiritus), donde fueron procesadas plantaciones de nueve, doce, cuatro y cinco años, respectivamente. Como resultado se obtuvieron rendimientos de 46,95t/ha; 81,64 t/ha; 148t/ha y 104t/ha, en cada localidad en ese mismo orden. Atendiendo a ello, los mejores resultados fueron Alameda y EMA Trinidad, ya que a los cuatro y cinco años tuvieron mayores rendimientos que las restantes localidades.

ABSTRACT

This work has the objective of valuating the results in referente to biomasa quantization on the bases of the dry weight of the species Casuarina equisetifolia Forst. under four different edafoclimatic conditions in the following sites: Cauto Cristo (Granma), La Experiencia (Camagüey), Alameda (Matanzas) and EMA Trinidad (Sancti Spiritus). In Duch sites, there werw evaluated plantations of 9, 12, 4 y 5 years old respectively. Results showed yields of 46.95 t/ha, 81.64 t/ha, 148 t/ha and 104 t/ha following the order of the sites. As a conclusion, it is shown that the best sites werw Alameda (Matanzas) and EMA Trinidad (Sancti Spiritus) sice the yields werw higher in these sites than in the others.

INTRODUCCIÓN

Un estudio reciente ha estimado que alrededor del año 2050 la biomasa podría proveer aproximadamente un quinto de la energía eléctrica y dos quintos del uso directo de combustible, principalmente en los países

en desarrollo. En Europa se espera que de todas las fuentes de energía renovable la mayor contribución provenga de la biomasa. Los cultivos energéticos son considerados como convertidores de radiación

solar en biomasa energética por procesos fotosintéticos. El potencial teórico de fuentes de biomasa es considerado amplio. Cada año, por ejemplo, la fotosíntesis produce MO con un contenido energético alrededor de diez veces mayor que la energía comercial que se utiliza mundialmente en el presente, y doscientas veces la energía que se consume en la alimentación [Strehler, 1994].

Los sistemas de biomasa para energía, descentralizador por naturaleza, pueden prever una oportunidad única para una distribución más racional de la riqueza y, por tanto, acrecentar la equidad del desarrollo entre las áreas rurales y urbanas [FAO, 1997].

Entre las especies forestales de rápido crecimiento y buenas aptitudes para ser utilizadas como leña y carbón se hallan las del género *Casuarina*. De las aproximadamente treinta y cinco especies de *Casuarina*, casi todas producen leña de muy buena calidad. Algunas de estas especies son de rápido crecimiento, requieren poco mantenimiento y crecen en sitios y climas tan variables como las dunas de arena de las costas, las laderas de montañas altas, los trópicos húmedos cálidos y las regiones semiáridas.

Estas especies tienden a ser tolerantes a la salinidad del aire, resistentes al viento y adaptables a suelos moderadamente pobres. A pesar de no ser leguminosas, tienen la capacidad de formar nódulos radiculares que fijan el nitrógeno de la atmósfera, como es el caso de la *Casuarina equisetifolia* Forst., perte-

neciente a la familia *Casuarinaceae* [CATIE, 1984a].

Esta especie crece perfectamente a lo largo de la costa, donde el rocío del mar suplementa la humedad de la capa freática. En su hábitat natural la precipitación anual varía entre 700 y 2 000 mm, con una estación seca de seis a ocho meses, en climas áridos y semiáridos (< 300 mm de precipitación anual). Es propia de zonas tropicales y subtropicales con temperaturas medias entre 10 y 33°C, aunque se adapta a una gama amplia de temperatura.

La madera de esta especie ha sido llamada «la mejor madera del mundo» por la gran cantidad de calor que libera al arder con poca producción de cenizas. Tiene un poder calórico de 20 700 kJ/kg (4 500-5 000 kcal/kg) y produce carbón de excelente calidad (30 000 kJ/kg). La madera ha sido utilizada en forma directa como combustible de locomotoras. Aún verde arde fácilmente y las cenizas retienen el calor por un período largo [NFTA, 1990; CATIE, 1997].

