

Estimación del carbono y nitrógeno retenidos en la biomasa maderable de *dychrostachys cinerea* var. *Africana* brenan & brummitt

Estimate of the carbon and nitrogen retained in the lumberman biomass of *dychrostachys cinerea* var. *Africana* brenan & brummitt

Autores:

¹Dr.C. Alberto Maximiliano Vidal-Corona <https://orcid.org/0000-0002-4233-6851>

²Dr.C. Wilmer Toirac-Arguelle <https://orcid.org/0000-0002-8501-3323>

³MSc. Miladys Delgado-Méndez <https://orcid.org/0009-0001-5598-4380>

Organismo: ¹ UCTB Estación Experimental Agroforestal Camagüey, Cuba, ² INAF, UCTB Habana, La Habana, Cuba, ³Universidad de Camagüey, Cuba.

E-mail: miladys.delgado@reduc.edu.cu wilmer@forestales.co.cu
alberto.vidal@inaf.cmg.minag.cu

Fecha de recibido: 6 nov. 2021

Fecha de aprobado: 12 ene. 2022

Resumen

En un área de *Dychrostachys cinerea* var. *africana* Brenan & Brummitt en Camagüey, Cuba; se levantaron 90 parcelas de 25 m², midiéndose los diámetros en la base de todos los arbustos y calculándose el diámetro medio para cada una de las tres categorías diamétricas establecidas y su correspondiente biomasa aérea verde maderable por hectárea, mediante los modelos matemáticos definidos para esta especie. Los valores alcanzados se multiplicaron por su correspondiente área efectiva, obteniéndose la biomasa aérea verde maderable total; la cual se llevó a peso seco a partir de los coeficientes previamente determinados en el laboratorio. Los valores obtenidos se multiplicaron por los coeficientes de retención de carbono y nitrógeno reportados para la especie, obteniéndose finalmente un nivel total de carbono y nitrógeno, retenidos en la biomasa aérea seca maderable de marabú, de 247 636,53 y 2 267,19 toneladas, respectivamente y medio por hectárea de 21,77 y 0,2 toneladas.

Palabras claves: biomasa por hectárea, carbono y nitrógeno retenidos, área efectiva

Abstract

Into an area covered with *Dychrostachys cinerea* var. *African* Brenan & Brummitt from Camagüey, Cuba; 90 parcels of 25 m² were settled down. The diameters were measured in the base of all bushes and the half diameter was calculated for each of the three diameters categories established, as well as its corresponding air green lumberman biomass for hectare, by means of the defined mathematical models. The reached values multiplied for their corresponding effective area, being obtained the lumberman air green total biomass; converted to dry weight starting from the coefficients previously determined in the laboratory. The obtained values multiplied for the coefficients of retention of carbon and nitrogen, reported for the species, being obtained finally, as total level of carbon and nitrogen retained in the air dry lumberman biomass of marabou, values of 247 636,53 and 2 267,19 tons, respectively and half for hectare of 21,77 and 0,2 tons.

Keywords: biomass per hectare, retained carbon and nitrogen, effective area

Introducción

Internacionalmente se reconoce que el clima global se verá alterado significativamente en el presente siglo como resultado del aumento de las concentraciones de los Gases de Efecto de Invernadero (GEI), tales como dióxido de carbono (CO_2), metano (CH_4), óxidos nitrosos (NO_x) y clorofluorocarbonos (CFC's) (Ordóñez y Mesera, 2001), siendo el CO_2 uno de los elementos más importantes a tener en cuenta en este proceso, el cual es generado por la actividad humana cuando se utilizan combustibles fósiles para la generación de energía y para satisfacer otras demandas requeridas por la sociedad. Los procesos de deforestación y cambios de uso del suelo también se suman a este efecto. La concentración de GEI por causas naturales en la atmósfera ha provocado el fenómeno de efecto invernadero, cuando este aumento ha sido reforzado por las emisiones antrópicas, ha generado cambios en las escalas climáticas de la tierra (IPCC, 2003 y 2007).

