Tabla de contenido

ARTÍCULOS CIENTÍFICOS

	Editorial	2
1	Influencia de quemas prescritas en la dinámica de la vegetación en bosques naturales mixtos de pino Influences of prescribed burns in vegetation dynamic in *Pinus* sp. natural blended forests *M. Sc. Beatriz Rodríguez-Alfaro, Dr. C. Isyoel Urrutia-Hernández, M. Sc. Yosvany Fleitas-Camacho, Ing. José. A. Hernández-Abreu, Dr. C. José G. Flores-Garnica, Dr. C. Luis W. Martínez-Becerra y Marta Bonilla-Vichot*	3
2	Impactos del cambio climático en el sector forestal de la península de Zapata, Matanzas, Cuba Impacts of climatic change in forestry sector of the Zapata Peninsula, Matanzas, Cuba *Dr. C. Osiris Ortiz-Álvarez, Dr. C. Arnaldo Álvarez-Brito, Dr. C. Alicia Mercadet-Portillo, Dr. C. Antonio Escarré-Estévez, Téc. Lourdes Gómez-Pulido e Ing. Giraldo Facundo-García*	11
3	Distribución y abundancia de *Odocoileus virginianus* (Venado de Cola Blanca) en la Empresa Forestal Integral Minas, Pinar del Río, Cuba Distribution and abundance *Odocoileus virginianus* (white-tailed deer) in Forest Enterprise Integrated Mines, Pinar del Río, Cuba *M. Sc. Tamara Abrante-Hernández, Dr. Fernando R. Hernández-Martínez y Lic. Leonardo Ramírez-Medina*	21
4	Sustrato para la propagación vegetativa de *Bambusa vulgaris* Schrader ex Wendland en condiciones de viveros forestales Substrates for the vegetative propagation of *Bambusa vulgaris* Schrader Wendland in conditions of forest tree nurseries *Dr. C. Modesto González-Menéndez, Esp. Miguel Betancourt-Riquelme, M. Sc. Osviel Sánchez-Corvo, Ing. Edel Pérez-Coro, Ing. Pedro Friol-Sánchez y Obr. Bárbaro Cabrera-Torres*	29
5	Variación espacial en las comunidades de lagartos y su relación con la estructura de la vegetación en la Reserva de Biosfera Península de Guanahacabibes, Cuba The habitat variation in the communities of lizards and their relationship with the structure of vegetation, at the Biosphere Reserve of Peninsula of Guanahacabibes, Cuba *Lic. Evelyn Pérez-Rodríguez y M. Sc. Freddy Delgado-Fernández*	35
6	Efecto de quemas prescritas sobre las propiedades físico-químicas del suelo en la Estación Hidrológica Amistad Prescribed burns effect in physical and chemical soil properties at hidrological station Amistad *Dr. C. Isyoel Urrutia-Hernández, M. Sc. Beatriz Rodríguez-Alfaro, M. Sc. Yosvany Fleitas-Camacho, Ing. José. A. Hernández-Abreu, Dr. C. José G. Flores-Garnica,3 Dr. C. Luis W. Martínez-Becerra y Dra. C. Marta Bonilla-Vichot*	43
7	Contenido de carbono en algunos suelos forestales de Cuba. Ferríticos Carbon contain in some Cuban forest soils. Ferritics *M. Sc. Yolanis Rodríguez-Gil, Ing. Arsenio Renda-Sayoux y Dra. C. Alicia Mercadet-Portillo*	51
8	Determinación del tamaño de muestra en parcelas permanentes de muestreo mediante la aplicación del método Bootstrap Determination of the Sample Size in Permanent Sampling Plots by Means of the Application of the Bootstrap Method *Dr. C. José A. Bravo-Iglesias, Dra. C. Verena Torres-Cárdenas, Lic. Lourdes Rodríguez-Shade, Ing. Juan M. Montalvo-Guerrero, Ing. Wilmer Toirac-Arguelles, Esp. Víctor M. Fuentes-Utría e Ing. Pedro Rodríguez-Cuevas*	57
9	Restauración ecológica de ecosistemas boscosos y arbustivos montañosos de Najasa, según mecanismos funcionales Ecological restoration of forest ecosystems and mountainous shrubby Najasa by functional mechanisms *Dr. C. Everardo Pérez-Carreras, Dr. C. Roberto Vázquez-Montes de Oca y M. Sc. Rafael Martín-Palacios*	67
10	Influencia del nitrógeno en la cantidad de carbono retenido por 13 especies forestales en el Humedal Ciénaga de Zapata, Cuba The nitrogen influence over the amount of the carbon retain by 13 woody species in the Ciénaga of Zapata's Forest Ecosystem, Cuba *Dra. C. Osiris Ortiz-Álvarez, Dr. C. Antonio Escarré-Estévez, Dr. C. Arnaldo Álvarez-Brito y Dra C. Alicia Mercadet-Portillo*	75
11	Modelación matemática del crecimiento de la altura media de *Pinus cubensis* Griseb en la Empresa Forestal Integral Baracoa Mathematical modelling of the mean height growing of *Pinus cubensis* Griseb at the Integral Forest Enterprise Baracoa *Lic. Lourdes Rodríguez-Shade, Dr. C. José A. Bravo-Iglesias, Ing. Juan M. Montalvo-Guerrero, Dra. C. Verena Torres-Cárdenas, Ing. Wilmer Toirac-Argüelles, Esp. Víctor M. Fuentes-Utría e Ing. Pedro Rodríguez-Cuevas*	81

EDITORIAL

La Asamblea General de Naciones Unidas declaró al 2013 como Año Internacional de la Cooperación en la Esfera del Agua. Se destaca de esta forma la trascendencia que tiene que los países lleguen a acuerdos sobre la gestión del agua que beneficien al medio ambiente y a los ciudadanos, pretendiendo impulsar, entre otros aspectos de importancia vital para la vida en el planeta, los Objetivos de Desarrollo del Milenio, que se propone, entre sus metas, «reducir a la mitad la proporción de personas sin acceso sostenible al agua potable y a servicios básicos de saneamiento». Actualmente un total de 783 millones de personas no tienen acceso al agua potable.

Por otra parte, el 22 de marzo se celebró el Día Mundial del Agua, que tuvo como lema principal la cooperación en materia de agua, y previamente, el 28 de julio de 2010, una resolución de Naciones Unidas reconoció el derecho humano al agua y al saneamiento como esencial «para la realización de todos los derechos humanos».

Con este reconocimiento la comunidad internacional reconoce la importancia del uso y la gestión pacífica y sostenible de los recursos hídricos, y es la oportunidad para que se logre un entendimiento común de los aspectos de la crisis del agua y los retos que se plantean, ya que se trata de un tema transversal que requiere de la atención de todos para garantizar la seguridad hídrica y un futuro sostenible...

La *Revista Forestal Baracoa* se incorpora a esta acción internacional que aborda un tema imprescindible para el beneficio de las personas, los ecosistemas y la biosfera en su conjunto.

Lic. Humberto García Corrales
Director

Revista Forestal Baracoa vol. 32 (1), enero/junio 2013 *ISSN: 0138-6441*
Artículo científico, pp. 3-10

INFLUENCIA DE QUEMAS PRESCRITAS EN LA DINÁMICA DE LA VEGETACIÓN EN BOSQUES NATURALES MIXTOS DE PINO

INFLUENCES OF PRESCRIBED BURNS IN VEGETATION DYNAMIC IN *PINUS* SP. NATURAL BLENDED FORESTS

M. Sc. Beatriz Rodríguez-Alfaro,[1] Dr. C. Isyoel Urrutia-Hernández,[1] M. Sc. Yosvany Fleitas-Camacho,[1] Ing. José. A. Hernández-Abreu,[2] Dr. C. José G. Flores-Garnica,[3] Dr. C. Luis W. Martínez-Becerra[4] y Marta Bonilla-Vichot[4]

[1] Estación Experimental Agro-Forestal Viñales. Km 20 Carretera a Viñales, Pinar del Río, Cuba, vinales@forestales.co.cu, teléf.: 79 31 23
[2] Estación Experimental Agro-Forestal Camagüey. Ave. Ignacio Agramonte s/n, A. P. 405, Camagüey, Cuba
[3] Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (México)
[4] Universidad de Pinar del Río. Calle Martí final 270, Pinar del Río, Cuba

RESUMEN

La investigación se desarrolló en un bosque natural mezclado de Pinus tropicalis Morelet *y* Pinus caribaea Morelet *var. caribaea de la Estación Hidrológica Agroforestal Amistad, donde se evaluó la influencia de las quemas prescritas en la dinámica de la vegetación asociada en la subcuenca hidrográfica uno (Galalón). Para evaluar los efectos del fuego se consideraron varios parámetros ecológicos: la riqueza florística, modelo de abundancia e índice de diversidad (usando el índice del Shannon-Weaver), además de la forma de vida y estrategias reproductivas, considerando las plantas que se propagan por semillas, por rebrotes y ambas, obteniendo entre otros resultados, que el fuego no afectó considerablemente la estructura de la vegetación y la composición florística de los bosques mezclados. Tanto es así que un año después de la quema la diversidad no varió significativamente, y aumentó la presencia de endémicos y otras especies que no se encontraban antes de aplicar el fuego.*

Palabras claves: *Pinares, quemas prescritas, espectro biológico, endémicos*

ABSTRACT

The research was developed at the Forest Hydrological Station Amistad in Pinus tropicalis Morelet *and* Pinus caribaea *var. caribaea blended natural forest. The influence of prescribed burns in the dynamics of the vegetation associated to Galalón hidrographic watershed. To evaluate the effects of the fire several ecological parameters were considered: floristic richness, abundance and index of diversity (using the index of Shannon-Weaver). Also, the form of life and reproductive strategies, considering plants spread by seeds, rebrotes and both. Obtaining as results that the fire didn't affect the structure of the vegetation and the or floristic composition . One year later diversity did not vary significantly and the presence of endemic and other species increased.*

Key words: *Pinegroves, prescribed burns, biological endemic spectrum*

INTRODUCCIÓN

La vegetación actual es el resultado del equilibrio ecológico con el ambiente, uno de cuyos elementos es el fuego. La mayoría de las comunidades vegetales del mundo se ha quemado a intervalo de miles de años; de esta manera, los incendios han jugado y juegan un papel importante en la regeneración de especies para ciertas comunidades vegetales, debido a que

Fecha de recepción: 27/9/2012
Fecha de aprobación: 13/1/2013

la selección natural ha favorecido el desarrollo de características que provocan que algunas plantas sean dependientes del fuego, y por lo tanto más inflamables que otras que no lo son, teniendo como resultado la dominancia de especies y de asociaciones vegetales [Mutch, 1970; Spurr y Barnes, 1980].

El fuego como elemento natural es un factor más entre los que definen la estación, y ha contribuido, desde siempre, a la repartición y selección de especies, a la composición de las formaciones vegetales y a la estabilidad, alternancia o sucesión de sus etapas, hasta tal punto que, en muchos casos, es necesario para la multiplicación de ciertas especies y la regeneración de sus formaciones [Ruiz del Castillo, 2000].

Cuando los incendios suceden con demasiada frecuencia pueden ocurrir cambios notables en las poblaciones vegetales, ya que ciertas especies pueden desaparecer, reduciendo la biodiversidad del lugar. Asimismo, los intervalos entre fuegos sucesivos determinan la permanencia de las especies y de las comunidades [Trabaud, 1998]. Aunque la vegetación herbácea y arbustiva no contribuye con grandes cantidades de combustible, debe ser considerada como riesgosa, ya que generalmente los incendios no comienzan en los árboles, sino en los estratos más bajos, donde crecen hierbas, arbustos, matorrales, breñales y pastizales. Además, al ser este tipo de vegetación la primera en establecerse después de un incendio, es altamente susceptible al fuego.

En este sentido el objetivo general de la presente investigación fue evaluar el comportamiento de las quemas prescritas en la dinámica de la vegetación asociada en la subcuenca hidrográfica 1 de la Estación Hidrológica Amistad, en la localidad de Galalón.

MATERIALES Y MÉTODOS

Localización del experimento

La investigación se realizó en un bosque natural mezclado de *Pinus tropicalis* Morelet y *P. caribaea* Morelet var. *caribaea* de la Estación Hidrológica Agroforestal Amistad, la cual ocupa un área de 52 ha distribuidas en ocho microcuencas experimentales, y su centro coincide con las coordenadas 22º 41' de latitud norte y 82º 26' de longitud oeste [Plasencia, 1998]. El estudio se centró en la microcuenca 1, con un área de 8,91 ha, donde se implementaron las quemas prescritas. Los suelos existentes en el área experimental, según estudios realizados por Hernández *et al.* (1999), se clasifican como ferralítico amarillento lixiviado, subtipo típico, destacándose en ellos el alto contenido de aluminio y mayor contenido de arcilla en el subsuelo que en el suelo superficial.

El clima en la región de estudio es subtropical estacionalmente húmedo, presenta un período poco lluvioso desde noviembre hasta abril, y uno lluvioso desde mayo hasta octubre, mientras que la temperatura media anual es de 24,2 ºC, con una humedad relativa media del 75,7 %.

Caracterización de la vegetación

El bosque se encuentra en la etapa de desarrollo latizal alto, con una altura promedio de 13 m y un diámetro de 16 cm. Las especies dominantes son *Pinus tropicalis* Morelet y *Pinus caribaea* var. *caribaea* Morelet. Florísticamente se caracteriza por un estrato arbóreo compuesto por *P. tropicalis* y *P. caribaea*, un estrato arbustivo compuesto por *Byrsonima crassifolia* (L.) H.B.K.,*Tetrazigia coriácea* (Mill.) Cog, *Roigella correifolia* (Griseb.) Borhidi & Fernández, L., *Clusia rosea* Jacq., *Xylopia aromatica* (Lam.) Mait. y *Matayba apetala* (Maca.) Radlk, *Andira inerme* Sw. H.B.K. y un estrato herbáceo compuesto por *Sorghastrum stipoides* H.B.K. Nash y *Odontosoria wrigtiana* Maxon, *Andropogon bicornis* Lin. y *Cyathea arborea* Smith, y además se encuentran especies de lianas y epífitas.

Evaluación de los efectos del fuego sobre la vegetación

Para la evaluación de la diversidad florística se establecieron ocho parcelas permanentes de 6 m x 6 m (36 m^2). Se identificaron y cuantificaron todos los individuos de las plantas vasculares presentes en la unidad muestreada. Para la identificación se tuvieron en cuenta los tomos de la *Flora de Cuba* [Alain y León, 1964 y Alain, 1974]. Se observó y se monitoreó el hábito de crecimiento de cada una de las especies presentes, y se determinó la cobertura de cada una de las especies con relación a la parcela antes y después de efectuada la quema prescrita. De esta forma se confeccionaron los correspondientes listados florísticos con los que fue posible

calcular los índices de diversidad de especies de Margalef, Shanon-Weaner y Berger-Parker, utilizando las ecuaciones 1, 2 y 3 [Moreno, 2001] .

$$D_{Mg} = \frac{(S-1)}{InN} \quad (1)$$

Donde:

DMg: Índice de Margalef
S: Número de especies
N: Número total de individuos

$$H' = -\sum pi \times \ln pi \quad (2)$$

Donde:

H': Índice de Shannon-Weaver
Pi = ni / N: Valor de importancia (número de individuos de la n-ésima especie entre el número total de individuos)
Ni: Número de individuos de la especie
N: Número total de individuos de la muestra

$$D = \frac{Nmax}{N} \quad (3)$$

Donde:

D: Índice de Berger-Parker
Nmax = Número de individuos de la especie más abundante
N = Número de individuos

Se determinó los tipos biológicos de Raunkiaer, según la clave de Ellembaerg y Muellerdumbois (1967).

El efecto de la quema prescrita sobre la germinación y rebrotes de las especies vegetales en los diferentes estratos se evaluó a la semana, al mes y a los dos meses después de ejecutada la quema.

Para determinar los diferentes índices de diversidad de especies se utilizó el programa Bio-Diversity Professional ver. 2. 19 y el programa Microsoft Excel ver. 2000.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Efectos del fuego en la dinámica de la vegetación

La vegetación existente en el área experimental es típica de pinares, determinando la presencia de 46 especies, 30 familias distribuidas en los estratos arbóreo, arbustivo, herbáceo, trepadoras y plantas arrosetadas. Las familias con mayor número de especies resultaron ser Poaceae, Mimosaceae, Rubiaceae y Malpigeaceae.

Se evaluó la vegetación asociada al dosel del pino antes y después de efectuadas las quemas.

La regeneración en el estrato herbáceo aparece a partir del mes de aplicadas las quemas, y varias especies ocupan el estrato arbustivo a los dos meses, donde predominan especies de arbustos, hierbas y lianas. En el *Anexo* se registran las especies que se monitorearon en los muestreos antes y después de aplicado el fuego. Debe destacarse la aparición de nueve especies que no se reportaron en los inventarios antes de la quema; treinta y dos coinciden y cinco no se registran en los inventarios después del fuego, una de ellas la *Cassytha filiformis* L., especie parásita susceptible al fuego, que tiene marcada influencia en la mortalidad de los nuevos repoblados de *Pinus tropicalis*. La edad de las plantas influye en el comportamiento posterior de la vegetación, donde las más vigorosas y las de mayor edad soportan el efecto del fuego, y por lo tanto tienen mayor posibilidad de rebrotar; sin embargo, las especies *Centrosema pubescens* Benth, *Pithecellobium abovale* (A. Rich.) C. Wr., *Xilopia aromatica* (Lam.) Mait *y Thillandsia habanensis* L. no fueron capaces de resistir el fuego.

Se observó además un incremento de la especie *Sorghastrum stipiodes* que se regenera rápidamente después del fuego, coincidiendo con lo señalado por Blydesteien (1963), citado por Del Risco (1989).

El análisis del espectro biológico antes y después de efectuar la quema muestra que predominan en el área las plantas incluidas dentro del tipo biológico de las fanerófitas (82 y 83 % respectivamente).

Según Borhidi (1991), las hemicriptofitas solo constituyen un 20 % de la flora. Los resultados en el área de estudio muestran valores del 16 % antes de la quema y el 18 % después. Este ligero incremento está determinado porque después del fuego aparecen con una mayor abundancia las especies de este tipo biológico.

Las epífitas alcanzan solo un 2 % antes de quemar, y desaparecen después de la quema ,coin-

cidiendo con lo señalado por Borhidi (1991), quien se refiere a que este tipo biológico solo ocupa el 5 %.

Estrategias reproductivas

Después de efectuadas las quemas se observó la estrategia reproductiva y las adaptaciones que presentan algunas especies para enfrentar la acción del fuego. Unas tienen capacidad para rebrotar con diferente intensidad, aspecto que se puede observar en representantes de las familias Poaceae, Malpigiaceae y algunos géneros de la familia Melastomataceae que rebrotaron desde la base, los tallos y las ramas.

Las plantas arbustivas más comunes que presentan rebrotes son *Byrsonima crasifolia*, que muestra características pirofíticas, y la *Tetrazigia coreacea*. Entre las hierbas se destaca el *Andropogon bicornis* y *Sorghastrum stipoides,* además de *Davilla rugosa,* un bejuco trepador que rebrota fácilmente. De acuerdo con lo expresado por Aguirre (2000) sobre la capacidad de algunas especies para rebrotar después del fuego, depende de su intensidad y frecuencia, edad de la planta, forma de vida o hábito de crecimiento y modificación de sus raíces.

Se determinó que las especies *Pinus tropicalis* y *Pinus caribaea,* que se encuentran en la fase de desarrollo latizal alto, poseen un fuste limpio y una corteza gruesa que las protege de los daños provocados por las altas temperaturas, lo que contribuye a mitigar los efectos del fuego, obteniendo como resultado que ningún árbol muriera. En este sentido, Barlow *et al.* (2003) notaron que árboles sobrevivientes al fuego tenían una corteza significativamente más gruesa que los árboles vivientes en las parcelas sin quemar, indicando que árboles con corteza delgada son más propensos a la mortalidad selectiva inducida por el calor.

Coincidiendo con Martínez (2006), el fuego juega un importante papel regulador en las sucesiones vegetales, al quedar eliminados los dos estratos inferiores del arbolado, donde se crean las condiciones para la colonización de nuevas especies, que es muy probable que estuvieran suprimidas por la competencia, sobre todo por la luz y la carga de material combustible del área experimental, donde la composición florística después del fuego tiende a incrementarse, obteniéndose que el 22,5 % de las especies en los inventarios después del fuego no se registran en los reportes florísticos de antes de la quema.

El tipo, estructura y la modificación de las raíces tienen también una función importante en soportar incendios. Según Aguirre (2000), las especies con rizoma como algunas Poaceae pueden sobrevivir a estas condiciones porque sus raíces modificadas se encuentran al menos de 2-3 cm bajo la superficie del suelo. Esto pudo ser observado en las especies *Andropogon bicornis* y *Sorghastrum stipoides*, que en el área quemada rebrotaron muy rápido y de forma abundante.

Asociados a los bosques de pinares, pero ocupando las partes más bajas del relieve a lo largo de las corrientes fluviales, se encuentran los bosques de galería (semicaducifolios sobre suelo ácido), el cual no fue afectado por las quemas descritas, permitiendo reducir el escurrimiento superficial. Se encontraron como especies principales *Matayba apetala, Calophyllum pinetorum, Cecropia escleberiana, Didimopanx morototinii* y *Andira inermes*, como se puede observar en la *Tabla 1*, la distribución de la vegetación por subcuencas y el número de árboles por hectáreas.

TABLA 1
Superficie de las formaciones boscosas, número de árboles en las subcuenca experimental 1

Número de subcuenca	*Superficie*					*Número de árboles por hectárea*		
	Pinar		*Latifolias*		*Total*	*Pinos*	*Latifolias*	*Total*
	ha	*%*	*ha*	*%*				
1	7,71	86,5	1,20	13,5	8,91	354	150	504

Índices de diversidad de especies

Los índices de diversidad determinados antes y después de efectuadas las quemas se presentan en la *Tabla 2*, donde los valores obtenidos tienden a incrementarse después del fuego. En el caso de la riqueza de especies, los valores oscilan desde 27,5 a 31,5, y la abundancia fluctúa de 1,27 a 1,32, además de obtener una mejor distribución de las especies en el área quemada.

TABLA 2
Comportamiento de los índices de diversidad antes y después de quemar

Índice de diversidad	*Antes de quemar*	*Después de la quema*
Margalef	27,5	31,5
Shanon-Waever	1,27	1,32
Berquer-Parker	15,6	19,1

En la evaluación de la vegetación antes del fuego se registró un total de 37 especies, destacándose como las principales arbóreas *Pinus tropicalis* y *Pinus caribaea,* que se registraron en todas las muestras, *Didimopanx morototinii* (47 %), *Andira inerme* (33,33 %) y *Matayba apetala* (45 %).

El estrato arbustivo está representado por las principales especies: *Byrsonima crassifolia* (56,67 %) *Amaioua corimbosa* (33,33 %), y *Clusia rosea* (33,33 %), y el helecho arborescente *Cyathea arborea* (33,33 %), entre otros. Las especies más frecuentes del dosel herbáceo están representadas por los *Andropogon bicornis* (73 %) y *Sorghastrum stipoides* (66,67 %). Además, es notoria la alta presencia de especies de lianas como la *Cassytha filiformis* (35 %) y *Davilla rugosa* (19,47 %).

Al aplicar el fuego, el estrato herbáceo se eliminó y se inventariaron las siguientes especies: *Pinus tropicalis* (11,1 %), *Cyrilla racemifolia* (11,37 %) y *Roigella correifolia* (11,1 %). Transcurrido un mes de la acción del fuego se pudo observar una regeneración muy rápida y de forma abundante de las especies *Andropogon bicornis* (73 %) y *Sorghastrum stipoides* (66,67 %).

Transcurridos dos meses se observa una regeneración más abundante de *Andropogon bicornis, Clidemia hirta, Roigella correifolia, Byrsonima crassifolia.* Al respecto, Magurran (1988) se refiere a la abundancia de especies en el estrato herbáceo de una plantación de coníferas en Irlanda (en la que la luz es especialmente limitante) para la germinación de las semillas.

El uso del fuego propició el surgimiento de nuevas especies que no se inventariaron antes de la quema, las cuales están representadas por *Citharexylum fruticosum* (33,3 %), *Phania matricariodes* (11,1%), *Sebastiania corniculata* (22,3 %), *Wualtheria americana* (16,67 %), *Casearia sylvestris* (33,3 %) y *Clidemia hirta* (18,3 %), entre otras.

Se determinó un incremento de la presencia después del fuego de las especies endémicas *Odontosoria wrigtiana* (del 15,2 al 33,2 %) y la *Roigella correifolia* (del 11,1 al 43,4 %); por lo tanto, se demuestra que en el área experimental después de la acción del fuego existen condiciones adecuadas para el desarrollo de estas especies típicas del ecosistema.

CONCLUSIONES

- Las quemas prescritas implementadas permiten plantear esta técnica como una herramienta factible en el apoyo de los planes de manejo integral forestal.
- La vegetación asociada al bosque mezclado de *Pinus tropicalis* Morelet y *Pinus caribaea* Morelet var. *caribaea* Barret y Golfari después del efecto de las quemas prescritas recoloniza el área rápidamente y aparecen nuevas especies.
- La aplicación de las quemas prescritas propiciaron un incremento de la composición florística de la vegetación asociada en un 8,4 %.

BIBLIOGRAFÍA

Alain, H., León, H. 1964. *Flora de Cuba*. tt. I-V. Asoc. Est. Ciencias Biológicas. La Habana. 362 p.

Alain, H. 1974. *Flora de Cuba*. Suplemento. Instituto Cubano del Libro. La Habana. 150 p.

Aguirre Zhofre, M. 2000. «Diversidad y composición florística de un área de vegetación disturbada por incendios forestales».Tesis de Ingeniero Forestal, Herbario Loja, Ecuador.

Barlow, J., *et al.* 2003. «Large Tree Mortality and the Decline of Forest Biomass Following Amazonian Wildfires». *Ecology Letters* 6(1): pp. 6-8.

Borhidi, A. 1991. *Phytogeography and Vegetation Ecology of Cuba*. Budapest. Akademiai Kiado. 506 p.

Del Risco, E. 1989. *Los pinares de la provincia de Pinar del Río. Cuba*. 56 p.

Ellemberg, H., Mueller-Dumbois, D. 1967: «A Key to Raunkiaer Plan Life Forms with Revised Subdivis». *Berg Geobotanic*. Inst. Rübel 37:56-73. p. 8

Hernández, A., *et al*. 1999. *Nueva versión de clasificación genética de los suelos de Cuba*. Instituto de Suelos. La Habana. Minag. 64 p.

Magurran, A. E. 1988. *Ecological Diversity and is Measurement Croon Helm and London*. pp. 20-24.

Martínez, B. 2006. «Uso de quemas prescritas en bosques naturales de *Pinus tropicalis* Morelet en Pinar del Río».Tesis en opción al grado científico de Doctor en Ciencias Forestales. Universidad de Pinar del Río, Cuba.

Moreno, C. 2001. *Métodos para medir la biodiversidad*. Centro de Investigaciones Biológicas Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. México. 83 p.

Mutch, R. W. 1970. «Wildland Fires and Ecosystems a Hypothesis. Ecology». 51(6): 1046-1051.

Plasencia, T. 1998. «Programa de desarrollo económico forestal hasta el año 2015». Revista *Cuba Forestal* (CU) 1: 30-3.

Ruiz del Castillo, J. 2000. *El fuego, factor ecológico. La defensa contra incendios forestales*. Madrid. Editorial Mc Graw Hill. pp. 4.1-4.13.

Spurr. S.H., Barnes, B. 1980. *Ecología forestal*. México: AGT Editor, S. H. 278 p.

Trabaud, L. 1998. *Recuperación y regeneración de ecosistemas mediterráneos incendiados*. Serie Geográfica. Incendios Forestales. Departamento de Geografía y el servicio de publicación de la Universidad de Alcalá. 7: 37-47.

RESEÑA CURRICULAR

Autora principal: Beatriz Rodríguez Alfaro

Ingeniera agrónoma, máster en Ciencias Forestales, ha cursado y aprobado 20 cursos de posgrado, y participado en 34 Eventos Científicos Nacionales e Internacionales con resultados relevantes. Obtuvo el Sello Forjadores del Futuro, máxima distinción que otorgan las Brigadas Técnicas Juveniles en los años 2004, 2006, 2008, 2010. Tiene 24 publicaciones, dos como autora y tres como coautora en la *Revista Forestal Baracoa*, una en el libro *Impactos de los incendios forestales* y el resto en memorias de eventos.

ANEXO
Listado de las especies antes y después de las quemas

Especies	*Antes de la quema*	*Tres meses después de la quema*	*Familia*
Andira inerme Sw H.B.K.	X	X	Fabaceae
Alchornea latifolia Sw	X	X	Euphorbiaceae
Alibertia edulis (L. C. Rich.) A. Rich. ex DC.	X	X	Rubiaceae
Amaioua corymbosa H.B.K.	X	X	Bignonaceae
Andropogon bicornis Lin	X	X	Poaceae
Blechum serrulatum (A.Rich)	X	X	Blechnaceae
Bourreria succulenta Jacq	X	X	Anacardiaceae
Brya microphylla Bisse	X	X	Fabaceae
Buchenavia capitata (Vahl.) Eichl	X	X	Combretaceae
Byrsonima crassifolia(L) H.B.K.	X	X	Malpigeaceae
Calophylum pinetorum Bisse	X	X	Clusiaceae
Casearia sylvestris Sw.		X	Flacourtiaceae
Cassia diphylla L.		X	Caesarpinaceae
Cassytha filiformis L.	X		Lauraceae
Cecropia escleberiana L.	X	X	Cecropiaceae
Citharexylum fruticosum Lin.		X	Verbenaceae
Centrosema pubescens Benth	X		Fabaceae
Clidemia hirta (L) D.Don		X	Melastomataceae
Clusia rosea Jacq.	X	X	Clusiaceae
Curatella americana Lin	X	X	Dilledinaceae
Cyathea arborea Smith	X	X	Cyatheaceae
Davilla rugosa Poir	X	X	Dillelinaceae
Dichrostachys cinerea Forsk	X	X	Mimosaceae

Didimopanx morototinii (Aubl) Dec. Et Planch	X	X	Aralaceae
Eugenia farameoides Sw.		X	Myrtaceae
Laciasis divaricata (L.), Hitch	X	X	Poaceae
Matayba apetala (Maca) Radlk.	X	X	Sapindaceae
Mimosa pudica L.	X	X	Mimosaceae
Odontosoria writghiana Maxon	X	X	Polipodiaceae
Parathesis cubana Griseb	X	X	Myrsinaceae
Paspalum virgatun Lin.	X	X	Poaceae
Phania matricariodes (Less) Griseb		X	Asteraceae
Pinus caribaea Morelet var. *caribaea* Barret y Golfari	X	X	Pinaceae
Pinus tropicalis Morelet	X	X	Pinaceae
Psidium salutare (H.B.K.) Berg	X	X	Myrtaceae
Phylanthus junceus Mucll. Ang	X	X	Euphorbiaceae
Pithecellobium abovale (A.Rich.) C. Wr.	X		Mimosaceae
Roigella correifolia (Griseb.) Borhidi & Fernández	X	X	Rubiaceae
Sebastiania corniculata (Vahl.) Pax		X	Euphorbiaceae
Smilax havanensis Jacq.		X	Smilaceae
Sorghastrum stipoides H.B.K. Nash	X	X	Poaceae
Tetrazigia coreacea (Mill.) Cogn.	X	X	Melastomataceae
Thillandsia habanensis L.	X		Bromeliaceae
Vernonia cubensis Grises.	X	X	Asteraceae
Waltheria americana Lin.		X	Malvaceae
Xilopia aromatica (Lam.) Mait	X		Annonaceae

Revista Forestal Baracoa vol. 32 (1), enero/junio 2013 *ISSN: 0138-6441*
Artículo científico, pp. 11-19

IMPACTOS DEL CAMBIO CLIMÁTICO EN EL SECTOR FORESTAL DE LA PENÍNSULA DE ZAPATA, MATANZAS, CUBA

IMPACTS OF CLIMATIC CHANGE IN FORESTRY SECTOR OF THE ZAPATA PENINSULA, MATANZAS, CUBA

Dr. C. Osiris Ortiz-Álvarez,[1] Dr. C. Arnaldo Álvarez-Brito,[2] Dr. C. Alicia Mercadet-Portillo,[2]
Dr. C. Antonio Escarré-Estévez,[3] Téc. Lourdes Gómez-Pulido[1] e Ing. Giraldo Facundo-García[4]

[1] Estación Experimental Agro-Forestal Itabo. Calle Esteban Hernández 354, Martí, Matanzas, Cuba, itabo@forestales.co.cu, teléf.: 045552174
[2] Instituto de Investigaciones Agro-Forestales. Calle 174 no. 1723 e/ 17B y 17C, Siboney, Playa, La Habana, Cuba
[3] Universidad de Alicante. España
[4] Empresa Forestal Integral Ciénaga de Zapata. Matanzas, Cuba

RESUMEN

Según referencias del Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático [IPCC, 2007], constituyen los estados insulares y las zonas costeras bajas las de mayor riesgo por el aumento del nivel del mar. Por tal motivo, Cuba, como país insular, sobre todo en el sector forestal, ha identificado entre las zonas de riesgo la península de Zapata, enclavada en la provincia de Matanzas, por constituir una zona costera de bajas altitudes. Dicha provincia constituye la tercera región del país con cobertura boscosa al término de 2006, concentrando en ella la mayor cantidad de bosques naturales (segundo lugar), fundamentalmente en la Ciénaga de Zapata (el 81 % de los bosques naturales de la provincia y el 14 % de los bosques naturales del país) [Diago, 2007], lo cual incide en que se conozca como el mayor humedal del Caribe insular con una acentuada diversidad biológica; sin embargo, debido a su condición de humedal y escasas pendientes, esta región constituye una de las de mayores riesgos debido al aumento del nivel del mar; a pesar de esta situación se carece de una evaluación sobre la interrelación del sector forestal con el cambio climático.