El objetivo del presente trabajo es valorar el resultado de la cuantificación de biomasa sobre la base del peso seco de *C. equisetifolia* Forst. bajo cuatro condiciones edafoclimáticas diferentes de nuestro país.

MATERIALES Y MÉTODOS

Las características de las localidades objeto de estudio se ofrecen en la *Tabla 1*. El método utilizado para evaluar la biomasa es el que se establece en las normas para la investigación silvicultural de especies para leña [CATIE, 1984b].

TABLA 1
Descripción de las cuatro localidades estudiadas

Parámetros	Localidades							
	Cauto Cristo (Granma)		La Experiencia (Camagüey)		Alameda (Matanzas)		EMA Trinidad (Sancti Spiritus)	
Clima	Temp. (°C)	Precip. (mm)	Temp. (°C)	Precip. (mm)	Temp. (°C)	Precip. (mm)	Temp. (°C)	Precip. (mm)
		25	1 400	25	1 400	25,5	1 511	27,7-28
Suelo	Fersialítico Pardo Rojizo típico sobre caliza		Fersialítico Rojo Pardusco Ferromagnésial		Turba fibrosa		Fersialítico Pardo Rojizo	
Pendiente (%)	Llana > 5		Llana > 5		Llana > 5		Llana > 5	
Drenaje	Bueno		Bueno		Bueno		Bueno	
Profundidad (cm)	27,7-28		> 25		< 60		27,7-28	
Textura	Loam-arcilloso		Loam-arcilloso		Granular		Loam-arcilloso	
Fertilidad	Media-baja		Media-baja		Alta		Media-alta	

Con el fin de determinar el rendimiento de leña se consideró el fuste y ramas hasta 3 cm de diámetro, y el resto como follaje. Los pesos secos se calcularon multiplicando el peso verde por el coeficiente obtenido de la relación P_s-P_v con cinco árboles muestra en la parcela evaluada. Esta cuantificación de biomasa se realizó en plantaciones de las empresas, y se seleccionó una parcela de 500 m² y utilizaron 25 y 30 árboles representativos de las diferentes clases diamétricas de esa parcela.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados se reportan en las Tablas 2, 3, 4 y 5. En Cauto Cristo

(Tabla 2) las clases diamétricas 6 y 8 son las más predominantes, al representar 14 y 28% del total de árboles evaluados, y 18% de la biomasa de leña de la parcela. El coeficiente P_s-P_v para el fuste fue de 0,61 para la rama, y para el follaje 0,48, lo que indica una pérdida de peso de 39, 40 y 52% respectivamente por contenido de agua.

En La Experiencia (Tabla 3) solo se consideró el fuste como leña, ya que las ramas no contaban con las dimensiones requeridas. Las clases diamétricas 9 y 11 son las más predominantes, pues ambas representan 20% del total de árboles evaluados, y 14 y 20%, respectivamente, de la biomasa de leña de la parcela. El coeficiente P_s-P_v para el fuste fue de

0,6, y para el follaje 0,54, lo cual indica que el Pv disminuye 40 y 46% de peso por contenido de agua, respectivamente. En la localidad de Alameda (Tabla 4) se puede apreciar que la clase diamétrica predominante es la 10, al representar 24% del total de árboles

evaluados y 24% del total de biomasa para leña de la parcela. El coeficiente de la relación $Ps-Pv$ para el fuste es 0,59; para la rama 0,63; y para el follaje 0,60, lo cual significa una pérdida de peso verde por contenido de agua del 41, 37 y 40%, respectivamente.

TABLA 2
Cuantificación de biomasa en Cauto Cristo, plantada en mayo de 1984 con un espaciamiento de 2m x 2m y talada el 1 de diciembre de 1993 con nueve años de edad

Clases diamétricas (m)	No. de árboles	Altura media (m)	Ps-fuste (kg)	Ps-rama (kg)	Ps-follaje (kg)	Relación Ps-leña (kg)
6	6	10,5	32,14	33,3	27,72	65,44
7	5	11,1	41,01	30,75	35,16	71,76
8	7	12,3	95,45	38,7	53,64	134,15
9	5	13,6	103,83	24,45	59,04	128,28
10	2	13,3	62,06	7,8	32,64	69,86
					<i>Total</i>	<i>469,49</i>
					<i>x</i>	<i>18,8</i>