Según IPCC (2013), en los últimos 800 000 años, las concentraciones atmosféricas de dióxido de carbono (CO_2), metano (CH_4) y óxido nitroso (N_2O) han aumentado a niveles sin precedentes. Las concentraciones de dióxido de carbono han aumentado en un 40% desde la era preindustrial debido, en primer lugar, a las emisiones derivadas de los combustibles fósiles y, en segundo lugar, a las emisiones netas derivadas del cambio de uso del suelo.

Durante el período de 1951 a 2010, los gases de efecto invernadero han contribuido al calentamiento medio global en superficie en un rango de $0,5^\circ\text{C}$ a $1,3^\circ\text{C}$.

Las concentraciones atmosféricas de los gases de efecto invernadero, a saber, el dióxido de carbono (CO_2), el metano (CH_4) y el óxido nitroso (N_2O), han aumentado desde 1750 debido a la actividad humana. En 2011, las concentraciones de estos gases de efecto invernadero eran de 391 ppm, 1 803 ppmm y 324 ppmm, respectivamente, valores que excedían los niveles preindustriales en aproximadamente el 40%, el 150% y el 20%, respectivamente.

Por los motivos expuestos anteriormente, es tan importante conocer en los inventarios de aprovechamiento los niveles de retención de carbono por parte del bosque, plantaciones forestales, matorrales, etc., a partir del CO_2 removido de la atmósfera, para la toma de decisiones que conduzcan a la disminución de su concentración.

También conocer el contenido de nitrógeno en la corteza es importante para los cálculos de las emisiones de NO y N_2O cuando se producen incendios forestales, debido a que este elemento se encuentra en la madera y corteza y las plantas lo absorben del suelo.

La experiencia práctica acumulada en las evaluaciones forestales desarrolladas a nivel nacional en Cuba, cualquiera que haya sido su objetivo, sugiere que un aproximado entre 90 y 100 parcelas que cubran las variaciones del sitio y el desarrollo histórico del rodal, puede ser suficiente en un determinado tipo de bosque o plantación, a menos que haya evidencia de diferentes patrones de crecimiento en una parte de la zona en estudio, siendo más importante lograr una cantidad adecuada de parcelas de muestreo que acometer una intensidad de muestreo premeditada, cualquiera que sea la variabilidad de la masa boscosa (Montalvo, *et al.*, 2015).

En el caso específico del pronóstico de la biomasa aérea de marabú, las dificultades enfrentadas son mayores, si las comparamos con un inventario forestal de cualquier índole, debido a que resulta muy difícil el levantamiento y la captación de datos en las Parcelas de Muestreo Temporal definidas, cualquiera que sea su número y tamaño, por la incidencia sobre el tasador del rocío en las primeras horas de la mañana y del sol en el resto del día, riesgoso, por las espinas que cubren su tallo y ramas y por las plagas de insectos y presencia de especies urticantes que habitan en esta vegetación, e incómodo, por la posición difícil en que éste desarrolla la medición del diámetro en la base del tallo dentro de las parcelas durante toda la jornada laboral, debido a que su biomasa aérea verde total y por componentes solo se correlaciona con esta variable dasométrica (Bravo, *et al.* 2015; Bravo *et al.* 2015 *b* y Vidal *et al.* 2015).

Otro elemento a tener en cuenta es este tipo de inventario, es que la precisión de un modelo ajustado a datos captados a partir de Parcelas de Muestreo Temporal dependerá de la localización de las parcelas a establecer, de las características del sitio, así como de las covarianzas de las diferentes variables predictoras (independientes) y de los coeficientes en el modelo ajustado empleado (Toirac, 2014).

El objetivo del presente estudio consistió en la estimación del carbono y nitrógeno retenidos en la madera seca de marabú (Fuste + ramas), en áreas cubiertas por esta especie en el municipio “Carlos Manuel de Céspedes”, provincia de Camagüey, Cuba, a partir de ecuaciones definidas específicamente para esta especie.

