Cuantificación de las potencialidades de la biomasa de follaje y ramas de *Pinus cubensis*. Sarg. ex Griseb en la Empresa Agroforestal Baracoa

M. Viquillón-Grecesqui[1*], W. Toirac-Arguelle[2], A. Ajete-Hernández[2], Y. Rodríguez-Matos[3], H. Barrero-Medel[4] y Y. Aguilera-Torres[5]

[1] *1Empresa Agropecuária Baracoa, Guantánamo. Reparto Bohorque, # 126.*
[2] *Instituto de Investigaciones Agro-Forestales. UCTB Baracoa. Paso de Cuba. Baracoa, Guantánamo, Cuba.*
[3] *Universidad de Guantánamo. Facultad Agroforestal.*
[4] *4Universidad de Pinar del Río. Facultad de Ciencias Forestales y Agropecuarias.*
[5] *Universidad Estatal Amazónica, Ecuador.*

Quantification of foliage biomass and branches potentialities of Pinus cubensis. *Sarg. ex Griseb in the Agroforestal Enterprise Baracoa*

Abstract

This paper had as objective to quantify the potentialities of foliage biomass and branches of *Pinus cubensis*. Sarg. ex Griseb of three Units Silvícolas (US) Combate de Sabanilla, Baracoa and Cayo Güin belonging to the Agroforestal Enterprise Baracoa. For that which is carried out a sampling at random 114 stand of the US Combate de Sabanilla, 64 of the US Baracoa and 46 of the US Cayo Güin, in stand took the weight of the dry and green branches, of the dry and green foliage of trees depressed resultants of the forest use. It was obtained this way as results the existence of potentialities of biomass of green foliage, biomass of dry foliage, branch dries off and green branches as a forest product in the three units existent silvícolas in the Company Agroforestal Baracoa, as well as they are significant statistical difference among this types of biomass among the unidades silvícolas Cayo Güin and Combate de Sabanilla, being in this last Unidad Silvícola the one that presents the biggest potentialities of three.

Key words: Forest biomass, quantification, plantations, *Pinus cubensis*. Sarg. ex Griseb.

Resumen

Este trabajo tuvo como objetivo cuantificar las potencialidades de biomasa de follaje y ramas de *Pinus cubensis*. Sarg. ex Griseb de tres Unidades Silvícolas (US) pertenecientes a la Empresa Agroforestal Baracoa. Para lo cual se realiza un muestreo al azar 114 rodales de la US Combate de Sabanilla, 64 de la US Baracoa y 46 de la US Cayo Güin, en los cuales se tomaron el peso de las ramas secas y verdes, así como del follaje seco y verde de árboles abatidos resultantes del aprovechamiento forestal. Así se obtuvo como resultados la existencia de potencialidades de biomasa de follaje verde, biomasa de follaje seco, rama secas y ramas verdes como un producto forestal en las tres unidades silvícolas existentes en la Empresa Agroforestal Baracoa, así como se encuentran diferencia estadística significativas entre este tipos de biomasa entre las unidades silvícolas Cayo Güin y Combate de Sabanilla, siendo en esta última Unidad Silvícola la que de las tres presenta las mayores potencialidades.

Palabras clave: biomasa forestal, cuantificación, plantaciones, *Pinus cubensis*. Sarg. ex Griseb.

*Autores de correspondencia
Email: hbarrero@upr.edu.cu

Introducción

La biomasa suele definirse como: "cantidad total de materia viva presente en un sistema biológico o capacidad de los ecosistemas para acumular materia orgánica, también la definen como total de materia orgánica sobre el suelo de los árboles; materia orgánica seca o energía contenida en un organismo viviente; masa total de organismos vivos; fracción biodegradable de los productos, los desechos y los residuos de la agricultura de la silvicultura y de la industria,". La estimación de la biomasa y su conocimiento constituye una herramienta silvícola, mediante la cual se pueden caracterizar los productos forestales no maderables o predecir la producción de madera, las intervenciones silvícolas a corto, mediano y largo plazo y la cantidad de carbono retenido, fijado o liberado a la atmósfera por especies, unidad de superficie o área.

En los últimos tiempos la necesidad de la estimación racional e integral de toda la biomasa forestal aprovechable, así como la predicción de los incrementos potenciales de la misma, se han convertido en un importante aspecto a tener en cuenta dada la enorme cantidad de alternativas de su uso, tanto dentro de la planificación productiva como de sus posibilidades de desarrollo científico técnico (Toirac, 2014).

El objetivo de este trabajo fue cuantificar la potencialidades de la biomasa de follaje y ramas existentes de *Pinus cubensis*. Sarg. ex Griseb en la Empresa Agroforestal Baracoa.

Plantenadose como hipotesis: Existen potencialidades de biomasa de follaje y ramas de cubensis para su utilización en la industria forestal de la Empresa Agroforestal Baracoa.

Materiales y métodos

El estudio se desarrolló en los bosques plantados de *Pinus cubensis*. Sarg. ex Griseb de la Empresa Agroforestal Baracoa, en las Unidades Silvícolas de Cayo Güin, Baracoa y Combate de Sabanilla en el periodo de aprovechamiento concebido por el método de tala de 1ra edad para la ordenación para al especie en el año 2015.