TABLA 3
Cuantificación de biomasa en La Experiencia, plantada en 1982 con un espaciamiento de 3m x 1,5 m y talada en 1994 con doce años de edad

Clases diamétricas (m)	No. de árboles	Altura media (m)	Ps-fuste (kg)	Ps-follaje (kg)	Relación Ps-leña (kg)
7	2	10,6	28,2	15,93	28,2
8	5	11,6	97,2	46,44	97,2
9	6	12,1	152,1	70,63	152,1
10	3	12,5	82,5	41,58	82,5
11	6	11,4	222,6	109,08	222,6
12	4	15,5	231,0	103,22	231,0
13	2	15,8	123,0	54	123,0
14	1	16,3	74,4	40,77	74,4
15	1	16,8	91,2	22,68	91,2
				<i>Total</i>	<i>1 102,2</i>
				<i>x</i>	<i>36,74</i>

TABLA 4
Cuantificación de biomasa en La Alameda, plantada en mayo de 1990 con un espaciamiento de 2 m x 1,5 m y talada en abril de 1994 con cuatro años de edad

Clases diamétricas (cm)	No. de árboles	Altura media (m)	Ps-fuste (kg)	Ps-rama (kg)	Ps-follaje (kg)	Relación Ps-leña (kg)
7	1	11	11,50		4,2	11,50
8	1	8	8,55		3,45	8,55
9	1	13,6	21,38		11,4	21,38
10	6	10,8	260,02	4,4	192,9	264,42
11	2	12,2	81,41	2,04	63,75	83,45
12	3	14,3	166,37		140,85	166,37
13	2	14,1	53,39		29,1	53,39
14	2	13,8	66,22	1,57	94,65	67,79
15	1	14,6	59,88	1,41	33,3	61,29
16	3	15,9	136,86	8,97	104,7	145,83
17	1	12,4	12,83		9,3	12,83
18	1	15,7	77,88	26,14	65,4	104,02
21	1	15,7	103,54	6,93	79,05	110,47
					<i>Total</i>	<i>1 111,29</i>
					<i>x</i>	<i>44,4</i>

TABLA 5
Cuantificación de biomasa en EMA Trinidad, plantada en 1988 con un espaciamiento de 2 m x 1,5 m y talada en abril de 1993 con cinco años de edad

Clases diamétricas (cm)	No. de árboles	Altura media (m)	Ps-fuste (kg)	Ps-rama (kg)	Ps-follaje (kg)	Relación Ps-leña (kg)
5	5	6,2	64,4	5,6	31,1	70
6	6	6,6	101,3	12,2	59,7	113,5
7	5	9,3	145,2	7,5	72,2	152,7
8	2	9,2	64	2,7	25	66,7
9	3	10,2	121,2	5	54,7	126,2
10	3	10,1	175,4	7,2	67,5	182,6
11	1	12,5	74,0	1,0	37,0	75,0
					<i>Total</i>	<i>786,7</i>
					<i>x</i>	<i>31,5</i>

En la EMA Trinidad (Tabla 5) las clases diamétricas 5, 7 y 6 son las más predominantes, ya que representan 20 y 24% del total de árboles evaluados y 9, 19 y 14% de la biomasa para leña de la parcela.

El coeficiente $Ps-Pv$ para el fuste fue 0,62; para la rama 0,63; y para el follaje 0,56, lo cual indica una pérdida de peso de 38, 37 y 44% por contenido de agua, respectivamente.

De los resultados expuestos se puede valorar que las condiciones edafoclimáticas de Alameda y Trinidad han sido las más favorables para el desarrollo de la especie, dado que a los cuatro y cinco años de edad aportan una cantidad de biomasa seca muy similar a la de la zona de La Experiencia a los doce años; llegan y algo más del doble que la de la zona de Cauto Cristo a los nueve años; incluso alcanzan a tener árboles con diámetros entre 18 y 21 cm –en el caso de La Alameda–, mientras que en las demás localidades están por debajo de 15 cm.

