

Tabla de contenido

	<i>Editorial</i>	2
1	Contribución al estudio de la producción de miel de la especie <i>Avicennia germinans</i> (mangle prieto) Contribution to the study of the honey production of the species <i>Avicennia germinans</i> (mangle prieto) <i>D.Sc. Adolfo Núñez-Barrizonte y M.Sc. Adolfo Pérez-Piñeiro</i>	3
2	Biomasa forestal para la electrificación de una comunidad aislada con tecnología de gasificación Forest biomass for the electrification of the one isolated community with technology of gasification <i>M.Sc. Lizyda Paredes-Morejón, Ing. Rolando Padrón-Pérez, Ing. Alberto Rodríguez Carrillo e Ing. Jorge Isaac Pino</i>	9
3	Evaluación de los impactos del cambio climático y estrategia de adaptación para la Empresa Forestal Integral Matanzas, provincia de Matanzas, Cuba Evaluation of climate change impacts and adaptation strategy for Forestry Enterprise Matanzas, Matanzas Province, Cuba <i>Dra. Osiris Ortiz-Álvarez, Dr. Arnaldo F. Álvarez-Brito y Esp. Lourdes Gómez-Pulido</i>	17
4	Determinación de la efectividad de insecticidas contra <i>Hypsipyla grandella</i> Zeller (Lepidoptera: Pyralidae) en plantaciones de cedro Determination of the effectiveness of insecticides against <i>Hypsipyla grandella</i> Zeller (Lepidoptera: Pyralidae) in cedar plantations <i>Dr. René A. López-Castilla, Lic. Aníbal González-Roque, Esp. Orlando Sarmiento-García y Tec. Hilda Tamayo-Sotomayor</i>	29
5	Modelos para estimar la biomasa aérea total verde sin corteza y por componentes en plantaciones de <i>Pinus maestrensis</i> Bisse en la Sierra Maestra, Cuba Models to estimate the biomass air green total without bark and for components in plantations of <i>Pinus maestrensis</i> Bisse in the Sierra Maestra, Cuba <i>Dr. Wilmer Toirac-Arguelle, Dr. José A. Bravo-Iglesias, Dr. Héctor Barrero-Medel, Dr. Alberto M. Vidal-Corona y Dra. Arlety Ajete-Hernández</i>	35
6	Propuesta de opciones de mitigación de emisiones de gases efecto invernadero para la Empresa Forestal Integral Baracoa Proposal of mitigation options for gas emissions greenhouse effect for the Integrated Interprise Forestry Baracoa <i>Dra. Arlety Ajete-Hernández, Dra. Alicia Mercadet-Portillo y Dr. Arnaldo Álvarez-Brito</i>	43
7	Potencial de las plantaciones protectoras de <i>Bambusa vulgaris</i> Schrader ex Wendland en tres áreas del Gran Parque Metropolitano de La Habana Potential of the protectors plantations of <i>Bambusa vulgaris</i> Schrader ex Wendland in three areas of the Great Metropolitan Park of the Havana <i>Dra. Elsa M. Cordero-Miranda, Ing. Yamila Valiente-Palacios y M.Sc. Dulce Almonte-Corzo</i>	51
8	Estructura poblacional de <i>Juniperus saxicola</i> Britton y P. Wilson en un fragmento del bosque nublado del Parque Nacional Turquino Populational structures of <i>Juniperus saxicola</i> Britton & P. Wilson in a fragment of the cloudy forest of the National Park Turquino <i>Ing. José L. Rodríguez-Fonseca, M.Sc. Adonis Sosa López, M.Sc. Alain Puig Pérez e Ing. Isnaudy García Rodríguez</i>	57
9	Contaminación microbiológica del aire en la Xiloteca de Maderas Cubanas Julián Acuña del INAF Microbiological contamination in the air at the Xylotechal Cuban Woods of Julián Acuña INAF <i>Lic. Claudia M. Torres-Fernández, Lic. Irene De La Rosa-Sánchez y Téc. Natividad Triguero-Issasi</i>	65
10	<i>Uso de los residuos forestales con fines energéticos</i> <i>Use of forest waste for energy purposes</i> <i>Dr. Abelardo D. Rodríguez-Arias y Dra. Liz Belkis Rosabal-Ponce</i>	73
11	Reclutamiento de especies vegetales asociadas a una plantación de <i>Pinus caribaea</i> Morelet var. <i>caribaea</i> Barret y Golfari fertilizada de forma fraccionada en los primeros cinco años de establecida Recruitment of vegetable species associated with a planting of <i>Pinus caribaea</i> Morelet var. <i>caribaea</i> Barret and Golfari fertilized fractioned in the first five years of established <i>Dr. Jorge L. Reyes-Pozo, Dra. Grisel Herrero-Echevarría, Dra. María A. León-Sánchez, M.Sc. Yaumara Miñoso-Bonilla e Ing. Segundo Curvelo-Gómez</i>	81
12	Evaluación del potencial invasivo de <i>Albizia procera</i> (Roxb.) Benth en áreas ganaderas del municipio de Camagüey, Cuba Evaluation of the invasive potential of <i>Albizia procera</i> (Roxb.) Benth in livestock areas of the municipality Camagüey, Cuba <i>Ing. Miguel Rivero-Vega, M.Sc. Rafael Risco-Villalobos y Lic. Bartolo Ávila-Valdivia</i>	89
13	Resiliencia del bosque semideciduo en plantación de <i>Albizia procera</i> de 30 años en el Área Protegida Jobo Rosado Resilience of the semicided forest in plantation of <i>Albizia procera</i> of 30 years in the Protected Area Jobo Rosado <i>M.Sc. Armando Falcón-Méndez, M.Sc. Ricardo Rosa-Angulo, M.Sc. Daily Y. Borroto-Escuela, M.Sc. Norgis V. Hernández-López y M.Sc. Idania Hernández-Ramos</i>	97

EDITORIAL

La Estación Hidrológica Forestal Amistad, del Instituto de Investigaciones Agro-Forestales de Cuba, ubicada en el macizo forestal de Galalón, en la provincia de Pinar del Río, arriba a sus 41 años de existencia. Se trata de un laboratorio natural que ha aportado valiosas informaciones acerca de la función hidrorreguladora de los bosques y su inestimable papel en la preservación de los recursos hídricos. Hoy constituye un Centro de Capacitación de alcance nacional e internacional, que brinda posibilidades a investigadores, especialistas y técnicos en general, de adquirir los conocimientos necesarios para la elaboración de pronósticos y recomendaciones a la esfera productiva, acerca del impacto, que sobre el balance hídrico y la calidad de las aguas, tienen los distintos tipos de talas, tratamientos silvícolas, plantaciones forestales y el uso general del suelo.

Las páginas de la Revista Forestal Baracoa reflejarán los resultados como aporte de conocimientos sobre la hidrología y la ciencia forestal en el trópico.

LIC. HUMBERTO GARCÍA CORRALES
DIRECTOR GENERAL INAF

CONTRIBUCIÓN AL ESTUDIO DE LA PRODUCCIÓN DE MIEL DE LA ESPECIE *AVICENNIA GERMINANS* (MANGLE PRIETO)

CONTRIBUTION TO THE STUDY OF THE HONEY PRODUCTION OF THE SPECIES *AVICENNIA GERMINANS* (MANGLE PRIETO)

DR.C. ADOLFO NÚÑEZ-BARRIZONTE¹ Y M.SC. ADOLFO PÉREZ-PIÑEIRO²

¹ Instituto de Investigaciones Agro-Forestales. UCTB de Investigación e Innovación Tecnológica. Calle 174 no. 1723 e/ 17B y 17C, Siboney, Playa, La Habana, Cuba, adolfo@forestales.co.cu

² Centro de Investigación Apícola. El Cano, La Lisa, La Habana, Cuba

RESUMEN

La floración de la especie *Avicennia germinans*, que ocurre en los meses de abril y mayo en la costa sur, y luego entre mayo y junio en la costa norte, asegura en Cuba la cosecha de miel del verano y es la más voluminosa después de la producción del cuarto trimestre, permitiendo la trashumancia de miles de colmenas hacia las costas. La importancia de esta especie en la extraordinaria perspectiva que ofrece la apicultura en los manglares se corrobora en los resultados del muestreo de la secreción de néctar de las flores de la especie. Aunque existen diferencias significativas en el volumen de secreción de néctar, no sucede así con la concentración en azúcares, que mantiene una media del 50 %, con un índice de azúcar de 1 mg de azúcar producido por flor durante el período de secreción de néctar, por lo que resulta atractivo y provechoso para los insectos polinizadores.

Palabras claves: Contribución, producción de miel, *Avicennia germinans*.

INTRODUCCIÓN

Es conocido que los bosques de manglares constituyen, a partir de las especies que lo componen, una fuente de alto valor para la producción de miel. La apicultura es una actividad que no influye negativamente en el funcionamiento básico de la flora o en los beneficios naturales que puede brindar, constituyendo el néctar y el polen excedentes productivos provechosos a la abeja.

En Cuba la producción de miel en los manglares tiene gran importancia, pues su floración ocurre durante los meses de abril, mayo y junio, cuando están ausentes floraciones principales de otras plantas melíferas, existiendo por tanto

ABSTRACT

The flowering of the species *Avicennia germinans*, that occurs in the months of April-May in the south coast, and May-June in the north coast, assures in Cuba the summer honey crop and it is the most voluminous honey crop after the production of the fourth trimester, allowing the movement of thousands of beehives toward the coasts. The importance of this species in the extraordinary perspective that offers the Apiculture in the mangroves is corroborated in the results of the sampling of the secretion of nectar of the flowers of the species. There are significant differences in the volume of secretion of nectar, but not in the sugar concentration, that it maintains an average of 50%, with a sugar index of 1 mg of sugar produced for flower during the period of secretion of nectar, resulting attractive and profitable for the pollinator insects.

Key words: contribution; honey production; *Avicennia germinans*.

una disminución en la producción de miel en este período.

Desde el punto de vista apícola, la especie *Avicennia germinans*, conocida como mangle prieto, es la más importante, pues su floración en los meses de abril y mayo en la costa sur, y luego entre mayo y junio en la costa norte, asegura la cosecha de miel del verano y es la más voluminosa después de la producción del cuarto trimestre, permitiendo la trashumancia de miles de colmenas hacia las costas.

Es objetivo del presente trabajo contribuir al estudio de la producción de miel de *Avicennia*

germinans a partir de los resultados del muestreo de secreción de néctar de sus flores.

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio

El estudio se realizó en áreas del ecosistema de manglar en la zona conocida como Playa Guaní-

mar, ubicada en la costa sur de la provincia de Artemisa (Fig. 1). Esta localidad se caracteriza por un litoral bajo y cenagoso con abundante población de *Avicennia germinans* y penetraciones del mar durante la marea alta. La selección obedeció fundamentalmente a la existencia de vías de acceso favorables y lugar de estancia muy próximo a las áreas de trabajo.

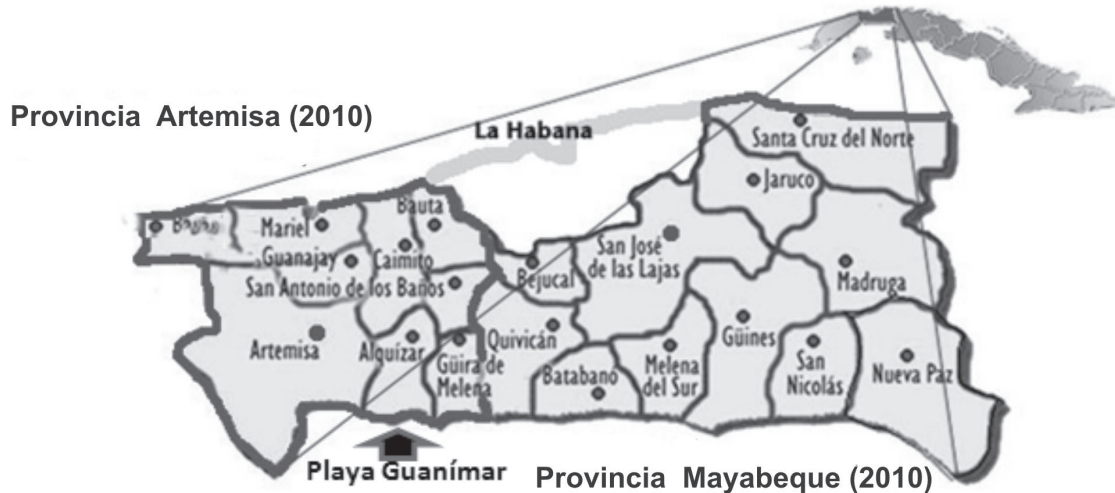


Figura 1. Playa Guanímar, localidad de estudio.

Metodología de trabajo

Se resume brevemente la especie *Avicennia germinans* a partir de sus características botánicas descritas por Roig (1988).

Se seleccionaron al azar cinco árboles adultos de *Avicennia germinans* en pleno proceso de floración. En los mismos se marcaron ocho grupos de botones de flores que abrieran simultáneamente y se cubrieron cuidadosamente con tela antiséptica para evitar el pillaje de los insectos o de cualquier otro animal.

A partir del primer día de apertura de las flores se realizaron muestreos de néctar para conocer, mediante el método gravimétrico, con el empleo de capilares, la cantidad del néctar secretado por las flores. En cada capilar, previamente tarado, se colectó el néctar de las flores, determinándose por diferencia de peso los miligramos de néctar secretados y extraídos de las flores.

El porcentaje de sacarosa presente en el néctar se determinó mediante el refractómetro de

laboratorio (tipo ABBE), que permite dosificar los solubles disueltos en soluciones acuosas.

A partir de la secreción de néctar se determinaron los días de vida activa de la flor.

Disponiendo del valor medio de flores por árbol de *Avicennia germinans*, determinado por Montané y Carrerra (1986), se estimó la producción de miel en esta especie forestal.

La información obtenida se procesó estadísticamente mediante un programa de computación, aplicándose el análisis de varianza de clasificación simple. Se valora la importancia de la especie para la producción de miel en el país a partir de su categorización por Bande (1980).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Breve caracterización de la especie *Avicennia germinans*

El mangle prieto, cuyo nombre científico es *Avicennia germinans* L., es un árbol de la fa-

milia Verbenaceae que crece en el litoral bajo y cenagoso, asociado a *Rhizophora mangle*, *Laguncularia racemosa* y *Conocarpus erecta*, pudiendo alcanzar hasta 15 m de altura. Es tan abundante o más que el mangle rojo y forma bosques densos en las desembocaduras de los ríos y lagunas costeras. Tiene hojas opuestas, enteras, coriáceas, obtusas en el ápice, estrechadas en la base y cortamente pecioladas; inflorescencia en panículas pedunculadas con flores blancas y pequeñas, olorosas; semillas sin endospermo, que se encastran en el fruto capsular, y solo se liberan ya germinadas, al

caer al agua. La madera de la especie es de color pardo oscuro, dura y duradera, empleándose en horconaduras y muelles por su resistencia a la acción de las aguas.

A diferencia de otras especies de mangle, *Avicennia germinans* no crece sobre raíces afianzadas, sino que posee neumatóforos, los cuales permiten que las raíces sumergidas respiren.

Secreción de néctar en *Avicennia germinans*

La información obtenida sobre el comportamiento de la secreción de néctar en las flores muestreadas se observa en la *Tabla 1*.

Tabla 1. Muestreo de la secreción diaria de néctar en flores de *Avicennia germinans*

Día	Número de flores	Cantidad de néctar (mg)	Media por flor (mg)	Sacarosa (%)
1ro.	–	–	–	–
2do.	30	34	1,13	50,31
	30	30	1,0	68,31
	5	6	1,2	61,31
3ro.	30	45	1,5	37,23
	15	13	0,86	61,23
4to.	9	26	2,88	49,81
5to.	7	11	1,57	58,81
Lluvia al atardecer del 5to. día				
6to.	10	24	2,4	17,11

Se pudo comprobar en todas las flores que abrieron simultáneamente en los grupos de botones marcados, que no ocurre secreción de néctar durante el primer día de apertura de las flores.

La secreción de néctar comienza el segundo día y se incrementa durante los cuatro siguientes, para luego decaer abruptamente con el comienzo de la marchitez de las flores, reflejada en la pérdida de turgencia y caída de los pétalos a partir del tercer día de abiertas, o la ocurrencia de la polinización. La propia secreción de néctar determina los días de vida activa de la flor, o sea, mientras no se marchita o poliniza y secreta néctar, la flor se mantiene activa.

Como se observa en la *Fig. 2*, el segundo día de apertura de las flores se obtuvo néctar de 65 flores, el tercero de 45 flores, el cuarto de 9 y el quinto de 7.

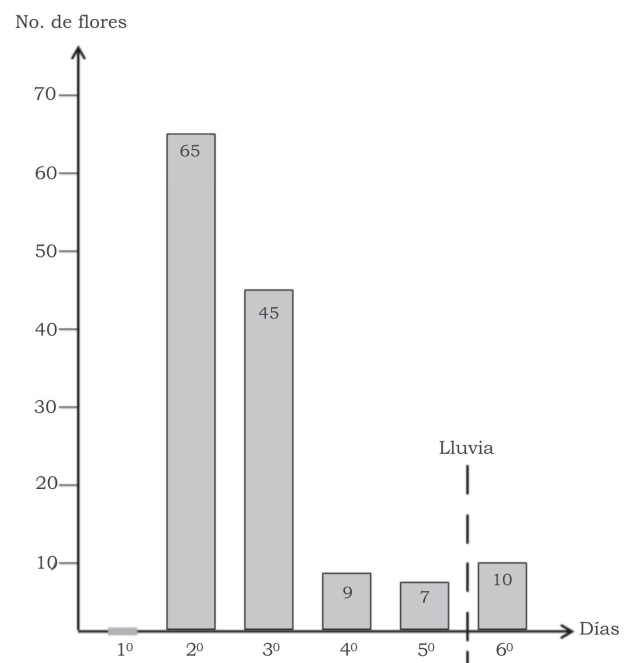


Figura 2. Número de flores por día con secreción de néctar, a partir del segundo día de apertura de las flores.

El aumento aparente del volumen de secreción de néctar en el sexto día fue debido a la ocurrencia de precipitaciones durante la tarde del día anterior, reflejándose en la más baja concentración de azúcares alcanzada (17,11 %). Sin embargo, al respecto Pérez-Piñero (1979) plantea que esta situación no resulta negativa si luego por el día se produce una intensa insolación, climatología característica en el segundo trimestre del año, durante la época de floración de *Avicennia germinans*, cuando la insolación presenta una marcada influencia positiva y significativa en relación con los niveles de néctar, pues evapora el agua y concentra el néctar. Lo contrario sucede en el tercer trimestre del año cuando florece *Laguncularia racemosa* (patambán), período en el cual la insolación es negativa por el exceso de calor, lluvia y humedad característicos de las altas temperaturas y el tiempo ciclónico.

En el estudio realizado, con excepción del sexto día que como consecuencia de la lluvia caída se licúa el néctar durante los cinco días anteriores del muestreo, la concentración de los azúcares en el néctar se mantuvo sin diferencias significativas, con una media del 50 % en el néctar colectado. Esa concentración de azúcar, según Cruden *et al.* (1983), resulta muy atractiva para las abejas, sobre todo para la abeja de la tierra, especie sin aguijón que prefiere plantas con néctar con una concentración superior al 30 %, por tener mayor viscosidad y debido al menor gasto de energía que tienen que hacer para evaporar el agua.

Test de Estadística

Los resultados del Anova de clasificación simple ($F = 11,127^*$) corroboran diferencias sig-

nificativas en cuanto a la secreción de néctar. A pesar del tamaño reducido de la muestra que puede provocar variabilidad de resultados, se obtuvo un coeficiente de variación de 13,71 %, lo que demuestra que el muestreo realizado refleja realmente la situación del terreno (*Tabla 2*).

Tabla 2. Resultados del Anova de clasificación simple en cuanto a la secreción de néctar

Anova de clasificación simple				
Variable analizada = Cantidad de néctar/ muestra diaria				
No. de muestras a comparar = 5				
No. de réplicas/muestras: Muestra 1 = 3 Muestra 2 = 2 Muestra 3 = 1 Muestra 4 = 1 Muestra 5 = 1				
F. de variación	gl	S.C.	C.M.	F.
Entre muestras	4	3,34395	0,835987	11,127*
Dentro de muestras	3	0,225399	0,075133	
Total	7	3,56935		

* significativo para $p < 0,05$
 ** significativo para $p < 0,01$
 *** significativo para $p < 0,001$
 Media General = 2,000
 Coeficiente de Variación = 13,71 %

Un resultado muy diferente se alcanzó al analizar el comportamiento de la concentración de los azúcares en el néctar muestreado. No se evidenciaron diferencias significativas en el contenido de azúcar del néctar de los sucesivos días ($F = 2,698$ n.s.), con una media del 50 % en el néctar colectado durante todo el proceso (*Tabla 3*).

Tabla 3. Resultados del Anova de clasificación simple en cuanto a comportamiento de la concentración de los azúcares en el néctar muestreado

Anova de clasificación simple	
Variable analizada = Cantidad de azúcar del néctar de <i>Avicennia</i>	
No. de muestras a comparar = 5	
No. de réplicas/muestras: Muestra 1 = 3 Muestra 2 = 2 Muestra 3 = 1 Muestra 4 = 1 Muestra 5 = 1	
Medias/Muestra	Estimado

Media 1 = 3		50,810 = 58,78		
Media 2 = 2		44,525 = 49,1		
Media 3 = 1		44,890 = 49,7		
Media 4 = 1		50,070 = 58,8		
Media 5 = 1		24,430 = 17,1		
F. de variación	gl	S.C.	C.M.	F.
Entre muestras	4	550,466	137,616	2,698 n.s.
Dentro de muestras	3	152,994	50,998	
Total	7	703,46		

* significativo para $p < 0,05$

** significativo para $p < 0,01$

*** significativo para $p < 0,001$

Media General = 45,000 = 50 %

Coefficiente de Variación = 15,87 %

Estimación sobre la producción de miel

El índice de azúcar producido es de 1 mg por flor de *Avicennia* durante su período de secreción de néctar. Si el valor medio de flores por árbol de *Avicennia germinans* es de 10 000 flores, entonces cada árbol producirá aproximadamente 10 g de azúcar durante el período de floración, si se mantienen favorables las condiciones climáticas, lo que equivale a 18,2 g de miel con el 18 % de humedad. Esto determina que para producir 1 kg de miel se requieren 54 árboles de *Avicennia* con 10 000 flores cada uno, y para llegar a producir 1 t de miel serían necesarios más de 54 000 árboles con igual cantidad de flores.

Importancia de la especie para la producción de miel

El año apícola en Cuba se inicia en el mes de septiembre y comprende tres cosechas principales: la primera, de septiembre a febrero; la segunda, de febrero a mayo, y la tercera de abril a junio, para luego decaer en el período conocido época de hambruna por la ausencia de floraciones significativas o de especies principales que aseguren la producción de miel.

La cosecha en las costas, que se debe principalmente a la floración del mangle prieto, constituye la segunda cosecha en importancia del año apícola en el país.

Avicennia germinans se encuentra, según Bande (1980), entre las principales especies maderomelíferas de cosechas principales, y clasifica entre las principales plantas de cosecha de importancia nacional, categorizando desde el punto de vista apícola como "planta cosecha", pues abunda en determinada región (el ecosistema de manglar, que resulta favorecido además por *Laguncularia racemosa*, otra especie apícola

de importancia); florece profusamente por un lapso determinado (abril-mayo, en la costa sur; mayo-junio, en la costa norte); y las flores secretan el néctar copiosamente, con una concentración elevada en azúcares (50 %) y fácilmente accesible a las abejas (flores pequeñas).

CONCLUSIONES

- La secreción de néctar en *Avicennia germinans* comienza el segundo día de abiertas las flores y se incrementa durante los siguientes cuatro días, para luego decaer abruptamente con el comienzo de la polinización o marchitez de las mismas.
- La concentración de azúcares del néctar de *Avicennia* se mantiene estable durante todo el tiempo de secreción, con una media del 50 % y un índice de 1 mg de azúcar por flor.
- Los resultados obtenidos constituyen una primicia en este campo de investigaciones.

BIBLIOGRAFÍA

- Bande González, J. M. 1980. Principales especies maderomelíferas de Cuba. 14 p.
- Cruden, R. W.; Hermann, S. M., Peteflon, S. 1983. Patterns of nectar production and plant-pollinator coevolution. In B. Bentley y T. Elías (eds.): The biology of nectaries. Nueva York. Columbia University. p. 80-125.
- Montané Díaz, P., Carrera Doral, E. 1986. Contribución al estudio de la producción de miel en los manglares. 37 h. Trabajo de Diploma (en opción al título de Ingeniero Forestal). Centro Universitario de Pinar del Río.
- Pérez Piñeiro, A. 1979. Incidencia de los factores climatológicos sobre la producción de miel y la flora melífera en la región occidental de Cuba. XXVII Congreso Internacional de Apicultura. Rumanía. Editorial Apimondia. p. 436-443.
- Roig y Mesa, J. Tomás. 1988. Diccionario Botánico de Nombres Vulgares Cubanos. La Habana. Editorial Científico-Técnica. 1127 p.

RESEÑA CURRICULAR

Autor principal: Adolfo Núñez Barrizonte

Ingeniero Forestal, Máster en Agroecología y Agricultura Sostenible, Doctor en Ciencias Forestales, atiende la temática de los Productos Forestales No Maderables, área en la cual dirige actualmente un proyecto sobre potencialidades de estos productos en el ecosistema de pinares y bosques semidecíduos sobre suelo Calizo y mal drenaje. Se desempeña como Investigador-Jefe del Grupo de Productos Forestales del Instituto de Investigaciones Agro-Forestales.

Instituto de Investigaciones Agro-Forestales

Patentes

- Uso de bioestimulantes en la resinosis inducida.

Otras ofertas

- Turismo científico.
- Posturas forestales y frutales.
- Literatura científica y materiales informativos.
- Semillas forestales.
- Aceite trementina, colofonia.

BIOMASA FORESTAL PARA LA ELECTRIFICACIÓN DE UNA COMUNIDAD AISLADA CON TECNOLOGÍA DE GASIFICACIÓN

FOREST BIOMASS FOR THE ELECTRIFICATION OF THE ONE ISOLATED COMMUNITY WITH TECHNOLOGY OF GASIFICATION

M.Sc. LIZEYDA PAREDES-MOREJÓN¹, ING. ROLANDO PADRÓN-PÉREZ¹, ING. ALBERTO RODRÍGUEZ CARRILLO² E
ING. JORGE ISAAC PINO³

¹ Instituto de Investigaciones Agro-Forestales. UCTB de Investigación e Innovación Tecnológica. Calle 174 no. 1723 e/ 17B y 17C, Siboney, Playa, La Habana, Cuba

² Empresa de Ingeniería de Proyectos de la UNE (INEL). Ave. 23 e/ O y P, Plaza de la Revolución, La Habana, Cuba.

³ Unión Eléctrica Nacional (UNE-MINEM). Ave. Salvador Allende 666, Centro Habana, La Habana, Cuba

RESUMEN

La biomasa es una excelente materia prima que puede ser utilizada, mediante la tecnología de gasificación, en la generación de electricidad, reemplazando combustible fósil en plantas generadoras. El objetivo del presente trabajo es demostrar las posibilidades de la biomasa forestal para la producción de energía eléctrica mediante la tecnología de gasificación. El estudio se realizó en la comunidad aislada La Veguera, Guáimaro, Camagüey, teniendo en cuenta el potencial de biomasa de marabú existente mediante la instalación de una bioeléctrica de gasificación adquirida por el Proyecto Internacional Biomasa Marabú; primeramente se empleó *Dichrostachys cinerea* (L.) Wr. et Arn. y para garantizar la sostenibilidad de la materia prima, se estableció una plantación de dos especies energéticas *Eucalyptus pellita* F. Muell. y *Acacia mangium* Willd. Se obtuvo una generación de 823,5 kW para el servicio de 24 horas, con lo que se garantiza la electrificación de esta comunidad.

Palabras claves: Biomasa forestal, comunidad aislada, gasificación, bioeléctrica.

INTRODUCCIÓN

La biomasa es una fuente que puede ser usada para la producción de energía. Esta cubre un amplio rango de materiales y fuentes, tales como residuos de la industria forestal y la acuicultura, desechos urbanos y plantaciones energéticas, que se usan generalmente para procesos modernos de conversión que involucran la generación de energía a gran escala, enfocados hacia la sustitución de los combustibles fósiles (Urbáez *et al.*, 2007).

ABSTRACT

The biomass is an excellent matter and can be used, by means of the gasification technology, in the efficient generation of electricity, replacing fossil fuel in generating plants. The objective of the present work is to demonstrate the possibilities of the forest biomass for the electric power production by means of the gasification technology. The study was carried out in one isolated community so called "The Veguera" of Guáimaro, Camagüey, according to the potential existing of biomass from marabou (*Dichrostachys cinerea*) and the possibility of installation one bioelectric of gasification acquired from the International Project Marabu Biomass, In a first stage *Dichrostachys cinerea* (L.) Wr. et Arn and to guarantee the sustainability supply with new plantation of two energy species as *Eucalyptus pellet* F. Muell. and *Acacia mangium* Willd. A generation of 823,5 kW obtained for the service 24 hours with what the electrification of the community.

Key words: Forest biomass, isolated community, gasification, bioeléctrica.

del total de la energía consumida a nivel mundial (Urbáez *et al.*, 2007).

Los primeros estudios sobre la gasificación de la biomasa en Cuba tuvieron lugar en la primera mitad de la década de los noventa, por razones relacionadas con el período especial y la necesidad del país de enfrentar la carencia de suministro externo de combustible. En 2004, con la ejecución del Proyecto GEF/ONUDI, se inicia alguna transferencia de tecnología con la planta eléctrica de gasificación de biomasa en el poblado de Cocodrilo, con el propósito de electrificación, potencia 50 kWe, 2010; seguidamente la planta del aserradero El Brujo, con el propósito de autoabastecer energéticamente su proceso productivo y aportar a la red nacional, potencia 40 kWe, 2012, así como la planta de la Estación Indio Hatuey, con propósito demostrativo. Potencia 20 kWe, también el mismo año, planta eléctrica de gasificación de biomasa La Melvis, con el propósito de entregar electricidad a la red nacional, potencia: 500 kWe, 2014, y caldera acoplada a gasificador de biomasa en la Empresa de la Industria Alimentaria de la Isla de la Juventud. Propósito: sustitución de combustible fósil en el 2014 (Curbelo *et al.*, 2014).

Una de las demandas de energía no satisfecha más significativa es el aseguramiento del servicio eléctrico de calidad en hogares no conectados a la red. Aunque el nivel de electrificación de las viviendas en Cuba asciende a 97,85, se reporta que hay 82 597 viviendas no conectadas al SEN, y de ellas 42 392 no tienen servicio eléctrico alguno¹ (Curbelo *et al.*, 2014). Se debe entender como servicio eléctrico de calidad aquel que se presta las 24 horas del día con un voltaje y frecuencia constante de acuerdo con las normas establecidas y sin limitaciones que afecten el aseguramiento de las condiciones de vida aceptables y su uso con fines productivos. Sobre esta base, el uso de plantas de generación de electricidad por gasificación de biomasa resulta una opción a considerar seriamente, teniendo en cuenta las limitaciones de las soluciones alternativas basadas en fuentes renovables de energía para alcanzar estas exigencias.

Los datos disponibles permiten estimar que existe la biomasa necesaria para asegurar la

generación de la energía requerida aproximadamente en el 70 % de las comunidades no conectadas a la red eléctrica en el país. En cuanto a la capacidad de generación eléctrica a instalar, esta oscila entre los 10 kW y las 50 kW (Curbelo *et al.*, 2014). El objetivo del presente trabajo es demostrar las posibilidades de la biomasa forestal para la producción de energía eléctrica mediante la tecnología de gasificación.

MATERIALES Y MÉTODOS

Para la ejecución del trabajo se siguieron los siguientes pasos:

- Investigación sobre las comunidades posibles a aplicar esta tecnología.
- Investigación documental y práctica para conocer la existencia de materia prima (biomasa) para garantizar la sostenibilidad de la bioeléctrica.
- Definición de las potencialidades de *Dichrostachys cinerea* (L.) Wr. et Arn. (marabú) y otras especies energéticas para su empleo en la tecnología de gasificación.
- Determinación de las especificaciones de la materia prima a emplear para la mejor gasificación en la producción de energía eléctrica.
- Instalación y puesta en marcha de la bioeléctrica.
- Producción de energía eléctrica para la electrificación de la comunidad.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Características de la comunidad

Según datos de la Unión Eléctrica (UNE, 2010), en el municipio de Guáimaro existen cuatro comunidades aisladas al Sistema Eléctrico Nacional (SEN). Después de un análisis con el CAP de Camagüey y el CAM de Guáimaro, se decidió seleccionar la comunidad La Veguera, situada en el norte de la provincia de Camagüey, a 30 km del municipio de Guáimaro, como área de estudio e implementación de la tecnología de gasificación a partir de la biomasa forestal, por la importancia económica para el desarrollo ganadero de esta zona, siendo esta la principal fuente de empleo de sus pobladores.

Según el contexto social, la comunidad cuenta con 52 viviendas y 149 habitantes, además de varias instalaciones sociales como Sala de

¹ Censo de Población y Vivienda 2012. Informe Final www.onei.cu/infomenacional2012.htm tabla V.14, revisado el 15 de septiembre de 2014.

reuniones, Escuela primaria, Círculo social y Tienda de víveres (OBE Camagüey, 2012).

Potencial de materia prima (biomasa)

En correspondencia con los inventarios realizados por Bravo *et al.* (2015), se reportó que para un marabú medio existen 69 t/ha con diámetro de 5 cm y 93 t/ha para 6 cm y para ramas. En estos diámetros se reportaron de 50 y 68 t/ha, respectivamente.

En el municipio de Guáimaro existen 55 377 ha cubiertas de marabú según GEAM (2010), de ellas disponibles 12 736,7 ha. Teniendo en cuenta estos datos y considerando los requerimientos técnicos que deben cumplir la materia prima, para ser consumida por la bioeléctrica se pueden disponer de 2 063 345,4 t de biomasa verde.

Selección de las especies a emplear

Se definieron las especies para ser empleadas como materia prima para alimentar la bioeléctrica. En una primera etapa se empleará *Dichrostachys cinerea* (L.) Wr. et Arn. (marabú), por ser una planta invasora introducida de África, que está ocupando grandes extensiones de terreno y existe un plan para su eliminación para el uso de la tierra en la producción de alimentos. Su madera muestra características idóneas para

ser empleada como combustible, presenta alta densidad (1100 kg/m³), elevado poder calórico de 4358 kcal/kg (Guyat y Capote 2015), y cumple con los índices dasométricos necesarios para ser utilizada en el fin propuesto por no alcanzar grandes dimensiones. En la segunda etapa, para garantizar la sostenibilidad del proyecto y el funcionamiento permanente de la bioeléctrica, fueron seleccionadas el *Eucalyptus pellita* F. Muell. y la *Acacia mangium* Willd., especies propuestas en el Informe Nacional de Recursos Genéticos Forestales (Hechavarría y Manzanares, 2016), elegidas además por presentar rápido crecimiento, capacidad de rebrote, y teniendo en cuenta que las plantaciones con fines energéticos deben tener turnos entre cinco y siete años para su aprovechamiento. *Eucalyptus* en siete años puede alcanzar más de 10 m de altura y 11,9 cm de diámetro, y tiene una densidad de 600-800 kg/m³ (Betancourt, 2000), y un poder calórico 4456 kcal/kg (Guyat y Capote, 2015), según la propia autora; en este orden también se encuentra el poder calórico de *Acacia mangium* Willd.

Estas especies fueron producidas previamente en un vivero de tubetes (*Fig. 1*) y plantadas bajo un marco de plantación de 3 m x 3 m en 60 ha de una finca forestal constituida para garantizar su atención por el finquero (*Fig. 2*).



Figura 1. Vivero Forestal Biomasa para la producción de las posturas de *Eucalyptus pellita* F. Muell. y *Acacia mangium* Willd.



Figura 2. Plantación con especies energéticas.

Especificaciones de la biomasa forestal

Para obtener una gasificación de calidad, la biomasa como materia prima debe estar en óptimas condiciones, además de cumplir con otras especificaciones técnicas, como humedad inferior

al 25 %, de 30 a 45 días bajo condiciones de secado natural, al aire o bajo techo en la nave concebido para la protección de la materia prima, poseer entre 5 y 6 cm de diámetro para ser troceados a una longitud de 4-6 cm, facilitando así su consumo por el reactor (Fig. 3).

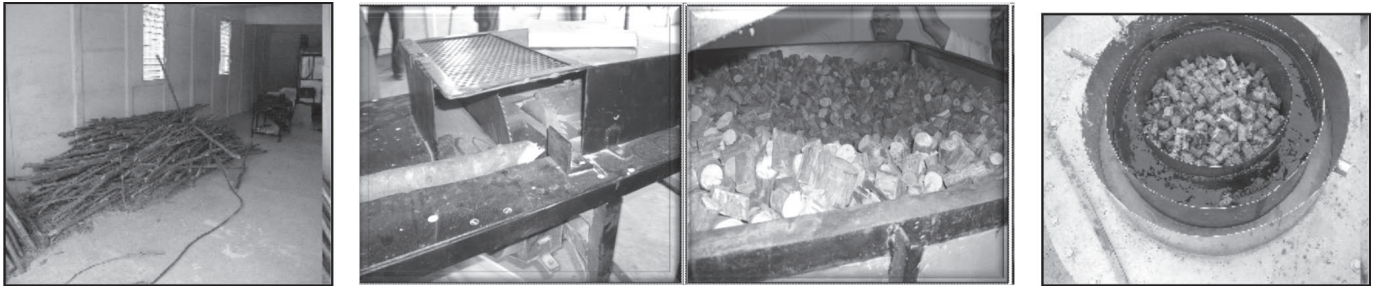


Figura 3. Almacén de la biomasa, sierra, trocitos y reactor.

Instalación y puesta en marcha de la bioeléctrica

La bioeléctrica adquirida por el Proyecto Internacional Biomasa Marabú de Tecnología Ankur COMBO WBG 80 con limpieza de los gases húmedos (Fig. 1) (Anexo), se instaló en el interior de una nave de 30 m x 10 m (300 m²), obra civil construida para la protección del flujo

tecnológico, la cual cuenta además con cuarto de descanso, baño, almacén y el espacio abierto para todos los equipos (Figs. 4, 5 y 6).

Por parte de la Organización Básica Eléctrica (OBE) se realizaron los trabajos de la instalación de la infraestructura necesaria en la comunidad para llevar la electricidad a cada casa y las instalaciones sociales existentes en la misma.



Figura 4. Identificación. Bioeléctrica.



Figura 5. Obra civil para la protección del flujo tecnológico de la bioeléctrica.



Figura 6. Interior de la nave con el equipamiento tecnológico.

Se determinó por especialistas de la Unión Eléctrica Nacional (UNE) y Empresa de Ingeniería de Proyectos INEL (Rodríguez *et al.*, 2012), instalar la bioeléctrica de 40 kWe de potencia a partir de los siguientes parámetros de consumo y seguridad:

- Demanda instalada por vivienda de 1,4 kWh.
- Servicio por 24 horas.
- Consumo por vivienda de 33,6 kWh por día.
- El 10 % de la electricidad generada es insumo de la planta.
- Factor de coincidencia en horario pico el 40 %.
- Margen de seguridad el 20 %.

El microsistema requirió en la infraestructura una línea local para su funcionamiento. La puesta en marcha y la asistencia técnica se realizó con apoyo del proveedor y los especialistas de la Agencia Nacional de Cubaenergía, que además se encargaron de capacitar a los operadores para tres turnos de trabajo y funcionamiento ininterrumpido durante 24 horas.

Producción de energía eléctrica

Cumpliendo los requerimientos de la materia prima, tales como 15 % de humedad y 1100 kg/m³ de densidad (1,1 t/m³) y la bioeléctrica consume 60 kg/h (0,06 t/h), será necesario 1,4 t de materia prima para un día de generación (0,06 x 24) equivalente a 1,3 m³/día.

Teniendo en cuenta lo planteado por Paredes y Padrón (2015) que 1 t de marabú produce 588,24 kWh, equivalente a 1,4 t, generando un total de 823,5 kW para un servicio de 24 horas (Tabla 1).

Tabla 1. Generación de electricidad en la bioeléctrica a partir del marabú

Tiempo (días)	Marabú (t)	Electricidad generada (kW)
1	1,4	823,5
7	9,8	5764,7
30	42	24 706,1
340	476	280 002,2

Para garantizar la sostenibilidad de la materia prima como combustible, las 60 ha de plantaciones de *Eucalyptus pellita* F. Muell. y *Acacia mangium* Willd., especies energéticas con poder de rebrote, serán aprovechadas en turnos de seis años, si se considera que la densidad de estas especies está en el orden de 640 kg/m³ \approx 0,640 t/m³.

En un turno de corta de seis años, con un incremento medio anual de 15 m³/ha/año, (MINAG, 1985) se obtendría alrededor de 90 m³/ha/turno (57,6 t/ha/turno).

Como la bioeléctrica instalada consume 60 kg/h, para 24 horas de servicio necesitaría 1440 kg (1,4 t/día), y para 340 días al año es necesario 476 t/año equivalente a 8,3 ha/año.

En Cuba la experiencia sobre electrificación de comunidades aisladas es limitada; solo se cuenta con el caso de una bioeléctrica de 50 kWe de potencia, instalada en Cocodrilo, en la Isla de la Juventud, que fue puesta en marcha en 2010, pero con carácter dual con empleo de diésel al 25 % (grupo electrógeno) y con biomasa proveniente de bosques naturales el 75 % (Cruz, 2014). En este caso la bioeléctrica se alimentará con el 100 % de biomasa forestal.

Valoración de los beneficios

Con el empleo de biomasa forestal como combustible para la electrificación de la comunidad aislada La Veguera, mediante la tecnología de gasificación mejora la calidad de vida de la población, no solo por emplear un recurso natural renovable, no contaminante, sino además por la generación de fuentes de empleo para los pobladores de dicha comunidad, no solo para los hombres que trabajan directamente en los tres turnos de trabajo diarios en la bioeléctrica, sino también para mujeres que trabajan directamente atendiendo las plantaciones energéticas. Como es una zona ganadera, se podrá refrigerar la leche que en esta comunidad se produce.

El logro de este propósito es que se puede aplicar en cualquier comunidad del país carente también del servicio eléctrico y que solo de forma local mediante el empleo de las energías renovables se le puede dar solución.

CONCLUSIONES

- Con el empleo de la biomasa de marabú en una primera etapa se demuestra que mediante la tecnología de gasificación se logra solucionar de forma local la carencia del servicio eléctrico en la comunidad aislada La Veguera.
- Se demostró que con el suministro diario de 1,4 t de marabú se generaron 823,5 kW necesarios para suministrar el servicio eléctrico

durante 24 horas para las 52 viviendas y demás instalaciones sociales.

- Para que la bioeléctrica trabaje 340 días al año, necesita 476 t de marabú, los cuales generan un total de 280 002,2 kW.
- Experiencias como estas pueden replicarse en comunidades aisladas en las que sea inviable su conexión al Sistema Electroenergético Nacional.

BIBLIOGRAFÍA

- Betancourt, A. 2000. Árboles maderables exóticos en Cuba. La Habana. Editorial Científico-Técnica. 352 p.
- Bravo, J. A. *et al.* 2015. Metodología para el inventario y cuantificación de la biomasa total verde con corteza y por componentes de la vegetación de *Dichostachys cinerea* (L.) Wight et Arm. (marabú). 44 p.
- Curbelo A. *et al.* 2014. Energías Renovables para el Desarrollo Sostenible: Gasificación de Biomasa. Oportunidades de la gasificación. Caso Cuba. Taller de Cierre Proyecto Internacional: GEF/ONUDI GP-CUB/05/001. 10p.
- GEAM. 2010. Resumen Inventario Nacional de las áreas infestadas de Marabú. La Habana. MINAG. 20 p.
- Guyat, M. A.; Capote, V. 2015. Determinación del poder calorífico de especies forestales que crecen en Cuba. *Revista Forestal Baracoa* (CU) 34(1): 105-110.
- Hechavarría, O.; Manzanares, K. 2016. Primer informe Nacional de Recursos Genéticos Forestales. La Habana. INAF. 262 p.
- MINAG. 1985. Proyecto de Organización y Desarrollo de la Economía Forestal. 20p.
- Organización Básica Eléctrica Camagüey. 2012. Informe de la dirección de Generación de emergencia y fuentes renovables de energía. 5 p.
- Paredes, L.; Padrón, R. 2015. Potencialidades de la biomasa de la especie *Dichostachys cinerea* (L.) Wight et Arm. (marabú) para la generación de electricidad. Estudio de Caso. *Revista Forestal Baracoa* (CU) 36(2):97-102.
- Rodríguez, A. *et al.* 2012. Informe sobre la estimación preliminar del valor de inversión requerido para la electrificación de la comunidad aislada La Veguera en el municipio Guáimaro, provincia de Camagüey. Dirección de Generación de Emergencia y Fuentes de Energías Renovables. UNE- MINEM. 2 p.
- Unión Eléctrica Nacional. 2010. Asentamientos no vinculados al SEN y servicio que reciben. Dirección de generación de emergencia y fuentes de energías renovables. 2 p.
- Urbáez, C. L. *et al.* 2007. Biomasa: alternativa sustentable para la producción de Biogás. Dpto. Química. Universidad de Pinar del Río. Disponible en: <http://www.monografias.com/trabajos48/biomasa/biomasa2.shtml#ixzz3aDogajDn>.

RESEÑA CURRICULAR

Autora principal: Lizeyda Paredes Morejón

Ingeniera Forestal, Máster en Ciencias Forestales, Investigadora Agregada del Instituto de Investigaciones Agro-Forestales, su labor investigativa ha estado dirigida en las temáticas de mejoramiento genético, introducción de especies, prueba de procedencias, aceites esenciales y resinas, cadenas productivas y aspectos de la bioseguridad dentro de la gestión ambiental. Ha dirigido proyectos nacionales de biocombustibles, ha trabajado en proyectos internacionales sobre dendroenergía y uso de las fuentes renovables de energía, especies energéticas, y publicado varios artículos científicos. Ha participado activamente en eventos nacionales e internacionales, tanto fuera como dentro del país, con resultados relevantes.

Instituto de Investigaciones Agro-Forestales

SERVICIOS CIENTÍFICO-TÉCNICOS

Silvicultura

- Evaluación de proyectos o de áreas establecidas para la protección de cuencas hidrográficas.
- Evaluación de proyecto o áreas establecidas para sistemas agroforestales.

Protección y genética forestal

- Fenología forestal.
- Estudio sobre las causas, métodos y protección contra incendios forestales.
- Metodología para la creación de fincas especializadas en la producción de semillas mejoradas.

Tecnología y aprovechamiento de la madera

- Propiedades físico-mecánicas de la madera y definición de usos.
- Identificación de especies maderables.
- Conservación de la madera por métodos físico-químicos.
- Caracterización química elemental de la madera.
- Caracterización y recomendaciones de usos de especies maderables.

EVALUACIÓN DE LOS IMPACTOS DEL CAMBIO CLIMÁTICO Y ESTRATEGIA DE ADAPTACIÓN PARA LA EMPRESA FORESTAL INTEGRAL MATANZAS, PROVINCIA DE MATANZAS, CUBA

EVALUATION OF CLIMATE CHANGE IMPACTS AND ADAPTATION STRATEGY FOR FORESTRY ENTERPRISE MATANZAS, MATANZAS PROVINCE, CUBA

DRA. OSIRIS ORTIZ-ÁLVAREZ¹, DR. ARNALDO F. ÁLVAREZ-BRITO² Y ESP. LOURDES GÓMEZ-PULIDO¹

¹ Instituto de Investigaciones Forestales. UCTB Itabo. Martí, Matanzas, Cuba.