Según Rodríguez *et al*. (2009), la empresa está ubicada en la parte norte del extremo más oriental de la provincia de Guantánamo, entre los 74º 29' 19" Longitud oeste y los 20º 19' 55" Latitud norte, limita al norte con el Océano Atlántico; al sur con la Empresa Agropecuaria Imías; al este con la Empresa Municipal Agropecuaria (EMA) Maisí y al oeste con el Parque Nacional "Alejandro de Humboldt". El manejo del patrimonio de la empresa es realizado a partir de la subdivisión de todo el territorio en cuatro unidades silvícolas: Cayo Güín, Los Cedrones, Baracoa y Combate de Sabanilla (figura 1).

Un 95 % de la superficie de la empresa es montañosa, con pendientes mayores de 15 %. Las alturas oscilan entre la cota cero y los 700 msnm, encontrándose las menores de 100 msnm en la franja costera. Existe una amplia cobertura de suelos que se clasifican según su génesis en nueve grupos genéticos: Ferrítico Rojo, Ferralítico Rojo, Ferralítico Amarillento, Fersialítico Rojo Parduzco, Fersialítico Pardo Rojizo, Pardo con Carbonato, Pardo sin Carbonato, Aluvial y Esquelético (Rodríguez *et al*. 2009).

Las tres unidades silvícolas cuentan con un patrimonio forestal de 12 750.9 Baracoa de las cuales 481.1 ha son de plantaciones establecidas, 6 172.2 ha en Cayo Güin de estas 142.7 ha son de plantaciones establecidas y 7 212.8 ha de Combate de Sabanilla de la cuales 1 092.3 ha son de plantaciones establecidas (Rodríguez *et al*. 2009).

Para la cuantificación de la biomasa de follaje y ramas de *Pinus cubensis*. Sarg. ex Griseb, se utilizaron las tablas de biomasa aérea para la especie obtenidas por Vidal *et al* (2011).

Análisis estadísticos

Se realiza un muestreo al azar 114 rodales de la US Combate de Sabanilla, 64 de la US Baracoa y 46 de la US Cayo Güin pertenecientes a la Empresa Agropecuaria Baracoa, en los cuales se tomaron el peso de las ramas secas y verdes, así como del follaje seco y verde de árboles abatidos resultantes del aprovechamiento forestal.

Se realiza el análisis de normalidad de los datos a partir del cual se definen pruebas paramétricas y no paramétricas de comparación para las variables biomasa de follaje verde, biomasa de follaje seco, rama secas y ramas verdes ara la variable factor Unidad silvícola con tres categorías, para el caso de las paramétricas se tuvo en cuenta el ANOVA de un factor y para las no paramétricas la prueba K para muestras in dependientes de Kruskal Wallis y para dos muestras independientes U de Mann-Whitney.

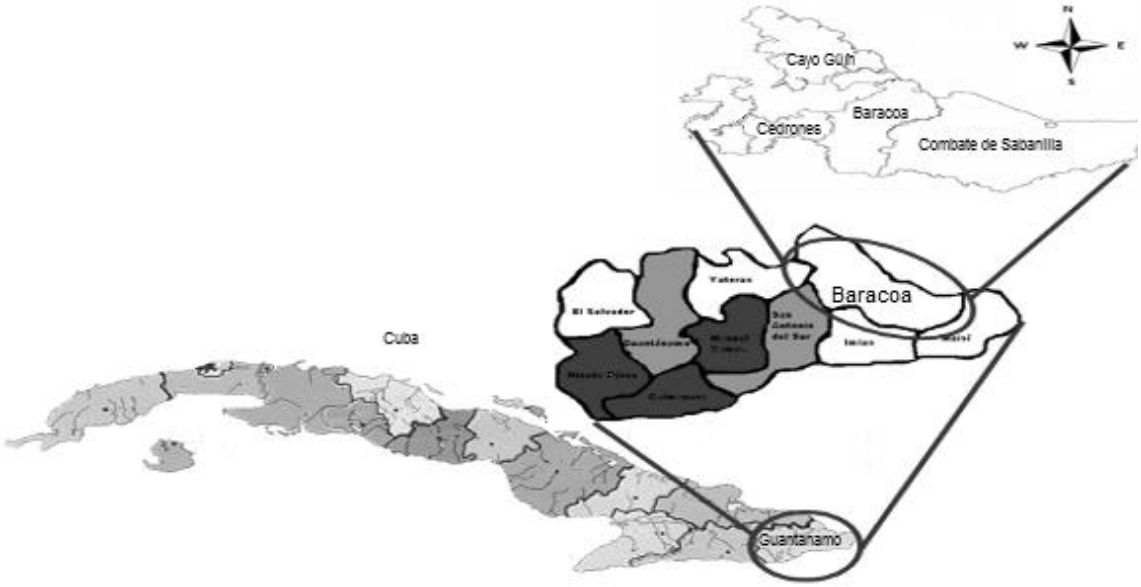


Figura 1. Ubicación de la Empresa Agroforestal Baracoa. Fuente: Ajete (2014).

