



## COMPORTAMIENTO DEL DIÁMETRO EN LA BASE DEL MARABÚ, EN ÁREAS INVENTARIADAS CON FINES ENERGÉTICOS

### BEHAVIOR OF THE DIAMETER IN THE BASE OF THE MARABÚ, IN INVENTORIED AREASS FOR ENERGY USES

MILADYS DELGADO MÉNDEZ<sup>1</sup>, ALBERTO MAXIMILIANO VIDAL CORONA<sup>2</sup>, WILMER TOIRAC ARGUELLEZ<sup>3</sup>,  
ARLETY AJETE HERNÁNDEZ<sup>3</sup>, LENIER LLANES CARMENATE<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Universidad de Camagüey, Camagüey, Cuba.

<sup>2</sup>Unidad Científico Tecnológica de Base Estación Experimental Agro-Forestal Camagüey, Camagüey, Cuba.

E-mail: [alberto.vidal@inaf.cmg.minag.cu](mailto:alberto.vidal@inaf.cmg.minag.cu), [lenierllc95@gmail.com](mailto:lenierllc95@gmail.com)

<sup>3</sup>Instituto de Investigaciones Agro-Forestales, La Habana, Cuba. E-mail: [wilmer@forestales.co.cu](mailto:wilmer@forestales.co.cu), [arlety@forestales.co.cu](mailto:arlety@forestales.co.cu)

\*Autor para correspondencia: [miladys.delgado@reduc.edu.cu](mailto:miladys.delgado@reduc.edu.cu).

#### RESUMEN

El aprovechamiento de la biomasa para la producción de energía eléctrica y carbón vegetal es fundamental en la transición hacia un modelo energético más sostenible, ya que permite reducir la dependencia de los combustibles fósiles y disminuir las emisiones de gases de efecto invernadero. El estudio evaluó el comportamiento del diámetro en la base del marabú (*Dyckrostachys cinerea*) en áreas inventariadas con fines energéticos en el municipio "Carlos Manuel de Céspedes", Camagüey, Cuba. Se requieren datos precisos sobre su estructura diamétrica para optimizar el aprovechamiento de esta biomasa con el objetivo de producir energía eléctrica y carbón vegetal. El objetivo fue analizar el diámetro en la base del marabú por categorías (fino, medio, grueso) y rangos diamétricos, para definir su uso energético y seleccionar tecnologías adecuadas. Se establecieron 90 parcelas de muestreo (25 m<sup>2</sup> cada una), distribuidas en tres localidades, donde se midió el diámetro y se calculó la biomasa aérea a través de modelos matemáticos. Los resultados mostraron que el marabú fino (2,36 cm de diámetro medio) es adecuado para energía eléctrica, mientras que el marabú grueso (9,39 cm) es ideal para producir carbón vegetal de alta calidad. Se identificó que más del 54% de los arbustos cumplen con los rangos diamétricos establecidos, aunque existe variabilidad debido al crecimiento natural. Las conclusiones destacan la importancia de estos datos para seleccionar tecnologías de corte y optimizar el aprovechamiento energético, ajustando los rangos diamétricos según los objetivos y tecnologías disponibles. Este estudio contribuye a la planificación sostenible del uso del marabú como recurso energético.

**Palabras clave:** biomasa, energía renovable, carbón vegetal, inventario forestal, tecnología de corte

#### ABSTRACT

The use of biomass for the production of electricity and charcoal is essential in the transition to a more sustainable energy model, as it reduces dependence on fossil fuels and decreases greenhouse gas emissions. The study evaluated the behavior of the diameter at the base of marabou (*Dyckrostachys cinerea*) in areas inventoried for energy purposes in the municipality of "Carlos Manuel de Céspedes," Camagüey, Cuba. Accurate data on its diameter structure are required to optimize the use of this biomass for the production of electricity and charcoal. The objective was to analyze the diameter at the base of marabou by categories (fine, medium, coarse) and diameter ranges, to define its energy use and select appropriate technologies. Ninety sampling plots (25 m<sup>2</sup> each) were established, distributed in three locations, where the diameter was measured and the aboveground biomass was calculated using mathematical models. The results showed that fine marabou (2.36 cm average diameter) is suitable for electrical energy, while coarse marabou (9.39 cm) is ideal for producing high-quality charcoal. More than 54% of the bushes were identified as meeting the established diameter ranges, although there is variability due to natural growth. The conclusions highlight the importance of these data for selecting felling technologies and optimizing energy use, adjusting diameter ranges according to objectives and available technologies. This study contributes to sustainable planning for the use of marabou as an energy resource.