Palabras claves: *Impacto, estrategia, adaptación*

ABSTRACT

According to the references of the Intergubernamental Panel of Climatic Change (IPCC, 2007), the insulars countries and the low coastal areas are the danger zones to suffer the impacts for the increase of level sea. For this reasons, Cuba as insular country, and the forestry sector, identified the Zapata Peninsula as the danger area because this region present low incline and it's the second natural forest region (81 % of the natural forest in the province and 14 % in Cuba) [Diago, 2007], it's know as the bigger mangrove of the Insular Caribbean Region with a big biologycal diversity. This region due to the condition of mangrove and low slope, it's one the bigger dangers due to increase of level sea, but this region not have one evaluation about the interrelation between the forest and climatic change.

Kay words: *Impact, strategy, adaptation*

INTRODUCCIÓN

El calentamiento de la tierra en unos pocos grados durante el transcurso de diversos milenios ha sucedido muchas veces en la historia del planeta sin graves consecuencias, ya que la diversidad biológica ha tenido suficiente tiempo para adaptarse [Sorensen, 1995]; pero en la actualidad la mayoría de los científicos coinciden en que las temperaturas se elevarán a un ritmo demasiado rápido para permitir la adaptación de los ecosistemas; este aumento progresivo,

Fecha de recepción: 16/11/2012
Fecha de aprobación: 9/1/2013

conjuntamente con alteraciones del régimen de lluvias, provoca efectos adversos en toda la biodiversidad, y es a lo que se le denomina hoy *cambio climático*.

Tal calentamiento, provocado por la emisión de gases a la atmósfera, ha provocado un Efecto Invernadero Intensificado (EII), y aunque él es un fenómeno natural sin el cual la temperatura media del planeta estaría por debajo de 0 ºC, según Sorensen (1995), o unos 30 ºC inferior a la actual [FAO, 1994], lo preocupante es la rapidez con que se producirá el cambio climático (CC), más que la posible magnitud de la totalidad de cambios inducidos por el hombre [Sorensen, 1995].

Los cambios son provocados fundamentalmente por intervenciones humanas. La sobrexplotación o el manejo inadecuado de los recursos naturales desde inicios de la Revolución Industrial han provocado una serie de problemáticas ambientales tales como degradación de los suelos, contaminación de las aguas terrestres y marinas, deforestación, pérdida de la diversidad biológica.

El aumento gradual de las temperaturas, tanto del aire como la de mares y océanos ha provocado el derretimiento paulatino de glaciares y zonas nevadas, aumentando con ello el nivel del mar. Tanto es así que estudios de miembros del CMCC han arrojado que a partir de la década de los noventa se ha registrado el período más cálido desde hace dos mil años atrás, aumentando el nivel del mar entre 10-20 mm, así como la temperatura media entre 1,4-5,8 ºC durante 1990 y 2007.

Desde principios de la década de los noventa Cuba se ha involucrado en acciones referentes al CC al firmar y ratificar el Convenio Marco de Naciones Unidas sobre Cambio Climático, identificándose actualmente entre los posibles impactos esperables en el sector forestal cubano [Álvarez, 2008]:

- Pérdida de especies, de diversidad biológica, cambios en la composición de especies y en sus patrones fenológicos, debidos al aumento gradual de las temperaturas, al aumento del nivel del mar y a la reducción de las lluvias, eventos asociados con el auge de eventos climáticos extremos como la desertificación y la sequía, así como con el aumento de los tenores salinos en los acuíferos subterráneos del país, mayormente abiertos.
- Aumento del riesgo de incendios forestales por el incremento de la acumulación de necromasa en los bosques y de su nivel de inflamabilidad, debido al aumento de la temperatura y la reducción de las lluvias.
- Severas y sucesivas alteraciones ecológicas debidas al aumento en intensidad y frecuencia de los huracanes tropicales.

Tales situaciones provocarán en el aspecto hídrico disminución del potencial, intrusión marina en aguas subterráneas, desaparición de cayos e islotes cuya altitud sea inferior a 1,5 m de altura. En el aspecto agrícola, disminución de los rendimientos en los cultivos, incremento de la aparición de plagas y enfermedades, afectación del 21 % del ecosistema manglar para 2100.

Específicamente en el sector forestal se identifican los siguientes:

El aumento del nivel del mar: En 1998 el Instituto de Oceanología reportó un aumento de 2,9 mm medio anual, el cual tenderá a ascender. Se estiman un aumento de 26 cm para 2050 y de 62,3 cm para 2100. Debido a ello entre 2050 y 2100 en el humedal Ciénaga de Zapata 4520 km^2 habrán desaparecido, y en la ciénaga de Birama unos 470 km^2.

Todos estos factores, entre otros, han tenido, tienen y tendrán marcada influencia sobre la cobertura boscosa y la diversidad biológica, con un ritmo *in crescendo* de pérdida, siendo el municipio de Ciénaga de Zapata (el mayor humedal del Caribe insular y altamente conocido por su gran endemismo), una de las regiones de mayor riesgo, los cuales pueden causar impactos irreversibles si no se toman acciones al respecto. Atendiendo a lo anteriormente expuesto y teniendo en cuenta que Ciénaga de Zapata constituye una zona potencialmente en peligro de sufrir afectaciones por este concepto, se realiza el siguiente estudio cuyo objetivo es determinar, mediante una evaluación cualitativa y cuantitativa, el impacto esperable en las áreas de la EFI Ciénaga de Zapata, y formular una estrategia de adaptación para contrarrestar tal efecto, permitiendo así minimizar los impactos negativos sobre sus bosques y con ello las pérdidas materiales y económicas asociadas.

MATERIALES Y MÉTODOS

Estudio de impacto y adaptación

Se tomaron los escenarios IS92A del IPCC (1995) e Instituto de Oceanología [Cuba, 2006], teniendo en cuenta que uno prevé los mayores y otro los menores valores de elevación del nivel mar para el país (2 mm/año). Del primero se tomaron los valores medios establecidos sobre la elevación del nivel del mar (4,85 cm para 2010; 12,63 cm para 2030; 23,30 cm para 2050 y 55,20 cm para 2100).

Se estimaron las distancias de penetración del mar para cada tipo de pendiente en cada año (2015, 2030, 2050 y 2100) por la expresión

$$Dp = NM/P$$

donde

NM: Nivel de aumento del mar según el año del escenario (cm)
P: Pendiente (%).

Los resultados se reflejaron sobre un mapa de vegetación a escala 1: 100 00 para apreciar y hacer una valoración cualitativa de los impactos esperados.

Determinación cuantitativa del área (ha) y volumen de madera (m^3/ha) perdidos por el impacto del aumento del nivel del mar, empleando para ello una plantilla de puntos y utilizando una relación lineal tomando como base el volumen total de la entidad.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Impactos esperados debido al aumento del nivel del mar

La zona sur de la península de Zapata se caracteriza por presentar pendientes muy bajas, inferiores al 2 %, lo cual provoca que existan áreas permanentemente y parcial o temporalmente inundadas. Estas se caracterizan por presentar suelos turbosos y ferralíticos amarillos lixiviados. Allí se concentran las ciénagas, gran número de canales y lagunas. Ya hacia la parte norte, y colindando con los municipios de Jagüey Grande y Unión de Reyes, las pendientes suelen ser más altas a un 2 %, aunque persiste la topografía llana. En estas últimas se concentran mayormente las plantaciones con algunas especies que integran los bosques naturales semicaducifolios. Atendiendo a ello, es de esperar el mayor nivel de impacto en la zona sur, donde se concentra la mayor parte de la superficie boscosa natural.

El grado de penetración del mar esperado en dependencia de la pendiente y de acuerdo con el escenario utilizado se muestra en las *Tablas 1* y *2*:

Según escenario IS92A

TABLA 1
Penetración del mar en base al nivel de elevación del mar

Año	*Elevación del mar (cm)*	*Pendiente (%)*					
		0,02	*0,03*	*0,04*	*0,05*	*0,08*	*0,2*
2010	4,85	242,50	161,67	121,25	97,00	60,62	24,25
2030	12,63	631,50	421,00	315,75	252,60	157,88	63,15
2050	23,30	1160,00	776,67	582,50	466,00	291,25	116,50
2100	55,20	2760,00	1840,00	1380,00	1104,00	690,00	276,20

Según el Instituto de Oceanología de Cuba (2006)

TABLA 2
Penetración del mar en base al nivel de elevación del mar

Año	*Elevación del mar (cm)*	*Pendiente (%)*					
		0,02	*0,03*	*0,04*	*0,05*	*0,08*	*0,2*
2010	2,00	100,00	66,67	50,00	40,00	43,50	17,40
2030	6,00	300,00	200,00	150,00	120,00	116,00	46,40
2050	10,00	500,00	333,33	250,00	200,00	188,50	75,40
2100	20,00	1000,00	666,67	500,00	400,00	369,75	147,90

a) Evaluación cualitativa

En la EFI Ciénaga de Zapata, sobre tierra firme se desarrolla una vegetación acuática (de agua dulce y salada) donde predominan najas marítimas con *Ruppia*; otra vegetación temporalmente inundada caracterizada por la presencia de las cuatro especies de mangle existentes en Cuba, las cuales habitan en conjunto con la vegetación de saladar; bosques de ciénagas y bosques semicaducifolios con humedad fluctuante. Existe otra zona costera y subcostera no inundada y una vegetación secundaria. Muchas de estas áreas constituyen reservas importantes por la flora y fauna que conviven en ellas.

De forma general no se establece una sucesión esquemática, pues cercanas a la costa se pueden encontrar *Rizophora mangle* Lin. con *Avicennia germinans* Jacq.; *Distichlis spicata* (Juss) con *Conocarpus erecta* Lin. y bosques semicaducifolios mesófilos caracterizado por las especies *Lysiloma latisiliquum* (L.) Benth y *Bursera simaruba* L., o al *Conocarpus erecta* Lin. formando una vegetación pura. Es típico de esta zona la ocurrencia de transiciones, donde se puede observar la vegetación característica de bosques de ciénaga como *Bucida buceras* Lin. y un sistema de lagunas intermitentes rodeadas de *Cladium jamaicense* Crantz (cortadera de dos filos) [Caballero *et al.*, 2007].

La elevación del nivel del mar de 4,85 cm prevista para 2010 según el escenario IS92A conllevará ligeros impactos negativos en las áreas cubiertas por la asociación *Rizhophora mangle-Avicennia germinans* (sobre todo en esta última debido a que los neumatóforos, estructuras que le permite a la especie realizar la respiración, quedan bajo el agua).

También sufrirán un ligero impacto las asociaciones *Conocarpus erecta* + *Bursera simaruba*; *Savia bahamensis* Britton (icaquillo macho) + *Bumelia glomerata* Griseb (jiquí espinoso), así como *Coccoloba uvifera* Jacq. (uveral).

En 2030 los impactos negativos aumentarán, provocando la muerte de las especies *Conocarpus erecta*, *Avicennia germinans*, *Laguncularia racemosa* (L.) Gaertn y la asociación *Lysiloma latisiliquum* + *Bursera simaruba* (soplillo y almácigo) en aquellas áreas que queden permanentemente inundadas; en el caso de las tres primeras, debido a que sus estructuras facilitadoras del proceso respiratorio quedarán sumergidas, y en la restante, por la elevación del grado de salinidad.

En 2050 los impactos negativos serán reforzados por el aumento considerable de las ciénagas, de la Laguna del Tesoro y de los canales, lo cual traerá consigo la muerte de aquellas especies que crecen y se desarrollan en sus perímetros debido al aumento de las áreas inundadas de forma permanente, afectándose fundamentalmente *Conocarpus erecta* y la asociación *Bucida buceras* Lin. + *Tabebuia angustata* Britton (roble), *Annona*

glabra L. (bagá) + *Chrysobalanus icaco* Lin. (icaco).

Para 2100 los impactos negativos ocasionarán considerables daños, sobre todo en aquellos lugares con pendiente igual o inferiores a 0,08 %, al afectarse incluso áreas de vegetación boscosa no inundadas que se encuentran hacia zonas interiores por el aumento considerable de las ciénagas, canales y lagunas, como son parte de los bosques caducifolios caracterizados por la asociación *Pithecellobium lentiscifolium* C. Wright (guayabillo) + *Spondia mombin* L. (jobo), así como una porción de bosques subperennifolios mesófilos caracterizado por la asociación *Talipariti elatum* (Sw.) Fryxell y *Prunus occidentalis* Sw. (majagua y cuajaní). Cabe esperar afectaciones también en zonas caracterizadas por la asociación *Conocarpus erecta* + *Bursera simaruba* y en uverales (*Coccoloba uvifera*).

Solo la especie *R. mangle* puede recibir un impacto positivo al aumentar considerable sus áreas, pues es la especie capaz de habitar entre el flujo y reflujo del agua dulce y salada; sin embargo, este ejemplar, al igual que el resto de la masa boscosa, también puede ser afectado negativamente, ya que la elevación del nivel del mar acarrea el avance de la cuña salina, y una salinidad, muy alta o reducida, influye en el crecimiento, y si es extrema, causará la muerte del vegetal.

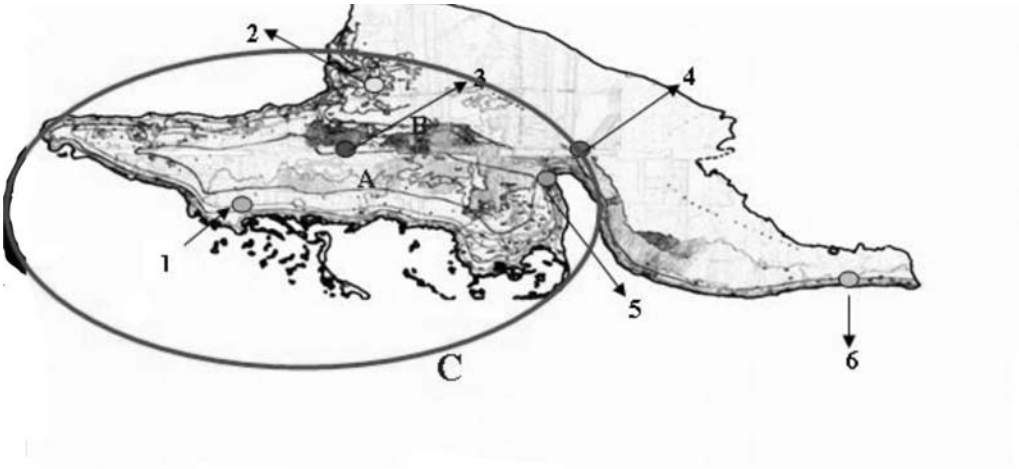


Figura1. Representación gráfica de las afectaciones al ecosistema forestal por la penetración del mar.

1. Hábitat de *Cocodrilus rombifer, Torreomis inexpectata* (cabrerito de la ciénaga: endémico estricto).
2. Hábitat de *Cocodrilus rombifer*, *Pseudemys decus*sata (jicotea), *Lepisosteus tristocchus* (manjuarí). Se localiza especies como *Calycophyllum candidissimum* D.C. (dagame), *Annona glabra* L. (bagá), *Valisneria neotropicalis* H. Victorin (hierba de manatí).
3. Se encuentran especies como *Prunus occidentalis* Sw. (cuajaní), *Pera bumelifolia* Gris (jiquí), *Mucura urens* (L.) D.C. (ojo de buey), *Mellisuga helenae* (pájaro mosca), *Lysiloma sabicú* Benth (sabicú), *Manilkara jaimiquí* (Wright) Dubard (ácana).
4. *Valisneria neotropicalis* H. Victorin (hierba de manatí), *Trichechus manatus* (Linnaeus, 1758) (manatí), *Agelaius assimilis* (mayito de ciénaga), *Pseudemys decus*sata (jicotea), *Lepisosteus tristocchus* (manjuarí).
5. *Atkinsia cubensis* (Britton & Wilson) Howard (majagua negra de Cuba), *Amazona leucocephala* (cotorra), *Bucida* spp. Lin. (júcaros).
6. *Albizzia cubana* Britton (bacona), *Diospyros crassinervis* (Krug & Urban) (ébano carbonero), *Cyclura nubila* (iguana).

Como se puede observar en la *Fig.1*, la zona identificada con la letra A y la línea B reflejan el área afectada debido al aumento del volumen de los canales (abundantes en esta área), la Laguna del Tesoro, así como de las ciénagas

(occidental) de ocurrir el aumento del nivel del mar según escenario IS92A, siendo la zona C la de mayores riesgos, pues mayormente permanece anegada y posee un considerable números de canales, representando así, según Caballero *et al.* (2007), el 75 % del territorio con zonas inundadas o provistas de agua, situación que sumada con el aumento del nivel del mar hacen que la península de Zapata constituya una de las regiones de mayor peligro o impactos a sufrir por este concepto.

Y aunque se presentan estimados para los años citados con anterioridad, es menester señalar que este impacto es ya evidente en la actualidad, hecho que se corrobora en la siguiente muestra gráfica, donde se observa un cazamata construido, según pobladores, a 45 m de distancia de la línea de costa en 1961.



Figura 2. Evidencia gráfica de la penetración del mar en el área de estudio.

En la *Fig. 1* se aprecia una considerable representación de especies que sufrirán afectaciones directas ocasionadas por la intrusión marina. Entre ellas se encuentran *Cocodrilus rombifer* (cocodrilo cubano) y *Torreomis inexpectata* (cabrerito de la ciénaga, endémico estricto), que se afectarán al perder el hábitat donde coexisten; *Pseudemys decussata* (jicotea), *Mellisuga helenae* (pájaro mosca, endémico), *Agelaius assimilis* (mayito de ciénaga, endémico), *Lepisosteus tristocchus* (manjuarí, endémico de la Ciénaga de Zapata, en peligro de extinción, además constituye un ictofauna), *Amazona leucocephala* (cotorra, endémico y en peligro de extinción), *Lysiloma sabicú* (sabicú), *Prunus occidentalis* (cuajaní), *Pera bumelifolia* (jiquí), *Mucuna urens* (ojo de buey), *Manilkara jaimiquí* (ácana), *Valisneria neotropicalis* (yerba de manatí), con la consiguiente afectación a la especie *Trichechus manatus* (Linnaeus, 1758) (manatí, endémico), *Calycophyllum candidissimum* (dagame), *Annona glabra* (bagá), *Atkinsia cubensis* (majagua negra de Cuba), *Bucida* spp. (júcaros), incidiendo además sobre las epífitas (orquídeas), pues muchas de estas especies arbóreas constituyen el soporte de muchas *Orchidaceas*, como es del género *Encyclia*, fundamentalmente, *Encyclia fucata*, la cual Caballero *et al.* (2007) la reportan como especie restringida y poco común.

En sentido general esta situación incidirá de forma negativa sobre la fauna que coexiste en la región [CITMA Ciénaga de Zapata, 2007] al afectarse su hábitat, lo cual provocará su emigración, y aquellas especies que puedan adaptarse y subsistir en otros hábitats sobrevivirán (puedan conservarse *ex situ*), tales como *Capromys pilorides* (Say, 1822) (jutía conga, endémico), *Epicrates angulifer* (majá de Santa María, endémico), *Amazona leucocephala* (cotorra, endémico y en peligro de extinción), *Phoenicopterus ruber* (flamenco), *Mysateles prehensilis* (Poeppig, 1824) (jutía carabalí, endémico), *Asio stygius* (siguapa, endémico), *Falco peregrinus* (halcón peregrino), *Cichlasoma tetracanthus* (biajaca), *Cyclura nubila* (iguana, endémico y en peligro de extinción), *Colapses fernandinae* (carpintero churroso, endémico), *Grus canadensis* (grulla), *Anolis luteogulares* (chipojo, endémico); pero aquellas con un endemismo estricto enfrentarán mayores riesgos de extinción, pues tal vez no tengan la posibilidad de sobrevivir al cambiar las condiciones de su hábitat. Entre ellas se puede citar *Limnothlypis swainsonii* (bijirita de Swainson, endémico de la Ciénaga de Zapata), *Hemiltherus vermivorus* (bijirita gusanera, endémico de la Ciénaga de Zapata), *Chamaeleolis chamaeleonides* (chipojo ceniciento, endémico de la Ciénaga de Zapata), *Agelaius assimilis* (mayito de ciénaga, endémico).

Se verán afectados, además, asentamientos humanos costeros tales como Playa Larga, Playa Girón, Guasasa, Bermeja, El Jiquí y Buena Ventura, entre otros.

Tanto el estudio de fauna como el de las comunidades costeras afectadas, es menester señalar

que deben ser realizados con mayor profundidad por parte de los expertos responsables de estas especialidades.

b) Evaluación cuantitativa

El impacto que el aumento del nivel del mar producirá sobre la vegetación que conforma las áreas boscosas de la EFI Ciénaga de Zapata para cada uno de los años del escenario IS92-A, en cuanto a las áreas totalmente perdidas por la penetración del mar y el consiguiente aumento de los niveles de agua en lagunas y ciénagas, es el siguiente:

TABLA 3
Total de área afectada y volumen perdido por la penetración del mar

Años	*Área total afectada (ha)*	*Área acumulada (ha)*	*Vol. (m^3)*
2030	4197,50	2127,30	38 189,87
2050	6074,70	1877,20	52 733,28
2100	15 162,40	9087,70	180 647,44
Total	25 434,60		

Para 2100, tomando como referencia el escenario descrito por el Instituto de Oceanología de Cuba, la situación sería la siguiente:

TABLA 4
Total de área afectada y volumen perdido por la penetración del mar

Años	*Área total afectada (ha)*	*Área acumulada ha)*	*Vol. (m^3)*
2030	3537,03	1968,91	31 081,62
2050	5988,15	2451,12	51 802,71
2100	13 219,20	7231,05	159 754,54
Total	22 744,38		

Atendiendo a la variación, la penetración del nivel del mar fijará una nueva línea de marea, afectándose la vegetación que actualmente ocupa el área.

Tomando como base el escenario IS92-A, es de esperar que debido al cambio de línea de marea, para 2030 quedarán afectadas por aumento del nivel del mar un total de 3454,80 ha, distribuidas en 3131,80 ha de manglar; 111,00 ha de bosque semicaducifolio, específicamente asociación *Lysiloma latisiliquum* + *Bursera simaruba*; quedarán afectadas 69,60 ha de la formación *Coccoloba uvifera*; 138,90 ha correspondientes a la asociación *Conocarpus erecta* + *Bursera simaruba* y 3,50 ha de la formación herbazal de ciénaga.

Para 2050 se sumarán 1411,80 ha afectadas para un total de 4821,50 ha, de las cuales sufrirán impacto 4288,50 ha de la formación manglar; 208,30 ha de bosque semicaducifolio (7,00 ha asociación *Annona glabra* + *Chrysobalanus icaco*, 4,20 ha de asociación *Bucida buceras* + *Tabebuia angustata* y 86,10 ha asociación *Lysiloma latisiliquum* + *Bursera simaruba*. En ese año es de esperar la pérdida de otras 119,70 ha correspondientes a la formación *Coccoloba uvifera* y 205,00 ha de la asociación *C. erecta* + *Bursera simaruba*.

Llegado 2100 se integrarán 3544,20 ha para un total de 8084,40 ha, distribuidas en 7287,80 ha de mangle afectadas; también sufrirán daños 661,60 ha de bosques semicaducifolios, las cuales se distribuirán en 7,00 ha asociación *Bucida buceras* + *Tabebuia angustata*; 270,70 ha *Lysiloma latisiliquum* + *Bursera simaruba*; 118,60 ha *Pithecellobium lentiscifolium* + *Spondia mombin*; 129,80 ha *Conocarpus erecta* + *Bursera simaruba*; 121,80 formación *C. uvifera* y 13,20 ha correspondientes a la formación herbazal de ciénaga.

Pero como ya se ha planteado, la península de Zapata cuenta con el 75 % de su territorio inundado o provisto de agua, no solo por la extensión cenagosa existente (el 35,77 % de la superficie total), sino porque coexisten ríos, cenotes y canales, los cuales propician esta situación. Un aumento del nivel del mar, al provocar un cambio en la línea de marea, también propiciará un aumento de los volúmenes o niveles de agua en las ciénagas. Es por ello que 3761,90 ha de manglar en 2100 serán impactadas; otras 2915,20 ha de bosques semicaducifolios o semidesiduos se perjudicarán (1556,50 ha asociación *Lysiloma latisiliquum* + *Bursera simaruba*; 228,60 ha *Lysiloma latisiliquum* + *Bursera simaruba* + *Bucida buceras* + *Tabebuia angustata*; 102,30 ha pertenecientes a la unión *Taliparititi elatum* + *Calophyllum antillanum* + *Prunus occidentalis*; 1027,80 ha

Bucida buceras + *Tabebuia angustata*). Otras 228,60 ha de la formación herbazal de ciénaga quedarán dañadas.

Se debe puntualizar que las áreas donde existen las asociaciones *Lysiloma latisiliquum* + *Bursera simaruba; Lysiloma latisiliquum* + *Bursera simaruba* + *Bucida buceras* + *Tabebuia angustata; Talipariti elatum* + *Calophyllum antillanum* + *Prunus occidentalis* se focalizan (sobre todo en la primera asociación) la mayor parte de los bosques productores de madera.

Estrategia de adaptación

Atendiendo a que la EFI Ciénaga de Zapata se caracteriza por bosques productores, protectores y de manejo especial, se debe trazar una estrategia de adaptación basada en la consideración de estos importantes aspectos, así como en el grado de afectación previsto en cada momento para esas áreas de su patrimonio.

Para las áreas protectoras o bosques protectores, y fundamentalmente para las de manejo especial, será preciso acometer la conservación *ex situ* de aquellas especies de particular interés florístico, según CITMA C. de Zapata (2007), tales como *Albizzia cubana* (bacona), *Atkinsia cubensis* (majagua negra de Cuba), *Dendrocereus nudiflorus* (Aguacate cimarrón), *Lysiloma sabicú* (sabicú), *Manilkara jaimiquí* (jaimiquí), *Conocarpus erecta* (yana), *Calycophyllum candidissimum* (dagame), *Diospyros crassinervis* (ébano carbonero) y *Prunus occidentalis* (cuajaní), entre otras, cuyas existencias físicas en su mayoría para 2100 se verán severamente comprometidas. Es primordial la recolecta de simientes para su establecimiento y conservación en jardines botánicos, y de esta forma asegurar la protección y conservación de estas fuentes originales que se encuentran en peligro de deterioro o de extinción.

Aquellas superficies que integran los bosques productivos semicaducifolios y parte de las plantaciones que paulatinamente serán convertidas en manglares o quedarán bajo las aguas, debe orientarse su manejo hacia el aprovechamiento priorizado y planificado de los recursos forestales madereros y no madereros en ellas existentes, así como adoptar medidas de protección con los recursos genéticos de aquellas especies de interés económico, entre las que se puede citar la localización de sus existencias, la recolección de sus semillas y la producción de plántulas destinadas al enriquecimiento de estas formaciones boscosas en otros territorios, o a la formación de plantaciones especializadas en la producción de semilla en otros lugares.

Las áreas donde se aplique esta estrategia deberán ser previamente identificados, evaluados y analizados los posibles riesgos de éxito del proceso, basado en sus condiciones específicas actuales; además, todas estas acciones deberán ser incorporadas al proyecto de ordenación forestal de la entidad.

CONCLUSIONES

- De 436 877,78 ha existentes en la empresa, en 2100 un total de 7287,80 ha de mangle se afectarán por el aumento del nivel del mar; 661,60 ha de bosques semidesiduos también sufrirán daños. Un aumento del nivel del mar, al provocar un cambio en la línea de marea, también propiciará un aumento de los volúmenes de agua en las ciénagas; es por ello que 3761,90 ha de manglar en 2100 serán impactadas; otras 2915,20 ha de bosques semicaducifolios se perjudicarán, y 228,60 ha de la formación herbazal de ciénaga quedarán dañadas.
- Atendiendo las características de EFI Ciénaga de Zapata se establece la estrategia de adaptación del sector forestal al cambio climático.

BIBLIOGRAFÍA

ÁLVAREZ, A. 2008. «Informe final de subproyecto. Vulnerabilidad de los bosques naturales cubanos al cambio climático y estrategias de adaptación. Cuarta aproximación», Ciudad de La Habana. Instituto de Investigaciones Forestales. 57 pp.

ÁLVAREZ, A., MILIÁN, C., ÁLVAREZ, L. 1998. «Estudios de caso nacional para la evaluación de los impactos del cambio climático y las medidas de adaptación». Ciudad de La Habana. Instituto de investigaciones Forestales. 23 pp.

CABALLERO, L. *ET AL*. 2007. *La Ciénaga de Zapata: Orquídeas de la Reserva de la Biosfera Ciénaga de Zapata*. Italia. Universidad Estudios de Torino. p. 13.

CITMA Ciénaga de Zapata. 2007. Encuentro Provincial entre Estaciones de Investigación. Matanzas, Marzo.

FAO. 1994. *El desafío de la ordenación forestal sostenible: Perspectivas de la Silvicultura Mundial*. Roma, Italia. p-1.

Instituto de Oceanología. 2006. Comunicación personal.

IPCC. 1996. Panel Intergubernamental de Expertos sobre Cambio Climático. Documento Técnico I del IPCC: Tecnologías, políticas y medidas para mitigar el cambio climático, pp. 61-68.

MERCADET, A., ÁLVAREZ, A. 2006. «Informe final de subproyecto: Propuesta metodológica para establecer la línea base de carbono en las empresas forestales cubanas». Cuba. Instituto de Investigaciones Forestales. 26 pp.

MOYA, B. 2008. Comunicación personal.

MOYA, B. 2007. Comunicación personal.