Resultados y discusión

Los resultados obtenidos en la cuantificación de la producción de biomasa de follaje y ramas de *Pinus cubensis*. Sarg. ex Griseb en la Empresa Agropecuaria Baracoa por unidad se muestran a continuación.

Unidad Silvícola Cayo Güin

En la figura 2, se muestra que las edades de los rodales se encuentran en el rango de 5 a 65 años, siendo las edades de 24 y 28 las de mayores frecuencia, con una representación de cuatro y tres rodales respectivamente, el restos de las edades se encuentran representadas en uno y dos rodales, resultados que corroboran lo planteado por autores como Alder (1980); Parde y Bouchon (1994) y Vidal (1995) que plantean que en los inventarios forestales las clases diamétricas inferiores y superiores están presente en menor cuantía.

La figura 3 muestra el número de árboles por edad, donde el número de árboles por hectárea se encuentra entre 900 y 2 460. El rodal con edad de 28 años es el de mayor representación de árboles/ hectáreas. En la figura se aprecia que no existe una distribución adecuada de número de árboles por hectárea, donde es de esperarse una mayor representación en las primeras edades dado que según la silvicultura (Álvarez y Varona, 2006).

La estimación de la biomasa a partir de los datos de los rodales obtenidos se muestra en la tabla 1.

Tabla 1. Cuantificación de la biomasa de follaje y rama en la Unidad Silvícola Cayo Güin.

D (cm)	∑Rod	∑Árboles	Follaje verde (Kg)	Follaje seco (Kg)	Rverde (Kg)	Rseca (Kg)
4	1	2 410	45 06.70	2 916.10	2 867.90	2 072.60
6	6	12 843	40 198.59	26 199.72	29 667.33	21 319.38
8	3	5 790	26 518.20	17 254.20	22 870.50	16 443.60
10	7	11 744	72 695.36	47 210.88	71 873.28	51 791.04
12	2	3 565	28 306.10	18 395.40	31 585.90	22 744.70
14	1	1 309	12 841.29	8 351.42	15 917.44	11 453.75
16	3	4 273	50 378.67	32 731.18	68 538.92	49 353.15
20	1	4 136	66 424.16	43 179.84	105 881.60	76 226.48

*D: diámetro medio de los rodales; ∑Rod: sumatoria de los rodales; Rverde: Ramas verdes; Rseca: ramas secas

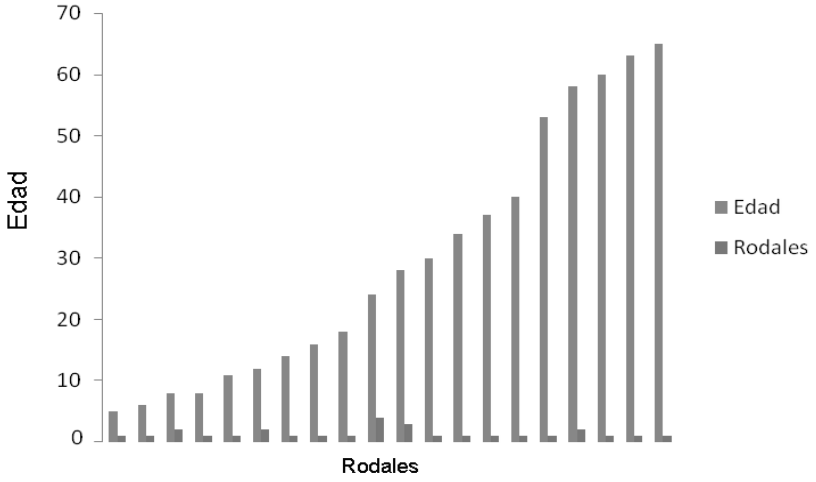


Figura 2. Número de rodales por edad en la Unidad Silvícola Cayo Güin.

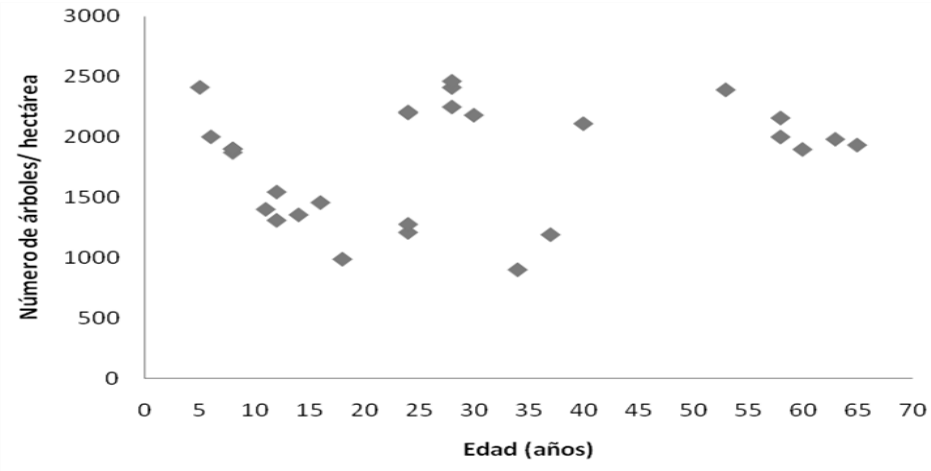


Figura 3. Número de árboles por edad en la Unidad Silvícola Cayo Güin.