**Keywords:** biomass, renewable energy, charcoal, forest inventory, felling technology

Recibido: 07/4/2022

Aceptado: 15/5/2022



Este artículo se encuentra bajo los términos de la licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial (CC BY-NC 4.0). <https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>



## INTRODUCCIÓN

Históricamente, la biomasa forestal y los residuos de los cultivos agrícolas han sido ampliamente utilizados como combustible para la producción de calor en hogares residenciales, panaderías, herrerías y otros sectores (Martínez, 2009). Este uso ha sido especialmente relevante en contextos rurales, donde estas fuentes de energía han cubierto necesidades básicas de manera sostenible. Su importancia radica en su disponibilidad y en su papel como recurso energético accesible.

De acuerdo con los informes de la FAO (1991), el consumo de leña en las industrias rurales de los países en vías de desarrollo ha experimentado un incremento constante. Este aumento ha reforzado el papel de la biomasa forestal y de los residuos agrícolas como fuentes de combustible esenciales para satisfacer la demanda energética en estas regiones. A pesar de su relevancia, estas fuentes de energía aún no han sido aprovechadas en su totalidad.

La producción y comercialización sostenible de bioenergía ofrece nuevas oportunidades para mejorar la calidad de vida de la población rural en los países en desarrollo. Este sector demanda una gran cantidad de mano de obra, lo que contribuye a la generación de empleo (A. I., 1983). Sin embargo, es fundamental conocer la disponibilidad real de estas materias primas para planificar su aprovechamiento integral y sustentable, lo cual requiere de inventarios precisos (Bailey, 1970).

En la práctica productiva, una de las preguntas clave para realizar un inventario forestal eficiente es definir el tamaño y el número adecuado de parcelas a establecer. Estos parámetros influyen directamente en la precisión de los resultados y en los costos asociados al proceso. Por lo tanto, su determinación debe basarse en un análisis cuidadoso de las condiciones del bosque y de los recursos disponibles.

El tamaño óptimo de la parcela depende de factores como la estructura del bosque, incluyendo el tamaño, la densidad y el grado de agregación de los árboles. Además, el número de parcelas y los costos asociados están relacionados con la variabilidad entre las parcelas y la precisión que se desea alcanzar. Estos aspectos deben ser considerados para garantizar la representatividad y la eficiencia del inventario.

En Cuba, la experiencia acumulada en la ejecución de inventarios forestales a nivel nacional sugiere que el establecimiento de 100 parcelas puede ser suficiente para cubrir las variaciones del sitio y el desarrollo histórico del rodal en un tipo específico de bosque o plantación (Montalvo et al., 2015). Esta recomendación aplica siempre que no exista evidencia de patrones de crecimiento diferenciados en alguna parte de la zona estudiada. En este contexto, es más importante lograr una cantidad adecuada de parcelas que seguir una intensidad de muestreo predefinida, independientemente de la variabilidad de la masa boscosa.

En el caso específico de los inventarios y la cuantificación de la biomasa aérea de *Dyckrosthachys cinerea* var. *Africana* Brenan & Brummitt (marabú), definida por Greuter & Rankin (2017), este principio también es válido. Para esta especie, se recomienda el establecimiento de 90 parcelas de muestreo (Vidal et al., 2018). Este enfoque permite obtener datos representativos que facilitan la planificación del aprovechamiento de esta biomasa.

En los inventarios de vegetación con fines energéticos, es crucial definir con precisión el comportamiento del diámetro en la base de la especie por categorías de marabú y rangos diamétricos. Esta información es esencial para seleccionar las tecnologías adecuadas para el aprovechamiento y la entrega de la biomasa a las bioeléctricas, ya sea triturada o sin triturar. Además, permite optimizar los procesos de transformación y uso final de este recurso.