MOYA, B. 2002. Climate change in Varadero one of the most important touristic places in Caribbean sea. IHDP Workshop. Alemania. Born. pp. 3-7.

Prensa Latina. 2003. «Suplemento Científico-Técnico». Periódico *Juventud Rebelde*. Ciudad de La Habana. 26 de octubre. p. 1.

SALOMÓN, R. 2003. «En peligro las nieves del Kilimanjaro», en Variedades. Periódico *Orbe*, Semanario Internacional. Cuba. Editorial Prensa Latina. 30 agosto-6 septiembre. p. 8.

SORENSEN, K. W. 1995. «Los cambios climáticos y la biodiversidad». Revista *Actualidad Forestal Tropical* (JP) 2(2): pp. 4-5.

RESEÑA CURRICULAR

Autor principal: Osiris Ortiz Álvarez

Doctora en Ciencias Ecológicas, investigadora agregada, profesora instructora de la Universidad Camilo Cienfuegos, en Matanzas, ha sido oponente de tesis de maestría y doctorado en Ciencias Forestales, respectivamente. Tutora de tesis de pregrado y maestría en Ciencias Forestales, forma parte del colectivo de autores del libro *Bosques de Cuba, energía y cambio climático*. Ha dirigido proyectos de investigación que responden al Programa Territorial de Medio Ambiente. Recibió Premio Organismo en 2006, Premio de Mayor Impacto Ambiental 2007 y Reconocimientos en el Forum de Ciencia y Técnica y ACTAF provincial. Ha participado en eventos nacionales e internacionales.

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.

INAF
Instituto
de Investigaciones
Agro–Forestales

Revista Forestal Baracoa vol. 32 (1), enero/junio 2013 *ISSN: 0138-6441*
Artículo científico, pp. 21- 27

DISTRIBUCIÓN Y ABUNDANCIA DE *ODOCOILEUS VIRGINIANUS* (VENADO DE COLA BLANCA) EN LA EMPRESA FORESTAL INTEGRAL MINAS, PINAR DEL RÍO, CUBA

DISTRIBUTION AND ABUNDANCE *ODOCOILEUS VIRGINIANUS* (WHITE-TAILED DEER) IN FOREST ENTERPRISE INTEGRATED MINES, PINAR DEL RÍO, CUBA

M. Sc. Tamara Abrante-Hernández,[1] Dr. Fernando R. Hernández-Martínez[2] y Lic. Leonardo Ramírez-Medina[3]

[1] Museo de Historia Natural Tranquilino Sandalio de Noda, tamara@mhn.vega.inf.cu, teléf.: 753087
[2] Centro de Estudios Forestales, Universidad de Pinar del Río, fhernandez@af.upr.edu.cu, teléf.: 779363
[3] Museo de Historia Natural Tranquilino Sandalio de Noda, leonardo@mhn.vega.inf.cu, teléf.: 753087

RESUMEN

La investigación se realizó en la localidad El Tibisí, en el municipio de Minas de Matahambre, en áreas de la Empresa Forestal Integral (EFI) Minas, en cuatro formaciones vegetales: plantación de Pinus caribaea *var.* caribaea, *bosque de pino (pino-encino), bosque latifolio en galería y bosque de pinos (*Pinus tropicalis*). Para la estimación de densidad se utilizó el método de conteo de excretas en parcelas circulares de radio 15 m, las cuales fueron distribuidas de forma sistemática a través de la vegetación y a una distancia entre parcelas de 50 m. Al comparar la densidad de venados entre formaciones vegetales mediante la prueba de Mann-Whitney se encontró diferencia significativa entre el bosque latifolio en galería con respecto a los demás tipos de bosques. Los valores más altos de densidad promedio estimada de Venados de Cola Blanca fueron para el bosque latifolio en galería de 13,65 ± 1,04 venados/ 100 ha, 3,50 ± 0,97 venados/ 100 ha en plantación de* Pinus caribaea*, 2,65 ± 0,47 venados/ 100 ha en el bosque de pino-encino y la más baja densidad promedio estimada fue de 1,13 ± 0,31 venados/ 100 ha en el bosque de pinos* (Pinus tropicalis).

Palabras claves: *Densidad poblacional, Venado de Cola Blanca, conteo de excretas*

ABSTRACT

This research took place at the locality El Tibisí, at Minas de Matahambre municipality within the area of the Forestry Enterprise Minas (EFI), and in 4 vegetal formations: Pinus caribaea *platation, var.* caribaea*, pinus forest, semidecidous forest, Pinus topicalis forests. For the estimate of density, the excrete count method was used in circular parcels of about 15 m radio, which were distributed in a systematic way through the vegetation and a distance between parcels of 50 meters. When comparing deer´s density among vegetal formation by Mann-Whitney test, a meaningful difference was found between semidecidous forest with respect to the other kinds of forests. The White-Tailed Deer´s highest values of estimate average density were of 13,65 ± 1.04 deers/ 100 ha, for semidecidous forest, 3,50 ± 0,97 deers/ 100 ha in Pinus caribaea platation, 2,65 ± 0,47 deers/ 100 ha in pinus forest and the lowest estimate average density was 1,13 ± 0,31 deers / 100 ha in pinus forest* (Pinus tropicalis).

Key words: *Population density, White-Tailed Deer, excretes count*

INTRODUCCIÓN

El área de extensión natural del Venado de Cola Blanca con sus 39 subespecies se extiende desde los estados del sur de Canadá, por casi todo Estados Unidos, por toda la América Central,

Fecha de recepción: 8/ 11/ 2012
Fecha de aprobación: 14/ 1/ 2013

por amplias regiones de Venezuela, Colombia y Perú hasta el norte de Brasil. También en las islas Curaçao y Margarita, cerca de Venezuela, existen pequeñas poblaciones de subespecies que están en peligro de extinción [Halternorth y Trense, 1956]. Fuera de sus áreas de distribución natural, el Venado de Cola Blanca reporta las existencias más importantes en la antigua república de Checoslovaquia, Nueva Zelanda y Cuba. Las existencias mundiales de Venados de Cola Blanca se aproximan actualmente entre los ocho millones y 13,5 millones de piezas. De ellas viven aproximadamente trece millones de animales en Estados Unidos [Hernández, 1990].

La introducción en Cuba tuvo lugar alrededor de 1848 por Cayo Saetía (Holguín). Descendientes de esta población llegaron a muchas regiones de la isla, de tal forma que en casi todas las provincias existen poblaciones de cola blanca [Prien y Hernández, 1989; Hernández, 2008]. La distribución comprende 53 municipios de 12 de las 15 provincias del país, incluyendo el municipio especial de Isla de la Juventud. La población total en nuestro país abarca por lo menos entre 30 000 y 40 000 piezas. Aunque no es nativo de Cuba, ha logrado establecerse, desde su introducción, perfectamente en nuestro suelo, y hoy forma parte de la fauna mastozoológica cubana [Hernández, 1990].

En la existencia y distribución de esta especie de animal silvestre influyen la formación vegetal en que estos habitan que les proporcionan en mayor o menor grado la base alimentaria, cobertura (estructura vertical y horizontal) y la cantidad y la calidad del agua como factores principales [Hernández, 1990].

En empresas forestales con espacio vital y capacidad de adaptación para el Venado de Cola Blanca, donde se ha reportado su existencia, se hace necesario realizar estudios específicos sobre la dinámica poblacional que permita organizar sobre bases científicas la implementación de estrategias de manejo en las condiciones concretas de esos territorios.

MATERIALES Y MÉTODOS

Localidad de estudio

La investigación se realizó en la localidad de El Tibisí, en un área de pinares perteneciente a la Empresa Forestal Integral Minas, Pinar del Río, Cuba (*Fig. 1*).

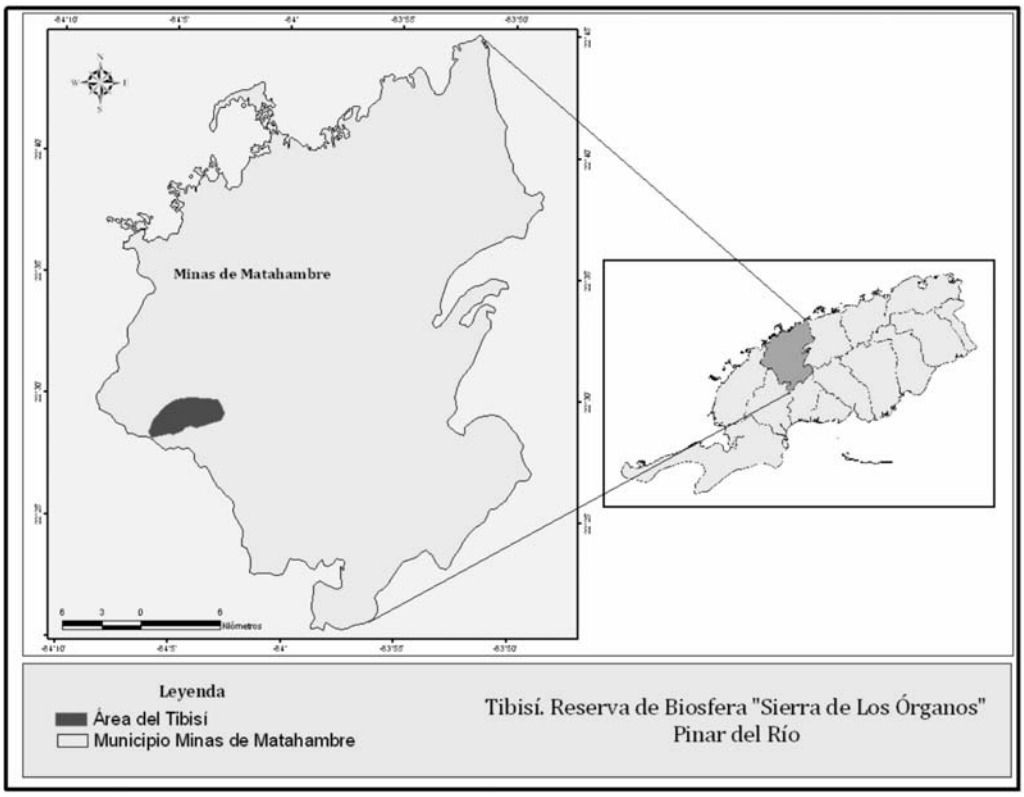


Figura 1. Ubicación del área de estudio.
Fuente: Ulloa Bonilla (2010).

Es un área montañosa que se caracteriza por el predominio de pinares, los cuales se encuentran estrechamente relacionados con el bosque latifolio en galería, así como con los parches de galería que se desarrollan en su interior; además, en esta zona se desarrolla el bosque semideciduo (22°29'N, 84°04'W). El área de la localidad está distribuida de la siguiente forma: plantación de *Pinus caribaea* var. *caribaea* (369,9 ha), bosque de pinos (65 ha), bosque latifolio en galería (464 ha) y bosque de pinos (*Pinus tropicalis*) (865,1 ha) para un total de 1763,7 ha. Los muestreos se realizaron en las cuatro formaciones vegetales, las que presentan un sotobosque irregular; con porciones muy tupidas, en ocasiones inaccesibles, hasta áreas más abiertas en las cuales predominan las gramíneas.

Estimación de la densidad de venados

La estimación de la densidad de venados se realizó utilizando el método de conteo de grupos fecales [Escurra y Gallina, 1981; Gallina, 1990]. Se distribuyeron de manera sistemática 60 parcelas de radio igual a 15 m en la plantación de *Pinus caribaea* var. *caribaea,* bosque de pinos (*Pinus tropicalis*), bosque de pinos e igual número de parcelas en el bosque latifolio en galería. La distancia entre parcelas fue de 50 m.

En el bosque de pinos (*Pinus tropicalis)* el área muestreada fue de 43,3 ha, en la plantación de *Pinus caribaea* fue de 48,8 ha, en el bosque de pino de 35,1 ha, y en el bosque latifolio en galería un total de 82,5 ha.

La ubicación de las parcelas se realizó efectuando recorridos a través de la vegetación, teniendo en cuenta el relieve del terreno. Las observaciones de los grupos fecales se llevaron a cabo de noviembre de 2008 a febrero de 2009 en el bosque latifolio en galería, y en febrero y marzo de 2009 en las formaciones de pinares y asociación de pino-encino, teniendo en cuenta solamente los grupos fecales frescos, con dos o tres días de haber sido evacuados.

Para el cálculo del número de parcelas se empleó la fórmula siguiente:

$$n = (t^2)\ (s^2)\ /\ d^2$$

donde:

n: Número de parcelas requeridas
s: Varianza del muestreo
t: Valor en tablas t student (1,96) con el 95 % de confiabilidad
d: Media del muestreo por el riesgo de error seleccionado.

La densidad poblacional se determinó utilizando el modelo de Eberhardt, Van Etten (1956). La fórmula utilizada para calcular el número de venados por hectárea a partir del número de grupos fecales es:

$$D = (a)\ (x)\ /\ (t)\ (f)$$

donde:

(*a):* Número de áreas circulares de 15 m^2 en una hectárea (14,14)
(x*):* Promedio de grupos fecales por área circular
(*t*): Tiempo de depósito de los grupos fecales
(*f*): Tasa de defecación

El tiempo de depósito varió entre dos y tres días, que es el tiempo en que, según Godínez (1982), los grupos fecales mantienen la humedad y brillantez (*Fig. 2*). Se utilizó la tasa de defecación de 26,9 grupos fecales obtenida por Rogers (1987) [citado por Pérez *et al.*, 2004]. La densidad se estimó por meses y formaciones vegetales.

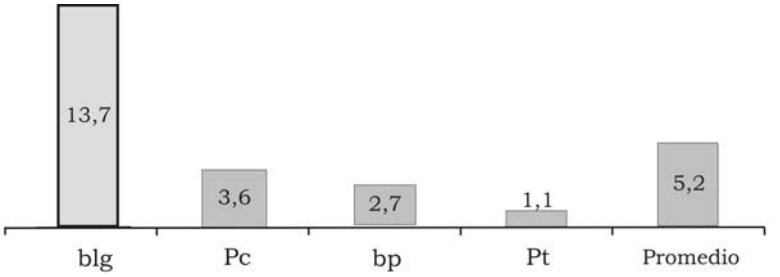


Figura 2. Grupo fecal fresco.
Fuente: Hernández (2010).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Distribución y abundancia de venados por formación vegetal. Estimación de la densidad

La densidad promedio estimada de Venados de Cola Blanca en los meses estudiados (noviembre de 2008 a febrero de 2009) fue de 13,65 ± 1,04 venados/100 ha para el bosque latifolio en galería, 1,13 ± 0,31 venados/100 ha en el bosque de pinos (*Pinus tropicalis*), 3,50 ± 0,97 venados/100 ha en plantación de *Pinus caribaea*, y 2,65 ± 0,47 venados/100 ha en el bosque de pinos (*Fig. 3*).



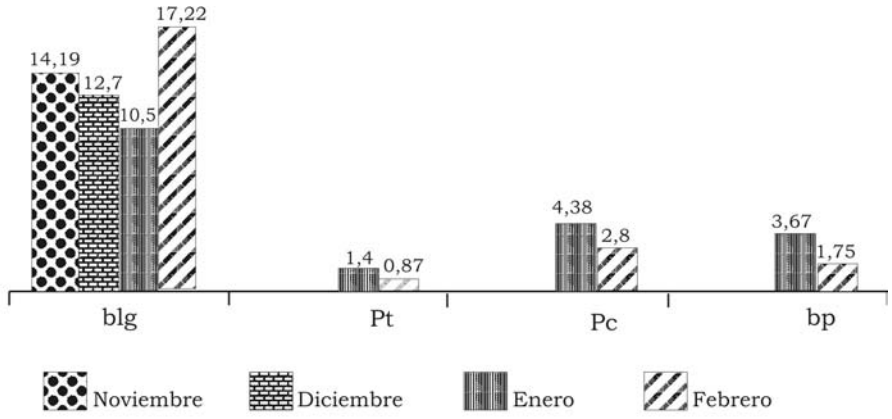
Pc: *Pinus caribaea;* bp: Bosque de pinos; blg: Bosque latifolio en galería;
Pt: *Pinus tropicalis*

Figura 3. Densidades medias de venados/100 ha por formaciones vegetales.

Los valores de densidades medias de venados para el bosque latifolio en galería corresponden a cuatro meses (de noviembre a febrero), mientras que para las otras tres formaciones solo se reflejan enero y febrero, que corresponde a los dos períodos en que se realizaron las observaciones. Los valores más altos de la densidad de venados fueron estimados para el bosque latifolio en galería, y la más baja en el área de *Pinus tropicalis*. Teniendo en cuenta el área de la localidad –plantación de *Pinus caribaea* var. c*aribaea* (369,6 ha), bosque de pinos (65 ha), bosque latifolio en g*alería* (464 ha) y bosque de *Pinus tropicalis* (865,1 ha)– para un total general de (1763,7 ha), los efectivos poblacionales son los siguientes:

Bosque de pinos (*Pinus tropicalis*): 9,7 ± 0,31 venados
Plantación de *Pinus caribaea:* 12,9 ± 0,97 venados
Bosque de pinos: 1,7 ± 0,47 venados
Bosque latifolio en galería: 63,3 ± 1,04 venados

En la *Fig. 4* se observa que la densidad de venados varió entre censos de 0,87 a 17,22 venados/100 ha, y su promedio entre formaciones vegetales varió de 1,13 a 13,65 venados/100 ha.

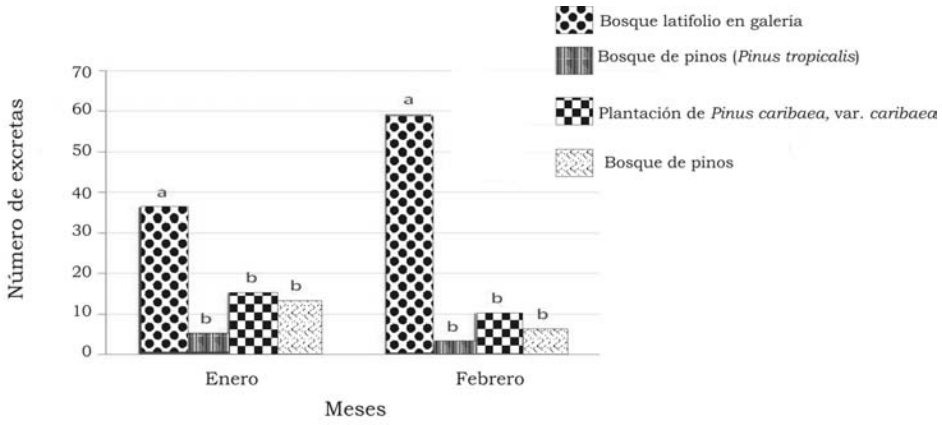


Pc: *Pinus caribaea;* bp: Bosque de pinos; blg: Bosque latifolio en galería;
Pt: *Pinus tropicalis*

Figura 4. Densidades de venado por meses.

No se observó diferencia significativa de los valores de abundancia entre los meses comparados (enero y febrero) para las cuatro formaciones, al aplicar la prueba de Wilcoxon (Z = –0,354 y P = 0,723). Al comparar la densidad de venados entre formaciones vegetales mediante la prueba de Mann-Whitney se encontró diferencia significativa entre el bosque latifolio en galería con respecto a los demás tipos de bosques (Z = –3,093 y P = 0,002) y (Z = –4,680 y P = 0,000).

En la *Fig. 5* se observan las densidades de excretas por formaciones vegetales.



Nota: Letras iguales se diferencian para $p > 0,05$. Prueba de V de Mamnn-Whitney.

Figura 5. Comparación de las densidades de excretas por formaciones vegetales entre enero y febrero de 2009.

Como se observa en la *Fig. 5*, la mayor densidad de excretas se encuentra en el bosque latifolio en galería, donde existe también mayor densidad de venados.

El resultado de las estimaciones medias de venados en la plantación de *Pinus caribaea* fue de 3,55 venados/100 ha, en el bosque de pinos (*Pinus tropicalis*) 1,13 venados/100 ha, y en el bosque de pinos 2,65 venados/100 ha fueron densidades menores que las estimadas con el mismo método en otras localidades con formaciones de pinos de la provincia de Pinar del Río. Hernández (1990) obtuvo densidades de 3,9 y 4,0 venados/100 ha, respectivamente en áreas de coníferas del Área Protegida de Recursos Manejados Mil Cumbres, en igual época del año. Las menores densidades registradas para esta especie en el área puede deberse a una combinación de factores relacionados con la disponibilidad de recursos (fundamentalmente alimento y agua), y condiciones de hábitat como la caza ilegal, reportada por los guardabosques en esta localidad, que aunque es de baja incidencia afecta también la densidad poblacional. Como evidencia de estos fenómenos, apreciamos que en marzo los pequeños afluentes de agua donde se abastecen los venados habían colapsado, y el río Macurije apenas mantenía corriente. Asimismo, en gran parte de las plantas se apreciaban serios síntomas de marchitez. Principalmente la escasez de alimento y la falta de agua pueden haber influido en los descensos de los valores de densidad estimados durante febrero, al tener que emigrar los venados a lugares cercanos a fuentes de agua y de mejores condiciones de alimentación. Nowak (1991) [citado por Álvarez y Medellín, 2005] plantea al respecto que los venados suelen realizar migraciones hacia lugares con mejores condiciones para su alimentación, mientras Mandujano y Gallina (1996) refieren que el agua es utilizada por los venados para mantener el equilibrio y la disminución de la temperatura corporal. Si las pérdidas de agua son mayores que la ganancia, el animal entra en estrés y puede morir. Los requerimientos de agua para el venado adulto son 24 L diarios [Alcalá y Enríquez, 1999]. Las densidades de venados estimadas en el bosque latifolio en galería fueron superiores a las obtenidas en los bosques de pinos en la localidad de estudio. La densidad media estimada de 13,65 venados/100 ha en el bosque latifolio en galería es comparable con las obtenidas por Hernández (1990) en Bolondrón (13,20 venados/100 ha) y Sitio de Pimienta (11,90 venados/100 ha), en Guanahacabibes. También Godínez (1983) reporta mayor abundancia para bosques semideciduos sobre suelo calizo. La densidad media

estimada de 13,65 venados/100 ha en bosque latifolio en galería en la localidad de estudio es superior a la obtenida en Ciénaga de Zapata y Cienfuegos en bosques semideciduos por Hernández (1990), que fue de 11,0 venados/100 ha.

Starker (1977) registra en México, uno de los países de donde el Venado Cola Blanca es originario, las más altas abundancias entre 1938 y 1953, que ascienden a 12-17 venados/100 ha, en bosques de pino-encino de cuatro regiones diferentes. Estos resultados se pueden comparar con la media estimada de 13,65 venados/100 ha en bosque latifolio en galería en la localidad de El Tibisí, pudiéndose afirmar que este bosque latifolio en galería posee condiciones tan apropiadas para el desarrollo de los venados como los bosques naturales de pino-encino en México. La mayor densidad estimada en el bosque latifolio en galería durante febrero (17,22 venados/100 ha) puede estar asociado a la abundancia en esta formación vegetal de algunos frutos que son muy atractivos para la especie [Hernández, 1990], así como a la entrada de venados que emigran desde pinares más distantes, afectados por falta de alimentos y agua. El bosque latifolio en galería, por su composición y estructura, ofrece mayores posibilidades en cuanto a recursos: alimentación, refugio contra predadores y sitios adecuados para descanso y reproducción, además de la cercanía a fuentes de agua, permanente o intermitente, aseguran mejores condiciones, que propician una mayor capacidad de carga con respecto a las demás formaciones incluidas en el estudio. Solo cuando las poblaciones de la especie se vuelven muy abundantes pueden generar un daño considerable a los bosques por sobrerramoneo [Jaksic, 1998]. Leopold (1959) menciona para el venado de Coues densidades altas de 12 a 16 venados/km² en Chiguagua en 1938, y cifras similares para el sur de Durango en 1946, menos de 5,8 venados/km² como promedio en Estados Unidos [Baker, 1984]. Los resultados de 13,65 ± 1,04 venados/100 ha para el bosque latifolio en galería, 1,13 ± 0,31 bosque de pinos (*Pinus tropicalis*), 3,50 ± 0,97 en la plantación de *Pinus caribaea* y 2,65 ± 0,47 en el bosque de pinos, no evidencian poblaciones muy abundantes. Según Leopold (1959), cuando las poblaciones no son muy abundantes el ramoneo provocado en los bosques no debe ser de gran significado.

CONCLUSIONES

- La mayor densidad de venados en la localidad corresponde al bosque latifolio en galería (13,65 venados/100 ha).
- Existen diferencias significativas entre la abundancia de venados en el bosque latifolio en galería con respecto a las demás formaciones vegetales estudiadas.
- Las mayores abundancias se corresponden con la mayor disponibilidad de alimentos, agua y cobertura que ofrece el bosque latifolio en galería a esta especie de animal silvestre.

RECOMENDACIONES

Establecer un programa de monitoreo a largo plazo que permita definir la tendencia poblacional para su manejo.

BIBLIOGRAFÍA

Alcalá, C.; Enríquez, E. 1999. *Manejo y aprovechamientos de venados*. INIFAP (Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agricultura y Pecuaria), Centro de Investigaciones Regional del Noreste. Campo Experimental Carbo. Folleto Técnico 3. pp. 18-19.

Álvarez, J.; Medellín, R. A. 2005. «*Odocoileus virginianus*. Vertebrados superiores exóticos en México: diversidad, distribución y efectos potenciales». Instituto de Ecología, Universidad Nacional Autónoma de México. Bases de datos SNIB-CONABIO. Proyecto U020. México. D.F.

Baker, R. H. 1984. *Origin, classification and distribution*. In. Halls L.K. (ed.).White-tailed deer, ecology and management. Wildlife Management Institute. Stackpole Books, Harrisburrg, Pennsylvania. pp. 1-18.

Eberhardt, L. L.; Van Etten, R. C. 1956. «Evaluation of the pellet group count as a deer census method». *Journal Wildlife Management* (US) 20: 70-74.

Ezcurra, E.; Gallina, S. 1981. *Biology and population dynamics of white-tailed deer in northwestern Mexico*. pp. 79-108, *In*: Ffolliott, P. F.

Gallina, S. 1990. «El Venado Cola Blanca y su hábitat en La Michilía, Durango». Tesis Doctoral, Facultad de Ciencias, UNAM, México, D. F.

Godínez, E. 1982. «Estado actual de los conocimientos sobre el venado (*Odocoileus virginianus*) en Cuba». Boletín de Reseñas Forestales. Centro de Investigaciones Forestales. pp. 1-21.

Haltenorth, T.; Thrense, W. 1956. *Das Großwild der Erde und seine Trophäen*. Bonn-München, Wien.

Hernández, F. R. 1990. «Untersuchungen zu Biologish-ökologischen grundlagen und zur Bewirtschaftung des Weisswedelhirsches (*Odocoileus virginianus)* in der Republik Kuba». Erlangung des akademischen grdes Doctor des Wissenschaftsweiges Forstwissenschsften. Der Fakultäd für

Bau-Wasser-und Forstwesen des Wissenschsftsrates der Technichen Universität Dresden.

Hernández, F. R. 2008. *Reptiles, aves y mamíferos de la fauna de Cuba*. La Habana. Editorial Félix Varela. pp. 205-239.

Hernández, F. R. 1990. Foto a grupo fecal fresco de tomada en la localidad El Tibisí de la EFI Minas.

Jaksic, F. M. 1998. «Vertebrate invaders and their ecological impacts in Chile». *Biodiversity and Conservation* 7.

Leopold, A. S. 1959. *Wildlife of Mexico*. University of California Press, Berkerley and Los Ángeles, California, 568 pp.

Mandujano, S.; Gallina, S. 1996. «Disposición de agua para el Venado de Cola Blanca en bosque tropical cauducifolio de México. Vida silvestre neotropical. México». Rev. *Biología Tropical*.

Nowak, R. M. 1991. «Walkers Mam mals of the World». The Johns Hopins University Press. Baltimore, Maryland, E.U.A. 251 pp.

Pérez, M.; Mandujano, S.; Martínez; L. E. 2004. «Tasa de defecación del Venado de Cola Blanca *Odocoileus virginianus*, en cautividad en Puebla, México». *Acta Zoológica Mexicana* (MX) 2 (3): 167-170.

Prien, S.; Hernández, F. 1989. «Weißwedelwild-*Odocoileus virginianus*-(Zimmermann)». *Buch der Hege*. Berlin. VEB deutscher Landwirtschaftsverlag. pp. 74-92.

Starker, L. 1977. *Fauna silvestre de México. Aves y mamíferos de caza*. Instituto Mexicano de Recursos Naturales Renovables. México. 415 pp.

RESEÑA CURRICULAR

Autora principal: Tamara Abrante Hernández

Doctora en Medicina Veterinaria y máster en Ciencias Forestales (mención Protección al Bosque en Fauna), especialista para la Ciencia, la Tecnología y el Medio Ambiente del Museo de Historia Natural de Pinar del Río Tranquilino Sandalio de Noda, ha participado en proyectos de investigación científica estudiando aspectos relacionados con la ecología del Venado de Cola Blanca y anfibios. Ha publicado varios artículos científicos en revistas referadas y participado en eventos nacionales e internacionales relacionados con temáticas medioambientales. Obtuvo el premio de la Academia de Cuba con la presentación de su tesis de maestría «Propuesta de un sistema de medidas dirigidas al manejo de *Odocoileus virginianus* para la localidad El Tibisí de la Empresa Forestal Integral Minas, Pinar del Río, Cuba». Resultados de su trabajo han sido introducidos. Es profesora instructora en la Universidad de Pinar del Río Hermanos Saíz Montes de Oca. Ha impartido sesiones de profundización científica y ha sido curadora de varias exposiciones en el museo.

Calophyllum antillanum Britton (Clusiaceae)

Nombre vulgar: Ocuje

No: 87

Distribución geográfica: Abundante en toda la isla e Isla de la Juventud en montes semicaducifolios en suelo calizo.

Caracteres macroscópicos: Corazón pardo rosado a rojo y albura más clara; madera lustrosa de textura fina y grano recto. Zonas de crecimiento visibles.

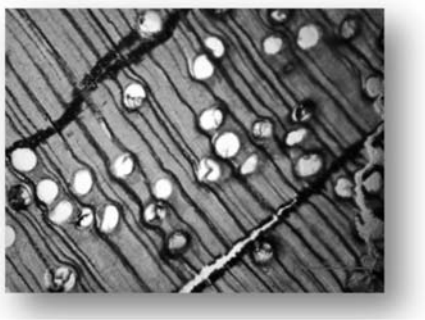
Densidad: 0,610-0,750 g/cm3

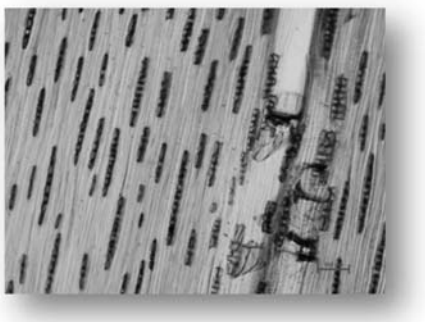
Características tecnológicas: Fácil de trabajar, medianamente dura y pesada, resistente y bastante durable se ha empleado en construcciones navales, tirantes, carros puentes camiones, traviesas, decoro interior, e inicios de la colonización, se utilizo junto al caguairán como vigas para la construcción de letrinas por su resistencia.