Unidad Silvícola Combate de Sabanilla

La figura 4 muestra que la edad de los rodales se encuentra en el rango de 4 a 48 años, siendo la edad 20 la de mayor frecuencia, representada en 20 rodales, las edades 12, 14, 17, 31 y 48 solamente están representadas en un solo rodal

La figura 5 muestra el número de árboles por edad, el número de árboles por hectárea se encuentran 590 y 2 500. El rodal con edad de 7 años la de mayor representación de árboles/ hectáreas. En la figura se aprecia que no existe una distribución adecuada de número de árboles por hectárea, donde era de esperarse un menor número de árboles por hectárea en las edades superiores, según Álvarez y Varona (2006) los tratamientos son necesarios para propiciar el espaciamientos necesario para los árboles que se dejan en pie en la etapa de latizal y fustal bajo hasta medio, estos autores refiriéndose a Samek (1967) plantean que en rodales cuidados de *Pinus cubensis* la relación de diámetro y altura de los árboles sería de 400 árboles por hectárea, con 30 cm de $d_{1.30}$ y 19 m de altura.

La estimación de la biomasa a partir de los datos de los rodales obtenidos se muestra en la tabla 2, donde

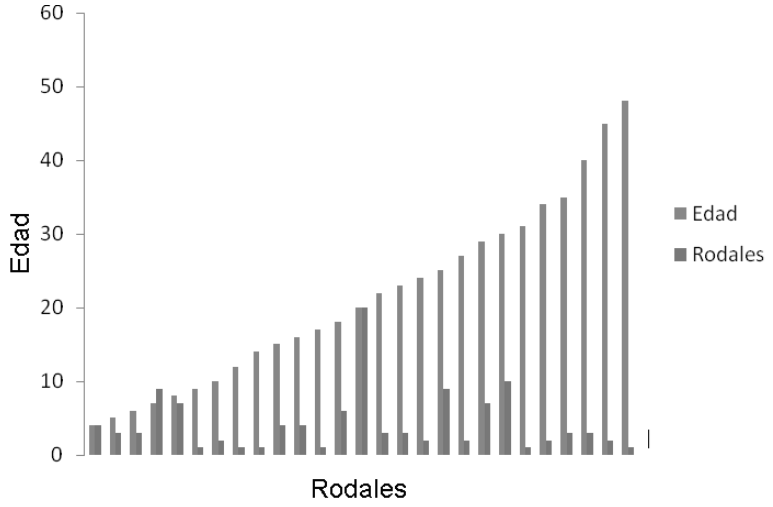


Figura 4. Número de rodales por edad en la Unidad Silvícola Combate de Sabanilla.

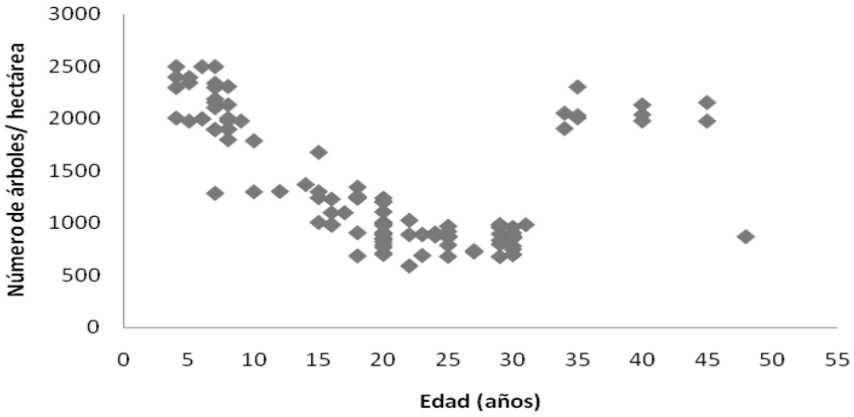


Figura 5. Número de árboles por edad en la Unidad Silvícola Combate de Sabanilla.

Tabla 2. Cuantificación de la biomasa de follaje y rama en la Unidad Silvícola Combate de Sabanilla.

