

Estimación del potencial de biomasa para *Pinus cubensis* Griseb en la Empresa Agroforestal Sierra Cristal.

Estimation of the biomass potential for *Pinus cubensis* Griseb in Sierra Cristal Agroforestry Company.

Autores: Yoilan La O-Mundy¹, Yordan Lores-Pérez², Adonis Martínez-Nieves¹, Dr.C Adrián Montoya-Ramos², Dr.C Pedro Posos-Ponce³.

Organismo: ¹Empresa Agroforestal Integral "Sierra Cristal". II Frente Oriental. Santiago de Cuba, ²Facultad Agroforestal, Universidad de Guantánamo-Cuba. ³Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias. Universidad de Guadalajara, Camino Ing. Ramón Padilla Sánchez, 2100, Predio Las Agujas, Zapopan, Jalisco, México.

E-mail: montoya@cug.co.cu

Resumen.

El trabajo investigativo se desarrolló en la Empresa Agroforestal "Sierra Cristal" del municipio Segundo Frente, provincia Santiago de Cuba, con el objetivo de estimar el potencial de la biomasa mediante métodos tradicionales y funciones alométricas para el *Pinus cubensis* Griseb. Para ello se determinó el tamaño de la muestra y la intensidad de muestreo, el total de biomasa de los lotes y sus rodales y la biomasa restante luego del aprovechamiento. También fue posible determinar la cantidad de aceites esenciales y de medicamentos Tinturas de pino que se obtienen a partir del follaje verde y seco, la cantidad de biocombustible y de carbón vegetal que se puede obtener desde la biomasa de la ramas que quedan luego de haberse realizado el aprovechamiento, así como la valoración económica de estos productos tanto en CUC como en CUP para cada caso.

Palabras clave: biomasa, métodos tradicionales, funciones alométricas, aprovechamiento, valoración económica.

Abstract.

The research was carried out in "Sierra Cristal" Agro-forestry Company from Segundo Frente municipality, Santiago de Cuba province, with the objective of estimating the potential of the biomass by means of traditional methods and allometric functions for the *Pinus cubensis* Griseb. To achieve this, the sample size and sampling intensity, the total biomass of the lots and their stands and the remaining biomass after harvesting were determined. It was also possible to determine the amount of essential oils and medicines that can be obtained from the biomass of the branches after the exploitation, as well as the economic valuation of these products in both CUC and CUP for each case.

Key words: biomass, traditional methods, allometric functions, exploitation, economic valuation.

Introducción.

La humanidad atraviesa un momento decisivo en su desarrollo. Nunca antes los ecosistemas del planeta se han visto tan afectados por la presencia humana; vastas áreas de los bosques del mundo que han servido de sustento para la sobrevivencia y progreso de la humanidad han sido gravemente degradados, donde se vislumbra que los recursos naturales no son infinitos y que su utilización juiciosa y sostenible es necesaria para la supervivencia (FAO, 2002).

Los bosques constituyen una de las riquezas renovables más valiosas que pueblan la biosfera; su valor radica en los beneficios que rinden constantemente cuando se les protege eficazmente contra todos los agentes adversos que de una forma u otra contribuyen a su degradación. Estos son de gran importancia para el hombre no solo por la vital función que juegan en la naturaleza sino también por la gran cantidad de productos que ofrecen. La madera es sin dudas el principal recurso de esta preciada fuente natural, sin embargo existen otros productos del bosque también muy importantes, dentro de los que se encuentran la miel, las gomas arábicas, el ratán, el corcho, los aceites esenciales, partes de animales o plantas para la elaboración de productos farmacéuticos y el látex, entre otros (Vantome, 1999).

La formación de pinar ocupa alrededor del 10% del área boscosa del país y se encuentra sobre suelos muy pobres y generalmente ácidos, donde no pueden crecer otros tipos de bosques. Los pinos en general se distribuyen en la zona subtropical y templada del hemisferio norte del planeta. En Cuba su existencia está condicionada principalmente por factores edáficos, sobre todo por la pobreza de los suelos, en los que las especies latifolias no representan una competencia para la existencia de los pinos cuya necesidad de luz los hace excluyente de otras especies (Del Risco y Reyes, 2001; Toirac, 2014).