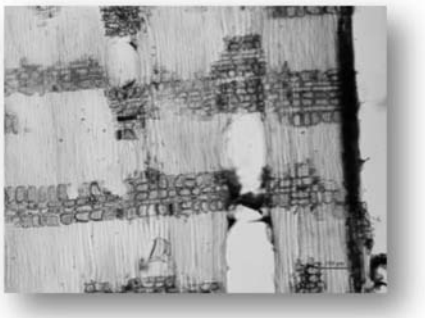












Caracteres microscópicos:

A. Porosidad:

Distribución: Difusa. Poros exclusivamente solitarios, redondos a ovales con una ligera orientación oblicua.
φ (µm): 104-119-143
No./mm²: 7
Pared (µm): 5
Placa perforada: Simple
Punteaduras: Alternas, medianas
Contenidos: Opacos a rojizos y tílides.
Longitud(µm): 220-420-705

B. Parénquima axial:

Distribución: Apotraqueal en bandas de 3 a 5 células y paratraqueal confluente.
φ (µm): 17
No. células la serie: 2-4-5
Contenidos: Opacos-rojizos y cristales.
Long. serie (µm): 316-509-685

C. Parénquima radial:

Distribución: No estratificados
Composición: Marcadamente heterogéneos
No./mm: 12
Contenidos: Rojizos a opacos
Ancho (µm): 29-35-38
No. células: 1
Alto (µm): 192-257-418
No. células: 6-10-17

D. Fibras:

Tipo: Libriformens
Distribución: Radial
φ (µm): 10
Grosor de pared (µm): 4
Longitud (µm): 900-1200-1500

E. Caracteres especiales:

Presencia de traqueidas vasicéntricas

Revista Forestal Baracoa vol. 32 (1), enero/junio 2013 *ISSN: 0138-6441*
Artículo científico, pp. 29-34

SUSTRATO PARA LA PROPAGACIÓN VEGETATIVA DE *BAMBUSA VULGARIS* SCHRADER EX WENDLAND EN CONDICIONES DE VIVEROS FORESTALES

SUBSTRATES FOR THE VEGETATIVE PROPAGATION OF *BAMBUSA VULGARIS* SCHRADER WENDLAND IN CONDITIONS OF FOREST TREE NURSERIES

Dr. C. Modesto González-Menéndez,[1] Esp. Miguel Betancourt-Riquelme,[2] M. Sc. Osviel Sánchez-Corvo,[1] Ing. Edel Pérez-Coro,[1] Ing. Pedro Friol-Sánchez[1] y Obr. Bárbaro Cabrera-Torres[1]

[1] Estación Experimental Agro-Forestal de Viñales, Km 20 carretera a Viñales, Viñales, Pinar del Río, Cuba, modesto@forestales.co.cu
[2] Instituto de Investigaciones Agro-Forestales, Calle 174 no. 1723 e/ 17A y 17B, reparto Siboney, Playa, La Habana, Cuba

RESUMEN

El presente trabajo muestra los resultados de la utilización de diferentes sustratos de suelos para la propagación vegetativa de Bambusa vulgaris *Schrader ex Wendland en condiciones de viveros forestales. El estudio se realizó en el vivero de la Estación Experimental Agro-Forestal de Viñales. Se utilizó un diseño completamente al azar: cuatro sustratos para la propagación por esquejes y para por deshije. Estos, teniendo como base de su composición suelo proveniente de los pinares de la zona, arena de río lavada, humos de lombriz y turba. Con la utilización del sustrato compuesto por el 80 % de suelo proveniente de los pinares de la zona, el 10 % de humus y el 10 % de arena de río lavada se obtuvieron los resultados más significativos en cuanto a mayor de logro de plántulas, altura media de las posturas y en el número medio de hijos por bolsa, dando muestra de ser este sustrato el de características más adecuado para la propagación vegetativa de la especie* Bambusa vulgaris *Schrader ex Wendland en las condiciones de viveros forestales en las Alturas de Pizarras de Pinar del Río, Cuba.*

Palabras claves: *Propagación vegetativa, esquejes, deshije.*

ABSTRACT

The present work shows the results of the use of different substrates of soils for the vegetative propagation of Bambusa vulgaris Schrader ex Wendland in conditions of forest tree nurseries. The study was carried out in the tree nursery of Agro-Forestry Experiment Station in Viñales. We used a completely randomized design: four substrates were tested in the propagation by pegs and sucker removing. These, having like base of their composition: soil coming from the pine forests of the area, washed river sand, worm humus and it upsets. With the use of the compound substrate for (80 % of soil coming from the of the area, 10 % of humus and 10 % of washed river sand) the most appropriate results were obtained for: bigger than plantules achievement, half height of the postures and in the half number of children for bag, giving sample of being this substrates that of the most appropriate characteristics for the vegetative propagation of the species Bambusa vulgaris Schrader ex Wendland under the conditions of forest tree nurseries in the Alturas de Pizarras region of Pinar del Río, Cuba.

Key words: *Vegetative propagation, pegs, sucker removing.*

INTRODUCCIÓN

Bambusa vulgaris Schrader ex Wendland es quizás la especie exótica de los bambúes, más cultivada en Cuba y en la región del Caribe, donde se ha convertido en una importante fuente proveedora de madera con múltiples usos. Fue la primera especie introducida en la segunda mitad del siglo XIX, y sigue siendo hoy la especie de bambú de mayor propagación y utilización en la isla. Crece a lo largo y ancho del país y en todo tipo de suelo. En Cuba se conoce esta especie de

Fecha de recepción: 11/9/2012
Fecha de aprobación: 14/1/2013

bambú con las denominaciones de caña brava o bambú. Se observa en grandes cantidades, sobre todo en las regiones del centro y oriente del país, en las fajas hidrorreguladoras, cuencas y zonas montañosas. Su altura promedio oscila entre 13 y 16 m, el diámetro entre 10 y 12 cm, y el grosor entre 8 y 12 mm [Betancourt, 2000; Seguí, 2010].

Debido a su rápido crecimiento esta especie se puede utilizar desde el cuarto año de su establecimiento, y su madera nos ofrece diferentes alternativas como material para la construcción de muebles, artesanía, construcción de viviendas, postes de cerca, tutores para el banano, tomates, pulpa para papel y otros, lo cual es de gran importancia económica.

Desde el punto de vista ecológico *Bambusa vulgaris* es una especie promisoria, pues ayuda a la conservación de recursos hídricos, protege los suelos de la erosión y brinda refugio a la fauna silvestre, mitiga la presión sobre los bosques brindando madera de excelente calidad, y además capta entre 7 y 15 t de CO^2 anual [Betancourt, 2000; INBAR, 2009].

El problema que nos ocupa es la falta de viveros tecnificados en las empresas forestales y de sustratos adecuados desde el punto de vista técnico y económico, y de fácil adquisición para la propagación vegetativa de *Bambusa vulgaris,* lo que mitigaría el costo de las posturas y finalmente de las plantaciones.

El presente trabajo tiene como objetivo seleccionar un sustrato que reúna las características medias adecuadas para producción de posturas de *Bambusa vulgaris* por vía vegetativa en las condiciones de viveros forestales en las Alturas de Pizarras de Pinar del Río, Cuba.

MATERIALES Y MÉTODOS

Este trabajo fue realizado en áreas de la Estación Experimental Agro-Forestal de Viñales, Pinar del Río. Los datos climáticos promedio históricos de la zona y la ubicación geográfica se muestran a continuación.

Ubicación y características climáticas de la Estación Experimental Agro-Forestal de Viñales

Latitud norte: 22°35´-22°38´, longitud oeste: 83°40´, altura (msnm): 150, promedio de precipitación anual (mm): 1765, temperatura promedio anual (°C): 25, temperatura máxima promedio anual (°C): 28,8, temperatura mínima promedio anual (°C): 19,5, temperatura máxima absoluta (°C): 34,1, temperatura mínima absoluta (°C): 2,9.

El presente estudio contó de dos etapas:

1. Sustratos para la propagación vegetativa por esquejes.
2. Sustratos para la propagación vegetativa por deshije.

Para ambas etapas se utilizó un diseño completamente al azar con cuatro tratamientos. Se probaron los mismos sustratos (*Tabla 1*). En la mezcla de los diferentes componentes para conformar los sustratos se tuvo presente su homogenización.

TABLA 1
Sustratos utilizados

No.	*Tratamientos*
1	80 % de suelo proveniente de los pinares de la zona 10 % de arena de río lavada 10 % de humus
2	40 % de turba 40 % de humus 20 % de arena de río lavada
3	80 % de suelo proveniente de los pinares de la zona 20 % de arena de río lavada
4	90 % de suelo proveniente de los pinares de la zona 10 % de humus

Etapa 1. Sustratos para la propagación vegetativa por esquejes

En esta etapa se montaron 800 esquejes a razón de 200 por tratamiento. Los envases utilizados para su producción consistieron en bolsas de polietileno de tamaño estándar, cuya capacidad aproximadamente es de 900 cm^3 de sustrato.

En esta etapa se tomaron tallos de plantas adultas (uno a dos años de edad). En ella se procedió a la propagación vegetativa de segmentos de tallos medio. Estos se localizan en las afueras del plantón y su color es verde intenso en comparación con el resto.

Las secciones se cortaron con un entrenudo, utilizando un machete. Estas se situaron en

los bolsos antes de las 24 h de haber sido cortadas. Posteriormente el entrenudo superior se llenó de agua hasta las tres cuartas partes y se cubrió el orificio con una capa de suelo de 10 cm. Durante los primeros 15 días, a los bolsos se les situó un techo rústico con pencas de coco (tipo umbráculo).

Etapa 2. Sustratos para la propagación vegetativa por deshije

Para el deshije se utilizaron las mejores 100 posturas desde el punto de vista fenotípico del tratamiento, que mostró los resultados más sobresalientes en la etapa 1. El deshije se realizó utilizando la metodología para este fin descrita en el Instructivo Técnico para el manejo del bambú del IBP (2010). Se tomaron los mejores 160 hijos y se sembraron a razón de 40 por tipo de sustrato estudiado.

En ambas etapas se evaluó el número de esquejes o posturas logradas, el porciento de supervivencia, la altura media de las plántulas y el número medio de hijos, este solo en la primera etapa.

Para seleccionar el sustrato más adecuado, desde el punto de vista económico, se utilizaron los precios en moneda nacional de los diferentes componentes en dependencia de la fuente de procedencia.

Para el análisis estadístico se utilizó el sistema automatizado SPSS con la ayuda del Microsoft Excel. Con el objetivo de mostrar la dispersión de los valores individuales alrededor de la media se determinó la desviación estándar, estadígrafo este, según Morales (2003), realista y de fácil comprensión. El autor plantea que las poblaciones suelen describirse por su media y su desviación estándar ($X_{media} \pm S$), expresándose en unidad de medida que la media. Seguidamente se realizó el análisis de varianza a las variables seleccionadas y la prueba de Duncan para un nivel de significación de 0,05.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Etapa 1 Sustratos para la propagación vegetativa por esquejes

En lo referente al estudio para la selección del sustrato más adecuado para la propagación vegetativa de *Bambusa vulgaris* se utilizaron cuatro sustratos. En cada caso se llenaron 200 bolsas y se procedió a la puesta de los esquejes.

Es de destacar que el 15 de julio de 2009 se pusieron los esquejes en vivero, y pasados 19 días brotaron las primeras yemas (*Fig. 1*), resultados estos superiores a los reportados por el IBP (2010). En esta etapa hay que destacar que se trata de acercar la propagación a las condiciones normales de un vivero forestal, situado en el medio de un macizo boscoso. En este caso los esquejes fueron ubicados directamente en las bolsas. En un primer momento se les puso un cobertor con pencas de coco para regular la sobra en un primer estadio (*Fig. 2*).



Figura 1. Vivero de *Bambusa vulgaris*.



Figura 2. Plántulas de *Bambusa vulgaris* bajo una media sombra.

Al analizar el porciento de germinación entre los tratamientos de sustratos utilizados se observaron diferencias marcadas entre estos (*Tabla 2*).

TABLA 2
Selección del tratamiento más adecuado

No.	*Tratamientos*	*Esquejes puestos*	*Esquejes logrados*	*Porciento de supervivencia*	*Altura media (cm)*	*Número medio de hijos*
1	80 % de suelo proveniente de los pinares de la zona 10 % de arena de río lavada 10 % humus.	200	189	94,5	a 92,7 ± 0,44	a 3,1 ± 0,72
2	40 % de turba 40 % de humus 20 % de arena de río lavada	200	192	96,0	a 95,9 ± 40	a 3,1 ± 0,73
3	80 % de suelo proveniente de los pinares de la zona 20 % de arena de río lavada	200	102	51,0	c 75,1 ± 0,55	c 2,6 ± 0,85
4	90 % de suelo proveniente de los pinares de la zona 10 % de humus	200	125	62,5	b 80,9 ± 0,57	b 2,3 ± 0,89

Medias en una misma columna con letras iguales, no tienen diferencias significativas, para un nivel de significación del 95 % (prueba de Duncan).

En las variables altura media de las posturas logradas y número medio de hijos por posturas por tratamiento, como indicadoras de la calidad de los sustratos utilizados, se observaron diferencias significativas entre los sustratos empleados. Los mejores resultados se lograron con los tratamientos 2 y 1, no encontrándose diferencias significativas entre estos mostrando valores ligeramente superiores el tratamiento 2.

Los resultados indican que estos sustratos cumplen con los requerimientos medios recomendados por Betancourt (2000) en cuanto a amplia aireación, buen drenaje y a la vez buena retención del agua.



Figura 3. Deshije en vivero.

Etapa 2. Sustratos para la propagación vegetativa por deshije

Se tomaron las mejores 100 plántulas desde el punto de vista fenotípico del tratamiento 2. Estas fueron deshijadas como lo indica el Instructivo Técnico para el manejo del bambú [IBP, 2010] y sembrados a razón de 40 hijos por sustrato (*Fig. 3*).

Como se muestra en la *Tabla 3*, se observaron diferencias entre los sustratos utilizados para el desarrollo de los hijos extraídos de las posturas. En este caso igualmente se forman tres grupos de significación.

TABLA 3
Relación sustrato-multiplicación de bambú por hijos en el vivero

No.	*Tratamientos (sustratos)*	*Hijos sembrados*	*Hijos logrados*	*Porciento de supervivencia*	*Altura media (cm)*
1	80 % de suelo proveniente de los pinares de la zona 10 % de arena de río lavada 10 % de humus	40	38	95	a 86,6 ± 0,44
2	40 % de turba 40 % de humus 20 % de arena de río lavada	40	36	90	a 83,7 ± 0,40
3	80 % de suelo proveniente de los pinares de la zona 20 % de arena de río lavada	40	28	35	c 65,1 ± 0, 52
4	90 % de suelo proveniente de los pinares de la zona 10 % de humus	40	24	60	b 79,9 ± 0,47

Medias en una misma columna con letras iguales no tienen diferencias significativas para un nivel de significación del 95 % (prueba de Duncan).

Estos resultados corroboran los obtenidos anteriormente en cuanto al mejor sustrato. Todo indica que para el buen desarrollo de los hijos, una vez trasplantados, se necesita de un sustrato con un mayor porciento de arena que permita el buen desarrollo de las raíces y un mayor porciento de materia orgánica que retenga mayor humedad. En este caso el mayor logro de plántulas se alcanzó con el tratamiento 1 (80 % de suelo proveniente de los pinares de la zona, 10 % de arena de río lavada y un 10 % de humus).

Si tenemos en cuenta que el costo de las materias primas que se utilizan en el proceso productivo y el nivel de accesibilidad a las fuentes están directamente relacionados con el costo de producción de las posturas, con el costo de la plantación y de los producciones que se deriven, se impone decidirse por el empleo de un sustrato más económico, máxime cuando no existen diferencias significativas entre los dos sustratos que mejores resultados mostraron (*Tabla 4*).

TABLA 4
Análisis económico de los componentes de los sustratos

No.	*Tratamientos*	*Componentes*	*Precio de la tonelada (MN)*	*Valor de la materia prima según porciento empleado por unidad (900 m^3) (MN)*	*Costo del sustrato utilizado para llenar una bolsa ($)*
1	80 % de suelo proveniente de los pinares de la zona 10 % de arena de río lavada 10 % de humus	Suelo de Pinar	0	0	0,011
		Arena de río lavada	0	0	
		Humus	318	0,0114	
2	40 % de turba 40 % de humus 20 % de arena de río lavada	Turba	25,28	0,0036	0,049
		Humus	318	0,0457	
		Arena de río lavada	0	0	

Una vez efectuado el análisis se puede concluir que el sustrato 1 es el más adecuado para la propagación vegetativa de la especie *Bambusa vulgaris,* en las condiciones de viveros forestales en la Alturas de Pizarras de Viñales, superior al 2 a partir de que el suelo utilizado y la arena de río lavada son productos forestales no maderables existentes en las empresas, en las áreas aledañas a los viveros.

El humus de lombriz puede ser producido localmente en el propio vivero, como fue en este caso. No obstante, a la hora de efectuar el análisis económico se consideró el precio medio con el cual las entidades lo comercializan.

A estas plántulas se les suministró riego en dos momentos del día, por la mañana y al atardecer, en aras de garantizar un buen nivel de humedad en los bolsos.

CONCLUSIONES

- El sustrato compuesto por el 80 % de suelo proveniente de los pinares de la zona, 10 % de humus y el 10 % de arena de río lavada es el más adecuado para la propagación vegetativa (por esquejes y a partir del deshije) de la especie *Bambusa vulgaris* Schrader ex Wendland en las condiciones de viveros forestales.

BIBLIOGRAFÍA

BETANCOURT, M., *ET AL.* 2000. «Manual técnico para el manejo del bambú». 27 pp.

MORALES, E. 2003. «Conceptos y herramientas estadísticas». Curso Genética Forestal y Silvicultura 114. Ingeniería Forestal. Universidad Austral de Chile.

IBP. 2010. «Propagación vegetativa de *Bambusa vulgaris* Schrader ex Wendland Instructivos Técnicos no. 001-2010. Santa Clara. Cuba.

INBAR. 2009. *The Climate Change Challenge and Bamboo. Mitigation and Bamboo. China*.

SEGUÍ, J. 2010. *Suggested Listo f Bamboo for Shoot Production in Asian South Sub-Tropical and Tropical Areas*. p. 91.

RESEÑA CURRICULAR

Autor principal: Modesto González Menéndez

Doctor en Ciencias Ecológicas, investigador auxiliar del Instituto de Investigaciones Agro-Forestales, trabaja en la temática de Silvicultura y Ecología Forestal. Ha impartido conferencias sobre Manejo y Restauración de Ecosistemas Forestales Degradados. Cuenta con varios reconocimientos: Sello Forjadores del Futuro, Premio Academia, Premio Institucional, entre otros. Su tesis de doctorado fue la más destacada a nivel ministerial en 2006. Cuenta con publicaciones nacionales e internacionales. Ha participado en eventos nacionales y en el exterior.

Revista Forestal Baracoa vol. 32 (1), enero/junio 2013 *ISSN: 0138-6441*
Artículo científico, pp. 35-41

VARIACIÓN ESPACIAL EN LAS COMUNIDADES DE LAGARTOS Y SU RELACIÓN CON LA ESTRUCTURA DE LA VEGETACIÓN EN LA RESERVA DE BIOSFERA PENÍNSULA DE GUANAHACABIBES, CUBA

THE HABITAT VARIATION IN THE COMMUNITIES OF LIZARDS AND THEIR RELATIONSHIP WITH THE STRUCTURE OF VEGETATION, AT THE BIOSPHERE RESERVE OF PENINSULA OF GUANAHACABIBES, CUBA

Lic. Evelyn Pérez-Rodríguez y M. Sc. Freddy Delgado-Fernández

Centro de Investigaciones y Servicios Ambientales. Km 2½ Carretera a Luis Lazo, Pinar del Río, Cuba, evelyn@ecovida.pinar.cu, freddy@ecovida.pinar.cu, teléf.: 750061

RESUMEN

En este trabajo se establece una comparación de la composición y el estado de tres familias del suborden Sauria del extremo más occidental de la Reserva de Biosfera Península de Guanahacabibes, Cabo San Antonio, en áreas de más de treinta años sin manejos forestales y área de aproximadamente de dos a cinco años con aprovechamientos forestales, en época de sequía. Se emplea el método de itinerario de censo y se valoran indicadores ecológicos como riqueza de especies, abundancia relativa, tipo de sustrato, iluminación a que se exponen, entre otros. La especie numéricamente dominante en estas áreas de estudio resultó ser el Anolis quadriocellifer, *endémico regional de la localidad.*

Palabras claves: *Sauria, aprovechamiento forestal, Península de Guanahacabibes*

ABSTRACT

In this paper is described a comparison between the composition and the state of conservation of three families of the sub order Sauria of the most western part of the Reserve of Biosphere Peninsula of Guanahacabibes (Cabo San Antonio, in areas of more than 30 years without forest management and a surface with a forest management approximately of 2 to 5 years, during the dry season. The method of itinerary census is used and ecological indicators are evaluated such as: richness of species, relative abundance, sustrato type, illumination exposure, among others. The dominant species in numerical terms was Anolis quadriocellifer, endemic of the locality.

Key words: *Sauria, forest management, Peninsula de Guanahacabibes*

INTRODUCCIÓN

La Reserva de la Biosfera Península de Guanahacabibes, ubicada en el extremo más occidental de la isla de Cuba, se caracteriza por presentar una diversidad faunística y florística con gran importancia ambiental, económica y social, con un mosaico vegetal donde predomina el bosque semideciduo notófilo [Delgado, 1998], abarcando el 60 % del área total.

En la Península de Guanahacabibes, y sobre todo la formación boscosa semideciduo, ha sido afectada por los manejos forestales que se han aplicado al territorio. Según Camejo *et al.* (inédito), algunos estudios recientes han permitido conocer elementos del funcionamiento del bosque, similares, e incluso algunas cuestiones se han investigado en Guanahacabibes sobre

Fecha de recepción: 4/4/2012
Fecha de aprobación: 14/1/2013

su ecología, lo cual fortalece el criterio de que el manejo practicado a expensas del referido Proyecto de Ordenación Forestal no representa en medida alguna un manejo sostenible de tal recurso natural.

Los estudios de las comunidades de reptiles en la Península de Guanahacabibes han sufrido variaciones, hasta la fecha producto de los diversos usos y manejos del territorio, ya que son los factores que afectan negativamente a los reptiles, ocasionando cambios en la estructura y funcionamiento de los ecosistemas [Rodríguez, 1985].

Por la gran diversidad de especies y la abundancia de individuos que presentan algunas comunidades de iguánidos tropicales, ellos han sido utilizados como modelos para caracterizar las relaciones entre especies e intraespecíficas que permiten la convivencia en simpatía, sin que se observen grandes interferencias competitivas [Rodríguez, 1999].

En el presente trabajo nos proponemos investigar sobre la estructura y composición de la comunidad de saurios de la formación vegetal de bosque semideciduo bajo diferentes tiempos de aprovechamiento forestal, para valorar sus modificaciones por los manejos forestales y la influencia de estos sobre las comunidades, al identificar los factores de la estructura de la vegetación que mejor explican las tendencias principales de variación espacial y temporal (estacional) en el Cabo de San Antonio.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó en el Parque Nacional Guanahacabibes en la formación vegetal de bosque semideciduo. Las áreas se seleccionaron según el mapa de vegetación de la Reserva [Delgado, 1998] en el Cabo de San Antonio, que ocupa la zona más occidental de la península (*Fig. 1*).

Se definen dos áreas acordes con el tiempo de recuperación que llevaba el bosque semideciduo por impactos de manejos forestales antes experimentados (aprovechamiento forestal):

- Veinte o más años de recuperación posaprovechamiento forestal (área 1)
- Cinco años de recuperación posaprovechamiento forestal (área 2)

En cada tratamiento se establecieron 10 transectos con una longitud de 100 m y 5 m de ancho, a una distancia de 100 m uno de otro georeferenciados con GPS. Se ubicaron alternos uno hacia el este y otro hacia el oeste, tomando como punto de referencia la vereda del Cataure y la Jocuma.

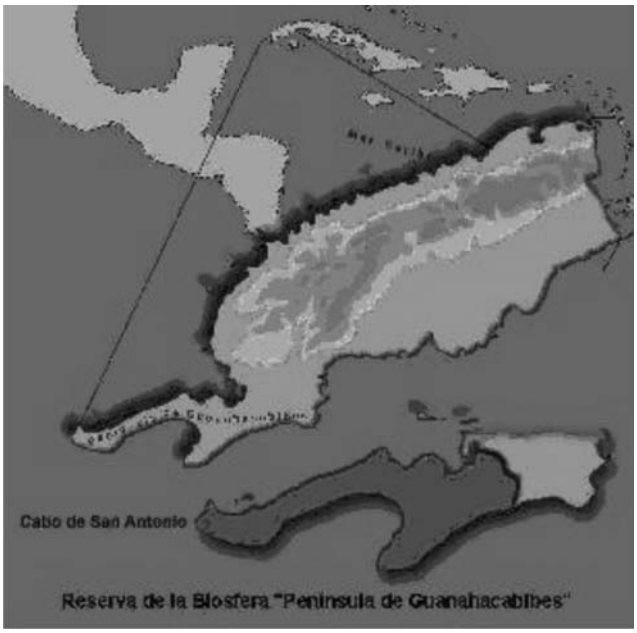


Figura 1. Área de trabajo en la Península de Guanahacabibes.

La toma de datos para el análisis de la estructura de la vegetación, según las técnicas de James y Shugart (1970) y Noon (1981), fueron modificadas para los reptiles, teniendo en cuenta las modificaciones realizadas por Rodríguez Schettino (2003). Se marcaron dos parcelas circulares de 11,2 m de radio (0,04 ha) en el extremo de cada transecto; luego los datos de ambas parcelas se promediaron para obtener el valor a utilizar en cada transecto.

Los parámetros estructurales han sido:

- Especies arbóreas (Sp arbor). Cobertura del dosel, altura del dosel (hm)l, regeneración natural (Nreg), volumen (V/ha), área basal (AB/ha), promedio de diámetro de los árboles (dm).

Los resultados fueron procesados en dos sistemas estadísticos SPSS versión II de 2002 ,realizando análisis de ANOVA y el programa Biodiversity Profesional, versión 2.0 [MacAleece, 1997], donde se calculó la diversidad (H'), utilizando el índice de Shannon (1492) y tomando log de base 10 y la equitatividad (J') al escoger

el índice de Berger Parker por tener una comunidad poca equilibrada y con una especie con cierta dominancia. Para determinar la significación de las diferencias detectadas se aplicó como estadísticos X^2 y el método B de Iverson (1979) para estimar la densidad de reptiles en cada área y el Test de Mann-Whitney.

Las especies de lagartos y las variables de vegetación medidas se relacionaron mediante análisis de correspondencia canónica empleando PCord versión 4.10.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se registraron 11 especies de lagartos pertenecientes a tres familias: Polychrotidae, Tropiduridae y Teeidae [Garrido, 1968].

TABLA 1
Representación de especies por localidad y total de individuos por cada una de ellas.
Área 1: Catauro 30 años, y Área 2: Jocuma 5 años

Especies	*Cabo de San Antonio*	
	Área 1	*Área 2*
Leiocephalus carinatus (Lc)	20	0
Leiocephalus macropus (Lm)	19	0
Leiocephalus stictigaster (Ls)	6	0
Anolis porcatus (Ap)	0	2
Anolis quadriocellifer (Aq)	204	183
Anolis homolechis (Ah)	10	6
Anolis loysiana (A.l)	10	3
Anolis angusticeps (Aa)	5	12
Anolis alutaceus (Aal)	6	2
Anolis luteogularis (Aln)	3	1
Ameiva auberi (Ama)	4	7

En las especies observadas se puede apreciar un alto nivel de endemismo. De las 11 especies, ocho son endémicas de Cuba, lo que representa un 72,7 %. Una de ellas es endémica local: *Anolis quadriocellifer*, y dos subespecies: *Ameiva auberi auberi* y *Leiocephalus stictigaster stictigaster*.

La *Fig. 2* representa los diferentes valores de abundancia relativa por especies en las dos áreas de estudio, siendo significativa la dominancia de *A. quadriocellifer* con un valor de 0,996 según los cálculos de ANOVA, con una abundancia relativa de 200 ind/hora.

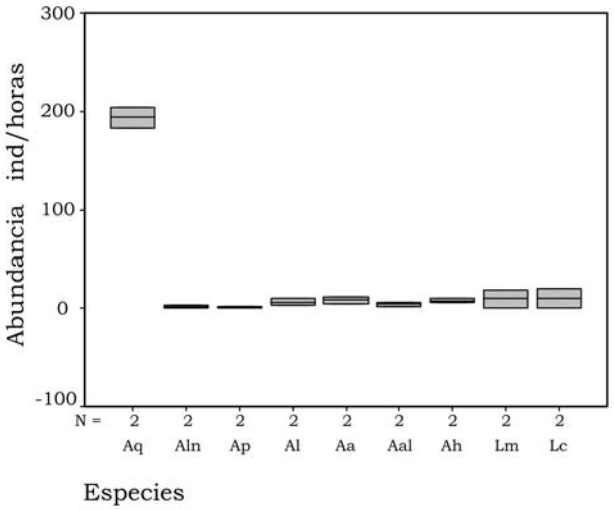


Figura 2. Abundancia relativa (AR) de las especies observadas en las áreas de estudio en el Cabo de San Antonio.

El máximo valor de abundancia relativa se alcanzó en el área de aproximadamente treinta años sin manejos forestales. La cantidad de individuos que fueron registrados por hora de observación en los transectos establecidos evidencian cómo áreas sometidas a aprovechamientos forestales presentan una marcada disminución de este indicador ecológico (*Fig. 3*). Realizando los análisis de diversidad y teniendo en cuenta el índice de Shannon (1949), demostró que los índices de diversidad se mantienen bajos. La mayor diversidad fue de 1,49 en el área 1, y 0,63 en el área 2. Esto se debe a las especies raras encontradas.

La equitatividad presenta un valor de 0,73 en el área 1, y en el área 2 de 0,90, siendo esta última más homogénea.

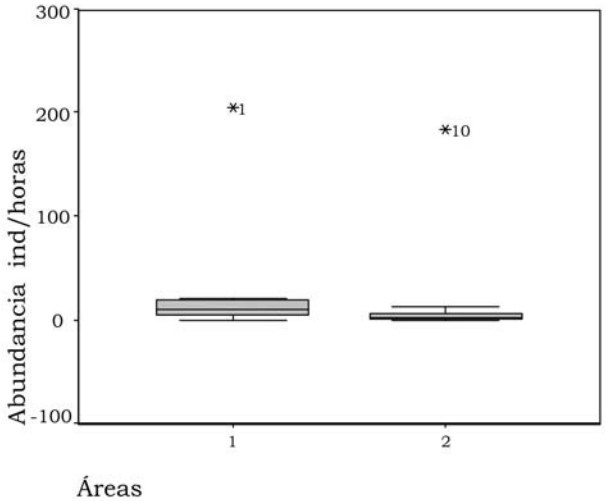


Figura 3. Número de individuos en cada área de estudio, 1: Area1, 2: Área 2.

En este estudio se pudo comprobar una población con gran proporción de juveniles preferentemente machos, representando una proporción de seis machos por cada hembra, teniendo en cuenta presencia de hábitat disponible, característicos de las poblaciones y la competencia con otras especies. Los machos se sitúan a mayor altura sobre el suelo, en los troncos, ramas o rocas, que las hembras y juveniles.

En cuanto al sustrato que explotan las especies observadas en ambas localidades, se pudo apreciar que frecuentan los cuatro tipos establecidos. Al realizar un análisis del comportamiento de la comunidad respecto a la preferencia de sustrato (*Figs. 4* y *5*), los troncos de árboles y arbustos son los sitios de posta más frecuentemente utilizados (81,25 % de los individuos), así como las ramas y las rocas, aunque hay especies, como las del género *Leiocephalus,* que habitan típicamente sobre el suelo. El estadístico $X^2 = 4,12$ no arroja diferencias significativas entre frecuencias por tipos de sustratos para $p < 0,05$.

Se destaca por su amplitud en el uso de estos recursos estructurales *Anolis quadriocellifer,* la única especie que ocupa los cuatros tipos de sustratos en ambas áreas, con una frecuencia alta por el tronco de los árboles del 70 al 80 %.