D (cm)	∑Rod	∑Árboles	Follaje verde (Kg)	Follaje seco (Kg)	Rverde (Kg)	Rseca (Kg)
4	7	16 186	30 267.82	19 585.06	19 261.34	13 919.96
6	8	16 172	50 618.36	32 990.88	37 357.32	26 845.52
8	5	9 080	41 586.40	27 058.40	35 866.00	25 787.20
10	8	16 723	103 515.37	67 226.46	102 344.76	73 748.43
12	7	10 014	79 511.16	51 672.24	88 724.04	63 889.32
14	13	15 544	152 486.64	99 170.72	189 015.04	136 010.00
16	22	25 931	305 726.49	198 631.46	415 933.24	299 503.05
18	19	20 307	281 861.16	183 169.14	416 699.64	299934.39
20	9	8 503	136 558.18	88 771.32	217 676.80	156 710.29
22	10	9 419	172 744.46	112 274.48	294 720.51	212 210.07
24	3	3 422	70 835.40	46 060.12	128 632.98	92 633.54
26	2	1 450	33 553.00	21 808.00	64 568.50	46 487.00
32	1	690	21341.70	13 875.90	47 713.50	34 355.10

*D:diámetro medio de los rodales; ∑Rod: sumatoria de los rodales; Rverde: Ramas verdes; Rseca: ramas secas

está determinada por el diámetro medio, la sumatoria de los rodales y el número de árboles.

Unidad Silvícola Baracoa

La figura 6 muestra que la edad de los rodales se encuentra en el rango de 4 a 45 años, siendo la edad 30 la de mayor frecuencia representada en 8 rodales, las edades 21, 22, 23, 25, 33 y 34 solamente están representadas en un solo rodal.

La figura 7 muestra el número de árboles por edad, el número de árboles por hectárea se encuentran 545 y 2500. El rodal con edad de 5 años la de mayor representación de árboles/ hectáreas. En la figura se aprecia que no existe una distribución adecuada de número de árboles por hectárea, donde era esperarse un menor número de árboles por hectárea en las

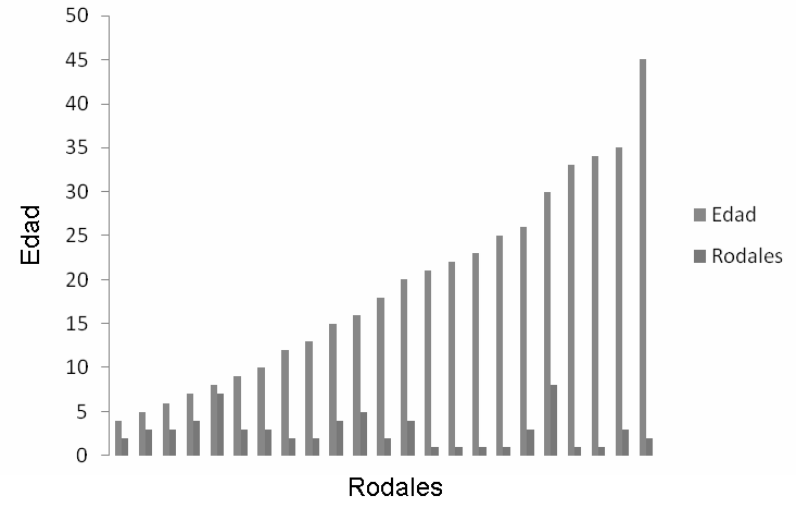


Figura 6. Número de rodales por edad en la Unidad Silvícola Baracoa.

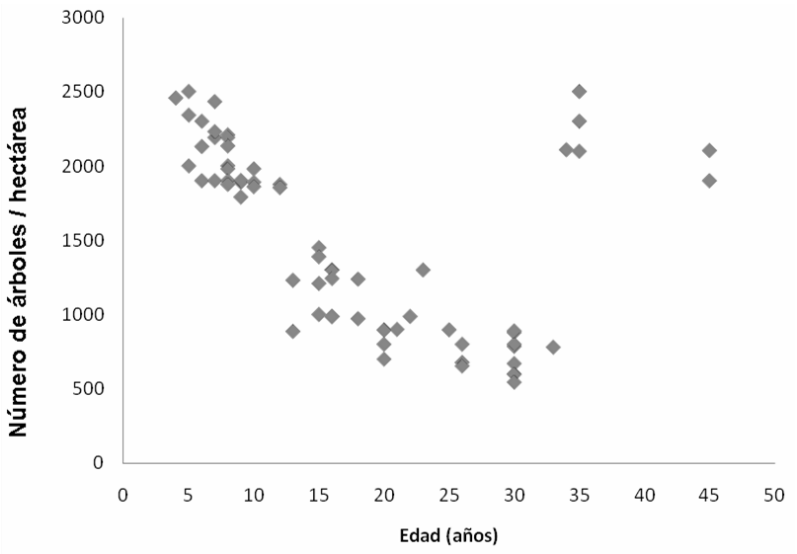


Figura 7. Número de árboles por edad en la Unidad Silvícola Baracoa.

edades superiores.

Analizando el supuesto de normalidad para las variables biomasa de follaje verde, biomasa de follaje seco, rama secas y ramas verdes no se encontró normalidad $\alpha<0.05$ con la prueba de Kolmogorov-Smirnov a partir de 32 valores con la corrección de significación de Lilliefors tabla 3.

Variables biomasa de follaje verde, biomasa de follaje seco, ramas secas y ramas verdes Como consecuencia se realiza una prueba de comparación múltiple no paramétrica de Kruskal Wallis obteniéndose los siguiente resultados tabla 4.