La biomasa agrícola y forestal supone un potencial económico importante especialmente en las zonas tropicales y subtropicales, dado que en ellas se dan las condiciones más idóneas para el desarrollo de los vegetales.

La necesidad de efectuar una estimación adecuada de los potenciales existentes en pie de los conocidos Productos Forestales No Maderables (PFNM) que permita efectuar su planificación y aprovechamiento eficientes, se manifiesta cada vez más evidente si se tiene en cuenta que, especialmente en su contexto local, suelen ser considerablemente más valiosos que la madera obtenida del bosque (Becker, 1992).

El aprovechamiento energético de la biomasa no debe entenderse como una actividad aislada del resto de producciones forestales, sino como condicionado por la realidad forestal en la que se inserta (Blanco, *et al*; 2013).

La literatura cuenta con numerosos estudios relacionados con la biomasa y su utilización con fines energéticos. Li, Zhou y Wang (2017) consideran el potencial de las biomásas municipales para ser aplicado como fuente de energía. El trabajo de Vavrova et al., (2017) presenta la metodología y el estudio de casos para las condiciones de la República Checa, en el que se usó BICOM (biomass competitiveness model 1) para evaluar la competitividad económica de la utilización de la biomasa.

La información sobre la cantidad de biomasa arbórea también constituye una valiosa herramienta para la gestión silvícola por su relación con la propagación de plagas, incendios y conservación de suelos (Merino *et al.*, 2003).

Históricamente la biomasa forestal y los residuos de los cultivos agrícolas, han sido extensamente utilizados para la producción de calor (como combustible para hogares residenciales, panaderos, herreros). Durante el siglo XX, la biomasa ha sido fuente de materias primas para la industria química a partir de la destilación de la madera. La biomasa también es un componente importante para la construcción, y es un material de elevado interés económico para la industria de muebles (Martínez, 2009, Toirac 2014).

Por ello, el objetivo de este trabajo ha sido estimar el potencial de la biomasa mediante métodos tradicionales y funciones alométricas para el *Pinus cubensis* Griseb en la Empresa Agroforestal “Sierra Cristal” del municipio Segundo Frente, provincia Santiago de Cuba.

Materiales y métodos.

Características generales del territorio de la Empresa Agroforestal Sierra Cristal. Segundo Frente

La Empresa Agropecuaria y Forestal Sierra Cristal se encuentra situada en la porción noroeste del municipio Segundo Frente, con una extensión territorial de 19795.94ha, que representa el 34,8% del área total del municipio.

La Dirección Administrativa está ubicada en el Consejo Popular de Mayarí, Reparto Aeropuerto. Limita al norte con la provincia Holguín, municipio Frank País y Mayarí Abajo (E.F.I. Mayarí), al sur con el municipio Songo – La Maya, al este con Sagua de Tánamo y el Salvador, de Guantánamo y al oeste con el municipio San Luis de la provincia de Santiago de Cuba figura 1.

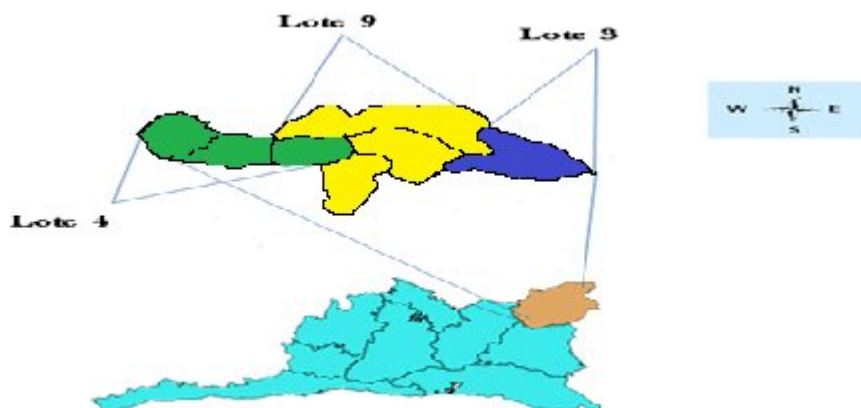


Figura 1. Ubicación del área de trabajo

Medición de la biomasa aérea.