Materiales y métodos

Características del área de estudio: El área objeto de estudio se encuentra en los 21⁰ 34´ de latitud norte y los 78⁰ 17´ de longitud oeste. Su relieve es generalmente llano, se caracteriza por llanuras calizas y planicies de rocas serpentinosas e ígneas, en las que predominan los suelos pardos carbonatados. Las temperaturas máximas alcanzan los 30,6⁰c y la mínima 20,5⁰ Celsius. Las precipitaciones oscilan entre 1460 a 1201 mm. (Vidal *et al.*, 2015 b).

Colecta de datos: Para el levantamiento de las Parcelas Temporales de Muestreo se empleó el mapa del área total efectiva cubierta de marabú del Municipio “Carlos Manuel de Céspedes” en función de sus categorías diamétricas, a escala 1: 25 000 (**Figura 1**), reportado por Vidal *et al.*, 2015 b, obra citada).

Tamaño de la muestra, su distribución y método de muestreo: Se levantaron 90 parcelas temporales de muestreo de forma cuadrada y de dimensión 5 por 5 (25 m²), a una distancia entre ellas entre 30 y 40 m, las que se distribuyeron por categorías diamétricas, según criterios de Vidal *et al.*, (2018); las que fueron asentadas en el mapa (**Figura 1**), para facilitar el trabajo del tasador. Se establecieron 20 parcelas para Marabú Fino (en 4 puntos), 40 para Marabú Medio (8 puntos) y 30 para Marabú Grueso (3 puntos); tomándose los diámetros en la base de todos los arbustos y calculando el diámetro medio para cada una de las categorías establecidas, a partir de la fórmula:

$$\bar{d} = \sum_{i=1}^n \frac{d_i}{n} ; \text{ Donde: } d_i : \text{ diámetro de cada árbol}$$

\bar{d} : diámetro medio
 n : número de observaciones

Cálculo de la biomasa aérea verde maderable de marabú con corteza por ha (Fuste + ramas): A partir de los diámetros medios y los modelos matemáticos elaborados por Bravo *et al.* (2015) y Vidal *et al.* (2015), se determinó la biomasa aérea (Fuste + ramas) verde maderable con corteza por hectárea, por categorías de marabú y total:

$\ln BFV = 1,7347 + 0,8661 * \ln d_{base}$ y $\ln BRV = 1,2814 + 1,6458 * \ln d_{base}$; donde: BFV y BRM: Biomasa aérea verde maderable con corteza de fuste y rama por ha, y d_{base} : Diámetro medio de los arbustos y 1,7347; 0,8661; 1,2814 y 1,6458: coeficientes ajustados de los modelos.

Cálculo de la biomasa aérea verde maderable con corteza por categorías de marabú y total (Fuste + ramas): Los valores obtenidos anteriormente se multiplicaron por su correspondiente área efectiva, obteniéndose la biomasa aérea verde maderable por categorías de marabú y total.

Cálculo del peso seco de la biomasa aérea maderable de marabú: Se determinó en el laboratorio del Instituto de Investigaciones Agro-Forestales, a partir del contenido de humedad en muestras representativas tomadas al azar y secadas en estufas a 105°C, hasta llevarlas a peso constante, por la fórmula: $BM = (PV/PS)$; donde PV: Peso verde de la biomasa maderable de marabú (Fuste y ramas) con corteza y PS: Peso seco de la biomasa maderable de marabú (Fuste y ramas) con corteza.