En el caso de la entrega de esta materia prima a centros de acopio y producción de carbón vegetal, esta información resulta imprescindible para el diseño o ajuste de hornos metálicos u otros tipos de hornos. El objetivo es producir carbón vegetal que cumpla con los estándares de calidad exigidos tanto por el mercado nacional como internacional. Por lo tanto, la precisión en la medición y el análisis de los datos es fundamental para garantizar la eficiencia del proceso.

El objetivo del presente estudio fue evaluar el comportamiento del diámetro en la base del marabú por categorías y rangos diamétricos en áreas inventariadas para su aprovechamiento con fines energéticos. Este análisis se llevó a cabo en el municipio “Carlos Manuel de Céspedes”, ubicado en la provincia de Camagüey, Cuba. Los resultados obtenidos buscan contribuir a la optimización del uso de esta biomasa como fuente de energía renovable.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Características del área de estudio

El área general objeto de estudio se localiza en las coordenadas 21° 34' de latitud norte y 78° 17' de longitud oeste. El relieve de la zona es predominantemente llano, caracterizado por la presencia de llanuras calizas, planicies de rocas serpentinosas e ígneas, y suelos pardos carbonatados. La temperatura máxima registrada es de 30,6 °C, mientras que la mínima alcanza los 20,5 °C.

### Colecta de datos

El estudio se basó en los datos obtenidos del inventario de marabú realizado en el municipio “Carlos Manuel de Céspedes” (Vidal et al., 2015). La información recopilada incluyó datos de tres localidades dentro del mismo municipio, los cuales se resumieron en la [Tabla 1](#).

**Tabla 1.** Características del área de estudio inventariada, por categorías de marabú, proveniente de la base de datos empleada.

Categoría de marabú	Marabú Fino	Marabú Medio	Marabú Grueso
Provincia	Camagüey	Camagüey	Camagüey
Municipio	C. M. de Céspedes	C. M. de Céspedes	C. M. de Céspedes
Localidad	La Lola	Nazareno Norte	Rincón Hondo
Tenencia	Pecuario	Pecuario	UEB Florida
Tipo de inventario	De Aprovechamiento	De Aprovechamiento	De Aprovechamiento
Número de parcelas Inventariadas	20	40	30
Tamaño de la parcela	25 m <sup>2</sup>	25 m <sup>2</sup>	25 m <sup>2</sup>
Forma de la parcela	Cuadrada	Cuadrada	Cuadrada
Altura sobre el nivel del mar	56-73 m	60-78 m	52-66 m
Altura media de los arbustos	1,95 m	5,9 m	7,85 m
Diámetro medio en la base de los arbustos	2,36 cm	3,72cm	9,39 cm
Biomasa aérea total verde con corteza equivalente/ha	19,81 ton/ha	42,63 ton/ha	204,11ton.
Área efectiva ocupada dentro del municipio	59,77 ha	13911,56 ha	1690,81 ha
Biomasa aérea total verde con corteza, total	1184,0 t - 1184,0 ton	593049,8 ton	345111,23 ton
Biomasa aérea verde con corteza, de Fuste equivalente/ha	11,92 ton/ha	17,68 ton/ha	39,43 ton/ha
Biomasa aérea verde con corteza, total de Fuste.	712, 45 ton	245 956,38 ton	666 68, 63 ton
Biomasa aérea verde con corteza, de Rama equivalente/ha	14,80 ton/ha	31,30 ton/ha	143,65 ton/ha
Biomasa aérea verde con corteza, total de Rama.	884, 59 ton	435431,82 ton	242884,85 ton

### Tamaño de la muestra, su distribución y método de muestreo

Se evaluaron 90 parcelas temporales de muestreo, cada una de forma cuadrada con dimensiones de 5 x 5 metros (25 m<sup>2</sup>). Estas parcelas se distribuyeron a una distancia de 40 a 50 metros entre sí, se consideraron las categorías de marabú y sus características edafoclimáticas. Se empleó un muestreo aleatorio simple, estableciendo puntos de muestreo en función del área efectiva ocupada por cada categoría.