Para la cuantificación de la biomasa de follaje y ramas de *Pinus cubensis* Griseb se utilizó la tabla de biomasa aérea para la especie obtenidas por Vidal *et al.*, (2011). La misma funciona a partir de la utilización del diámetro normal (d1.30) y en ella se expresan la clase diamétrica expresada en cm, el follaje verde, los valores de follaje seco, las ramas verdes y los valores de las ramas secas, todos ellos expresados en Kg.

CD	Follaje Verde (Kg)	Follaje Seco (Kg)	Ramas Verdes (Kg)	Ramas Secas (Kg)
4	1,87	1,21	1,19	0,86
5	2,47	1,61	1,69	1,21
6	3,13	2,04	2,31	1,66
7	3,84	2,49	3,06	2,20
8	4,58	2,98	3,95	2,84
9	5,37	3,49	4,97	3,58
10	6,19	4,02	6,12	4,41
11	7,05	4,58	7,42	5,34
12	7,94	5,16	8,86	6,38
13	8,86	5,76	10,43	7,51
14	9,81	6,38	12,16	8,75
15	10,79	7,01	14,03	10,10
16	11,79	7,66	16,04	11,55
17	12,82	8,33	18,21	13,11
18	13,88	9,02	20,52	14,77
19	14,96	9,72	22,98	16,55
20	16,06	10,44	25,60	18,43
21	17,19	11,17	28,37	20,42
22	18,34	11,92	31,29	22,53
23	19,51	12,68	34,36	24,74
24	20,70	13,46	37,59	27,07
25	21,91	14,24	40,98	29,51
26	23,14	15,04	44,53	32,06
27	24,40	15,86	48,23	34,73
28	25,67	16,68	52,09	37,51
29	26,96	17,52	56,11	40,40
30	28,26	18,37	60,30	43,41
31	29,59	19,23	64,64	46,54
32	30,93	20,11	69,15	49,79
33	32,29	20,99	73,81	53,15
34	33,67	21,89	78,64	56,62
35	35,06	22,79	83,64	60,22
36	36,48	23,71	88,80	63,94
37	37,90	24,64	94,12	67,77
38	39,34	25,57	99,61	71,72
39	40,80	26,52	105,27	75,80
40	42,28	27,48	111,09	79,99
41	43,76	28,45	117,09	84,30
42	45,27	29,42	123,25	88,74
43	46,79	30,41	129,57	93,29
44	48,32	31,41	136,07	97,97
45	49,87	32,41	142,74	102,77
46	51,43	33,43	149,57	107,69

Tabla 1. Biomasa verde y seca de *Pinus cubensis* Griseb.

$$\text{Log P.F.} = (-0,6334 + 1,4089 * \text{Log } d + 0,219912) (k) \quad \text{Log P.R.} = (-1,3749 + 2,1342 * \text{Log } d + 0,329129) (k)$$

Para el cálculo del pronóstico de la biomasa de copa tecnológicamente aprovechable se utilizó la metodología propuesta por Vidal *et al.* (2013).

Distancia (m)	Pendientes (%)				
	0 a 8	9 a 15	16 a 25	26 a 35	36 a 45
70	27,62	30,72	35,15	39,58	44,01
140	31,89	34,99	39,42	43,85	48,28
210	36,16	39,26	43,69	48,12	52,55
280	40,43	43,53	47,96	52,39	56,82
350	44,70	47,80	52,23	56,66	61,09
420	48,97	52,07	56,50	60,93	65,36
490	53,24	56,34	60,77	65,20	69,63
560	57,51	60,61	65,04	69,47	73,90
630	61,78	64,88	69,31	73,74	78,17
700	66,05	69,15	73,58	78,01	82,44

Tabla 2. Pérdidas de follaje verde de copa tecnológicamente aprovechable de *Pinus cubensis* Griseb.

Distancia (m)	Pendientes (%)				
	0 a 8	9 a 15	16 a 25	26 a 35	36 a 45
70	14,92	16,74	19,34	21,94	24,55
140	17,09	18,91	21,51	24,11	26,72
210	19,26	21,08	23,68	26,28	28,89
280	21,43	23,25	25,85	28,45	31,06
350	23,60	25,42	28,02	30,62	33,23
420	25,77	27,59	30,19	32,79	35,40
490	27,94	29,76	32,36	34,96	37,57
560	30,11	31,93	34,53	37,13	39,74
30	32,28	34,10	36,70	39,30	41,91
700	34,45	36,27	38,87	41,47	44,08

Tabla 3. Pérdidas de ramas verdes de copa tecnológicamente aprovechable de *Pinus cubensis* Griseb.