Cálculo de la retención de Carbono y Nitrógeno retenido en la madera seca de marabú (Fuste + ramas) con corteza:

1.- Primero, se tomó como base de estudio para el cálculo de la retención de Carbono y Nitrógeno retenido en la madera seca de marabú, las ecuaciones empleadas por Díaz *et al.* (2007) en plantaciones de *Pinus patula*; Avendaño *et al.*, (2009) en bosques naturales de *Abies religiosa* y Toirac (2015) en plantaciones de *Pinus maestrensis*:

$CRM = BM * C_{cm}$ y $NRM = BM * C_{nm}$; donde **CRM** y **NRM**: Carbono y Nitrógeno retenidos en la madera seca, en ton., y **C_{cm}** y **C_{nm}**: Coeficientes medios de Carbono y Nitrógeno presentes en la madera seca de marabú (33,86 % y 0,31 % respectivamente), determinados por Habana Energy (2010), citados por Vidal (2018).

2.- A continuación, se elaboraron ecuaciones específicamente aplicables para el cálculo de la retención de Carbono y Nitrógeno en la biomasa aérea maderable total de marabú con corteza, por categorías y por hectárea, teniendo en cuenta los resultados e indicaciones metodológicas obtenidas y expuestas por Vidal *et al.*, (2018) para esta especie.

a) Retención de Carbono y Nitrógeno en la biomasa aérea total de marabú con corteza, por categorías de marabú:

$CRM = BAVM * AEM * 0,73 * C_{cm}$ y $NRM = BAVM * AEM * 0,73 * C_{nm}$; donde **CRM** y **NRM**: Carbono y Nitrógeno total retenidos en la madera seca de marabú (Fuste + ramas)

con corteza, en ton., respectivamente, por categorías de marabú; **BAVM**: Biomasa aérea verde maderable de marabú con corteza por ha, por categorías de marabú (Fuste + ramas), en ton. , obtenida a partir del diámetro medio en la base y las correspondientes tablas de biomasa de ramas y fuste con corteza, citadas; **AEM**: Área efectiva total cubierta de marabú en ha, por categorías de marabú; **0,73**: coeficiente para la conversión de la biomasa aérea verde maderable de marabú con corteza a seca; **Ccm** y **Cnm**: Coeficientes medios de carbono y nitrógeno presentes en la biomasa seca maderable de marabú

b) Retención de Carbono y Nitrógeno en la biomasa aérea de marabú con corteza por hectárea, por categoría de marabú:

$$CRM/ha = BAVM * 0,73 * Ccm \text{ y } NRM/ha = BAVM * 0,73 * Cnm;$$

3.- Validación de las ecuaciones definidas anteriormente, en el inventario de marabú desarrollado en el municipio “Carlos Manuel de Céspedes”, provincia Camagüey (Vidal *et al.*, 2015 b).

Resultados y discusión

El área total que ocupa el municipio “Carlos Manuel de Céspedes” es de 66434,18 ha y el área efectiva cubierta de marabú de 15662,14 ha, lo que representa un 23,58 % del área cubierta por esta vegetación (20063,09 ha); de la cual 2735,86 ha están ocupadas por la red hidrográfica, 115,96 ha por la red vial y 1549,13 ha por calveros (Vidal *et al.*, 2015 b)

En el área de estudio, el Marabú Fino ocupa un área efectiva de 59,77 ha, el Marabú Medio de 13911,56 ha y el Marabú Grueso de 1690,81 ha; para un área efectiva total de 15 662,14 ha (**figura 1**); según Vidal *et al.* (2015 b y 2018).

La correcta distribución en el área de estudio de las 90 parcelas temporales de muestreo, por categorías diamétricas y en los puntos de mayor concentración y características edafoclimáticas distintas, garantizó cubrir todas las variaciones del sitio y con ello garantizar la calidad general del inventario, aspectos tomados en cuenta también por otros autores en el desarrollo de pronósticos de biomasa forestal en el país (Montalvo, *et al.*, 2015).