- Para el marabú fino ( $d_{base} \leq 3,0$  cm), se establecieron 20 parcelas en los 4 puntos de mayor concentración de estos arbustos, con características de sitio diferentes.
- Para el marabú medio ( $d_{base} \leq 3,1$  cm  $\leq 8,0$  cm), se dispusieron 40 parcelas en los 8 puntos de mayor concentración, también con características de sitio variadas.
- Para el marabú grueso ( $d_{base} > 8,0$  cm), se levantaron 30 parcelas en los 3 puntos de mayor concentración, considerando igualmente diferencias en las características del sitio.

### Cálculo del diámetro medio de los arbustos por categoría de marabú

El diámetro medio de los arbustos se determinó para cada

categoría de marabú, con los datos obtenidos en las parcelas de muestreo. Este cálculo permitió establecer una base para la estimación de la biomasa aérea. Se definió a partir de la fórmula:

$$\bar{d} = \sum_{i=1}^n \frac{d_i}{n}$$

Donde

$\bar{d}$ : diámetro medio

$d_i$ : diámetro de cada árbol

$n$ : número de observaciones

### Cálculo de la biomasa aérea verde total y por componentes de marabú con corteza por hectárea

La biomasa aérea verde con corteza se calculó a partir de los diámetros medios y los modelos matemáticos desarrollados por (Bravo, Vidal, Hernández, Peña, et al., 2015; Bravo, Vidal, Hernández, Toirac, et al., 2015) y Vidal et al. (2015). Los modelos utilizados fueron los siguientes:

- $\ln \text{BATVcc} = 1,5522 + 1,6667 * L_n d_{base}$
- $\ln \text{BAFVcc} = 1,7347 + 0,8661 * L_n d_{base}$
- $\ln \text{BARVcc} = 1,2814 + 16458 * L_n d_{base}$

Donde: BATVcc, BAFVcc y BARVcc son biomasa aérea total verde con corteza, biomasa aérea verde con corteza de fuste y biomasa aérea verde con corteza de rama por ha respectivamente;  $d_{base}$ : diámetro medio de los arbustos y los coeficientes ajustados de los modelos fueron 1,5522; 1,6667; 1,7347; 0,8661; 1,2814 y 1,6458.

### Cálculo de la biomasa aérea verde total y por componentes con corteza, por categorías de marabú

La biomasa aérea verde total y por componentes se calculó mediante la multiplicación de los valores obtenidos en los modelos matemáticos por el área efectiva correspondiente a cada categoría de marabú.

#### Definición del número de arbustos por m<sup>2</sup> y por hectárea, por categorías de marabú

- Se cuantificó el número promedio de individuos por parcela (25 m<sup>2</sup>) para cada categoría de marabú.
- Mediante una regla de tres, se determinó el valor medio de arbustos por m<sup>2</sup>.
- Este valor se multiplicó por 10,000 m<sup>2</sup> (equivalente a una hectárea) para obtener el número medio de arbustos por hectárea.

#### Evaluación del comportamiento del diámetro en la base con corteza del marabú

- La evaluación incluyó el 100% de los arbustos medidos en las 90 parcelas, clasificados por categorías de marabú y rangos diamétricos.
- Para el marabú fino, se establecieron 4 rangos diamétricos: 0-1 cm, 1,1-2 cm, 2,1-3 cm y mayor de 3,0 cm.
- Para el marabú medio, se definieron 5 rangos: menor de 3,0 cm, 3,0-4,6 cm, 4,61-6,32 cm, 6,33-8,0 cm y mayor de 8,0 cm.
- Para el marabú grueso, se establecieron 5 rangos: menor de 8,0 cm, 8,0-9,6 cm, 9,61-11,2 cm, 11,21-12,81 cm y mayor de 12,81 cm.

#### Procesamiento de la información

El análisis de los datos se realizó mediante un enfoque cuantitativo-cualitativo, según las recomendaciones de Kuznecov (1982). Para ello, se utilizó el software estadístico IBM SPSS Statistics, versión 22.0 del año 2013.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El estudio del comportamiento del diámetro en la base del marabú fino, medio y grueso se desarrolló en áreas cubiertas por esta vegetación en las localidades "La Lola", "Nazareno del Norte" y "Rincón Hondo", pertenecientes al municipio "Carlos Manuel de Céspedes". Los resultados obtenidos mostraron valores de 2,96; 2,95 y 1,2 plantas/m<sup>2</sup> para marabú

fino, medio y grueso, respectivamente. Estas cifras equivalen a 29 600; 29 500 y 12 000 plantas/ha, como se detalla en la Tabla 2.