Resultados y discusión.

Caracterización de la biomasa aérea de la especie *Pinus cubensis* Grises en el patrimonio de la Empresa Agroforestal “Sierra Cristal”.

Los resultados preliminares del inventario arrojaron que los rodales con proyección de aprovechamiento forestal para el 2019 - 2020 en la Empresa Agroforestal “Sierra Cristal”, cuentan con 216.1 hectáreas (ha) de bosques de conífera, con un volumen total en pie de 45 628.66 metros cúbicos (m³) de madera. El cálculo de la corta principal considera 158.3ha y un volumen total en pie de 37 472.81m³ de madera, mientras que las talas por tratamientos silvícolas muestra 57.8ha con un volumen total en pie de 8 155.85m³ de madera. Los rodales, como característica general, promedian aproximadamente 350 árboles por hectárea y una distancia de acopio de alrededor 70m.

Tomando en cuenta el volumen total en pie de la corta principal existente (37 472.81) y lo expresado en el Código de Aprovechamiento de Impacto Reducido de los bosques de Cuba en el Acápite 6 que plantea “...Cuando se ejecutan los procesos tecnológicos de

aprovechamiento forestal, en cada hectárea de bosque se aprovecha una parte de su potencial productivo definido en los planes de ordenación, el cual se considera esté próximo al 54% de toda la madera, el 46%, se convierte en pérdidas y se menciona como residuos y desperdicios...”

De lo planteado anteriormente se puede inferir que aproximadamente 17 237.4926m³ de madera quedarán en el área como residuo de las cortas totales.

La biomasa de rama verde y seca es parte integral de los residuos del bosque, constituye una fuente de bioenergía renovable con la cual se podría cubrir parte de la demanda energética de los países y disminuir la presión sobre los combustibles fósiles; en tal sentido, es de gran importancia definir un modelo que permita estimar estas potencialidades presentes en las plantaciones de coníferas.

La cuantificación de la biomasa de follaje y ramas de la especie *Pinus cubensis* Griseb realizada con la tabla de biomasa aérea para la especie obtenidas por Vidal *et al* (2011), arrojó que para los rodales en estudio con promedio de aproximadamente 350 árboles por hectárea la Empresa Agroforestal “Sierra Cristal” dispone de aproximadamente 2 513 623.35 Kg de biomasa de follaje verde y de 6 120 350.25 Kg de biomasa de ramas verdes, las cuales se deben tener en cuenta en los manejos silvícolas para poder calcular el volumen de nutrientes existente en el suelo, predecir el reciclaje, sus importaciones y exportaciones (balance), diseñar la forma de acordonar los residuos en cuanto a cantidad, distribución, tipos, para lograr una equidad en la distribución de los nutrientes conociendo que aproximadamente entre 10 y 14 meses se descomponen los residuos acordonados, facilitando la planificación en el trazado de las nuevas plantaciones teniendo presente la distribución de los nutrientes o la introducción de una nueva tecnología. Resultados similares fueron obtenidos por Vidal *et al* (2011) y por Toirac (2014) a pesar de haber trabajado con otra especie -*Pinus carebaea*- en Pinar del Río. La tabla 4 presenta los resultados preliminares de los rodales con proyección de aprovechamiento forestal para el 2019 - 2020.

Lote	Rodal	Área (ha)	Edad	d1.30 (cm)	h (m)	Pendiente (%)	V/ha (m ³)	Biomasa Follaje Kg	Biomasa Rama Kg
4	5	7.5	16	22	18	12	112.1	48142.5	82136.25
	6	7.5	16	22	18	12	112.1	48142.5	82136.25
	7	20.8	22	28	24	30	209.5	186877.6	408480.8
9	2	90.9	35	40	32	20	241.9	1345138.2	3534328.35
	4	23.2	24	24	20	17	97.2	168084	305230.8
	5	7.5	18	26	22	12	112.1	60742.5	116891.25
	6	14.5	26	32	24	15	88.0	156969.75	374585.75
3	5	44.2	26	33	34	14	299.3	499526.3	1216560.8
Total		216.1						2513623.3	6120350.25

Tabla 4: Resultados preliminares de los rodales con proyección de aprovechamiento forestal para el 2019 - 2020.