² Instituto de Investigaciones Forestales. UCTB Investigación e Innovación Tecnológica.
Calle 174 no. 1723 e/ 17B y 17C, Siboney, Playa, La Habana, Cuba,
archie@forestales.co.cu

RESUMEN

A partir del proyecto de ordenación y los escenarios del país, la EFI Matanzas fue sometida a una evaluación de los impactos esperables como consecuencia del cambio climático, incluyendo el aumento del nivel del mar. Los resultados indican una elevada vulnerabilidad a tales impactos, que pudieran originar pérdidas de madera superiores a 405 300 m³, con valor superior a los 17,4 millones de pesos y emisiones de CO₂ mayores de dos millones de toneladas. Se ha propuesto una estrategia de adaptación que incluye tres acciones específicas y una general, destinada a la preparación de su Programa de Enfrentamiento al Cambio Climático, centrando el desarrollo del programa en la experiencia de las instituciones científicas y docentes locales, resaltando la conveniencia de una posición proactiva que permita prepararse para, aun bajo esas condiciones, continuar cumpliendo la misión social que le fuera asignada por el Estado.

Palabras claves: *Cambio climático, bosques, impactos, adaptación.*

ABSTRACT

From the management project and scenarios used in the country, the EFI Matanzas has been subjected to an assessment of the expected impacts from climate change, including the rising sea level. Results indicate a high vulnerability to such impacts, which could result in losses in excess of 405,3 thousands of cubic meters of wood, with values in excess of 17,4 million Cuban pesos (CUP) and emissions of wood CO₂ over two million tons. It has been proposed an adaptation strategy that includes three specific actions and another one general, for the preparation of its Program to Face Climate Change, centering its develop on the use of existing experience in scientific and local educational institutions, indicating the desirability of a proactive position, allowing it to prepare for, even under these conditions, continue to fulfill the social mission that was assigned by the State.

Key words:

INTRODUCCIÓN

La subida proyectada del nivel medio del mar durante los próximos cien años, de conjunto con un mayor desarrollo costero, tendrá impactos negativos sobre los litorales. Esto, a su vez, incrementará la vulnerabilidad del medio ambiente costero al reducir la resistencia de las barreras naturales y aumentar el costo de la adaptación. Dado que la gravedad habrá de

variar a nivel regional, el problema más grave para algunos de los pequeños Estados insulares será determinar si tendrán, dentro de sus propias fronteras nacionales, capacidad para adaptarse a la subida del nivel medio del mar. Por su parte, tales proyecciones se han visto confirmados en el caso de Cuba, donde diversos estudios realizados en el marco de la Segunda

Comunicación Nacional a la Convención Marco de Naciones Unidas sobre Cambio Climático (Rep. Cuba, 2015) han reiterado los impactos que ya vienen registrándose en el país y en especial en su patrimonio forestal (Planos y col. 2012; Álvarez, Mercadet y col., 2011) como consecuencia del aumento del nivel medio del mar.

Este conjunto de argumentos sugirió la conveniencia de ampliar las evaluaciones iniciadas sobre los impactos esperables como consecuencia del cambio climático al resto de las empresas forestales del país, razón que dio origen

al presente informe, dedicado en particular a la valoración de los impactos esperables en la Empresa Forestal Integral (EFI) Matanzas.

MATERIALES Y MÉTODOS

La EFI Matanzas está ubicada en la provincia de igual nombre, por lo que sus límites geográficos son, al norte, el Océano Atlántico; al sur la EFI Victoria de Girón; al este la provincia de Villa Clara y al oeste la provincia de Mayabeque (Fig. 1).

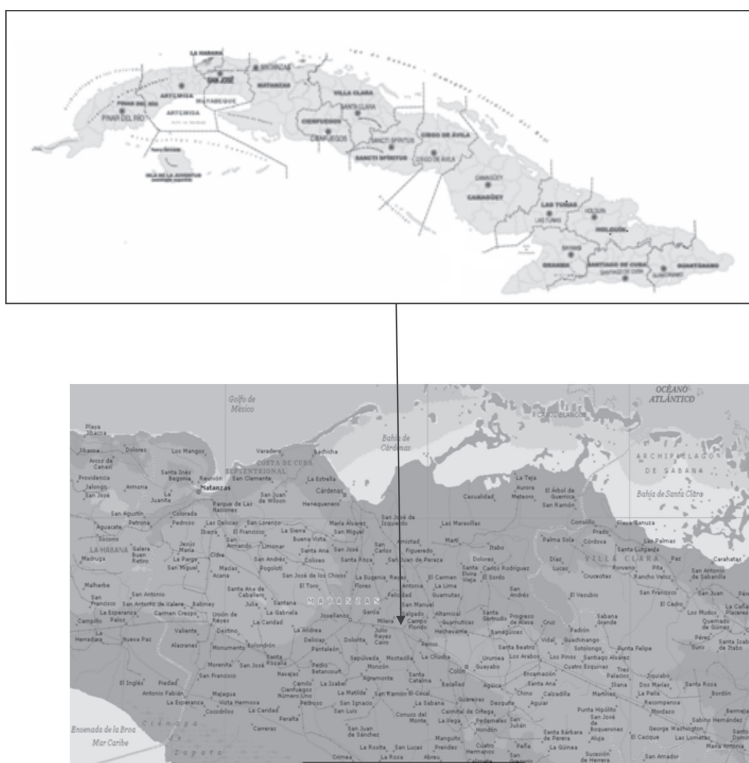


Figura 1. Provincia donde está ubicada la EFI Matanzas.

Por su posición geográfica la empresa está incluida en una de las regiones de Cuba algo amenazada y azotada por huracanes en la temporada ciclónica (junio-noviembre) (Limia, Vega y Pérez, 2007). Según el Instituto Nacional de Recursos Hidráulicos (INRH), la precipitación media anual de la provincia es de 1423 mm, con una mínima de 34 mm en diciembre y una máxima de 234 mm en junio (INRH, 2012), mientras que el Instituto de Meteorología (INSMET) ha reportado que la temperatura media máxima anual es de 30,8 °C, variando entre 30,6 (Jovellanos) y 31,2 °C (Jagüey Grande); la temperatura media mínima anual es de 18,8 °C,

variando entre 18,2 (Perico) y 19,5 °C (Unión de Reyes); la humedad relativa media anual es del 78 %, variando entre el 76 % (Unión de Reyes) y 79 % (Perico), y los vientos predominantes son del ENE, con una velocidad media anual de 5,7 km/h, variando entre 4,5 km/h (Jovellanos) y 6,7 km/h (Colón) (INSMET, 2010).

La provincia presenta 40 cuencas hídricas superficiales situadas mayoritariamente al norte del parteaguas, de las que una es de interés provincial: Canímar, ubicada al noroeste de la provincia, en tanto que otras siete cuencas hídricas subterráneas se distribuyen en el territorio, de las que las primeras cinco tienen libre

intercambio con el mar al norte de la provincia y una, que es de interés nacional (Ciénaga de Zapata, situada fuera del patrimonio de la empresa) intercambia con el mar al sur (Figs. 2 y 3) (INRH, 2012a).

El suelo predominante al norte del parteaguas provincial es Ferralítico Rojo Típico (Inst. Sue-

los, 1980), con una alta velocidad de infiltración, lo que ayuda a alimentar las cuencas subterráneas que constituyen la reserva de agua de la provincia, las que pudieran verse afectadas tanto por la disminución del acumulado anual de lluvias como por el avance tierra adentro de la intrusión salina.



Figura 2. Cuencas hídricas superficiales (una de interés provincial: Canímar).

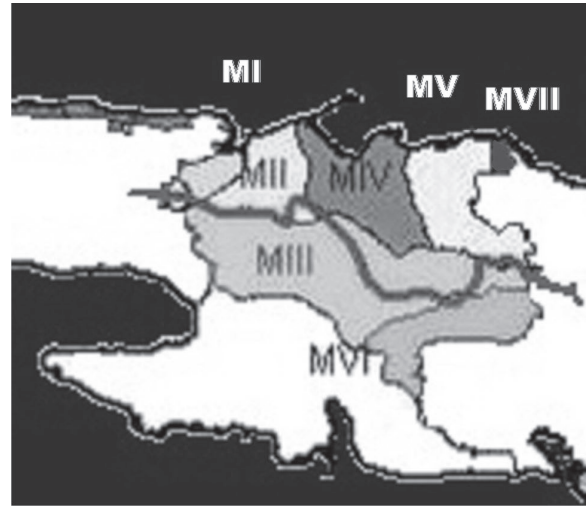
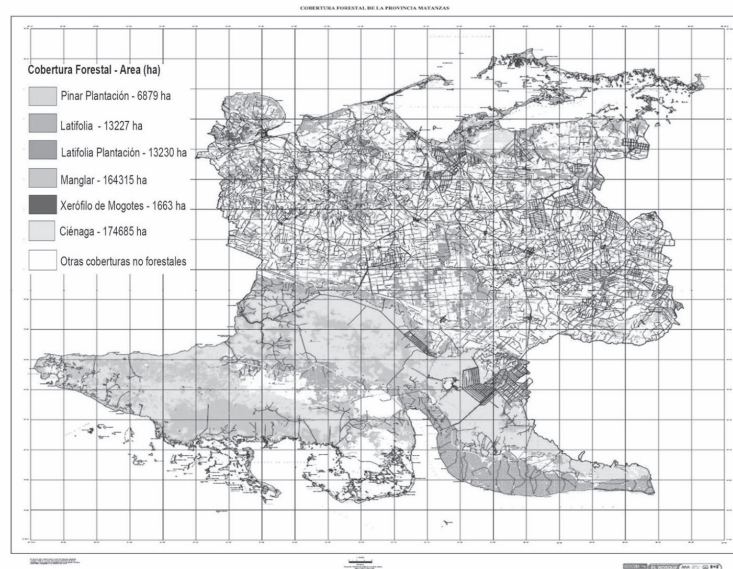


Figura 3. Cuencas hídricas subterráneas (una de interés nacional: MVI-C. de Zapata).

El patrimonio forestal de la provincia comprendía 587 798,8 ha al término de 2010 (Direc. Forestal, 2011), el mayor en superficie del país, de las que 355 148,4 ha estaban cubiertas por

bosques, con un área inforestal de 211 754,3 ha (94,4 % de cobertura neta del patrimonio), con la distribución espacial presentada en la Fig. 4 (Direc. Forestal, 2012).



(Fuente: Dirección Forestal, Ministerio de la Agricultura. (MINAG). 2012)

Figura 4. Distribución espacial del patrimonio forestal de la provincia de Matanzas.

La empresa, con un patrimonio de 66 206,2 ha, al término del año 2013 tenía la siguiente composición (Fuente: Dpto. Técnico EFI Matanzas):

- Bosques naturales mayoritarios (40 971,5 ha con 1 839 429,2 m³), con las formaciones Manglar (3 064,8 ha y 130 304,9 m³), Manigua costera (24 636,1 ha con 1 030 907,1 m³), Semideciduo sobre suelos ácidos (1 278,4 ha con 86 931,2 m³), Semideciduo sobre suelos calizos (11 389,7 ha con 576 420,1 m³), Semideciduo sobre suelos de mal drenaje (153,5 ha con 5 930,9 m³) y Uveral (449,0 ha con 8 935,1 m³).
- Cuatro categorías en bosques naturales: Productor (16 581,4 ha con 826 967,6 m³), Protector de Agua y Suelo (5 236,5 ha con 241 375,0 m³), Protector del Litoral (19 092,6 ha con 768 597,9 m³) y Protector de Flora y Fauna (61,0 ha con 2 488,8 m³).

- Las plantaciones establecidas (10 129,8 ha con 599 609,2 m³) estaban integradas por 19 especies (10 introducidas al país y una desde otra provincia), y en ellas predominaban *Pinus caribaea* Morelet var. *caribaea* Barret y Golfari (pino macho) (6875,7 ha con 433 169,1 m³), *Calophyllum antillanum* Britt. (ocuje) (1471,3 ha con 58 852,0 m³), *Casuarina equisetifolia* Forst. (casuarina) (671,6 ha con 40 967,6 m³) y *Eucalyptus* sp. (670,7 ha con 47 619,7 m³).

El área empleada para la evaluación de los impactos del aumento del nivel medio del mar (NMM) y del avance de la intrusión salina en los acuíferos subterráneos comprendió al norte de la provincia los municipios de Matanzas, Cárdenas y Martí, Unidades Silvícolas Matanzas (comprende los municipios de Matanzas y Cárdenas) y Martí (Jiménez, 2012) (Fig. 5).



Figura 5. Distribución de los municipios en la provincia.

El análisis de los impactos esperables por el aumento del NMM sobre los lotes de la empresa (Fig. 6) fue realizado con el escenario de emisiones A1C (IPCC, 2001) para una sensibilidad climática alta (4,2 °C), con las proyecciones de aumento del NMM para Cuba en los años 2050 y 2100 (Modelo MAGICC/SCENGEN, versión 4.1; IPCC, 2001), según lo reportado por Salas (2008) y por los resultados presentados por la Agencia de Medio Ambiente (AMA) en el Macroproyecto (AMA, 2010) (Fig. 7), mientras que el análisis de la

penetración horizontal de la intrusión salina en los acuíferos subterráneos como consecuencia del aumento del NMM fue realizado a partir de lo reportado por el INRH (2011), al señalar que los escenarios de variación de la penetración actual indicaban avances de 3 y 5 km para el 2050 y 2100, respectivamente (Fig. 8).

En el caso de la pérdida de bosques costeros por aumento del nivel del mar, el cálculo de las emisiones de CO₂ esperables fue realizado repartiendo proporcionalmente el área y

volumen en pie reportado para el lote, según su composición de especies, asignando a la especie principal el doble que al resto.

El cálculo del carbono existente en la biomasa del bosque se realizó para cada lote del patrimonio

de la empresa, convirtiendo el volumen de fuste en biomasa de fuste con el empleo de la densidad básica promedio, estimada a partir de las especies reportadas en cada lote por el proyecto de ordenación.

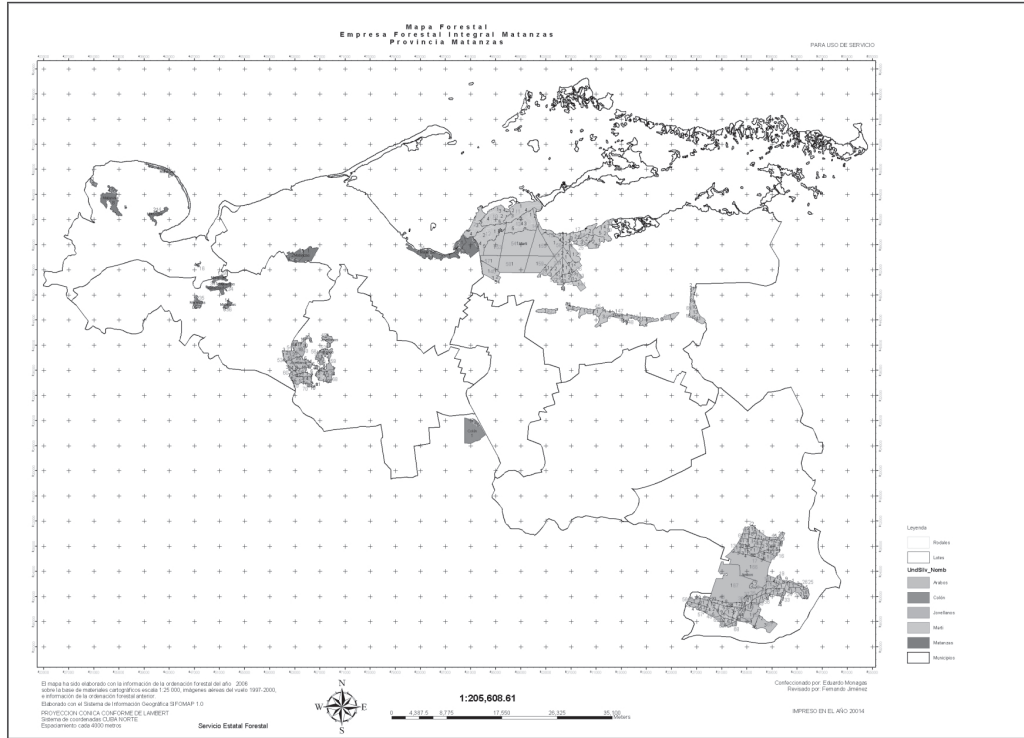


Figura 6. Distribución de los lotes forestales de la EFI Matanzas.

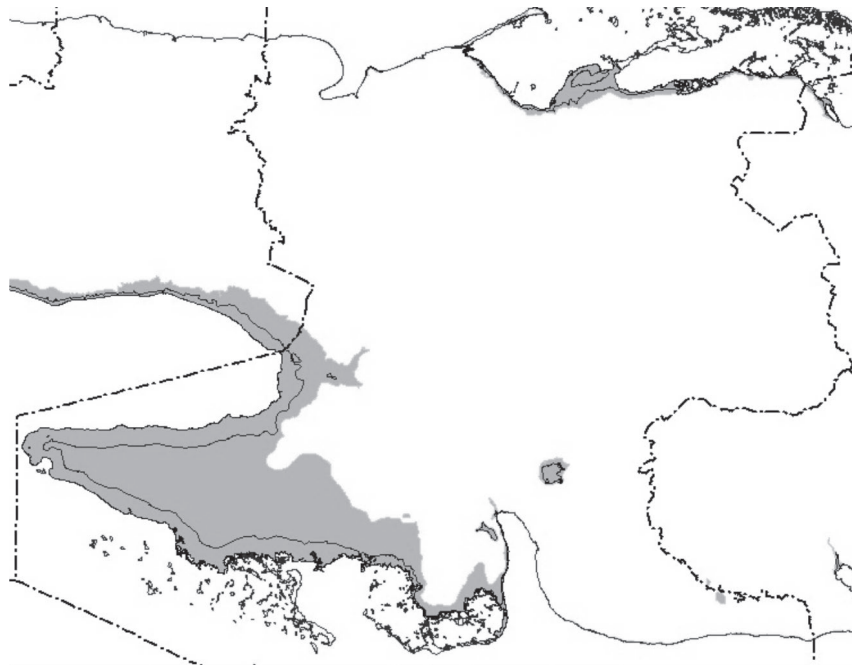


Figura 7. Resultados del aumento del NMM en 2050 y 2100 (AMA, 2010).

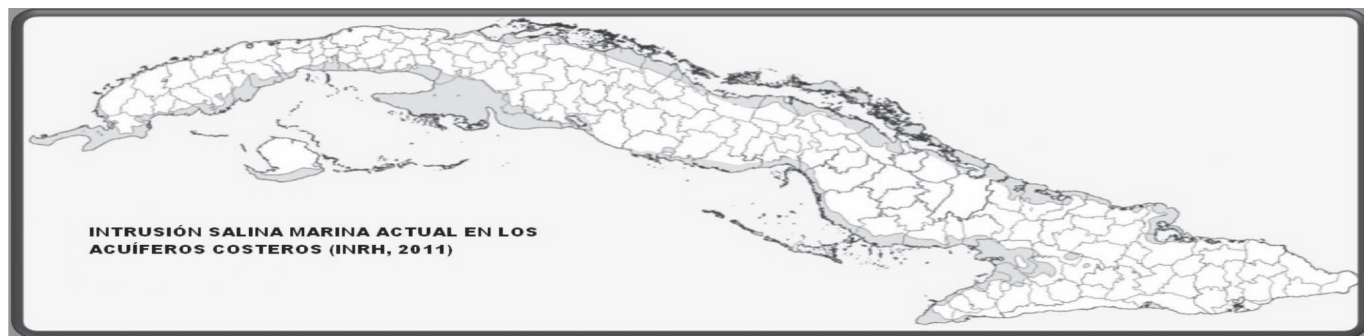


Figura 8. Penetración actual de la intrusión salina en los acuíferos subterráneos (INRH, 2011).

A partir de la biomasa de fuste por unidad de superficie fue calculado el factor de expansión de la biomasa y con él la biomasa aérea, a la que se añadió un tercio de su valor para obtener la biomasa total del lote (Mercadet y Álvarez, 2009).

Para el cálculo del contenido de carbono fue empleado como coeficiente 0,4688 (Mercadet *et al.*, 2005) y para su conversión en CO₂, el factor 44/12 (IPCC, 2006), según las expresiones siguientes:

$$BF = DBP \cdot VF \quad [1]$$

$$BUF = BF \cdot S^{-1} \quad [2]$$

$$FEB = e^{(3,213 - 0,506 \ln BUF)} \quad [3]$$

$$BA = BF \cdot FEB \quad (3,00 \geq FEB \geq 1,74) \quad [4]$$

$$BT = BA + 0,3 BA \quad [6]$$

$$C = 0,4688 \cdot BT \quad [7]$$

$$CO_2 = 3,6667 \cdot C \quad [8]$$

donde:

DBP: Densidad básica promedio (758 t/m³) (Fors, 1975; Soler, 2001 e IPCC, 2006)

VF: Volumen de fuste (m³)

BF: Biomasa de fuste (t)

S: Superficie del lote (ha).

BUF: Biomasa unitaria de fuste (t/ha)

FEB: Factor de expansión de la biomasa (s/u)

BA: Biomasa aérea (t)

BT: Biomasa total (t)

C: Contenido de carbono en la biomasa (t)

CO₂: Cantidad de dióxido de carbono emitido (t)

RESULTADOS

1. Evaluación de los impactos

a) Impacto por el aumento del nivel medio del mar (NMM)

El análisis cualitativo del aumento del NMM obtuvo los resultados presentados en las Figs. 9 y 10. De cumplirse los escenarios empleados, la mayor parte de la superficie y existencias de madera hoy existentes en los lotes costeros de las unidades silvícolas Martí y Matanzas quedarán cubiertos por el mar a lo largo del presente siglo y los bosques costeros; si son capaces de adaptarse a la velocidad de ocurrencia de la penetración del mar, presentarán a fines del siglo una distribución espacial muy diferente a la actual y probablemente una composición de especies también distinta.

En términos cuantitativos, al término del siglo XXI el aumento esperable del NMM representará para la EFI Matanzas la pérdida por inundación de una superficie estimada en 9945,91 ha de su patrimonio actual (equivalente al 15,02 % del total), y con ello también la muerte de los bosques en ella existentes, equivalentes a la pérdida de 405 281,3 m³ de madera (16,62 % de las existencias totales a fines de 2013), mayormente en áreas categorizadas como protectoras del litoral.

La composición de la superficie que cubriría el mar comprende 6690,94 ha de bosques naturales (67,27 % del total que se perderá), 7,29 ha de bosques artificiales (0,07 %) y 3247,68 ha de áreas inforestales (32,65 %).

Los detalles de los impactos esperables por unidad silvícola y lote en términos de superficie y volumen de madera en pie se presentan en la Tabla 1.

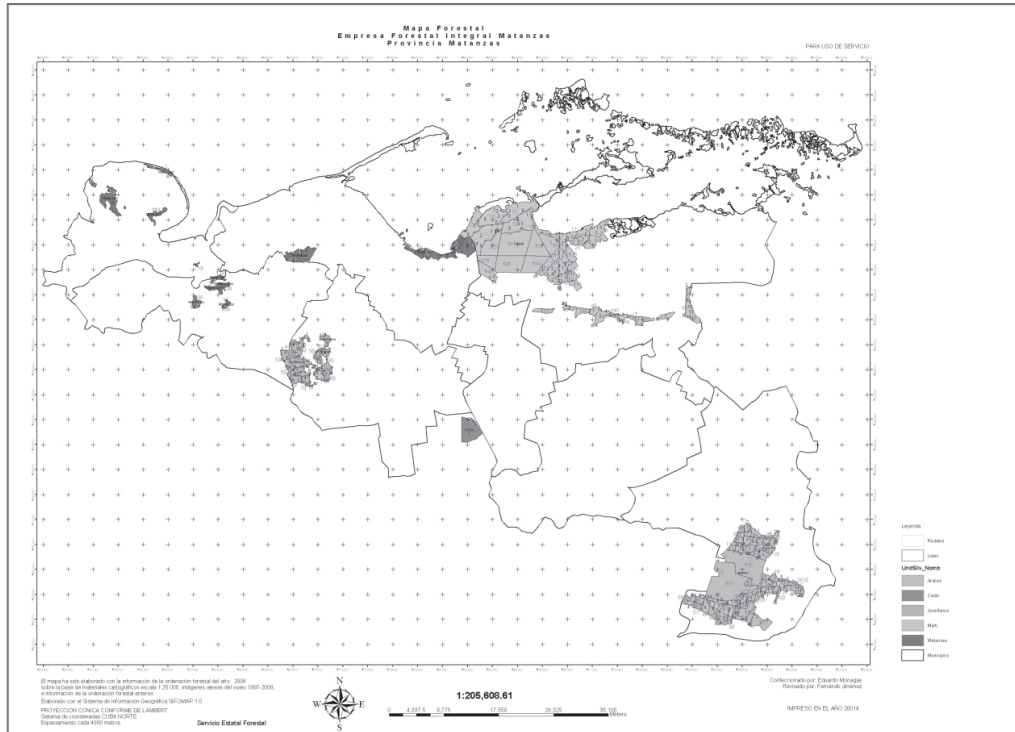


Figura 9. Distribución de las unidades silvícolas de la EFI Matanzas.

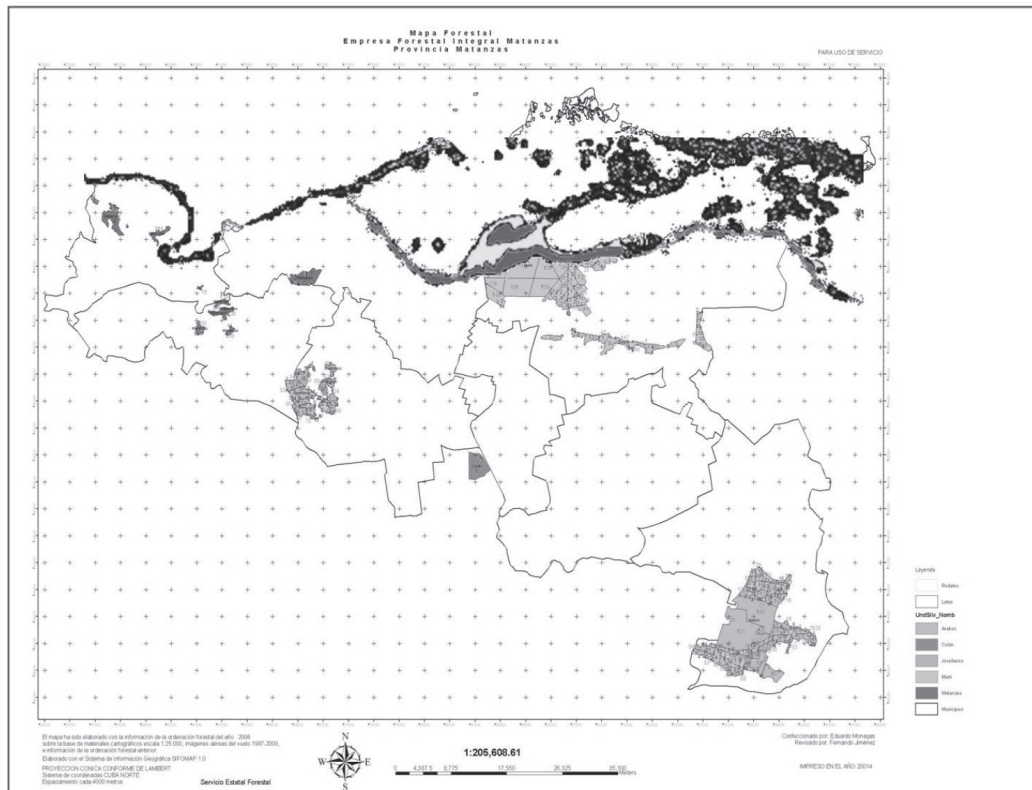


Figura 10. Impacto del aumento del NMM en 2050 (negro) y en 2100 (gris).

En términos económicos, el valor de la madera existente en las áreas que serían afectadas por el aumento del NMM varía en dependencia de la especie y del objetivo final de uso; sin embargo, considerando como objetivo final la producción de leña, que es un uso aplicable a todas las

especies y que cuenta con el más bajo precio de comercialización de todos los surtidos maderables (18,00 CUP/m³ estereo; 1 m³ estereo = 0,42 m³ sólido)¹, las afectaciones económicas esperables en el patrimonio que administra la empresa superarían los 17,37 millones CUP.

Tabla 1. Impactos esperables a fines del siglo XXI como consecuencia del aumento medio del nivel del mar

Unidad silvícola	Lote	Composición de la superficie (ha)					Volumen (m ³ x 10 ¹)	Carbono biomasa (t x 10 ⁻³)	Form. Princ.
		Total	Bosque natural	Bosque artificial	Deforest.	Inforest.			
Martí	2	735,95	735,95				5287,99	73,28	Manglar
	10	963,64	952,71			10,93	4892,36	67,80	Manglar
	11	998,01	739,63			258,38	3856,31	53,44	Manglar
	12	1139,05	610,10			528,95	3149,17	43,64	Manglar
	13	1145,60	762,80			382,80	3501,33	48,52	Manglar
	14	188,81	183,90			4,91	903,71	12,52	Manglar
	15	188,12	188,12				972,99	13,48	Manglar
	18	282,97	282,97				2555,46	34,57	Manglar
	19	569,08	558,60			10,48	4304,96	59,66	Manglar
	16	157,46	15,08	7,29		135,09	114,00	1,52	Manglar
	25	73,96	62,31			11,65	661,02	8,24	Manglar
	26	93,67	93,67				932,09	12,01	Manglar
	27	119,86	119,86				1008,84	13,98	Manglar
	53	816,01				816,01			
	54	614,54				614,54			
	56	326,27				326,27			
	<i>Subtotal</i>	8413,01	5305,71	7,29	0,00	3100,01	32 140,22	442,69	
Matanzas	24	238,48	238,48				1171,891	16,24	Manglar
	25	241,32	231,92			9,40	1447,18	20,06	Manglar
	26	355,49	217,22			138,27	1075,41	14,90	Manglar
	27	548,20	548,20				3819,40	52,93	Manglar
	28	149,41	149,41				874,02	12,11	Manglar
		<i>Subtotal</i>	1532,90	1385,23	0,00	0,00	147,67	8387,91	116,25
TOTAL		9945,91	6690,94	7,29	0,00	3247,68	40 528,13	558,93	

Además, en adición a las pérdidas materiales y económicas antes señaladas, se producirá una paulatina descomposición de toda la biomasa que compone esos recursos forestales, con la consiguiente emisión de unos dos millones de toneladas de CO₂.

b) Impacto por el aumento de la intrusión salina en los acuíferos subterráneos

Toda la costa norte de Matanzas está afectada por la intrusión salina actual, y muy especialmente el municipio de Martí (Figs. 11 y 12).

¹ Grupo Empresarial Agricultura de Montaña, Dirección de Industrias. Abril de 2014.

Tomando en consideración lo que muestra la Fig. 12, ya en la actualidad casi todos los lotes de la unidad silvícola Martí (exceptuando los lotes 37 al 39, 41 al 51 y el 60), más los lotes

24 al 28 de la unidad silvícola Matanzas, se encuentran en áreas donde la intrusión salina en los acuíferos subterráneos alcanza o supera el límite de $1 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1} de sales.$

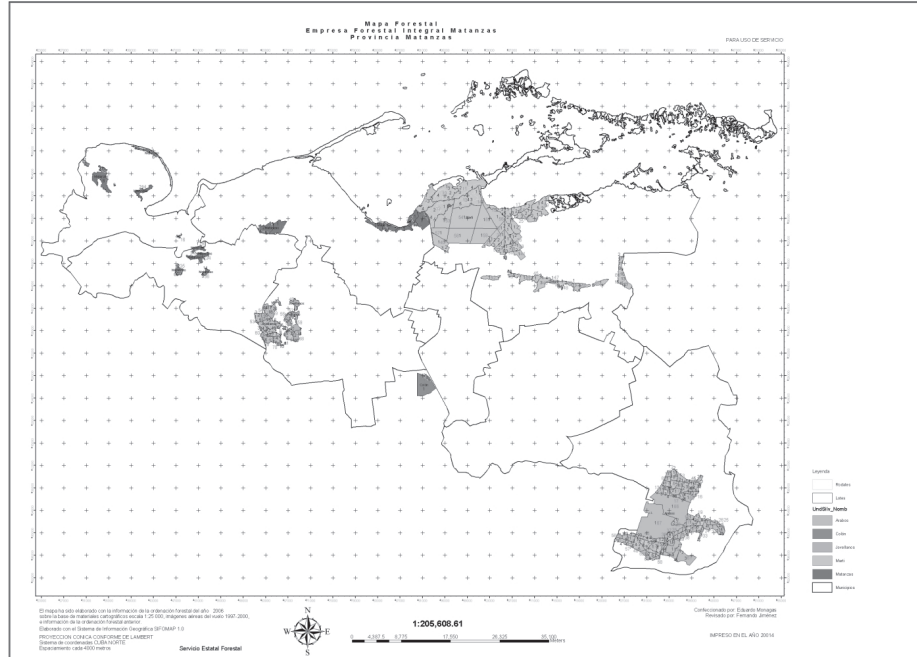


Figura 11. Distribución de las unidades silvícolas de la EFI Matanzas.

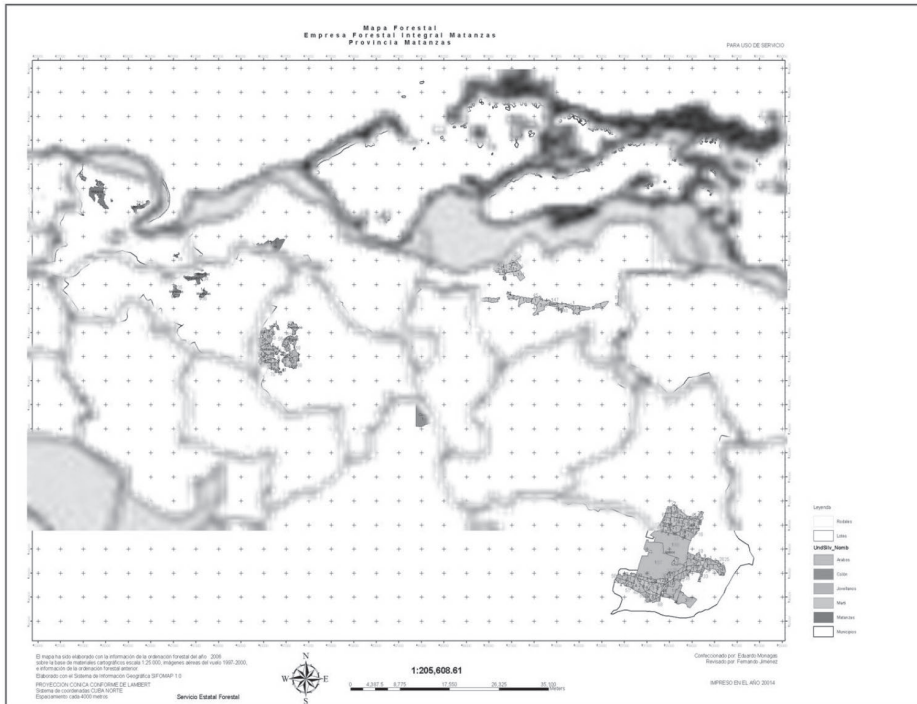


Figura 12. Penetración horizontal actual de la intrusión salina en la costa norte de la provincia de Matanzas.

Por tal motivo, el aumento futuro del NMM producirá un progresivo incremento de la intrusión salina actual en los acuíferos subterráneos, tanto horizontalmente, con un avance de hasta 5 km en profundidad (INRH, 2011) que afectará entonces a parte de los lotes hoy exentos de la unidad silvícola Martí (37 al 39 y 41), como verticalmente, con una elevación de la concentración de sales en las zonas donde está situado el patrimonio forestal costero de la empresa.

En el patrimonio de la unidad silvícola Martí que se verá afectada por el avance de la intrusión salina hoy están reportadas 772,72 ha de bosques semicaducifolios (62 % de ellos sobre

suelos calizos y el resto de mal drenaje) con 55 048,1 m³ de madera (Tabla 2), cuya composición de especies no es común que esté adaptada a enfrentar altos tenores salinos en las aguas subterráneas, por lo que cabría esperar que junto con la pérdida de territorio que origine el aumento del nivel del mar, en una parte considerable de esa unidad silvícola ocurra un cambio en la composición de especies de los lotes como consecuencia, por una parte, de la migración de los manglares tierra adentro, y por otra parte por la pérdida de las especies menos adaptadas a la salinidad en las formaciones semicaducifolias.

Tabla 2. Lotes que se verán afectados como consecuencia del aumento de la intrusión salina en los acuíferos subterráneos

Unidad silvícola	Lote	Composición de la superficie (ha)			Volumen (m ³ x 10 ⁻¹)	Formación principal
		Total	Bosque natural	Bosque artificial		
Martí	10	224,09	224,09		1345,88	Semicaducifolio sobre suelos calizos
	11	217,52	217,52		992,54	Semicaducifolio sobre suelos calizos
	13	23,72	23,72		142,49	Semicaducifolio sobre suelos calizos
	16	14,58		14,58	75,05	Semicaducifolio sobre suelos calizos
	37	206,26	166,22	40,04	1888,06	Semicaducifolio sobre suelos mal drenados
	40	86,54		86,54	1060,79	Semicaducifolio sobre suelos mal drenados
TOTAL		772,72	631,55	141,16	5504,81	

2) Estrategia de adaptación

A partir de la evaluación de los impactos realizada a la EFI Matanzas, la estrategia de adaptación propuesta incluye acciones destinadas a disminuir los efectos negativos de dos componentes asociados al cambio climático: aumento del nivel del mar y aumento de la intrusión salina en los acuíferos subterráneos.

La única barrera terrestre natural con que cuentan los pequeños Estados insulares para atenuar en magnitud y dilatar en tiempo los efectos negativos del aumento del nivel del mar y sus consecuencias en la intrusión salina son los bosques destinados a la protección del litoral, y en la medida en que aumente la reforestación de sus áreas, mayor será la disminución de estos impactos.

La provincia de Matanzas registraba al término de 2010 un total de 298,8 ha de Áreas Protectoras del Litoral pendientes de reforestar, de las que 40,7 ha (13,6 %) pertenecían al patrimonio administrado por la empresa, mayoritariamente en el municipio de Martí (36,8 ha) (Direc. Forestal, 2011).

En correspondencia con lo antes expuesto, la primera acción de adaptación que se propone a la empresa es acometer la reforestación de esas 40,7 ha a la mayor brevedad posible, tomando en consideración al seleccionar las especies para tal propósito los altos tenores salinos ya existentes en los acuíferos subterráneos.

La segunda acción de adaptación que se propone a la empresa es mantener la suspensión del aprovechamiento de los recursos maderables en los manglares, según la moratoria establecida por la Dirección Forestal del MINAG.

El empeño por mantener al máximo la protección de las costas contra el aumento del nivel del mar, la erosión costera y la intrusión salina mediante bosques costeros ubicados en zonas inundadas y que no se aprovechen (además de los manglares), genera a su vez una contradicción con las pérdidas económicas de las que la empresa será objeto como resultado de la no utilización de los recursos maderables que estén en las áreas que queden inundadas.

En esas áreas las emisiones netas de gases de efecto invernadero serán prácticamente inevitables, se aprovechen o no los recursos maderables existentes en ellas, ya que por una parte esas áreas nunca podrán volver a ser reforestadas por quedar bajo el mar, y por otra, la reforestación de áreas posteriores a ellas tierra adentro significaría una conversión de áreas agropecuarias en áreas forestales, con la consiguiente disminución de la producción de alimentos, decisión que está fuera del alcance de la empresa.

Entonces, el no aprovechamiento de los bosques costeros que paulatinamente vayan muriendo debido al aumento progresivo del mar, en aras de proteger la costa contra la erosión marina y para atenuar el aumento de la intrusión salina en los acuíferos subterráneos y velar por la calidad y disponibilidad de las aguas subterráneas, constituiría en realidad una medida de adaptación de la empresa a favor del sector agropecuario ubicado detrás de su patrimonio costero, así como de la producción de alimentos a él asociada, con un costo mínimo superior a los 17 millones de pesos.

En buena ley, esta segunda medida de adaptación constituiría un servicio ambiental de los bosques costeros de la empresa a favor de la seguridad alimentaria de la provincia, y el sector beneficiado por ella debería retribuir financieramente a la empresa por su costo de implementación; sin embargo, hasta la fecha no existe ningún instrumento legal que reconozca la prestación de los servicios ambientales por los bosques, ni las formas y responsables de retribuirlos.

A su vez, la acción anterior demandará que la empresa disponga de un proyecto de ordenación forestal con la flexibilidad suficiente para poder incluir en él, a partir de la actualización de su dinámica y de conjunto con las instituciones

científicas de la provincia, las modificaciones que ocurran sobre la situación costera, con vistas a la inclusión de las decisiones oportunas en el plan productivo que la entidad prepare para el año próximo, lo que en su conjunto constituye la tercera acción de adaptación propuesta.

Finalmente, la cuarta y última acción de adaptación que se propone a la empresa consiste en la elaboración de su Programa de Enfrentamiento al Cambio Climático, documento en el que se incluirían como premisas:

- El informe sobre su balance de emisiones y alternativas de mitigación.
- El presente informe sobre impactos y adaptación.

Mientras que como acciones de enfrentamiento, se incluirían las formas y cronogramas de implementación que utilizará con cada acción de mitigación y adaptación que lleve adelante. Para la implementación de esta medida la empresa puede apoyarse en la experiencia acumulada en tal sentido por el Equipo de Cambio Climático del Instituto de Investigaciones Agro-Forestales.

CONCLUSIONES

- La evaluación realizada a la Empresa Forestal Integral Matanzas ha demostrado que presenta diversas vulnerabilidades a los impactos derivados del cambio climático, los que, para ser apropiadamente enfrentados, demandan la implementación de una estrategia de adaptación que permita en unos casos disminuir la magnitud de los impactos, en otros dilatarlos en tiempo y en otros combinarlos. Sin embargo, el aspecto más relevante que deriva del análisis es la conveniencia que la entidad asuma una posición proactiva ante esos impactos ambientales que le permita prepararse para, aun bajo esas condiciones, continuar cumpliendo la misión social que le fuera asignada por el Estado.

BIBLIOGRAFÍA

- AMA. 2010. Resultados del macroproyecto Peligros y Vulnerabilidad Costera (2050-2010) al término del año 2009. CITMA.
- Álvarez, A.; Mercadet, A. y col. 2011. El Sector Forestal Cubano y el Cambio Climático. La Habana. Instituto de Investigaciones Agro-Forestales. 248 p.
- Dirección Forestal. 2011. Dinámica Forestal 2010. Minag.

- Dirección Forestal. 2012. Mapas de cobertura forestal del país. Minag.
- IPCC. 2001. Special Report on Emissions Scenarios. IPCC WGIII. 35 p.
- IPCC. 2006. Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Prepared by the National Greenhouse Gas Inventories Programme, Eggleston H.S., Buendía L., Miwa K., Ngara T. y Tanabe K. (eds). Publicado por: IGES, Japón. Vol. IV: Agriculture, Forest and Other Land Uses.
- IPCC. 2008. Reporte Especial sobre las Vulnerabilidades de los Pequeños Estados Insulares. IPCC WGII. 80 p.
- INRH. 2011. Penetración actual de la intrusión salina en los acuíferos subterráneos cubanos. Dirección de Cuencas Hidrográficas.
- INRH. 2012. Boletín Hidrológico enero-diciembre. Dirección de Cuencas Hidrográficas. Lluvias mensuales y acumuladas de los municipios de Matanzas para el período 1970-2010.
- INRH. 2012a. Informe por provincias de los cuerpos de agua. Dirección de Cuencas Hidrográficas.
- INSMET. 2010. Base de datos meteorológicos para el período 1980-2008. Estaciones de Unión de Reyes, Perico, Jovellanos, Jagüey Grande y Colón.
- Instituto de Suelos. 1980. Segunda Clasificación de los Suelos de Cuba. La Habana. Editorial Revolución. 28 p.
- Jiménez, F. 2012. Distribución de los lotes costeros de la EFI Matanzas. GEAM. Dpto. Ordenación Forestal.
- Limia, M.; Vega, R., Pérez, R. 2007. Variación espacio-temporal de la probabilidad de la afectación de huracanes a Cuba. Valoración del peligro. IV Congreso Cubano de Meteorología. Ciudad de La Habana. Capitolio Nacional. 4-8 diciembre.
- Mercadet, A.; Álvarez, A. 2009. Metodología para establecer la línea base de retención de carbono en las Empresas Forestales Integrales de Cuba. En: Ortega, F., L. Fernández y A. Volpedo. Efecto de los cambios globales sobre el ciclo del carbono. RED CYTED 406RT0285. Efecto de los cambios globales sobre los humedales de Iberoamérica. p. 107-118.
- Planos, E. y col. 2012. Impactos del cambio climático y medidas de adaptación en Cuba. La Habana. INSMET. 426 p.
- República de Cuba. 2015. Segunda Comunicación Nacional a la Convención Marco de Naciones Unidas sobre Cambio Climático. La Habana. CITMA. 228 p.
- Salas, L. 2008. Impacto de la surgencia en el archipiélago cubano, considerado los cambios climáticos. En: Memorias del Taller Cambios Globales y Medio Ambiente: Tendencias mundiales, resultados y proyecciones de trabajo. La Habana.

RESEÑA CURRICULAR

Autora principal: Osiris Ortiz Álvarez

Ingeniera Forestal y Doctora en Ciencias Ecológicas, formó parte de los equipos de Genética Forestal y de Cambio Climático del Instituto de Investigaciones Agro-Forestales, desarrollando investigaciones sobre la adaptación y selección de procedencias, así como evaluaciones de mitigación y de impacto/adaptación en diversas empresas forestales del país. Participó en eventos nacionales e internacionales presentando resultados en ambas disciplinas. Falleció en febrero de 2015.

DETERMINACIÓN DE LA EFECTIVIDAD DE INSECTICIDAS CONTRA *HYPSSIPYLA GRANDELLA* ZELLER (LEPIDOPTERA: PYRALIDAE) EN PLANTACIONES DE CEDRO

DETERMINATION OF THE EFFECTIVENESS OF INSECTICIDES AGAINST *HYPSSIPYLA GRANDELLA* ZELLER (LEPIDOPTERA: PYRALIDAE) IN CEDAR PLANTATIONS

DR. RENÉ A. LÓPEZ-CASTILLA¹, LIC. ANÍBAL GONZÁLEZ-ROQUE¹, ESP. ORLANDO SARMIENTO-GARCÍA² Y
TEC. HILDA TAMAYO-SOTOMAYOR²

¹Instituto de Investigaciones Agro-Forestales. UCTB de Investigación e Innovación Tecnológica.
Calle 174 no. 1723 e/ 17B y 17C, Siboney, Playa, La Habana, Cuba, rene@forestales.co.cu

²Instituto de investigaciones en Ingeniería Agrícola. Carretera Fontanar, Wajay Km 2½, La Habana, Cuba

RESUMEN

Esta investigación tuvo como objetivo evaluar la efectividad de tres insecticidas órgano-sintéticos en plantaciones de cedro (*Cedrela odorata* L.) intercalados con plátano (*Musa paradisiaca* L.) en Alquizar, Cuba. Los productos evaluados fueron mezcla Duple (acefato + cipermetrina) en dosis de 8 kg/ha; Confidor (imidacloprid) a dosis de 0,75 kg/ha y Mospilan (acetamiprid), en dosis de 1 kg/ha. Para los ensayos se realizó un diseño de bloques al azar con cuatro tratamientos y cuatro repeticiones con al menos 12 plantas para cada combinación. Resultó que el tratamiento semanal de mezcla Duple y Confidor redujo el número de ataques por las plantas, pero con baja efectividad. Las aplicaciones semanales de Mospilan redujo significativamente el número de ataques por las plantas. Se concluye que en esta prueba el Mospilan resultó el producto más efectivo para el control de *Hypsipyla*.