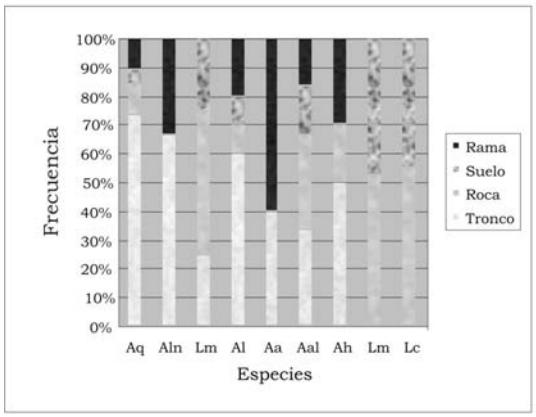


Figura 4. Sustratos por especies en el área 1.

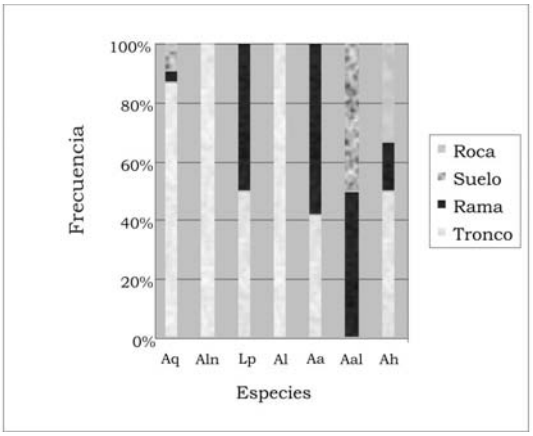


Figura 5. Sustratos por las especies en el área 2.

Se tuvo en cuenta la preferencia por la iluminación de las especies que fueron observadas expuestas al sol directo, sombra y sol filtrado por la vegetación (*Figs. 6* y *7*), debido a que los iguánidos dependen extraordinariamente de las condiciones climáticas para sobrevivir. La temperatura es el factor que más influencia tiene sobre el modo de vida de las distintas especies, puesto que los procesos fisiológicos dependen de la temperatura corporal. En el área de más de treinta años sin manejos forestales el mayor número de individuos fueron observados bajo el sol filtrado, y en el área recientemente talada se detectaron dos especies: *Anolis porcatus* y *Anolis luteogularis* que todos los individuos fueron observadas expuestos al sol y al sol filtrado.

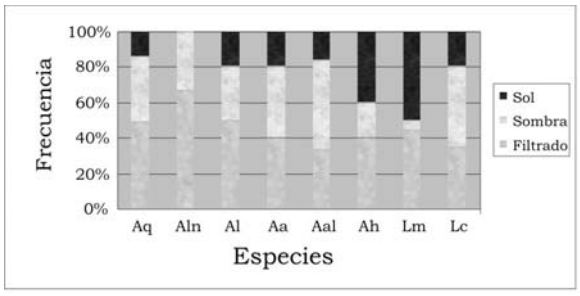


Figura 6. Iluminación por especies en el Área 1.

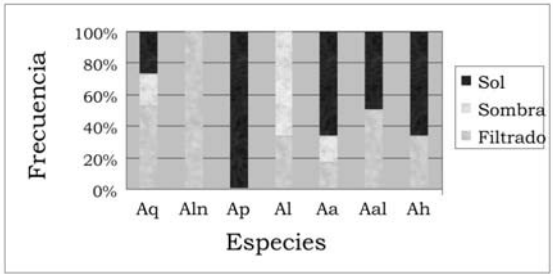
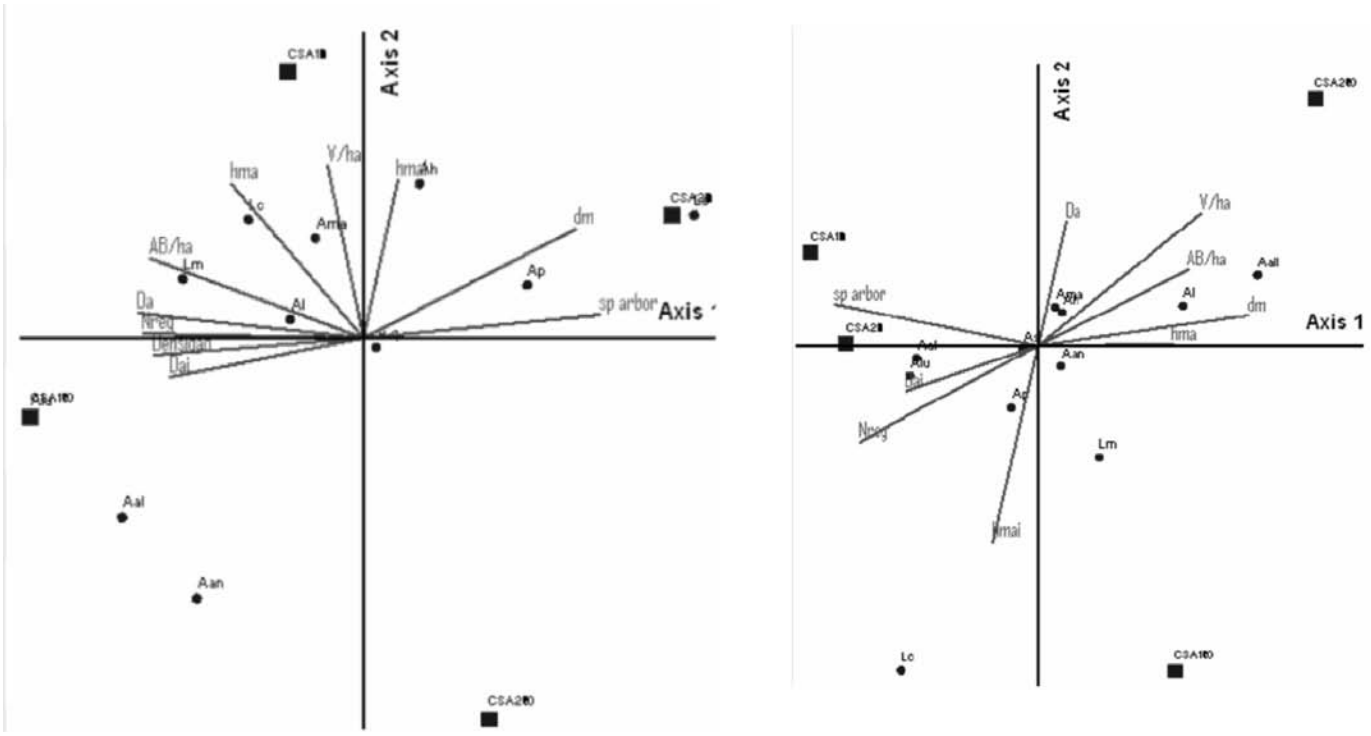


Figura 7. Iluminación por especies en el Área 2.

Durante el proceso de establecimiento de las comunidades de iguánidos se han ido fijando entre ellos determinadas relaciones ecológicas que permiten una adecuada utilización de los recursos ambientales, sin grandes interferencias competitivas, por lo que la relación con las variables de vegetación que se muestra en las *Figs. 8* y *9* están estrechamente relacionadas con las adaptaciones morfológicas, fisiológicas y conductuales de las especies en la comunidad, en un momento dado. *Anolis quadriocellifer* es la especie de mayor plasticidad y no presenta una asociación definida por una variable específica.

En el área 1 la mayoría de las especies se asocian a las variables de volumen, altura y área basal del bosque; sin embargo, *Anolis angusticep* y *Anolis alutaceus* no se correlacionan con ninguna variable en esta área.

En el área de aproximadamente de dos a cinco años de recuperación posaprovechamiento forestal la única especie que se encuentra aislada es *Leicephalus macropus*.



Área 1 Área 2

Figuras 8 y *9*. Diagrama de ordenación de análisis de correspondencia realizado con especies de lagartos y variables de vegetación.

La mayor abundancia está representada por la familia Polychrotidae, todos pertenecientes al género *Anolis*; son las más representativas y abundantes a pesar de encontrarnos en un bosque semideciduo con diferentes tiempos de recuperación sin el efecto de manejos forestales desde aproximadamente treinta años y alrededor de cinco años. La mayor riqueza se observa en el tratamiento más conservado del Cabo de San Antonio.

La dominancia de *Anolis quadriocellifer* (*Fig. 2*) está condicionada por su adaptación a los cuatro tipos de sustratos en ambas áreas y su comportamiento ecológico, mientras que las demás especies fluctúan con valores más bajos. Esta abundancia no es significativa en comparación con los transectos, ya que no ocurren variaciones de la temperatura del aire, y la humedad relativa se mantiene estable entre el 85 y 87 % en ambas localidades de estudio.

En el área 1 se encontró una densidad de individuos en una hectárea de 2770, y en el área 2 de 2090 individuos, por lo que se puede afirmar que la recuperación de las poblaciones de reptiles con la deforestación es rápida. Una de las causas que puede ocasionar la referida situación es la incidencia de la época de seca, pues al escasear los alimentos aumenta la competencia, y las condiciones climáticas no son las más favorables. El bajo número de individuos en el bosque puede estar dado por lo que plantea Rodríguez (1999), sugiriendo que los requerimientos energéticos son elevados, y se puede explicar que durante la seca solo se le encuentre en el farallón, donde la disponibilidad de fuentes de calor es mayor que en la manigua o el bosque.

Confirmando la tendencia de la abundancia de árboles, arbustos y lianas a su disminución de occidente a oriente, se mantiene así aun después de los treinta y cinco años, siendo más evidente a partir de los doce a quince años de sucedido el impacto [Ferro, 2004]. Estas condiciones mantienen un estado conservacionista de todos los elementos abióticos y bióticos del ecosistema, y confirma que el área 2 fue donde encontramos menos cantidad de individuos, corroborando lo antes expuesto con el Test de Mann-Whitney, donde fue rechazada la Ho, siendo $U > 38$. Una de las consecuencias es que el aprovechamiento forestal afecta a la diversidad vegetal del bosque semideciduo notófilo, principalmente en el comportamiento de la riqueza y equitatividad de la comunidad al disminuirlos, donde las talas se realizaron más intensa y sistemáticamente, lo cual confirma un mayor efecto espacial que del tiempo de recuperación posterior al impacto, modificando los bordes de las zonas de distribución [Delgado *et al.*, 2000].

Se detectó cierta inestabilidad en la preferencia de sustratos de las especies en las diferentes áreas (*Figs. 4* y *5*), a diferencia de lo planteado por Pérez (2001), que el sustrato de mayor preferencia es la roca en tiempo de lluvia, por lo que se debe a que en el tiempo de sequía se detecten más alejados del suelo y en menor medida en las ramas de los árboles. Estos resultados son atribuibles a las condiciones que presentan las formaciones vegetales de los diferentes sitios y su estado de conservación. El espacio, en sus dos dimensiones, horizontal y vertical, es defendido en una extensión dada que depende de las características ecomorfológicas y conductuales de cada uno de los integrantes de las poblaciones de lagartos [Rodríguez, 1999].

Las diferencias encontradas en cuanto a la iluminación a que se exponen los individuos en las dos áreas de estudio (*Figs. 6* y *7*) se deben a que el área de más de treinta años sin manejos forestales, el mayor número estaba expuesto al sol filtrado por la vegetación, ya que en esta área el estrato arbóreo es demasiado denso y el herbáceo está conformado por la regeneración de las especies arbóreas, y en el área 2 por el sol, producto a los claros existentes en el bosque, aunque existe un regeneración de los árboles talados. La estructura de la vegetación condiciona la temperatura ambiental de cada tipo de hábitat, pero en ella subyace diferentes posibilidades de ocupar verticalmente el espacio [Arias, 2010]. Además, debemos tener en cuenta que los reptiles son poiquilotermos, requieren de más tiempo para adquirir su temperatura corporal umbral mediante el asoleamiento. El costo de la termorregulación depende, en gran parte, del hábitat: aumentar la temperatura corporal es más difícil en bosques cerrados que en áreas más abiertas [Huey, 1976].

Aunque las distintas especies presentan adaptaciones y especializaciones que les permiten el uso de determinada parte de los recursos ambientales (*Figs. 8* y *9*), pueden expresar mayor o menor grado en la amplitud de la explotación de dichos recursos, en dependencia de la comunidad en que se encuentren. Es decir, según su plasticidad ecológica, algunas especies varían su modo de utilización del espacio y otros recursos, de acuerdo con la estructura de la vegetación en que habitan y en relación con la presencia de unas u otras especies congenéricas [Arias, 2010].

En los hábitats más homogéneos, desde el punto de vista de la estructura de la vegetación, se pueden encontrar una o dos especies, mientras que en los de mayor diversidad estructural conviven en simpatía hasta 10 especies, en dependencia también de su distribución geográfica y altitudinal.

CONCLUSIONES

- En las áreas de estudio se observaron tres familias de la comunidad de saurios, siendo la especie dominante *Anolis quadriocellifer* y la de mayor plasticidad ecológica.
- Las localidades estudiadas se encuentran relativamente conservadas, su abundancia relativa no es significativa, aunque la mayor riqueza de especies se encuentra en el área de más de treinta años sin aprovechamiento forestal.
- La abundancia del *Anolis angusticeps* (12 individuos en el área 2) se considera como un indicador para los bosques recientemente talados.

BIBLIOGRAFÍA

Arias, Á. 2010. «Ecología de las comunidades de lagartos de Cayo Santa María. Villa Clara. Cuba». Tesis en opción al grado científico de Doctor en Ciencias Ecológicas. Universidad de Alicante.

Delgado, F. *et al.* (2000). «Informe final de proyecto. Funcionamiento del bosque semideciduo y caracterización de otros ecosistemas de la Reserva de la Biosfera. Península de Guanahacabibes. Programa Nacional de Ciencia y Técnica "Los cambios globales en la evolución del Medio Ambiente Cubano"». Cuba. CITMA.

Delgado, F.; Ferro, J., Capote, R. 1998. «Vegetación de la Reserva de la Biosfera Península de Guanahacabibes. Informe de Investigación. Pinar del Río». Delegación Territorial CITMA. 1-20 pp.

Ferro, J. 2004. «Efecto de aprovechamiento forestal sobre la estructura y dinámica de la comunidad de epífitas vasculares del bosque semideciduo notófilo de la Península de Guanahacabibes, Cuba». Tesis en opción al grado científico de Doctor en Ciencias Forestales. Universidad de Pinar del Río.

Garrido, O.; Schwartz, A. 1968. «Anfibios, reptiles y aves de la Península de Guanahacabibes. Cuba». *Poeyana* (CU) 53: 1-68.

Huey, R. B.; Slatkin, M. 1976. Costs and benefits of lizard thermoregulation. Quart. Rev. Biol. (Poner nombre completo de la publicación, de ser posible nombre del país que la publica) 51(3):363-384.

Inchaustegui, S. J. E.; Arias, Y. 1986. «Insularidad, anolis, ecología y evolución». *Ciencia y Sociedad* (ES) XI (2): abril-junio, 85-106.

James, F. C.; Shugart, H. 1970. «A quantitative method of habitat description». *Audobon Field Notes* (US), (24), pp. 727-737.

Leyra, G. *et al.* 2002. *Guanahacabibes donde se guarda el Sol de Cuba*, La Habana. Editorial Academia.

Noon, B. R. 1981. «Techniques for sampling avian habitats. The use of multivariate statistic in Studies of wildlife habitat». En: *The use of multivariate statistic in studies of wildlife habitat.* Ed. Capen. E., USDA Forest Serv. Tech. Rep. RM9-87. pp. 42-52.

Pérez, A.; Tamarit, A. 2001. Comunidad de Polychrotidos de la Reserva de Biosfera Península de Guanahacabibes, Pinar del Río, Cuba. Informe final de proyecto. Funcionamiento del bosque semideciduo y caracterización de otros ecosistemas de la Reserva de la Biosfera. Península de Guanahacabibes. Programa Nacional de cambios globales. CITMA.

Rodríguez Schettino, L.; Martínez Reyes, M. 1985. «Composición por especies de la familia Iguanidae y características ecológicas de tres especies de la familia en la Península de Guanahacabibes, Cuba» [inédito]. Instituto de Ecología y Sistemática, La Habana.

Rodríguez Schettino, L. 1999. *The Iguanid Lizards of Cuba*. Univeristy Press of Florida, Gainesville, xx + 428 pp.

Rodríguez Schettino, L. 2003. *Anfibios y reptiles de Cuba*. UPC Print, Vaasa, Finlandia, vi + 169 pp.

Shannon, C. E.; W. Weaver, W. 1949. *The mathematical theory of comunication*. University of Illinois Press. Urbana, 177 pp.

RESEÑA CURRICULAR

Autora principal: Evelyn Pérez Rodríguez

Licenciada en Biología, investigadora agregada de ECOVIDA, Pinar del Río, ha desarrollado investigaciones sobre dinámica poblacional de reptiles en Guanahacabibes, con premio de la Academia de Ciencias Provincial. Es aspirante del programa de doctorado en Ciencias Forestales.

Cordia gerascanthus Jacq. non L. (Boraginaceae)

Nombre vulgar: Baría Anaconda, Geiger tree.

No: 56 (HBw.)

Distribución geográfica: En toda Cuba e I. de la Juventud; Antillas Mayores, I. Caimán, México, América Central en montes semicaducifolios secos.

Caracteres macroscópicos: Albura de poco espesor color gris pardusco y es rápidamente destruida por insectos. Duramen color castaño rojizo con anchas vetas oscuras de color casi negro, poco lustre. Zonas de crecimiento visibles. Textura fina, grano recto, pesada dura y resistente, fácil de trabajar y pulir; no se agrieta fácilmente; muy durable.

Densidad: 0. 840-0,970 g/cm3

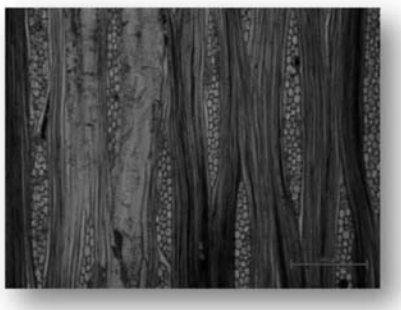
Principales usos: No tiene usos distintivos. Se emplea en la fabricación de muebles, construcciones, objetos torneados, traviesas, cielorrasos, carros, pasamanos, escaleras.













Caracteres microscópicos:

A. Porosidad:

Distribución: Difusa. Poros mayormente solitarios de forma oval; grupos radiales de 2 a 3 células y muy frecuentemente conglomerados de pocas células.
Diámetro (µm): 84-116-150
No./mm²: 19
Pared (µm): 84-116-150
Placa perforada: Simple
Punteaduras: Alternas, medianas
Contenidos: Tílides escasas
Longitud (µm): 292-381-402

B. Parénquima axial:

Distribución: Paratraqueal vasicéntrico a veces confluente.
Diámetro (µm): 22
No. células la serie: 2-3-5
Contenidos: No
Long. serie (µm): 200-329-437

C. Parénquima radial:

Distribución: No estratificados
Composición: Heterogéneos
No./mm: 5
Contenidos: Cristales
Ancho (µm): 52-64-70
No. células: 3 a 4
Alto (µm): 315-684-742
No. células: 46-62-81

D. Fibras:

Tipo: Libriformes, ovales
Distribución: Cierta orientación radial
Diámetro (µm): 8,5
Grosor de pared (µm): 2
Longitud (µm): 992-1505-1580

E. Caracteres especiales: No

Revista Forestal Baracoa vol. 32 (1), enero/junio 2013 *ISSN: 0138-6441*
Artículo científico, pp. 43-50

EFECTO DE QUEMAS PRESCRITAS SOBRE LAS PROPIEDADES FÍSICO-QUÍMICAS DEL SUELO EN LA ESTACIÓN HIDROLÓGICA AMISTAD

PRESCRIBED BURNS EFFECT IN PHYSICAL AND CHEMICAL SOIL PROPERTIES AT HIDROLOGICAL STATION AMISTAD

Dr. C. Isyoel Urrutia-Hernández,[1] M. Sc. Beatriz Rodríguez-Alfaro,[1] M. Sc. Yosvany Fleitas-Camacho,[1] Ing. José. A. Hernández-Abreu,[2] Dr. C. José G. Flores-Garnica,[3] Dr. C. Luis W. Martínez-Becerra[4] y Dra. C. Marta Bonilla-Vichot[4]

[1] Estación Experimental Agro-Forestal Viñales. Km 20 Carretera a Viñales, Pinar del Río, Cuba, vinales@forestales.co.cu, teléf.: 79 31 23
[2] Estación Experimental Agro-Forestal Camagüey. Ave. Ignacio Agramonte s/n, A. P. 405, Camagüey, Cuba
[3] Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (México)
[4] Universidad de Pinar del Río. Calle Martí final 270, Pinar del Río, Cuba

RESUMEN

La investigación se desarrolló en un bosque natural mezclado de Pinus tropicalis *Morelet, y* Pinus caribaea *var.* caribaea *ubicada en la Estación Hidrológica Forestal Amistad, con el objetivo de evaluar los efectos de las quemas prescritas sobre las propiedades físico-químicas del suelo. Se establecieron cinco puntos de muestreo en cada parcela de 10 000 m², en los que se colectaron muestras de suelo a profundidades de 0 a 10 cm y de 10 a 20 cm. Se observó que las quemas prescritas provocaron aumentos de significación inicial sobre algunas propiedades físico-químicas del suelo como el pH varió desde 3,90 a 4,02, y los cationes de Ca^{+2}, Mg^{+2} y K^{+}, los cuales se estabilizan a los 36 meses después de la quema y una disminución significativa de la capacidad de intercambio catiónico muy relacionado con la pobreza de nutrientes de este suelo.*

Palabras claves: *Pinus, quemas prescritas, propiedades del suelo.*

ABSTRACT

The research was carried out in a natural blended forest of Pinus tropicalis *Morelet, and* Pinus caribaea *var.* caribaea *of the Forest Hydrological Station Amistad. The main objetive was to evaluate the effects of prescribed burns in physical and chemical soil characteristics. Five sampleng puntos were stablished in plots of 10000 m², soil samples were collected from o to 10 cm depth and 10 to 20 cm depth. The results show that prescribed burns increase some physical and chemical soil properties such as: pH variations from 3,90 to 4,02, and cations Ca^{+2}, Mg^{+2} and K^{+}, with stabilization 36 months after the prescribed burn, and a significative decrease of the capacity of cationic exchange related to with nutrients soil poverty .*

Key words: *Pinus, prescribed burns, soil composition.*

INTRODUCCIÓN

Los efectos específicos del fuego pueden variar de manera significativa las propiedades físico-químicas del suelo. La frecuencia, duración e intensidad del fuego, así como las características del suelo deben ser consideradas. Grasso *et al.* (1996) plantean que la quema altera las características microbiológicas del suelo en varias formas, dependiendo del tipo de suelo, intensidad del fuego y los cambios inducidos por el fuego en el sustrato. El fuego puede tener un marcado efecto en el ciclo y el balance de los nutrientes en un ecosistema [O'Connell *et al.*, citados por Raison, 1985].

Fecha de recepción: 11/10/2012
Fecha de aprobación: 14/1/2013

Los fuegos de alta intensidad afectan la productividad y la estabilidad de los suelos debido al calor excesivo; por el contrario, un fuego de baja intensidad facilita el ciclo de algunos nutrimentos y pude ayudar al control de patógenos de las plantas; en general no incrementa la erosión del suelo. Por otro lado, un incendio intenso volatiliza cantidades excesivas de nitrógeno y otros nutrimentos esenciales, destruye la materia orgánica, altera la estructura del suelo y puede inducir la repelencia al agua. La combinación de estos efectos propicia una erosión excesiva del suelo y la pérdida de su potencial productivo [Aguirre,1981].

Los esfuerzos para detener los incrementos en el escurrimiento y la erosión después de los incendios forestales son ampliamente reconocidos, pero falta una comprensión básica de los procesos físicos que ayudaría a designar prácticas efectivas de rehabilitación en áreas afectadas por incendios. Una de estas son las quemas prescritas, las cuales están siendo usadas para diferentes fines.

Es por ello que el objetivo de esta investigación fue evaluar los efectos de las quemas prescritas sobre las características físico-químicas del suelo en la subcuenca hidrográfica 1 asociada al río San Diego, Galalón.

MATERIALES Y MÉTODOS

Características físico-geográficas

La cuenca del río San Diego abarca una extensión de 262 km^2 hasta el cierre de la presa La Juventud (parte media de la cuenca). La mayor parte pertenece a la Cordillera de Guaniguanico y el resto a la Llanura Aluvial de Pinar del Río; implica parte de los municipios de La Palma, Consolación del Sur y Los Palacios, de la provincia de Pinar del Río. La constitución geológica de esta cuenca está representada por algunas de las formaciones más antiguas del país. Desde el nacimiento del río San Diego hasta la parte media, incluyendo la totalidad de la estación Amistad, es característica la presencia de un complejo de rocas metamórficas a base de esquistos cuarcíticos y pizarrosos (Alturas de Pizarra) que se incluyen dentro de la formación San Cayetano, cuya edad se le asigna al Jurásico Inferior-Medio [Bermúdez, 1961, citado por Plasencia, 2010]. El relieve está representado por lomas de amplias laderas, para los que se obtienen los siguientes valores en la *Tabla 1*.

TABLA 1
Principales características físico-geográficas de la subcuenca 1 asociada al río San Diego en Galalón, Pinar del Río

Subcuenca	*Superficie (ha)*	*Pendiente media (%)*	*Altitud (msnm)*			*Densidad de drenaje (km/km^2)*
			Máxima	*Mínima*	*Media*	
1	8,91	20,4	139	103	122,0	11,4

Suelos

Según la composición mecánica, más del 50 % del suelo está constituido por partículas arenosas mayores de 0,2 mm; el resto se compone de arcilla y limo. Según esta composición, la mayoría de los suelos son arenosos.

A continuación se hace una descripción de un perfil efectuado donde se dan a conocer sus características.

Clasificación: Rojo alomado erosionado sobre esquisto micáceo.

Drenaje superficial: Excesivo.

Drenaje interno: Bueno.

Vegetación natural: Pinares.

Topografía: Colinas.

Material de origen: Esquisto micáceo.

TABLA 2
Descripción del perfil del suelo

Horizonte	*Profundidad (cm)*	*Descripción*
Ao	0-10	Pardo oscuro (7,5 YR 3/4) loam, estructura granular fina, desarrollo moderado, friable, abundantes gravas de cuarzo arenisca de grano fino y algunas partículas de micas, muchas raíces, no reacciona al ClH 10 %, transición brusca
Ac	10-28	Rojizo con ligeras manchas muy tenues y amarillentas, loam arenoso, sin estructura definida, abundantes gravas de cuarzo y arenisca y partículas de mica, escasas raíces, no reacciona al ClH 10 %, transición brusca
C	28 – 40	Esquisto con mucha cantidad de mica en diferentes estados de meteorización

Efectos del fuego sobre las propiedades químicas del suelo

Para la evaluación de los efectos del fuego sobre las propiedades físico-químicas del suelo fueron establecidos cinco puntos de muestreo en cada parcela de 10 000 m² donde se aplicó el fuego. En ellos se colectaron muestras de suelo a profundidades de 0 a 10 cm y de 10 a 20 cm con cuatro réplicas. Esto se realizó siete días antes de aplicar las quemas prescritas, siete días, 12 meses y 36 meses después.

El análisis químico de las muestras de suelo se realizó en el Laboratorio Provincial de Suelo del Ministerio de la Agricultura en Pinar del Río. Se evaluó pH por el método potenciométrico; materia orgánica por el método de Tiurin; calcio (Ca^{+2}) y magnesio (Mg^{+2}) por el método complexométrico; sodio (Na^{+}) por el método de fotometría de llama; fósforo (P_2O_5) y potasio (K^{+}) por el método de Oniani que se utiliza para suelos ácidos. Los datos fueron analizados con el empleo de un análisis de comparación de medias ANOVA de un factor, desglosándose posteriormente en el grupo con un análisis *post hoc* de Duncan al 95% de confiabilidad.

Efectos del fuego sobre las características físicas del suelo.

Para determinar el efecto del fuego en las propiedades físicas del suelo, tales como densidad real, densidad aparente y porosidad, se evaluó siete días antes de aplicar las quemas, siete días, 12 meses y 36 meses después. El valor de la densidad real se determinó a través de la ecuación 1. Martín y Cabrera (1987).

$$Dr = \frac{m}{(m + A) - B} \quad (1)$$

Donde:

Dr: Densidad real (g/cm³)
m: 10 g de la muestra de suelo seco
A: Masa del picnómetro con agua (g)
B: Masa del picnómetro con agua hervida y suelo (g)

La densidad aparente se determinó por el método del cilindro, rellenando este de las distintas muestras de suelo; se pesó el cilindro primero sin el suelo utilizando la ecuación 2.

$$Da = \frac{M}{V} \quad (2)$$

Donde:

Da: Densidad aparente (g/cm³)
M: Masa del suelo seco (g)
V: Volumen del cilindro (cm³)

La porosidad es el volumen sumario de los suelos dependiendo de la composición química y mecánica de los agregados y de la estructura del suelo (Alonso *et al.*, 1979). Se determinó por la ecuación 3:

$$PTotal = \left(1 - \frac{Da}{Dr}\right) \times 100 \quad (3)$$

Donde:

Da: Densidad aparente del suelo (g/cm³)
Dr: Densidad real de la fase sólida (g/cm³)

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Comportamiento del fuego

Los valores correspondientes al comportamiento del fuego se observan en la *Tabla 2*. Wade (1986) [citado por De Ronde *et al.*, 1990] describen niveles de intensidades asociados con el comportamiento del fuego para auxiliar los planes de quemas prescritas en poblaciones de *Pinus elliottii* en el sur de Estadps Unidos. Según estos autores, existen dos niveles: el límite de óptima variación que estaría entre 17 y 60 kcal x m^{-1} x s^{-1} y el máximo de intensidad de quema que no debe sobrepasar las 165 kcal x m^{-1} x s^{-1}. Comparando los resultados de la *Tabla 3* con estos valores, lo podemos clasificar de óptima variación.

Según Brown y Davis (1973), los incendios pequeños difícilmente exceden niveles de intensidad de 2000 kW x m^{-1}, mientras que en los incendios de gran magnitud pueden traspasar valores de 60 000 kW x m^{-1}.

TABLA 3
Parámetros del comportamiento del fuego

Parcela	*I kw x* m^{-1}	*r m x* s^{-1}	*Ha kJ*	*L m*
Retroceso	245,70	0,0081	30333,33	0,74

Intensidad de quema (I), velocidad de propagación (r), calor liberado por unidad de área (Ha) y longitud de las llamas (L m).

Bottello y Cabral (1990) establecieron una clasificación para determinar la velocidad de propagación del fuego. Según la misma la velocidad, es lenta cuando es menor de 0,033 m x s^{-1}, media cuando está entre 0,033 y 0,166 m x s^{-1}, es alta entre 0,166 y 1,166 m x s^{-1}, y es extrema cuando es mayor de 1,166 m x s^{-1}. Teniendo en cuenta esta clasificación, puede afirmarse que la velocidad de propagación del fuego fue lenta.

Efectos de las quemas prescritas sobre los nutrientes del suelo

El fuego introduce efectos negativos y positivos sobre las propiedades de los suelos. La magnitud de estos efectos depende fundamentalmente de los valores que muestren las variables del comportamiento del fuego, tales como su intensidad lineal, la velocidad de propagación y el calor liberado por unidad de área. Las magnitudes de estas variables dependerán de factores como el combustible, la topografía y el tiempo atmosférico.