En cuanto al rendimiento de biomasa para leña, se puede apreciar que la localidad de La Alameda, con un espaciamiento de 2 m x 1,5 m, a la edad de cuatro años tuvo un rendimiento de 148,15 t/ha; en Trinidad, con el mismo espaciamiento pero a los cinco años, logró uno de 104,89 t/ha. En La Experiencia, con un espaciamiento de 3 m x 1,5 m, a la edad de doce años se obtuvo un rendimiento de 81,64 t/ha; y en la localidad de Cauto Cristo, con un espaciamiento de 2 m x 2 m, a los nueve años solo se obtuvo 46,95 t/ha.

Si comparamos estos resultados con los reportados por CATIE (1984a),

se observa que los rendimientos en las localidades La Alameda, Trinidad y La Experiencia se encuentran dentro del intervalo planteado, donde se hace alusión a que en los buenos sitios de Malasia y Filipinas, la *Casuarina* crece de 2 a 3 m/año. En general, el rendimiento por hectárea varía entre 75 y 200 t, con una rotación de diez años y un espaciamiento de 2 m x 2 m entre plantas. En Filipinas se han logrado mayores rendimientos.

Al hacer referencia a las pérdidas de peso por contenido de agua en las cuatro localidades, se puede decir que se encuentran entre 37 y 52%. Esto merece ser estudiado con más detenimiento para así conocer la relación entre el contenido de agua y las condiciones edafoclimáticas de las diferentes localidades, información de suma importancia al realizar estimados para establecer plantaciones con fines energéticos.

En los objetivos estratégicos y de desarrollo hasta el año 2010 del grupo Agroindustrial Forestal de Cuba, se propone utilizar la *Casuarina* como leña en el consumo nacional y como fuente de carbón vegetal para la exportación, por lo que los resultados pueden ser aplicables a estas localidades, y de esta forma lograr los objetivos de producción propuestos [FORCUBA,1999].

CONCLUSIONES

- Las clases diamétricas de mayor incidencia y que más aportaron al rendimiento en por ciento de

biomasa para leña en cada localidad, fueron: 6 y 8 (42,5%) en Cauto Cristo; 9 y 10 (34%) en La Experiencia, 10 (23%) en La Alameda, y 5, 6 y 7 (42%) en Trinidad.

- Las condiciones ecológicas más favorables para fomentar plantaciones con el objetivo de obtener biomasa para leña con *Casuarina equisetifolia* Forst. son las de La Alameda (Matanzas) y Trinidad (Sancti Spiritus), ya que a los cuatro y cinco años aportan un promedio de 44,4 y 31,5 kg de biomasa seca, valores aportados por la clase diamétrica 10 en el primer caso, y por las clases 5, 6 y 7 en el segundo.
- El coeficiente de la relación P_s-P_v obtenidos en las cuatro localidades fueron muy similares, ya que su intervalo estuvo entre 0,59 y 0,63, lo que significa una pérdida

de peso verde por contenido de agua entre 37 y 52%.

BIBLIOGRAFÍA

- CATIE: *Especies para leña. Arbustos y árboles para la producción de energía*, Turrialba, Costa Rica, 1984a.
- : *Normas para la investigación silvicultural de especie para leña*, Serie Técnica, Manual Técnico no.1 Turrialba, Costa Rica, 1984.
- : *Resultado de diez años de investigación silvicultural del Proyecto Maledaña en Nicaragua*, Serie Técnica, Informe Técnico no. 292, Turrialba, Costa Rica, 1997.
- NFTA: «*Casuarina equisetifolia* Forst., árbol tradicional con un nuevo futuro» Hawái, Asociación de Árboles Fijadores de N₂, 1990.
- FAO: Reunión regional sobre biomasa para la producción de energía y alimentos, La Habana, 3-6 de noviembre de 1997.
- FORCUBA: Programa de Desarrollo Forestal 2005-2015, La Habana, 1999.
- STREHLER, A.: «Potentials of C₄ Plant Species As Fuel Crops and Their Environmental Impact», *Environmental Aspects of Production and Conversion of Biomass for Energy*, FAO, 1994.