Estos datos son de gran relevancia para definir el tipo de cuchillas o martillos que deben emplearse en los órganos de corte de las máquinas de operaciones múltiples. Su elección depende del aprovechamiento del marabú para la producción de energía eléctrica y de la frecuencia requerida para el afilado y la vida útil de estas herramientas. Además, el número de arbustos por hectárea que se deben triturar determina el tipo de cuchillas o martillos a utilizar, así como la frecuencia de cambio, según las normas de consumo establecidas por los fabricantes.

En el caso del marabú fino, se evaluaron un total de 1480 plantas, lo que representa el 100% de la muestra. De estas, 172 plantas (11,62%) corresponden al rango de 0-1 cm; 332 (22,43%) al rango de 1,1-2,0 cm; 346 (23,40%) al rango de 2,1-3,0 cm; y 630 (42,55%) al rango > 3,0 cm, como se muestra en la Figura 1. Del análisis se deduce que la mayor parte de la población (57,45%) se encuentra dentro de la categoría de marabú evaluada, mientras que una porción significativa (42,55%) excede el rango establecido. Este comportamiento es típico de las formaciones naturales de marabú, ya que su desarrollo no sigue un patrón uniforme.

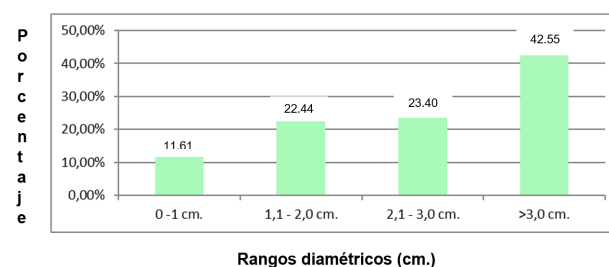


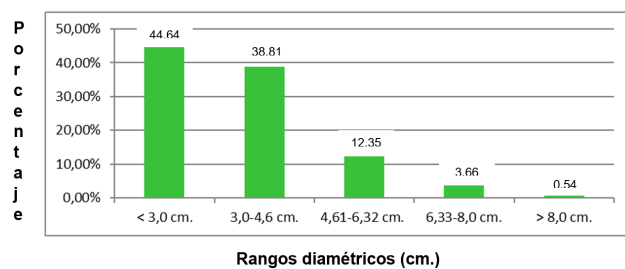
Figura 1. Comportamiento del diámetro en la categoría de marabú fino (diámetro medio de 2,36 cm), para una muestra de 1480 plantas.

Desde el punto de vista energético, esta categoría de marabú es adecuada para la producción de energía eléctrica. Esto se debe a que su pequeño diámetro medio en la base del arbusto no garantiza la obtención de carbones de buena calidad ni de alta demanda, como se ha documentado en estudios previos (A. I., 1983; FAO, 1991). Por lo tanto, su uso en la generación de energía resulta más eficiente y sostenible.

En el caso del marabú medio, se evaluó un total de 2950 plantas, lo que representa el 100% de la muestra. De estas, 1317 plantas (44,64%) corresponden al rango de menos de 3 cm, mientras que 1145 plantas (38,81%) se encuentran en el rango de 3,0 a 4,6 cm. Además, 364 plantas (12,33%) pertenecen al rango de 4,61 a 6,32 cm, 108 plantas (3,66%) al rango de 6,33 a 8,0 cm, y 16 plantas (0,54%) superan los 8,0 cm (Figura 2). La mayor parte de la población (54,82%) se encuentra dentro de la categoría establecida para este tipo de marabú, aunque una porción significativa (44,64%)