Los valores analíticos obtenidos del pH(KCl) en el suelo antes y después de la aplicación de la quema prescrita varían desde fuertemente ácidos a moderadamente ácidos debido al efecto de las quemas aplicadas, como se observa en la *Tabla 4*, los cuales pueden clasificarse de ácidos MINAG (Ministerio de la Agricultura) (1984), apreciándose un incremento significativo a los siete días después de realizadas las quemas, los que aumentan debido a la baja intensidad de las quemas, las cuales no consumieron en su totalidad la materia orgánica disponible, además de producirse ligeros incrementos a los 36 meses para las dos profundidades antes mencionada.

De acuerdo con lo expresado por Vega *et al.* (2000), el pH suele aumentar en suelos quemados por fuego prescrito debido al aporte de cationes procedente de las cenizas, aunque dependiendo de la intensidad de la quema y otras características edáficas puede no haber cambios apreciables.

Batista (1995) [citado por Martínez, 2006] refiere que cuando la materia orgánica del suelo es quemada, las sustancias netas contenidas son liberadas en forma de óxidos o carbonatos que generalmente presentan reacción alcalina. De ese modo, cuando las cenizas son depositadas en el suelo la tendencia es a disminuir la acidez.

Los contenidos de fósforo asimilable comparados antes y después de las quemas experimentan ligeros incrementos no significativos para las diferentes profundidades, los cuales son atribuidos a la rápida mineralización del fósforo ,causada por el efecto del fuego al acelerar la descomposición de la materia orgánica y a un menor grado de la movilidad entre perfiles de este elemento.

El potasio asimilable experimenta incrementos significativos al término de los siete días debido al aporte de cenizas procedente del fuego, el cual indujo una fuerte mineralización del potasio de la materia orgánica, aumentando sus contenidos; sin embargo, a los 36 meses se observan valores similares a los iniciales, determinados por la baja severidad de la quema y las características del suelo que le permite retornar a sus condiciones iniciales.

TABLA 4
Contenido de pH, fósforo (P_2O_5) y potasio asimilable (K_20) del suelo antes y después de las quemas

Factores	*Profundidad (cm)*	*Antes de quemar 7 días*	*Después de la quema*		
			7 días	*12 meses*	*36 meses*
pH (KCl)	0-10	3,90a	4,02b	3,86a	3,92a
	10-20	3,82a	3,92b	3,79a	3,83a
P_2O_5 (mg/100 g)	0-10 10-20	2,24a 1,84a	2,26a 1,85a	2,23a 1,83a	2,24a 1,84a
K_20	0-10	5,95a	6,18b	6,00b	5,90a
(mg/100 g)	10-20	4,27a	4,81b	4,02a	4,28a

Medias seguidas por letras diferentes horizontalmente difieren entre sí por la prueba de Duncan $p < 0,05$.

Después de realizar la quema, la materia orgánica no disminuye significativamente, pero al transcurrir 12 meses de efectuada, los valores disminuyen significativamente para ambas profundidades, como se observa en la *Tabla 5,* debido a su consumo por el fuego y por los microorganismos del suelo, además de ser muy lento el proceso de descomposición de las acículas por su alto contenido de lignina.

A los 36 meses de aplicada la quema los contenidos de materia orgánica se incrementan y se registran valores similares a los existentes antes de aplicar el fuego, al retornar el ecosistema a las condiciones iniciales y a la incorporación de los diferentes restos vegetales. Por su parte, De Las Heras *et al.* (1995) observaron incrementos significativos a través del tiempo (65 meses) de la materia orgánica en suelos afectados por incendios. Por el contrario, Flores y Benavides (1994) observaron incrementos ligeros no significativos de la materia orgánica en los bosques de *Pino michoacana* (pino-encino y pino con otras hojosas). Contrario a esto, Martínez *et al.* (2003) encontraron una disminución significativa para los valores de la materia orgánica desde 1,81 antes del incendio hasta 1,48 a los tres años de haber ocurrido en bosques naturales de *P. caribaea* y *P. tropicalis* en Macurijes, Pinar del Río, debido al consumo total del arbolado por las llamas del incendio.

TABLA 5
Valores promedios de materia orgánica (MO %), suma de bases (S), capacidad de intercambio catiónico (T) y el porcentaje de saturación de las bases (V)

Factores	*Profundidad (cm)*	*Antes de quemar 7 días*	*Después de la quema*		
			7 días	*12 meses*	*36 meses*
MO (%)	0-10	3,22a	3,14a	2,74b	3,33a
	10-20	3,11a	3,07a	2,77b	3,17a
S (cmol(+) x kg^{-1})	0-10	1,24a	1,18a	1,08a	1,25a
	10-20	1,27a	1,23a	1,13a	1,20a
T (cmol(+) x kg^{-1})	0-10	5,50a	5,60a	3,90b	4,23b
	10-20	5,38a	5,42a	2,88c	3,96b
V (%)	0-10	22,33a	21,22a	20,23a	23,38a
	10-20	22,86a	20,22a	19,50a	22,40a

Medias seguidas por letras diferentes horizontalmente difieren entre sí por la prueba de Duncan $p < 0,05$.

Los valores obtenidos de la suma de las bases (S) son muy bajos relacionados con los bajos contenidos de bases en estos suelos, los cuales presentan una baja fertilidad, y por poseer un pH extremadamente ácido, no muestran diferencias significativas para ninguno de los períodos estudiados.

Según MINAG (1984), la capacidad de intercambio catiónico (CIC) es clasificada de muy baja para los resultados, apreciándose que los valores tienden a disminuir significativamente a los 12 meses de efectuadas las quemas prescritas, debido principalmente a la disminución de la cantidad de materia orgánica, aunque a los 36 meses se observa un incremento de los valores determinados después de las quemas, pero sin llegar a los valores iniciales antes de quemar. La baja CIC está relacionada con la dificultad de que se produzca intercambio catiónico en zonas de pH muy ácido [Marcos *et al.*, 1999].

Los valores del porcentaje de saturación que las bases representan dentro de la capacidad de intercambio catiónico se pueden considerar bajos de acuerdo con Cairo y Fundora (2007), con incrementos no significativos a partir del primer año de aplicado el fuego en la capa superficial del suelo.

El contenido de los cationes intercambiables del suelo antes y después del fuego se encuentran de forma deficiente de acuerdo con MINAG (1984), tanto antes de la quema como a los 36 meses de efectuada. Los resultados tienden a aumentar sus concentraciones, básicamente a causa de la liberación de nutrientes por la acción de las quemas de baja intensidad aplicadas, las cuales consumieron parcialmente la materia orgánica. Sin embargo, Martínez (2006) en estudios realizados con la implementación de quemas prescritas en bosques naturales de *P. tropicalis* se refiere a incrementos significativos del K^+ y Na^+.

Al evaluar el efecto del fuego en las concentraciones de nutrientes del suelo, comparados antes y después de las quemas, propiciaron un incremento inicial para el Ca^{+2}, Mg^{+2} y K^+, como se puede observar en la *Tabla 6.*

Benítez (2003) [citado por Martínez, 2006] refiere incrementos en la disponibilidad de fósforo, potasio, calcio y magnesio a valores relativamente altos en plantaciones de *P. caribaea*, después de ser afectados por el fuego.

TABLA 6
Contenido de nutrientes del suelo antes y después del fuego

Factores	*Profundidad (cm)*	*Antes de quemar 7 días*	*Después de la quema*		
			7 días	*12 meses*	*36 meses*
Ca^{+2} (cmol(+) x kg^{-1})	0-10	0,75b	0,77a	0,74b	0,75b
	10-20	0,77b	0,78b	0,76b	0,78b
Mg^{+2} (cmol(+) x kg^{-1})	0–10	0,43b	0,47a	0,42b	0,44b
	10-20	0,44b	0,46a	0,44b	0,43b
Na^+ (cmol(+) x kg^{-1})	0 -10	0,08b	0,07b	0,07b	0,09b
	10-20	0,05b	0,06b	0,05b	0,06b
K^+ (cmol(+) x kg^{-1})	0-10	0,14b	0,19a	0,12b	0,13b
	10-20	0,10b	0,13a	0,11b	0,11b

Medias seguidas por letras diferentes horizontalmente difieren entre sí por la prueba de Duncan $p<0,05$.

En la *Tabla 6* se muestran los valores de densidad y porosidad del suelo a diferentes profundidades, antes y después del fuego, los cuales no manifiestan diferencias significativas para los períodos de tiempo ni profundidades estudiadas, dado a la baja intensidad de las quemas aplicadas, que no consumieron en su totalidad la materia orgánica, favoreciendo a que los cambios en las características físicas del suelo no sean modificadas.

De acuerdo con Flores y Benavides (2009), la intensidad del fuego y el tiempo de exposición al calor del suelo mineral definen el grado de respuesta de las propiedades del suelo. De esta forma, los efectos específicos del fuego en el suelo pueden variar exponencialmente. Además, debe considerarse la frecuencia, la duración y la intensidad del fuego, así como las características del suelo. Sin embargo, Aguirre (1981) se refiere a que el fuego modifica la permeabilidad del suelo, pero es poco probable que el calor sea suficiente para alterar características como su textura.

TABLA 6
Valores de densidad y porosidad del suelo a diferentes profundidades, antes y después del fuego

Factores	*Profundidad (cm)*	*Antes de quemar 7 días*	*Después de la quema*		
			7 días	*12 meses*	*36 meses*
Dr (g/cm^3)	0 -10	2,48a	2,46a	2,45a	2,48a
	10-20	2,49a	2,47a	2,46a	2,49a
Da (g/cm^3)	0-10	1,26a	1,25a	1,24a	1.26a
	10-20	1,25a	1,24a	1,23a	1.25a
Porosidad (%)	0-10	49,19 a	49,19 a	49,39 a	49,19 a
	10-20	49,80 a	49,80 a	50,00 a	49,80 a

Medias seguidas por letras diferentes horizontalmente difieren entre sí por la prueba de Duncan $p < 0,05$.

CONCLUSIONES

- La quema prescrita ejecutada con una intensidad lineal de 245,70 kw x m^{-1}, con un calor liberado por unidad de área de 30 333,33 kJ, con una velocidad de propagación de 0,0081 m x s^{-1} y una longitud de las llamas de 0,74 m provocó incrementos de significación inicial sobre algunas propiedades del suelo como el pH, los cationes de Ca^{+2}, Mg^{+2} y K, y una disminución significativa de la capacidad de intercambio catiónico muy relacionado con la pobreza de nutrientes en estos suelos.
- El fuego experimental no indujo cambios de significación sobre la densidad y porosidad del suelo debido a la baja severidad de la quema.

BIBLIOGRAFÍA

Aguirre, B. 1981. Efecto del fuego en algunas propiedades físicas del suelo forestal. Universidad Autónoma Chapingo. Departamento de enseñanza, Investigación y Servicio en bosque. Publicación Especial. México. 73 p.

Alonso, C., et al. 1979. Compendio de suelos. Segunda reimpresión. Ciudad de La Habana. Editorial Pueblo y Educación. p. 199-231

Bottello, H., Cabral, M.T. 1990. Efeitos ecológicos dos incendios e do fogo controlado sobre o estrato arbóreo. Universidade de Trás-Os-Montes en Alto Douro. p. 77-83.

Brown, A.A., Davis, K.P. 1973. Forest Fire – Control and use. New York. Mc Graw Hill. 686 p.

Cairo C.P., Fundora, H.O. 2007. Edafología. La Habana. Editorial Félix Varela. 265 p.

Flores, J.G., Benavides, J. 1994. Influencias de dos tipos de quemas controladas en bosque de pino en Jalisco. INIFA. Folleto Técnico número 5. Guadalajara. Jalisco, México. 12 p.

Flores, J.G., Benavides, J. 2009. Efecto del fuego en la regeneración natural de ecosistemas forestales. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. México. Mundi- Prensa. p.141-152.

De las Heras, J., Guerra, J., Herranz, J.M. 1995. Influencia de la orientación y de la vegetación briofítica en la evolución de algunos parámetros edáficos 3-5 años después del fuego. Ecología (ES) N° 9, p. 109-119.

De Ronde, C., et al. 1990. Prescribed fire in industrial plantations. In: Goldammer, J.G. Fire in the Tropical Biota-Ecosystem and global Challenges. Berlin: Springer-Verlag, (Ecological Studies ( ), Vol. 84). p. 216-272.

Grasso, G.M. 1996. Effects of Heating on the Microbial Populations of a Grassland soil. International Journal Wildland Fire (US) 6(2): 67-70.

Marcos, E., Tárrega, R., Luis-Calabuig, E. 1999. Alteraciones producidas por un incendio forestal en el suelo de una repoblación de *Pinus radiata*. Revista Edafología (ES) 6: 27-35. Diciembre

Martínez, L.W., Ramos, M.P. Castillo, I. 2003. Evaluación de los efectos del fuego sobre las propiedades químicas de los suelos en bosques de pinos. Informe final. Proyecto manejo del fuego. Universidad de Pinar del Río. 47 p.

Martínez, B. 2006. Uso de quemas prescritas en bosques naturales de *Pinus tropicalis* Morelet en Pinar del Río. 94 h. Tesis (en opción al Grado Científico de Doctor en Ciencias Forestales). Universidad de Pinar del Río.

Martín, N.J., Cabrera, R. 1987. Manual de actividades practicas de suelo. La Habana. Edición del ISCAH. 258 p.

MINAG. 1984. Manual de interpretación de los índices Físicos-Químicos y morfológicos de los suelos cubanos. Ciudad de La Habana. Editorial Científico-Técnico. 136 p.

Plasencia, T. 2010. Caracterización hidrológica en los ecosistemas de pinares naturales con y sin manejo en la Estación Hidrológica Forestal “Amistad”, Alturas de Pizarra, Cuba. 216 h. Tesis (en opción al Grado Científico de Doctor en Ciencias Forestales). Universidad de Alicante España. Universidad de Pinar del Río.

Raison, R.J., et al. 1985. Mechanisms of Elements Transfer to the Atmosphere during Vegetation Fires. Canadian Journal Forest Research (CA) 15(1): 132-140.

Vega, J.A., et al. 2000. Efectos del fuego prescrito sobre los suelos de montes de *Pinus pinaster*. La defensa contra incendios forestales. Madrid. Editorial Mc Graw Hill. p. 14.61-14.71.

RESEÑA CURRICULAR

Autor principal: Isyoel Urrutia Hernández

Doctor en Ciencias Forestales, investigador agregado de la Estación Experimental Agro-Forestal de Viñales y profesor adjunto de la Universidad de Pinar del Río, su labor investigativa ha estado dirigida en las temáticas de protección y manejo del fuego. Ha dirigido tres proyectos de investigación-desarrollo, además de participar activamente en eventos nacionales e internacionales con resultados relevantes.

Revista Forestal Baracoa vol. 32 (1), enero/junio 2013 *ISSN: 0138-6441*
Artículo científico, pp. 51-55

CONTENIDO DE CARBONO EN ALGUNOS SUELOS FORESTALES DE CUBA. FERRÍTICOS

CARBON CONTAIN IN SOME CUBAN FOREST SOILS. FERRITICS

M. Sc. Yolanis Rodríguez-Gil, Ing. Arsenio Renda-Sayoux y Dra. C. Alicia Mercadet-Portillo

Instituto de Investigaciones Agro-Forestales. Calle 174 no. 1723 e/ 17B y 17C, reparto Siboney, Playa, La Habana, yoly@forestales.co.cu, teléf.: 2082554, fax: 2082189

RESUMEN

Los suelos con vocación forestal del tipo ferrítico son los más antiguos del territorio cubano, caracterizándose por una gran profundidad total, pero muy susceptible a sufrir procesos erosivos cuando no se protegen, por lo que someterlo a reforestación constituye una vía muy segura para el almacenamiento de carbono. Ocupan una gran extensión (1875,62 km^2), distribuyéndose por las provincias de Pinar del Río, Matanzas, Camagüey, Holguín y Guantánamo. El contenido de carbono se determinó a partir del nivel de materia orgánica (%) y de la densidad aparente de los diferentes perfiles de suelo hasta la profundidad de 40 cm. Se concluye que el mayor almacenamiento de carbono en este tipo de suelo tiene lugar al estar ocupado por plantaciones de Pinus caribaea *(con café intercalado) con edades entre siete y diecinueve años. El objetivo del presente trabajo es determinar el contenido de carbono en los suelos del tipo ferrítico.*

Palabras claves: *Secuestro de carbono, suelo ferrítico, pino.*

ABSTRACT

Ferritic soil type is the oldest of Cuban territory, characterized by big profound, erosion process susceptibility without any protection so that reforest it may be one sure way to increase carbon storage. The total extension through Pinar del Río, Matanzas, Camagüey, Holguín y Guantánamo provinces is the 1 875,62 km^2. Carbon contain was determines from organic matter (%) and apparent density of different soil profiles to 40 cm depth. One conclusion indicate that the major carbon storage take place when the soil is covered by pine plantation (mixed with coffee) of 7 and 19 years old. The objective of this paper is give to know carbon contain in Ferritic soil type.

Key words: *Carbon storage, Ferritic soil, pine*

INTRODUCCIÓN

Los contenidos de carbono en el suelo dependen de los principales factores a largo plazo relacionados con la formación del suelo, pero pueden ser fuertemente modificados –degradados o mejorados– por los cambios en el uso y el manejo de la tierra [FAO, 2002].

Dada la importancia del tema a nivel global en general y en nuestro país en particular, los estudios iniciados sobre secuestro de carbono en los suelos forestales cubanos [Morales *et al.*, 2004 y Renda *et al.*, 2010] permitirán que en el país se pueda conocer el carbono retenido en los suelos de las áreas del patrimonio forestal y formular estrategias de mitigación a partir de datos nacionales y no de datos regionales para los países tropicales.

El tipo de suelo ferrítico se distribuye, al igual que los fersialíticos rojo parduzco ferromagnesial, por las regiones del país donde aparecen rocas ultrabásicas del tipo serpentinita, es-

Fecha de recepción: 2/5/2011
Fecha de aprobación: 16/1/2013

pecíficamente en la vertiente norte de la isla de Cuba. Este tipo de suelo es el más antiguo de Cuba, y por su uso irracional ha sufrido intensos procesos erosivos, al observarse por las regiones de Mayarí y Marbajita (Cajálbana) fundamentalmente, cárcavas muy profundas mayores de 3 m de profundidad [IIS, 1973].

El objetivo del presente trabajo es determinar el contenido de carbono en los suelos del tipo ferrítico que se distribuye por diversas regiones forestales del país.

MATERIALES Y MÉTODOS

Descripción del área de estudio

En el occidente se destaca la región Marbajita con una superficie de 109,375 km^2, en Pinar del Río, mientras que en Camagüey alcanza un área de 395,62 km^2, y en el norte de oriente 1298,75 km^2.

En relación con la vegetación natural en este tipo de suelo, las especies más comunes son *Pinus caribaea* Morelet var. *caribaea* Barret y Golfari en la región occidental, y *Pinus cubensis* Griseb en la oriental. Se ha reforestado con *Eucaliptus* sp. y otras especies forestales. También es posible observar en este tipo de suelo, pero en menor grado, cultivos agrícolas y pastizales donde los procesos erosivos son muy intensos.

Se utilizaron los datos de los perfiles de suelo descritos en los estudios de suelo realizados por Frías *et al.* (1972), Ancízar *et al.* (1974), Renda *et al.* (1975), IIF (1985), Unda y Ancízar (1975) y González *et al.* (1983).

La determinación del contenido de carbono se realizó hasta los 40 cm de profundidad en cada uno de los perfiles seleccionados, sometidos a diferentes usos, perteneciendo a la Formación Forestal Pinar (*Pinus caribaea y Pinus cubensis*).

El contenido de carbono se determinó a partir del nivel de materia orgánica (%) existente hasta la profundidad indicada, que fue multiplicado por el factor 0,58, que significa que el 58 % de la materia orgánica es carbono, luego se multiplica por 10 000 para llevar a gramos tal contenido y este resultado se divide entre un 1 000 000 para convertirlo en tonelada. Finalmente el cociente (contenido de C en la materia orgánica) se multiplica por el valor de la densidad aparente (peso volumétrico), según el comportamiento de la composición mecánica del suelo a la profundidad asumida para el cálculo de contenido de carbono, en este caso, a 40 cm de profundidad en 1 ha de suelo. Similar método fue utilizado por Bashkin & Binkley (1998), citado por Gutiérrez y Lopera (2001) y Mohamed *et al.* (2007).

El método de análisis de laboratorio utilizado en la determinación del contenido de materia orgánica fue el de Walkey y Black [IIF, 1978]. La densidad aparente se determinó directamente en los perfiles de suelo, utilizando anillos o cilindros volumétricos, y la composición mecánica por el método de la pipeta semiautomática [IIF, 1978].

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Dada su amplia vocación forestal ha sido estudiado y caracterizado a escala detallada en las regiones de Marbajita (Pinar del Río), San Miguel de los Baños (Matanzas), San Felipe (Camagüey), Pinares de Mayarí (Holguín) y Baracoa (Guantánamo) para fines de investigación y desarrollo forestal [Frías *et al.*, 1972; Ancízar *et al.*, 1974; Renda *et al.*, 1975; IIF, 1985; Unda y Ancízar, 1975 y González *et al.*, 1983]. También desde el punto de vista genético fue estudiado con mucha profundidad científica [Ruiz, 1988].

Según estos autores, son suelos muy lavados y profundos en las partes estables del relieve, con horizontes bien definidos de coloración rojiza púrpura, textura loam arcillosa en superficie y arcillosa en profundidad, presentando perdigones o concreciones ferruginosas de diversos tamaños, que en ocasiones se forma una coraza dura.

Como se observa en la *Tabla 1*, el contenido de arcilla en los primeros 40 cm de profundidad varía entre el 30 y el 59,5 %, mientras que el de arena entre el 17,5 y el 53 %. Tal redistribución de estas partículas conlleva a que el comportamiento del peso volumétrico o densidad aparente oscile entre 1,12 y 1,4 gm/cm^3, siendo más bajo este valor en los perfiles que contienen mayor porcentaje de arcilla. Estas diferencias influyen fuertemente en el cálculo del contenido de carbono por ser este índice físico del suelo un componente fundamental del procedimiento utilizado en su cuantificación.

TABLA 1
Datos físicos del suelo ferrítico

Uso	*Prof. (cm)*	*Altura msnm*	*Peso vol. (g/cm³)*	*Análisis textural*		
				Arena	*Limo*	*Arcilla*
Marbajitas *P. caribaea*	0-40	180	1,16	26,5	25,0	48,5
Marbajitas *P. caribaea* + café (con afectación)	0-40	175	1,40	53,0	15,87	31,12
Marbajitas con pastizal	0-40	110	1,35	46,0	20,5	33,5
Pinares de Mayarí, *P. cubensi*	0-40	600	1,12	17,5	23,0	59,5
Pinares de Mayarí, *P. cubensis* + café (con afectación)	0-40	600	1,12	22,14	31,86	45,00
San Felipe (Camagüey)	0-40	140	1,35	41,2	16,8	42,00
Oriente (Baracoa)	0-40	430	1,4	30,5	39,5	30,0

Desde el punto de vista químico puede observarse en la *Tabla 2* que la suma de bases cambiables no excede los 11,5 cmol x kg^{-1} debido al efecto de la fertilización al cultivo de café bajo dosel de la cubierta de pinares naturales en la región de Marbajita, pero al no estar asociado a este cultivo solo llega a 5,66 cmol x kg^{-1}. En sentido general, en las cuatro regiones estudiadas su nivel de bases cambiables varía entre 3,66 y 8,97 cmol x kg^{-1} cuando no está asociado al cultivo del café.

Es significativo que el nivel de materia orgánica hasta los 40 cm de profundidad oscila entre el 0,65 y el 5,0 %, según el uso a que esté sometido (*Tablas 1* y *2*). El contenido más bajo (0,65 %) se corresponde cuando está ocupado por pastizales en la zona de Marbajita, mientras que el más alto (5,0 %) estuvo cubierto por una plantación de *Pinus caribaea* en la región de Baracoa con siete años de edad [González *et al.*, 1983].

Al igual que la densidad aparente, el contenido de materia orgánica es indicador clave para el cálculo de la cantidad de carbono que resulte susceptible de almacenarse en el suelo, de ahí que de acuerdo con el uso que se someta el suelo se comporta el nivel de materia orgánica.

TABLA 2
Algunos datos químicos y contenido de carbono del suelo ferrítico

Uso	*Prof. (cm)*	*Contenido de MO (%)*	*Contenido de carbono (t/ha)*	*pH (en agua)*	*Cationes cambiables (cmolkg⁻¹)*				
					Ca^{2+}	Mg^{2+}	K^{+}	Na^{+}	*Suma*
Marbajitas *P. caribaea*	0-40	1,56	41,98	6,0	3,0	2,5	0,06	0,1	5,66
Marbajitas *P. caribae* + café (con afectación)	0-40	2,77	89,96	5,27	3,0	8,25	0,30	-	11,55
Marbajitas con Pastizal	0-40	0,65	20,35	6,5	3,0	2,5	0,06	0,1	5,66
Pinares de Mayarí, *P. cubensis*	0-40	2,70	70,15	6,0	1,5	2,5	0,05	-	4,05
Pinares de Mayarí, *P. cubensis* + café (con afectación)	0-40	4,60	119,52	6,00	1,9	2,7	0,12	-	4,72
San Felipe (Camagüey)	0-40	4,00	125,2	5,9	2,40	1,20	0,06	-	3,66
Oriente (Baracoa)	0-40	5,00	162,4	6,3	6,68	1,65	0,38	0,26	8,97

De acuerdo con este criterio, puede observarse en la *Tabla 2* que el mayor contenido o cantidad de carbono acumulado se encuentra en el sitio de Baracoa con 162,4 t/ha, siguiéndole en orden San Felipe con 125,2 t/ha, cubiertos ambos por plantaciones de *Pinus caribaea* con edades entre siete y diecinueve años, mientras que en los pinares naturales con edades desconocidas en Marbajita (*Pinus caribaea*) y Mayarí (*Pinus cubensis*) oscila entre 41,98 y 70,15 t/ha. Tal diferencia naturalmente se debe al contenido de materia orgánica y al peso volumétrico presente en cada perfil de suelo estudiado.

Aunque se muestran los datos físico-químicos de un solo perfil de suelo al estar ocupado por pastizales, es significativo que el contenido de materia orgánica sea muy bajo (0,65 %) y consecuentemente el de carbono de 20,35 t/ha, a pesar de tener propiedades físico-químicas similar al estar ocupado por pinares, lo que índica que con este tipo de cobertura vegetal el suelo almacenaría mucho menos cantidad de carbono, que en este caso sería casi ocho veces en relación con la plantación en Baracoa y dos veces en relación con los pinares naturales de Marbajita.

De acuerdo con el estudio del contenido de humedad, indicó que la capacidad de campo varía entre el 26,8 y el 38,3 %, repercutiendo en el desarrollo y crecimiento de los árboles [Unda y Ancízar, 1975], y pudiendo alcanzar el crecimiento de los árboles de *Pinus caribaea* a los dieciséis años 35,1 m^3/ha en la región de Marbajita; sin embargo, en la meseta de San Felipe, con esta misma especie forestal, a los diecinueve años con aplicación de fertilizante el volumen por hectárea resultó de 200 m^3, atribuyéndose este grado de desarrollo –aparte de la fertilización– a las buenas condiciones hidrofísicas del suelo. Con estos dos ejemplos se muestra la potencialidad de este tipo de suelo en el establecimiento y desarrollo para esta importantísima especie de pino cubano en la economía nacional y consecuentemente en el secuestro de carbono.

CONCLUSIONES

- Los suelos ferríticos tienen su mayor acumulación de carbono en plantaciones de *Pinus caribaea* con edades entre siete y diecinueve años, con valores entre 162,4 y 125,2 t/ha.
- Al estar ocupado en Marbajita por pinares naturales con *Pinus caribaea,* alcanza 41,98 t/ha, mientras que al estar plantado con *Pinus cubensis* en Mayarí resultó de 70,15 t/ha.
- Tanto en Marbajita como en Mayarí, al asociarse el cultivo del café con el pino, la acumulación de carbono aumenta, llegando a valores de 89,96 y 119,52 t/ha respectivamente.
- Cuando este tipo de suelo está ocupado por pastizales, el contenido de carbono disminuye notablemente a 20,35 t/ha.

BIBLIOGRAFÍA

Ancizar, A., Renda, A., Espín, G. 1974. *Estudio de los suelos de la Unidad Docente Cajálbana*. La Habana. Centro de Investigación y Capacitación Forestal.

Bashkin, M. A & Binkley, D. 1998. «Changes in soil carbon following afforestation in Hawai». *Ecology* 79 (3): 828-833.

FAO. 2002. *Captura de carbono en los suelos para un mejor manejo de la tierra*. Capítulo 2: «La evaluación del almacenamiento del carbono en el suelo y los principales cambios», Dpto. de Desarrollo Sostenible. No. 96. pp. 1-8.

Frías, G.; Jiménez, M.; Horstein, F.; Awan, A. B. 1972. *Los suelos de la Meseta de San Felipe.* La Habana. Centro de Investigación y Capacitación Forestal. p. 16.

González, A.; Mercadet, A.; Moreno, V. 1983. «Comportamiento de orígenes geográficos de *Pinus caribaea* en Cuba». *Revista Forestal Baracoa* (CU) Vol. 13 (2): 57-102.

Gutiérrez Vélez, V.; H y Lopera, Arango, G, J. 2001. Metodología para la cuantificación de existencias y flujo de carbono en plantaciones forestales. Simposio Internacional Medición y Monitoreo de la Captura de Carbono en Ecosistemas Forestales, 18 al 20 de octubre del 2001, Valdivia, Chile. Instituto de Suelos (IIS). 1973. *Génesis y clasificación de los suelos de Cuba*. La Habana. Academia de Ciencia de Cuba. p. 315.

Instituto de Investigaciones Forestales (IIF). 1978. *Manual de análisis del laboratorio de suelos, foliar y aguas*. La Habana.

Instituto de Investigaciones Forestales. 1985. «Informe Final del Tema 908-12 sobre particularidades de suelos forestales de Cuba». La Habana. p. 18.

Mohamed, I. *et al.* 2007. «Almacenamiento de carbono en el suelo y la biomasa en sistemas de usos de la tierra en paisajes ganaderos de Colombia, Costa Rica y Nicaragua». *Revista Agroforestería en las Américas* (CR). No. 45.

Renda, A.; Unda, A.; Pulido, R. 1975. *Los suelos del Plan Forestal San Miguel de los Baños, provincia Matanzas*. Centro de Investigación Forestal. Informe Técnico. La Habana. p. 50.

Ruiz, J. 1988. «Particularidades de la formación y uso agrícola de los suelos del macizo montañoso Sagüa-Baracoa». Tesis en opción al grado Científico de Doctor en Ciencias Forestales. La Habana. p.103.

Renda, A.; Rodríguez, Y.; Mercadet, A. 2010. «Contenido de carbono en algunos suelos forestales de Cuba. Parte I: Ferralítico Rojo Amarillento». Inédito. La Habana. Cuba. p. 8.

Unda, A., Ancizar, A. 1975. «Influencia del contenido de agua del suelo en el crecimiento y desarrollo de *Pinus caribaea* var. *caribaea* en el bosque de Cajálbana». La Habana. Centro de Investigación Forestal. p. 26.

URL:htpp://www,cipav,org,co/,,/almacenamiento%20de%20carbono%20en%20el%20suelo%20y%20la%20

RESEÑA CURRICULAR

Autor principal: Yolanis Rodríguez Gil.

Ingeniero Agrónomo, Máster en Geografía, Medio Ambiente, Ordenación Territorial en la mención de Hidroclimatología y Manejo de Cuencas, labora en el Grupo de Medio Ambiente del Instituto de Investigaciones Agro-Forestales. Realiza trabajos de investigación en temas relacionados con el Manejo de Cuencas y el Medio Ambiente. Ha impartido conferencias y asesoramientos a personal técnico y a especialistas en la agricultura urbana. Obtuvo Premio Organismo perteneciente al Ministerio de la Agricultura en 2010. Ha participado en eventos nacionales e internacionales.