Evaluación económica de las potencialidades de la biomasa aérea presente en las plantaciones de la especie *Pinus cubensis* Griseb en la Empresa Agroforestal “Sierra Cristal”.

Para dar respuesta a este epígrafe se tendrán en cuenta los totales de hectáreas, biomasa de follaje y ramas verdes expresados en la tabla 1, siendo ello imprescindible para determinar el pronóstico de la biomasa de copa tecnológicamente aprovechable.

Cálculo del peso del follaje y rama antes del aprovechamiento.

Con el valor del diámetro medio de cada uno de los rodales fue determinado a través de las tablas de biomasa diseñadas para la especie un peso de follaje verde y un peso maderable de las ramas verdes. Al multiplicar cada uno de los valores por 350 (número de árboles) se obtuvo el peso en kilogramos de follaje y ramas verde por hectárea, para cada uno de los rodales el cual se multiplicó por cada una de las hectáreas en cada caso (tabla 1).

Cálculo del pronóstico de la biomasa de copa tecnológicamente aprovechable.

Se conoce que, según la Carta Tecnológica de las áreas a talar, la distancia de acopio es de 70m y la pendiente del terreno está entre 16 y 25%.

Utilizando las tablas de pérdidas de follaje y ramas verdes de copa de esta especie se calcula el % de biomasa de copa que queda sin aprovechar en el bosque (pérdida tecnológica), para lo cual se utiliza la distancia de acopio y la pendiente del terreno:

Pérdida de follaje en pie (%) = 35,15%

Pérdida de ramas en pie (%) = 19,34%

Biomasa verde de copa aprovechable industrialmente.

La biomasa verde de copa se determinará a partir de la siguiente ecuación de Vidal *et al.*, (2013): **BAC = PCP (100 – Pérd. BC)**

Donde:

BAC = Biomasa aprovechable de copa en kg.

PCP = Biomasa de copa en pie en kg.

Pérd. BC = Pérdida tecnológica de biomasa de copa en %.

Además se dispone de:

Total de hectáreas: 216.1.

Biomasa en pie de follaje total: 2 513 623.35Kg

Biomasa en pie de ramas total: 6 120 350.25Kg

Para convertir la biomasa total en biomasa Kg/ha se divide la biomasa entre la cantidad de hectáreas.

Biomasa en pie de follaje (Kg/ha) = 11 631.8

Biomasa en pie de ramas (Kg/ha) = 28 321.8

Biomasa del follaje verde aprovechable (BAC foliar).

BAC foliar = 11 631.8 kg/ha (100 % - 35, 15 %) = 7 543.2 kg/ha

Biomasa de rama verde aprovechable (BAC ramas).

BAC ramas = 28 321.8 kg/ha (100 % - 19, 34%) = 22 844.4 kg/ha

Estos datos son similares a los obtenidos por Vidal *et al* (2013) al realizar la tabla de para el cálculo del pronóstico de biomasa de copa tecnológicamente aprovechable.

Valoración económica de la biomasa del follaje verde aprovechable.

Para la obtención de aceites esenciales.

Según Suyash Herrbs Export PVT Ltd (2013), el precio de 1kg de aceite esencial de *Pinus sylvestris* es de 32-34 dólares.

Correa *et al.* (1987) plantean que de 2kg de biomasa foliar de *Pinus cubensis* Griseb se obtienen como rendimiento 0,20% de aceites esenciales.

De 7 543.2kg/ha de BAC foliar se obtienen aproximadamente 15.0864 kg/ha de aceites esenciales.

Valor de la BAC foliar $\approx 15.1 \text{ kg/ha} * 32,00 \text{ dólares} \approx 483.2 \text{ dólares por hectárea}$.

Para la obtención del medicamento Tintura de pino.

Según la Delegación Provincial de la Agricultura de la provincia Santiago de Cuba (DPASC, 2015), el precio de 1kg de follaje seco de pino para la producción del medicamento Tintura de pino es de 11,13 CUP; para la obtención de 1kg de masa seca de follaje se necesitan 9kg de follaje verde y la demanda mensual es de 100 kg.

7 543.2kg/ha de biomasa verde = 838.1kg de biomasa seca.

Valor de la BAC foliar = $838.1\text{kg} * \$ 11,13 = \$ 9 328.424$ por cada hectárea.