Palabras claves: *Cedrela odorata*, *Hypsipyla grandella*, plantación de cedro, insecticidas, prueba de productos

INTRODUCCIÓN

El barrenador de las meliáceas (*Hypsipyla grandella* Zeller (Lepidoptera: Pyralidae)) es una de las especies de mariposa nocturna más conocidas en el trópico y la más importante en plantaciones de meliáceas en Cuba (Hochmut y Manso, 1975). Hace varias décadas se investigan diferentes aspectos relacionados con la biología de este insecto (Grijma, 1970 y 1974; Grijma y Gara, 1970; Hidalgo-Salvatierra y

ABSTRACT

This research aimed to evaluate the effectiveness of three organosynthetic insecticides in cedar plantations (*Cedrela odorata* L.) interspersed with banana (*Musa paradisiaca* L.) in Alquizar, Cuba. The treatments were three insecticides and control (water application). The products evaluated were: Duple (acephate + cypermethrin) at dose of 8 kg/ha; Confidor (imidacloprid) at doses of 0.75 kg/ha and Mospilan (acetamiprid), at doses of 1 kg/ha. For the tests a randomized block design with four treatments and four replications with at least 12 plants for each combination were performed. It turned out that weekly treatment of Duple and Confidor reduced the number of attacks by plants, however, the percent effectiveness was low. Weekly applications Mospilan significantly reduced the number of attacks by plants. In conclusion Mospilan was the most effective product to control *Hypsipyla*.

Key words: *Cedrela odorata*, *Hypsipyla grandella*, cedar plantation, insecticides, product testing

Berrios, 1972; Ramírez, 1964) y su control (Ramírez, 1966; Wilkins, 1973; Hochmut, 1981; Newton *et al.*, 1993).

A pesar de que se han realizado varias investigaciones, incluyendo la integración de métodos silvícolas, biológicos y aplicación de productos sistémicos y foliares (Duarte *et al.*, 1996; Newton *et al.*, 1993), no se dispone en la actualidad de un método que impida los daños que este

insecto ocasiona a los árboles de cedro en los primeros años de desarrollo en una plantación pura, por lo que la mayoría de los proyectos de reforestación con alta densidad de árboles por hectárea con meliáceas fueron abandonados (Briceño, 1997; Newton *et al.*, 1998).

En los bosques semidecíduos de Cuba las meliáceas se encuentran en un número limitado, frecuentemente mezcladas con numerosas especies de otros árboles en una abundante vegetación. En Costa Rica las poblaciones de cedro (*Cedrela odorata* L.) se encuentran muy reducidas debido a la sobreexplotación a causa del alto valor económico de su madera y a la alta presión de la población por tierras para la agricultura, y se incluyen en la lista de especies forestales vedadas o que se encuentran en algún grado de riesgo de desaparecer (Jiménez, 1999). Es muy necesaria su madera para la fabricación de las cajas de tabaco para la exportación y otros artículos de interés, por lo que se hace necesario el establecimiento de plantaciones puras fuera de su área de distribución natural.

Este experimento tiene el objetivo de evaluar la efectividad de tres productos insecticidas órgano-sintéticos que resultaron más efectivos para el control de *H. grandella* (Zeller) en las pruebas de laboratorio y que se recomiendan para el control de los lepidópteros. Este trabajo se realiza con el fin de contribuir al establecimiento de una tecnología integral de manejo de plantaciones de cedro que permita una mayor densidad de plantación y con menores efectos producidos por la mariposa.

MATERIALES Y MÉTODOS

2.1. Área de estudio

Para la plantación se seleccionó una superficie de 1 ha en la finca experimental de riego del Instituto de Investigaciones en Ingeniería Agrícola (IAgric) en Pulido, Alquizar. El suelo de este sitio es Ferralítico Rojo Típico, fértil, de buen drenaje. Para la preparación del sitio se aplicaron los mismos procedimientos que para las áreas demostrativas de cedro (González *et al.*, 2006). Se intercaló el cedro con plátano burro CEMSA. El marco de plantación fue de 3,5 x 3,5. En el área se instaló un sistema de riego localizado por goteo. El riego se ejecutó en un ciclo semanal en dependencia del régimen de lluvias y de

la evapo-transpiración del suelo, de tal forma que se regó en los días de poca humedad o sin precipitaciones.

2.2. Diseño experimental

Para el diseño se tuvo en cuenta lo establecido en los manuales de métodos de ensayo de campo en protección forestal (Diriabin *et al.*, 1979; Ciba-Geygi, 1981). Se realizó un diseño de bloques completos al azar con cuatro tratamientos y cuatro réplicas (bloques) con al menos de 10 a 12 plantas por cada combinación (bloques x tratamientos). Los tratamientos incluyen tres insecticidas y un testigo (aplicación de agua). Las plantas de la parcela de prueba fueron marcadas con pintura, diferenciando los tratamientos con combinaciones de colores.

2.3. Insecticidas seleccionados

Se seleccionaron los insecticidas más promisorios según los resultados de los experimentos de las pruebas de productos en laboratorio (Murguido, 2005), y los disponibles y autorizados por el Centro Nacional de Sanidad Vegetal (Lista Oficial de Plaguicidas Autorizados, 2008-2010) para el control de los lepidópteros. Estos fueron la mezcla Duple (acefato + cipermetrina), Confidor (imidacloprid) y Mospilán (acetamiprid).

2.4. Tratamientos

Se usaron las formulaciones y dosis según se recomienda en la lista oficial de plaguicidas autorizados para el control de los lepidópteros defoliadores. En el caso de los ingredientes activos, imidacloprid 10 PH, acetamiprid 20 PH y el acefato y cipermetrina al 50 % en la mezcla Duple. Los tratamientos fueron los siguientes:

- Mezcla Duple: se aplicó a razón de 8 kg/ha (1 kg en cada tratamiento).
- Confidor se aplicó a razón de 0,75 kg/ha.
- Mospilán se aplicó a razón de 1 kg/ha.
- Testigo (agua).

2.5. Procedimiento

Antes de las aplicaciones se realizaron muestreos semanales para conocer el estado fitosanitario de la plantación. El índice de infestación (porcentaje de plantas con brotes atacados) se mantuvo por debajo del 3 % desde enero a mayo en el año del experimento. En el mes de junio, cuando subió al 10 % en todas las parcelas, comenzaron las aplicaciones. Todos

los tratamientos se aplicaron el mismo día. Se aplicó primero agua en las parcelas testigos y se continuó con la asperjación de los concentrados emulsionables (Confidor y Mospilán) mezclados con agua en mochilas separadas, y se finalizó con el espolvoreo (polvo seco) de la mezcla Duple.

2.5.1. Evaluaciones

Las evaluaciones se realizaron antes y después de las aplicaciones con los productos insecticidas. La variable a evaluar fue el número de ataques por planta. Para el reconocimiento de los ataques se tuvo en cuenta la experiencia en el trabajo de las áreas demostrativas y lo que plantea la literatura (Ramírez, 1964; Hochmut y Manso, 1975; Berrios *et al.*, 1990). Estos datos se registraron semanalmente y se le determinó el índice de efectividad de cada tratamiento de insecticida. Para determinar este se usó una fórmula (Vázquez, 2003) apropiada cuando existen parcelas testigo.

$$E = (1 - P/Q) 100$$

$$\text{donde } P = an \cdot dt; Q = at \cdot Dn \quad (1)$$

donde:

at: Número de brotes atacados en el área tratada antes de la aplicación

an: Número de brotes atacados en el área no tratada antes de la aplicación

dt: Número de brotes atacados en el área tratada después de la aplicación

Dn: Número de brotes atacados en el área no tratada después de la aplicación

2.6. Análisis de los datos

Las distribuciones de cada una de las variables no resultaron uniformes, por lo que fue necesario aplicar test no paramétricos de análisis de datos. Se escogió el test de Kruskal Wallis para contrastar las medianas en las parcelas

tratadas y no tratadas, teniendo en cuenta que se disponía de varios grupos de datos.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El resultado de la evaluación de los daños que ocasionó *H. grandella* a los arbolitos de cedro varió de 0,10 a 2,11 (Tabla 1) en el periodo del 1 al 13 de junio, después que quedaron montadas las parcelas para las pruebas de productos.

Tabla 1. Número de daños por plantas en cada parcela antes de las aplicaciones (Pulido, Alquizar)

Bloques	Parcelas			
	I	II	III	IV
1	1,94	2,11	0,17	0,13
2	0,5	0,10	1,19	0,90
3	0,71	1,29	1,13	0,86
4	1,76	0,25	1,76	1,62
Total	4,91	3,75	4,25	3,51

Estos daños fueron superiores a los reportados en las evaluaciones realizadas en las plantaciones puras de cedro en Viñales realizadas en la etapa de 2001 a 2005 (López *et al.*, 2005). Esto quizás se debe a que en este caso las plantas fueron regadas y fertilizadas teniendo un mayor número de brotes frescos disponibles en el período. Las diferencias entre cada una de las parcelas planificadas para las pruebas (I: Duple; II: Confidor; III: Mospilán y la IV: testigo) no resultaron significativas ($p > 0,05$).

En la Tabla 2 se puede observar el resultado de la evaluación de los daños que ocasionó *H. grandella* a los arbolitos de cedro después de las aplicaciones de los tratamientos. Se puede observar que en general existió una tendencia a disminuir los daños en las parcelas tratadas, pero el Mospilán tuvo el mejor comportamiento. Estas diferencias resultaron significativas ($p < 0,05$).

Tabla 2. Número de daños por plantas en cada parcela después de las aplicaciones (Pulido, Alquizar)

Fecha	Bloques	Parcelas			
		Duple	Confidor	Mospilán	Testigo
20 de junio	1	2,22	2,33	0,38	2,25
	2	1,3	0,24	0,65	2,48
	3	1,05	0,95	0,85	1,71
	4	2,90	0,39	1,09	3,86
	Total	7,47	3,91	2,97	10,3

27 de junio	1	0,05	0,38	0,0	0,42
	2	0,24	0,00	0,00	0,76
	3	0,00	0,24	0,21	0,95
	4	0,09	0,61	0,00	0,19
	<i>Total</i>	<i>0,38</i>	<i>1,23</i>	<i>0,21</i>	<i>2,32</i>
4 de julio	1	0,05	0,38	0,05	0,67
	2	0,53	0,00	0,19	1,38
	3	0,14	0,90	0,96	0,62
	4	0,29	0,54	0,00	0,52
	<i>Total</i>	<i>1,01</i>	<i>1,82</i>	<i>1,2</i>	<i>3,19</i>
11 de julio	1	0,53	0,43	0,00	0,54
	2	0,54	0,00	0,04	1,19
	3	0,29	0,82	0,57	1,24
	4	0,29	0,21	0,00	0,76
	<i>Total</i>	<i>1,65</i>	<i>1,46</i>	<i>0,61</i>	<i>3,73</i>

Aplicando la fórmula 1, se determina (Tabla 3) la efectividad de cada uno de estos tratamientos. Se puede observar que el Mospilán fue el único producto que presentó una efectividad superior al 70 %, y al cabo del mes alcanzó hasta el 86 %, mientras que la mezcla Duple y el Confidor presentaron efectividades menores.

En la literatura internacional se plantea (Wilkins, 1973) que el control de *Hypsipyla* debe realizarse

con productos sistémicos. Briceño (1997) menciona que existen experiencias con insecticidas sistémicos como el *carbofuran* aplicados en el suelo, obteniéndose prolongada protección al ataque del barrenador de las meliáceas; sin embargo, este producto es muy tóxico y actualmente no se encuentra autorizado en nuestro país (Lista Oficial de Plaguicidas Autorizados, 2008-2010).

Tabla 3. Cálculo de la efectividad técnica de tres insecticidas organosintéticos (Pulido, Alquizar) (el valor para cada parcela es el promedio del número de ataques por planta)

Parcela	P		Q		P/Q	Efectividad $1 - p/q$
	an	dt	at	Dn		
Duple	3,51	7,47	4,91	10,3		
20/6/2006	26,21		49,24		0,53	0,47
Duple	3,51	1,65	4,91	3,73		
11/7/2007	5,79		18,31		0,32	0,68
Confidor	3,51	3,91	3,75	10,3		
20/6/2006	13,72		38,62		0,45	0,55
Confidor	3,51	1,46	3,75	3,73		
11/7/2007	5,12		13,90		0,36	0,64
Mospilán	3,51	2,97	4,25	10,3		
20/6/2006	10,42		43,77		0,23	0,77
Mospilán	3,51	0,61	4,25	3,73		
11/7/2007	2,14		15,86		0,14	0,86

$E = (1 - P/Q) \times 100$. Ver fórmula 1(cálculo de la efectividad técnica).

La aplicación de insecticidas órgano-sintéticos translaminares (Metomilo, Tiodicarb, Imidacloprid, Mospilán) se justifica por el hecho de que el primer instar de la larva de este insecto (Ramírez, 1964) se alimenta de la epidermis de los peciolo, folíolos y tallos jóvenes de los árboles del cedro antes de penetrar profundamente en los brotes. Es posible disminuir las poblaciones en este estadio mediante la aplicación de insecticidas que tengan poder de penetración.

El Confidor se reporta efectivo (Beltrán *et al.*, 2004) para varias especies de insectos picadores chupadores que se protegen de un caparazón y son de difícil control con insecticidas de contacto. Otros investigadores (Murguido, 2005) evaluaron estos ingredientes activos frente a *H. grandella* en condiciones de laboratorio y obtuvieron buenos resultados.

CONCLUSIONES

- Las aplicaciones de mezcla Duple (acefato + cipermetrina) y de Confidor (imidacloprid 10 PH) reducen el número de ataques por plantas al inicio de las aplicaciones, pero no resultaron efectivas al cabo del mes de su aplicación.
- Las aplicaciones semanales de Mospilán (acetamiprid 20 PH) pueden usarse en un programa de control de la mariposa plaga debido a que reducen el número de ataques por plantas, con una efectividad desde el 77 % hasta el 86 % al mes de su aplicación.

BIBLIOGRAFÍA

- Beltrán, R., Helman, S., Peterlin, O. 2004. Control de *Caliothrips phaseoli* Hood y *Frankliniella schultzei* Trybon y *Aphis gossypii* Glover con insecticidas sistémicos aplicados a las semillas de algodón. Revista de Investigaciones Agropecuarias (AR) 33(1): 39-48.
- Berrios, M. del C., Menéndez, J.M., Montalvo, J. M., Valdés, H. 1990. Evaluación del ataque de *Hypsipyla Grandella* en plantaciones de meliáceas establecidas en diferentes condiciones silvícolas. Informe final de etapa 509-14-04. Ciudad de La Habana. Instituto de Investigaciones Forestales. (Inédito).
- Briceño, V.A. 1997. Aproximación hacia un manejo integrado del barrenador de las meliáceas, *Hypsipyla Grandella* (Zeller). Revista Forestal Venezolana 41(1) 1997 - 23-28. En: http://www.saber.ula.ve/cgiin/be_alex.exe?Documento=T016300000167/2&term_termino_2=e:/alexandr/db/saber/Edocs/pubelectronicas/revistaforestal/vol41-1/articulo41_1_2.pdf. (Consultado: diciembre del 2006).
- Ciba – Geigy. 1981. Manual para ensayos de campo en protección vegetal. Segunda edición. Suiza. p. 33-34.
- Centro Nacional de Sanidad Vegetal. 2008. Lista Oficial de Plaguicidas Autorizados. 2008-2010. Registro Central de Plaguicidas. República de Cuba. 422 p.
- Diriabin, V., Labrada, R., Barba, M. 1979. Metodología unificada para la elaboración de los UE de nocividad de los insectos. En: Investigaciones Económicas. Tomo II. INISAV. p.14-32.
- Duarte, A., et al. 1996. Manejo integrado de *Hypsipyla grandella* en viveros y plantaciones de meliáceas en Cuba. International Workshop on *Hypsipyla* shoot borer in Meliaceae. Kandy, Sri Lanka. 20-23 august,
- González Roque, A., et al. 2006. Instructivo técnico para el establecimiento y manejo intensivo de plantaciones de *Cedrela odorata*. Informe técnico. MINAGRI. Instituto de Investigaciones Forestales. 8 p.
- Grijma, P. 1970. Studies of the shootborer *Hypsipyla grandella* (Zeller). Turrialba 20: 233-247.
- Grijma, P., Gara, R. 1970. Studies of the shootborer *Hypsipyla Grandella* (Zeller) II. Host preference of the larva. Turrialba (CR) 20 (2): 242-247.
- Grijma, P. 1974. Contributions to an integrated control program of *Hypsipyla Grandella* (Zeller) in Costa Rica. Doctoral Thesis. State Agric. Univ. Wageningen, Holland.
- Hidalgo-Salvatierra, O. and F. Berrios. 1972. Studies on the shootborer *Hypsipyla Grandella* (Zeller) (Lep. Phycitidae). XI Growth of larvae reared on synthetic diet. Turrialba (CR) 22 (4): 431-434.
- Hochmut, R., Manso, D. 1975. Protección contra las plagas forestales en Cuba. La Habana. Instituto Cubano del Libro. 290 p.
- Hochmut, R. 1981. Métodos silviculturales para la protección de las meliáceas contra el ataque del barrenador *Hypsipyla grandella*. Boletín de Reseñas Forestales, N° 1, 19 p.
- Jiménez, M.Q. 1999. Árboles maderables en peligro de extinción en Costa Rica. 2ª ed. Sto. Domingo de Heredia, CR, Instituto Nacional de Biodiversidad. 187 p.
- López Castilla, R., et al. 2005. Perspectivas para el manejo de *Hypsipyla grandella* Zeller (Lepidoptera: Pyralidae: Phycitinae) en *Cedrela odorata* L. Publicado en las memorias del Taller Internacional por el Desarrollo Forestal Sostenible. DEFORS Memorias 20-23 septiembre, 2005. ISBN-959-246-180-5.
- Murguido, M.C. 2005. Informe de los resultados de las Investigaciones con *Hypsipyla grandella* en condiciones de laboratorio. La Habana. Instituto de sanidad Vegetal. 5 p.
- Newton, A. C., et al. 1993. The mahogany shoot borer: Prospects for control. Forest Ecology and Management. (NL) 57: 301-328.
- Newton, A.C., et al. 1998. Variation in attack by the mahogany shoot borer, *Hypsipyla grandella* (Lepidoptera: Pyralidae), in relation to host growth and phenology. Bulletin of Entomological Research. (GB) 88: 319-326.
- Ramírez, J. 1964. Investigaciones preliminares sobre biología, ecología y control de *Hypsipyla grandella* (Zeller). Boletín IF-LAC, 16: 54-77.
- Ramírez, J. 1966. Apuntes sobre el control de *Hypsipyla grandella* (Zeller) con insecticidas. Boletín IFLAC, 22: 33-37.

Vázquez Moreno, I. 2003. Manejo integrado de plagas. Preguntas y Respuestas para extensionistas y agricultores. Ciudad Habana. Editorial CIDISAV. 566 p.

Wilkins, R. M. 1973. Protection of spanish cedar with controlled of release insecticides In: Proceedings of the first Symposium on Integrated Control of *Hypsipyla*. Turrialba 30: 1-15.

RESEÑA CURRICULAR

Autor principal: René Alberto López Castilla

Graduado de la Escuela de Ciencias Biológicas de la Universidad de La Habana, Doctor en Ciencias Forestales, Especialista en Entomología, en los últimos 10 años trabaja en investigaciones sobre el manejo de *Hypsipyla grandella* Zeller y lidera el proyecto de título Manejo de *H. grandella* mediante métodos silvícolas, biológicos y resistencia genética del Programa Nacional de Salud Animal y Vegetal del Ministerio de Agricultura. Es autor y ha participado en más de cuarenta publicaciones científicas, así como en varios eventos nacionales e internacionales, exponiendo trabajos sobre plagas de insectos forestales.

Instituto de Investigaciones Agro-Forestales

Asesorías

- Organización y manejo de fincas forestales integrales.
- Agroforestería.
- Aprovechamiento de productos forestales madereros y no madereros.
- Propagación y manejo de bambú y ratán.
- Tratamientos silvícolas y manejo de bosques.
- Semillas forestales.
- Conservación física de la madera e industria del aserrado y carpintería.
- Propuesta de equipamiento y organización del flujo tecnológico.
- Conservación de especies en peligro de extinción.
- Determinación de manejo de frutos y semillas de especies forestales con especial énfasis en las especies amenazadas.
- Clasificación de fuentes semilleras sobre la base de su genética y la calidad de sus productos.

MODELOS PARA ESTIMAR LA BIOMASA AÉREA TOTAL VERDE SIN CORTEZA Y POR COMPONENTES EN PLANTACIONES DE *PINUS MAESTRENSIS* BISSE EN LA SIERRA MAESTRA, CUBA

MODELS TO ESTIMATE THE BIOMASS AIR GREEN TOTAL WITHOUT BARK AND FOR COMPONENTS IN PLANTATIONS OF *PINUS MAESTRENSIS* BISSE IN THE SIERRA MAESTRA, CUBA

DR. WILMER TOIRAC-ARGUELLE¹, DR. JOSÉ A. BRAVO-IGLESIAS¹, DR. HÉCTOR BARRERO-MEDEL²,
DR. ALBERTO M. VIDAL-CORONA¹ Y DRA. ARLETY AJETE-HERNÁNDEZ¹

¹Instituto de Investigaciones Agro-Forestales. UCTB Investigación e Innovación Tecnológica. Calle 174 no. 1723 e/ 17B y 17C, Siboney, Playa, La Habana, Cuba, wilmer@forestales.co.cu

²Universidad de Pinar del Río Hermanos Saíz Montes de Oca. Calle Martí y Final, Pinar del Río, Cuba

RESUMEN

La importancia de los bosques como reguladores del cambio climático y la necesidad de emplear modelos matemáticos para estimar la biomasa en los ecosistemas forestales hacen posible el desarrollo del objetivo de este trabajo: ajustar un modelo para estimar la biomasa aérea total verde sin corteza y por componentes en plantaciones de la especie *Pinus maestrensis* Bisse en la provincia de Granma. En este estudio, a partir de un muestreo destructivo, se derribaron y cubieron rigurosamente 138 árboles tipos de *Pinus maestrensis* Bisse, seleccionados por clase diamétrica y de edades, utilizándose 73 árboles para el ajuste y 65 para la validación. Se evaluaron cuatro modelos de regresión, donde los modelos que mejor bondad de ajustes presentaron fueron los logarítmicos. El factor de expansión de la biomasa (FEB) se obtuvo por clase diamétrica. La biomasa total estimada representó el 98,6 % de la biomasa total calculada.

Palabras claves: Biomasa aérea total verde sin corteza, *Pinus maestrensis* Bisse, modelos de regresión.

INTRODUCCIÓN

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 ha sido fuente de materias primas para la industria química a partir de la destilación de la madera. La biomasa también es un componente impor-

ABSTRACT

The importance of the forest like regulators of the climatic change and the necessity to use mathematical models to estimate the biomass in the forest ecosystems makes possible the development of the objective of this work: to build models to estimate the biomass air green total without bark and for component in plantations of the species *Pinus maestrensis* Bisse in the county of Granma. In this study starting from a destructive sampling were demolished and they cubed 138 trees types of *Pinus maestrensis* rigorously Bisse, selected by class diamétrica and of ages, being used 73 trees for the adjustment and 65 for the validation. Four regression models were evaluated, where the models that better kindness of adjustments presented the Logarithmic ones. The Factor of expansion of the biomass (FEB) it was obtained by class diamétrica. The estimated total biomass represented 98,6 % of the calculated total biomass.

Key words: Biomass air green total without bark, *Pinus maestrensis* Bisse, regression models.

tante para la construcción, y es un material de elevado interés económico para la industria de muebles (Martínez, 2009).

El uso del peso para expresar la cantidad de productos forestales, y ahora la necesidad de medir la biomasa de rodales, ha impulsado el desarrollo de métodos para estimar el peso

de los árboles en pie. Se puede realizar la estimación de peso directamente si existen funciones previamente desarrolladas, y si no existen se puede convertir estimaciones de volúmenes a peso. Para preparar funciones de peso se utilizan los mismos modelos usados para la construcción de tablas de volumen (Bertram, 2001).

En Cuba para la estimación de la biomasa forestal con diferentes fines, tanto energético como industrial, sobresalen los estudios realizados por Vidal (1995), con el método multipropósito de estimación de biomasa de copa para diversos fines económicos y ambientales, donde desarrolla modelos que permiten estimar la biomasa del *Pinus caribaea* Morelet var. *caribaea* Barret y Golfari y *Pinus tropicales* Morelet. Por su parte, Rodríguez (1999) desarrolla modelos para estimar la biomasa verde de copa de *Eucalyptus saligna* Smith y *Eucalyptus pellita* F. Muell., mientras Benítez (2006) lo hace para plantaciones de *Casuarina equisetifolia* Forst, y Toirac (2014) en plantaciones de *Pinus maestrensis* Bisse.

La importancia de los bosques como reguladores del cambio climático, la necesidad de emplear modelos matemáticos para estimar la biomasa en los ecosistemas forestales dado por la tendencia creciente del empleo de la biomasa forestal como sustituto de los combustibles fósiles, hacen posible el desarrollo del objetivo de este trabajo: ajustar un modelo para estimar la biomasa aérea total verde sin corteza y por componentes en plantaciones de la especie *Pinus maestrensis* Bisse en la provincia de Granma.

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio: El trabajo se desarrollo en la Empresa Agro-Forestal Integral Granma, ubicada en la provincia de igual nombre, abarcando los municipios de Jiguani, Buey Arriba, Guisa y Bayamo; la misma limita por el norte con la provincia de Holguín, al sur con el Mar Caribe y la provincia de Santiago del Cuba, al oeste el golfo de Guacanayabo y al este con la provincia de Santiago de Cuba. Las plantaciones establecidas de *Pinus maestrensis* Bisse se de-

sarrollan sobre suelo Ferralítico Rojo Lixiviado, con un relieve escarpado, fuerte erosión, buen drenaje, y una altura oscilante entre 720 msnm y 850 msnm, la temperatura media de 26,5 °C, con precipitación anual de 1288 mm (Mogena et al., 2007).

Colecta de datos: Se utilizó el mapa forestal a escala 1:25000 para la ubicación de las parcelas temporales de muestreo, seleccionándose rodales entre 7-36 años de edad.

Método de muestreo: Se muestrearon 40 rodales mediante un muestreo aleatorio simple, levantándose 138 parcelas de superficie circular de radio de 12,6 m, para un área de 500 m² (0,05 ha), tomándose los diámetros de todos los árboles a 1,30 m sobre el nivel del suelo y la altura de dos árboles por clase diamétrica.

En este estudio se derribaron y cubicaron rigurosamente 138 árboles tipos de *Pinus maestrensis* Bisse, seleccionados por clase diamétrica con diferencia de un centímetro, distribuidos en todo el rango diamétrico y de edades existentes en las plantaciones, utilizándose 73 árboles para el ajuste y 65 para la validación. A cada uno de los árboles tipo se le aplicó el siguiente procedimiento: se midió diámetro a 1,30 m de altura sobre el nivel del suelo, diámetro en la base, diámetro de copa, se procedió a la tala y se continuó con las mediciones de longitud total del fuste, desrame y desfoliado, medición del diámetro con corteza y el grosor de corteza cada un metro de longitud del fuste y pesaje por separado de la biomasa foliar y de rama (Fig. 1).

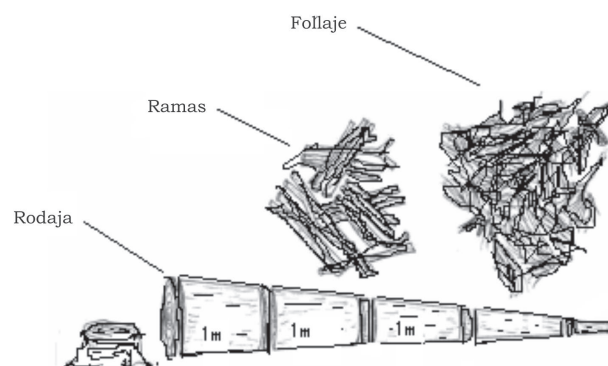


Figura 1. Troceo de los árboles tipo (Fuente: Aven-
daño et al., 2009).

La determinación de la biomasa de fuste de cada árbol se obtuvo en base a la determinación del volumen con corteza y sin corteza por la fórmula de Smalian (Prodan *et al.*, 1997), y se utilizó la densidad básica (610 kg/m^3) de la madera determinada por Ibáñez *et al.* (2002) para calcular su biomasa.

Ajuste y selección de modelos

Para la modelación matemática de cada componente de la biomasa, de hoja verde, rama verde, fuste verde sin corteza y corteza verde (Bh, Br, Bf, Bc), biomasa aérea total verde sin corteza del árbol (Bt) y factor de expansión de la biomasa (FEB), se seleccionaron cuatro ecuaciones (Tabla 1).

Tabla 1. Ecuaciones para modelar la biomasa total y sus componentes

Modelo	Expresión matemática del modelo
Lineal	$Y = a + b \cdot X$
Polinomio de 2do. grado	$Y = a + b \cdot X + c \cdot X^2$
Polinomio de 3er. grado	$Y = a + b \cdot X + c \cdot X^2 + d \cdot X^3$
Logarítmico	$\text{Ln}Y = a + b \cdot \text{ln} X$

Para construir los modelos se utilizaron los programas estadísticos Statgraphics Plus versión 5.1 (1995) e InfoStat (2008). Para el estudio de la bondad de ajuste de estos modelos se utilizaron los criterios estadísticos reportados por Furnival (1961), Alder (1980), Prodan *et al.* (1997), Kiviste *et al.* (2002), Guerra *et al.* (2003), Torres y Ortiz (2005):

Coficiente de determinación (R^2), Coeficiente de determinación ajustado (R^2_{ajust}), Sesgo o Diferencia agregada (DA), Error medio cuadrático (CME), Error medio en valor absoluto (EMA), Significación estadística del modelo, Significación estadística de los parámetros de los modelos, Error estándar del modelo (EEE), Error estándar de los estimadores de los parámetros del modelo, Estadístico Durbin-Watson (D-W) e Índice de Furnival (IF).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los modelos de biomasa seleccionados para los componentes hoja verde, rama verde, fuste verde sin corteza y corteza verde (Bh, Br, Bf, Bc), así como para la biomasa aérea total verde sin corteza (Bt), se muestran en la Tabla 2.

Tabla 2. Modelos seleccionados para la estimación de la biomasa de hoja verde (Bh), rama verde (Br), de fuste verde sin corteza (Bf), corteza verde (Bc) y biomasa aérea total verde sin corteza (Bt)

Modelo	seleccionado	R^2_{ajustado} (%)	IF	P. valor	D - W
$\text{In}Bh = 0,8883 + 1,3323 \cdot \text{In}d_{\text{normal}}$	88,5	4,0929	***	1,68	(NS)
$\text{In}Br = -2,6285 + 2,1684 \cdot \text{In}d_{\text{normal}}$	94,3	2,7662	***	1,65	(NS)
$\text{In}Bf = -2,4329 + 2,5408 \cdot \text{In}d_{\text{normal}}$	97,8	1,5584	***	1,85	(NS)
$\text{In}Bc = -2,9590 + 2,1343 \cdot \text{In}d_{\text{normal}}$	95,1	2,3342	***	1,82	(NS)
$\text{In}Bt = -1,5661 + 2,3781 \cdot \text{In}d_{\text{normal}}$	99,2	0,9364	***	1,85	(NS)

***0,001 ** 0,01 * 0,05 NS: No significativo

Todos los modelos seleccionados para estimar los componentes y la biomasa aérea total verde sin corteza de los árboles mostraron coeficientes de determinación ajustado de 88,5 % y superior, altamente significativos, el estadístico Durbin Watson no significativos y menores valores de índice de Furnival. Los modelos seleccionados presentaron buen ajuste para todos los componentes de la biomasa y poco grado de dificultad para el cálculo. Tienen como variables

predictoras el diámetro normal, el cual es de fácil medición y muy utilizada en la mayoría de los inventarios forestales. Al respecto, Diéguez *et al.* (2003) refieren que el diámetro normal es una variable muy utilizada en el campo forestal, tanto para calcular volumen de los árboles como para definir la estructura de la masa, o simplemente para seleccionar los árboles a medir en un inventario de acuerdo a un determinado diseño de muestreo.

La estimación de la biomasa de hoja verde difiere de los resultados obtenidos por autores como Montes de Oca *et al.* (2009), con el modelo $Bh = 5,4961 * D_b^{3,6406}$, para *Pinus durangensis* Martínez (2009); Fassola *et al.* (2010), el modelo $Log(Bac) = -167 + 1,44 * log(dcap)$, para *Pinus taeda*, en la zona norte de la provincia Misiones, Argentina, y Vidal *et al.* (2011), con el modelo $LogP.F. = -0,6334 + 1,4089 * logd$, para *Pinus cubensis* Griseb.

La estimación de la biomasa de rama verde difiere de los resultados obtenidos en Cuba por Benítez (2006), con el modelo $Pm = -1,39506 + 0,12428 * d^2_{1,3} + 0,001791 * h^2$, en plantaciones de *Casuarina equisetifolia* Forst; Vidal *et al.* (2002), con el modelo $LogP.M. = -1,9292 + 2,6177 * logd$ para bosques naturales de *Pinus tropicalis* Morelet y Rodríguez (1999), con el modelo $LogP.R. = -1,4840 + 0,8131 * logDHP$, para *Eucalyptus saligna* Smith, también difieren con los obtenidos por otros autores como Montero y Kanninen (2002), con el modelo $Br = exp(-5,526 + 3,026 * ln(dap))$, para *Terminalia amazonia* (Gmel.) Excell, en la zona sur de Costa Rica; Fonseca *et al.* (2009), con los modelos $Log(Br) = -4,28411 + 2,59073 * log(d)$, en bosque secundario en zona del Caribe de Costa Rica.

La estimación de la biomasa del fuste verde sin corteza difiere de los resultados obtenidos por Silva y Navar (2009), con el modelo $Bf = 0,192 * D^{2,3231}$, para *Pinus* spp., en Durango, México; Montes de Oca *et al.* (2009), con el modelo $Bf = 7,790 + H_t^{0,004 * z} + D_b^{2,7188}$ para *Pinus durangensis* Martínez (2009); Méndez *et al.* (2011), con el

modelo ecuación, para *Pinus devoniana* y *Pinus pseudostrobus*.

La estimación de la biomasa de corteza verde difiere de los resultados obtenidos por Benítez (2006), con el modelo $LnPCs = -5,94470 + 2,07569 * Ind_{tocón} + 0,82816 * ln h$, para plantaciones de *Casuarina equisetifolia* Forst en la provincia de Camagüey.

La estimación de la biomasa aérea total verde difiere de los resultados obtenidos por Navar *et al.* (2001), con el modelo $B_{total} = 0,2425 + 0,1145 * d^2 * h - 0,2426 * h + 1,147 * Cob$, para *Pinus durangensis* y *Pinus cooperi*; Gaillard *et al.* (2002), con el modelo $Pst = 0,0738697 * d^{2,5939} * e^{-0,15300 * z}$, para *Aspidosperma quebracho*; Dauber *et al.* (2008), con el modelo $Bt = e^{(-2,4090 + 0,955 * ln(h * OJO * h * \delta))}$, para bosques naturales en Bolivia; Domínguez *et al.* (2009), el modelo $Bat = 4371,395 * (E)$, para *Quercus* spp.

Resultados similares fueron obtenidos por los autores Zapata *et al.* (2001), con el modelo $Ln(Bt) = -2,2862 + 2,4709 * ln(D)$, para un bosque primario tropical en Ponce, Colombia; Avendaño *et al.* (2009), con el modelo $Ln(Bt) = -2,6404 + 2,5104 * ln(DN)$, para *Abies religiosa* y Jiménez (2010), con el modelo $Ln(B) = -2,7564 + 2,4725 * ln(DN)$, para *Pinus hartwegii* Lindl.

Los modelos seleccionados expresan la biomasa como una función del logaritmo natural (ln) del diámetro normal (d_{normal}). Las Figs. 2, 3, 4, 5 y 6 muestran el comportamiento de los modelos logarítmicos ajustado en cada uno de los componentes del árbol, destacándose el agrupamiento de los valores observados a diferente diámetro normal.

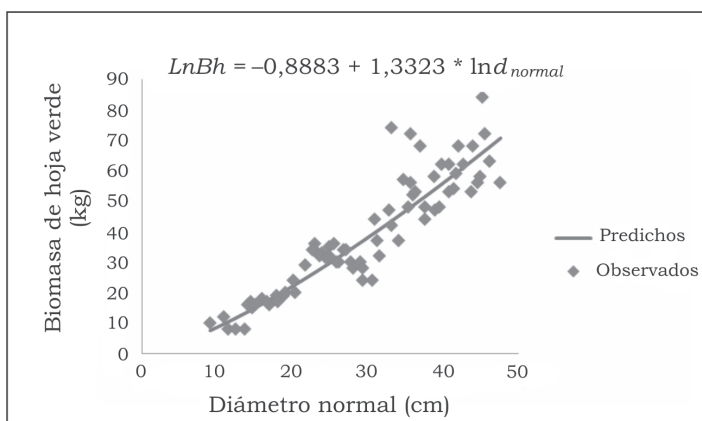


Figura 2. Modelo logaritmo biomasa de hoja verde.

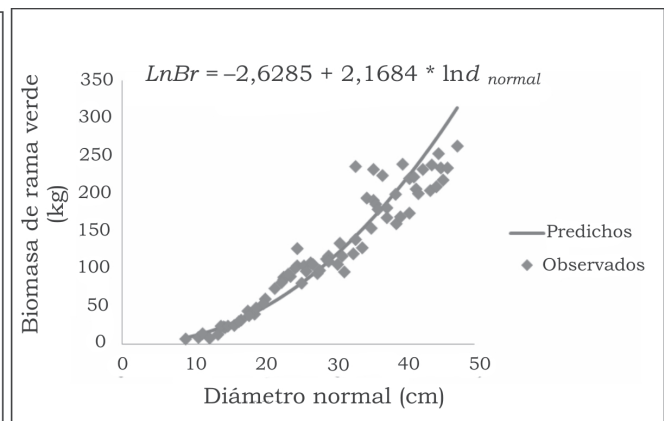


Figura 3. Modelo logaritmo biomasa de rama verde.

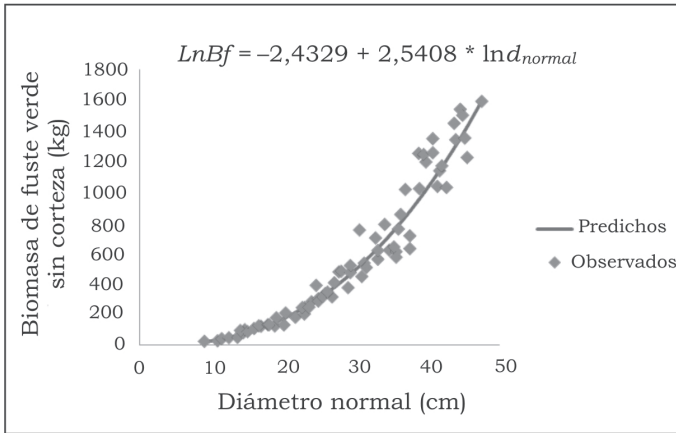


Figura 4. Modelo logaritmo biomasa de fuste verde sin corteza.

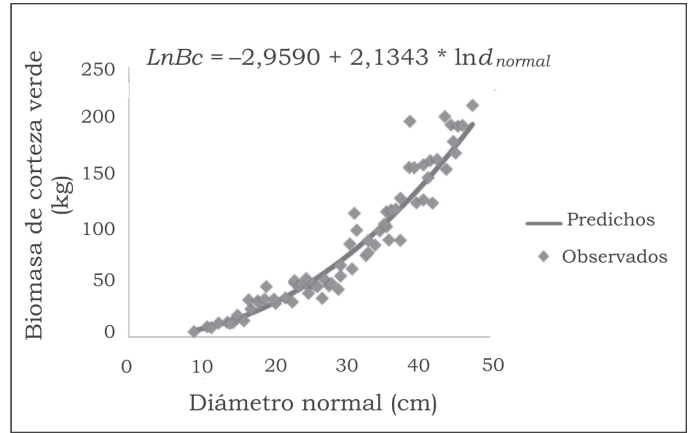


Figura 5. Modelo logaritmo biomasa de corteza verde.

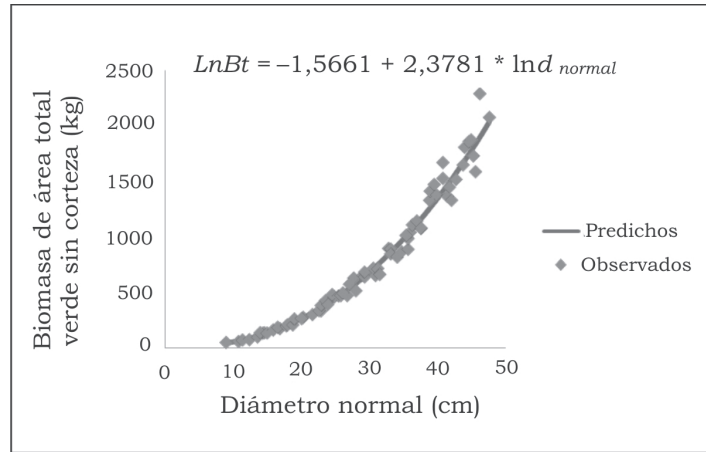


Figura 6. Modelo logaritmo biomasa aérea total verde sin corteza.

En la biomasa calculada el porcentaje del peso de la biomasa aérea por componente mostró que la corteza está representada por el 9,85 %, el follaje el 6,86 %, las ramas el 16,87 % y el fuste por el 66,42 % de la biomasa total (Fig. 7), mientras que en la biomasa estimada muestra un porcentaje

para la corteza del 9,9 % (DG = -0,5), el follaje del 6,9 % (DG = -0,58), las ramas el 15,5 % (DG = 8,12), el fuste 63,3 % (DG = 0,18), y la biomasa total estimada, estima el 98,6 % de la biomasa calculada, con una desviación global respecto a la estimada de DG = 1,4 (Fig. 8).

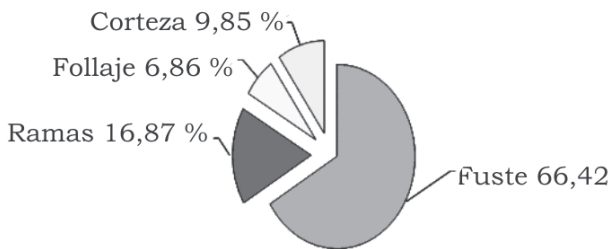


Figura 7. Porcentaje del peso de la biomasa aérea por componente (100 %).

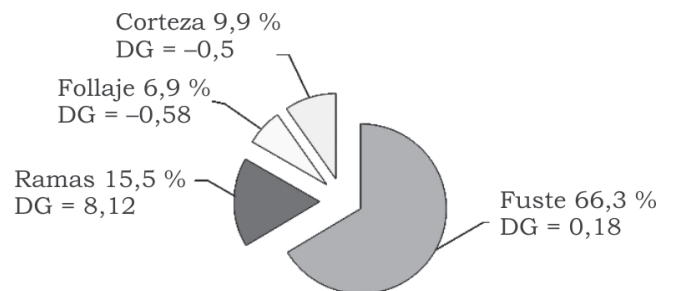


Figura 8. Estimación del porcentaje del peso de la biomasa aérea por componente (98,6 %) DG = 1,4.

En la estimación del factor de expansión de la biomasa (FEB) de los modelos probados se seleccionó el $\ln FEB = 0,9969 + 0,1931 * \ln d_{normal}$, por mostrar los parámetros significativos, me-

nor valor de índice de Furnival y el estadístico de Durbin-Watson no significativo (Tabla 3); obteniéndose las estimaciones del factor de expansión de biomasa (Anexo 1).

Tabla 3. Estadísticos de ajuste y estimaciones de los parámetros de los modelos para el factor de expansión de biomasa

Modelo	Lineal	Polinomio 2do. grado	Polinomio 3er. grado	Logarítmico	
R ²	80,0	83,0	82,0	78,0	
R ² _{ajustado}	79,9	82,9	81,9	77,9	
DA	3,31	1,70	0,77	0,003	
E E E	± 0,10	± 0,10	± 0,10	± 0,07	
EMA	0,0756	0,0756	0,0763	0,0523	
CME	0,0096	0,0097	0,0097	0,0044	
D-W	1,83 NS	1,89 NS	1,88 NS	1,85 NS	
IF	8,9453	8,9611	3,0807	7,7398	
P-valor	***	***	***	***	
Parámetros	a	1,7674 ± 0,0345***	1,7812 ± 0,0888***	1,9381 ± 0,2200***	0,9969 ± 0,0640***
	b	-0,0112 ± 0,0011***	-0,0122 ± 0,0066 NS	-0,0325 ± 0,0267 NS	-0,1931 ± 0,0192***
	c	-	0,00002 ± 0,0001 NS	0,0008 ± 0,0010 NS	-
	d	-	-	-0,000009 ± 0,00001 NS	-

*** 0,001 ** 0,01 * 0,05 NS: No significativo.

La Fig. 9 muestra el comportamiento del modelo logarítmico ajustado al factor de expansión de biomasa. Se destaca de manera general el agrupamiento de los valores observados a diferente diámetro normal.

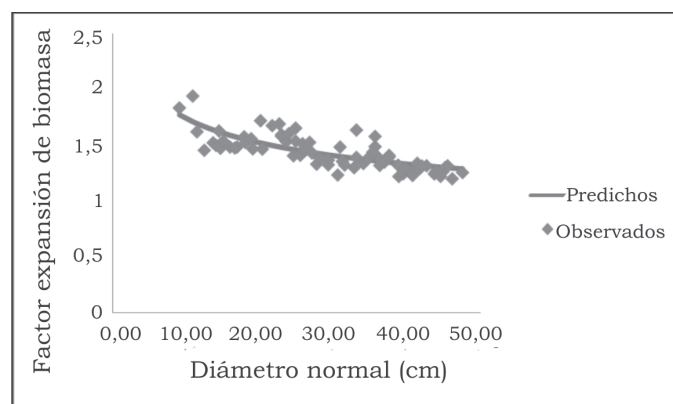


Figura 9. Modelo logarítmico ajustado al factor de expansión de biomasa.

CONCLUSIONES

- Todos los modelos seleccionados expresan la biomasa como una función del logaritmo natural (ln) del diámetro normal (d_{normal}) con coeficiente de determinación ajustado superior al 88,5 % y altamente significativos.
- El factor de expansión de la biomasa (FEB) se obtuvo por clase diamétrica con un rango 1,77 hasta 1,28.
- En general la biomasa de fuste verde sin corteza y la biomasa aérea total verde son las variables que mostraron los mejor ajustes superiores al 97 %.
- La relación entre los componentes de la biomasa respecto a la biomasa total mostró que el mayor porcentaje está representado por el fuste seguido de las ramas, corteza y follaje. La biomasa total estimada representó el 98,6 % de la biomasa calculada.