El diámetro medio en la base estimado para las categorías de: Marabú Fino, Marabú Medio y Marabú Grueso, resultó de: 2,36 cm; 3,72 cm y 9,58 cm, respectivamente; equivalente a una biomasa aérea verde maderable (Fuste + Ramas) con corteza por ha de: 26,72; 48,98 y 188,59 toneladas, cifras que multiplicadas por el área efectiva correspondiente a cada categoría de marabú arrojan una biomasa aérea verde maderable (Fuste + Ramas) con corteza total de: 1597,05; 681388,21 y 318869,86 toneladas verdes, por categorías respectivamente y total de 1 001 815,12 toneladas verdes; las cuales llevadas a peso seco a partir del coeficiente obtenido en el laboratorio (0,73), se convierten en: 1165,84; 497413,39 y 232 774,99 toneladas secas por categorías respectivamente y total de 731 354,22 toneladas secas.

Multiplicando los valores obtenidos anteriormente por los valores de los coeficientes medios de carbono y nitrógeno presentes en la biomasa maderable seca de marabú, se alcanza una retención de carbono en la biomasa aérea seca total de marabú por categorías de: 394,75; 168424,17 y 78817,61 toneladas secas, respectivamente y total de

247636,53 toneladas y en el caso del nitrógeno de 3,61; 1541,98 y 721,60 toneladas secas, respectivamente y total de 2267,19 toneladas.

Y multiplicando la biomasa aérea verde maderable de marabú con corteza por hectárea y por categorías de marabú, obtenidas a partir del diámetro medio en la base estimada para las tres categorías de marabú establecidas y de las tablas de biomasa aportadas por Bravo *et al.*, (2015) y Vidal *et al.*, (2015), por el coeficiente para la conversión de la biomasa aérea verde maderable de marabú con corteza a seca (0,73), se llevó esta biomasa a peso seco. Los resultados obtenidos se multiplicaron por los coeficientes medios de carbono y nitrógeno empleados, alcanzándose una retención de carbono 6,60; 12,10 y 46,61 toneladas por hectárea y categorías de marabú, respectivamente y una retención de nitrógeno de 0,06; 0,11 y 0,43; equivalentes a una retención media por hectárea de carbono y nitrógeno de 21,77 y 0,2 toneladas.

En la **Tabla No.1** se resume “paso a paso” todo el cálculo de la retención de carbono y nitrógeno efectuado en la biomasa maderable de marabú con corteza.

Conclusiones

Las ecuaciones aportadas en esta investigación se ajustan específicamente a la especie objeto del estudio para la estimación del carbono y nitrógeno retenidos en la biomasa maderable de marabú con corteza por hectárea y total, por categorías de marabú.

El conocimiento del nivel de carbono retenido en la biomasa maderable de marabú definidos en el presente estudio, permite valorar las especies energéticas a plantar en sustitución del marabú, las cuales deben compensar el carbono que se pierde con su aprovechamiento.

Recomendaciones

Se recomienda extender este estudio a todos los municipios del país destinados al aprovechamiento de la biomasa de marabú para su conversión en energía eléctrica.

Referencias bibliográficas

- Avendaño, D. Ma.; Acosta, M.; Carrillo, F. y Etchevers, J. D. (2009). Estimaciones de biomasa y carbono en *bosques de Abies religiosa*. Revista Fitotecnia Mexicana 32 (3): pp. 233 – 234 [en línea]. Disponible en: www.revistasinifap.org.mx/indexPhp/.../197 [Consulta 30 de agosto 2012]. PDF
- Bravo, J.A.; Vidal, A.; Hernández, A.; Toirac, W. y Peña, Y. (2015). “Estimación de la biomasa verde de rama de la vegetación de *Dyckrostachys cinerea* var. *africana* Brenan & Brummitt (Marabú)”. Memorias de la Jornada científica 45 Aniversario de la fundación de la Estación de Guisa. ISBN: 978-959-7215-22-6, Granma, Cuba. 22 p.
- Bravo, J.A.; Vidal, A.; Hernández, A.; Toirac, W. y Peña, Y. (2015 b). “Estimación de la biomasa aérea verde total de la vegetación de *Dyckrostachys cinerea* var. *africana* Brenan & Brummitt (Marabú)”. Memorias de la Jornada científica 45 Aniversario de la fundación de la Estación de Guisa. ISBN: 978-959-7215-22-6, Granma, Cuba. 21 p.
- Díaz, R.; Acosta, M.; Carrillo, F.; Buendía, E.; Flores, E.; Etchevers. J. D. (2007). Determinación de ecuaciones alométricas para estimar biomasa y carbono en *Pinus patula* Schl. et Cham. Madera y Bosque 13 (1), 2007: 25-34 [en línea]