Como se constata en la tabla 6 se encuentran diferencias significativas entre las tres unidades silvícolas para las variables biomasa de follaje verde, biomasa de follaje seco, rama secas y ramas verdes $\alpha<0.05$. Un contraste entre dos muestras independientes para observar la diferencia entre que categorías del factor con la prueba de U de Mann-Whitney tabla 5, 6 y 7.

En la tabla 5, 6 y 7 se obtiene que las diferencia significativas se encuentra entre las US Sabanilla y la US Cayo Güin $\alpha<0,05$, una representación de esta comparación se representa en las figuras 8, 9, 10 y 11.

Tabla 3. Pruebas de normalidad para las variables objeto de estudio.

	Kolmogorov-Smirnov[a]		
Follaje verde	0.189	32	0.005
Follaje seco	0.189	32	0.005
Rverde	0.194	32	0.003
Rseca	0.194	32	0.003

a. Corrección de significación de Lilliefors

Tabla 4. Prueba de comparación para las 4 variables de objetos de estudio.

	Follaje verde	Follaje seco	Rverde	Rseca
Chi-Cuadrado	6.229	6.229	6.305	6.305
gl	2	2	2	2
Sig. asintótica	0.044	0.044	0.043	0.043

a. Prueba de Kruskal Wallis

b. Variable de agrupación: Unidad silvícola

Tabla 5. Prueba de comparación para biomasa de follaje verde, biomasa de follaje seco, rama secas y ramas verdes de las US Sabanilla y Baracoa.

	Follaje verde	Follaje seco	Rverde	Rseca
U de Mann-Whitney	55.000	55.000	54.000	54.000
W de Wilcoxon	121.000	121.000	120.000	120.000
Z	-.956	-0.956	-1.014	-1.014
Sig. asintótica (bilateral)	0.339	0.039	0.311	0.311
Significación exacta [2*(sig. unilateral)]	0.361[b]	0.361[b]	0.331[b]	0.331[b]

a. Variable de agrupación: US

b. No corregido para empates.

Tabla 6. Prueba de comparación para biomasa de follaje verde, biomasa de follaje seco, ramas secas y ramas verdes de las US la US Sabanilla y Cayo Güin.

	Follaje verde	Follaje seco	Rverde	Rseca
U de Mann-Whitney	20.000	20.000	20.000	20.000
W de Wilcoxon	56.000	56.000	56.000	56.000
Z	-2.317	-2.317	-2.317	-2.317
Sig. asintótica (bilateral)	0.020	0.020	0.020	0.020
Significación exacta [2*(sig. unilateral)]	0.020[b]	0.020[b]	0.020[b]	0.020[b]

a. Variable de agrupación: US

b. No corregido para empates.

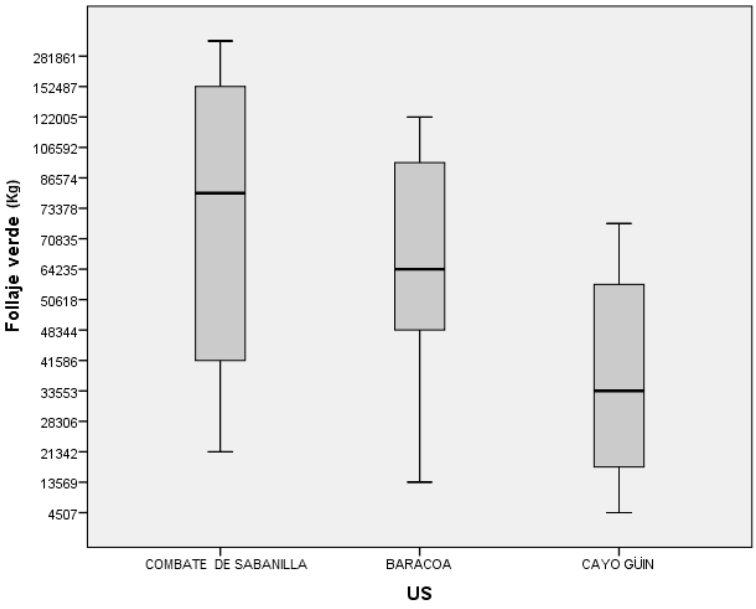


Figura 8. Comportamiento de la biomasa de follaje verde por Unidad silvícola.

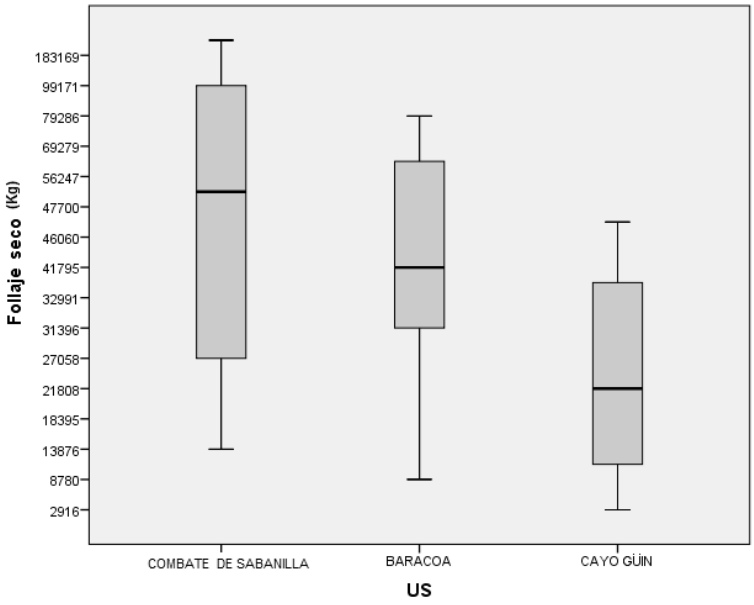


Figura 9. Comportamiento de la biomasa de follaje seco por Unidad silvícola.