BIBLIOGRAFÍA

- 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.
- Avendaño, D. M. *et al.* 2009. Estimaciones de biomasa y carbono en bosques de *Abies religiosa*. Revista Fitotecnia Mexicana (MX) 32(3): 233–234 [en línea]. Disponible en: www.revistas-inifap.org.mx/index.php/.../197 [Consulta 30 de agosto 2015].
- Benítez, J. Y. 2006. Estimación de la biomasa total en plantaciones de *Casuarina equisetifolia* Forst de la provincia de Camagüey. 222 h. Tesis (en opción al grado científico de Doctor en Ciencias Forestales). Universidad de Pinar del Río.
- 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. 9 p.
- Dauber, E.; Terán, J. I.; Guzmán, R. 2008. Estimaciones de biomasa y carbono en bosques naturales de Bolivia. Revista Forestal Iberoamericana (VE) 1(1):1-10. [en línea]. Disponible en: <http://www.forest.ula.ve/rforibam/archivos/DOC2>. [Consulta 29 de agosto 2015].
- Diéguez, U. *et al.* 2003. Estimación del diámetro normal y del volumen del tronco a partir de las dimensiones del tocón para seis especies forestales comerciales de Galicia. Investigación Agraria: Sistemas de Recursos Forestales (ES) 12(2): 131-139 [en línea] Disponible en [http://www.inia.es/gcontrec/pub/131-139-\(127S2\)](http://www.inia.es/gcontrec/pub/131-139-(127S2)) [Consulta 2 de mayo 2015]
- Domínguez, G. *et al.* 2009. Biomasa aérea y factores de expansión de especies arbóreas en bosques del sur de Nuevo León. Revista Chapingo (MX) 15(1): 59-64, enero-junio, [en línea]. Disponible en: <http://redalyc.uaemex.mx/redalyc/pdf/629/62916073006>. [Consulta 1 de octubre 2014].
- Fassola, H. E. *et al.* 2010. Modelos regionales de biomasa aérea de *Pinus taeda* para misiones y de corrientes, Argentina. 14ta Jornadas Técnicas Forestales y Ambientales. [en línea]. Disponible en: http://inta.gob.ar/documentos/modelos.../042111_1Fassola_Modelos_biomasa.pdf [Consulta 1 de octubre 2012].
- Fonseca, W.; Alice, F.; Rey, J. M. 2009. Modelos para estimar la biomasa de especies nativas en plantaciones y bosques Secundarios en la zona Caribe de Costa Rica. Bosque (CL) 30(1) 36-47 2009 [en línea]. Disponible en: <http://www.scielo.cl/pdf/bosque/v30n1/art06.pdf> [Consulta 28 de agosto 2015] PDF.
- Furnival, G. M. 1961. An index for comparing equations used in constructing volume tables. Forest Science (CS) 7: 33-34.
- Gaillard, C.; Pece, M.; Juárez, M. 2002. Biomasa aérea de quebracho blanco (*Aspidosperma quebracho-blanco*) en dos localidades del Parque Chaqueño Seco. Revista Ciencias Ambientales – Quebracho (MX) 9: 116-127.
- Guerra, C.W. *et al.* 2003. Estadística. Segunda reimpresión. La Habana, Editorial Félix Varela. 376 p.
- Ibáñez, A., *et al.* 2002. Manual de 56 especies maderables. Características y usos. s/n.
- InfoStat. 2008. Universidad Nacional de Córdoba. Argentina.
- Jiménez, C. 2010. Uso de ecuaciones alométricas para estimar biomasa y carbono en la parte aérea de *Pinus hartwegii* Lindl., en el Parque Nacional Izta-Popo. 51 h. Trabajo de Diploma (en opción al título de Ingeniero en Restauración). Universidad Autónoma de Chapingo, Texcoco. México. [en línea]. Disponible en: www.chapingo.mx/.../jimenez_cruz_carmen_del_r... [Consulta 30 de agosto 2015].
- Kiviste, A. *et al.* 2002. Funciones de crecimiento de aplicación en el ámbito forestal. Ministerio de Ciencia y Tecnología. Instituto de Investigaciones y Tecnología Agraria y Alimentaria, Madrid. 190 p.
- Martínez, S. 2009. Evaluación de la biomasa como recurso energético renovable en Cataluña. Tesis Doctoral. Universidad de Girona [en línea] Disponible en: www.tdx.cat/bitstream/10803/7920/1/tsml1de1.pdf. [Consulta: 27 de septiembre 2015].
- Méndez, J. *et al.* 2011. Ecuaciones alométricas y estimación de incrementos en biomasa aérea y carbono en una plantación mixta de *Pinus devoniana* Lindl. y *Pinus pseudostrobus* Lindl., en Guanajuato, México. Agrociencia, 16 de mayo al 30 junio 20112009 [en línea] Disponible en: <http://www.scielo.unam.mx/pdf/agro/v45n4/v45n4a7.pdf> [Consulta 4 de septiembre 2015]
- Mogena, O. *et al.* 2007. Proyecto de Organización y Desarrollo de la Economía Forestal. 2006- 2015. Empresa Forestal Integral Bayamo. 72 p.
- Montero, M., Kanninen, M. 2002. Biomasa y Carbono en plantaciones de *Terminalia amazonia* (Gmel.) Excell en la zona Sur de Costa Rica. Revista Forestal Centroamericana (CR) (39-40): 67-69, julio-diciembre.
- Montes de Oca, E. *et al.* 2009 Ajuste de ecuaciones de biomasa para *Pinus durangensis* (Martínez M.) en la región de el salto, Durango. Revista Chapingo. Serie Ciencias Forestales y del Ambiente 15(1): p 65-71 [en línea] Disponible en: <http://www.scielo.org.mx/pdf/rcscfa/v15n1/v15n1a8.pdf> [Consulta 2 de mayo 2015].
- Prodan, M. *et al.* 1997. Mensura Forestal. Serie de investigación y educación en desarrollo sostenible. San José. Costa Rica. 586 p.
- Rodríguez, J. 1999. La estimación de la biomasa verde de copa de *Eucalyptus saligna* Smith y *Eucalyptus Pellita* F. Muell. 40 h. Tesis (en opción al título de Máster en Ciencias Forestales). Universidad de Pinar del Río. Cuba.
- Software estadístico Statgraphics Plus version 5.1 sobre Windows, 1995.
- Toirac, W. 2014. Estimación de la biomasa aérea total, carbono y nitrógeno retenido en plantaciones de *Pinus maestrensis* Bisse en la provincia de Granma. 94 h. Tesis en opción al grado científico de Doctor en Ciencias Forestales). Universidad de Pinar del Río. Cuba.
- Torres, V.; Ortiz, J. 2005. Aplicaciones de la modelación y simulación en la producción y alimentación de animales de granja. Revista Cubana Ciencia Agrícola (CU) 39: 397.
- Vidal, A. 1995. Estudio de las posibilidades de aprovechamiento de la biomasa de copa de coníferas de la provincia Pinar del Río. 101 h. Tesis (en opción al grado científico de Doctor en Ciencias Forestales). Universidad de Pinar del Río. Cuba.
- Vidal, A. *et al.* 2002. Estimación de la biomasa de copa para árboles en pie de *Pinus tropicalis* Morelet en la Empresa Forestal Integral Macurije de la provincia de Pinar del Río. Revista Floresta. 32 (2) 261-265 [en línea] Disponible en:

<http://ojs.c3sl.ufpr.br/ojs2/index.php/floresta/article/download/2290/1912> Filename:2290-4364-1-PB.pdf [Consulta 1 de octubre 2014].

Vidal, A. *et al.* 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.org/pub_doc/FORESTALES/Revista Especial. 2011](http://bva.fao.org/pub_doc/FORESTALES/Revista_Especial_2011) [Consulta 1 de octubre 2014].

Zapata, M.; Valle, J. I. Del, Orrego, S.A. 2001. Corrección por sesgos en modelos Log- Normales alométricos linealizados utilizados para estimar la biomasa aérea. In Simposio Internacional Medición y Monitoreo de la Captura de Carbono en Ecosistemas Forestales. Valdivia, Chile. 18 al 20 de octubre del 2001 (1) [en línea] Disponible en: [http://www.uach.cl/pro-carbono/pdf/simposio_carbono/17 Zapata.PDF](http://www.uach.cl/pro-carbono/pdf/simposio_carbono/17_Zapata.PDF). [Consulta: 1 de octubre 2014]. PDF.

RESEÑA CURRICULAR

Autor principal: Wilmer Toirac Arguelle

Doctor en Ciencias Forestales, Investigador Agregado, Profesor Asistente de la Universidad de Guantánamo, se encuentra vinculado a varios proyectos de investigación-desarrollo en el tema de Biomasa Forestal y Forestería Análoga. Es miembro del Grupo de Gestión Ambiental del INAF y de la Red Internacional de Forestería Análoga (RIFA). Es autor y coautor de varias publicaciones. Ha participado en eventos nacionales e internacionales con resultados relevantes.

Anexo. Estimación del factor de expansión de biomasa

$D_{1,30}$ (cm)	FEB	$D_{1,30}$ (cm)	FEB	$D_{1,30}$ (cm)	FEB	$D_{1,30}$ (cm)	FEB
9	1,77	19	1,53	29	1,41	39	1,33
10	1,75	20	1,52	30	1,40	40	1,32
11	1,70	21	1,50	31	1,39	41	1,32
12	1,67	22	1,49	32	1,38	42	1,31
13	1,65	23	1,47	33	1,37	43	1,31
14	1,62	24	1,46	34	1,37	44	1,30
15	1,60	25	1,45	35	1,36	45	1,29
16	1,58	26	1,44	36	1,35	46	1,29
17	1,56	27	1,43	37	1,34	47	1,28
18	1,55	28	1,42	38	1,34		

PROPUESTA DE OPCIONES DE MITIGACIÓN DE EMISIONES DE GASES EFECTO INVERNADERO PARA LA EMPRESA FORESTAL INTEGRAL BARACOA

PROPOSAL OF MITIGATION OPTIONS FOR GAS EMISSIONS GREENHOUSE EFFECT FOR THE INTEGRATED INTERPRISE FORESTRY BARACOA

DRA. ARLETY AJETE-HERNÁNDEZ¹, DRA. ALICIA MERCADET-PORTILLO² Y DR. ARNALDO ÁLVAREZ-BRITO²

¹ Instituto de Investigaciones-Agroforestales. UCTB Baracoa. Paso de Cuba, Baracoa, Guantánamo, Cuba, eefbaracoa@forestales.co.cu

² Instituto de Investigaciones Forestales (INAF). UCTB Investigación e Innovación Tecnológica. Calle 174 no.1723 e/ 17B y 17C, Siboney, Playa, La Habana, Cuba

RESUMEN

A partir de un estudio de retención de carbono ya existente para la Empresa Forestal Integral (EFI) Baracoa, se acomete una simulación de modificaciones del manejo de sus recursos forestales para incrementar el potencial de retención de carbono como opciones de mitigación que permitan a esta entidad contribuir con la disminución del CO₂ atmosférico y viabilizar el aumento de su retención de carbono. Fueron simuladas un total de siete alternativas, mostrando que las opciones más factibles para que la empresa aumente la retención de carbono por encima de la línea base consisten en duplicar el área de plantación anual y aumentar el IMA en volumen de madera en las plantaciones y en los bosques naturales en 1 m³/ha/año, identificándose esta como la mejor alternativa de la gestión técnica para aumentar el carbono retenido, que de cumplirse la misma le permitiría alcanzar al final del período una acumulación adicional de carbono superior a las 6000,00 ktC.

Palabras claves: Línea base, carbono, emisiones, cambio climático, mitigación

ABSTRACT

Starting from a study of retention of carbon already existent for the Integral Forest Enterprise (EFI) Baracoa a simulation of modifications of the handling of its forest resources is attacked to increase the potential of retention of carbon like mitigation options that allow to this entity to contribute with the decrease of the atmospheric CO₂ and to facilitate the increase of its retention of carbon. They were simulated a total of seven alternatives, showing that the most feasible options so that the company increases the retention of carbon above the line it bases they consist on to duplicate the area of annual plantation and to increase the IMA in wooden volume in the plantations and in the natural forests in 1 m³/ha/año, being identified this as the best alternative in the technical administration to increase the retained carbon that of being completed the same one, it would allow him to reach at the end of the period an additional accumulation of superior carbon to the 6000,00 ktC.

Key words: Line bases, carbon, emissions, change climatic, mitigation

INTRODUCCIÓN

Para cualquier país los bosques constituyen una fuente de riqueza, por lo que deben cuidarse y protegerse de manera racional, por el papel tan importante que pueden desempeñar en la economía y en la vida del pueblo (Bisse, 1988).

Para Cuba, estos constituyen un recurso estratégico de la nación, tanto por su producción

de bienes materiales como por sus servicios ambientales, por lo que en el Programa Nacional Forestal se trazan objetivos de vital importancia no solo para el sector forestal, sino también para el país, debido a que los bosques tienen, además de su connotación económica, relevantes repercusiones sobre los servicios ambientales, en especial aquellos

relacionados con la conservación de la biodiversidad, la protección del suelo, la calidad de las aguas y la regulación del clima, indicando la necesidad de conservar la biodiversidad y establecer medidas para la adaptación y mitigación al cambio climático.

Desde diferentes perspectivas los árboles han adquirido una importante atención a escala global; ellos, como todas las plantas verdes, utilizan CO₂ durante la fotosíntesis, por lo que se propone la reforestación como medio de contrarrestar el aumento de los GEI en la atmósfera, pues ellos son capaces de contener alrededor del 75 % del carbono natural presente en los ecosistemas (Sarre, 1994), y aunque el balance de remoción-emisión es mayor cuando se desarrollan (la absorción es mayor en los primeros años, decreciendo a medida que alcance su madurez), siempre continúan removiendo este gas, y con el tiempo actúan como almacén de carbono, y por ello se les considera una vía factible para la mitigación temporal, pues el carbono contenido es una porción no emitida a la atmósfera.

Por esta razón, a la par de los estudios de impactos, se ha despertado un gran interés sobre el potencial de los bosques para captar y retener carbono, siendo considerada esta fijación como un servicio ambiental, surgiendo así la necesidad de contar con la información básica sobre la fijación de carbono en los diferentes almacenes y/o depósitos de los bosques para proponer medidas viables dirigidas a la mitigación del cambio climático.

La Empresa Forestal Integral (EFI) Baracoa es el tenente principal del patrimonio forestal del municipio de Baracoa y proyecta el manejo de sus recursos arbóreos a través de un Proyecto de Ordenación, el cual no cuenta dentro de los manejos recomendados para alcanzar una mejor sostenibilidad, con normas para viabilizar el aumento de su retención de carbono como medida de mitigación, lo que implicaría un manejo insuficiente de los recursos arbóreos de su patrimonio para alcanzar los objetivos económicos y este objetivo ambiental simultáneamente. Por ello el objetivo del presente trabajo es proponer acciones de mitigación que le permitan

a esta entidad contribuir con la disminución del CO₂ atmosférico a través de las opciones de mitigación a partir de un estudio de retención de carbono ya existente para la empresa, con lo cual además se pretende contribuir con datos y análisis más específicos a la información ya existente sobre captura de carbono y medidas de mitigación.

MATERIALES Y MÉTODOS

Características generales del territorio de la Empresa Forestal Integral Baracoa

Según Rodríguez *et al.* (2009), la EFI Baracoa está ubicada en la parte norte del extremo más oriental de la provincia de Guantánamo, entre los 74°29'19" longitud oeste y los 20°19'55" latitud norte. Limita al norte con el Océano Atlántico, al sur con la EFI 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 Güin, Los Cedrones, Baracoa y Combate de Sabanilla (*Fig. 1*).

Un 95 % de la superficie de la empresa es montañosa, con pendientes mayores del 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). La media de la temperatura para todo el territorio de la EFI Baracoa es de 26,80 °C, con precipitación promedio anual de 2000 mm (ONE, 2012).

Para proponer estrategias viables dirigidas a la mitigación del cambio climático en las empresas forestales es imprescindible conocer el potencial de carbono con que cuenta las empresas en un año base determinado y la proyección de su línea base, por lo que para la realización de este trabajo se tomaron los resultados obtenidos por Ajete *et al.* (2014) para la EFI Baracoa (véase *Tablas 1 y 2*, respectivamente).



Figura 1. Ubicación de la EFI Baracoa (Fuente: Autor).

Tabla 1. Estimación general del carbono retenido en la EFI Baracoa para el año base (2008)

Tipo de bosque/ depósito de carbono	Área (ha)	B. total	Necrom.	Suelo	Total	Prom. (kt/ha)
		(kt)				
Plantaciones establecidas	5404,2	665,73	46,50	488,53	1200,76	0,22
Plantaciones en desarrollo	62,5	–	–	–	0,69	0,01
Bosques naturales	29 228,5	2400,84	249,67	3315,64	5966,15	0,20
Área por reforestar	607,1	9,11	–	23,07	32,18	–
Área inforestal	22,0	0,19	–	3,02	3,22	–
Total	3434,6	3075,87	296,17	3830,26	7203,00	0,20

B. total: Biomasa total, Necrom.: Necromasa, Prom.: Promedio.

Tabla 2. Línea base de retención de carbono 2008-2018 y su composición por variables (kt) para la EFI Baracoa

Componentes	Años					
	2008	2009	2010	2011	2012	2013
Áreas inforestales	3,22	3,22	3,22	3,22	3,22	3,22
Áreas por reforestar	32,18	10,49	13,23	16,97	18,70	21,44
Plantaciones en desarrollo	0,69	3,47	5,58	8,25	9,96	11,67
Plantaciones establecidas	1200,76	1316,56	1432,66	1549,06	1702,06	1875,98
Bosques naturales	5966,15	6205,96	6443,77	6682,58	6921,39	7160,20
Total	7203,00	7538,70	7898,45	8259,08	8655,33	9071,51

(Cont.)

Componentes	Años					
	2008	2014	2015	2016	2017	2018
Áreas inforestales	3,22	3,22	3,22	3,22	3,22	3,22
Áreas por reforestar	32,18	24,18	26,91	5,23	7,97	10,70
Plantaciones en desarrollo	0,69	13,38	14,57	11,19	7,82	4,97
Plantaciones establecidas	1200,76	2070,71	2292,16	2542,25	2823,90	3122,76
Bosques naturales	5966,15	7399,02	7637,83	7876,64	8115,45	8354,26
Total	7203,00	9510,50	9974,69	10 438,53	10 958,36	11 495,91

Empleando los mismos datos que fueron utilizados para la determinación del carbono y de la línea base, se simularon alternativas que propiciaran una mayor retención de carbono utilizando el sistema SUMFOR en su versión 2.14 (Álvarez y Mercadet, 2008). Se consideraron para ello siete opciones diferentes de modificación de la gestión técnica empresarial actual, con vistas a determinar los posibles efectos que ello pudiera producir sobre la retención de carbono, consistiendo las alternativas en:

- Duplicar el área de plantación anual.
- Elevar el logro promedio (superficie relativa con respecto al total inicialmente plantado, con un 60 % o más de supervivencia) de las plantaciones hasta el 95 %.
- Reducir las áreas afectadas por la ocurrencia de incendios.
- Reducir en un 50 % los aprovechamientos por talas rasas.
- Reducir en un 50 % los aprovechamientos por otros tipos de talas.
- Aumentar el incremento medio anual (IMAV) de volumen de madera de las plantaciones en 1 m³/ha/año.
- Aumentar el incremento medio anual (IMAV) de volumen de madera de los bosques naturales en 1 m³/ha/año.

La retención de carbono producida por cada alternativa con respecto a la línea base fue estimada como el acumulado de las diferencias anuales registradas entre la alternativa y la línea base, y la comparación entre las retenciones de carbono del conjunto de alternativas permite identificar qué modificación de la gestión técnica empresarial actual generaría mayores adiciones a las retenciones de carbono inicialmente previstas por la línea base, seleccionándose aquellas alternativas que propician una mayor

retención de carbono las medidas de mitigación para la EFI Baracoa.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Alternativa de gestión técnicamente más adecuada para aumentar el potencial de retención de carbono en la EFI Baracoa

La *Fig. 2* revela los resultados de las alternativas de mitigación evaluadas, mostrando que las opciones más factibles para que la empresa aumente la retención de carbono por encima de la línea base consisten en duplicar el área de plantación anual y aumentar el IMA en volumen de madera en las plantaciones y en los bosques naturales en 1 m³/ha/año, siendo esta última la más prometedora (*Tabla 3*), que de cumplirse la misma le permitiría alcanzar al final del período una acumulación adicional de carbono superior a las 6000,00 ktC (6681,00 ktC).

Estimaciones generadas para cuatro EFI del país (Mayabeque, Victoria de Girón, Gran Piedra-Baconao y Santiago de Cuba) mostraron como mejor alternativa de mitigación el aumento del IMA en volumen de madera de sus bosques naturales, presentando los mayores IMA con valores comprendidos entre 5,2 y 6,0 m³ • ha⁻¹ • año⁻¹ (Álvarez *et al.*, 2012). Sin embargo, aun cuando ha sido identificada la más prometedora alternativa de gestión técnica para la mitigación aumentando sus retenciones de carbono en el tiempo, no significa que tales resultados puedan siempre ser alcanzados de inmediato, pues si tal alternativa se implementara a partir del año siguiente al año base, prácticamente no es posible que de un año al siguiente la empresa logre tal modificación en más de 29 000 ha de bosques naturales con que cuenta, porque serán numerosas las hectáreas a tratar.

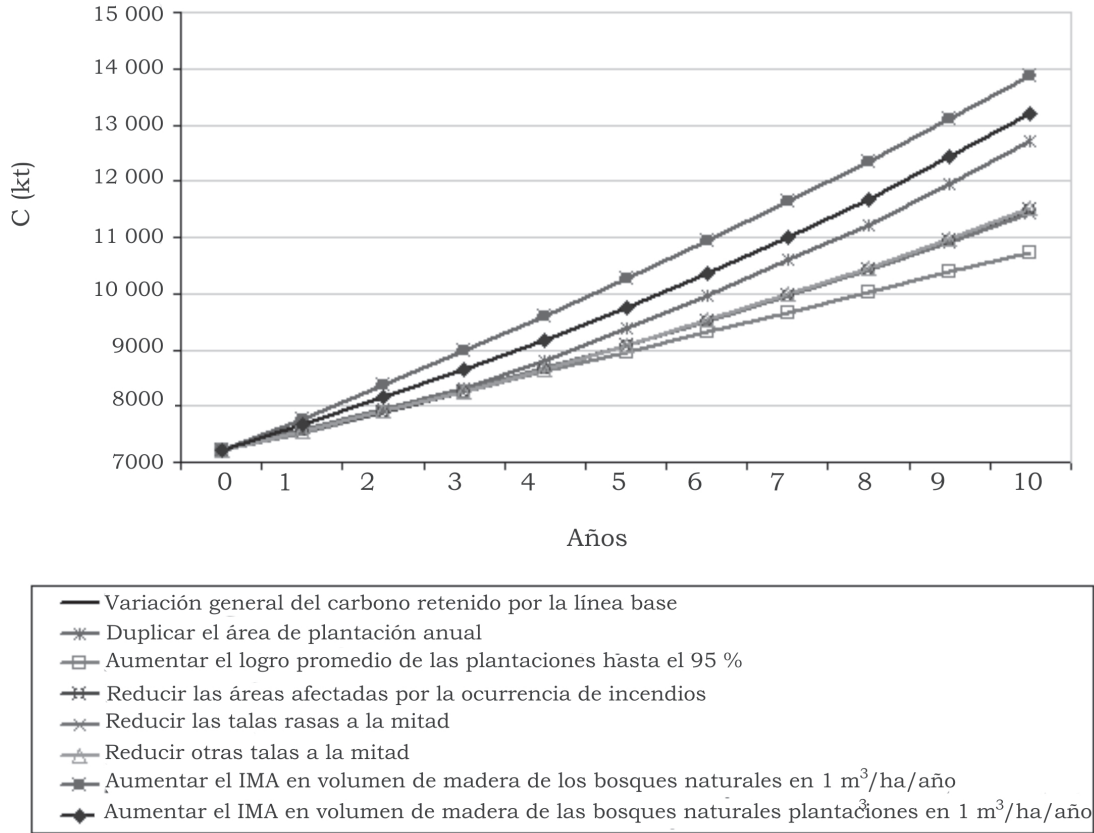


Figura 2. Alternativas de mitigación más prometedoras.

Otro aspecto a tener en cuenta es la serie de actividades silvícolas que es necesario desarrollar para alcanzar tal aumento, por lo que la alternativa deberá ser implementada poco a poco por la empresa, y en la medida en que se logre el aumento del IMA previsto por la simulación, la capacidad de retención de los bosques naturales irá en aumento.

Propuesta de medidas de mitigación

Tomando en consideración la evaluación de las alternativas simuladas, se proponen las siguientes medidas de mitigación a considerar, las que tienen como objetivo común elevar la cantidad de biomasa existente por unidad de área y tiempo (toneladas/ha/año) en el patrimonio administrado por la empresa. Estas medidas se enfocaron en función de aumentar la remoción de carbono de la atmósfera, quedando formuladas como se exponen a continuación:

- Aumento de la superficie anual de plantaciones

A la par que quedaría cubierta el área por reforestar en menor período de tiempo, proporcio-

naría el incremento de las retenciones anuales de carbono, siendo recomendable el uso de especies con mayor retención de carbono por unidad de superficie (kt/ha), como es el caso de *Pinus cubensis* Sarg. ex Griseb., especie de excepcional relevancia en la EFI Baracoa, la que además de presentar mayor proporción de biomasa incorporada, es la conífera endémica de la región, contribuyendo con esto a conservar la biodiversidad.

- Favorecer el aumento del IMA en volumen de madera de las plantaciones

En las áreas categorizadas como productoras, consiste fundamentalmente en la aplicación del manejo silvícola según corresponda para favorecer el crecimiento en diámetro y altura, aumentando con ello volumen y biomasa, lo que equivaldrá al aumento de la remoción y retención de carbono.

En áreas categorizadas como bosques protectores y bosques de conservación, cuya función principal no es la producción de madera, el aumento del carbono retenido se alcanzaría principalmente mediante el manejo que favorezca el aumento de

la cantidad de árboles por unidad de superficie, respetando los límites de densidad establecidos o por acciones que favorezcan la presencia de especies con mayor ritmo de crecimiento.

- Favorecer el aumento del IMA en volumen de madera de los bosques naturales

En los pinares naturales categorizados como productores, tomando en cuenta su situación específica inicial, el aumento de la biomasa debe incluir el manejo silvícola requerido que favorezca el incremento de la biomasa.

En bosques latifoliados con igual categoría, una alternativa sería la sustitución de especies de poco valor económico y/o lento crecimiento, por otras de mayor valor económico y mayores incrementos anuales, considerando las especies autóctonas, mientras que en el caso de rodales con baja densidad, se pudiera aplicar el enriquecimiento o la reconstrucción con especies de valor económico y rápido crecimiento.

En áreas categorizadas como protectoras o de conservación, cuya función principal no es la producción de madera, el aumento del carbono retenido se alcanzaría principalmente mediante acciones que favorezcan el aumento de la cantidad de árboles por unidad de superficie, respetando los límites de densidad o por medidas que favorezcan la presencia de especies con mayor ritmo de crecimiento.

La aplicación de las alternativas que contemplen el IMA en volumen de madera (para plan-

taciones y bosques naturales) son factibles técnicamente si se toma en consideración el índice de densidad del rodal; variable importante para predecir la forma, el crecimiento y supervivencia de los árboles, así como para incrementar la productividad forestal mediante el control de la competencia entre los árboles.

Si se ajusta el índice de densidad en los rodales con densidad superior e inferior a 0,7, valor límite establecido para la ejecución de los manejos según MINAG (1982), Suárez *et al.* (2002), aplicando los manejos silvícolas adecuados y en el tiempo establecido, se estaría contribuyendo al incremento en volumen de ese rodal, siendo este el mejor parámetro para expresar el incremento o crecimiento de un rodal (Imaña y Encinas, 2008).

En áreas categorizadas como productoras se puede aumentar la densidad del rodal hasta 0,7, según Almenares (2014), Jiménez (2014), y en los bosques categorizados como protectores o de conservación, este incremento puede ser superior, pues no se afecta el objetivo del aérea.

En la EFI Baracoa se reportan, según Rodríguez *et al.* (2009), un total de 421 rodales, y de estos el 78 % presentan densidades inferiores a 0,7, el 11 % con valores superiores (*Fig. 3a*). Del total de rodales con densidad inferior a 0,7, el 49 % están representados por los bosques productores, y un 28 % por los bosques protectores o de conservación (*Fig. 3b*).

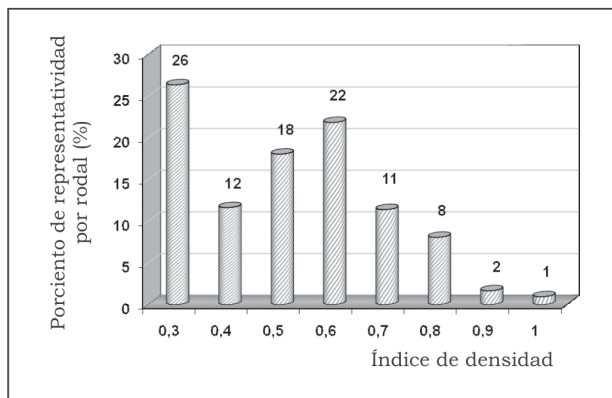


Figura 3a.

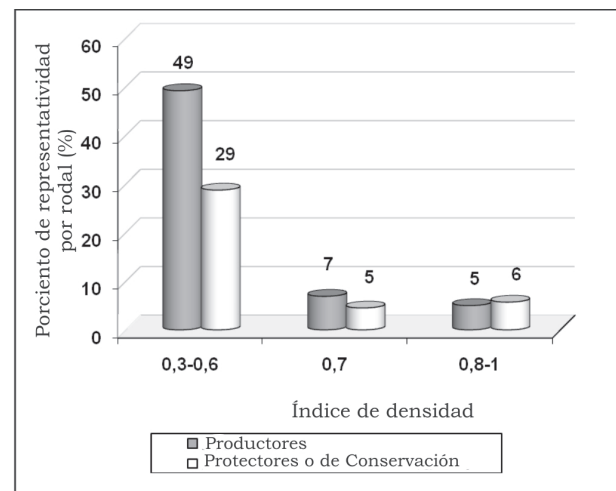


Figura 3b.

Figura 3. Información basada en datos reportados por Rodríguez *et al.* (2009). *Densidad óptima: 0,7: MINAG (1982), Suárez *et al.* (2002): a) Resumen de la densidad por rodales; b) Estado de la densidad por categorías de manejo.

Las acciones previstas deberán ser reflejadas adecuadamente en el Proyecto de Ordenación Forestal de la entidad, y para la decisión final de cuál es la alternativa de mitigación que más conviene poner en práctica para incrementar las retenciones de carbono, no solo se deberán tener en cuenta su efecto sobre el balance neto de carbono de la empresa, sino también el costo total que llevará asociado para ponerla en práctica y así determinar para cada alternativa el costo por tonelada de carbono retenida, criterios que de conjunto permitirán definir cuál es la mejor opción.

CONCLUSIONES

- La simulación de alternativas de mitigación permitió identificar aquellas que técnicamente son más promisorias para incrementar la retención de carbono por el patrimonio de la empresa, resultando el aumento de 1 m³/ha/año en los bosques naturales la de mayor perspectiva.
- Las medidas de mitigación están dirigidas a viabilizar en el patrimonio de la empresa el aumento de la retención de carbono mediante el incremento de la biomasa.

RECOMENDACIONES

- Teniendo en cuenta que para la selección definitiva de la alternativa de mitigación a implementar se debe conocer el costo que lleva asociado, resulta necesario acometer la valoración económica de las alternativas de mitigación propuestas.
- Reflejar en el Plan Económico y en el Proyecto de Ordenación Forestal las acciones para la implementación de las medidas de mitigación seleccionadas.

RESEÑA CURRICULAR

Autora principal: Arlety Ajete Hernández

Ingeniera Forestal, Investigadora Auxiliar, Doctora en Ciencias Forestales, Miembro del Tribunal Permanente para el otorgamiento del grado Técnico Medio Forestal en el Instituto Politécnico de Agronomía Limbano Sánchez, de Baracoa, Guantánamo, Profesora Asistente de la Universidad de Guantánamo y miembro del Tribunal de Defensas para el otorgamiento del grado de Ingeniero Forestal de la Facultad Agroforestal de la misma, se encuentra vinculada a varios proyectos de investigación-desarrollo relacionados con el tema de Cambio Climático y el Sector Forestal, Forestaría Análoga y Productos Forestales No Maderables. Integrante del Grupo de Cambio Climático del Instituto de Investigaciones Agro-Forestales, es autora y coautora de varias publicaciones. Ha participado en eventos nacionales e internacionales con resultados relevantes.

- Ajustar las prácticas de manejo para lograr los objetivos de mitigación especificados.

BIBLIOGRAFÍA

- Ajete, A. *et al.* 2014. Retención de carbono por la Empresa Forestal Integral "Baracoa" y su evaluación futura. *Revista Forestal Baracoa* (CU) 33 (1): 83-90, enero-junio.
- Almenares, J. I. 2014. Comunicación personal
- Álvarez, A.; Mercadet, A. 2008. Puesta a punto del sistema automatizado SUMFOR v-2.0 hasta v2.14. Informe Final del Subproyecto: La mitigación del cambio climático por los bosques cubanos. Proyecto: Segunda Comunicación Nacional de Cambio Climático. Subsector Forestal; PRCT: Preservación de los Recursos Naturales. Instituto de Investigaciones Forestales. La Habana. 8 p.
- Álvarez, A.; Mercadet, A. 2012. El Sector Forestal Cubano y el Cambio Climático. La Habana. Instituto de Investigaciones Agro-Forestales. 248 p.
- Bisse, J. 1988. Árboles de Cuba. La Habana. Editorial Científico-Técnica. 384 p.
- Imaña, E.; Encinas, O. 2008. *Epidometría Forestal*. Primera Edición. Edikapas C.A. RELAFOR. 66 p.
- Jiménez, F. 2014. Comunicación personal.
- MINAG (Ministerio de la Agricultura). 1982. Norma Ramal 595. Tratamientos silviculturales. Coníferas y Latifolias. Raleos en plantaciones y bosques naturales. 14 p.
- 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].
- Rodríguez, P. E.; Noa, N.; Leyva, G.; Rodríguez, B. 2009. Proyecto de Ordenación y Desarrollo de la Economía Forestal (2008-2017) para la Empresa Forestal Integral Baracoa. Ministerio de la Agricultura. Grupo Empresarial de Agricultura de Montaña. 57 p.
- Sarre, A. 1994. Los bosques tropicales como sumideros de carbono. *Actualidad Forestal Tropical* (JP) 2 (2): 6, abril-junio
- Suárez, J. T.; Palenzuela, L.; Roldán, P.P. 2002. Manual para la Ejecución de la Ordenación Forestal. MINAG. Dirección Forestal. 106 p.

Anexo. Mitigación generada por las diferentes alternativas de mitigación en la EFI Baracoa

Alternativas de mitigación	Años										Result. Acum.	
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9		10
	(Mt)											
Línea base	7203,0	7538,7	7898,5	8259,1	8655,3	9071,5	9510,5	9974,7	10438,5	10958,4	11495,9	-----
Aumento de la superficie anual de plantaciones	7203,0	7568,2	7933,0	8298,7	8814,8	9368,3	9962,3	10599,2	11224,1	11947,5	12706,6	4621,7
Elevar el logro promedio de las plantaciones hasta el 95 %	7203,0	7532,2	7886,9	8243,8	8606,1	8960,8	9315,5	9670,3	10025,1	10379,9	10734,8	-2445,7
Reducir las áreas afectadas por la ocurrencia de incendios	7203,0	7539,6	7900,4	8262,3	8658,7	9073,6	9509,8	9969,6	10426,5	10936,9	11474,8	-48,7
Reducir en un 50 % los aprovechamientos por talas rasas	7203,0	7542,1	7905,9	8271,2	8668,0	9079,6	9507,9	9954,6	10421,6	10910,8	11423,9	-115,4
Reducir en un 50 % los aprovechamientos por otros tipos de talas	7203,0	7540,1	7901,3	8263,3	8661,2	9079,2	9520,3	9986,9	10453,5	10976,6	11516,4	98,0
Aumentar el incremento medio anual en volumen de madera en los bosques naturales en 1 m ³ /ha/año	7203,0	7777,5	8376,1	8975,5	9610,6	10265,6	10943,4	11646,4	12349,0	13107,7	13884,0	13134,6
Aumentar el incremento medio anual en volumen de madera de las plantaciones en 1 m ³ /ha/año	7203,0	7667,4	8156,2	8646,1	9183,2	9751,5	10357,0	11005,3	11673,9	12422,5	13204,4	8266,3

POTENCIAL DE LAS PLANTACIONES PROTECTORAS DE *BAMBUSA VULGARIS* SCHRADER EX WENDLAND EN TRES ÁREAS DEL GRAN PARQUE METROPOLITANO DE LA HABANA

POTENTIAL OF THE PROTECTORS PLANTATIONS OF *BAMBUSA VULGARIS* SCHRADER EX WENDLAND IN THREE AREAS OF THE GREAT METROPOLITAN PARK OF THE HAVANA

DRA. ELSA M. CORDERO-MIRANDA¹, ING. YAMILA VALIENTE-PALACIOS² Y M.Sc. DULCE ALMONTE-CORZO³

¹ Instituto de Investigaciones Agro-Forestales. Calle 174 no. 1723 e/ 17B y 17C, Siboney, Playa, La Habana, Cuba, cordero@forestales.co.cu

² Servicio Estatal Forestal Marianao. Ave. 49 e/ 120 y 122, Marianao, La Habana

³ Gran Parque Metropolitano de La Habana. Calle 19 no. 1466 e/ 28 y 30, Vedado, La Habana, Cuba

RESUMEN

Bambusa vulgaris Schrader ex Wendland es una especie de gran importancia por ser conservadora de los suelos y otros usos. El trabajo se ejecutó en tres áreas de la faja forestal hidrorreguladora del río Almendares: Llanos del Almendares, El Husillo y La Cooperativa, pertenecientes al Gran Parque Metropolitano de La Habana. Con el objetivo de conocer el potencial de las plantaciones protectoras de la especie se evaluaron los plantones desde 2010-2016. Se utiliza una metodología para los criterios de evaluación del estado actual de conservación de los culmos y el cuestionario de tipo grupal. Los resultados en dichas áreas arrojaron una valoración de regular, se comprobó la estructura regular y malas prácticas de manejo en los plantones, lo que causa el principal deterioro de la especie: "Malas prácticas de manejo", con una alta ponderación.

Palabras claves: *Bambusa vulgaris* Schrader ex Wendland, deterioro, causa, manejo, prácticas.

ABSTRACT

Bambusa vulgaris Schrader ex Wendland specie of great importance to conserve of soil and other uses. The work was executed in three areas of the strip forest hidrorreguladora of the Almendares River: Plains of the Almendares, The Husillo and La Cooperativa, belonging to the Great Metropolitan Park of Havana. With the objective to knowing the potential of the protector plantations of the species the grafts were evaluated from the year 2010-2016. A methodology is used for the approaches of evaluation of the current state of conservation of the culmos and the questionnaire of type grupal. The results in these areas threw a appreciation of regular, the regular structure was checked and bad handling practices in the grafts what it causes the main deterioration of the species: "Bad handling practices", with a high ponderation.

Key words: *Bambusa vulgaris* Schrader ex Wendland, deterioration, causes, handling, practical.

INTRODUCCIÓN

El manejo forestal es un aspecto de relevancia y actualidad, el cual debe ser considerado como un proceso racional de aprovechamiento del bosque que facilita la producción sostenible de bienes y servicios, donde se reduce la presión de los recursos e implica un manejo prudente y planificado del mismo. Este pudiera verse limitado por factores

biológicos, técnicos y económicos. La eficiencia del manejo forestal puede mejorar al aceptar los planes de manejo como herramientas provisorias y orientadoras, al permitir a las empresas continuar sus actividades de producción (Camino, 1997). Los manejos a su vez contribuyen a mejorar los bosques protectores.

La razón de ser de los bosques protectores es la defensa al objeto que se propone conservar, por lo tanto, cualquier plan de manejo debe contemplar, en primer lugar, el respeto a la condición guardiana del bosque y, como cuestión secundaria, los beneficios económicos que puedan derivarse de la extracción de sus productos directos. Las atenciones culturales no deben alterar la estética ni producir un cambio violento en el medio ecológico del lugar tratado (Ávila *et al.*, 1979). La conservación de estos bosques constituye un importante desafío de carácter global, por cuanto conseguir un adecuado equilibrio entre la utilización y conservación de estos recursos representa un aspecto crucial para el desarrollo (Gutiérrez, 2003). Es primordial destacar que el género *Bambusa* se presenta a lo largo y ancho del río Almendares en la reforestación de la cuenca, la que por sus propias características es totalmente vulnerable a la acción antrópica, debido a que los artesanos y campesinos utilizan la especie sin control para diferentes usos. Las plantaciones de *Bambusa vulgaris* Schrader ex Wendland se encuentran afectadas por las talas indiscriminadas, aparecen culmos secos y quebrados, lo cual agudiza la deforestación, acarreado la degradación de los suelos. Todos estos elementos facilitaron identificar el objetivo del trabajo que se enfoca en conocer el potencial actual de las plantaciones protectoras de *Bambusa vulgaris* para tres áreas en el Gran Parque Metropolitano de La Habana.

MATERIALES Y MÉTODOS

El trabajo se ejecutó en tres áreas donde se localiza la especie *Bambusa vulgaris*, en la faja forestal hidrorreguladora del río Almendares, en Llanos del Almendares, El Husillo con suelo Húmico Calcimórfico típico, respectivamente, y La Cooperativa con suelos Antrosoles Antrópicos (Hernández *et al.*, 1999), perteneciente al Gran Parque Metropolitano de La Habana, provincia de La Habana, que abarca un total de áreas de bambú de 34 767m² (Fig. 1) (Registros del Equipo Técnico GPMH, 2016).

La temperatura media anual es de 25 °C y una precipitación de 1290 mm, a partir de los registros brindados por el INSMET, 2015.



Área 1: Llanos del Almendares, Área 2: El Husillo, Área 3: La Cooperativa.

Figura 1. Ubicación de las zonas de estudio.

Para caracterizar la dinámica forestal de la especie se tomó información del registro del Gran Parque Metropolitano de La Habana en el período de seis años de 2010-2016. Se determinó el tamaño de la muestra siguiendo el método de Calero (1978), con un error experimental de 0,10 y un nivel de confiabilidad del 95 %.

- n : Tamaño de muestra
- d : error máximo permisible (0,10)
- p : Probabilidad de éxito (0,5)
- N : tamaño de la población
- α : 0,05 tabla matemática (el nivel de significación para el 95 %)
- Z : Gaus

Se muestreó un total de 10 parcelas por cada área. La distribución de las parcelas se realizó mediante el método de muestreo aleatorio simple.

El área de las mismas de 10 m x 10 m, encontrándose en el área un total de 40 plantones para el estudio representativo de las áreas Llanos del Almendares 13, El Husillo 16 y La Cooperativa 11. En cada parcela se realizó la enumeración de los plantones, se midió el área del plantón, número de brotes, número de culmos verdes, adultos y secos, longitud de culmos verdes y adultos, diámetros de tallos verdes y adultos exteriores, peso de culmos verdes y adultos, y se seleccionó un culmo por cada plantón en estudio, grosor de la pared (mm) a 1,30 m, total de hectáreas de bambú y número de plantones.

Para estas últimas mediciones relacionadas con el peso y grosor de la pared de los culmos se tuvieron que cortar los tallos con un machete; se utilizó una cinta métrica para medir el diámetro exterior y un pie de rey para las medidas del grosor de la pared.

El estado de conservación de las plantaciones protectoras se evaluó a través de descripciones de los plantones en las áreas de estudio desde 2010 a 2016, donde se adaptaron los criterios de García (2006): grado antropogénico, estructura de la vegetación (clases diamétricas, niveles del vuelo arbóreo y composición de la vegetación), presencia de talas, presencia de la regeneración natural, estado sanitario, categorías de amenaza y los niveles de seguridad. Para efectuar las observaciones en las áreas de estudio se empleó a las metodologías de Wong (1995) y Álvarez *et al.* (2003). La herramienta utilizada fue un cuestionario de tipo grupal para la recopilación de las causas del deterioro de las plantaciones protectoras que se caracterizó según Notario (1999).

Para la aplicación de la herramienta se trabajó, por su tamaño manejable y los pocos recursos necesarios para su puesta en práctica, con la población total compuesta por especialistas, técnicos y obreros vinculados a las labores con el bambú de las tres áreas de estudio, que suman un total de 34 trabajadores.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la *Tabla 1* se muestran las características evaluadas para cada uno de las áreas, mostrando que las variables longitudes y diámetros de los culmos verdes y adultos se encuentran dentro del rango reportado para la especie en Cuba, entre 8-20 m de altura y 5-10 cm de diámetro, según Catasús (2003); sin embargo, según lo reportado por este propio autor, el grosor de las paredes es de 2-4 mm muy inferior a la media obtenida de 7-15 mm, provocado básicamente por el manejo en el corte del tallo en la periferia del plantón realizado por los trabajadores y habitantes de las áreas, lo cual provocó la activación de yemas en el interior de la cepa y la consecuente congestión de la misma. Además, por los cortes repetidos y a destiempo se permite una reducción en el vigor de los rizomas. De acuerdo con el número de plantones, el área 2 El Husillo presenta condiciones para ser manejada para su aprovechamiento en un tiempo menor que las restantes. El área 1 Llanos del Almendares y el área 3 La Cooperativa precisan igualmente corte a tiempo, limpias, enriquecimiento y fomento con nuevas plantaciones.

Tabla 1. Características evaluadas en los plantones por áreas de estudio

<i>Características evaluadas</i>	<i>Área 1</i>	<i>Área 2</i>	<i>Área 3</i>
Número de brotes	13,0	7,0	4,0
Número de culmos verdes	13,0	34,0	30,0
Número de culmos adultos	20,0	18,0	22,0
Número de culmos secos	16,0	20,0	17,0
Longitud del culmos verdes (m)	8,1	9,1	9,3
Longitud del culmos adultos (m)	8,1	8,5	9,0
Diámetro del culmos verdes (cm)	7,5	8,3	9,7
Diámetro del culmos adultos (cm)	8,1	9,0	9,5
Peso del culmos verdes (kg)	18,0	17,5	17,5
Peso del culmos adultos (kg)	14,0	15,0	15,5
Grosor de la pared a 1,30 m (mm)	3,6	4,0	2,4
Total de hectáreas de bambú (ha)	0,5	0,1	3,0
No. de plantones	13	16	11

Área 1: Llanos del Almendares, Área 2: El Husillo, Área 3: La Cooperativa.

En cuanto a los brotes (Tabla 2), los resultados muestran que en las tres áreas esta variable se encuentra por debajo de la estructura internacional reportada por Wong (1995), por lo que muestran condiciones para ser manejada y lograr el crecimiento de los mismos. Para los culmos verdes en el área 1 está por debajo de 30 lo reportado por la estructura internacional a diferencia de las áreas 2 y 3 que están dentro y por encima del rango reportado.

En los culmos adultos se puede apreciar que la relación es inversa a la estructura planteada internacionalmente al encontrarse por debajo de la misma, mientras que para los culmos secos están por encima de 15, y ello facilita la aparición de plagas y enfermedades, contrariando además el crecimiento de los culmos adultos y verdes, manifestando las malas prácticas de manejo a que han estado sometidos los plantones.

Tabla 2. Comparación de los porcentajes de culmos con la estructura internacional

Características evaluadas	Área 1	Área 2	Área 3	Estructura internacional
Brotos	13,0	7,0	4,0	15,0
Culmos verdes	13,0	34,0	30,0	30,0
Culmos adultos	20,0	18,0	22,0	40,0
Culmos secos	16,0	20,0	17,0	15,0

Área 1: Llanos del Almendares, Área 2: El Husillo, Área 3: La Cooperativa.

La Tabla 3 muestra las evaluaciones realizadas en cada uno de los criterios adoptados del estado de

conservación de las plantaciones protectoras de *Bambusa vulgaris* para las tres áreas de estudio.

Tabla 3. Evaluaciones de los criterios definidos para el estado de conservación de las áreas de estudio

Áreas	GA	Estructura de la vegetación			T	RN	ES
		CD	NV	CV			
Llanos del Almendares	M	7-9	PS, PM, PI	Bv	x	x	B
El Husillo	M	8-10	PS, PM, PI	Bv	x	x	R
La Cooperativa	M	9-10	PS, PM, PI	Bv	x	x	B

GA (Grado antropogénico), M (Moderado), CD (Clase diamétrica), NV (Niveles del vuelo arbóreo), PS (Piso superior), PM (Piso medio), PI (Piso inferior), CV (Composición de la vegetación), Bv (*Bambusa vulgaris*), T (Talas), X (Presencia de talas), RN (Regeneración natural), X (Presencia de regeneración natural), ES (Estado sanitario), B (Buen), R (Regular).

Los resultados obtenidos en las evaluaciones reflejan que las condiciones no son favorables, reportándose en cada área culmos en el suelo, secos y partidos, con follaje poco denso; se observa además los plantones faltos de manejo, con moderado grado de antropización, y se reportan talas furtivas y pobre regeneración natural.

El reporte de talas furtivas es un aspecto nocivo en la estructura del plantón y causan las mayores afectaciones en los culmos maduros y sobremaduros (Álvarez et al., 2003). Este mismo autor plantea que un buen manejo en las cepas de bambú implica proceder con tra-

tamientos silvícolas para preservar el máximo vigor, productividad de rizomas y culmos. Se deben extraer los culmos sobremaduros, defectuosos, y asegurar una distribución espacial de los mismos en una cepa. Los plantones de la especie con moderada antropización en las tres áreas de estudio tienen una estructura regular, se aprecian malas prácticas de manejo, ilustrado por un corte repetido y a destiempo que provoca un deterioro en el bambú, lo cual reduce el vigor de los rizomas y disminuye la calidad de los plantones; también los cortes de tallos en la periferia del plantón provocan la activación de yemas en el interior de la cepa y su congestión, y

los cortes de los tallos al nivel del tercer y cuarto nudo pueden provocar la posterior pudrición de los rizomas, además, la falta de tratamientos silviculturales, por lo que se deben controlar que los mismos prolonguen su deterioro.