**Tabla 2.** Comportamiento del diámetro en la base del marabú, por categorías y rangos diamétricos.

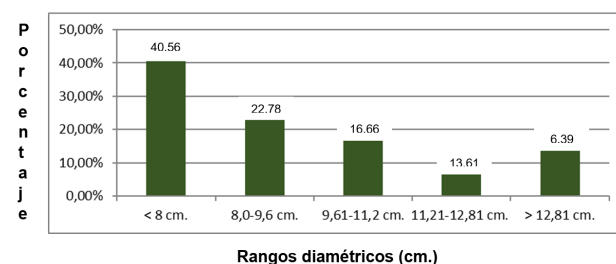
Parámetros calculados	Marabú Fino	Marabú Medio	Marabú Grueso	%
Número de plantas/m <sup>2</sup>	2,96	2,95	1,2	-
Número de plantas/ha	29 600			-
Número total de plantas para las 20 parcelas evaluadas:	1480	-	-	100
De ellas, en el rango de 0-1cm	172	-	-	11,61
En el rango de 1,1 - 2,0 cm	332	-	-	22,44
En el rango de 2,1 - 3,0 cm	346	-	-	23,40
En el rango > 3,0 cm	630	-	-	42,55
Número total de plantas para las 40 parcelas evaluadas:	-	2950	-	100
De ellas, en el rango < 3 cm	-	1317	-	44,64
En el rango de 3,0 - 4,6 cm	-	1145	-	38,81
En el rango de 4,61 - 6,32 cm	-	364	-	12,35
En el rango de 6,33 - 8,0 cm	-	108	-	3,66
En el rango > 8,0 cm	-	16	-	0,54
Número total de plantas para las 30 parcelas evaluadas:	-	-	900	100
De ellas, en el rango < 8,0 cm	-	-	365	40,56
En el rango de 8,0 - 9,6 cm	-	-	205	22,78
En el rango de 9,61 - 11,2 cm	-	-	150	16,66
En el rango de 11,21 - 12,81 cm	-	-	122	13,61
En el rango > 12,81	-	-	58	6,39

**Figura 2.** Comportamiento del diámetro en la categoría de marabú medio (diámetro medio de 3,72 cm), para una muestra de 2950 plantas.

está por debajo de este rango y una pequeña fracción (0,54%) lo supera. Esta categoría de marabú se considera adecuada para su uso completo en la producción de energía eléctrica (A. I., 1983).

Por otro lado, en el caso del marabú grueso, se analizaron 900 plantas, que equivalen al 100% de la muestra. De estas, 365 plantas (40,56%) corresponden al rango de menos de 8,0 cm, mientras que 205 plantas (22,78%) se ubican en el rango de 8,0 a 9,6 cm. Asimismo, 150 plantas (16,66%) pertenecen al rango de 9,61 a 11,2 cm, 122 plantas (13,61%) al rango de 11,21 a 12,81 cm, y 58 plantas (6,39%) superan los 12,81 cm (Figura 3). En este caso, la mayor parte de

la población (59,44%) se encuentra dentro de la categoría establecida, aunque un 40,56% está por debajo de este rango. Esta categoría de marabú se recomienda para su uso completo en la producción de carbón vegetal en hornos tradicionales o metálicos, ya que genera un carbón de alta calidad muy demandado y valorado en los mercados nacional e internacional (FAO, 1983).

**Figura 3.** Comportamiento del diámetro en la categoría de marabú grueso (diámetro medio de 9,39 cm), para una muestra de 900 plantas.

Como se observa en los tres casos analizados, más del 54,82 % de la población evaluada cumple con los rangos diamétricos establecidos para cada categoría de marabú, lo que confirma su valor de uso práctico. No obstante, existe una proporción menor, correspondiente al 45,18 %,

que se sitúa por debajo o por encima de estos rangos. Esta variabilidad se atribuye al crecimiento natural del marabú, el cual se desarrolla en condiciones edafoclimáticas diversas, un comportamiento característico de formaciones arbóreas de este tipo, tal como ocurre en los bosques naturales distribuidos a lo largo del país.

La distribución adecuada de las 90 parcelas temporales de muestreo dentro del área de estudio aseguró la calidad del análisis del comportamiento del diámetro en la base del marabú con corteza. Este análisis se realizó considerando categorías y rangos diamétricos, aspectos que también han sido tomados en cuenta por otros autores en inventarios de bosques naturales y plantaciones forestales. Dichos estudios han sido desarrollados con el objetivo de aprovechar estos recursos para fines similares (Montalvo et al., 2015).