Disponible en <http://redalyc.uaemex.mx/pdf/617/61713103.pdf> [Consulta 2 de septiembre 2012] PFD

IPCC (2003). Good practice guidance for land use, land-use change and forestry. [en línea]. Disponible en: <http://www.ipcc-nggip-iges.or.jp> [Consulta 6 de septiembre 2012]. PDF

IPCC (2007). Resumen Técnico. En Cambio Climático. 2007. Mitigación. Contribución del Panel Intergubernamental de Expertos sobre Cambio Climático. Cambridge University Press, Cambridge, UK y NK.

IPCC (2013). Resumen para responsables de políticas. En: Cambio Climático 2013: Bases físicas. Contribución del Grupo de trabajo I al Quinto Informe de Evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático [Stocker, T. F., D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S. K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex y P.M. Midgley (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, Reino Unido y Nueva York, NY, Estados Unidos de América. 34p.

Montalvo, J. M.; J. Bravo; A. Casanova y T. Suárez (2015). “Código de Parcelas de Muestreo Permanente”. Instructivo Técnico. Instituto de Investigaciones Agro-Forestales, La Habana, Cuba: 42 pp.

Ordóñez, D.; Mesera, O. (2001). Captura de carbono ante el cambio climático. Madera y Bosques. 7 (1): pp. 3-12.

Toirac, W. 2014. Estimación de la biomasa aérea total, carbono y nitrógeno retenido en plantaciones de *Pinus maestrensis* Bisse en la provincia de Granma. Tesis presentada en opción al grado científico de Doctor en ciencias Forestales. Pinar del Río. 94 p.

Toirac, W.; Vidal, A.; Bravo, J. A.; Barrero, H. y Ajete A. (2015) Estimación del nitrógeno retenido en el fuste de las plantaciones de *Pinus maestrensis* Bisse en la provincia Granma, Cuba. Revista Cubana de Ciencias Forestales, Vol. 3, (1). 8 p.

Vidal, A.; Bravo, J. A.; Hernández, A.; Toirac, W.; Peña, Y; Valle, M. y Pi, D. (2015). “Estimación de la biomasa verde de fuste de la vegetación de *Dyckstrochys cinerea* var. *africana* Brenan & Brummitt (Marabú)”. Memorias de la Jornada científica 45 Aniversario de la fundación de la Estación de Guisa. ISBN: 978-959-7215-22-6, Granma, Cuba: 22 pp

Vidal, A.; Bravo, J. A.; Hernández, A.; García, T.; Valle, M.; y Pi, D. (2015 b). “Inventario para el aprovechamiento de las áreas cubiertas de la vegetación de *Dyckstrochys cinerea* var. *africana* Brenan & Brummitt (Marabú) pertenecientes al municipio “Carlos Manuel de Céspedes”, provincia Camagüey”. Memorias de la Jornada científica 45 Aniversario de la fundación de la Estación de Guisa. ISBN: 978-959-7215-22-6, Granma, Cuba: 46 p.

Vidal A.; García, T.; Bravo, J. A; Toirac, W.; Hernández, A.; Delgado, M.; Álvarez, Y.; Batista F.; Valles, M.; Padrón, R.; Paredes, L. y Risco, R. (2018) Metodología para la caracterización tecnológica e inventario de las áreas cubiertas de marabú con fines energéticos. 100 p. (Certificación de Registro del Senda: 2692 – 08 - 2028