Las áreas 1 y 3, calificadas como moderadamente antropizadas, manifiestan un buen estado sanitario, la estructura de la vegetación es regular, posee pobre regeneración natural y carecen de buenas prácticas de manejo, valorando este último criterio como uno de los más importantes que favorece al enriquecimiento de los plántones y coincidiendo con lo expresado por Cordero *et al.* (2014).

El área 2 manifiesta un regular estado sanitario. La estructura de la vegetación es regular, posee pobre regeneración natural y carecen de buenas prácticas de manejo.

Las tres áreas investigadas se clasifican en categoría de estado vulnerable, los cuales carecen de buenas prácticas de manejo, presentan culmos secos y quebrados en el suelo. El nivel de seguridad, determinado a partir de las categorías de amenaza en cada área, es medio (nivel 2). La categoría ocupacional constituyó un dispositivo cardinal para precisar el procedimiento

de los criterios evaluados en el cuestionario. No obstante, la experiencia en el manejo de la especie *Bambusa vulgaris* fue un factor que intervino necesariamente en la jerarquización de las causas fundamentales del deterioro de las plantaciones protectoras de la especie.

Apoyados en el criterio de Surós (2005), el éxodo de fuerza laboral forestal a otras actividades económicas ha provocado una disminución de la cultura técnica forestal, máxime cuando esta depende de la constancia y la práctica continua de los recursos laborales. Teniendo en cuenta lo expresado anteriormente, los especialistas y técnicos resultaron ser los de mayor experiencia en el trabajo con la especie, a diferencia de los obreros, donde la mayoría cuenta con menos de cinco años de experiencia, indicando poca preparación de los trabajadores en las actividades prácticas sobre el manejo del bambú. La causas fundamentales del deterioro de las plantaciones de bambú fueron sometidas a un análisis de Pareto apilado (*Fig. 2*), mediante el cual se organizó una primera pila para la causa “Malas prácticas de manejo”, que repercutió en un primer nivel de importancia para todos los grupos de encuestados de acuerdo a los años de experiencia en las labores con la especie.

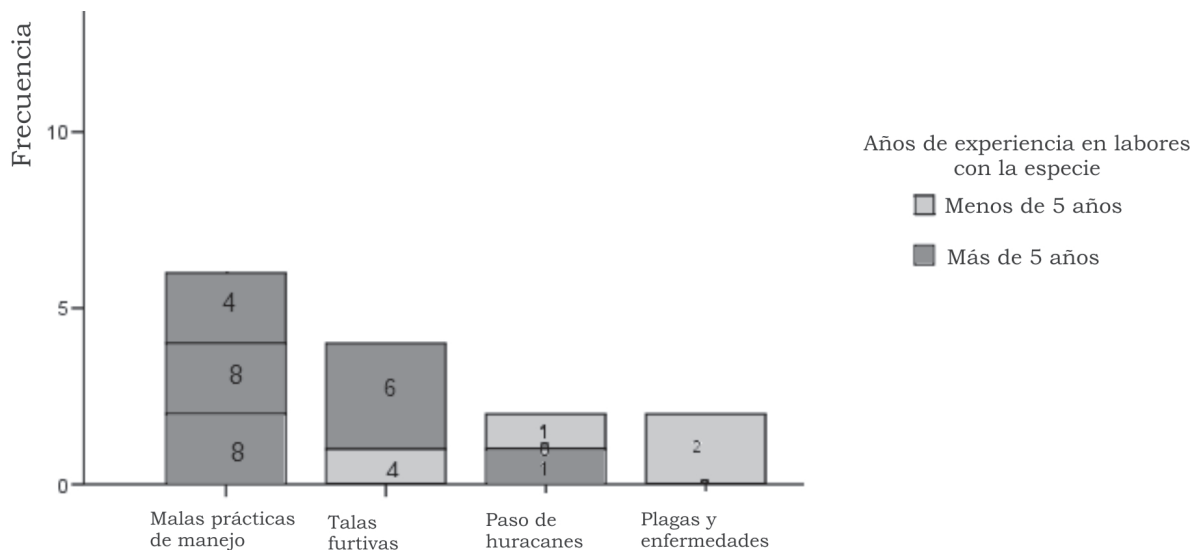


Figura 2. Causas fundamentales del deterioro de las plantaciones de bambú.

En un segundo nivel de jerarquía se observan tres pilas que agrupan las causas “talas furtivas”, “paso de huracanes” y “plagas y enfermedades”. En el caso de “Malas prácticas de manejo”, es evidente que es una de las causas

de mayor relevancia en el deterioro de la especie, de manera que la protección de las plantaciones de bambú exige las buenas prácticas de manejo para obtención de culmos más vigorosos y productivos (Betancourt *et al.*, 2008).

CONCLUSIONES

- Las masas existentes permitieron proyectar acciones de manejo, resultando para el aprovechamiento en un menor tiempo el área de El Husillo, y enriquecimiento y fomento de nuevas plantaciones las áreas Llanos del Al-mendares y La Cooperativa.
- Las plantaciones de *Bambusa vulgaris* Schrader ex Wendland en las tres áreas de estudio se evalúan de regular, al comprobarse plantones con estructura regular y malas prácticas de manejo.
- Las causas principales del deterioro de las plantaciones protectoras de la especie *Bambusa vulgaris* Schrader ex Wendland resultaron ser “Malas prácticas de manejo”, “ta-las furtivas”, “paso de huracanes” y “plagas y enfermedades”, con una alta ponderación.

BIBLIOGRAFÍA

- Álvarez, M. et al. 2003. Tecnología para el manejo sostenible de *Bambusa vulgaris* Schrader. En: Memorias del Primer Taller Nacional del Bambú. Programa “Desarrollo de alternativas agroecológicas para el uso del bambú en Cuba”. Asociación Cubana de Trabajadores Agropecuarios y Forestales. p. 39-51.
- Ávila, J. et al. 1979. Ecología y Silvicultura. Cuba. Editorial Pueblo y Educación. 177 p.
- Betancourt, M., Álvarez, M., Cuesta, I., Montalvo, J.M. 2008. Reforestación con Bambú en Cuba. Memorias del taller Bambú biomasa, Bayamo, Granma. Versión electrónica. p. 14.
- Calero, A. 1978. Técnicas de muestreo. Estadística. Ciudad de La Habana. Editorial Pueblo y Educación. 184 p.
- Camino, R. 1997. Monitoreo forestal en Nicaragua. Revista Forestal Centroamericana (CR) 25: 21.
- Catasús, L. 2003. Estudio de los Bambúes arborescentes cultivados en Cuba. Cuba. Asociación Cubana de Trabajadores Agropecuarios y Forestales. 56 p.
- Cordero, E. 2014. Estado de las plantaciones protectoras de *bambusa vulgaris* schrader ex wendland en el río cuyagüateje. Revista Forestal Baracoa (CU) 33 (2): 3-8.
- García Quintana, Y. 2006. Estrategia de conservación intraespecífica para *Pinus caribaea* Morelet var. *caribaea* Barret y Golfari. 178 h. Tesis (en opción al grado científico de Doctor en Ciencias Ecológicas). Universidad de Pinar del Río/Universidad de Alicante.
- Gutiérrez, B. 2003. Enfoque cooperativo para el mejoramiento genético y la conservación de los recursos forestales en Chile, Colombia y Costa Rica. Investigación Agraria. Sistema y Recursos Forestales (ES) 12(3): 113. Edición on line.
- Hernández, A. et al. 1999. Nueva versión de clasificación genética de los suelos de Cuba. Ciudad de La Habana. Instituto de Suelos. 64 p.
- INSMET. 2015. Conferencia impartida sobre el clima de Cuba. La Habana, Cuba.
- Notario, A. 1999. Apuntes de metodología de la investigación científica. Documento preparado para la Maestría en Ciencias Forestales. Dpto Forestal. Universidad de Pinar del Río “Hermanos Saíz Montes de Oca”. 63 p.
- Registros del Equipo Técnico GPMH. 2016. Estudio sobre el cálculo de áreas de bambú en el Gran Parque Metropolitano de La Habana. La Habana. Cuba. p. 1.
- Surós, R. E. 2005. Bases teórico metodológicas para determinar las dimensiones de las Unidades de Base. Estudio de caso: Unidad Macurije. 93 h. Tesis (en opción al grado científico de Doctor en Ciencias Forestales). Universidad de Pinar del Río, Cuba.
- Wong, K. M. 1995. The Bamboos of Peninsular Malaysia, Malayan Forest Records (MY) 41: 200.

RESEÑA CURRICULAR

Autora principal: Elsa Ma. Cordero Miranda

Ingeniera Forestal, Doctora en Ciencias Ecológicas por la Universidad de Alicante, España, modalidad curricular, Investigadora Agregada del Grupo de Silvicultura del Instituto de Investigaciones Agro-Forestales, labora en la temática de Bambú, Silvicultura y Medio Ambiente. Es miembro de la comisión permanente del Consejo Científico (Comisión de Silvicultura) y Comisión Científico Forestal INAF. Ha participado en eventos nacionales e internacionales con resultados relevantes.

ESTRUCTURA POBLACIONAL DE *JUNIPERUS SAXICOLA* BRITTON & P. WILSON EN UN FRAGMENTO DEL BOSQUE NUBLADO DEL PARQUE NACIONAL TURQUINO

POPULATIONAL STRUCTURES OF *JUNIPERUS SAXICOLA* BRITTON & P. WILSON IN A FRAGMENT OF THE CLOUDY FOREST OF THE NATIONAL PARK TURQUINO

ING. JOSÉ L. RODRÍGUEZ-FONSECA¹, M.Sc. ADONIS SOSA LÓPEZ¹, M.Sc. ALAIN PUIG PÉREZ¹ E ING. ISNAUDY GARCÍA RODRÍGUEZ¹

Instituto de Investigaciones Agro-Forestales. UCTB Estación Experimental Agro-Forestal Guisa, Carretera a Victorino Km 1^{1/2}, La Soledad, Guisa, Granma, Cuba, jrodriguez@guisa.inaf.co.cu, teléfs.: (23) 391387 y (23) 392511

RESUMEN

*La investigación se realizó en la Unidad Zonal de Conservación Aguada de Joaquín, perteneciente al Parque Nacional Turquino, municipio de Bartolomé Masó, provincia de Granma en 2015, con el objetivo de evaluar la estructura poblacional de *Juniperus saxicola*. Se realizó una prospección de la especie empleando el método de transecto. Se analizó la estructura vertical y horizontal a partir de las clases establecidas para la especie. Los resultados arrojaron la identificación de 42 individuos distribuidos en tres grupos aislados. Se muestra una agrupación en forma de J invertida para la estructura vertical; la mayor cantidad de individuos se agrupan en las clases inferiores, mientras que en las clases mayores disminuyen, estructura propia de especies amenazadas. En el caso de la estructura horizontal, la especie manifiesta una agrupación de individuos en las clases de diámetro intermedias. La investigación reviste gran importancia ecológica y ambiental, teniendo en cuenta que el taxón se encuentra categorizado en peligro crítico.*

Palabras claves: *Juniperus saxicola*, estructura poblacional, transectos.

INTRODUCCIÓN

En el mundo se destinan millones de dólares y cuantiosos recursos a la investigación científica y al desarrollo de los programas de conservación de especies, que en muchos casos son compatibles con un manejo sostenible de estos recursos naturales, y donde se evidencia una tendencia a los estudios de diversidad y riqueza de especies,

ABSTRACT

*The investigation was carried out in the Zonal Unit of Conservation Aguada de Joaquín, belonging to the National Park Turquino, municipality of Bartolomé Masó, Granma province in the year 2015, with the objective of evaluating the population structure of *Juniperus saxicola*. It was developed a prospecting of the species in the area using the transept method. The vertical and horizontal structure was analyzed starting from the established classes for the species. The results showed the identification of 42 individuals distributed in three isolated groups. A grouping in form of inverted J for the vertical structure is revealed, the biggest quantity of individuals is grouped in the low classes while the biggest classes diminish, characteristic of threatened forest species. In the case of the horizontal structure the species present a grouping of individuals in the intermediate diameter classes. The work presents a great ecological and environmental importance mainly because the taxón is categorized in the critical danger category.*

Key words: *Juniperus saxicola*, population structure, transept.

sobre todo en taxones raros y frágiles, siendo estos prioritarios dentro de los programas de conservación (Lawton, 1993).

Uno de los mayores retos para la conservación y manejo sostenible de los recursos biológicos es mantener la población viable en su entorno natural. En este sentido las especies endémicas,

amenazadas de mayor potencial de uso sostenible, son consideradas importantes (CBD, 1992, citado por Sosa, 2011).

La estructura de las poblaciones es el resultado de la acción de diferentes factores bióticos y abióticos a los cuales han estado sometidos, tanto los miembros actuales de la población como sus ancestros (Hutchings, 1997). Si bien los estudios de estructura poblacional constituyen solo un registro puntual de lo que ocurre en la dinámica poblacional, estos permiten describir a la población de forma objetiva. Dichos estudios son fundamentales para emitir criterios sobre el estado de conservación de las especies y dilucidar los eventos e interacciones que han dado origen a las poblaciones. Adicionalmente proveen información esencial sobre los estados cruciales del ciclo de vida de una especie (Begoña, 2002).

El género *Juniperus* ha sido escasamente estudiado en Cuba; se desconocen trabajos de investigación referidos al estado de conservación de las poblaciones, la estructura poblacional, la reproducción, la fenología y el crecimiento *in situ* de las especies localizadas en el país, de lo cual

resulta la condición de rareza que presentan algunas especies, como es el caso de *Juniperus saxicola* Britton & P. Wilson

La especie *Juniperus saxicola* (sabina) se reporta en peligro crítico (Berazaín *et al.*, 2005) por presentar una distribución geográfica y una ocupación de área reducida y severamente fragmentada, así como una disminución continua de sus individuos.

Teniendo en cuenta las consideraciones anteriores, el propósito del trabajo es evaluar la estructura poblacional de *Juniperus saxicola* Britton P. Wilson en el bosque nublado del Parque Nacional Turquino para su manejo y conservación.

MATERIALES Y MÉTODOS

Caracterización del área de estudio

La investigación se realizó en 2015 en el Parque Nacional Turquino (*Fig. 1*) con presencia de *Juniperus saxicola*, ubicada en la Unidad Zonal de Conservación (UZC) Aguada de Joaquín, localizada entre los 1000 y 1400 msnm (Lastres *et al.*, 2011).



Figura 1. Ubicación geográfica del área de estudio (Geocuba, 2012).

Al encontrarse en el grupo orográfico de mayor elevación en el país, esta zona posee un microclima característico, con bruscos cambios en algunas de sus variables meteorológicas en períodos relativamente cortos. La temperatura máxima promedio anual disminuyen desde 30 °C en la costa hasta 16 °C en las partes más

altas para el verano, mientras que las mínimas son más bajas en las zonas de La Aguada del Joaquín, donde se han registrado hasta 5 °C en la estación invernal. Además, presenta una temperatura media anual de 16-20 °C y precipitaciones anuales de 2200 a 2600 mm. Los nublados son abundantes casi todo el año, por

lo que la humedad del aire es relativamente alta, registrándose neblinas intermitentes a ras del suelo (Lastres *et al.*, 2011).

Selección y tamaño de la muestra

Se utilizó el transecto como método de observación y registro de datos (Fig. 2). Se realizaron cinco transectos de 10 m x 50 m, tomando como base los caminos secundarios del área, al ser

espacios claros distribuidos a lo largo y ancho del territorio, teniendo en cuenta la metodología propuesta por Gentry (1982) que ha sido ampliamente utilizada en estudios ecológicos. A cada ejemplar identificado de *Juniperus saxicola* se le realizaron mediciones paramétricas: altura (m) y diámetro a 1,30 m del suelo (cm). En el caso de árboles reproductores se registró la regeneración natural.



Figura 2. Transecto de muestreo.

Estructura horizontal y vertical de las poblaciones de *Juniperus saxicola*

Para la confección de las escalas en cuanto a la estructura de tamaños (vertical y horizontal) se definieron cinco clases de altura y cinco clases de diámetro, en base al rango de los datos obtenidos en las mediciones paramétricas realizadas (Tabla 1).

Tabla 1. Escala de la estructura de tamaños (vertical y horizontal) para *Juniperus saxicola* Britton P. Wilson

Clases de altura	Altura (m)	Clases diamétricas	Diámetro (cm)
1	0,5-4,5	1	0,3-13
2	4,6-8,5	2	13,1-23
3	8,6-12,5	3	23,1-33
4	12,6-16,5	4	33,1-43
5	16,6-20,5	5	43,1-53

Se evaluaron los datos de la estructura poblacional basada en la estadística descriptiva teniendo en cuenta esencialmente los porcentos

de representatividad de los individuos para cada clase de altura y clase diamétrica determinada para la especie. Se confeccionaron los histogramas poblacionales.

Estructura poblacional según las fases del ciclo de vida o estadios de desarrollo

Los árboles en los bosques, según Malleux (1982), se encuentran desde su primer estadio de crecimiento (plántulas) hasta el estado de total madurez; por lo tanto, se decidió analizar la estructura poblacional de *Juniperus saxicola* considerando cuatro estadios de desarrollo, como muestra la Tabla 2:

Tabla 2. Escala de la estructura de tamaños según las fases del ciclo de vida o estadios de desarrollo para *Juniperus saxicola* Britton (Sáenz y Finegan, 2000)

Escala de las fenofases	Altura (m)	Diámetro (cm)
Plántula	≤ 0,30-1,5	≤ 1,5
Juvenil	1,6-5,0	1,5-4,9
Juvenil adulto	5-9,9	5-9,9
Adulto	≥ 9,9	≥ 9,9

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se localizaron un total de 42 individuos de *Juniperus saxicola* en todas las fases de desarrollo, distribuidos en pequeños grupos aislados en un fragmento del bosque nublado del Parque Nacional Turquino, lo que incrementa su vulnerabilidad a eventos meteorológicos y la

acción antrópica. La existencia de los grupos aislados cercanos a los senderos constituye un factor de riesgo, teniendo en cuenta que la acción deliberada del hombre puede ocasionar daños sobre los individuos más pequeños cuando no están previamente identificados (Primack *et al.*, 2001).

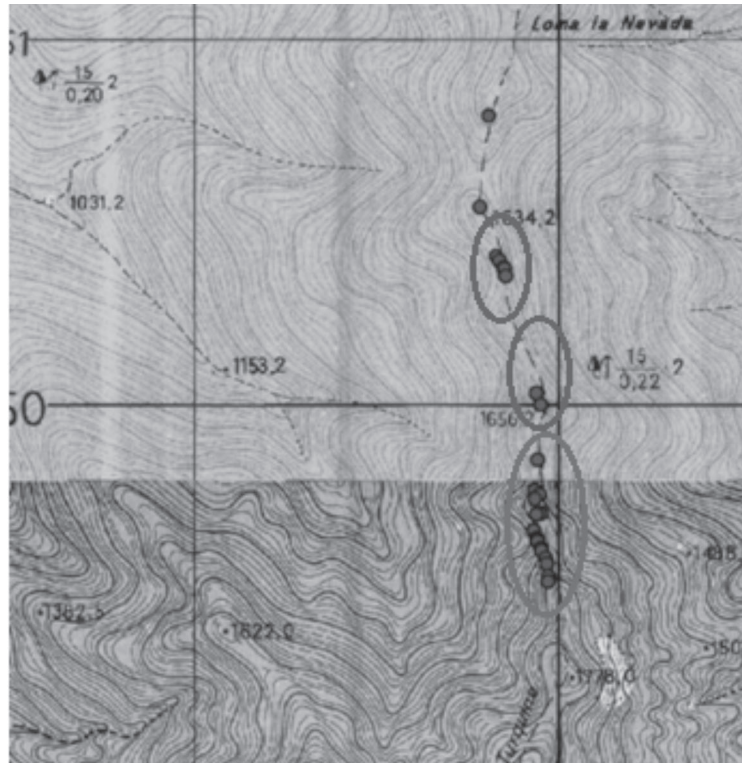


Figura 3. Distribución espacial de los grupos poblacionales de *Juniperus saxicola* en el bosque nublado, Parque Nacional Turquino.

Análisis estructural de la población de *Juniperus saxicola*

El histograma poblacional que muestra la estructura vertical de *Juniperus saxicola*, obtenido a partir de las 42 plantas, presentó forma de *J* invertida (Fig. 4) debido a que la frecuencia de individuos disminuye al aumentar su tamaño, lo que evidencia que la especie muestra una agrupación de individuos en la primera clase de altura característico de las especies amenazadas.

Es preciso resaltar que el 86 % de los individuos de la especie se concentraron en las tres primeras clases, por lo que se infiere la supremacía

de la inmadurez etaria, alcanzando solo ocho individuos alturas entre 6 y 12,5 m, asociados al estadio de latizal bajo.

La distribución de frecuencia en forma de *J* invertida es característica de muchas especies de árboles, fundamentalmente en los bosques tropicales; muestra de ello son, por ejemplo, estudios realizados con *Quercus rotundifolia* Lam (Arista, 1995), *Aspidoperma polyneuron* M. Arg. (Nascimento *et al.*, 1997), al igual que con otra especie amenazada en Cuba como *Abarema maestrensis* (Urb.) Bassler, desarrollados por Sosa (2011).

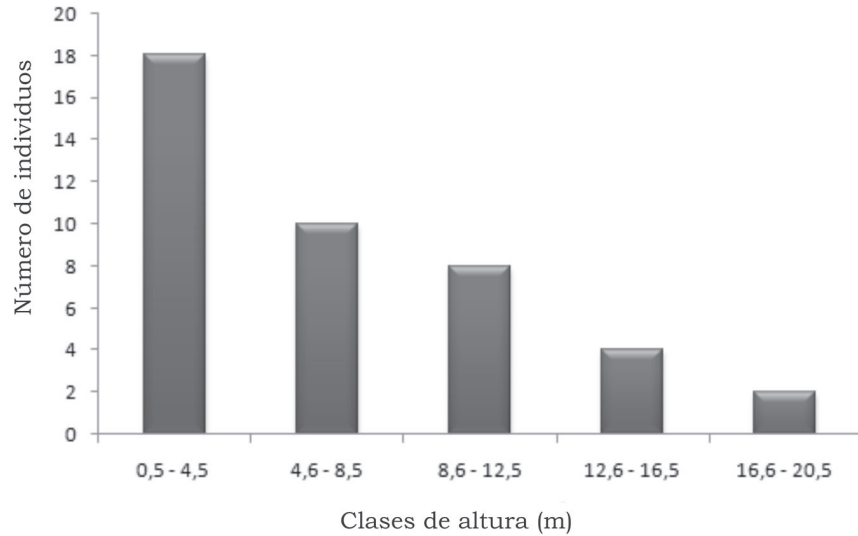


Figura 4. Distribución de la población de *Juniperus saxicola* en clases de altura en el bosque nublado, Parque Nacional Turquino.

Estructura horizontal de *Juniperus saxicola* en el bosque nublado Parque Nacional Turquino

Las poblaciones de *Juniperus saxicola* se estructuran en cinco categorías diamétricas, observándose una disminución de los individuos

en las clases diamétricas superiores a 23 cm y el 70,1 % de los individuos concentrado en las dos primeras clases. La propia distribución de los individuos reafirma que existe una concentración en las clases de edad latizal y brinzal.

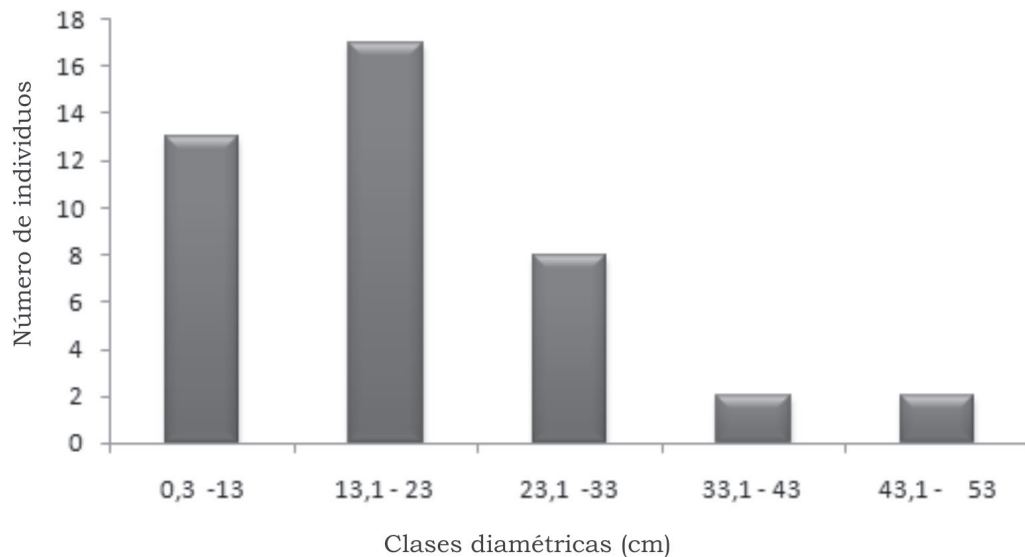


Figura 5. Distribución de la población de *Juniperus saxicola* en clases diamétricas en el bosque nublado Parque Nacional Turquino.

La estructura diamétrica que muestra la especie en La Aguada de Joaquín indica que las poblaciones están representadas por individuos relativamente jóvenes. Estos resultados son similares a los obtenidos en estudios con

especies amenazadas realizados por autores, tales como May (2001) con *Magnolia pallescens*, y Molina (2011) con *Magnolia cubensis* Urb. subsp. *cubensis* en la reserva ecológica El Gigante.

Estructura poblacional según el estadio de desarrollo de la especie

La especie *Juniperus saxicola* se caracterizó por poseer 14 individuos en estadio de desarrollo

juvenil adulto para un 33,3 %, el 28,5 % en el estadio adulto, y los restantes individuos en las fases juvenil y plántula para un 23 y 14 %, respectivamente.

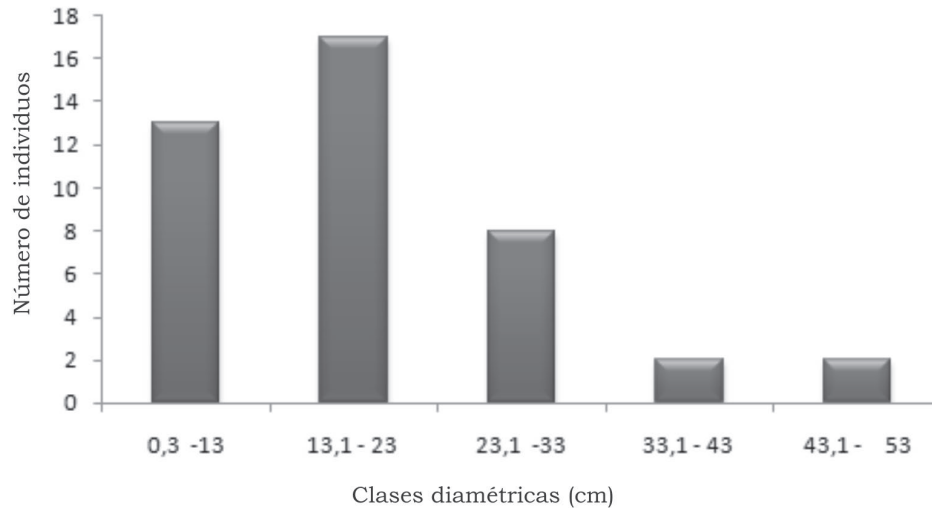


Figura 6. Estructura poblacional de *Juniperus saxicola* según el estadio de desarrollo.

Los resultados obtenidos de acuerdo a la distribución del estadio de desarrollo de la especie muestran una mayor composición en la etapa de juvenil adulto y adulto, siendo inferior para los estadios iniciales de desarrollo de la especie, resultados que difieren de los estudios ecológicos expuestos por Sosa (2011) para la especie *Abarema maestrensis* (Urb.) Bässler al exponer la distribución de los estadios de desarrollo de la especie, la que muestra mayor composición en la etapa de plántulas y juvenil.

La propia distribución de los individuos de la especie es indicativa de que se están presentando problemas con el reclutamiento, y por tanto el número de las plántulas es menor que en el resto de los niveles. Desde el punto de vista ecológico los resultados sugieren dificultades de la especie con el proceso de renovación que está afectado por el clima, la topografía y la cobertura del bosque, todo lo cual indica la necesidad de realizar estudios autoecológicos con la especie en aras de salvaguardar su genofondo. En este sentido, Primack *et al.* (2001) expusieron que la ausencia o baja de representatividad de cualquier clase de edad, especialmente juveniles seña-

lan hacia potenciales poblacionales en contracción o declive, mientras que un número de juveniles y adultos jóvenes pueden ser indicativo de una población estable e incluso en expansión, lo que corrobora los resultados alcanzados en la presente investigación.

CONCLUSIONES

- La identificación y localización de *Juniperus saxicola* Britton & P. Wilson en la Unidad Zonal de Conservación Aguada de Joaquín permitió el hallazgo de 42 individuos distribuidos en grupos aislados, lo cual constituye una valiosa contribución al estudio de la especie en el país.
- La estructura poblacional de *Juniperus saxicola* indica potencialidades para la recuperación de la especie al mostrar mayor número de individuos entre los juveniles.

BIBLIOGRAFÍA

- Arista, M. 1995. The structure and dynamics of an *Abies pinsapo* forest in southern Spain. *Forest Ecology and Management* (NL) 74:81- 89.
- Berazaín, R. *et al.* 2005. Lista Roja de la Flora Vasculare Cubana. *Documentos del Jardín Botánico Atlántico* (Gijón) 4:1-86.

- Begoña, M. 2002. Inventario y seguimiento en poblaciones de especies amenazadas. En: Bañares, A. (coord.). Biología de la conservación de plantas amenazadas. Organismo Autónomo Parques Nacionales, Madrid, España.
- Gentry, A. 1982. Patterns of Neotropical plant diversity. *Evolutionary Biology (US)* 15:1-84.
- GEOCUBA. 2012. Mapas del Parque Nacional Turquino. Escala: 1: 100 000.
- Hutchings, M. 1997. The structure of plant populations. p. 325-358. En: M. J. Crawley (Ed), *Plant ecology*. Oxford. Ed: Blackwell Science. 225 p.
- Lastres, I., Hernández, P., Gómez, J. 2011. Área Protegida Parque Nacional Turquino. Plan de Manejo 2011-2015. 45 p.
- Lawton, J. 1993. Range, population abundance and conservation. *Trends of Ecology Evolution (NL)* 8: 409-413. 97p.
- Malleux, O. 1982. Inventario forestal en bosques tropicales. Perú. UNA. p. 37-89.
- May, T. 2001. Estructura poblacional y reproducción natural de diez especies de un bosque nublado en República Dominicana. *Revista Forestal Centroamericana (CR)* 35: 45-50. Julio-Septiembre.
- Molina, Y. 2011. Estrategia de conservación *in situ* para la especie *Magnolia cubensis* Urb. subsp. *cubensis* en la reserva Ecológica El Gigante. 93 h. Tesis (en opción al título de Máster en Ciencias Agroecológicas y Agricultura Sostenible), Universidad Agraria de La Habana.
- Nascimento, N., Carvalho, J., Leão, N. 1997. Distribuição espacial de espécies arbóreas seleccionados ao manejo de florestas naturais. *Revista Ciência Agrária (BR)* 37: 1-20.
- Primack, R. *et. al.* 2001. Fundamentos de Conservación Biológica. Perspectivas latinoamericanas. Fondo de cultura económica. México, DF. 797 p.
- Sáenz, G. Finegan, B. 2000. Monitoreo de la regeneración natural con fines de manejo forestal. *Manejo Forestal Tropical*. No 15. CATIE, Turrialba, Costa Rica. 8 p.
- Sosa, A. 2011. Conservación *in situ* de la especie *Abarema maestrensis* (Urb.) Bässler en el Parque Nacional La Bayamesa. 94 h. Tesis (en opción al título de Máster en Agroecología y Agricultura Sostenible), Universidad Agraria de La Habana.

RESEÑA CURRICULAR

Autor principal: José Luis Rodríguez Fonseca

Ingeniero Forestal, aspirante investigador de la UCTB de Guisa, su labor investigativa ha estado dirigida en las temáticas de conservación de especies amenazadas de la Sierra Maestra, Biodiversidad, Silvicultura urbana y Mejoramiento genético y semillas forestales. Ha participado activamente en eventos nacionales e internacionales con resultados relevantes.

Centro de Documentación José Gómez Ricaño



El Centro de Documentación José Gómez Ricaño, del Instituto de Investigaciones Agro-Forestales, fue creado en 1970 especializado en la rama forestal. Atesora miles de documentos: libros, publicaciones periódicas, folletos, separatas, tesis de grado, informes y obras de referencia del ámbito nacional e internacional.


Su misión es satisfacer las necesidades de información de nuestros usuarios/clientes, orientando y facilitando el acceso al acervo científico y especializado producido en Cuba y en otras partes del mundo.

Brinda servicios y productos informativos de alta calidad, con valor agregado, cuya finalidad fundamental es satisfacer las necesidades informativas a investigadores, especialistas, técnicos, productores, estudiantes y dirigentes del sector silvícola.

Sus servicios abarcan:

- Préstamo interno.
- Préstamo externo.
- Préstamo interbibliotecario.
- Búsqueda de información manual y automatizada.
- Búsqueda a través de internet
- Disseminación selectiva de la información.
- Digitalización de documentos.
- Canje nacional e internacional.
- Exposición de novedades.
- Venta de publicaciones.

Y entre sus productos:

- *Revista Forestal Baracoa* (impresa y electrónica).
- Boletines: Bolforest, Novedades , Boletín Para Directivos.
- Libros, Manuales Técnicos, Plegables, Folletos.

CONTAMINACIÓN MICROBIOLÓGICA DEL AIRE EN LA XILOTECA DE MADERAS CUBANAS JULIÁN ACUÑA DEL INAF

MICROBIOLOGICAL CONTAMINATION IN THE AIR AT THE XYLOTECAL CUBAN WOODS OF JULIÁN ACUÑA INAF

LIC. CLAUDIA M. TORRES-FERNÁNDEZ¹, LIC. IRENE DE LA ROSA-SÁNCHEZ¹ Y TÉC. NATIVIDAD TRIGUERO-ISSASI¹

Instituto de Investigaciones Agro-Forestales. UCTB Investigación e Innovación Tecnológica, Grupo Medio Ambiente. Calle 174 no. 1723 e/ 17B y 17C, Siboney, Playa, La Habana, Cuba, claudiam@forestales.co.cu

RESUMEN

El objetivo del trabajo fue determinar el nivel de contaminación microbiológica del aire presente en el ambiente de la Xiloteca de Maderas Cubanas Julián Acuña perteneciente al Instituto de Investigaciones Agro-Forestales. Para ello se empleó el método de colecta Omeliansky. Se obtuvo un total de 430 colonias bacterianas, 58 colonias fúngicas y cinco levaduras para 112, 15,9 y 1,04 unidades formadoras de colonias por metro cúbico de aire (ufc/m³), respectivamente, con una frecuencia de aparición del 46,2 % para bacterias, 26,16 % para hongos y 10,8 % para levaduras, clasificándose la xiloteca según Omeliansky en no contaminada para ninguno de los microorganismos aislados.

Palabras claves: Xiloteca, hongos, bacterias, Omeliansky, contaminación microbiológica.

ABSTRACT

The objective of the work was to determine the level of microbiological contamination of the air present in the environment of the Julián Acuña Cuban Wood Xiloteca belonging to the Institute of Agro-Forestry Research. For this, the Omeliansky collection method was used. A total of 430 bacterial colonies, 58 fungal colonies and 5 yeasts were obtained for 112, 15.9 and 1.04 colony forming units per cubic meter of air (cfu / m³) respectively with an appearance frequency of 46.2% for bacteria, 26.16% for fungi and 10.8% for yeasts, the xylotheal according to Omeliansky being classified as not contaminated for any of the isolated microorganisms.

Key words: xylocium, fungi, bacteria, Omeliansky, microbiological contamination

INTRODUCCIÓN

El conocimiento de la contaminación microbiana en el aire interior de los locales es de gran interés por la importancia que tienen los microorganismos para la salud de las personas (Toivola *et al.*, 2002 y Eagle Industrial Hygiene Associates, 2004) y en el deterioro de diferentes materiales (Florian, 2003). Dadas las características del clima, los países tropicales poseen un elevado nivel de esporas fúngicas en el aire. Esta condición, unida a los elevados contenidos de humedad en él, favorecen la deposición de las mismas sobre los sustratos, y por tanto

su desarrollo, propiciándose así el biodeterioro de los soportes tanto de origen orgánico como inorgánico (Vaillant, 1996 y Florian, 2003).

Por otro lado, aunque las bacterias desempeñan un papel más limitado en el biodeterioro de los soportes comparado con los hongos, pues requieren condiciones de humedad más elevada, se encuentran ampliamente difundidas en ambientes de interiores y pueden resultar muy dañinas por las afectaciones que pueden causar a la salud (Vaillant y Valentín, 1996) (Valentín *et al.*, 1997).

La Xiloteca Julián Acuña Galé posee 21,45 m² de muestras maderables que incluyen especies forestales, frutales y medicinales. Se encuentra ubicada en la Unidad de Ciencia y Tecnología de Base de Investigación e Innovación Tecnológica (UCTB IIT) del Instituto de Investigaciones Agro-Forestales (INAF). Fue creada en 1970 y está constituida por ejemplares de especies maderables que crecen en Cuba. En ella se ha conservado durante mucho tiempo determinados prototipos de la biodiversidad arbórea cubana. Por todo lo anteriormente expuesto se hace apremiante conocer el estado de conservación de las muestras circundantes que allí se almacenan desde el año de su creación, así como la calidad microbiana del aire.

Por ello, el objetivo del trabajo es determinar el nivel de contaminación microbiológica del aire presente en el ambiente de la Xiloteca de Maderas Cubanas Julián Acuña del INAF.

MATERIALES Y MÉTODOS

• Descripción del local

El estudio se realizó en el horario comprendido de 10:00 a.m. a 12:00 p.m. en el mes de octubre de 2016. La xiloteca posee un área de 21,45 m², y en ella se almacenan alrededor de 600 muestras maderables de especies frutales, forestales, medicinales, entre otras.



Figura 1. Vista general de la Xiloteca.

• Muestreo microbiológico ambiental

El muestreo microbiológico ambiental se llevó a cabo siguiendo el método de sedimentación descrito por Omeliansky (modificado por Bogomolova, 2009). Para ello, placas Petri que contenían los medios Agar Extracto de Malta (AEM) para el aislamiento de hongos y Agar Tryptona Soya (TSA) para bacterias, se colocaron expuestos a una altura de un metro sobre el nivel del suelo durante 15 minutos. Se muestrearon cinco puntos por triplicado (las placas fueron colocadas en forma de estrella, teniendo en cuenta las dimensiones del local). Posteriormente, las

placas con AEM se incubaron durante 72 h a 28 °C, y las que contenían TSA a 30 °C durante 24 horas.

• Medición de la temperatura y la humedad relativa en el momento del muestreo microbiológico

Se realizaron las mediciones de ambos parámetros en cada uno de los puntos muestreados empleando un termohigrómetro convencional determinando posteriormente la media.

• Determinación de las unidades formadoras de colonias por metro cúbico de aire

Concluida la incubación de los microorganismos, se realizó el conteo de las colonias fúngicas y bacterianas emergentes en los medios de cultivo y se determinaron las uni-

dades formadoras de colonia por metro cúbico de aire (UFC/m³), teniendo en cuenta la ecuación descrita por Omeliansky (Bogomolova, 2009).

$$\text{Número de UFC/m}^3 \text{ de aire} = \text{Número de colonias} \times \text{factor K}$$

donde:

Número de colonias equivale a la media total de las colonias que se contabilizaron en la xiloteca.

Factor K, en este caso, es igual a 80, pues según Bogomolova (2009), este es el factor que se emplea para placas Petri de 90 mm de diámetro que fueron las usadas en el experimento.

Tabla 1. Categorías de contaminación (Bogolova y Kertadelli, 2009)

Categoría de contaminación	ufc/m ³		Hongos como ufc/g de polvo
	Bacterias	Hongos	
Muy baja	< 50	< 25	< 10 000
Baja	< 100	< 100	< 20 000
Intermedia	< 500	< 500	< 50 000
Alta	< 2000	< 2000	< 120 000
Muy Alta	> 2000	> 2000	< 120 000

Tabla 2. Grados de contaminación (Bogolova y Kertadelli, 2009)

> 1500 ufc/m ³	Altamente contaminado
= 1000-1500 ufc/m ³	Contaminado
= 750-1000 ufc/m ³	Ligeramente contaminado
= 500-750 ufc/m ³	Poco contaminado
= 100-500 ufc/m ³	No contaminado

- Identificación de los microorganismos aislados

Se realizó según los manuales especializados de identificación taxonómicas (Barnet y Hunter, 1987 y Raper y Fennell, 1965). Para la identificación bacterias se realizaron las pruebas bioquímicas descritas en el Manual de Bergeys (Manual de Bergeys, 1996, 1997).

- Determinación de la distribución relativa (frecuencia de aparición) de las colonias

Este análisis se realizó de acuerdo con Smith (1987).

donde:

DR es la densidad relativa

- Determinación cualitativa de la capacidad lignolítica, celulolítica y la producción de pigmentos excretados por los hongos

Para determinar el poder degradativo de las cepas sobre la lignina y la producción de pigmentos de las cepas fúngicas aisladas, se procedió a sembrarlas en un medio de cultivo cuya composición salina para 1 L fue nitrato de sodio fosfato de dipotasio 1 g, sulfato de magnesio 0,5 g, cloruro de potasio 0,5 g, sulfato ferroso 0,01 g, agar 20 g, pH = 6.

Se emplearon fuentes de carbono diferentes empleando, en un caso, papel de filtro de 4,8 cm de largo por 1 cm de ancho (equivalente a 50 mg de

papel de filtro), en otro, celulosa cristalina (1 %) y por último lignina. Como control se empleó una placa con glucosa (1 %) sin inocular. Los cultivos se incubaron a 28 °C durante 21 días.

- Determinación de la producción de ácidos por los hongos

Una suspensión de esporas de las cepas de hongos aisladas se sembró en el caldo de cultivo de composición salina similar al empleado anteriormente, pero con glucosa 1 % y pH ajustado a 7. Los cultivos se incubaron a temperatura ambiente durante tres días, y posteriormente se midió el pH del medio de cultivo con la ayuda de un potenciómetro.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

- Grado de contaminación microbiana ambiental

Al analizar la concentración fúngica (*Tabla 3*) se comprobó que los valores máximos alcanzados fueron de 112,84 ufc/m³ de aire para bacterias, 15,19 ufc/m³ de aire para hongos y 1,04 ufc/m³ de aire para levaduras.

Al comparar estos valores con la escala que propone Bogomolova *et al.* (2009) para evaluar grado de contaminación del aire, se apreció que para el caso de los hongos la concentración fue de 3,79 ufc/m³, por lo que el ambiente se clasificó como No Contaminado, mientras que para las bacterias resultó de 28,56 ufc/m³; por el ambiente se clasificó como No Contaminado de igual manera.

Tabla 3. Concentración microbiana en el aire de la Xiloteca de la sede del INAF

Puntos muestreados	Concentración	Hongos bacterias (UFC/m ³ de aire)		T (°C)	Hr (%)
Xiloteca	Máxima	58,0	430,0	30	76
	Mínima	15,2	112,0	28	74
	Media	35,0	365,0	29 ^a	75 ^a
Total	Microorganismos ¹	400,0			

¹ Indica la suma de la concentración media de hongos y bacteria.

^a Representa la media de cinco mediciones que se corresponden con los puntos de muestreo microbiológico (método diagonal).

Nota: El ANOVA de clasificación simple realizado para los diferentes puntos de muestreo en cada local resultó no significativo ($p \leq 0,05$) para las UFC/m³, tanto para hongos como para bacterias, de ahí que en el momento del muestreo las concentraciones de ambos grupos microbianos fueron homogéneas.

Estas consideraciones coincidieron con reportes recientes, que plantean que un local con un nivel menor que 1000 ufc/m³ se considera no contaminado (Rojas y Martínez, 2000).

El hecho de que se haya detectado una baja concentración de esporas fúngicas puede deberse a que existen algunas de ellas que son muy ligeras, y por tanto su sedimentación es difícil; incluso se plantea que esporas ≤ 5 micras requieren vientos mayores de 25 m/s para que puedan sedimentar (Rojas *et al.*, 2000).

Sin embargo, las células bacterianas generalmente se encuentran depositadas sobre el polvo que, al sedimentar sobre las placas Petri, las

arrastra consigo. Concentraciones microbianas similares han sido detectadas en Cuba en ambientes interiores de viviendas. Esto demuestra la necesidad de realizar muestreos sistemáticos para caracterizar la variabilidad de la microbiota (Rojas *et al.*, 2000).

Por otro lado, al observar el comportamiento de la temperatura y la humedad relativa en la xiloteca se obtuvieron valores de Hr = 75 %; T = 29 °C.

La humedad relativa del aire tiene gran importancia para la contaminación microbiana ambiental, sobre todo en el caso de los hongos, por lo que incide en el nivel de esporulación y en el diámetro aerodinámico de las esporas,

así como en la deposición de estas sobre las superficies e incluso en el sistema respiratorio de las personas (Latgé, 1999). Por ello se puede afirmar que pese a las condiciones ambientales de este local, la presencia de microorganismos fue en concentraciones mínimas (destacando que para un valor de 500 ufc/m³ se considera como poco contaminado, y el máximo encontrado en este muestreo fue de 430 ufc/m³ para bacterias), destacándose la presencia de bacterias, lo cual puede resultar riesgoso para el buen estado de conservación de las muestras de las especies maderables que allí se conservan desde 1970 y para la salud del personal que habitualmente labora en dicho local.

- Caracterización microbiana. Géneros fúngicos aislados del aire de la xiloteca

Del aire de la xiloteca se aislaron 58 colonias de hongos diferentes, las que fueron identificadas totalmente. La densidad relativa de los géneros aislados mostró que *Aspergillus* resultó el de mayor frecuencia con el 41 %, seguido de *Cladosporium* con el 40 % (Tabla 4). El género *Aspergillus* fue el de mayor predominio, por tanto, se realizó la identificación hasta especie para definir cuál era la de mayor frecuencia de aparición. *A. niger* resultó la especie predominante, con gran interés desde el punto de vista clínico (Gost *et al.*, 2003 y Zumbado, 2004) (Tabla 5).

Tabla 4. Distribución relativa o frecuencia de aparición de los géneros fúngicos aislados en los puntos estudiados en la xiloteca

Géneros fúngicos	Puntos muestreados Frecuencia de aparición %
<i>Aspergillus</i>	41
<i>Cladosporium</i>	40
<i>Alternaria</i>	10
<i>Fusarium</i>	7
<i>Curvularia</i>	2

Tabla 5. Frecuencia de aparición de las especies de *Aspergillus* aisladas en los puntos estudiados en la xiloteca

Género <i>Aspergillus</i>	Puntos muestreados Frecuencia de aparición %
<i>A. niger</i>	60
<i>A. clavatus</i>	13
<i>A. fumigatus</i> ¹	10
<i>A. flavus</i> ¹	6
<i>A. nidulans</i>	6
<i>A. versicolor</i>	5

¹ Especies de mayor interés clínico (Gost *et al.*, 2003 y Zumbado, 2004).

Al caracterizar fisiológicamente las cepas fúngicas aisladas se obtuvo que la mayoría de los hongos analizados fueron capaces de crecer a expensas del papel de filtro como única fuente de carbono (celulosa amorfa, de más fácil asimilación) y de la celulosa cristalina (de difícil asimilación), lo que indica que presentan actividad celulolítica (Tabla 6). De igual manera ocurrió con las cepas crecidas en las placas que contenían como fuente de carbono la lignina, mostrando crecimiento radial en toda la placa y evidenciando su consumo. Asimismo, un grupo elevado de estos hongos excretaron diferentes pigmentos sobre el papel, abarcando colores desde el amarillo hasta el pardo oscuro y tonos rojizos. También se evidenció que estas cepas produjeron ácidos, pues propiciaron una disminución significativa del pH del medio de cultivo. Resultados similares han sido publicados por otros autores (Corny *et al.*, 2002).