### CONCLUSIONES

1. El estudio del comportamiento del diámetro en la base del marabú con corteza, efectuado por categorías y rangos diamétricos, resultó ser un elemento esencial en la definición del uso adecuado de su biomasa total o por componentes para la producción de energía eléctrica o carbón vegetal y para la selección de tecnologías sustentables y respetuosas del medio ambiente en su aprovechamiento y es de fácil manejo práctico.
2. Los rangos diamétricos establecidos por categorías de marabú en el presente estudio, pueden ser ajustados en función con los objetivos energéticos perseguidos y las especificaciones técnicas de las tecnologías y técnicas de producción de carbón que se dispongan o se proyecten implementar en el país, a corto y mediano plazos.
3. La definición del número de plantas/m<sup>2</sup> existentes en las áreas cubiertas por marabú, obtenida en el proceso de su inventario, tiene gran importancia práctica en la definición de los tipos de cuchillas y/o martillos a emplear en los órganos de corte de las máquinas de operaciones múltiples empleadas para su aprovechamiento y en la definición de la frecuencia de su afilado y su vida útil, y en el caso de empleo de motosierras, en la determinación del tipo de cadena a emplear y también de la frecuencia de su afilado y vida útil, acorde con las normas de consumo establecidas por sus fabricantes.

### BIBLIOGRAFÍA

- A. I. (1983). *Importancia de la Biomasa en el desarrollo de la Agricultura de América Latina*. 67.
- Bailey, G. R. (1970). A Simplified Method of Sampling Logging Residue. *The Forestry Chronicle*, 46(4), 288-303. <https://doi.org/10.5558/tfc46288-4>
- J. A., Vidal, A., Hernández, A., Peña, Y., Valle, L. M., Padrón, P. J., Padrón, P. R., & Paredes, L. (2015). Estimación de la biomasa aérea total verde con corteza de la vegetación de *Dyckrostachys cinerea* var. *Africana* Brenan & Brummitt (Marabú). *Memorias*, 23.
- Bravo, J. A., Vidal, A., Hernández, A., Toirac, W., & Peña, Y. (2015). Estimación de la biomasa de rama verde de la vegetación de *Dyckrostachys cinerea* var. *Africana* Brenan & Brummitt (Marabú). *Memorias*, 22.
- FAO. (1983). *Métodos Simples para Fabricar Carbón Vegetal*. Estudios FAO (Monte).
- FAO. (1991). *Memoria de la Consulta de expertos sobre el empleo de combustibles derivados de la Madera en las Industrias Rurales de América Latina*. Costa Rica, FAO/RLAC.
- Greuter, W., & Rankin, R. (2017). Plantas vasculares de Cuba. Inventario preliminar. *Botanischer Garten und Botanisches Museum Berlin. Berlín, Alemania. Jardín Botánico Nacional, Universidad de La Habana, Cuba*, 78.
- Kuznecov, I. N. (1982). *Métodos de evaluación aplicados a las investigaciones tecnológicas forestales*. Editorial Moscú.
- Martínez, S. (2009). *Evaluación de la biomasa como recurso energético renovable en Cataluña* [Tesis Doctoral, Universitat de Girona]. <https://dugi-doc.udg.edu/handle/10256/4849>
- Montalvo, J. M., Bravo, J., Casanova, A., & Suárez, T. (2015). *Código de Parcelas de Muestreo Permanente*. Instituto de Investigaciones Agro-Forestales.
- Vidal, A., Bravo, J. A., Hernández, A., García, T., Valle, T., & Pi, D. (2015). Inventario para el aprovechamiento de las áreas cubiertas de la vegetación de *Dyckrostachys cinerea* var. *Africana* Brenan & Brummitt (Marabú) pertenecientes al municipio "Carlos Manuel de Céspedes", provincia Camagüey. *Memorias*, 46.
- Vidal, A., García, T., Bravo, J. A., Toirac, W., Hernández, A., Delgado, M., Álvarez, Y., Batista, F., Valle, M., Padrón, R., Paredes, L., & Risco, R. (2018). *Metodología para la caracterización tecnológica e inventario de las áreas cubiertas de marabú con fines energéticos*. Certificación de Registro del Senda: 2692 - 08 - 2028.