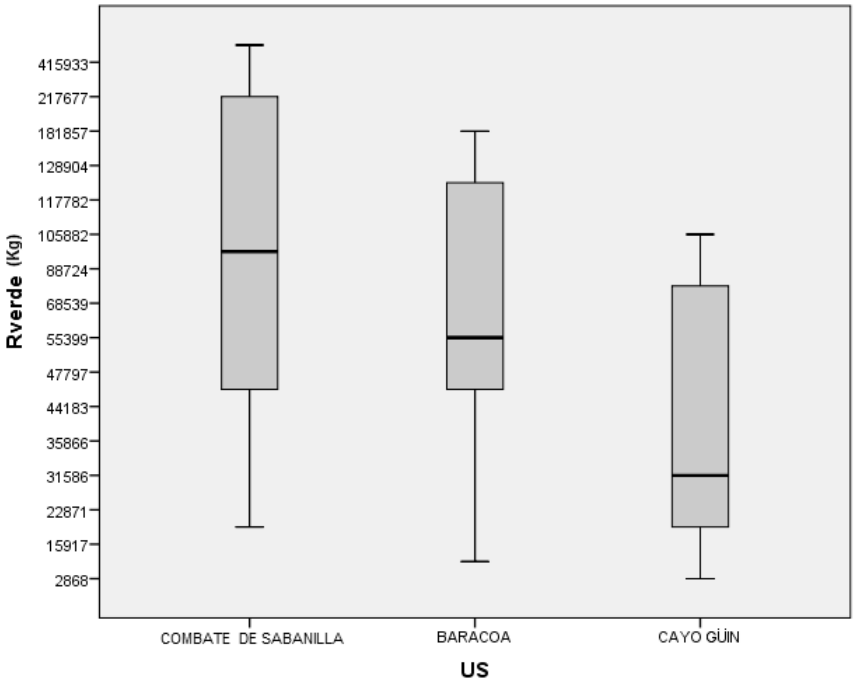


Figura 10. Comportamiento de la biomasa de ramas verdes por Unidad silvícola.

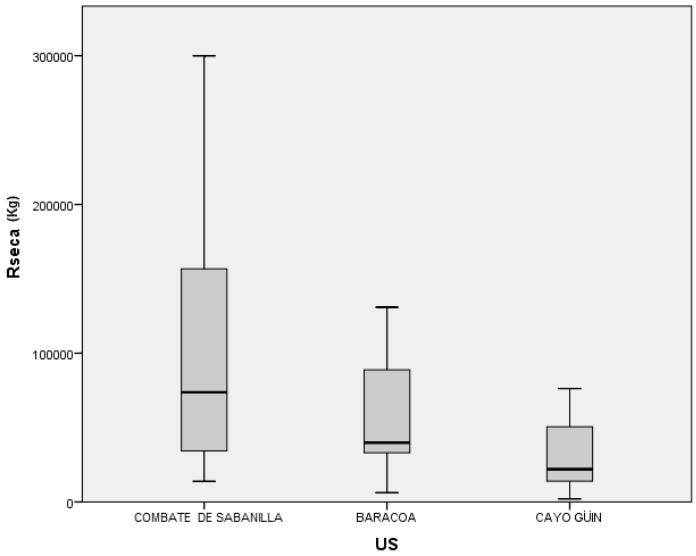


Figura 11. Comportamiento de la biomasa de ramas secas por Unidad silvícola.

Las figuras 8, 9, 10 y 11 caracterizan el comportamiento de la biomasa en las tres unidades silvícolas conservándose en que la unidad silvícola sabanilla existe un mejor comportamiento no siendo así para la de Cayo Güin donde se obtiene lo valores más bajos de esta variable.

La estimación de la biomasa a partir de los datos de los rodales obtenidos se muestra en la tabla 8, donde está determinada por el diámetro medio, la sumatoria de los rodales y el número de árboles.

A modo de resumen podemos decir que estudios similares a estos fueron realizados por autores como Vidal (1995) en *Pinus caribaea* Morelet var. Caribaea y *Pinus tropicales* Morelet, Rodríguez (1999) en *Eucaliptus saligna* Smith y *Eucaliptus Pellita* F. Muell, Benítez (2006) en *Casuarina equisetifolia* Forst y Toirac (2014) en *Pinus maestrensis* Bisse; estos autores coinciden en que la entre las unidades silvícolas Cayo Güin y Combate de Sabanilla, siendo en esta última Unidad Silvícola la que de las tres presenta las mayores potencialidades.