Es conocido que la pared de las esporas fúngicas está compuesta por sustancias (ej. β [1-3]-D-glucanos) que desencadenan reacciones tóxicas en el organismo de los seres humanos (Baxter *et al.*, 2001), aun cuando estas no son viables, provocando reacciones no específicas como fatiga, dolor de cabeza, irritación de ojos, nariz y garganta. Por otro lado, se conoce que tanto los géneros antes mencionados como

Alternaria, *Curvularia* y *Fusarium* también hallados en este muestreo son capaces de producir compuestos orgánicos volátiles (COV) y micotoxinas. Los COV están asociados a olores fuertes tales como a humedad y a material (papel o tela) viejo, los cuales resultan muy irritantes para el sistema respiratorio y los ojos,

provocando reacciones no específicas (Gorny *et al.*, 2002).

Asimismo, dan lugar a un ambiente enrarecido de compuestos químicos de diferentes tipos que pudieran reaccionar con la madera y otros soportes de archivo y acelerar su deterioro (Caneva *et al.*, 2000).

Tabla 6. Actividad celulolítica y lignolítica cualitativa, producción de pigmentos y de ácidos por parte de los hongos aislados del aire de la xiloteca

Cepas	Crecimiento			Producción de pigmentos ¹	pH
	Papel de filtro celulosa cristalina lignina				
<i>Aspergillus</i>	+++	++	+++	++	2.5
<i>Cladosporium</i>	+++	++	++	++	4.7
<i>Alternaria</i>	++	+++	+++	++	6.9
<i>Fusarium</i>	++	++	+++	+++	6.7
<i>Curvularia</i>	+++	++	++	+++	6.9

¹ La excreción de pigmentos se evidenció en la tira de papel de filtro

+++ : Abundante crecimiento

++ : Crecimiento moderado

+ : Crecimiento pobre. También es indicativo de la presencia de pigmentos,

± : Crecimiento o producción de pigmentos muy pobre, -NO crecimiento y NO producción de pigmentos

Las micotoxinas de muchos hongos pueden ingresar al cuerpo por las vías respiratorias. Se ha registrado por lo menos un caso de síntomas neurotóxicos posiblemente relacionados con la exposición a micotoxinas transportadas por el aire en un ambiente muy concentrado debería hacerse mínima la exposición a los hongos que las producen. Por lo anterior, se sabe que los hongos son agentes que pueden afectar la salud de las personas provocándoles reacciones que generalmente se agrupan en tres categorías: reacciones alérgicas (asma, rinitis alérgica, neumonía por hipersensibilidad), infecciones en la piel (aspergilosis, micosis cutánea) y respuestas por toxicidad a determinadas sustancias (Zhuh *et al.*, 2003).

- Géneros bacterianos aislados del aire de la xiloteca

En cuanto a las bacterias aisladas, después de agruparlas por sus características culturales y de tinción (Gram), se pudo apreciar que las características morfológicas de las colonias

fueron muy variadas, por lo que para su posterior identificación taxonómica se seleccionaron aquellas colonias de mayor predominio (Manual de Bergeys, 1986). Predominaron los bacilos Gram+ esporulados (33,3 %), seguidos por cocos Gram+ (30,6 %), cocos Gram- (20,2 %) y por último bacilos Gram- (15,9 %).

El predominio de bacterias Gram positivas de estos grupos de bacterias se debe a su ingreso al interior de los locales como consecuencia de la actividad del hombre fundamentalmente, ya que muchas de ellas pueden formar parte de la piel y las mucosas del organismo (Vaillant, 1996 y Valentin *et al.*, 1997).

Entre las bacterias Gram positivas se aislaron cepas de *Staphylococcus* sp., *Streptococcus* sp., *Corynebacterium* sp., *Bacillus* sp. y *Streptomyces* sp. y entre las Gram negativas se identificaron *Serratia* sp. y *Enterobacter*. Los géneros *Bacillus*, *Serratia*, *Staphylococcus*, *Streptococcus*, *Corynebacterium* y *Streptomyces* han sido aislados por otros autores en ambientes de archivos (Vaillant, 1996 y Valentin *et al.*, 1997).

Tabla. 7 Clasificación de las bacterias aisladas según características morfológicas y tintoriales

Género bacteriano	Tinción de Gram
<i>Staphylococcus</i> sp.	Gram+
<i>Streptococcus</i> sp.	Gram+
<i>Corynebacterium</i> sp.	Gram+
<i>Bacillus</i> sp.	Gram+
<i>Streptomyces</i> sp.	Gram+
<i>Serratia</i> sp.	Gram-
<i>Enterobacter</i> sp.	Gram-

CONCLUSIONES

- Se determinó que el ambiente de la Xiloteca de Maderas Cubanas Julián Acuña del INAF no está contaminado por hongos ni por bacterias con 1 519 112,84 unidades formadoras de colonia por metro cúbico de aire de aire, respectivamente.
- *Aspergillus* fue el género fúngico que predominó en el ambiente de la xiloteca seguido de *Cladosporium*.
- Más del 95 % de las cepas fúngicas aisladas mostraron actividad celulolítica, lignolítica y produjeron ácidos y pigmentos.
- Predominaron las bacterias Gram positivas y dentro de ellas los cocos.

BIBLIOGRAFÍA

Toivola, M. *et al.* 2002. Personal exposure and microenvironmental concentration of particles and bioaerosols. *Journal Environmental Monit (IT)* 166-174.

Eagle Industrial Hygiene Associates. 2004. Microbial Samp2. and Analysis: molds and bacteria. Disponible en: <http://www.eagleih.cmicro.html>. Consulta: diciembre 2016).

Florian, M.L. 2003. Water, heritage photographic materials and fungi. *Topics in Photographic Preservation (US)* 10: 60-73.

Vaillant, M. 1996. A work aimed to protect the health of the environmental heritage conservators. *International Conferency*

Conservation and Restoration of Archive and Library Materials. Pre-prints. Erice April 22nd- 29th, 137-142.

Vaillant, M.; Valentín, N. 1996. Principios básicos de la conservación documental y causas de su deterioro, Ministerio de educación. Instituto del Patrimonio Histórico Español. p. 1095-1100.

Valentín N.; Vaillant, M.; Guerrero, H. 1997. Programa de conservación integrado de plagas en bienes culturales de países del mediterráneo y tropical. *Apoyo (ES)* 7: 13-15.

NRP-201. Análisis Ambiental. Método de Omeliansky. Análisis higiénico sanitario y ambiental. Métodos de ensayos microbiológicos. Vig. Marzo 1987.

Barnett, H. L.; Hunter, B. B. 1987. *Illustrated genera of imperfect fungi*. 3rd Edition. Minneapolis. Burgess Publishing Co. 580 p.

Raper, K. B.; Fennell, D. I. 1965. *The genus Aspergillus*. USA. Edit. Williams & Wilkins Company. p. 85-90

Bergey's. 1986. *Manual of Systematic Bacteriology*, Holt (editor-in-chief). USA. Edit. Williams & Wilkins. p. 45-55.

Bergey's. 1987. *Manual of Systematic Bacteriology*. Sneath P Mair N.S., Sharpe M.E and Holt, J. G. (eds.). London. Edit. Willi & Wilkins, Baltimore. p. 45-55.

Smith, G. 1980. *Ecology and Field Biology*. 2nd18. Edition. New York. Harp Row. 24 p.

Rautela, G .S. Cowling E.B. 2000. Simple culture test relative cellulolytic activity of fungi. *Applied Microbiol. Revista CENIC Ciencias Biológicas (CU)* 39: 1-2.

Levetin, E. 2002. Bioaerosols in agricultural and out doorsetting. In: Bitton G. (Ed.) *Encyclopedia of Environmental Microbiology*. New York. John Wiley and Sons. p.1-56

Vaillant, M.; Chi, L.; Sánchez, A. I. 1989. Sobre la contaminación microbiológica existente en depósitos del Archivo Nacional. 2: 44-65.

Gost, J. *et al.* 2003. Vigilancia y control de las infecciones originadas por gérmenes oportunistas: aspergilosis. *ANALES (CU)* 23: 185-192.

Martínez, P. 2003. Determinación de la acidez producida por hongos contaminantes en bienes culturales. *Boletín Patrimonio y Desarrollo (CU)* 9: 3-4.

Zumbado, H. 2004. Epidemiología y control microbiológico de infecciones. En: *Manual de Procedimientos en Microbiología Clínica*. (Isenberg H.D., Ed). Disponible en: <http://www.cariari.vcr.ac.cr/gacetapc/Epidem-Control.html>. (Consulta: marzo 2016)

Gorny, R. L. *et al.* 2002. Fungal fragments as Indoor air biocontaminants. *Applied Environmental Microbiology (CA)* 68: 3522-3531.

Zhu, H. *et al.* 2003. Experimental study of indoor and outdoor airborne bacterial concentrations in Tempe. *Aerobiologia (US)* 19: 201-211.

RESEÑA CURRICULAR

Autor principal: Claudia M. Torres Fernández

Licenciada en Microbiología, Especialista IV para la Investigación y el Desarrollo, su labor investigativa ha estado dirigida en las temáticas de Fitopatología, Cambio Climático, Calidad del Aire, Plagas Forestales, Preservación de la Madera y Gestión Ambiental. Ha participado activamente en eventos nacionales e internacionales con resultados relevantes.

XILOTECA DE MADERAS CUBANAS JULIAN ACUÑA

INSTITUTO DE INVESTIGACIONES AGRO-FORESTALES



La Xiloteca del Instituto de Investigaciones Agro-Forestales (INAF) fue fundada en 1970 por el ingeniero Alberto Ibáñez Drake. Está adscrita desde 1977 al Index Xylariorum Institutional Wood Collection of the World.

USO DE LOS RESIDUOS FORESTALES CON FINES ENERGÉTICOS USE OF FOREST WASTE FOR ENERGY PURPOSES

DR. ABELARDO D. RODRÍGUEZ-ARIAS Y DRA. LIZ BELKIS ROSABAL-PONCE

Laboratorio de Combustión INEL-UNE, Unidad Empresarial de Base de la Empresa de Ingeniería y Proyectos de la Unión Nacional Eléctrica, INEL. Cienfuegos, Cienfuegos, Cuba,
abelardo@cfg.minem.cu

RESUMEN

La biomasa en general y la forestal en particular se perfila como un recurso energético renovable que deberá ser de uso sostenido en un futuro no muy lejano, debido al incremento del CO₂ en la atmósfera como consecuencia del uso secular de los combustibles fósiles, que genera el calentamiento global, así como la futura escasez de estos combustibles no renovables. El futuro mercado de biomasa deberá basarse en un conocimiento exhaustivo del producto a comercializar. Por tanto deberán determinarse las características como fuente de energía de esta biomasa forestal y sus diferentes formas de uso, con el objetivo de facilitar el asentamiento del mercado nacional de la misma con fines energéticos. En el trabajo se propone el uso de la tecnología aerodinámica de las secciones de paso en rotación, para la quema en llama de la biomasa forestal, que puede ser utilizada sola o en combinación con otras tecnologías de combustión, tanto en calderas existentes como en nuevas inversiones.

Palabras claves: Residuos forestales, biomasa, combustión, estabilidad.

ABSTRACT

Biomass in general and forestry in particular, is emerging as a renewable energy resource that must be of sustained use in the not too distant future, due to the increase of the CO₂ in the atmosphere as a consequence of the secular use of the fossil fuels, that generates the global warming, as well as the future shortage of these non-renewable fuels. The future of biomass market should be based on a thorough knowledge of the product to be marketed. Therefore the characteristics as a source of energy of this forest biomass and its different form of use should be determined, with the aim of facilitating the settlement of the national market of the same for energy purposes. This paper proposes the use of the aerodynamic technology of the pass-through sections in rotation, for flame burning of forest biomass, which can be used alone or in combination with other combustion technologies, both in existing boiler and in new investments.

Key words: Forest residues, biomass, combustion, stability.

INTRODUCCIÓN

La utilización de la biomasa residual forestal requiere de operaciones de transformación física y acondicionamiento, por lo que se hace necesario que el incremento del valor del producto final pueda compensar los costos de las operaciones. Desde luego, de acuerdo al destino final será necesario aplicar diferentes etapas de transformación. Las principales etapas de transformación para el tratamiento de la biomasa residual son astillado, secado, molida, tamizado y densificación.

Las calderas de lecho fluidizado y de parrillas de fuego han sido las tecnologías seleccionadas para la producción de energía a partir de los recursos forestales y agrícolas; sin embargo, en años recientes varios países han incrementado el uso de las calderas de quema en suspensión para la producción de calor y energía. Estas incluyen la co-combustión (*co-firing*) de biomasa con carbón hasta el 100 % de quema de biomasa, utilizando aditivos para reducir los problemas que provoca la ceniza en el funcionamiento

de las calderas. Unido a la comercialización de las tecnologías de quema en suspensión de biomasa, se llevan a cabo investigaciones para mejorar el conocimiento que se tiene sobre la formación de la ceniza volante. Se investiga además el impacto de la formación de depósitos y corrosión en las superficies de transferencia. Las calderas de quema en suspensión también se les conoce como calderas de combustible pulverizado (CCP) (en inglés *Pulverized Fuel Boilers o PF boiler*). Las CCP para generar electricidad con biomasa, según W. R. Livingston *et al.* (2016), logran la mayor eficiencia en cuanto a la generación de potencia, capital de inversión y costos de generación. Los desafíos de la co-combustión de carbón con biomasa están en los grandes porcentajes (por encima del 20 % de la energía base) de biomasa para mantener los mismos parámetros del vapor con alta eficiencia en la caldera y una operación estable.

MATERIALES Y MÉTODOS

El trabajo se ha realizado tomando como base los resultados de las investigaciones aerodinámicas de A. D. Rodríguez Arias y Rosabal Ponce para lograr la combustión estable de pequeñas partículas de combustible de baja densidad detrás de un estabilizador, método aerodinámico al que su autor denominó tecnología de las secciones de paso en rotación.

REVISIÓN DOCUMENTAL

La biomasa forestal es un combustible que potencialmente puede lograr una significativa reducción de las emisiones netas de carbono, cuando se compara con los combustibles fósiles.

Como se explicó anteriormente la co-combustión está jugando un importante rol en la generación de electricidad en muchos países. Sin embargo, como las biomásas se caracterizan por tener alto contenido de volátiles y baja densidad energética, el proceso de combustión es muy diferente al de los carbones. Cuando la biomasa se quema en calderas de carbón existentes, las fuerzas de resistencia aerodinámica que actúan sobre las partículas de biomasa son más fuertes que las que actúan sobre el carbón, lo que puede causar modelos de llama inesperados comparados con los del carbón.

Según la literatura, el uso de las CCP o de quema en suspensión se están implementando típicamente de la siguiente forma:

- Co-combustión de pequeñas cantidades de biomasa (hasta el 10 % sobre la energía básica) con carbón.
- Co-combustión de grandes cantidades de biomasa y carbón (del 10 al 50 % de biomasa sobre la energía básica).
- 100 % de quema de biomasa con nuevas CCP con modificaciones.

Desde el año 2000 las plantas de quema de biomasa con CCP que usan el 100 % de esta y co-combustión de biomasa con carbón se han incrementado en países como Gran Bretaña, Dinamarca, Holanda y Canadá.

En la *Fig. 1* aparece un esquema de las etapas por la que transita el proceso de combustión de una partícula de biomasa. El proceso de combustión completa comprende secado, desvolatilización, la combustión de los volátiles y la oxidación del char. Una partícula de biomasa en el interior de un horno que ha sido calentado a una alta temperatura recibe calor por la vía de la convección y la radiación, y como resultado la superficie de la partícula de biomasa eleva su temperatura. El desprendimiento de calor entonces es transferido por conducción de la superficie al centro de la partícula. La conductividad de la biomasa es una función directa de la temperatura, tanto para el char como para la ceniza.

El gradiente de temperatura en el interior de la partícula es importante para el comienzo del secado y la desvolatilización cuando la temperatura local interior de la partícula alcanza los valores de temperatura correspondientes a la reacción. El secado y la desvolatilización se incrementan cuando se incrementa la temperatura de la partícula, y pueden ocurrir simultáneamente hasta que la partícula de biomasa se seque completamente. La cantidad de materia volátil que se desprende depende del tipo de combustible y de las condiciones de desvolatilización, es decir, temperatura final y rango de calentamiento. Los volátiles a alta temperatura consisten fundamentalmente en hidrocarburos gaseosos.

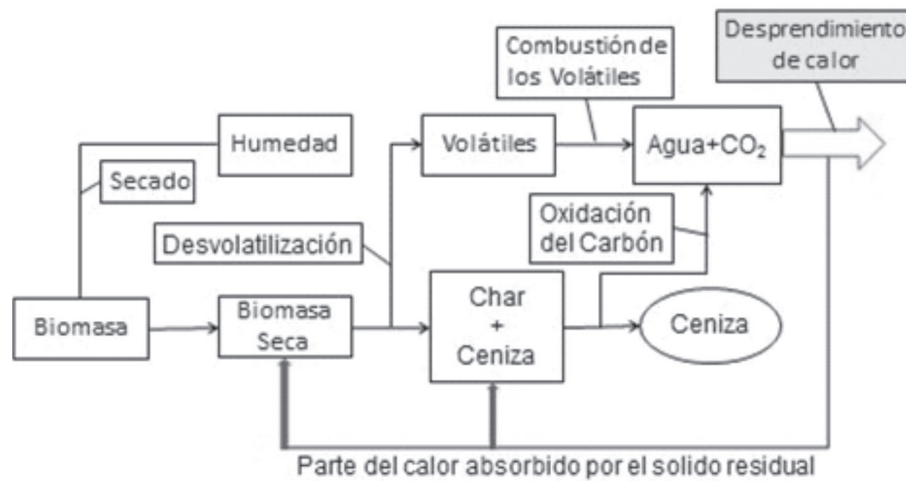


Figura 1. Etapas del proceso de combustión de una partícula de biomasa.

En el proceso de combustión de la biomasa leñosa, la oxidación del char es típicamente lenta, y consume el 99 % del tiempo total. El tiempo de combustión total normalmente incluye el tiempo de calentamiento, tiempo de desvolatilización, así como el tiempo de oxidación del char. Según los estudios realizados por Jun Li *et al.* (2016), el tiempo de oxidación de la biomasa representado por el tiempo de agota-

miento del 99 % del contenido de combustible de la biomasa consumida disminuye con el incremento de temperatura y con la disminución del tamaño de las partículas (Fig. 2). El tiempo de combustión a 900 °C es menos de la mitad del tiempo a 700 °C. Por ejemplo, una partícula de 10 mm tarda alrededor de 34,5 s para quemarse a 900 °C; si la temperatura disminuye a 700 °C demora 60,3 s.

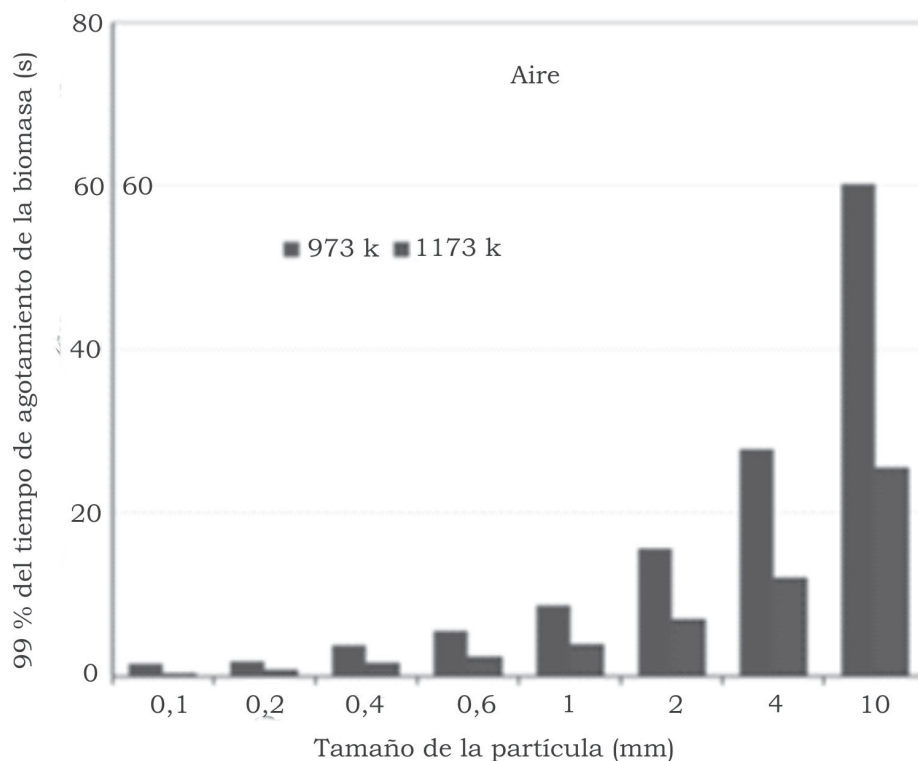


Figura 2. Tiempo de agotamiento de la biomasa para diferentes tamaños de partículas a 700 y 900 °C.

Estos resultados evidencian que la reducción del tamaño de la partícula acelera el proceso de la reacción y reduce el tiempo requerido para quemarse completamente, lo que tiene una importancia extraordinaria en el diseño de hornos y calderas destinadas a este fin.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El presente trabajo expone los resultados de las investigaciones aerodinámicas a partir de las cuales se puede lograr el anclaje de una llama de un sólido pulverizado de muy baja densidad como la biomasa pulverizada seca, sin necesidad de combustible adicional.

Con las investigaciones realizadas por A. D. Rodríguez Arias y V. A. Xristich en 1988 se dieron los primeros pasos para el desarrollo de la tecnología aerodinámica de las secciones de paso en rotación, que en principio se basa en una estructura de dos conos concéntricos unidos por álabes (Fig. 3), que a partir de la combinación del giro con la velocidad del flujo de aire secundario produce un enrarecimiento entre ambos conos que succiona el flujo de aire primario y crea una zona de recirculación interna (ZRI) con características especiales. Los estabilizadores concéntricos con su eje,

como es el caso de los conos simples, han sido cuidadosamente estudiados. El estabilizador rotatorio de doble cono (ERDC) se diferencia de los clásicos o convencionales en que gira alrededor de su propio eje y desarrolla una admisión de aire en la ZRI. Anterior a estas investigaciones en la literatura no aparecen informaciones sobre este tipo de estructura aerodinámica. El nuevo mecanismo aerodinámico genera un torbellino medio ($S = 0,33$) con un momento angular insuficiente para causar la ruptura del vórtice, lo que demuestra que la función principal de este torbellino no es la formación de la ZRI, como en los dispositivos clásicos de estabilización. El incremento de la intensidad de la turbulencia en la frontera de esta región y en la corriente periférica favorece el mezclado, y actúa como un mecanismo secundario de estabilización, lo que representa una ventaja de esta nueva organización aerodinámica.

Está demostrado que la ZRI con alta estabilidad. En este caso se forma como resultado de la combinación de las dos corrientes de aire que salen del doble cono, siempre que los valores de W_{II} se encuentren en el rango de 20 a 60 m/s, y la velocidad de rotación (ω) entre 80 y 400 r/s.

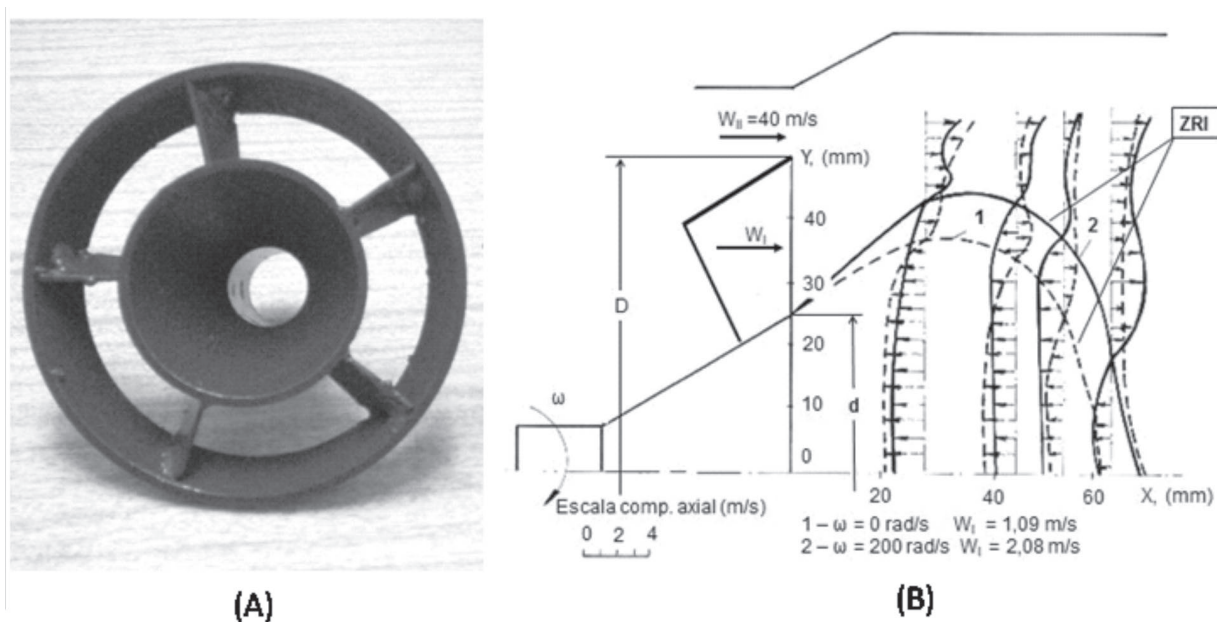


Figura 3. Estabilizador rotatorio de doble cono (ERDC) (A), perfil de la componente axial de la velocidad detrás del ERDC.

En la *Fig. 4* se pueden ver imágenes de la primera aplicación de este quemador que se utilizó para quemar el meollo y los residuos pulverizados de una fábrica de tableros de bagazo. La foto de la llama de meollo solo es

comparable con la de cualquier combustible líquido. Hay que destacar dentro de las ventajas de los ERDC el alto margen de regulabilidad, la baja caída de presión y las bajas emisiones de NO_x.

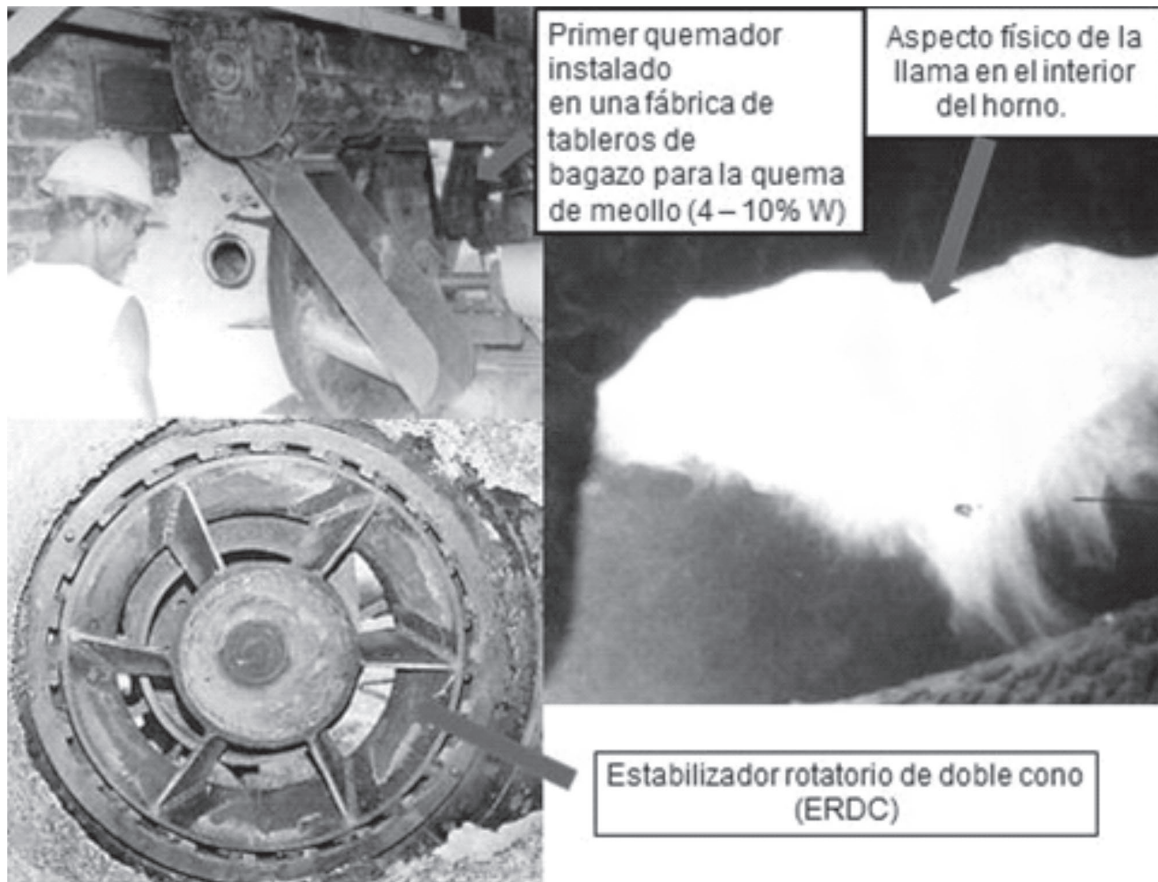


Figura 4. Quemador rotatorio para meollo de 3,5 MW_t.

Para resolver el problema de la quema del meollo en instalaciones donde este sale con alto contenido de humedad (aprox. 53 %) se desarrolló un secador, que se le denominó secador dinámico, que al igual que el quemador retiene las partículas finas de baja densidad durante el proceso de secado. Su funcionamiento está basado en el mismo principio del quemador, las secciones de paso en rotación y puede considerarse como una aplicación más de los resultados científicos obtenidos con el ERDC. En la *Fig. 5* se presenta un esquema del secador dinámico que consta de dos cámaras compactas de secado, la primera que

dispone de un ERDC con álabes en la periferia del cono exterior para la manipulación de los gases calientes, y la segunda que consta de un cono central con paletas inclinadas en la parte exterior de este. En ambas cámaras se logra un intenso régimen turbulento que, además de retener las pequeñas partículas, intensifica los procesos de transferencia de calor y de masa, lo que permite en un reducido espacio evaporar un alto porcentaje del agua contenida en el combustible. Este equipo fue diseñado para secar 12 t/h de meollo que entran con una humedad aproximada entre el 53 y 55 %, y salen con humedades entre el 15 y 20 %.

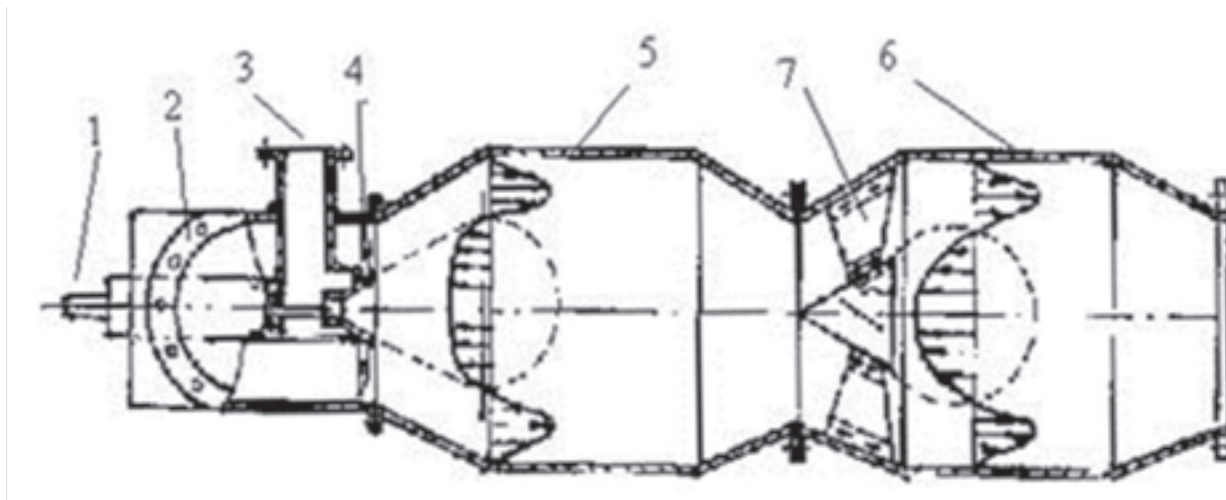
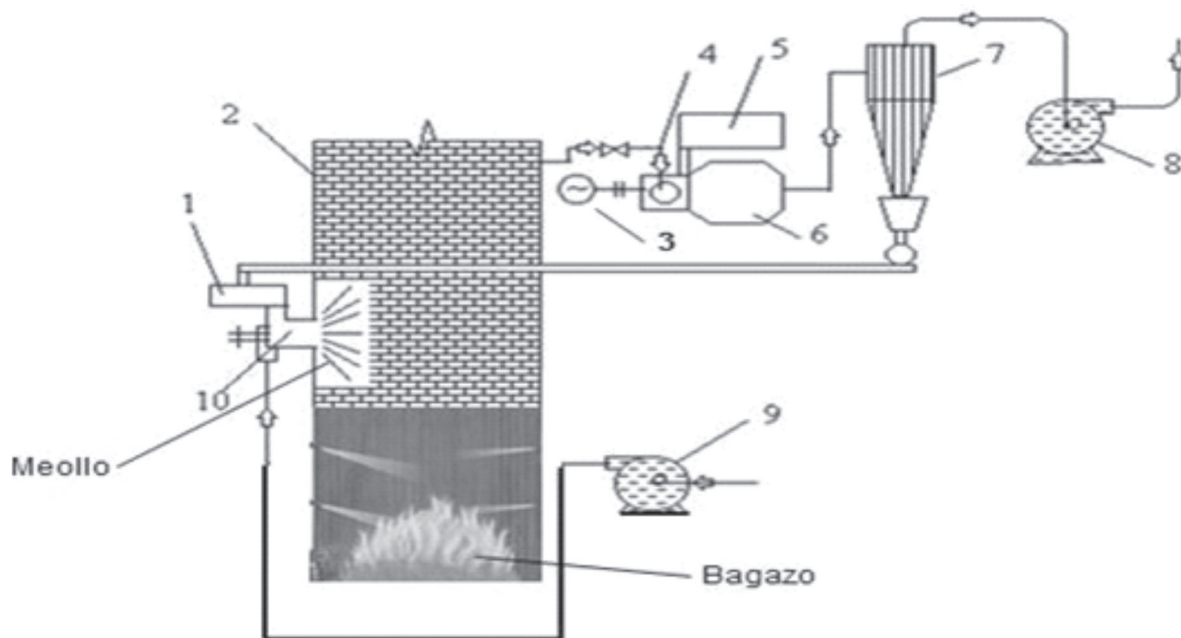


Figura 5. Secador dinámico.

Los quemadores y el secador fueron montados en una caldera de 45 t/h de vapor de una fábrica de azúcar que originalmente consumía 22 t/h

de bagazo integral con un 50 % de humedad y una eficiencia del 70 %.



1-5: Alimentadores de meollo seco y húmedo, respectivamente; 2: Caldera de 45 t/h con bagazo; motor eléctrico; 4: Entrada de gases al secador; 6: Secador dinámico; 7: Ciclón; 8: Tiro inducido; 9: Tiro forzado; 10: Quemador rotatorio de meollo.

Figura 6. Tecnología de las secciones de paso en rotación para la quema del meollo en una caldera de bagazo de 45 t/h.

En la parte superior del horno se instalaron cuatro quemadores de meollo de 3,5 MW_t cada uno, lo que equivale a una sustitución del 32 % de la energía base requerida por la caldera. La diferencia fue suministrada por el bagazo con el sistema de quema en parrilla con lanzador.

El consumo de combustible fue de 3,8 t/h de meollo con un 17 % de humedad y 13,5 t/h de bagazo con el 50 % de humedad. La eficiencia de la caldera se elevó al 7 %, lo que propició una reducción del consumo de 8,5 t/h de bagazo integral con un 50 % de humedad (204 t/d).

CONCLUSIONES

- Los ERDC permiten quemar y secar con eficiencia y estabilidad pequeñas partículas sólidas pulverizadas de biomasa, lo que abre una nueva etapa en el aprovechamiento energético de estos recursos renovables.
- Los quemadores desarrollados con la tecnología de las secciones de paso en rotación aseguran muy bajas caídas de presión, alta regulabilidad y una mínima formación de emisiones de NOx.
- Como resultado de los estudios realizados sobre las características constructivas y de régimen de los ERDC, se demostró que es posible el diseño de llamas o corrientes en torbellino para diferentes intereses industriales, diversas configuraciones aerodinámicas y rangos de estabilidad que están en función de los diámetros de los conos la velocidad del giro y el número de álabes.
- Diferentes variantes de quemadores y secadores diseñados con la tecnología aerodinámica de los ERDC pueden ser utilizados para la generación de energía y calor a partir de los recursos forestales.

BIBLIOGRAFÍA

- Jensen, P. A.; Jappe Frandsen, F.; Wu, H.; & Glarborg, P. 2016. A review: Fly ash and deposit formation in PF fired biomass boilers. In *Impacts of Fuel Quality on Power Production*. Department of Chemical and Biochemical Engineering, Technical University of Denmark.
- Livingston, W. R. *et al.* 2016. *The status of largescale biomass firing – The milling and combustion of biomass in large pulverised coal boilers*. IEA Bionenergy, ISBN 978-1-910154-26-7.

- Jun, Li. *et al.* 2016. Prediction of high-temperature rapid combustion behaviour of woody biomass particles. *Fuel (NL)* 165: 205–214. www.elsevier.com/locate/fuel.
- Jun, Li. *et al.* 2015. Characterization of biomass combustion at high temperatures based on an upgraded single particle model. *Applied Energy (NL)* 156: 749-755.
- Rodríguez Arias, A. D. 1988. Quemador Rotatorio con autosucción del aire primario para la quema de meollo. 142 h. Tesis en (opción al grado científico de Doctor en Ciencias Técnicas). Universidad Kiev.
- Rosabal Ponce, L. B. 2006. Desarrollo de turbulizadores rotatorios cónicos para quemadores de alta regulabilidad, baja caída de presión y bajo NOx. Tesis en (opción al grado científico de Doctor en Ciencias Técnicas). Universidad Central de Las Villas.
- Rodríguez Arias, A. D.; Rosabal Ponce, L.B. Dispositivo rotatorio para la estabilización de la llama. Certificado de autor de invención en la Oficina Cubana de la Propiedad Industrial (OCPI). CU 22752. 2001.
- Rodríguez Arias, A.D., Rosabal Ponce, L.B., Martínez de Villier, P.B. 2000. *Teoría y Práctica de los Procesos de Combustión*. La Habana. Editorial Academia. 453 p.
- Saxena, S. C.; Jotshi, C. K. 1994. Fluidized-bed incineration of waste materials. *Progress in Energy and Combustion Science (GB)* 20:281–324.
- Butovski, L.S.; Jristich, V. A. y otros. 1982. Algunas particularidades de la combustión en la ZRI detrás del estabilizador. *Isvestia Vusov. Serie Energética (RS)* 1:105-109.
- Abramovich, L. S. 1984. *Teoría de las corrientes turbulentas*. 716 p.
- Rodríguez Arias, A. D. 1995. Quemador rotatorio para combustibles líquidos y sólidos pulverizados. Certificado de autor de invención en la Oficina Cubana de la Propiedad Industrial (OCPI). CU 22526. Cuba.
- Rodríguez Arias, A. D. 1997. Secador de sólidos pulverizados. Certificado de autor de invención en la Oficina Cubana de la Propiedad Industrial (OCPI). CU 22485. Cuba.

RESEÑA CURRICULAR

Autor principal: Abelardo Daniel Rodríguez Arias

Doctor en Ciencias Técnicas, Académico Titular de la ACC, Profesor Titular Adjunto de la Universidad de Cienfuegos, es creador del Laboratorio de Combustión de la Unión Eléctrica. Es autor de varias publicaciones, entre ellas el libro *Teoría y práctica de los procesos de combustión*, que obtuvo Premio Nacional de la ACC en el año 2000. Ha participado en eventos nacionales e internacionales.

***Bombacopsis cubensis* A. Robyns (Bombacaceae)**



NOMBRE VULGAR: ceibón, drago

No: 54 (HBw.)

Distribución geográfica: endémica, propia de suelos calizos en la cordillera de Los Órganos en farallones de lomas cársicas (mogotes), en Pinar del Rio, La Habana, Matanzas e Isla de la Juventud.

Caracteres macroscópicos: color blanco crema a grisáceo sin diferencias entre albura y duramen, ligera, suave y fácil de mancharse. Zonas de crecimiento no visibles.

Caracteres tecnológicos: Por su escasa presencia no tiene usos asignados, pero la madera es igual a la de *Ceiba pentandra*.

Densidad: 0,390 g/cm³.

Caracteres microscópicos

A. Porosidad:

Distribución: difusa, poros mayormente solitarios, algunos en grupos radiales de dos a tres células

Diámetro de poros: 74-116-162 μm .

No./mm²: 3.

Ancho de la pared: 3 μm .

Placa perforada: simple.

Punteaduras: alternas, poligonales.

Contenidos: no se observan.

Longitud de los vasos: 220-420-600 μm .

B. Parénquima axial:

Distribución: apotraqueal en bandas, y difuso muy abundante y paratraqueal vasicéntrico.

Diámetro celular: 56 μm .

No. células la serie: De dos a ocho.

Contenidos: no.

Longitud de la serie: 320-450-500 μm .

C. Parénquima radial:

Distribución: no estratificados.

Composición: heterogéneos.

No./mm: 10.

Contenidos: no se observan.

Ancho (μm): 36 - 60 - 72 μm .

No. células: De tres a cinco.

Alto: 286-507-780 μm .

No. células: 6-15-34.

D. Fibras:

Tipo: libriformes, poligonales.

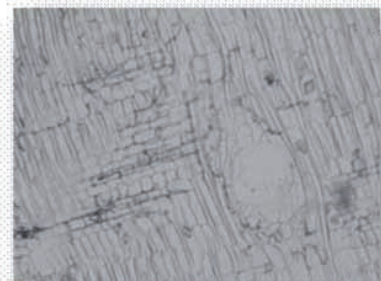
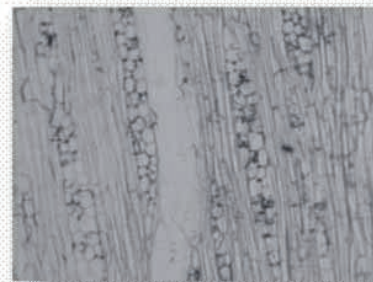
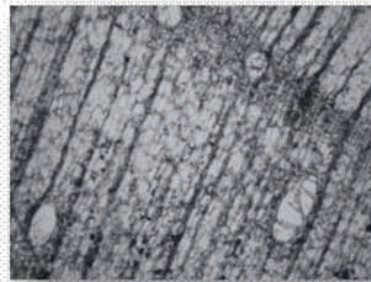
Distribución: irregular.

Diámetro transversal: 26 μm .

Grosor medio de pared: 5 μm .

Longitud: 1280-1866-2620 μm .

E. Caracteres especiales: no.



Fotografías de secciones TR, TG, Y RAD.

RECLUTAMIENTO DE ESPECIES VEGETALES ASOCIADAS A UNA PLANTACIÓN DE *PINUS CARIBAEA* MORELET VAR. *CARIBAEA* BARRET Y GOLFARI FERTILIZADA DE FORMA FRACCIONADA EN LOS PRIMEROS CINCO AÑOS DE ESTABLECIDA

RECRUITMENT OF VEGETABLE SPECIES ASSOCIATED WITH A PLANTING OF *PINUS CARIBAEA* MORELET VAR. *CARIBAEA* BARRET AND GOLFARI FERTILIZED FRACTIONED IN THE FIRST FIVE YEARS OF ESTABLISHED

DR. JORGE L. REYES-POZO¹, DRA. GRISEL HERRERO-ECHEVARRÍA², DRA. MARÍA A. LEÓN-SÁNCHEZ³,
M.Sc. YAUMARA MIÑOSO-BONILLA² E ING. SEGUNDO CURVELO-GÓMEZ²

¹ Instituto de Investigaciones Agro-Forestales (INAF). UCTB Estación Experimental del Tabaco (MINAG) Carretera Panamericana Km 62½, San Juan y Martínez, Pinar del Río, Cuba, teléf.: 48 79 8160, investigacion4@eetsj.co.cu

² Instituto de Investigaciones Agro-Forestales (INAF). UCTB Estación Experimental Agro-Forestal Viñales, Km 20, Carretera a Viñales, Pinar del Río, Cuba

³ Universidad de Pinar del Río (UPR). Calle Martí Final 270, Pinar del Río, Cuba

RESUMEN

La investigación se realizó en la Estación Experimental Forestal de Viñales, Pinar del Río, con el objetivo de evaluar el reclutamiento de especies vegetales asociadas a una plantación de *Pinus caribaea* Morelet var. *caribaea* Barret y Golfari, fertilizada de forma fraccionada en los primeros cinco años. Se utilizó un diseño experimental de bloques al azar. Se midió altura y diámetro para cada árbol, se contabilizaron la cantidad de especies, clasificándose en géneros, familias, endémicas, autóctonas y alóctonas. Se confeccionaron gráficos de abundancia para los estratos hasta 1,30 m de altura y superior a 1,30 m de altura. De las 45 especies identificadas se clasifican, según su origen, en 33 autóctonas, ocho endémicas y cuatro alóctonas; se destaca la dominancia de endémicas y autóctonas, lo que demuestra la importancia de una adecuada reforestación para el reclutamiento de especies que constituyen fertilizadoras naturales.

Palabras claves: *Pinus caribaea*, fertilización, especies vegetales, diversidad, abundancia.

INTRODUCCIÓN

La prolongada intervención humana sobre los ecosistemas ha cambiado y degradado el paisaje vegetal hasta su estado actual. El

ABSTRACT

The research was carried out in Forest Research Station of Viñales, Pinar del Río, with the objective of evaluating recruitment of the associated vegetation in a plantation of *Pinus caribaea* Morelet var. *caribaea* Barret and Golfari subjected to split fertilizer application within its first five years. A randomized block design was used. Each tree height and diameter were measured, whereas the amount of species were counted to be classified as genera, endemic, native and non-native families. Graphs of abundance were represented for the strata up to 1, 30 m high and above 1, 30 m high. Out of the 45 identified species, they are classified, according to its origin, into 33 native, eight endemic and four non-natives; the dominance of endemic and native species stands out, thus proving the importance of an appropriate reforestation for recruiting species that constitute natural fertilizers.

Key words: *Pinus caribaea*, fertilization, vegetable species, diversity, abundance.

pales de la regresión de la vegetación autóctona se encuentra el fuego, las talas incontroladas, los desbroces, el pastoreo, los cultivos de subsistencia en zonas de ínfima calidad agrícola (que desencadenan erosión y pueden indirectamente alterar el régimen hidrológico) y más recientemente las plantaciones de pinos y eucaliptos.

El fomento y manejo adecuado de los bosques es importante e indispensable para el bienestar de la humanidad. Ellos no solo nos brindan su madera, sino que a través de sus funciones ecológicas nos proporcionan las bases para el desarrollo de la vida en el planeta, regulando el clima, mitigando los presentes y crecientes efectos devastadores sobre el medio ambiente provocados por los cambios globales, protegen los recursos hídricos, sirven de hábitat para plantas y animales. Los bosques son una fuente esencial de alimentos, forraje y medicinas, además de oportunidades de esparcimiento, renovación espiritual y otros servicios (Alvarado *et al.*, 2012).

La sostenibilidad del desarrollo requiere de políticas económicas, sociales y ambientales que traten de reducir las agudas presiones que la sociedad ejerce sobre el medio ambiente, de políticas ambientales y tecnológicas que posibiliten la conservación de los ecosistemas y obviamente, de políticas de ordenamiento territorial que procuren compatibilizar la presión social y sostenibilidad ambiental en los espacios geográficos concretos (Díaz, 2013).