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.

Instituto
de Investigaciones
Agro-Forestales

INAF 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.

Revista Forestal Baracoa vol. 32 (1), enero/junio 2013 *ISSN: 0138-6441*
Artículo científico, pp. 57-65

DETERMINACIÓN DEL TAMAÑO DE MUESTRA EN PARCELAS PERMANENTES DE MUESTREO MEDIANTE LA APLICACIÓN DEL MÉTODO BOOTSTRAP

DETERMINATION OF THE SAMPLE SIZE IN PERMANENT SAMPLING PLOTS BY MEANS OF THE APPLICATION OF THE BOOTSTRAP METHOD

Dr. C. José A. Bravo-Iglesias,[1] Dra. C. Verena Torres-Cárdenas,[2] Lic. Lourdes Rodríguez-Shade,[2] Ing. Juan M. Montalvo-Guerrero,[1] Ing. Wilmer Toirac-Argüelles,[3] Esp. Víctor M. Fuentes-Utría[3] e Ing. Pedro Rodríguez-Cuevas[4]

[1] Instituto de Investigaciones Agro-Forestales. Calle 174 no. 1723 e/ 17B y 17C, Siboney, Playa, La Habana, bravo@forestales.co.cu
[2] Instituto de Ciencia Animal. Km 47[1/2], San José de Las Lajas, Mayabeque, Cuba. vtorres@ica.co.cu, lrodriguez@ica.co.cu
[3] Estación Experimental Agro-Forestal Baracoa. Carretera Central, Paso de Cuba, Baracoa, Guantánamo, Cuba, baracoa@forestales.co.cu
[4] Empresa Forestal Integral Baracoa. Bohorque 126 Carretera a Guantánamo, Baracoa, Guantánamo, Cuba. ftalbcoa@enet.cu

RESUMEN

La estimación del volumen por hectárea en las parcelas permanentes de muestreo es de vital importancia para poder seleccionar la alternativa de manejo del bosque que más se adecuen a los objetivos que se proponga el silvicultor, con el objetivo de lograr la mayor producción de madera. Para este fin resulta vital el levantamiento de información biométrica del bosque a través del muestreo, así como el conocimiento básico de informática como herramienta para el cálculo de número de árboles, el área basal, el volumen de madera total o por hectárea y otros cálculos relevantes en forma rápida y eficiente. En Cuba, ante la carencia de transporte y de combustible necesarios para el levantamiento de las parcelas permanentes de muestreo entre los problemas que se están presentando, están las bajas intensidades de muestreo. Por tal motivo en este trabajo se recurre a la aplicación del método Bootstrap buscando obtener estimaciones confiables de los parámetros poblaciones. Se determina el tamaño de muestra utilizando el método tradicional y a partir de la aplicación del método Bootstrap, donde se obtienen reducciones de un 40 y un 60 % de las muestras.

Palabras claves: *Tamaño de muestra, método Bootstrap.*

ABSTRACT

The estimation of the volume per hectare in the Permanent Sampling Plots is of vital importance to select the forest management alternative that suits the most to the farmer's objectives, with the aim of achieving the largest wood production. To this end, it is vital the collection of biometric data from the forest through the sampling; as well as to have basic computers knowledge as a tool for the calculation of the number of trees, the basal area, the total wood volume, or per hectare, and other outstanding calculations in a quick and efficient form. In Cuba, due to the shortage in transportation and fuel for the collection of data from the Permanent Sampling Plots, there are problems such as the low sampling intensities. Thus, in this work, the Bootstrap method is applied looking for reliable estimates of the population parameters. The size sample is determined using the traditional method and out of the application of the Bootstrap method, obtaining reductions of 40 and 60 % in the samples.

Key words: *Sample size, Bootstrap method.*

INTRODUCCIÓN

En investigaciones forestales las parcelas permanentes de muestreo (PPM) son dispositivos de investigación a largo plazo, permanentemente demarcados y periódicamente medidos.

Fecha de recepción: 5/4/2012
Fecha de aprobación: 12/1/2013

Las PPM son de utilidad tanto en estudios con fines descriptivos como en ensayos formales. En estudios descriptivos las unidades de una red de PPM pueden ser seleccionadas a través de los diseños de muestreo completamente al azar, aleatorio estratificado y sistemático. En el caso del diseño de muestreo aleatorio estratificado, la división del bosque por estratos con base en tipos de vegetación, suelo, topografía, manejo, etc. puede ayudar a lograr una mayor precisión [Ortiz y Quirós, 2002].

Entre los principales problemas planteados por autores como Malleux (1982), Ortiz y Quirós (2002a) y Gallegos *et al.* (2010), que dan lugar a una inadecuada planificación forestal, se encuentran la falta de correspondencia entre los tipos de inventarios y sus diseños, las bajas intensidades de muestreo, los análisis incorrectos, errores en las fórmulas, criterios estadísticos mal aplicados, mediciones deficientes, falta de equipo de medición y de personal capacitado, los cuales conllevan a inventarios deficientes, y es necesario lograr la aplicación y utilización de diseños adecuados, de manera que se logren estimaciones poblacionales con un mínimo error, lo cual garantizará la precisión y exactitud de dichas estimaciones.

De todos los problemas anteriormente planteados, las bajas intensidades de muestreo son las que más inciden, pues no se dispone de tiempo suficiente para la permanencia del personal en las áreas de trabajo. Ante esta situación se hace necesario acudir técnicas estadísticas que nos permitan obtener estimaciones confiables de los parámetros poblaciones, siendo una solución para estas condiciones la aplicación del método Bootstrap.

El Bootstrap o *bootstrapping* –términos usados indistintamente en la literatura internacional [Efron,1979; Efron y Tibshirani, 1986]– descansa en la analogía entre la muestra y la población, de la cual la muestra es extraída; implica el remuestreo (*resampling*) de los datos obtenidos en una muestra, con remplazamiento, muchas veces para generar una estimación empírica de la distribución muestral completa de un estadístico, y puede considerarse como un tipo especial de simulación denominada *simulación basada en los datos*.

El objetivo de este trabajo fue determinar el tamaño de muestra en PPM mediante el método tradicional y con la aplicación del método Bootstrap.

Materiales y métodos

Las áreas experimentales se encuentran ubicadas en las unidades silvícola Baracoa, perteneciente a la Empresa Forestal Integral Baracoa.

La temperatura media anual reportada es de 26,8 °C, el mes más frío es febrero (24,7 °C) y los más calientes julio y agosto (28,6 °C), la precipitación media anual es 1174,3 mm y la humedad relativa promedio 80 %. Los suelos predominantes son ferrítico púrpura, ferralítico rojo, ferralítico amarillento, fersialítico rojo parduzco, fersialítico pardo rojizo, pardo sin carbonato y esquelético [Rodríguez *et al.,* 2008].

Se utilizó el mapa forestal 1: 25 000 para ubicar las PPM en plantación de *Pinus cubensis* Griseb, seleccionándose dos rodales en períodos de variabilidad diferente del ecosistema boscoso:

1. Momento en el cual la plantación quedó establecida y los árboles se encuentran en el proceso de crecimiento (Clase de Edad II de superficie de 31,4 ha).
2. Momento en el cual se estabiliza el crecimiento y se manifiesta una mayor homogeneidad del bosque (Clase de Edad IV de superficie de 60,2 ha).

Se establecieron cinco parcelas rectangulares de 0,05 ha mediante un muestreo aleatorio simple, se midió el diámetro y la altura de todos los árboles y se calculó el volumen de cada árbol utilizando la fórmula de volumen de la Norma 595 (1982). Se sumaron estos volúmenes individuales y se obtuvo el volumen de cada parcela, con lo que se infirió el volumen por hectárea.

Se estudiaron cuatro tamaños de muestra preliminares, seleccionándose las parcelas 1 y 2 para el tamaño de muestra n = 2, las parcelas 1, 2 y 3 para el tamaño de muestra n = 3, las parcelas 1, 2, 3 y 4 para el tamaño de muestra n = 4 y las parcelas 1, 2, 3, 4 y 5 para el tamaño de muestra n = 5, a partir de los cuales se determinaron los estadígrafos de posición (la media aritmética), de dispersión (la varianza, el coeficiente de variación y el error estándar) e intervalos de confianza del 95 %, y posteriormente se cálculo el tamaño de muestra teórico mediante la fórmula:

$$n = \frac{(t_{\alpha/2,gl})^2 (CV\%)^2}{(E\%)^2}$$

donde:

$t_{\alpha/2gl}$: Valor de t de Student con un nivel de confianza establecido (1 – α) y n – 1 grados de libertad (gl)
CV%: Coeficiente de variación estimado de la población por muestrear
E%: Error máximo requerido en porcentaje a un nivel de confianza establecido (1 – α. Para este estudio se fija un valor constante del error máximo requerido del 15 %.

Posteriormente se procedió con los diferentes tamaños de muestra a la aplicación del método Bootstrap, eligiéndose como magnitudes Bootstrap (B): 100, 120, 140, 160, 180, 200, 220, 240, 260, 280 y 300, para estimar el estadígrafo posición (media Bootstrap) y de dispersión (error estándar Bootstrap), siguiendo el criterio de Efron (1979), Hinkley (1988), y Efron y Tibshirani (1993), quienes describen los pasos básicos de la estimación Bootstrap.

El tamaño de muestra óptimo se determinó a partir del mínimo relativo o punto de máxima curvatura de la función generada de los errores estándar Bootstrap, y del sesgo determinado por:

$$\text{Sesgo}_{BOOT} = \hat{\theta}^* - \hat{\theta}$$

donde:

$\hat{\theta}^*$: Parámetro bootstrap estimado
$\hat{\theta}$: Parámetro poblacional estimado
y se calcularon los intervalos de confianza del 95 %

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Determinación de los estadígrafos de posición y dispersión

En la *Tabla 1* se muestran los estadígrafos de posición y dispersión del volumen por hectárea para cada tamaño de muestra para el rodal de Clase de Edad II.

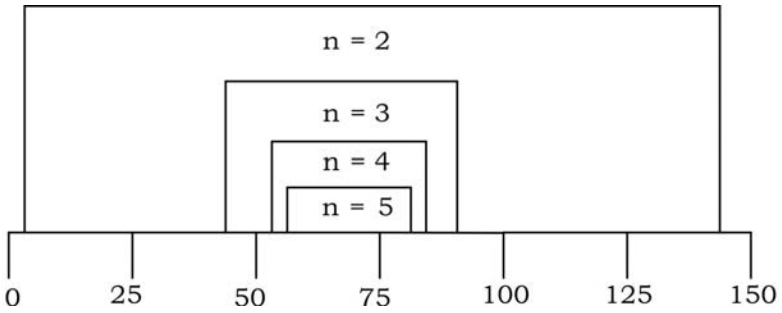
TABLA 1
Estadígrafos de posición y dispersión del volumen por hectárea para cada tamaño de muestra para el rodal de Clase de Edad II

Estadígrafo	*Tamaño de muestra*			
	2	*3*	*4*	*5*
Media	71,15	67,13	68,54	67,22
Varianza	60,83	78,78	60,44	54,04
Coeficiente de variación (%)	10,96	13,22	11,34	10,94
Error estándar	± 5,52	± 5,12	± 3,89	± 3,29

Los intervalos de confianza, para las medias de los tamaños de muestras n = 3, n = 4 y n = 5 poseen amplitudes menores que el intervalo de confianza de la media correspondiente al tamaño de muestra n = 2 (*Fig. 1*). Esto evidencia que este tamaño de muestra (n = 2) no es adecuado para representar la población de la especie en esta clase de edad, lo cual es lógico porque en esta etapa se manifiesta mayor variabilidad debido a que el bosque está en la fase inicial de crecimiento, donde los árboles comienzan a incrementar tanto en diámetro como en altura, siendo más heterogéneos.

En la *Tabla 2* se observan los estadígrafos de posición y dispersión del volumen por hectárea para cada tamaño de muestra para el rodal de Clase de Edad IV. Los intervalos de confianza de las medias de todos los tamaños de muestra alcanzan amplitudes pequeñas, aunque el intervalo de confianza para la media de tamaño de muestra n = 2 tiene una amplitud mayor que los otros intervalos (*Fig. 2*).

En esta etapa el bosque presenta una menor variabilidad debido a que se encuentra en su fase final de crecimiento, donde se manifiestan incrementos muy bajos o casi nulos, apreciándose una mayor homogeneidad en los diámetros y las alturas de los árboles en el rodal.

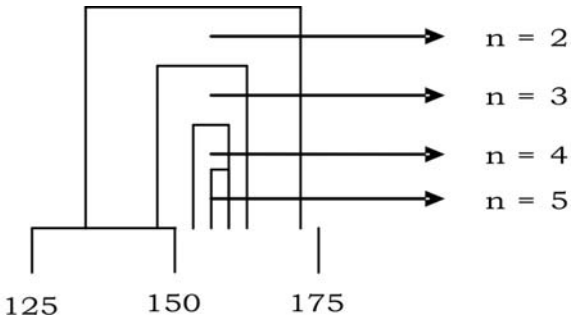


n	2	3	4	5
LI (m^3/ha)	1,07	45,08	56,17	58,09
LS (m^3/ha)	141,22	89,18	80,19	76,35

Figura 1. Intervalos de confianzas de las medias para el rodal de Clase de Edad II.

TABLA 2
Estadígrafos de posición y dispersión del volumen por hectárea para cada tamaño de muestra para el rodal de Clase de Edad IV

Estadígrafo	*Tamaño de muestra*			
	2	*3*	*4*	*5*
Media	154,05	153,50	153,55	153,68
Varianza	3,65	2,73	1,83	1,46
Coeficiente de variación	1,24	1,08	0,88	0,79
Error estándar	± 1,35	± 0,95	± 0,68	± 0,54



n	2	3	4	5
LI (m^3/ha)	136,90	149,40	151,40	152,18
LS (m^3/ha)	171,20	157,60	155,70	155,18

Figura 2. Intervalos de confianzas de las medias para el rodal de Clase de Edad IV.

En ambas clases de edades los valores de los coeficientes de variación explican que existe una baja variabilidad, lo que justifica la utilización de un muestreo aleatorio simple y unidades de muestreo pequeñas. Según Malleux (1982), estas unidades de muestreo (500 m^2) son aptas para bosques homogéneos, ya que existirá menor variabilidad y mayor variabilidad entre ellas.

En las *Tablas 3* y *4* se presentan los tamaños de muestra teóricos para los rodales de Clase de Edad II y Clase de Edad IV. Según Malleux (1982) y Ortiz y Carrera (2002a), el tamaño de

muestra depende de la variabilidad del bosque (CV%) y el error máximo requerido, además del tipo de muestreo, el parámetro a estimar y el nivel de confianza.

El tamaño de muestra aumenta en relación cuadrática, mientras que el error de muestreo disminuye en proporción aritmética. Esto significa que si se disminuye a la mitad el error de muestreo aumenta el tamaño de muestra en una proporción mayor de cuatro veces; por lo tanto, la precisión de la muestra debe ser determinada con especial cuidado, tratando de que sea lo estrictamente necesaria para lo que se ha planeado.

TABLA 3
Tamaño de muestra teórico para el rodal de Clase de Edad II

Aspectos a considerar	*Tamaño de muestra*			
	2	*3*	*4*	*5*
$t_{a/2gl}$	12,71	4,30	3,18	2,78
Coeficiente de variación (%)	10,96	13,22	11,84	10,94
Error máximo requerido (%)	15	15	15	15
Tamaño de muestra teórico	86	14	6	4

En el rodal de Clase de Edad II el tamaño de muestra n = 2 no es representativo de la población, al mostrar un valor del coeficiente de variación menor que el del tamaño de muestra n = 3. A partir de este último comienza a disminuir la variabilidad del rodal, por lo que se define el tamaño de muestra teórico 5 como el más apropiado, ya que se pudo observar una disminución del tamaño de muestra teórico de 86 a cuatro muestras.

TABLA 4
Tamaño de muestra teórico para el rodal de Clase de Edad IV

Aspectos a considerar	*Tamaño de muestra*			
	2	*3*	*4*	*5*
$t_{a/2gl}$	12,71	4,30	3,18	2,78
Coeficiente de variación (%)	1,24	1,08	0,88	0,79
Error máximo requerido (%)	15	15	15	15
Tamaño de muestra teórico	1,1	0,09	0,03	0,021

En el caso del rodal de Clase de Edad IV, la variabilidad manifiesta un comportamiento no típico, debido a la alta homogeneidad del rodal, influyendo en ello las condiciones de la localidad, los manejos silvícolas y la probabilidad de ocurrencia de este evento.

Los resultados del tamaño de muestra teórico no son adecuados, puesto que no es posible representar la población; sin embargo, los tamaños de muestra preliminares permitieron caracterizar la población, observándose lo planteado por Smith (1938) [citado por Torres, 1980]. La reducción la variabilidad relativa conforme aumenta el tamaño de muestra, seleccionándose el tamaño de muestra 5. Según Montalvo (2010), en estudios del Instituto de Investigaciones Forestales se definió el tamaño de muestra 5 como el tamaño de muestra piloto (preliminar) en el establecimiento de PPM, y a partir de este determinar el tamaño de muestra teórico y definir el adecuado que permitirá obtener estimaciones confiables de los parámetros poblacionales.

Si el tamaño de muestra se hubiera determinado en función de la intensidad de muestreo y si-

guiendo el criterio de la Norma Ramal 595 (1982), según la cual en bosques homogéneos se debe muestrear el 3 % del área total, para el rodal de Clase de Edad II se necesitaría muestrear un área de 0,9 ha, equivalente a 18 parcelas de 500 m^2. Para el rodal de Clase de Edad IV se necesitaría muestrear un área de 1,8 ha que representan 36 parcelas. Como se observa, por este método se logra una mejor representación de la población, pero a la vez se necesita disponer de más tiempo de trabajo, lo que trae consigo un aumento de los costos del inventario.

La determinación correcta del tamaño de muestra en función del coeficiente de variabilidad con un error máximo requerido adecuado permite obtener estimaciones de los parámetros poblacionales con calidad y a un costo permisible.

Determinación del tamaño de muestra a partir de las muestras Bootstrap

En la *Tabla 5* se observa el comportamiento del error estándar en función de los tamaños de muestra. A partir de la magnitud Bootstrap B = 220, el error estándar comienza a estabilizarse, siendo las diferencias mínimas para los diferentes tamaños de muestra, por lo que se define el tamaño de muestra n = 3 como el tamaño de muestra mínimo que permite hacer estimaciones confiables del parámetro, reduciéndose el tamaño de muestra en un 40 % con respecto al obtenido con las muestras originales (*Tabla 3*). Resultados similares obtuvieron Demey *et al.* (2004), logrando disminuir en un 50 % el tamaño de muestra en los cultivares B6746 y V64-10 de caña de azúcar.

TABLA 5
Comportamiento de los errores estándar en función de los tamaños de muestra para el rodal de Clase de Edad II

Tamaño de muestra	*Magnitud Bootstrap*										
	100	*120*	*140*	*160*	*180*	*200*	*220*	*240*	*260*	*280*	*300*
2	± 0,40	± 0,35	± 0,32	± 0,29	± 0,29	± 0,27	± 0,26	± 0,26	± 0,24	± 0,23	± 0,23
3	± 0,38	± 0,34	± 0,29	± 0,27	± 0,26	± 0,25	± 0,24	± 0,24	± 0,23	±,22	± 0,22
4	± 0,36	± 0,28	± 0,26	± 0,26	± 0,25	± 0,24	± 0,23	± 0,23	± 0,21	± 0,20	± 0,19
5	± 0,31	± 0,28	± 0,25	± 0,23	± 0,21	± 0,20	± 0,19	± 0,19	± 0,18	± 0,18	± 0,17

La *Fig. 3* muestra el comportamiento de los errores estándar en el remuestreo para el rodal de Clase de Edad II. Se ve que desde la magnitud Bootstrap B = 220 comienzan a estabilizarse los valores del error estándar. A partir de esa magnitud la estimación del parámetro será con mayor precisión.

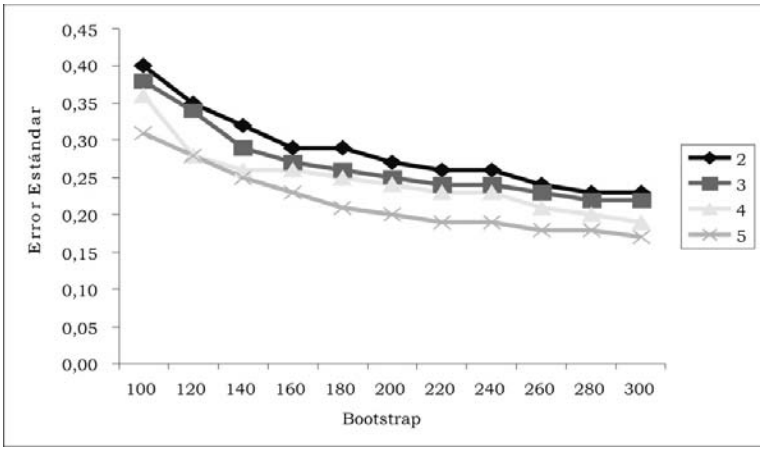


Figura 3. Comportamiento de los errores estándar en función del remuestreo (B) para el rodal de Clase de Edad II.

En la *Tabla 6* se observa la estimación del sesgo Bootstrap, error estándar e intervalos de confianza de la media Bootstrap; se aprecia que para n = 3, B = 220 el valor más bajo de sesgo se obtiene con exactitud la estimación de los parámetros poblacionales y aumenta la precisión al disminuir el error estándar de ± 3,29 (*Tabla 1*) de la muestra original a ± 0,24 a partir de las muestras Bootstrap, y la estimación del parámetro poblacional (media) del tamaño de muestra seleccionado de las muestras originales 67,22 m^3/ha (*Tabla 1*) se encuentra dentro del intervalo de confianza Bootstrap.

TABLA 6
Estimación del sesgo Bootstrap, error estándar Bootstrap e intervalos de confianza Bootstrap para el tamaño de muestra n = 3 para el rodal de Clase de Edad II

Tamaño de muestra	*Magnitud Bootstrap*	*Media ootstrap*	*Sesgo Bootstrap*	*Error estándar Bootstrap*	*Intervalo de confianza Bootstrap 95%*	
					LI	*LS*
3	100	67,69	0,56	± 0,38	59,10	74,17
3	120	66,81	–0,32	± 0,34		
3	140	66,60	–0,53	± 0,29		
3	160	66,86	–0,27	± 0,27		
3	180	66,96	–0,17	± 0,26		
3	200	66,63	–0,50	± 0,25		
3	220	67,10	–0,03	± 0,24		
3	240	67,19	0,06	± 0,24		
3	260	67,46	0,33	± 0,23		
3	280	67,38	0,25	± 0,22		
3	300	66,94	–0,19	± 0,22		

En la *Tabla 7* se observa el comportamiento del error estándar en función de los tamaños de muestra. A partir de la magnitud Bootstrap B = 200 el error estándar comienza a estabilizarse, siendo las diferencias mínimas para los diferentes tamaños de muestra; pero para los tamaños de muestras se define el tamaño de muestra n = 2 como el tamaño de muestra mínimo que permite hacer estimaciones confiables de los parámetros poblacionales. Se puede lograr reducir el tamaño de muestra en un 60 % con respecto al obtenido con las muestras originales (*Tabla 4*).

TABLA 7
Comportamiento de los errores estándar en función de los tamaños de muestra para el rodal de Clase de Edad IV

Tamaño de muestra	*Magnitud Bootstrap*										
	100	*120*	*140*	*160*	*180*	*200*	*220*	*240*	*260*	*280*	*300*
2	± 0,10	± 0,09	± 0,08	± 0,07	± 0,07	± 0,06	± 0,06	± 0,06	± 0,06	± 0,05	± 0,05
3	± 0,07	± 0,07	± 0,06	± 0,06	± 0,06	± 0,05	± 0,05	± 0,05	± 0,05	± 0,05	± 0,05
4	± 0,06	± 0,05	± 0,05	± 0,05	± 0,04	± 0,04	± 0,04	± 0,04	± 0,04	± 0,03	± 0,03
5	± 0,05	± 0,04	± 0,04	± 0,04	± 0,03	± 0,03	± 0,03	± 0,03	± 0,03	± 0,03	± 0,03

En la *Fig. 4* se presenta el comportamiento de los errores estándar en función del remuestreo para el rodal de Clase de Edad IV, donde se aprecia que a partir de la magnitud Bootstrap B = 200 comienzan a estabilizarse los valores del error estándar. Desde esa magnitud la estimación de los parámetros poblacionales será con mayor precisión.

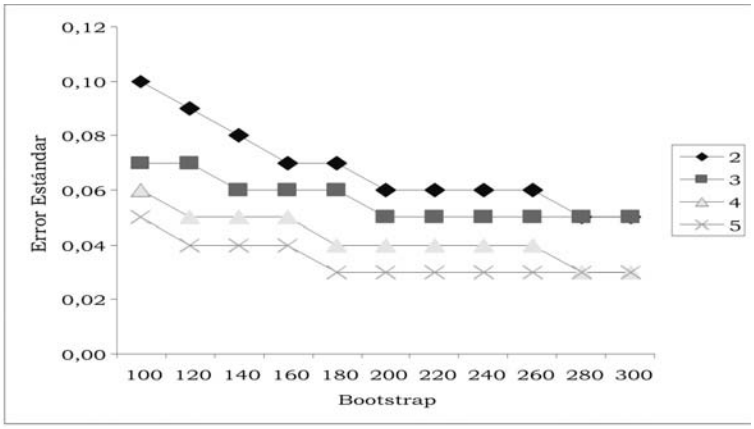


Figura 4. Comportamiento de los errores estándar en función del remuestreo (B) para el rodal de Clase de Edad IV.

En la *Tabla 8* se observa la estimación del sesgo Bootstrap, error estánadar e intervalos de confianza de la media Bootstrap. Se aprecia que para n = 2 y B = 200, un valor bajo de sesgo Bootstrap, se obtiene con exactitud la estimación de los parámetros poblacionales y aumenta la precisión al disminuir el error estándar ± 0,54 (*Tabla 2*) de la muestra original a ± 0,06 a partir de las muestras Bootstrap; y la estimación de la media poblacional 153,68 m^3/ha (*Tabla 2*) se encuentra dentro del intervalo de confianza Bootstrap.

TABLA 8
Estimación del sesgo Bootstrap, error estándar Bootstrap e intervalos de confianza Bootstrap para n = 2 para el rodal de Clase de Edad IV

Tamaño de muestra	*Magnitud Bootstrap*	*Media Bootstrap*	*Sesgo Bootstrap*	*Error estándar Bootstrap*	*Intervalo de confianza Bootstrap 95%*	
					LI	*LS*
2	100	154,00	–0,05	± 0,10	152,70	155,26
2	120	154,02	–0,03	± 0,09		
2	140	154,05	0,00	± 0,08		
2	160	154,04	–0,01	± 0,07		
2	180	153,93	–0,12	± 0,07		
2	200	154,06	0,01	± 0,06		
2	220	154,02	–0,03	± 0,06		
2	240	154,08	0,03	± 0,06		
2	260	154,02	–0,03	± 0,06		
2	280	154,09	0,04	± 0,05		
2	300	154,10	0,05	± 0,06		

CONCLUSIONES

- En los rodales de Clase de Edad II y Clase de Edad IV se lograron reducir los tamaños de muestra en un 40 y un 60 % respectivamente, obtenidos a partir de las muestras Bootstrap en comparación con las muestras originales.
- El método Bootstrap es una aplicación estadística que permite obtener estimaciones confiables de los parámetros poblacionales del volumen por hectárea.

BIBLIOGRAFÍA

Efron, B. 1979. «Bootstrap Methods. Another look at the Jacknife». *Annals of Statistics* 7, 1-26.

Efron, B.; Tibshirani, R. J. 1986. «Bootstrap methods for standard errors, confidence intervals, and other measures of statistical accuracy». *Statistical Science* 1(1): 54-77.

Efron, B.; Tibshirani, R. J. 1993. *An Introduction to the Bootstrap*. New York. Chapman & Hall. 436 pp.

Gallegos, A.; Aguirre, O. A.; González, G. A. 2010. «Optimización de inventarios forestales para manejo forestal de un bosque tropical en Jalisco, México» http://www.cucba.udg.mx/forestal/index.pdh?option=com [consulta: 23 de marzo de 2010].

Hinckley, D. W. 1988. «Bootstrap Methods». *Journal of the Royal Statistical Society* (GB), Series B, 50: 321-337.

Malleux, J. 1982. *Inventarios forestales en bosques tropicales*. Lima. Perú. 414 pp.

Montalvo, J. M. 2010. Comunicación personal.

Normal Ramal 595. 1982. *Tratamientos silviculturales*. Ministerio de la Agricultura. 25 pp.

Ortiz, E.; Quirós, D. 2002. «Definiciones y tipos de inventarios forestales en inventarios forestales para bosques latifoliados en América Central. Costa Rica. CATIE. pp. 3-24.

Ortiz, E.; Quirós, D. 2002a. «Planificación de inventarios forestales en inventarios forestales para bosques latifoliados en América Centra»l. Costa Rica. CATIE. pp. 27-34.

Rodríguez, P. E. *et al.* 2008. *Proyecto de organización y desarrollo de la economía forestal 2008-2017*. Ministerio de la Agricultura. Grupo Empresarial de la Agricultura de Montaña. Empresa Forestal Integral Baracoa. 57 pp.

RESEÑA CURRICULAR

Autor principal: José A. Bravo Iglesias

Doctor en Ciencias Forestales, investigador titular del Instituto de Investigaciones Agro-Forestales, trabaja en la temática de Silvicultura y Medio Ambiente, y Biometría Forestal. Profesot instructor, ha impartido cursos de posgrado sobre Silvicultura, Agroecología y Diseño Experimental, entre otros. Recibió premio en el Forum Tecnológico Especial sobre los cambios climáticos y la actividad agraria. Ha participado en eventos nacionales e internacionales.

Conocarpus erectus L. (Combretaceae)



NOMBRE VULGAR: Yana , Buttonwood.

No: 92

Distribución geográfica: En toda Cuba e I. de la Juventud, América y África tropical en manglares en suelos salobres no fangosos.

Caracteres macroscópicos: Albura aunque no bien distinta, es estrecha y de color más claro.que el duramen color gris, textura fina, grano recto muy dura y pesada. Lustre medio muy resistente y pesada con zonas de crecimiento visibles.

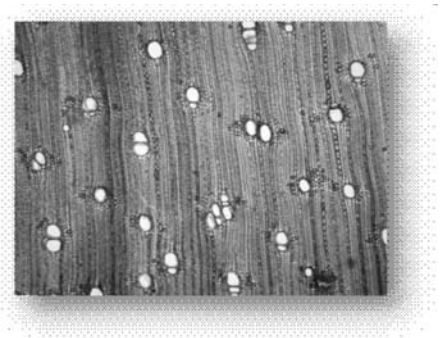
Densidad: 1,100 g/cm3

Principales usos: Se emplea casi exclusivamente para la fabricación de carbón, que es e l mejor para fines domésticos, postes de cerca y tapado, horcones, traviesas.