Valoración económica de la biomasa de rama verde aprovechable.

Para uso como biocombustible.

Según Enersilva (2013) 3 kilogramos de biomasa forestal como promedio representan 1 litro de gasolina.

Precio de 1 litro de gasolina: 1,00 CUC según (CUPET, 2018).

De utilizarse los 22 844.4kg/ha de biomasa de rama verde aprovechable como portador energético se estarían ahorrando aproximadamente en cada hectárea que se aproveche el equivalente a 7 614.8 litros de gasolina.

Valor de la BAC ramas = $7614.8 * \$1,00 = \$ 7 614.8$

Para uso como carbón vegetal.

Según FAO (1983), seis toneladas se consumen para obtener una tonelada de carbón vegetal.

Precio de 1kg de carbón vegetal: 1 CUP (Resolución 242/09, 2009).

22 844.4 kg = 22. 8444 toneladas

22. 8444 toneladas de biomasa representan aproximadamente 3. 8074 toneladas de carbón.

Según el precio del kilogramo del carbón vegetal estas toneladas representarían (3807.4kg * \$ 1,0) 3807.4 pesos moneda nacional.

Referencias bibliográficas.

Becker, M. 1992. Economic value of no - wood products from tropical forests. IUFRO Centennial Meeting. Berlín, Alemania. 92 p.

Blanco, J., García, L., Álvarez, M.G. (2013). Condicionantes económicos del aprovechamiento de biomasa forestal con fines energéticos. Una revisión de las estimaciones para el norte de España. ESTUDIOS DE ECONOMÍA APLICADA VOL. 31 - 1 2013 PÁGS. 127 - 150 Disponible: <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/4223584.pdf>DialnetCondicionantesEconomicosDelAprovechamientoDeBiomasa-4223584. Consultado. octubre 15 de 2018.

Del Risco, E., Reyes, O. J. (2001). Los pinares de Cuba. 131 p. Inédito.

- FAO (2002). Evaluación de los recursos forestales mundiales. Informe Principal, Estudio FAO: Montes No. 140. Roma. [en línea] Disponible en: www.fao.org/forestry/site/fra2000report/sp [Consulta 7 de noviembre 2012].
- Li, Y., Zhou, L. W., Wang, R. (2017). Urban biomass and methods of estimating municipal biomass resources. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 80, 1017-1030. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.rser.2017.05.214>.
- Martínez, S. (2009). Evaluación de la biomasa como recurso energético renovable en Cataluña. Tesis Doctoral. Universitat de Girona. ISBN: 978-84-692-5161-4 [en línea]
- Merino, A., Rey, C., Brañas, J. R. (2003). Biomasa aérea y acumulación de nutrientes en plantaciones de *Pinus radiata* D. Don en Galicia. *Revista Investigación Agraria: Serie Sistemas y Recursos Forestales*. 12 (2): p 85-98.
- Vantome, P. (1999). Actividades de la FAO en relación con los productos forestales no maderables. *Actualidad Forestal Tropical*. OIMT. 7(1). p. 2-3.
- Vávrová, J., Jan, W. (2017). Short-term boosting of biomass energy sources –Determination of biomass potential for prevention of regional crisis situations. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 67, 426-436. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.rser.2016.09.015>.
- Vidal, A. M., Rodríguez, J., Benítez, J. Y., Toirac, W., Bravo, J. A., García, J. M. (2013). Manual Técnico para el pronóstico pre-tala de residuos del aprovechamiento forestal. Ministerio de la Agricultura. 21 p.
- Vidal, A., Rodríguez, J., Benítez, J. Y., Toirac, W. (2011). Compendio de tablas para la determinación de la biomasa de copa de especies forestales. 5to. Congreso Forestal de Cuba Abril/2011 [en línea] Disponible en: [http://bva.fao.cu/pub_doc/FORESTALES/Revista Espec. 2011](http://bva.fao.cu/pub_doc/FORESTALES/Revista_Espec.2011) [Consulta 1 de octubre 2012]. PDF.
- Toirac, W. (2014). Estimación de la biomasa aérea total, carbono y nitrógeno retenido en plantaciones de *Pinus maestrensis* Bisse en la provincia Granma.

Fecha de recibido: 17 enero 2019

Fecha de aprobado: 22 marzo 2019