El objetivo del presente estudio fue evaluar el reclutamiento de la vegetación asociada a una plantación de *Pinus caribaea* Morelet var. *caribaea* Barret y Golfari fertilizada de forma fraccionada en los primeros cinco años de establecida.

MATERIALES Y MÉTODOS

El experimento se realizó en la Estación Experimental Forestal de Viñales, ubicada entre los

22°37' longitud norte y los 83°41' longitud oeste y una elevación de 150 m.

La plantación se realizó en un suelo Alítico de baja actividad arcillosa (Instituto de Suelos, 1999), con relieve ondulado, derivados de esquistos cuarcíticos y pizarras, con drenaje interno deficiente, pues existe una capa de acumulación en el horizonte B (Awan & Frías, 1970). Es un suelo muy ácido con concentraciones medias de Mg y bajas de P, K, Ca y materia orgánica. Su textura es loam arenosa; el contenido de agua aprovechable para las plantas es bajo (Jiménez & Herrero, 1984).

El área donde se realizó el experimento estuvo cubierta por bosques naturales de *Pinus caribaea* Morelet var. *caribaea* Barret y Golfari, y *Pinus tropicalis* Morelet, que fueron sustituidos por cultivos agrícolas, lo que determinó su erosión y la pérdida de las características forestales. Por consiguiente, la nueva plantación debía superar el estrés provocado para sobrevivir y desarrollarse.

La vegetación espontánea estaba compuesta, principalmente, por *Pinus caribaea* Morelet var. *caribaea* Barret y Golfari (pino macho), *Byrsonima crassifolia* L. (peralejo), *Sorghastrum stipoides* H.B.K. (pajón macho), *Pinus tropicalis* Morelet (pino hembra) y *Quercus oleoides* (encino) (Herrero, 2001).

El diseño experimental fue de bloques al azar con cuatro réplicas y ocho tratamientos que contemplan aplicaciones fraccionadas de NPK con fórmula (8-10-10) (Tabla 1). Se aplicó en surcos en forma de media luna alrededor de las plántulas, plantadas según el método de hoyo de plantación. La procedencia de las semillas fue de la masa semillera Marbajitas. El marco de plantación fue de 3 m x 3 m. El tamaño de las parcelas fue de 225 m². Cada grupo estuvo conformado por 25 árboles.

Tabla 1. Diseño experimental

Tratamiento	Edad (años)					Dosis total	
	1	2	3	4	5	g • árbol ⁻¹	kg • ha ⁻¹
T1. testigo	0	0	0	0	0	0	0
T2. 300	300	0	0	0	0	300	333
T3. 600	200	400	0	0	0	600	667
T4. 600 A	200	0	400	0	0	600	667
T5. 800	200	200	400	0	0	800	889

T6. 800 A	200	0	200	0	400	800	889
T7. 1000	200	200	400	200	0	1000	1111
T8. 1000 A	200	0	400	0	400	1000	1111

A: Aplicación en años alternos.

El inventario florístico se realizó a los 41 años de edad de la plantación, en el mes de octubre, correspondiente al período hidrológico lluvioso, en un área de 81 m², determinando familia, género, especie y cantidad de individuos por especies. Para ello se tomaron los nueve árboles centrales de cada tratamiento para evitar el efecto de borde.

Las colectas de las especies vegetales se hicieron *in situ* en cada uno de los diferentes tratamientos. El inventario se hizo visual en el caso de las especies conocidas y por colecta, herborización e identificación del material (hojas, flores y frutos) para las especies desconocidas, siguiendo las técnicas tradicionales. Con todas las especies presentes se confeccionó la lista florística. Se consultó el herbario del Instituto de Ecología y Sistemática (IES) y el Jardín Botánico de Pinar del Río. Se pusieron en práctica los métodos tradicionales de estudio florístico, con materiales de consulta como *Flora de Cuba* de Alain (1953), Alain & León (1964), Alain (1958), Alain (1974), León (1946), León & Alain (1951), León & Alain (1953), León & Alain (1957) y Roig (1965).

Se confeccionaron curvas de abundancia, para las cuales se contabilizaron las especies pre-

sentes en el estrato hasta 1,30 m de altura y en el estrato compuesto por plantas mayores de 1,30 m de altura.

Para el análisis de los datos se confeccionaron gráficos de abundancias relativas para comparar la biodiversidad entre tratamientos. Para ello se calcularon los valores de abundancia relativa de cada especie (p_i) según la ecuación $p_i = n_i/N$, donde n_i es el número de individuos por especie de planta, muestreada en cada uno de los sitios y N es el número total de individuos; se calculó el logaritmo neperiano (Ln) de cada valor de p_i (eje y) y el orden de especies de mayor a menor abundancia en el eje x (Feinsinger, 2003).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Fueron identificadas 45 especies en el área objeto de estudio (Tabla 2), que se distribuyen en un total de 32 familias. Las que presentan un mayor número de especies coinciden con las mejores representadas en esta área: Bignoniaceae, Fabaceae, Malpighiaceae, Mimosaceae y Sapindaceae con dos especies, *Poaceae* y *Rubiaceae* con cinco especies.

Tabla 2. Lista de especies por nombres científicos y origen

	Nombre científico	Familia	Nombre vulgar vernáculo	Origen
1	<i>Acacia mangium</i>	Fabaceae	Acacia	Alóctonas
2	<i>Smilax havanensis</i> , Jacq., Var.	Malpighiaceae	Alambrillo	Autóctona
3	<i>Myrica cerifera</i> , Lin.	Miricaceae	Arraigán	Autóctona
4	<i>Paspalumnotatum</i>	Poaceae	Alpargata	Autóctona
5	<i>Tricholaena rosea</i> , Nees	Poaceae	Barba de Indio	Alóctonas
6	<i>Cocosylum guionensis</i> Sw.	Rubiaceae	Bejuco azul	Autóctona
7	<i>Davilla rugosa</i>	Dileniaceae	Bejuco colorado	Autóctona
8	<i>Cuscuta americana</i> , L.	Cuscutaceae	Bejuco fideo	Autóctona
9	<i>Fareamea occidentalis</i>	Rubiaceae	Cafetillo	Autóctona
10	<i>Paspalum virgatum</i> , Lin.	Poaceae	Caguazo	Autóctona
11	<i>Citharexy lumfruticosum</i>	Verbenaceae	Canilla de venado	Autóctona
12	<i>Callisia repens</i> , L.	Conmelinaceae	Canutillo rastrero	Endémica
13	<i>Clusiarosea</i> Jacq.	Clusiaceae	Copey	Autóctona

14	<i>Conostegia xalapensis</i>	Melastomataceae	Cordobán grande	Autóctona
15	<i>Scleria melaleuca</i>	Cyperaceae	Cortadera	Autóctona
16	<i>Tillandsia fasciculata</i>	Bromeliaceae	Curujey	Autóctona
17	<i>Quercus oleoides</i>	Fagaceae	Encino	Endémica
18	<i>Pithecello biumabovale (Rich.)</i>	Mimosaceae	Encinillo	Endémica
19	<i>Cyathea arborea, Smith</i>	Cyatheaceae	Helecho arbóreo	Autóctona
20	<i>Pithecoctenum hexagonum D.C.</i>	Bignoniaceae	Huevo de toro	Endémica
21	<i>Chrysobala nusicaco</i>	Chrysobalanaceae	Hicaco	Autóctona
22	<i>Roigella correifolia</i>	Rubiaceae	Jazmín del Pinar	Endémica
23	<i>Plumbago scandens, Lin.</i>	Plumbaginaceae	Legaña de aura	Autóctona
24	<i>Plumieriae marginata Griseb.</i>	Apocinaceae	Lirio de Sierra	Autóctona
25	<i>Matayba apetala (Macf.) Radlk.</i>	Sapindaceae	Macurije	Autóctona
26	<i>Xylopia aromatic A. Rich.</i>	Anonaceae	Malagueta	Autóctona
27	<i>Walthetia americana</i>	Esterculiaceae	Malva blanca	Alóctonas
28	<i>Melochia villosa</i>	Sterculiaceae	Malva morada	Autóctona
29	<i>Cojota arborea</i>	Mimosaceae	Moruro rojo	Autóctona
30	<i>Sorghastrum stipoides H.B.K. Nash.</i>	Poaceae	Pajón macho	Autóctona
31	<i>Allophylus cominia</i>	Sapindaceae	Palo de caja	Autóctona
32	<i>Byrsonima crassifolia L.</i>	Malpighiaceae	Peralejo del Pinar	Autóctona
33	<i>Pinus caribaea var. caribaea</i>	Pinaceae	Pino macho	Autóctona
34	<i>Alibertia edulis Rich.</i>	Rubiaceae	Pitajoní hembra	Autóctona
35	<i>Syzygium jambos (L.)</i>	Mirtaceae	Pomarrosa	Alóctonas
36	<i>Alsophilamy osuroides</i>	Ciateaceae	Rabo de mono	Endémica
37	<i>Espadaea amoena A. Rich.</i>	Solanaceae	Rascabarriga	Endémica
38	<i>Casearia hirsuta</i>	Flacurciaceae	Raspa lengua	Autóctona
39	<i>Tabebuias haferi Urban.</i>	Bignoniaceae	Roble blanco	Autóctona
40	<i>Psychotria androsaemifolia</i>	Rubiaceae	Tapa camino	Autóctona
41	<i>Odontosoria wrightiana</i>	Dennstaedtiaceae	Uña de gato	Endémica
42	<i>Didymopanax morototoni</i>	Araliaceae	Yagruma macho	Autóctona
43	<i>Imperatabra siliensis Trin</i>	Poaceae	Yáguna	Autóctona
44	<i>Guarea guara Jasq.</i>	Meliaceae	Yamao	Autóctona
45	<i>Cyrillara cemiflora</i>	Cirilaceae	Yanilla	Autóctona

Del total de especies identificadas en el área de estudio, 42 se encontraron presentes en el estrato menor de 1,30 m, y 21 en el estrato mayor de 1,30 m.

De las 45 especies identificadas se clasifican, según su origen, en 41 nativas (33 autóctonas (73,3 %), ocho endémicas (17,8 %) y cuatro alóctonas (8,9 %) (Fig. 1). Es importante destacar la dominancia de las endémicas y autóctonas, lo que demuestra la importancia de una adecuada reforestación para la recuperación de la estructura del ecosistema.

Dentro de las especies alóctonas, la presencia de *Acacia mangium* constituye un aspecto ne-

gativo a tener en cuenta por la gran adaptabilidad que posee a las condiciones de suelo y clima predominantes en las Alturas de Pizarras, pues es una especie que sus semillas tienen altísimo poder germinativo y alta regeneración natural, y además de que se ha utilizado en los planes de reforestación en nuestro país.

Los resultados obtenidos en esta investigación concuerdan con los reportados por González (2006), que al evaluar el reclutamiento de especies bajo una plantación de *P. caribaea* a los 33 años de edad en Alturas Pizarras plantada a diferentes espaciamientos encontró 32 especies a las que se hace mención en este trabajo.

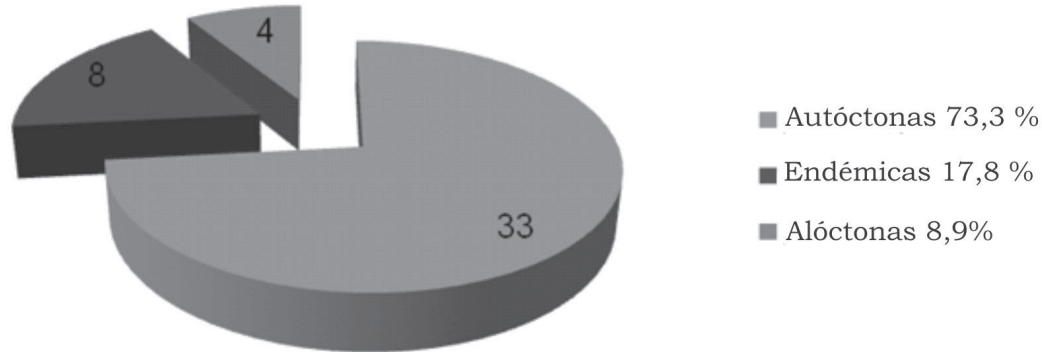


Figura 1. Cantidad total de especies (%) según su origen.

Fuentes (2004) y González (2006) reportan, en áreas naturales aledañas a las parcelas experimentales, 21 y 25 especies, respectivamente, coincidentes con las que aparecen en los inventarios de la Tabla 2.

Los análisis realizados a la vegetación asociada a la plantación en este trabajo tienen gran similitud con los estudios realizados por Herrero *et al.* (2004) en esta plantación, en la cual se llega prácticamente a los mismos resultados en cuanto a la cantidad y tipo de especies presentes bajo el dosel, lo que se puede inferir que la estructura espacial en esta área se acerca al clímax o a la restauración ecológica, donde las especies reportadas como típicas de esta zona antes de establecida la plantación de *P. caribaea* son las que predominan actualmente.

Las Figs. 2 y 3 muestran las curvas de abundancias de las 15 especies más dominantes presentes en los diferentes estratos.

De forma general para el estrato menor de 1,30 m las especies más abundantes son *Scleria melaleuca*, *Sorghastrum stipoides* H.B.K., *Cocosylum guionensis* Sw., *Davilla rugosa*, *Conostegia xalapensis*, *Imperata brasiliensis* Trin, *Faramea occidentalis*, *Smilax havanensis*, Jacq., Var., *Clusia rosea* Jacq. y *Psychotria androsaemifolia*, y para el estrato mayor de 1,30 m son *Conostegia xalapensis*, *Faramea occidentalis*, *Quercus oleoides*, *Clusia rosea*,

Byrsonima crassifolia L., *Alibertia edulis* Rich., *Roigella correifolia*, *Citharexylum fruticosum*, *Matayba apetala* (Macf.) Radlk. y *Xylopia aromatica* (Figs. 2 y 3).

Analizando el comportamiento de las especies más abundantes por estrato en los diferentes tratamientos, se aprecia que *Byrsonima crassifolia* L., *Alibertia edulis* Rich. y *Matayba apetala* no se encuentran presentes en el tratamiento T7, al igual que *Roigella correifolia* en el tratamiento T3, *Citharexylum fruticosum* en el T2 y T8, *Matayba apetala* en T4, T6 y T8, para el estrato menor de 1,30 m (Fig. 2).

Para el estrato mayor de 1,30 m, *Chrysobalanus icaco* solo se inventarió en los tratamientos T1, T3 y T8, *Cyathea arborea*, Smith en T1, T2, T3 y T6; en el caso de *Pinus caribaea* var. *caribaea* en los tratamientos T1 y T3, *Plumbago scandens*, Lin. en T2 y T4 y *Allophylus cominia* en T5, T6 y T8 (Fig. 3).

El comportamiento de la abundancia y la riqueza entre los diferentes tratamientos se aprecia en la Tabla 3, donde se observa que su proceder es muy semejante tanto en los diferentes estratos como en el total de especies reclutadas, siendo el tratamiento T7 el de menor riqueza; aunque es de los tratamientos de mayor abundancia, esto estuvo dada por una mayor presencia de especies en el estrato herbáceo, lo que estuvo influenciado por un mejor desarrollo de la plantación en este tratamiento (Reyes *et al.*, 2014).

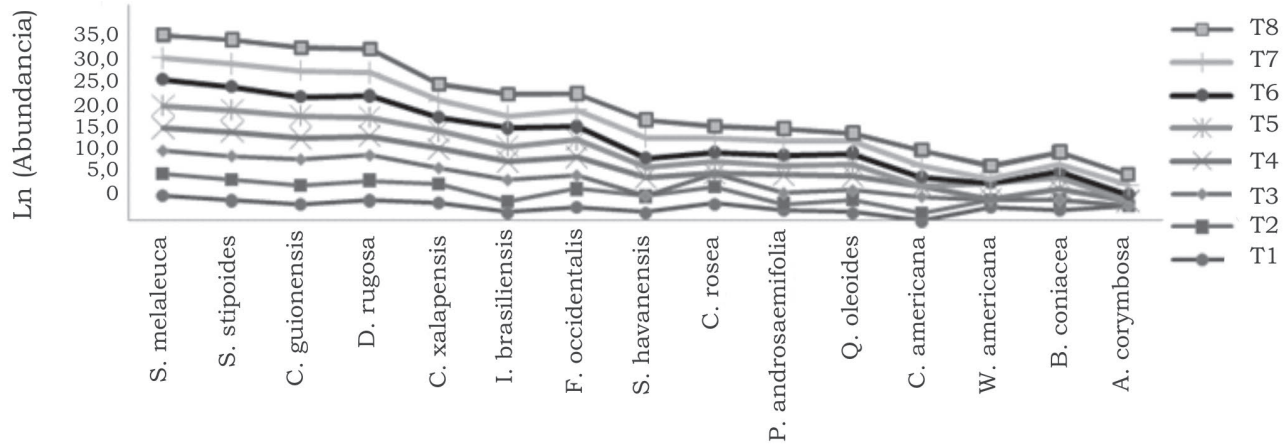


Figura 2. Curvas de abundancia de las especies presentes en el estrato menor de 1,30 m.

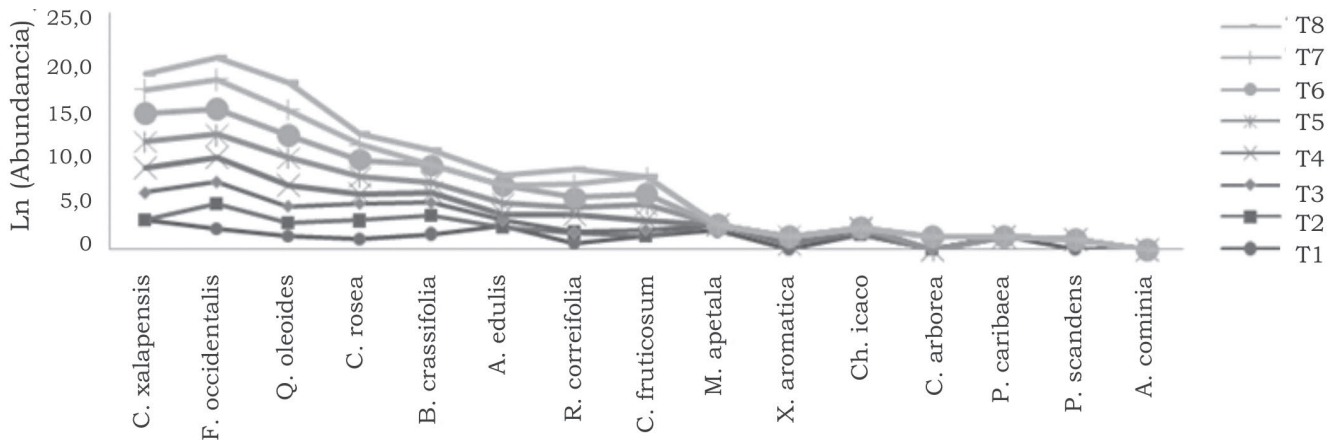


Figura 3. Curvas de abundancia de las especies presentes en el estrato mayor de 1,30 m.

Los resultados obtenidos en este trabajo manifiestan que las diferencias que pueden sobrevenir con el uso de fertilizantes en cuanto al reclutamiento de especies vegetales en el transcurso del tiempo, o sea, a la edad de 41 años de la plantación, no se afectan por la fertilización.

La riqueza en todos los tratamientos es similar y la abundancia es menor en los tratamientos T1 y T2 (Tabla 3), de lo que se puede inferir que la fertilización fraccionada en los primeros cinco años de establecida la plantación no afecta el reclutamiento de especies a largo plazo.

Tabla 3. Riqueza y abundancia de especies por tratamientos y estratos

Estratos	Tratamientos							
	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8
Riqueza								
< 1,30 m	25	26	25	29	28	26	25	28
> 1,30 m	13	14	14	10	12	11	7	10
Total	38	40	39	39	40	37	32	38
Abundancia	300	300	364	358	371	343	405	409

Las especies *Conostegia xalapensis* (cordobán grande), *Faramaea occidentalis* (cafetillo), *Quercus oleoides* (encino), *Clusia rosea* (copey), *Byrsonima crassifolia* L. (peralejo del Pinar), *Alibertia edulis* Rich. (pitarón hembra) y *Roigella correifolia* (jazmín de Pinar) son las más representadas en el estrato mayor de 1,30 m, las cuales coinciden con las reportadas por Samek y Del Risco (1989) para el estrato arbustivo y arbóreo en plantaciones de pinares en Alturas de Pizarras en Pinar del Río, citados por Fuentes *et al.* (2004).

Al respecto, Ward *et al.* (2006), en su estudio en varias zonas de Australia donde se decidió restaurar la vegetación autóctona de zonas minadas, alega que las aplicaciones iniciales de fertilizantes aumentan el número de especies, la cobertura, densidad vegetal y las tasas de crecimiento. Samek (1967) expone que tanto las especies endémicas, autóctonas como las alóctonas desempeñan un rol fundamental en la conservación del suelo en sitios desprovistos de todo tipo de vegetación (citado por Bruzón, 2013).

Bruzón (2013), al evaluar el reclutamiento de especies en una plantación de *P. caribaea* a los 15 años de edad, plantea que el efecto de la aplicación de fertilizantes fue significativo sobre la cantidad y diversidad de especies que crecen junto a las nuevas plantaciones; las parcelas fertilizadas con cachaza tanto en dosis única o en su combinación con NPK son las de mayor número de plantas en los estratos inferiores, y las diferencias son significativas con respecto a las parcelas mejoradas con solo fertilizante mineral. Además, afirma que cualquier tratamiento de fertilización induce el retorno de mayor cantidad de plantas y la adición de cachaza en mayor magnitud.

Según González (2006), al realizar el análisis químico al follaje verde de las especies reflejó que hay quienes se destacan en el aporte de macroelementos al suelo, específicamente nitrógeno, fósforo y potasio. Tal es el caso de *Didymopanax morototoni* (Aubl.) (yagrurón), *Casearea hirsuta* Sw. (raspa lengua), *Guarea guara* Jasq., (yamao) y *Chrysobalanus icaco* (L.) (hicaco).

González (2006) resalta el contenido de fósforo presente en las especies *Didymopanax morototoni* Aubl., *Citharexylum fruticosum* Lin., *Paspalum vergatum* Lin., *Waltheria americana* Lin. como un factor importante para el enriquecimiento de los suelos, teniendo en cuenta que los suelos

tropicales en general (Thomas y Ayanza, 1999) y los suelos forestales de pinares cubanos en particular son extremadamente pobres en fósforo, con mayor motivo si tenemos en cuenta que la única fuente natural de este elemento químico para las plantas se encuentra en el suelo derivado de la roca madre. De esa forma las especies mencionadas realizan una fertilización natural al suelo, garantizando de esa manera el ciclo bioquímico del fósforo y una mejor nutrición de las plantaciones de pinos (Herrero, 2001).

Gran importancia amerita destacar que estas especies mencionadas anteriormente, a la hora de efectuar los mantenimientos y tratamientos silvícolas, se les debe dar un manejo especial, garantizando que no lleguen a amenazar el correcto desarrollo de los pinos, pues, a mediano y largo plazo, lejos de perjudicar su normal desarrollo, lo beneficiarán, ya que contribuyen con el aumento de la fertilidad y la conservación de la humedad de estos suelos esqueléticos y a aumentar la biodiversidad, restableciéndose el proceso de resiliencia, al ecosistema comenzar a regresar a su estado original después de ser perturbado y desplazado de su estado natural inicial (González, 2006).

CONCLUSIONES

- La composición de la flora asociada a la plantación de *P. caribaea* es de 45 especies y 32 familias presentes en los diferentes estratos. De las 45 especies 33 son autóctonas, ocho endémicas y cuatro alóctonas, dentro de las que se destacan *Didymopanax morototoni* (Aubl.), *Casearea hirsuta* Sw., *Garea guara* Jasq. y *Chrysobala nusicaco* (L.), como las de mayor valor por el aporte de nutrientes que hacen al suelo.
- El manejo de la diversidad florística, especialmente de especies latifoliadas nativas, contribuyen en gran medida al mejoramiento de la fertilidad y de la protección de los suelos.

BIBLIOGRAFÍA

- Alain, H. 1953. Flora de Cuba, III. Contrib. Ocas. Mus. Hist. Nat. Colegio de la Salle 10. La Habana. Imprenta P. Fernández. 502 p.
- Alain, H. 1974. Flora de Cuba. Suplemento. La Habana. Instituto Cubano del Libro. 150 p.
- Alain, H. 1958. La flora de Cuba: Sus principales características, su origen probable. Revista Sociedad Cubana Botánica (CU) 15(2-3): 36-59.

- Alain, H., León, H. 1964. Flora de Cuba. Vol. 5. La Habana. Asociación de Estudiantes de Ciencias Biológicas, Publicaciones. 364 p.
- Alvarado, A., Raigosa, J. 2012. Nutrición y Fertilización forestal en regiones tropicales. Asociación Costarricense de la Ciencia del Suelo. Costa Rica. Editorial San José. 419 p.
- Awan, A. B.; Frías, G. 1970. Los suelos de la Estación Experimental Forestal de Viñales, Pinar del Río. Baracoa (CU) 2(1): 19 - 30.
- Barbero, M.; Bonin, G.; Loisel, R.; Quézel, R. 1990. Changes and disturbances of forest ecosystems caused by human activities in the western part of the mediterranean basin. *Vegetatio* (NL) 87(2):151-173.
- Bruzón, N. 2013. Rehabilitación de áreas degradadas por la minería a cielo abierto en la región Nicaro-Mayarí, Cuba. Pinar del Río. 136 h. Tesis (en opción al grado científico de Doctor en Ciencias Forestales). Ministerio de Educación Superior.
- Díaz, G. 2013. Método para la rehabilitación de la faja forestal hidrorreguladora: Subcuenca Santoyo (Cuenca Almendares-Vento). La Habana, Cuba. 75 h. Tesis (en opción al título de Máster en Gestión Ambiental). Ministerio de Educación Superior.
- Feinsinger, P. 2003. El diseño de estudios de campo para la conservación de la biodiversidad. Bolivia. Editorial FAN, Santa Cruz de la Sierra. 242 p.
- Fuentes. I. M.; Herrero. G.; Pedro Herrera, P.; González, M. 2004. Manejo sostenible de plantaciones de *Pinus caribaea* var. *caribaea* y su impacto sobre la diversidad vegetal. 70 h. Trabajo de Diploma (en opción al título de Licenciada en Biología). Universidad de la Habana.
- González, M. 2006. Influencia de la densidad de plantación en la economía y la ecología de *Pinus caribaea* var. *caribaea* en las Alturas de Pizarra de Pinar del Río, Cuba. 179 h. Tesis (en opción al grado científico de Doctor en Ciencias Forestales). Ministerio de Educación Superior.
- Herrero, G. *et al.* 2004. Fertilización a plantaciones de *Pinus caribaea* var. *caribaea* en su hábitat natural y diversidad vegetal asociada. Memorias del Primer Congreso sobre Suelos Forestales. Heredia, Costa Rica: Universidad Nacional UNISEFOR. 18 p.
- Herrero, G. 2001. Nutrición de plantaciones de *Pinus caribaea* var. *Caribaea*: Respuesta a la fertilización y método de diagnóstico. Ciudad de la Habana. 126 h. Tesis (en opción del grado científico de Doctor en Ciencias Agrícolas). CITMA/MINAG/MES.
- Instituto de Suelos. 1999. Nueva versión de Clasificación Genética de los Suelos de Cuba. Ciudad de La Habana. AGRINFOR. 64 p.
- Jiménez, M.; Herrero, G. 1984. Valoración preliminar de la influencia de los fertilizantes minerales en el desarrollo y crecimiento de una plantación de *Pinus caribaea* var. *caribaea* Baracoa (CU) 14(2): 7-24.
- León, H.; Alain, H. 1951. Flora de Cuba, II. Contribuciones ocasionales. Museo Historia Natural. Colegio de la Salle 9. Habana. Imprenta P. Fernández. 466 p.
- León, H., Alain, H. 1953. Flora de Cuba, III. Contribuciones ocasionales. Museo Historia Natural. Colegio de la Salle 10. Habana. Imprenta P. Fernández. 502 p.
- León, H., Alain, H. 1975. Flora de Cuba, IV. Contribuciones ocasionales. Museo Historia Natural. Colegio de la Salle 16. Habana. Imprenta P. Fernández. 556 p.
- León, H. 1946. Flora de Cuba, I. Contribuciones ocasionales. Museo Historia Natural. Colegio de la Salle 8. 442 p.
- Reyes. J. L. *et al.* 2014. Respuesta a la fertilización de plantaciones de *Pinus caribaea* Morelet var. *caribaea* Barret y *Golfari* en su hábitat natural en diferentes edades. Revista Forestal Baracoa (CU) 33(Número Especial): 587-598.
- Roig, J. T. 1965. Diccionario Botánico de nombres vulgares cubanos. Tomo I y II. La Habana. Editorial Consejo Nacional de Universidades. 1142 p.
- Samek, V.; Risco, E. del. 1989. Los pinares de la provincia Pinar del Río, Cuba. Estudio sinecológico. La Habana. Editorial Academia. 59 p.
- Samek, V. 1967. Elementos de silvicultura de los pinares. La Habana. Universidad de la Habana. 102 p.
- Thomas, R.; Ayansa, M. A. 1999. Sustainable land Management for the Latin American Savannas. CIAT. Editorial Cali. 231 p.
- Ward, S.; Pickersgill, G.; Michaelsein, D.; Bell, D. 2006. Responses to factorial combination of nitrogen, phosphorus and potassium fertilizer by saplings of *Eucalyptus saligna* Sm. and the prediction of the responses by DRIS indices. *Australia Forestry Research* (AU) 15: 23-32.

RESEÑA CURRICULAR

Autor principal: Jorge Luis Reyes Pozo

Dr. Ciencias Forestales, Investigador Auxiliar en la Empresa de Ciencia y Técnica, Instituto de Investigaciones del Tabaco, ha desarrollado diferentes investigaciones relacionada con la silvicultura de plantaciones forestales, así como en la fitotecnia del cultivo del tabaco. Ha participado en eventos nacionales e internacionales en ambas temáticas. Es miembro del Tribunal Nacional Forestal para el otorgamiento de grados científicos y miembro del Tribunal Nacional de Categorización del INAF.

EVALUACIÓN DEL POTENCIAL INVASIVO DE *ALBIZIA PROCERA* (ROXB.) BENTH EN ÁREAS GANADERAS DEL MUNICIPIO DE CAMAGÜEY, CUBA

EVALUATION OF THE INVASIVE POTENTIAL OF *ALBIZIA PROCERA* (ROXB.) BENTH IN LIVESTOCK AREAS OF THE MUNICIPALITY CAMAGÜEY, CUBA

ING. MIGUEL RIVERO-VEGA¹, M.Sc. RAFAEL RISCO-VILLALOBOS¹ Y LIC. BARTOLO ÁVILA-VALDIVIA²

¹ Instituto de Investigaciones Agro-Forestales. Estación Experimental Agro-Forestal Camagüey. Ave. Ignacio Agramonte 165, Los Coquitos, Camagüey, Cuba, camaguey@forestales.co.cu

² Unidad Silvícola Camagüey. Carretera Santa Cruz, Camagüey, Cuba, teléf.: 217306

RESUMEN

El trabajo se desarrolló en la Unidad Básica de Producción Cooperativa Ignacio Agramonte Loynaz en cuatro unidades productivas pertenecientes a la Empresa Pecuaria Triángulo 3, municipio de Camagüey. El área de estudio abarca 1209 ha próximas a la localidad de Altagracia. El objetivo del trabajo es determinar el análisis de riesgo e invasión de la especie *Albizia procera* (Roxb.) Benth (algarrobo indio) en fincas ganaderas, aplicando el Manual de Uso de prevención de invasiones biológicas I3N. Se realizaron entrevistas a trabajadores y miembros de la comunidad para conocer la fecha de introducción de la especie. Se levantaron parcelas temporales de monitoreo de 20 m x 25 m (500 m²) y se midió la altura y diámetro de los árboles presentes, número de rebrotes por ejemplares talados, así como la flora acompañante. Se corroboró que la especie estudiada tiene un alto potencial invasivo para los pastizales ganaderos.

Palabras claves: *Albizia procera*, invasiones biológicas, riesgos, pastizales, fincas ganaderas.

ABSTRACT

The work was developed in the Basic Unit of Cooperative Production Ignacio Agramonte Loynaz, in 4 productive units belonging to the Company Cattle Triangle 3, municipality Camagüey. The study area embraces 1209 ha, next to the town of Altagracia. The objective of the work is to determine the analysis of risk and invasion of the species *Albizia procera* (algarrobo Indio) in cattle farm, applying the Manual of Use of prevention of biological invasions I3N. Interviews to the workers and members of the community to know the date of introduction of the species were applied. Temporary observation parcels 20 m x 25 m was created (500 m²) and it was measured the height and diameter of the present trees, and the accompanying flora. It was corroborated that the studied species has a high invasion potential for the cattle grasses.

Key words: *Albizia procera*, biological invasions, risks

INTRODUCCIÓN

Uno de los componentes más afectados de la naturaleza es la diversidad biológica, que representa la variabilidad de la vida en nuestro planeta. Existen varias causas que provocan la pérdida de la biodiversidad. La introducción e invasión de especies exóticas clasifica actualmente como la segunda causa de extinción de especies tanto vegetales como de animales, precedida por la destrucción y

pérdida de hábitat (Pimm *et al.*, 1995; UICN, 2007; McNeely *et al.*, 2001).

Varios naturalistas del siglo XIX como Charles Darwin, Alphonse De Candolle, Joseph Hooker y Charles Lyell hicieron referencia a especies naturalizadas e invasoras, aunque fueron consideradas esencialmente curiosidades en esa época y no se

percibió que llegarían a convertirse en una de las mayores amenazas para la diversidad biológica global (Oviedo, 2012). Sin embargo, esta problemática ambiental despertó el interés de la comunidad científica después de la publicación del libro *La ecología de la invasión por animales y plantas* de Charles S. Elton en 1958. En esta dirección destacan por su accionar el Convenio sobre Diversidad Biológica (CDB) y su implementación a partir de 1993. El Programa Mundial de Especies Invasoras iniciado en 1997 y la Estrategia Mundial sobre Especies Exóticas constituyen herramientas de trabajo que facilitan el cumplimiento del artículo 8H del CDB (1992).

En el caso de Cuba, por su insularidad, fragilidad de los ecosistemas y el alto endemismo de su flora, convierte a los ecosistemas cubanos en blanco del impacto de las invasiones biológicas, provocadas principalmente por la actividad humana. Por ello, la Estrategia Nacional para la Diversidad Biológica de la República de Cuba (Vilamajó *et al.*, 2002) definió a las invasiones o introducciones de especies como uno de los factores endógenos que afectan a la diversidad biológica del archipiélago cubano. El proyecto GEF/PNUD “Mejorando la prevención, control y manejo de especies exóticas invasoras en ecosistemas vulnerables en Cuba 2011-2016” es una alternativa para enfrentar esta problemática ambiental.

En la lista nacional de especies de plantas invasoras y potencialmente invasoras en la República de Cuba (2011), publicada por Oviedo *et al.* (2012), aparece incluida *A. procera* (Roxb.) Benth (algarrobo indio) de la familia Mimosaceae.

Esta planta clasifica como exótica introducida en Cuba para la reforestación, y su rango nativo de distribución comprende parte de Asia y Australia (Oviedo *et al.*, 2012). Su crecimiento es rápido y se regenera bien naturalmente. Es un árbol que alcanza de 20 a 25 m de altura y 60 cm de diámetro. Las semillas son viables hasta por un año y germinan con facilidad entre 3 y 21 días si hay humedad en el suelo (Troup, 1921). También se reproduce vegetativamente a través de rebrotes. La regeneración natural se considera buena siempre que haya humedad y el terreno esté libre de vegetación.

Según Betancourt (2000), fue introducida en la colección de especies maderables del Arboretum

de la Estación Experimental Forestal de Camagüey en 1965. Años más tarde, en la década de los setenta del siglo XX, fue plantada con fines experimentales en las sabanas serpentínicas del territorio. En la Dinámica Forestal de Camagüey (SEF, 2011) aparecen reportadas 160 ha, distribuidas en siete municipios. En la UBPC se introdujo la especie en 1998 con fines ornamentales a ambos lados de las vías de acceso para enriquecer estéticamente el paisaje y propiciar sombra a los transeúntes.

La presente investigación tiene como objetivo evaluar el potencial invasivo de *Albizia procera* (algarrobo indio) en áreas ganaderas de la UBPC Ignacio Agramonte y Loynaz del municipio de Camagüey.

MATERIALES Y METODOS

Recopilación de la información

Se realizó una revisión en diversas bases de datos publicadas en internet sobre características botánicas y reproductivas, ecología y distribución geográfica de la especie, estudios realizados en Cuba y metodologías relacionadas con los análisis de riesgo de invasiones biológicas existentes a nivel mundial. Se emplearon buscadores como Google Académico, BioOne, Wiley OnLine Library, y en cada caso se introdujeron palabras claves para la búsqueda relacionadas con el tema. También se consultó literatura especializada sobre la flora invasora y potencialmente invasora en Cuba, y los reportes de invasión de *A. procera* en otras regiones.

Con la información obtenida, como resultado de la revisión bibliográfica, se hizo una recopilación con las características más importantes de *A. procera*, las cuales fueron empleadas para realizar la evaluación de riesgo.

Ubicación y características del área de estudio

El estudio se desarrolló en cuatro unidades de producción de la UBPC Ignacio Agramonte y Loynaz (Molinito, La Presa, Lagantilla y Ojo de Agua), pertenecientes a la Empresa Agropecuaria Triangulo 3, próxima al poblado de Altigracia, municipio de Camagüey. Tiene una extensión superficial de 1209 ha y se localiza en 22°36'04" latitud norte y 81°56'03" longitud oeste, a una altura máxima de 107 msnm (*Fig. 1*).



Figura 1. Ubicación de las áreas evaluadas.

La geología del área está formada por depósitos de cobertura de la Asociación Ofiolítica del Triásico-Jurásico, con peridotitas y dunitas serpentinizadas. La hidrología la conforman los arroyos Lagantilla y El Naranjal, los cuales son afluentes tributarios del río Saramaguacán. El suelo es Pardo con Carbonato de acuerdo a la segunda clasificación de los suelos (Mapa Provincial de Suelos, 1988) y Pardo Mullido Carbonatado, según la versión IV de la Clasificación Genética de los Suelos de Cuba (Hernández *et al.*, 1999).

El clima clasifica como de llanuras principalmente interiores con humedecimiento estacional, alta evaporación y temperatura de acuerdo al *Atlas provincial de Camagüey* de 1989, editado por el Instituto Cubano de Geografía de la Academia de Ciencias de Cuba y el Instituto Cubano de Geodesia y Cartografía. El comportamiento de la temperatura media anual de la provincia en el período 1976-2005 fue de 25,7 °C, con un mínimo en enero de 22,9 °C y un máximo en agosto con 28,0 °C. En el caso de la media anual de la pluviosidad fue de 1271,8 mm, con un valor mínimo en diciembre con 28,1 mm y un máximo en junio con 193,8 mm (Acosta *et al.*, 2014). La vegetación presente en el área clasifica como una sabana antrópica (SA), según Berzaín *et al.* (2005).

Especie en estudio

La especie en estudio pertenece a la familia Mimosaceae/Leguminosae de acuerdo con Haston *et al.* (2009). Es un árbol caducifolio de tamaño grande y de rápido crecimiento de los bosques tropicales y subtropicales de Asia, con una amplia distribución y naturalización, que se extiende desde la latitud 15° S hasta 30° longitud N a través de la India y Nepal, algunas islas, el

sur de China, Vietnam y el norte de Australia, entre otras regiones (Venkataramany, 1968).

Abunda en regiones con clima donde el régimen de precipitaciones oscila entre 1000 y 5000 mm con o sin una temporada seca bien marcada (Francis, 2000).

En su distribución natural en la India, la florecencia ocurre de junio a septiembre (Venkataramany, 1968; Troup, 1921). Las frutas, unas vainas aplastadas de un rojo intenso o marrón rojizo, de 10 a 20 cm de largo y 1,8 a 2,5 cm de ancho, se producen en grandes cantidades y se maduran de febrero hasta mayo en la India (Little, 1964; Venkataramany, 1968). Las semillas son pequeñas y retienen su viabilidad hasta un año y germinan con facilidad dentro de un período de 3 a 21 días si hay suficiente humedad en el suelo (Troup, 1921).

En cuanto a la reproducción vegetativa, Ryan (1904) destaca que se manifiesta mediante rebrotes en diferentes etapas del crecimiento de la planta luego de ser talados o afectados por algún motivo.

Trabajo de campo

Se realizaron varios recorridos de trabajo para ubicar las poblaciones y delimitar las áreas afectadas por la especie. Posteriormente se identificaron los árboles padres y levantaron parcelas temporales de trabajo de 500 m² (20 m x 25 m) para lograr una intensidad de muestreo del 5 % del área afectada, según los criterios establecidos en la Norma Ramal del MINAG de 1982 sobre tratamientos silvícolas.

Se realizaron mediciones de altura y diámetro a 1,30 m del suelo, que incluye los árboles padres y los individuos dentro de las parcelas

de trabajo. Para estimar la altura se utilizó el hipsómetro Suunto (m) y para el diámetro la forcípula, teniendo como unidad de medida el centímetro (cm). Las parcelas se delimitaron con una cinta métrica. Se utilizaron además brújula, cámara fotográfica, libreta, lápiz y machete. Se identificaron las especies de la flora acompañante presente en las parcelas.

Para el análisis estadístico se utilizó el programa estadístico Info Staat 2008. Se aplicó análisis de varianza y prueba de Duncan. También se colectó y preservó material vegetal, el cual fue depositado en los fondos del Herbario Julián Acuña Galé (HIPC) de la Universidad Pedagógica José Martí, de Camagüey.

La evaluación del potencial invasivo (análisis de riesgo) se realizó a partir de la aplicación de la Metodología I3N propuesta por Zalba y Ziller (2008), aplicada en Argentina, Colombia y Venezuela. Esta herramienta consta de 29 criterios agrupados en tres categorías: riesgo de establecimiento e invasión, impacto potencial y dificultad de control o erradicación en caso que la especie consiguiera invadir. La suma de los puntajes correspondientes constituye una indicación del riesgo asociado a su introducción.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

De acuerdo a los resultados obtenidos con la aplicación de las entrevistas realizadas a 21 miembros de la UBPC y seis pobladores de la comunidad, se constató que *A. procera* fue introducida en 1998 de manera voluntaria. Como resultado de la investigación se identificaron cuatro áreas donde se encuentra establecida: Molinito (2,40 ha), La Presa (1,45 ha), Lagantilla (3,51 ha), Ojo de Agua (6,64 ha) para un total de 14,0 ha.

En cuanto al diámetro de las áreas evaluadas, los resultados aparecen en la siguiente tabla, mostrándose los valores medios para cada área, con el mayor valor (20,83), el cual difiere significativamente del resto de las áreas. Estas diferencias pudieran estar dadas por la ubicación de la unidad Lagantilla, próxima al río de igual nombre y caracterizada por un relieve bajo que retiene más la humedad, resultado de los escurrimientos de las aguas durante la ocurrencia de precipitaciones, acumulación de arrastres de sedimentos y materia orgánica de otras áreas aledañas.

Tabla 1. Valores medios del diámetro (dap 1,30 m) en las áreas estudiadas

Unidad	Medias	n	
La Presa	16,50	33	A
Ojo de Agua	19,11	41	A
Molinito	19,21	32	A
Lagantilla	20,83	21	B

Letras distintas indican diferencias significativas ($p \leq 0,05$)

En el caso de la altura, como se observa en la *Tabla 2*, el menor valor (10,93) se registra en la unidad Molinito, que estadísticamente difiere del resto de las unidades. En esta unidad el suelo, aunque está considerado Pardo Mullido Carbonatado, los autores observaron la presencia de afloramientos de suelos Esqueléticos propios de las sabanas serpentinosas situadas al norte del área de estudio, los cuales limitan el crecimiento de las plantas en estas condiciones.

Tabla 2. Valores medios de la altura áreas estudiadas

Unidad	Medias	n	
Molinito	10,93	32	A
La Presa	12,57	33	A
Lagantilla	12,57	21	A
Ojo de Agua	13,16	41	B

Letras distintas indican diferencias significativas ($p \leq 0,05$)

Se reconoce que la actividad económica fundamental de las fincas es la ganadería, principalmente la producción de leche y carne.

Establecimiento y dispersión de *A. procera*

La introducción se produjo a partir de las posturas logradas en un microvivero temporal establecido en el la UBPC en 1998. Se plantaron un total 76 ejemplares (árboles padres) que fueron dispuestos en hileras a ambos lados del camino real y a 4 m de distancia entre cada uno. Tuvo como fin enriquecer estéticamente el paisaje, la ornamentación de las vías de acceso y propiciar sombra a los trabajadores durante su desplazamiento por las fincas (*Fig. 2*).

Los autores del trabajo comparten la idea de los obreros y miembros de la comunidad, los cuales consideran que a partir de este grupo inicial de individuos comenzó el proceso de expansión

hacia pastizales aledaños. El ciclo vital de la especie ha desempeñado un rol importante en el establecimiento del taxa, si tomamos en cuenta el elevado número de semillas que produce, la

viabilidad de las semillas y el alto porcentaje de germinación, así como la eficiencia de los dispersores naturales a nivel local, en este caso el ganado vacuno y el viento.



Figura 2. Árboles padres a ambos lados del camino.

Los valores de 37,5 cm de diámetro (dap 1,30 m) y 11,9 m de altura alcanzado en estos árboles demuestra el éxito de la especie para invadir nuevas áreas en este tipo de ecosistema.

La falta de un plan de manejo para controlar la especie en el área también constituye una limitación en este sentido. Al respecto, se pudo constatar que en potreros donde se realizaron chapeas manuales para limpiar la regeneración natural y rebrotes de tocones, se crean condiciones favorables en el suelo para la germinación de las semillas del algarrobo indio y otras especies herbáceas inde-

seables para los pastizales, lo que corrobora lo expuesto por Parrota y citado por Francis (2000).

Un ejemplo de esta afectación es el caso de *Paspalum notatum* Flugge (pasto tejano), sustituido de manera progresiva por *Sida rhombifolia* L. (malva de cochino) y *Petiveria aliacea* L. (anamú). La primera ha invadido pastizales pertenecientes a la Unidad La Presa, cubiertos anteriormente por *Digitaria decumbes* Stewt (pangola), introducida en Cuba como pasto, según Roig en 1950, y el anamú que modifica el sabor y olor de la leche (Figs. 3 y 4).



Figura 3. *S. rhombifolia*.



Figura 4. *P. aliacea*.

De acuerdo a las observaciones realizadas dentro y fuera de las parcelas, y los resultados de las encuestas aplicadas, el 85 % de los 21 trabajadores afirma que el ganado bovino no ingiere el follaje de *A. procera*; sin embargo, muestra interés por otras especies forrajeras como *Samanea saman* (Jacq.) Merr. (algarrobo

del país), *Guazuma ulmifolia* Lam. (guásima) y *Gliricidia sepium* (Jacq.) Steud. (piñón florido). Este último, según refiere Calzadilla *et al.* (2013), es utilizado en Cuba para la construcción de cercas vivas monoespecíficas y mixtas, en linderos e interiores por su reconocido valor forrajero para los animales (Fig. 5).



Figura 5. Ramoneo de *G. sepium* en cercas vivas monoespecíficas.

Riesgos de una invasión de *A. procera* en la UBPC

En la lista de las 100 especies invasoras a nivel mundial, publicada por Richardson y Rejmánek (2011) no aparece incluida *A. procera*; sin embargo, Oviedo (2012) la incluye en la lista de las 100 especies invasoras de Cuba, tomando en consideración la amplia distribución en el archipiélago cubano en diferentes ecosistemas vulnerables.

Los resultados obtenidos como parte de la investigación realizada en la UBPC alertan sobre el alto riesgo de introducción de la especie, si tenemos en cuenta que su comportamiento se

corresponde con las variables que aparecen en la metodología I3N de Zalba y Ziller (2008) utilizada en este trabajo, entre las que destacan muy alta capacidad de establecer poblaciones a partir de uno o unos pocos individuos, rápida velocidad de crecimiento, alta producción de semillas y dispersión asociada a la actividad ganadera.