Tabla 8.Cuantificación de la biomasa de follaje y rama.

D (cm)	∑Rod	∑Árboles	Follaje verde (Kg)	Follaje seco (Kg)	Rverde (Kg)	Rseca (Kg)
4	3	7 256	13 568.72	8 779.76	8 634.64	6 240.16
6	9	19 127	59 867.51	39 019.08	44 183.37	31 750.82
8	8	14 025	64 234.50	41 794.50	55 398.75	3 9831.00
10	4	7 810	48 343.90	31 396.20	47 797.20	34 442.10
12	10	14 549	115 519.06	75 072.84	128 904.14	92 822.62
14	3	4 309	42 271.29	27 491.42	52 397.44	37 703.75
16	9	7 343	86 573.97	56 247.38	117 781.72	84 811.65
18	7	8 790	122 005.20	79285.80	180370.80	129 828.30
20	4	4 569	73 378.14	47700.36	116966.40	84 206.67
22	6	5 812	106 592.08	69279.04	181857.48	13 0944.36
26	1	800	18512.00	12032.00	35624.00	25 648.00

*D:diámetro medio de los rodales; ∑Rod: sumatoria de los rodales; Rverde: Ramas verdes; Rseca: ramas secas

cuantificación de la biomasa en las plantaciones es de gran importancia desde el punto de vista económica por la vinculación que tiene con la implementación de los planes de manejo y su relación con la planificación de las operaciones en el aprovechamiento forestal, permitiendo un ahorro de recursos, fuerza de trabajo, materiales y equipos económicamente importante para las Empresas Agroforestales.

Conclusiones

Existen potencialidades de biomasa de follaje verde, biomasa de follaje seco, rama secas y ramas verdes como un producto forestal en las tres unidades silvícolas existentes en la Empresa Agroforestal Baracoa, así como se encuentran diferencia estadística significativas entre este tipos de biomasa

Bibliografía

Ajete, A. 2014. Medidas para la adaptación y mitigación del Cambio Climático en el patrimonio forestal de la Empresa Forestal Integral Baracoa. Tesis presentada en opción al grado científico de Doctor en Ciencias Forestales. Pinar del Río. 99p

Alder, D. 1980. Estimación del volumen forestal y predicción del rendimiento con referencia especial a los trópicos. Estudios FAO Montes 22/2. Roma, Italia. 118 p.

Álvarez, P. y Varona, J. 2006. Silvicultura. Editorial Félix Varela. La Habana. 354 p.

Benítez, J. Y. 2006. Estimación de la biomasa total en plantaciones de Casuarina equisetifolia Forst de la provincia de Camagüey. Tesis presentada en opción al grado científico de Doctor en ciencias Forestales. Pinar del Río. 222 p.

Bertram, H. 2001 Estimación del contenido de Carbono de los Bosques. Simposio Internacional Medición y Monitoreo de la Captura de Carbono en Ecosistemas Forestales, del 18 al 20 de octubre. Valdivia, Chile. p 9

Empresa Forestal Integral Baracoa. 2014. Dinámica Forestal 2013.

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] Disponible en: www.tdx.cat/bitstream/10803/7920/1/tsml1de1.pdf. [Consulta: 27 de septiembre 2012]. PDF

ONE (Oficina Nacional de estadística). 2012. Anuario Estadístico de Cuba (AEC). 2011. Capítulo 2: Medio ambiente. p. 29-82 [en línea]. Disponible en: http://www.one.cu/aec2011/datos/02%20Medio%20Ambiente.pdf [Consulta: 7 de abril 2013].

Pardé, J. y J. Bouchon. 1994. Dasometría. Edición Española traducida de la segunda edición de dendrometría "L Ecole National du Genie Rural des Eauxet dess Forésta", Francia. 382 p.

Ritchie, M.; D. W. Hann. 1990. Equations for predicting the 5-year height of six conifers in Southwest Oregon. Oregon

State University. Research Paper. 54. USA. 12 p.

Rodríguez, P. E., N. Noa, G. A. Leyva, B. Rodríguez. 2009. Proyecto de organización y desarrollo de la economía forestal 2008-2017. Ministerio de la Agricultura. Grupo Empresarial de la Agricultura de Montaña. Empresa Forestal Integra "Baracoa". 57 p.

Rodríguez, J. 1999. La estimación de la biomasa verde de copa de Eucaliptus saligna Smith y Eucaliptus Pellita F. Muell. Tesis presentada en opción al título académico de Master en Ciencias Forestales. UPR. Pinar del Río, Cuba. 40 p.

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

Vidal, A. 1995. Estudio de las posibilidades de aprovechamiento de la biomasa de copa de coníferas de la provincia Pinar del Río. Tesis presentada en opción al grado científico de Doctor en ciencias Forestales. Pinar del Río. 101 p.

Vidal, A.; J. Rodríguez; J. Y. Benítez y W. Toirac. 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 Especial.2011 [Consulta 1 de octubres 2012]. PDF.