La suma de los puntajes correspondientes constituye una indicación del riesgo asociado a su introducción. Por tal motivo se realizó el análisis de riesgo e invasión para la especie en la UBPC. Los resultados aparecen reflejados en la *Tabla 3*.

Tabla 3. Análisis de riesgo e invasión de la especie

Riesgos	Total de puntos	Riesgo de la introducción	Nivel de riesgo
Riesgo de establecimiento e invasión	84	6,87	Alto
Impacto potencial	48		
Factibilidad de control	54		
Total	186		

El riesgo de la introducción de la especie tiene un valor de 6,87, calculado a partir de la división del total de puntos alcanzados (186) entre las preguntas respondidas (27) de un total de 28, considerado como un nivel de riesgo alto de acuerdo a la metodología aplicada, que establece un umbral de alto riesgo para valores mayores a 5 (cinco). Las variables relacionadas con características de toxicidad de la especie para el ganado mayor (vacuno y equino) son desconocidas en la UBPC.

Importancia del control de *A. procera* en la UBPC

La invasión de *A. procera* representa un cambio significativo en la estructura del hábitat. Por tal motivo es necesario implementar un plan de manejo simplificado con el objetivo de realizar acciones dirigidas al monitoreo, control y aprovechamiento sostenible de esta especie forestal y mitigar los impactos negativos, tales como fragmentación de hábitat y pérdida de la biodiversidad en los pastos nativos de estos ecosistemas ganaderos, y en consecuencia la disminución de la producción de leche y carne, entre otras afectaciones económicas.

CONCLUSIONES

- Como resultado de esta investigación se determinó que el potencial invasivo de *Albizia procera* en la UBPC Ignacio Agramonte es alto (6,87) y representa una problemática ambiental en áreas ganaderas.
- La introducción de *A. procera* con fines ornamentales en la UBPC provocó la invasión de 14 ha de pastizales, y requiere de un plan para el control y manejo de la especie.
- La dispersión de la especie en las áreas evaluadas se produce principalmente por las excretas del ganado vacuno que contienen las semillas de las vainas consumidas por los animales.
- El manejo inadecuado de la especie en este ecosistema ha provocado afectaciones a la biodiversidad.

BIBLIOGRAFÍA

Acosta, L.; Rivero, Z.; Rivero, R.; Díaz, L. 2014. Escenarios de clima futuro para la provincia Camagüey. Posible influencia sobre las plantaciones forestales de distribución mediterránea. *Revista Forestal Baracoa (CU)* 33(2): 73-81.

Atlas Provincial de Camagüey. 1989. Ed.: Instituto de Geografía de la Academia de Ciencias de Cuba y por Instituto de Geodesia y Cartografía.

Berazaín, R.; Areces, F.; Lazcano, J. C.; González, L. R. 2005. Lista Roja de la Flora Vasculosa Cubana. Documentos del Jardín Botánico Atlántico (Gijón) 4:1-86.

Betancourt, A. 2000. Árboles maderables exóticos en Cuba. La Habana. Editorial Científico Técnica. 352 p.

Calzadilla, E. *et al.* 2013. Sistemas agroforestales en Cuba. La Habana. Editorial Agroecológica. 107 p.

CBD 1992. Convention on Biological Diversity. The Secretariat of the Convention on Biological Diversity. 12. IUCN 1999. Species: 31-32: 28.

Elton, C. S. 1958. The ecology of invasions by animals and plants. London. Methuen.

Francis, John K. and Carol A. Lowe. 2000. Bioecología de Árboles Nativos y Exóticos de Puerto Rico y las Indias Occidentales. United States Department of Agriculture. International Institute of Tropical Forestry. 579 p.

Haston, E. *et al.* 2009. The Linear Angiosperm Phylogeny Group (LAPG) III: a linear sequence of the families in APG (III). *Botanical Journal of the Linnean Society (GB)* 161: 128-131.

Hernández, A.; Pérez, J.; Bosch, D.; Rivero, L. 1999. Nueva versión de la clasificación genética de los suelos de Cuba. Ciudad de la Habana. Instituto de Suelos. ANGRIFOR. 64 p.

IUCN SSC. 2007. Report of the Ad hoc meeting of Invasive Species data provider and user groups to develop the 2010 indicator. Biodiversity Indicators Sub-Committee, IUCN SSC & NERC Centre for Population Biology. 22pp. Lonsdale, M. (1999) Global patterns of plant invasions and the concept of invasibility. *Ecology (US)* 80:1522-1536.

Little, Elbert L., Jr.; Wadsworth, Frank H. 1964. Common trees of Puerto Rico and the Virgin Islands. *Agric. Handb.* 249. Washington, DC: U.S. Department of Agriculture. 548 p.

Mapa Provincial de Suelos de Camagüey. 1988. Esc.1, 25 000.

McNeely, J. A *et al.* 2001. Una estrategia global sobre especies exóticas invasoras. Gland, Suiza y Cambridge, Reino Unido, la Unión Mundial para la Naturaleza (UICN).

Norma Ramal 595. 1982. Tratamientos silviculturales. Cuba. Ministerio de la Agricultura. 25 p.

Oviedo, R. 2012. Lista Nacional de Especies de Plantas Invasoras y Potencialmente Invasoras en la República de Cuba-2011. Bissea 6 (NE 1). *El Boletín sobre Conservación de plantas del Jardín Botánico Nacional de Cuba.* p. 22-96

Parrotta, John A. [s.f.](?) *Albizia procera* (Roxb.) Benth. White siris, Tall albizia. SO-ITF-SM- 6. New Orleans, LA: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station. 4 p.

Pimm, S. L.; Russell, G. J.; L. Gittelman, Brooks, T. M. 1995. The future of biodiversity. *Science (US)* 269:347-350.

Richardson, D. M.; Rejmánek, M. 2011. Trees and shrubs as invasive alien species-a global review. *Diversity and Distributions (GB)* 17: 788-809.

Roig, J. T. 1965. Diccionario botánico de nombres vulgares cubanos. La Habana. Consejo Nacional de Universidades. 1142 p.

Ryan, G. M. 1904. Reproduction by root suckers. *Indian Forester (IN)* 30(10): 450-458.

Troup, R. S. 1921. The silviculture of Indian trees. Oxford, England: Clarendon Press. 3 vol.

Venkataramany, P. 1968. Silviculture of genus *Albizia* and species. *Silviculture of Indian Trees* 22. New Dehli: Government of India. 54 p.

Vilamajó, D. *et al.* 2002. Estrategia Nacional para la diversidad biológica y Plan de Acción en la República de Cuba. Ciudad de La Habana.

Zalba, S.; Ziller, S. R. 2008. Herramientas de prevención de invasiones biológicas de I3N: Manual de uso. Invasive Information Network (I3N), The Nature Conservancy. Florianopolis, 54 p.

RESEÑA CURRICULAR

Autor principal: Miguel Rivero Vega

Ingeniero Forestal, Investigador Agregado de la Estación Experimental Agro-Forestal de Camagüey del Instituto de Investigaciones Forestales (INAF), tiene 42 años de experiencia laboral en la actividad forestal, ha elaborado y desarrollado proyectos de investigaciones, tiene resultados y artículos científicos y ha recibido varios cursos de posgrado y diplomados relacionados con la especialidad, y participación en eventos nacionales e internacionales además de haber dirigido comisiones técnicas y de trabajo forestal.

Anexo. Especies acompañantes

<i>Familia botánica</i>	<i>Nombre científico</i>	<i>Nombre vulgar</i>
Amarantaceae	<i>Achyranthes aspera</i> (L.) R. Br	Rabo de gato
	<i>Amaranthus spinosus</i> L.	Bledo espinoso
Anacardiaceae	<i>Mangifera indica</i> L.	Mango
Arecaceae	<i>Roystonea regia</i> (H.B.K.) O.F.Cook.	Palma real
Boraginaceae	<i>Cordia collococca</i> L.	Ateje común
	<i>Cordia gerascanthus</i> L.	Baría
Burceraceae	<i>Bursera simaruba</i> (L.) Sargent.	Almácigo
Clusiaceae	<i>Calophyllum antillanum</i> Britt.	Ocuje
Combretaceae	<i>Terminalia cattapa</i> L.	Almendro de la India
Commelinaceae	<i>Commelia erecta</i> L.	Canutillo
Erythroxylaceae	<i>Erythroxylum havanense</i> Jacq.	Jibá
Fabaceae	<i>Gliricidia sepium</i> (Jacq.) Steud.	Piñón florido
Malvaceae	<i>Malachra urens</i> Poit	Malva peluda
	<i>Sida rhombifolia</i> L.	Malva de cochino
Meliaceae	<i>Cedrela odorata</i> L.	Cedro
	<i>Trichilia hirta</i> L.	Cabo de hacha
Mimosaceae	<i>Acacia farnesiana</i> (L.) Willd.	Aroma
	<i>Albizia lebbek</i> Willd.	Algarrobo de olor
	<i>Albizia procera</i> (Roxb) Benth. en Hook.	Algarrobo Indio
	<i>Mimosa pudica</i> L var. <i>unijuga</i> (Duchass & Walp.) Griseb.	Dormidera
	<i>Samanea saman</i> (Jacq.) Merr.	Algarrobo del país
Poaceae	<i>Paspalum notatum</i> Flugge	Pasto tejano
	<i>Paspalum virgatum</i> L	Caguazo
	<i>Urochloa mutica</i> (Forsk.) T. Q. Nguyen	Paraná
Sapindaceae	<i>Cupania americana</i> L.	Guámano
Solanaceae	<i>Solanum torvum</i> Sw.	Pendejera
Sterculiaceae	<i>Guasuma ulmifolia</i> Lam.	Guásima
Verbenaceae	<i>Citharexylum spinosum</i> L.	Guayo blanco

RESILIENCIA DEL BOSQUE SEMIDECIDUO EN PLANTACIÓN DE *ALBIZIA PROCERA* DE 30 AÑOS EN EL ÁREA PROTEGIDA JOBOS ROSADO

RESILIENCE OF THE SEMICIDED FOREST IN PLANTATION OF *ALBIZIA PROCERA* OF 30 YEARS IN THE PROTECTED AREA JOBOS ROSADO

M.Sc. ARMANDO FALCÓN-MÉNDEZ¹, M.Sc. RICARDO ROSA-ANGULO², M.Sc. DAILY Y. BORROTO-ESCUELA¹,
M.Sc. NORGIS V. HERNÁNDEZ-LÓPEZ¹ Y M.Sc. IDANIA HERNÁNDEZ-RAMOS¹

¹ Parque Nacional Caguanes, CSA-SS, CITMA, Vitoria, Yaguajay, Sancti Spiritus, Cuba,
armando.fm@nauta.cu, teléfs.: 41 553389, 41 552498

² Herbario Nacional (HAC), Instituto de Ecología y Sistemática. Carretera de Varona, Km 3,5,
Capdevila, Rancho Boyeros, La Habana, Cuba. Carretera Varona 11835 e/ Oriente y Lindero,
reparto Parajón, Consejo Popular Calabazar, municipio de Boyeros, La Habana, C.P. 11900,
La Habana, Cuba

RESUMEN

Se realizó un estudio a plantación de 2 ha de *Albizia procera* (Roxb.) Benth. a finales de la década de los ochenta del siglo XX para la reconstrucción de bosque en el APRM Jobos Rosado, en un calvero rodeado por bosque semideciduo secundario. El objetivo se centró en conocer la resiliencia del bosque y en el comportamiento de *A. procera* pasados 29 años. Se utilizaron dos tipos de transectos, algunos sin longitud determinada para realizar el inventario florístico, y cuatro con una longitud de 20 m de largo por 2 m a cada lado para determinar la composición y número de especies de porte arbóreo presente en los estratos. En los resultados no se encontraron plántulas ni juveniles de *A. procera*, estas presentes solamente en el estrato arbóreo, formando el dosel; la resiliencia de especies nativas es numerosa en todos los estratos, lo que favoreció la restauración ecológica.

Palabras claves: *Albizia procera*, plantación, restauración ecológica

ABSTRACT

A study was carried out to plant two hectares of *Albizia procera* (Roxb.) Benth., at the end of the 80s of the XX century, for the forest reconstruction in the APRM Jobos Rosado, in a clearing surrounded by forest secondary semi-deciduous. The objective was to know the resilience of the forest and the behavior of *A. procera* after 29 years. Two types of transects were used, some with no fixed length to carry out the floristic inventory and four with a length of 20 m long by two meters on each side, to determine the composition and number of tree-bearing species present in the strata. In the results no seedlings or juveniles of *A. procera* were found, they are present only in the tree layer, forming the canopy, the resilience of native species is numerous in all strata, which favored the ecological restoration.

Key words: *Albizia procera*, plantation, ecological restoration

INTRODUCCIÓN

El Área Protegida de Recursos Manejados Jobos Rosado, ubicada en el municipio de Yaguajay, provincia de Sancti Spiritus y administrada por la Empresa para la Protección de la Flora y la Fauna, ocupa prácticamente toda la Sierra de Meneses y Cueto de la Cordillera del Nordeste de Las Villas.

Esta área de 4181 ha en sus inicios contaba con amplias zonas desarboladas o pequeños calveros, herencia de actividades socioeconómicas que se desarrollaron en esas alturas, repartidas en diferentes fincas, donde se practicaba la agricultura y la cría de ganado vacuno. A partir de la década de

los sesenta del siglo XX los campesinos residentes comenzaron a abandonar la sierra, lo que facilitó que en la década de los ochenta del propio siglo ya estuviera deshabitada.

Es en esa década que la Empresa de Flora y Fauna comienza a administrar el área que poseía grandes remanentes de bosque semidecidual mesófilo bien conservados, pero mixturados entre sabanas antrópicas, matorrales secundarios y zonas deforestadas. Con el objetivo de crear un bosque compacto, se decidió elaborar un plan para forestar las áreas desarboladas y la reconstrucción de bosque en los calveros. En este tiempo aun no estaba creado el Centro Nacional de Áreas Protegidas, ni en el país existía la concepción actual sobre la no introducción de especies exóticas dentro del patrimonio que manejan las áreas protegidas, por lo que para llevar a cabo los planes propuestos se utilizaron especies arbóreas autóctonas y foráneas.

Las especies que se utilizaron para forestar la naciente área protegida fueron, como especies autóctonas, *Guazuma ulmifolia* L. (guásima), *Hibiscus elatus* Sw. (majagua), *Swietenia mahagoni* (L.) Sleumer (caoba del país) y *Colubrina arborescens* (Mill.) Sarg. (bijaura), como especies foráneas o exóticas *Swietenia macrophylla* King (caoba de Honduras), *Tectona grandis* L. f. (teca), *Leucaena leucocephala* (Lam.) De Nit. (ipil ipil, leucaena) y *Albizia procera* (Roxb.) Benth. (algarrobo de la India). Estas especies se plantaron en algunos sitios creando rodales monoespecíficos de una sola especie, o mixturadas donde combinaron dos o más de las especies ya mencionadas. De forma general el marco de plantación que se utilizó fue el de 2 m x 2 m.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se realizaron entrevistas a técnicos y trabajadores del Área Protegida Jobo Rosado que trabajaron durante la década de los ochenta del siglo XX en las plantaciones que se efectuaron durante esa década en la naciente área protegida. Se realizó una revisión de la bibliografía disponible sobre el tema del comportamiento de las especies invasoras o potencialmente invasoras, fundamentalmente lo relacionado con *A. procera* (algarrobo de la India). Para ello se consultó a Oviedo & González (2015).

El trabajo de campo se desarrolló entre los meses de abril y mayo de 2017. Para estudiar la flo-

ra se realizaron recorridos dentro de las 2,5 ha que ocupa la plantación. Se confeccionó una lista florística, que por lo reducido del área de estudio se pudieron registrar todas las especies presentes dentro de la plantación. Las especies de plantas se identificaron *in situ* o fueron recolectadas para identificarlas posteriormente. Los especímenes fueron depositados en el herbario del Instituto de Ecología y Sistemática (HAC).

La identificación de las especies se basó en la experiencia que tienen los autores en el conocimiento de la flora del Área Protegida de Recursos Manejados Jobo Rosado. Se utilizó además la *Flora de Cuba*: Alain (1953, 1957, 1964, 1974), León (1946) y León & Alain (1951), así como parte de los fascículos de la obra *Flora de la República de Cuba*.

Para conocer la resiliencia de las especies autóctonas de porte arbóreo dentro del área que ocupa la plantación, se realizaron cuatro transectos aleatorios (al azar), de 20 m de largo por 2 m a cada lado, para un total de 80 m², lo que permite registrar todas las especies arbóreas presentes en los diferentes estratos en esa área de espacio. Las formaciones vegetales se identificaron teniendo en cuenta la clasificación de Capote & Berazaín (1984). Los perfiles diagramáticos de la vegetación se realizaron según Matos (2006), pero con modificaciones de los autores, donde cada especie se identifica con un número, y a los árboles se les señala su diámetro a la altura de 1,30 m a partir de 10 cm en adelante.

RESULTADOS

Como ya se declaró anteriormente, en la década de los ochenta del siglo XX, en el Área Protegida de Recursos Manejados Jobo Rosado, específicamente en un sitio ubicado al centro-oeste de la misma, donde el río Malafo (solo corre en época de lluvia) cruza la Vereda de Roque, se realizó una plantación de *A. procera* (algarrobo de la India). El área ocupada por la plantación es de 2,5 ha de lo que fue un potrero en un terreno llano que es parte del plano de inundación del río Malafo. Se localiza entre los 22°16'54,8"N-79°14'24,0"W, al oeste, los 22°16'45,6"N-79°14'10,4"W, al este, los 22°16'59,4"N-79°14'7,9"W al norte y los 22°16'43"N-79°14'14,9"W al sur. La plantación está rodeada por zonas más altas y con abundantes afloramientos de rocas calizas, lo que se conoce en el campo cubano como "diente de perro".

Estos afloramientos rocosos siempre estuvieron cubiertos de matorral y bosque secundario.

En Cuba es ampliamente conocida la especie que se utilizó en la reforestación. Se trata de *A. procera* (algarrobo de la India), de la familia Mimosaceae, nativa de Asia y norte de Australia. Considerada en el boletín *Bissea*, del vol. 6, no. especial, 1 de febrero de 2012, titulado “Plantas invasoras en Cuba”, dentro de las 100 especies vegetales exóticas más invasoras, de mayor preocupación y considerada además especie transformadora. En el folleto dedicado a la *A. procera*, que brinda información sobre plantas invasoras en Cuba, se dice que crece fundamentalmente en zonas degradadas, en vegetación secundaria, ruderal y también invade agroecosistemas y sistemas agrosilvopastoriles, datos que los autores de este trabajo están de acuerdo por el conocimiento que tienen de la especie.

Con la experiencia acumulada por parte de los autores en el manejo silvícola en función de la restauración de ecosistemas forestales en áreas protegidas de la provincia de Sancti Spiritus, y específicamente en las zonas núcleos del sector terrestre de la Reserva de Biosfera Buenavista en el municipio de Yaguajay, con la utilización de especies nativas (autóctonas y endémicas), como *Lysiloma sabicu* A Rich (sabicú), *Zanthoxylum elephantiasis* Macfd. (bayúa), *Calophyllum antillanum* Britt. (ocuje), *H. elatus* (majagua), *S. mahagoni* (caoba del país), *Cedrela odorata* L. (cedro), *C. arborescens* (bijaura), etc. No recomendamos la utilización de ninguna especie foránea en áreas naturales protegidas, más con la existencia de investigaciones de prestigiosos científicos cubanos que alertan sobre lo peligroso que puede resultar para un ecosistema la introducción de las mismas.

Pero retomando el rodal de 2,5 ha plantado con *A. procera* (algarrobo de la India) en medio de un bosque secundario, resulta interesante mostrar los datos que se obtuvieron en el estudio que se realizó pasados 29 años de plantado. Siempre visto como una amenaza potencial dentro del patrimonio forestal natural del Área Protegida Jobo Rosado, en el mes de abril de 2017 se decide efectuar una investigación de su composición florística actual, teniendo en cuenta los estratos presentes y las especies que se encuentran en cada uno de ellos, prestando singular importancia a las especies nativas, pues de esta manera

se conocería la capacidad de resiliencia de este ecosistema, donde las formaciones vegetales originales son el bosque de galería junto al río Malafo y el bosque semideciduo, ambas desaparecidas en la primera mitad del siglo XX.

Primeramente se realizaron varios transectos dentro del polígono de las 2,5 ha que ocupa la plantación para realizar el levantamiento de toda la vegetación, así como el comportamiento y la composición actual. Entre 1986 y 1987 solo se reportaban pocas plantas herbáceas, fundamentalmente de la familia Poaceae y una especie arbórea, *A. procera* (algarrobo de la India). Pero en el listado florístico de abril de 2017 se determinaron 65 especies pertenecientes a 32 familias botánicas y a 57 géneros. Las familias botánicas mejor representadas fueron Meliaceae con seis especies, Rubiaceae con cinco especies y Sapindaceae con cuatro especies. Los géneros mejor representados fueron *Casearia* con tres especies, mientras que *Cupania*, *Nectandra*, *Trichilia*, *Swietenia* y *Citrus*, con dos especies cada uno.

Pasados 29 años, fue considerable el comportamiento de la resiliencia del ecosistema original, motivado porque siempre estuvo en el ecotono de la plantación y por la diversidad de especies autóctonas, que resulta un banco genético disponible para la colonización de espacios degradados. Dentro de las especies arbóreas que son las que logran conformar la estructura de bosque, se contabilizaron un total de 28 especies nativas, siendo las mejor representadas según el número de individuos en los diferentes estratos la *Guarea guidonia* (L.), *Sleumer* (yamagua), *Cupania americana* L. (guávana macho), *Guazuma ulmifolia* L. (guásima), *Nectandra coriacea* (Sw.) Griseb. (cigua) y *Cupania glabra* Sw. (guávana hembra).

Las especies de porte arbóreo de otras latitudes presentes en la plantación, incluyendo a *A. procera* (algarrobo de la India), que es la más abundante, fueron un total de siete, las que a continuación se mencionan: *S. macrophylla* (caoba de Honduras), utilizada en los planes de reforestación, y se plantaron algunos individuos en la periferia de la plantación, *Mangifera indica* L. (mango), algunas plantas que nacieron junto a la vereda por arrojar sus semillas, *Citrus aurantium* L. (naranja agria) y *Citrus* sp. (lima), escasos individuos que datan de cuando el sitio era un potrero, *Melicoccus bijugatus* Jacq. (mamoncillo), un individuo arbustivo y varios en el estrato herbáceo, siendo el *Artibeus*

jamaicensis (murciélago frutero) quien disemina sus semillas y *Spathodea campanulata* Beauv. (tulipán africano), solo se observó un individuo en el estrato herbáceo.

Actualmente el bosque presenta varios estratos arbóreos, el más bajo de 4-6 m, otro de 7-10 m, mientras que el dosel se encuentra entre los 11-14, presentando individuos que sobresalen entre los 15-16 m. Las especies mejor representadas en este estrato son *G. guidonia* (yamagua), *C. americana* (guárana macho), *G. ulmifolia* (guásima), *N. coriacea* (cigua), *C. glabra* (guárana hembra), *Spondias mombin* L. (jobo), *Roystonea regia* (Kunth) O. F. Cook. (palma real), *Trichilia hirta* L. (guabán), *Licaria jamaicensis* (Ness.) Kosterman (levisa), *Cordia collococca* L. (ateje colorado), *Samanea saman* (Jacq.) Merrill. (algarrobo del país) y *Lonchocarpus domingensis* (Pers.) DC. (guamá). El comportamiento de *A. procera* (algarrobo de la India) en este estrato se comporta con alturas de 10-16 m, siendo la especie con mayor diámetro del tronco a 1,30 m.

El estrato arbustivo, desde 1-4 m de altura está integrado, exceptuando a *A. procera* (algarrobo de la India), por las especies antes mencionadas y otras menos representadas, así como *Picramnia pentandra* Sw. (aguedita), siendo la que tipifica el estrato, además de *Erythroxylum havanense* Jacq. (jibá) y *Faramea occidentalis* (L.) A. Rich. (nabaco). El estrato herbáceo es pobre en especies típicas; aparecen *Lasiacis divaricata* (L.) Hitchc. (tibisi de monte), *Olyra latifolia* Desv. (tibisi)

y *Pharus glaber* H.B.K. (pega perro), además de otras yerbas, las plántulas y las primeras etapas de los juveniles de las especies arbóreas ya mencionadas. La sinucia de lianas representada por *Trichostigma octandrum* (L.) H. Walt. (guaniquite), *Pisonia aculeata* L. (zarza prieta), *Acacia tenuifolia* (L.) Will. (tocino) y *Paullinia fucescens* HBK (bejuco colorado), mientras que la sinucia de epifitas está ausente.

Para conocer el comportamiento del poder de la resiliencia del bosque, que rodea la plantación, dentro de la misma se realizaron cuatro transectos al azar en diferentes lugares, de 20 m de longitud por 2 m a cada lado. Solo se contabilizaron las especies arbóreas, tomando el número de individuos presente en todos los estratos. En el transecto 1 se contabilizaron un total de 13 especies, distribuidas en 36 individuos en el estrato herbáceo, 42 en el arbustivo y 42 en el arbóreo, para un total de 120 (Tabla 1). En el transecto 2 se contabilizaron un total de 22 especies, distribuidas en 215 individuos en el estrato herbáceo, 71 en el arbustivo y 41 en el arbóreo, para un total de 327 (Tabla 2). En el transecto 3 se contabilizaron un total de 15 especies, distribuidas en 28 individuos en el estrato herbáceo, 31 en el arbustivo y 41 en el arbóreo, para un total de 100 (Tabla 3). En el transecto 4 se contabilizaron un total de 17 especies, distribuidas en 113 individuos en el estrato herbáceo, 39 en el arbustivo y 48 en el arbóreo, para un total de 200 (Tabla 4).

Tabla 1. Transecto 1

Especie	Estrato			Total
	Herbáceo	Arbustivo	Arbóreo	
<i>Guarea guidonia</i> (yamagua)	12	16	15	43
<i>Cupania americana</i> (guárana macho)	8	6	8	22
<i>Picramnia pentandra</i> (aguedita)	2	12		14
<i>Cupania glabra</i> (guárana hembra)	7	2	4	13
<i>Albizia procera</i> (algarrobo de la India)			7	7
<i>Nectandra coriacea</i> (cigua)	7			7
<i>Roystonea regia</i> (palma real)			3	3
<i>Licaria jamaicensis</i> (levisa)			3	3
<i>Casearia spinescens</i> (jía prieta chica)		3		3
<i>Faramea occidentalis</i> (nabaco)		2		2

<i>Cordia collococca</i> (ateje colorado)			1	1
<i>Genipa americana</i> (jagua)			1	1
<i>Trichilia havanensis</i> (ciguaraya)		1		1
Total	36	42	42	120

Tabla 2. Transecto 2

<i>Especie</i>	<i>Estrato</i>			<i>Total</i>
	<i>Herbáceo</i>	<i>Arbustivo</i>	<i>Arbóreo</i>	
<i>Guarea guidonia</i> (yamagua)	133	9	9	151
<i>Nectandra coriacea</i> (cigua)	36	5	7	48
<i>Cupania americana</i> (guárana macho)	18	5	7	30
<i>Faramea occidentalis</i> (nabaco)	6	20	1	27
<i>Picramnia pentandra</i> (aguedita)	5	17		22
<i>Cupania glabra</i> (guárana hembra)	8	4	3	15
<i>Albizia procera</i> (algarrobo de la India)			9	9
<i>Trichilia havanensis</i> (ciguaraya)	2	2		4
<i>Casearia spinescens</i> (jía prieta chica)		3		3
<i>Eugenia</i> sp. (guairaje)	2	1		3
<i>Spondias mombin</i> (jobo)	2		1	3
<i>Roystonea regia</i> (palma real)	2			2
<i>Trichilia hirta</i> (guabán)			1	1
<i>Guazuma ulmifolia</i> (guásima)			1	1
<i>Zanthoxylum martinicense</i> (ayúa)			1	1
<i>Cordia collococca</i> (ateje colorado)			1	1
<i>Melicoccus bijugatus</i> (mamoncillo)		1		1
<i>Adelia ricinella</i> (jía blanca)		1		1
<i>Trophis racemosa</i> (Ramón)		1		1
<i>Casearia hirsuta</i> (raspa lengua)		1		1
<i>Poeppigia procera</i> (tengue)		1		1
<i>Genipa americana</i> (jagua)	1			1
Total	215	71	41	327

Tabla 3. Transecto 3

<i>Especie</i>	<i>Estrato</i>			<i>Total</i>
	<i>Herbáceo</i>	<i>Arbustivo</i>	<i>Arbóreo</i>	
<i>Guarea guidonia</i> (yamagua)	7	19	12	38
<i>Cupania americana</i> (guárana macho)	4	5	15	24
<i>Picramnia pentandra</i> (aguedita)	1	5		6
<i>Roystonea regia</i> (palma real)	6			6

<i>Guazuma ulmifolia</i> (guásima)			5	5
<i>Albizia procera</i> (algarrobo de la India)			4	4
<i>Cupania glabra</i> (guáрана hembra)	2	1	1	4
<i>Licaria jamaicensis</i> (levisa)	3	1		4
<i>Cedrela odorata</i> (cedro)			2	2
<i>Eugenia fadyeni</i> (sumacará)	2			2
<i>Samanea saman</i> (algarrobo del país)			1	1
<i>Lonchocarpus domingensis</i> (guamá)			1	1
<i>Nectandra antillana</i> (aguacatillo)	1			1
<i>Eugenia</i> sp. (guairaje)	1			1
<i>Trichilia havanensis</i> (ciguaraya)	1			1
Total	28	31	41	100

Tabla 4. Transecto 4

<i>Especie</i>	<i>Estrato</i>			<i>Total</i>
	<i>Herbáceo</i>	<i>Arbustivo</i>	<i>Arbóreo</i>	
<i>Cupania americana</i> (guáрана macho)	41	2	3	46
<i>Picramnia pentandra</i> (aguedita)	21	13		34
<i>Guarea guidonia</i> (yamagua)	8	8	16	32
<i>Nectandra coriacea</i> (cigua)	17	5	3	25
<i>Licaria jamaicensis</i> (levisa)	16	1		17
<i>Albizia procera</i> (algarrobo de la India)			13	13
<i>Cupania glabra</i> (guáрана hembra)	7	2	2	11
<i>Trophis racemosa</i> (Ramón)	2	6		8
<i>Guazuma ulmifolia</i> (guásima)			5	5
<i>Trichilia hirta</i> (guabán)			2	2
<i>Samanea saman</i> (algarrobo del país)			1	1
<i>Cordia collococca</i> (ateje colorado)			1	1
<i>Spondias mombin</i> (jobo)			1	1
<i>Casearia hirsuta</i> (raspa lengua)			1	1
<i>Cedrela odorata</i> (cedro)		1		1
<i>Trichilia havanensis</i> (ciguaraya)		1		1
<i>Roystonea regia</i> (palma real)	1			1
Total	113	39	48	200



Figura 1. Ubicación de los cuatro transectos dentro de la plantación de *A. procera* (algarrobo de la India).

Tabla 5. Especies más comunes en el estrato arbóreo según el resultado de los cuatro transectos

Especie	Estrato			Total
	Herbáceo	Arbustivo	Arbóreo	
<i>Guarea guidonia</i> (yamagua)	160	52	52	264
<i>Cupania americana</i> (guárana macho)	71	18	33	122
<i>Albizia procera</i> (algarrobo de la India)			33	33
<i>Guazuma ulmifolia</i> (guásima)			11	11
<i>Nectandra coriacea</i> (cigua)	60	10	10	80
<i>Cupania glabra</i> (guárana hembra)	24	9	10	43

En un análisis de los cuatro transectos (Tabla 5), las especies mejor representadas en el estrato arbóreo por su número de individuos, los que actualmente forman parte del bosque, son *G. guidonia* (yamagua) con 52, *C. americana* (guárana macho) y *A. procera* (algarrobo de la India) con 33, *G. ulmifolia* (guásima) con 11, mientras que *N. coriacea* (cigua) y *C. glabra* (guárana hembra) con 10 cada una. Las especies mejor representadas en los estratos herbáceos y arbustivos que muestran su potencial biótico y resistencia ambiental a través del poder de germinación de sus semillas y la presencia de diferentes cohortes son *G. guidonia* (yamagua) con 212, *C. americana* (guárana macho) con 89, *N. coriacea* (cigua) con 70, *Picramnia pentandra* Sw. (aguadita) con 62 y *C. glabra* (guárana hembra) con 33. Resulta interesante que dentro de los transectos, *A. procera* (algarrobo de la India) solo tiene individuos en el estrato arbóreo.

Para mostrar de una forma didáctica y entendible el comportamiento del bosque, con su composición de especies y número de individuos en los diferentes estratos según su hábito de crecimiento, se realizaron tres perfiles diagramáticos de

vegetación. El número uno, ubicado de norte a sur, comenzó en el bosque semideciduo secundario, donde se representaron 18 m del mismo y luego 15 m dentro de la plantación, casi paralelo al cauce del río Malafo. El perfil número dos se ubicó en un lugar que ocupa parte de la zona central de la plantación, y el perfil número tres se ubicó desde el límite del bosque semideciduo en el extremo suroeste, donde abarcó 10 m, hacia el interior de la plantación, casi con el límite de la vereda de Roque, ocupando 30 m de la misma.

En los tres perfiles diagramáticos de vegetación se puede apreciar que el dosel del bosque está dominado por *A. procera* (algarrobo de la India), quien presenta los mayores diámetros de sus troncos a 1,30 m del suelo, desde 10 cm hasta 1 m, algo de esperar tratándose de una plantación monoespecífica de una especie con poca exigencia en cuanto a buenas condiciones ecológicas y de un rápido crecimiento. Los individuos de esta especie con más de un tronco es debido a que fueron talados para el aprovechamiento de su madera, pero de forma selectiva, lo que no afectó la cobertura boscosa, y posteriormente crecieron nuevamente. Lejos de lo

que se espera para esta especie, pasados 30 años, y como se muestra en los perfiles y los resultados de los transectos, no aparecen individuos en los estratos herbáceos y arbustivos.

Se puede inferir que cuando se estableció la plantación y llegó a dominar el dosel en medio de un bosque secundario, la agrupación de las copas hace que la especie no produzca gran número

de frutos, al contrario de como ocurre en zonas desarboladas. Las semillas de las especies autóctonas, que de por sí las que se muestran en los transectos se comportan como pioneras en los ecosistemas cubanos, tienen mejor capacidad de germinación bajo dosel, teniendo en cuenta que esta plantación está ubicada en el plano de inundación de un río intermitente que puede



Figura 2. Perfil de vegetación 1, desde el bosque semidecíduo secundario en el norte hacia el interior de la plantación de algarrobo de la India, (21-4-2017): 1: *Cupania glabra* (guávana hembra), 2: *Erythroxylum havanense* (jibá), 3: *Guarea guidonia* (yagua), 4: *Nectandra coriacea* (cigua), 5: *Trophis racemosa* (Ramón), 6: *Picramnia pentandra* (aguedita), 7: *Guazuma ulmifolia* (guásima), 8: *Pseudolmedia spuria* (macagua), 9: *Trichostigma octandrum* (guaniquique), 10: *Spondias mombin* (jobo), 11: *Roystonea regia* (palma real), 12: *Eugenia fadyeni* (sumacarà), 13: *Pisonia aculeata* (zarza prieta), 14: *Rivina humilis* (ojito de ratón), 15: *Albizia procera* (algarrobo de la India), 16: *Casearia spinescens* (jía prieta chica), 17: *Nectandra antillana* (aguacatillo), 18: *Cupania americana* (guávana macho), 19: *Cordia collococca* (ateje colorado), 20: *Licaria jamaicensis* (levisa), 21: *Trichilia havanensis* (ciguaraya).

favorecer su desarrollo, y luego en su crecimiento y establecimiento con diferentes cohortes van sellando la cobertura vegetal de forma horizontal y vertical, lo que pudiera en estas condiciones inhibir la germinación de semillas y el crecimiento de las plántulas de la especie exótica.

Teniendo en cuenta el resultado de los cuatro transectos de 80 m² cada uno, ubicados aleatoriamente dentro de la plantación, y los tres perfiles diagramáticos de vegetación, se observa que no aparecen individuos en los estratos herbáceo y arbustivo de *A. procera* (algarrobo de la India). Pero como se recorrió prácticamente las 2,5 ha de la plantación, mientras se realizaba la caracterización de toda la vegetación se vieron escasas plántulas de la especie, solo en determinados sitios junto a la vereda y en el vacío que presentaba

el dosel producto de algunos árboles que fueron talados selectivamente, siempre donde hay mayor incidencia solar, pero en todos los casos compitiendo con la regeneración de las plantas nativas.

En el estrato arbustivo solo se detectó una regeneración de un tocón talado y por sierpe del mismo individuo junto a la vereda. Estos datos indican que el futuro de la especie en el lugar está comprometido por la falta de sustitutos jóvenes, y que a largo plazo esta plantación monoespecífica, cuando creó cobertura arbórea, dio la posibilidad a la instalación de especies autóctonas que se consideran pioneras del bosque semidecíduo. Futuros estudios en otros sitios de esta área protegida o en diferentes regiones del país darán mayores resultados sobre el comportamiento que ofrece este rodal en el área que se estudia.



Figura 3. Perfil de vegetación 2, cerca de la zona central de la plantación de algarrobo de la India, (21-4-2017): 1: *Guarea guidonia* (yamagua), 2: *Albizia procera* (algarrobo de la India), 3: *Nectandra coriacea* (cigua), 4: *Picramnia pentandra* (aguadita), 5: *Cupania glabra* (guárana hembra), 6: *Erythroxylum havanense* (jibá), 7: *Licaria jamaicensis* (levisa), 8: *Eugenia faramaeoides* (guairajillo), 9: *Cupania americana* (guárana macho), 10: *Trichilia havanensis* (ciguaraya), 11: *Pseudomedea spuria* (macagua), 12: *Guazuma ulmifolia* (guásima), 13: *Chrysophyllum cainito* (caimitillo), 14: *Pharus glaber* (pega perro), 15: *Paullinia fuscens* (bejuco colorado).



Figura 4. Perfil de vegetación 3, desde el límite del bosque semidecíduo hacia el interior de la plantación de algarrobo de la India. (21-4-2017): 1: *Picramnia pentandra* (aguadita), 2: *Cupania americana* (guárana macho), 3: *Albizia procera* (algarrobo de la India), 4: *Guarea guidonia* (yamagua), 5: *Cupania glabra* (guárana hembra), 6: *Casearia sylvestris* (sarnilla), 7: *Nectandra coriacea* (cigua), 8: *Paullinia fuscens* (bejuco colorado), 9: *Spondias mombin* (jobo), 10: *Cordia alliodora* (ateje colorado), 11: *Trichilia havanensis* (ciguaraya), 12: *Farama occidentalis* (nabaco), 13: *Erythroxylum havanense* (jibá), 14: *Pisonia aculeata* (zarza prieta), 15: *Casearia spinescens* (jía prieta chica), 16: *Genipa americana* (jagua), 17: *Lasiancis divaricata* (tibisí).

CONCLUSIONES

- En la plantación de *Albizia procera* (Roxb.) Benth. (algarrobo de la India) que se realizó en un área desarbolada de 2,5 ha en medio de un bosque secundario a finales de la década de los ochenta del siglo XX en el Área Protegida Jobo Rosado, pasados 29 años logró la colonización bajo dosel de un número considerable de especies autóctonas en todos los estratos, propias del bosque semi-deciduo, que es la formación vegetal original del lugar, demostrando un considerable poder de resiliencia.
- A pesar de la alta productividad de frutos del *A. procera*, la presencia de plántulas es mínima, ocurriendo solo la germinación de semillas en zonas soleadas de la vereda o en sitios donde se taló algún árbol, y no aparece ningún individuo en el estrato arbustivo.
- En el listado florístico que se realizó en el polígono de estudio se determinaron 65 especies, pertenecientes a 32 familias botánicas y a 57 géneros, siendo las especies autóctonas de porte arbóreo dominantes yamagua, guáрана macho, guásima, cigua y guáрана hembra, actuando como especies pioneras en la resiliencia del bosque.

RESEÑA CURRICULAR

Autor principal: Armando Falcón Méndez.

Licenciado en Biología, Máster en Ciencias, Investigador Agregado y Profesor Instructor, acumula una experiencia de más de 20 años de trabajo en áreas protegidas. Fue especialista ambiental del APRM Jobo Rosado. Actualmente trabaja como especialista en el Parque Nacional Caguanes, donde está al frente de varios programas de investigación y manejo.

BIBLIOGRAFÍA

- Alain, H. 1957. Flora de Cuba 3. Dicotiledóneas: *Malpighiaceae* a *Myrtaceae*. Contribuciones Ocasionales. Museo de Historia Natural. Colegio "De La Salle" 16. La Habana. 556 p.
- Alain. 1957. Flora de Cuba 4. Dicotiledóneas: *Melastomataceae* a *Plantaginaceae*. Contribuciones Ocasionales. Museo de Historia Natural. Colegio "De La Salle" 16. La Habana. 556 p.
- Alain, H. 1964. Flora de Cuba 5. *Rubiales-Valerianales-Cucurbitales-Campanulales-Asterales*. Asoc. Estud. Cienc. Biol. La Habana. 362 p.
- Alain, H. 1974. Flora de Cuba. Suplemento. La Habana. Instituto Cubano del Libro. 150 p.
- Bässler, M. 1998. *Mimosaceae*. En: *Flora de la República de Cuba. Fascículo 2*. Alemania. Koeltz Scientific Books. p 1-202.
- Capote, R.; Berazaín, R. 1984. Clasificación de las formaciones vegetales de Cuba. *Revista del Jardín Botánico Nacional (CU)* 5(2): 27-75.
- Centro Nacional de Áreas Protegidas. 2013. Plan Estratégico del Sistema Nacional de Áreas Protegidas 2014-2020. La Habana. Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio ambiente. 366 p.
- Falcón Méndez, A. *et al.* 2010. Plan de Manejo del APRM Jobo Rosado 2010-2014. Unidad Administrativa Jobo Rosado, Unidad Territorial Flora y Fauna Sancti Spiritus. 200 h. (Inédito).
- León & Alain. 1951. Flora de Cuba 2. Dicotiledóneas: *Casuarinaceae* a *Meliaceae*. Contribuciones Ocasionales. La Habana. Museo Historia Natural Colegio "De La Salle" 10. 456 p.
- León, H. 1946. Flora de Cuba 1. Gimnospermas. Monocotiledóneas. Contribuciones Ocasionales. Museo Historia Natural Colegio "De La Salle" 8. La Habana. 441 p.
- Oviedo, R.; González Oliva, L. 2015. Lista nacional de plantas invasoras en la República de Cuba. *Bissea* 9 (número especial) (2): 5-91.

NORMAS EDITORIALES
Revista Forestal Baracoa
Instrucciones a los Autores

Los originales de los artículos científicos que se elaboren para la *Revista Forestal Baracoa* deben enviarse al Comité Editorial, escritos en español, por una sola cara, a espacio y medio y en hojas de papel bond 8½ x 11 cm, con 2,5 cm de margen a cada lado, letra Arial, en 11 puntos, texto justificado que no debe exceder de 10 páginas, incluidas las tablas e ilustraciones. Debe enviarse una copia en soporte magnético en procesador de texto Microsoft Word. Los trabajos deben ser aprobados por sus respectivos consejos científicos.

Los artículos irán precedidos de un *título* (en español y en inglés), letra mayúscula y en negritas. Debajo del título correspondiente aparecerán el *nombre* o los *nombres de los autores*, con *dos apellidos*, indicando en la parte superior del segundo apellido con numeración arábiga (ej.: Alicia Mercadet Portillo,¹ el *grado científico* y la *dirección completa del autor principal* (ej.: Dra. en Ciencias Forestales, Instituto de Investigaciones Forestales. Calle 174 no. 1723 el 17 B y 17 C, Siboney, Playa, La Habana), mercadet@forestales.co.cu, teléf.: 208 2554, fax.: 208 21 89. Los autores que proceden de la misma institución tendrán el mismo número.

A continuación del autor o autores aparecerá la palabra *Resumen*, que irá alineada a la izquierda, en mayúscula y en negritas, con un texto justificado. Debe contener *no más de 150 palabras*, ni llevar *fórmulas* ni *expresiones matemáticas*, *tablas* o *citas*. Al final del *resumen*, *de tres a cinco palabras claves* que identifiquen el tema.

Se elaborará un *Abstract* que irá insertado inmediatamente después del Resumen. Al final del *Abstract*, *de tres a cinco key words* que identifiquen el tema.

Cada *artículo* debe contar con los siguientes epígrafes primarios: *Introducción*, *Materiales y Métodos*, *Resultados y Discusión*, *Conclusiones y Bibliografía*. Estos epígrafes se escribirán *alineados a la izquierda*, en *mayúscula* y en *negritas*.

Las palabras en *latín* y los *nombres científicos* de las categorías de género, especies y subespecies se escribirán con *letra cursiva*, al igual que escritas en otro idioma.

Se confeccionará la *Bibliografía*, teniendo en cuentas la Norma de Asiento Bibliográfico por tipos de Documentos, *Norma ISO 690* para Documentos Convencionales y *Norma ISO 690-2* para Recursos Electrónicos.

Al final se elaborará una breve reseña curricular del autor principal.

Los artículos científicos recibidos para su publicación serán sometidos a una evaluación previa del Comité Editorial. Solo se admitirán trabajos inéditos y en idioma español. Posteriormente el Comité Editorial y el Consejo Científico de la revista decidirán si un artículo reúne los requisitos para ser publicado, previa evaluación de por lo menos dos árbitros. Los artículos científicos enviados a los autores para su corrección, según las opiniones de los árbitros, deberán ser devueltos en un plazo no mayor de 15 días. Pasado ese tiempo el artículo será dado de baja. Su aceptación o rechazo será informado al autor en un plazo dentro de los 60 días posteriores a su recepción. Los trabajos aceptados que no se ajusten a estas normas serán devueltos a los autores para que realicen los cambios pertinentes. Dado que la *Revista Forestal Baracoa* es una publicación periódica que se edita sin fines de lucro con el objetivo de contribuir al desarrollo científico y tecnológico, el contribuyente cede sus derechos patrimoniales de forma gratuita, adquiriendo la revista el derecho de reproducción en todas sus modalidades, incluso para inserción audiovisual, el derecho de comunicación pública, distribución, y en general cualquier tipo de explotación que pueda realizarse por cualquier medio conocido o por conocer. La propiedad intelectual del trabajo científico publicado permanece en el autor o autores. La veracidad del contenido y su rigurosidad científica es de los autores, por lo que el Comité Editorial no se responsabiliza con ello.

FORMA DE SUSCRIPCIÓN

Nombre y apellidos: _____

Institución / Individual: _____

Dirección: _____

Ciudad: _____ País: _____

Código Postal: _____ Teléf.: _____ Fax: _____

Correo electrónico: _____

1 año 2 números 1 número

Números anteriores: ¿Cuáles?: _____

Precio de suscripción (incluye envío)

Moneda Nacional: \$15.00 USD: \$18.00 (un ejemplar)

Favor remitir su cheque a nombre de:

Revista Forestal Baracoa

Instituto de Investigaciones Agro-Forestales (INAF)

Calle 174 no. 1723 e/ 17 B y 17 C

Reperto Siboney, Playa, La Habana, Cuba

C.P. 11600

idalmis@forestales.co.cu isisb@forestales.co.cu

SUSCRPTION FROM

Name and surname: _____

Institution / Individual: _____

—

Address: _____

—

City: _____ Country: _____

Zip Code: _____ Telephone.: _____ Fax: _____

E-mail: _____

One Year 1 Issues 2 Issues

Other Issues: ¿Which?: _____

Suscription cost (included remittance)

USD: \$18.00 (one copy)

FSend cheque to order:

Revista Forestal Baracoa

Instituto de Investigaciones Agro-Forestales (INAF)

Calle 174 no. 1723 e/ 17 B y 17 C

Reperto Siboney, Playa, La Habana, Cuba

Z.C. 11600

idalmis@forestales.co.cu isisb@forestales.co.cu