Caracteres Microscópicos:

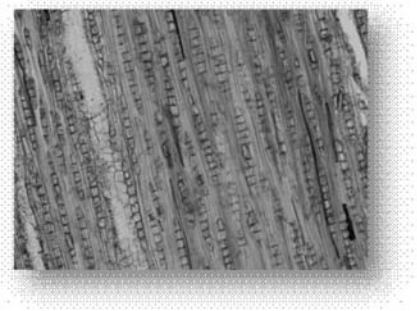
A.Porosidad:

Distribución: Difusa. Poros mayormente solitarios, ovales. Grupos radiales de 2 a 5 células y conglomerados de hasta 8.
Diámetro (µm): 70-99-142
No/mm²: 9
Pared (µm): 5,4
Placa perforada: Simple
Punteaduras: Alternas, circulares y ovales.
Contenidos: No se observan
Longitud (µm): 220-434-515



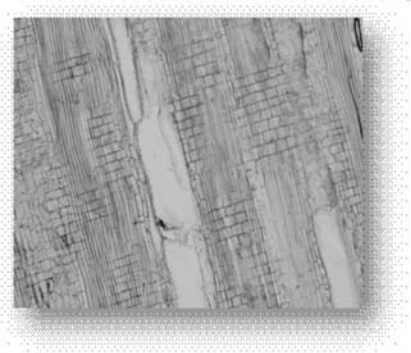
B. Parénquima axial:

Distribución: Paratraqueal aliforme y confluente.
Diámetro (µm): 19
No. células la serie: 2 a 4
Contenidos: Cristales
Long. serie(µm): 322-594-609



C. Parénquima radial:

Distribución: No estratificados
Composición: Homogéneos
No/mm: 13
Contenidos: No se observan
Ancho n(µm): 12-15-19
No.células: 1
Alto (µm): 208-273-416
No.células: 5-7-9



D. Fibras:

Tipo: Libriformes, poligonales a rectangulares.
Distribución: Irregular
Diámetro(µm): 14
Grosor de pared (µm): 4
Longitud (µm): 650-816-1350

E. Caracteres especiales: No

Revista Forestal Baracoa vol. 32 (1), enero/junio 2013 *ISSN: 0138-6441*
Artículo científico, pp. 67-74

RESTAURACIÓN ECOLÓGICA DE ECOSISTEMAS BOSCOSOS Y ARBUSTIVOS MONTAÑOSOS DE NAJASA, SEGÚN MECANISMOS FUNCIONALES

ECOLOGICAL RESTORATION OF FOREST ECOSYSTEMS AND MOUNTAINOUS SHRUBBY NAJASA BY FUNCTIONAL MECHANISMS

Dr. C. Everardo Pérez-Carreras, Dr. C. Roberto Vázquez-Montes de Oca y M. Sc. Rafael Martín-Palacios

Universidad Ignacio Agramonte y Loynaz. Circunvalación Norte, Camagüey, Cuba, everardo.perez@reduc.edu.cu, teléf.: 261593; 234101

RESUMEN

El funcionamiento ecológico de un área forestal incide directamente en el éxito de las supervivencias de las posturas, desarrollo de las plantaciones y en su restauración ecológica. Los resultados se obtuvieron en los Cerros Cachimbos, alturas cársicas pertenecientes al municipio de Najasa, provincia de Camagüey, en dos sitios silvestres de más de 100 ha respectivamente, entre 2005 y 2010. Se valoraron las formaciones vegetales, composiciones florísticas, niveles tensionales y sus funcionamientos respectivos. Se identificaron las asociaciones vegetales con las especies dominantes y dominadas del dosel, sus habilidades adaptativas, reproductivas y competitivas, los rodales desde pocos, altos hasta normalmente densos, y se valoraron las densidades y las distancias en centímetros entre los individuos en cada comunidad, determinándose su número aproximado por hectáreas y los reclutamientos de posturas. Se obtienen datos de los incrementos diamétricos que proporcionan información sobre la productividad primaria, niveles de aprovechamientos y desarrollo de la biomasa de las especies, entre ellas las de importancia económica.

Palabras claves: *Funcionamiento ecológico, sitio silvestre, restauración ecológica, habilidades competitivas, reforestación.*

ABSTRACT

To interpret ecologically a forestal area, works directly in the success of new planctation survival, plantations development and in the ecological restoration. Results were obtained in tensional levels including carsic highs, Cachimbos highs in Najasa, Camaguey in two wild places with more than 100 ha each one between 2005-2010. Were value: vegetable formations, floristic composition, tensional levels and working. Were determine and identified the vegetal associations with dominant species of the canopy and the domined areas, competitive skills, middles and normally dense are valuated and measured in centimeters between members in every community determined the quantities by hectares and the real quantity of new trees. Are valuated the diametric increases that provide activity information about the primary productivity, approach levels and biomass develoment, adaptative behavior, species volumetric increases of economic impact.

Key words: *Wild places, ecological working, ecological restoration, competitive skills, reforestation.*

INTRODUCCIÓN

Desde mediados del siglo XVII la provincia de Camagüey ha sufrido intensas transformaciones antrópicas en las coberturas boscosas que ocupaban las pequeñas alturas cársicas y zonas llanas, entre otras. Las pequeñas elevaciones, situadas al norte, centro y sur, actualmente

Fecha de recepción: 11/9/2012
Fecha de aprobación: 14/1/2013

conservan algunos recursos con ecosistemas y paisajes de cierta naturalidad y representatividad, y constituyen el 15 % de la provincia. El mayor porcentaje con vegetación natural lo ocupan las zonas costeras y cayos adyacentes del norte y el sur [CITMA-SPAP, 2010].

Los efectos biológicos de la fragmentación de los ecosistemas de las elevaciones afectan la biodiversidad y las condiciones microclimáticas de esos fragmentos, influyendo directa e indirectamente en la abundancia-dominancia de las especies y sus interacciones biológicas intra e interespecíficas.

Entre los objetivos de los estudios sobre los funcionamientos ecológicos de los sitios silvestres montañosos se consideran: 1) valorar los índices de salud y estados de los equilibrios dinámicos y las sucesiones de los ecosistemas; 2) comprobar los enriquecimientos fitogenéticos, fitodiversidad y posibles pérdidas netas en la disponibilidad de hábitats y nichos ecológicos de las especies y el tamaños de las poblaciones y comunidades; 3) valorar la reducción real y potencial de los fragmentos con vegetación natural e incrementos de las distancias ecológicas entre elllos; 4) corroborar las dificultades de las poblaciones y comunidades para intercambiar individuos y reponerse, así como posibles recolonizaciones y reclutamientos de individuos; 5) inferir la eventual extinción de algunas de las especies y poblaciones; 6) proponer como alternativas de restauración ecológica la forestación, reforestación o revegetación, según resultados del estudio realizado.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se estructuró la base de datos en el Sofware SPSS-versión 15.0 para Windows 2006. Se codificaron las variables territorio (territor) o parcelas y transectos (transect), según las alturas calizas que constituyen los Cerros Cachimbos del conjunto orográfico de Najasa, Camagüey. Como parte de la metodología de las mediciones en el campo se utilizaron cintas métricas de hasta 20 m de largo y reglas de madera con puntas, de hasta 50 cm de largo para medir el grosor de las esteras radicales dentro de los suelos.

En el campo, con el método aleatorio, se realizaron tres transectos que corresponden en orden consecutivo a las bases, laderas y cimas de las alturas, para un total de 272 valoraciones funcionales puntuales, cada transecto con una longitud aproximada de 350 m-1600 m y un ancho hacia ambos lados de 15 m-20 m. Se midieron las variables distancia en centímetro entre individuos (distancm), que facilitó calcular el número aproximado de árboles, arbolitos y arbustos por hectáreas (para estas investigaciones, la unidad básica de medida de superficie poblada), diámetro (diámetrocm), para estimar el aumento de la biomasa del ecosistema (se midieron los troncos o fustes de cada individuo a partir de 2 cm de perímetro) y se calculó el grosor de las esteras radicales ER (cm) dentro de los suelos.

Se exploró la base de datos para valorar las características de la distribución de las variables con el objetivo de probar su normalidad (N) y utilizar las estadísticas descriptivas. Al respecto se aplicaron los tests no paramétricos porque las variables distancia entre los árboles, diámetro de los fustes y grosor de las esteras radicales no dieron distribución normal en los transectos, por lo que se utilizó el test de Kolmogorov-Smirnov (K-S). Para relacionar las tres variables se aplicó la correlación de rango (Rho de Spearman), y por las características del interés del estudio funcional, se emplea el tests no paramétrico de Kruskal-Wallis (K-W) con el objetivo de comparar los resultados de las variables referidas en los transectos de cada área de las elevaciones.

Las colectas de muestras de ejemplares botánicos se identificaron en instituciones con herbarios y colecciones de maderas de la provincia. En los trabajos de gabinete se revisaron diferentes bibliografías, entre ellas, para los estudios sobre funcionamientos ecológicos, sobre la base de las habilidades reproductivas, adaptativas y competitivas de las especies arbóreas y algunas arbustivas, se basaron en los resultados de Capote *et al.* (1988), Herrera *et al.* (1988, 1997), Herrera (comunicación personal, 2003) y Pérez *et al.* (1992 al 1999; y Pérez, 2000 al 2010). Se valoraron los índices de respuestas funcionales (IRF), tensión abiótica (ITA) y ceno-competitivo (ICC) de los grupos de especies dominantes funcionales de cada porción de las alturas [IES, 1990]. Se consideraron las densidades y pesos de las maderas [Carreras y Dechamps, 1995], crecimientos de las especies, los índices

de densidad de población (IDP) e incrementos diamétricos (IID) de cada comunidad [Pérez, 2010], entre otros datos, considerando las etapas sucesionales de los cerros. Para las propuestas de restauración ecológica se utilizaron los resultados propuestos por Matos (2010) y Urbino (2010).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Paisajes principales de los Cerros Cachimbos

- Alturas tectónico-cársicas escalonadas, sobre rocas calizas margosas, suelos esqueléticos, sin drenaje superficial, con bosques semideciduos secundarios degradados.
- Cimas planas con afloramientos rocosos y vegetación boscosa semidecidua secundaria y degradada.
- Laderas escalonadas y escarpadas, con suelos esqueléticos y bosques secundarios semideciduos degradados, con abundancia-dominancia de arbustivas invasoras.
- Bases con pendientes suaves, acumulaciones de bloques, suelos poco profundos, con cierta abundancia-dominancia de matorrales secundarios y restos del bosque semideciduo secundario.
- Llanuras onduladas sobre complejo de rocas vulcanógeno-sedimentarias, con suelos pardos de poco a medianamente profundos, medianamente diseccionadas, con comunidades de abundantes matorrales secundarios y vegetación herbácea, alternando con árboles aislados de frutales y maderables.

Por sus características fisonómicas la formación vegetal es semidecidua noto-mesófila media, con alturas de 10-15 m, que se relaciona con los gradientes de humedad y los nutrientes existentes en los suelos, que son pobres por su irregular contenido de materia orgánica (oligotróficos), poco profundos, con afloramientos cársicos y significativa porosidad de las rocas, junto con otras características estructurales del sustrato.

Es un ecosistema sensible a las variaciones tensionales que recicla sus contenidos energéticos a velocidades medias (eremazimóticos), bajas (mesozimóticos) o muy bajas (eueremazimóticos), según cálculos inferidos por el grosor de las esteras radicales e incrementos diamétricos, entre otros índices funcionales.

En las alturas, la formación vegetal secundaria eutónica (bosque insular) se desarrolla en sitios poco protegidos a diferentes factores que les producen tensiones y lo impactan, entre ellos la acción eólica, condiciones hídricas, edáficas (rápida percolación del agua de lluvia por el sustrato cársico), alteraciones en la evapotranspiración, incrementos de las temperaturas anuales, problemas nutrimentales y otros originados por la competencia y adaptación de las especies en la comunidad. Se añaden los daños ocasionados por las talas selectivas, intensivas, incendios y tendencia a la aridez en el conjunto orográfico, que ha ido perdiendo sus coberturas boscosas durante décadas.

Las formaciones referidas se valoran como mixtas y restauradoras, bajo el proceso natural de la competencia, adaptación y desplazamientos sucesionales de sus grupos funcionales de especies, por lo que se valora en fase de homeostasis II.

En este ecosistema se hallan mayores cantidades de individuos tolerantes a la competencia, siendo el medioambiente local el que sitúa un conjunto de condiciones que establecen la función selectiva entre los taxones del bosque y de los matorrales secundarios con especies invasoras que lo rodean.

El comportamiento funcional de la vegetación está también directamente influenciada por la ubicación geográfica de los Cerros Cachimbos, ubicados entre las elevaciones Najasa y Guaicanámar, convirtiéndose así en un importante eslabón biológico entre las alturas del conjunto orográfico y las zonas llanas aledañas, por lo que no se comportan como islas dentro del mosaico vegetal. Son físicamente eslabones de un corredor biológico, el que existía desde las alturas y llegaba hasta las costas algo más alejadas del sur de la provincia. Lo anterior se corrobora con la presencia en dichos cerros de hasta el 80 % de los taxones que se hallan dispersos o se han reportados en las restantes elevaciones del conjunto orográfico (Sierra del Chorrillo, Sierra de Najasa, Sierra de Guaicanámar), zonas llanas aldeñas y las costeras del sur.

Por las afectaciones existentes en la cobertura vegetal de las alturas se requieren más de quince años para lograr la restauración ecológica [Matos, 2010 y Urbino, 2010], incluyendo las áreas

llanas ocupadas por matorrales secundarios, con abundancia-dominancia de *Dichrostachys cinerea* (marabú). La restauración es posible siempre que existan los bancos de germoplasma y se aproveche la regeneración natural del bosque, los que presentan una distribución densa pero variable de plántulas e individuos jóvenes, relacionados con la producción de frutos y semillas de las plantas adultas, y constituyen el principal potencial de la recuperación natural del ecosistema montañoso. El estudio de las estrategias reproductivas, adaptativas y competitivas de las especies permiten conocer los posibles mecanismos para su restauración, aplicando preferiblemente la reforestación sucesional con las especies identificadas en el territorio. La regeneración natural como elemento importante de la reforestación y forestación se sustenta con la presencia constante en el suelo del colchón de hojarascas, el banco de semillas y el de plántulas, como estrategias funcionales adaptativas-competitivas. En los llanos próximos con numerosas fincas existen árboles maderables y frutales que pueden utilizarse como árboles plus [Pérez, 2003-2010].

El equilibrio dinámico alcanzado en el tapiz vegetal y sus fitocenosis la conforman una flora con 40 familias pertenecientes a las Magnoliophytas con 102 géneros y 147 especies con determinado valor forestal, que evolutiva y adaptativamente contribuyen al enriquecimiento de la fitodiversidad en el sitio silvestre valorado.

La resistencia a las tensiones está proporcionada por el conjunto de posibilidades genéticas de cada especie que conforman sus estrategias adaptativas y competitivas; se hallan como más significativas por la abundancia-dominancia *Oxandra lanceolada* (yaya, 30 %), *Calycophyllum candidissimum* (dagame, 15 %), *Crescentia cujete* (güira cimarrona, 10 %), *Bursera simaruba* (almácigo,10 %), *Cordia collococca* (ateje colorado, 10 %), *Andira inermes* (yaba, 5 %), *Clusia rosea* (cupey, 5 %), *Swietenia mahagonii* (caoba cubana, 5 %), *Hebestigma cubense* (frijolillo, 5 %) y *Guazuma ulmifolia* (guásima, 5 %), entre otras dispersas.

La interacción de las estrategias adaptativas y competitivas por el suelo, nutrientes y luz, también se expresa en el hábito biológico árbol y arbolito en mayor porcentaje en el bosque y arbustivo, conformando matorrales xeromorfos secundarios hacia las bases y zonas llanas aledañas.

El funcionamiento en equilibrio dinámico en las elevaciones cársicas se evidencia en cuatro principales asociaciones vegetales:

- Poblaciones de árboles de *Oxandra lanceolada* (yaya) asociados con poblaciones de árboles de *Bursera simaruba* (almácigo) y *Guazuma ulmifolia* (guásima).
- Poblaciones de árboles de *Cordia collococca* (ateje colorado) y *Guazuma ulmifolia* (guásima) asociados con arbóreas de *Cedrela odorata* (cedro).
- Poblaciones de árboles de *Calycophyllum candidissimum* (dagame) asociados con poblaciones de árboles de *Crescentia cujete* (güira cimarrona) y *Sideroxylum foetidissimum* (jocuma).
- Poblaciones de arbóreas y arbustivas de *Hebestigma cubense* (frijolillo) asociados con arbustivas de *Celtis trinervia* (ramón de loma) y *Ateleia gumifera* (rala de gallina).

Las asociaciones vegetales constituyen importantes indicadores ecológicos para proponer la revegetación y reforestación de las áreas impactadas, como parte de su restauración ecológica, ya que deben ser utilizadas preferentemente aquellas especies que ya existen en las diferentes comunidades.

Entre las adaptaciones funcionales de este ecosistema se halla el incremento de las áreas foliares con la presencia de especies notófilas, entre ellas *Bursera simaruba*, *Capparis cynophallophora* y *Erythroxylum havanense*, y mesófilas como *Guazuma ulmifolia, Roystonea regia* y *Spondias mombin.* Se hallan algunas mesófilas dominadas en el sotobosque, entre ellas *Agave legrelliana, Bromelia pinguin, Clusia rosea* y *Genipa americana.*

La combinación de poblaciones conformando la comunidad vegetal con dominancia de especies mesófilas y presencia de cierta esclerofilia foliar permite ganancia de mayor estabilidad y constancia en la producción de hojas y mayor duración, tanto en las plantas vivas como sobre el piso del bosque, formando el colchón de hojarascas como estrategia funcional de reservas de nutrientes [Herrera y Vilamajó, 1988].

Las respuestas funcionales adaptativas, reproductivas y competitivas se hallan también en las tasas de crecimientos de muchas de las especies del componente florístico, las que suelen ser lentas, constantes y estabilizadas, y proporcionan maderas resistentes, pesadas y duras con mayores densidades en sus fibras [Carreras y Dechamps, 1995], respondiendo de forma efectiva a las tensiones ambientales de las alturas cársicas. Del grupo se significan especies estabilizadoras y rezagadas, entre ellas *Buchenavia tetraphylla* (júcaro amarillo), *Gerascanthus gerascantoides* (varía), *Diospyros caribaea* (ébano carbonero) y *Lysiloma sabicu* (sabicú).

Se valora la dependencia de algunas especies arbustivas y arbóreas, principalmente en las leguminosas *Hebestigma cubense, Lysiloma sabicu* y *Pithecellobium arboreum* a la asociación con hongos micorrizógenos que intervienen en sus ciclos que se percibe una superficie cubierta entre el 70 y el 80 %. El resto lo ocupan claros y algunas trochas. El espaciamiento y densidad de sus componentes arbóreos y arbustivos, sin embargo, indican una favorable distribución espacial de los individuos dentro de la comunidad, que decide sobre el comportamiento adaptativo y competitivo de las diferentes especies y los remplazamientos y reclusiones que se realizan.

La densidad o población de taxones de más de 1,50 m de altura y a partir de 2,0 cm de perímetro del fuste, analizada para los tres transectos (bases, laderas y cimas), varió en un rango, donde N = 41 ... 142, para un total de 272 valoraciones funcionales puntuales; pero la variable distancia no arrojó diferencia significativa entre la base, ladera y cima de las elevaciones (*Tabla*).

Para los cerros la densidad o población de plantas de diferentes especies manifestó en la variable distancia (espaciamiento o separación natural entre individuos) lo siguiente: mínimo 94,0 cm; medio 160,0 cm; máximo 413,0 cm, y promedio general 2,28 m. La cantidad aproximada de árboles, arbolitos y arbustos calculados para 1 ha es de 4386. El cálculo realizado de más de dos mil y hasta cinco mil individuos por hectárea permite valorar el bosque secundario como en estado medianamente denso, que se corresponde con el estadio sucesional fase de homeostasis II. Por la composición florística, sus estructuras y los comportamientos de sus grupos funcionales de especies (pioneras, colonizadoras, estabilizadoras y rezagadas) constituyen un estadio maduro de desarrollo, que se identifica como clímax; sin embargo, faltan o son escasos algunos taxones de los estratos dominantes que existen en otras alturas próximas del conjunto orográfico, por lo que han sido sustraídos por talas selectivas, entre ellos *Lysiloma sabicu* (sabicú), *Cedrela odorata* (cedro), *Sideroxyloum foetidissimum* (jocuma), *Swietenia mahagonii* (caoba cubana) y *Gerascanthus gerascantoides* (varía). Estos impactos dañan estas formaciones vegetales secundarias, que son protectoras del agua y los suelos de las zonas montañas bajas de Camagüey [Pérez, 2003 al 2010].

La distancia o espaciamiento entre los taxones permite determinar el estado vital de cada planta, sus alturas, incrementos en diámetros, rapidez de los crecimientos, naturaleza de los suelos y sus condiciones físicas y fertilidad [Herrera, Menéndez y Vilamajó, 1988], además de que se infiere las condiciones climáticas locales que prevalecen, ya sean las variaciones de temperaturas, períodos secos y lluviosos, presencia o no de especies exóticas, naturalizadas y endémicas. Hacia algunas laderas, bases y áreas aledañas se ubican las poblaciones con matorrales xeromorfos espinosos secundarios, con abundancia-dominancia de *Acacia farneciana* (aroma amarilla), *Comocladia dentata* (guao prieto), *Comocladia platyphylla* (guao de sabana) *Dichrostachys cinerea* (marabú) y *Mimosa pigra* (Weyler). El espaciamiento entre las arbustivas es irregular y hasta compacto en algunos segmentos. Esto hace que se aprovechen las propiedades del terreno, con muy poco suelo y afloramientos cársicos, pero se enriquecen con necromasa y se fomenta el sustrato orgánico, beneficiándose la propia vegetación y la fauna asociada.

Las especies mezcladas que conforman el bosque mixto secundario son de distinta constitución genética y manifestación funcional. Así se hallan las estrictamente heliófilas, entre ellas *Cecropia schreberiana* (yagruma hembra) y *Guazuma ulmifolia* (guásima) y esciófilas como *Canella winterana* (cúrbana, malambo) y *Erythroxylum havanense* (jibá), los que proporcionan al ecosistema una estructura compleja

en su funcionamiento que debe considerarse durante su restauración ecológica.

En las alturas existe una distribución densa y variable de plántulas e individuos jóvenes que se relacionan con la producción de frutos secos, carnosos y semillas de las especies de los estratos superiores, y constituyen el principal potencial de la regeneración en dichas áreas.

Se obtuvieron datos de los perímetros (p) y diámetros (d) de los fustes de árboles, arbolitos y algunos arbustos. Los incrementos diamétricos constituyen otra de las categorías funcionales básicas para valorar el funcionamiento del ecosistema arbóreo-arbustivo, y constituyen índices funcionales para determinar la salud del ecosistema y su estabilidad funcional.

La variable diámetro de cada individuo en centímetro fue analizada para la misma cantidad de transectos de la variable distancia (bases, laderas y cimas) e igual número de valoraciones funcionales puntuales, y tampoco mostró diferencia significativa entre ellos (*Tabla*). El crecimiento de los individuos botánicos está influenciado por su espaciamiento. Si es muy densa la formación vegetal (con poca separación), es menor el incremento en diámetro de las plantas. Se verifica la existencia de tres grupos principales de especies, de acuerdo con las clases diamétricas ($DAP_{1.30\ m}$). Un primer grupo con un diámetro promedio de d: 5,4 cm, segundo con d: 13,3 cm, y el tercero con d: 59,6 cm. En dichos grupos se ubican especies tolerantes a la competencia, entre ellas *Lysiloma sabicu* (sabicú, p: 183,0 cm, d: 58,0 cm), intolerantes como *Gliricidia sepium* (piñón florido, p: 187,3 cm, d: 59,6 cm), S*pondias mombin* (jobo, p: 167,0 cm, d: 52,0 cm) y *Ceiba pentandra* (ceiba, p: 549,0 cm, d:175,0 cm), que aportan las mayores alturas e incrementos en perímetros y diámetros de los fustes y de comportamiento medio, entre ellas *Crescentia cujete* (güira cimarrona)*, Clusia rosea* (cupey) y *Bursera simaruba* (almácigo, p: 172,0 cm y d: 55,0 cm). En la estrategia de distribución en clases diamétricas, en estos tipos de formaciones vegetales influyen positivamente las distintas capacidades de las semillas para germinar o no a la sombra (umbrales bajos, medios y altos), por lo que crecen individuos con diferentes edades y diámetros [Herrera y Priego, 1997]. La cantidad de taxones correspondientes a plántulas de especies arbóreas predomina sobre el número de otras especies, tanto del estrato arbustivo como del herbáceo y el sinusio de lianas y epífitas. Se observan en el sotobosque las erguidas *Agave legrelliana* y *Bromelia pinguin*, las trepadoras *Echites umbellata, Urechites lutea*, *Vanilla dilloniana* y las epífitas *Oncidium leiboldi, Tillandsia flexuosa, Tillandsia valenzuelana* y *Tillandsia usneoides,* entre otras.

En los cerros algunos de los individuos de diferentes especies presentan esteras radicales, las que se hallan en los suelos profundos de las bases, medianamente profundos de las laderas y poco profundos de las cimas, entre las oquedades de las rocas calizas, que poseen altos porcentajes de acumulación de materias orgánicas. Las esteras son mecanismos funcionales importantes para la recuperación de los nutrientes, y su presencia evidencia que la vegetación está sometida a algún tipo de tensión hídrica o nutrimental, y constituyen índices visuales para reconocer aquellos ecosistemas sometidos a tensiones [Herrera y Priego, 1997]. El desarrollo de las esteras embebidas en una matriz de hojas, donde el reciclaje de nutrientes es bastante directo, permite al ecosistema poseer naturalmente un eficiente mecanismo de recuperación nutrimental [Herrera *et al.,* 1997].

La variable grosor de las esteras radicales (ER) de cada individuo en centímetro fue analizada para los mismos transectos (bases, laderas y cimas) con igual número de valoraciones funcionales puntuales (272), evidenciándose diferencia significativa entre las porciones o zonas de los cerros (*Tabla*).

Existen tres comportamientos funcionales principales, los que guardan relación con los incrementos diamétricos de arbustos, arbolitos y árboles. Se miden el grosor y la profundidad que alcanzan las esteras dentro de los suelos. Al respecto, el grosor mínimo promedio reporta 6,0 cm (mesozimótico), coincidiendo en las laderas con afloramientos cársicos; el medio es de 8,8 cm (eremazimótico), también con suelos escasos y afloramientos cársicos, con árboles de poca altura (5-10 m), y el máximo valor alcanza esteras de grosor promedio de 16,2 cm (eueremazimótico), con suelos más profundos y un dosel más elevado (12-15 m) que coincide con las bases y los escalones en las laderas. Se halla un promedio general para el grosor de las esteras en las alturas de 10,5 cm que permi-

te valorar al ecosistema en su conjunto como eremazimótico. Los procesos de acumulación y descomposición posterior de la materia orgánica constituyen también estrategias de funcionamiento ecológico e influyen en la formación de los suelos (*Tabla*).

Prueba de Kruskal-Wallis. Aplicado para los Cerros Cachimbos en Sierra de Najasa, Camagüey

Variables	*Transect*	*N*	*Rango promedio*
Distancm	1	41	145,63
	2	142	136,75
	3	89	131,89
	Total	272	
Diámetro (cm)	1	41	121,71
	2	142	137,60
	3	89	141,56
	Total	272	
ER (cm)	1	41	226,38
	2	142	124,95
	3	89	113,52
	Total	272	

1: Bases, 2: Laderas, 3 Cimas de las alturas.

Estadísticos de contraste (a, b)

	Distancm	*Diámetro (cm)*	*ER (cm)*
Chi-cuadrado	0,860	1,846	77,444
gl	2	2	2
Sig. asintót.	0,651	0,397	0,000

a. Prueba de Kruskal-Wallis
b. Variable de agrupación: Transect

CONCLUSIONES

- Los Cerros Cachimbos valorados funcionalmente y utilizando como indicadores ecológicos las variables distancia, diámetro y esteras radicales y las asociaciones existentes en las comunidades vegetales, según los cuatro grupos funcionales de especies (pioneras, colonizadoras, estabilizadoras y rezagadas), conservan una rica biodiversidad e importantes bancos de semillas y plántulas con significativos valores botánicos y económicos, con condiciones ecológicas que facilitan el adecuado manejo silvícola y la reforestación sucesional para cubrir las áreas afectadas y restaurar ecológicamente las alturas cársicas, con plantaciones forestales, preferiblemente utilizando árboles y arbustos multipropósitos o de usos múltiples existentes en el municipio (AUM).
- Los estudios sobre el funcionamiento en las alturas del conjunto orográfico Sierra de Najasa, al sur de la provincia, demuestran científicamente que dichos ecosistemas no pueden ser impactados debido al desempeño funcional y estabilidad ecológica que proporcionan en esos sitios, además de que poseen asignadas por el Estado cubano las categorías de Bosques Protectores y de Conservación, refrendados jurídicamente por la Ley 81 de Medio Ambiente (1997), Ley 85 o Ley Forestal (1999), la Resolución 330/1999 (Reglamento de Ley) y el Decreto 268/1999 sobre las contravenciones de las regulaciones forestales, entre otros documentos regulatorios del CITMA, SEF y otras entidades.

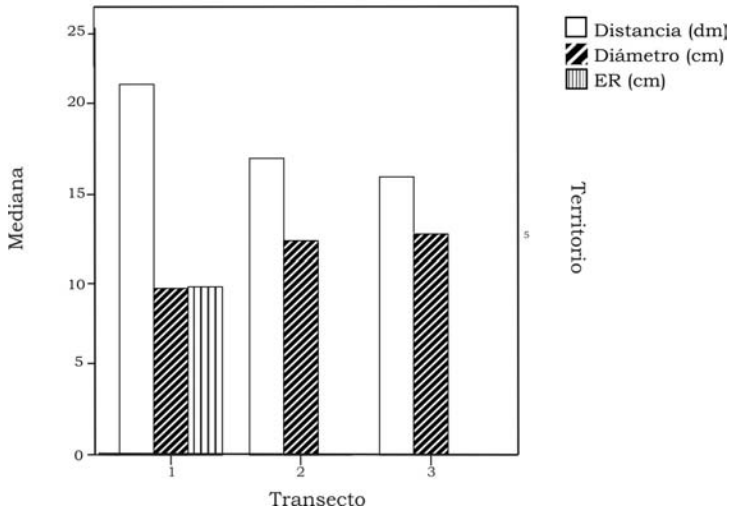


Gráfico comparativo del comportamiento de las variables distancias, diámetros y esteras radicales en los Cerros Cachimbos. Simbología: (1) bases, (2) laderas y (3) cimas de las alturas.

BIBLIOGRAFÍA

Betancourt Barroso, A. 1999. *Silvicultura especial de árboles maderables tropicales. La Habana*. Editorial Científico-Técnica. 431 pp.

Betancourt Barroso, A. 2000. *Árboles maderables exóticos en Cuba*. La Habana. Editorial Científico-Técnica. 352 pp.

Bisse, J. 1988. *Árboles de Cuba*. La Habana. Editorial Científico-Técnica. 383 pp.

Capote, R., García, E. E., Herrera, R. 1988. «Sucesión vegetal». En *Ecología de los Bosques Siempreverdes de la Sierra del Rosario*. Instituto Ecología Sistemática. ACC. Oficina Regional de Ciencia y Tecnología de la UNESCO. Montevideo. pp. 272-295.

Carreras, R.; Dechamps, R. 1995. «Anatomía de la madera de 157 especies forestales que crecen en Cuba y sus usos tecnológicos, históricos y culturales». Musee Royal de L´Afrique Centrale Tervuren, Belgique. Documentation Sciences Economiques (BE) vol. 9. 120 pp.

CITMA-SPAP. 2010. «Situación de las áreas protegidas en la provincia». En *Informe de balance anual* (Inédito). Dpto. Áreas Protegidas. Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente. Delegación Camagüey. 10 pp.

Fors, A. J. 1957. *Maderas cubanas*. La Habana. Ministerio de la Agricultura. 172 pp.

Herrera, R. Menéndez, L., Vilamajó, D. 1988. *Las Estrategias Regenerativas, Competitivas y Sucesionales en los bosques siempreverdes en la Sierra del Rosario. En: Ecología de los Bosques Siempreverdes de la Sierra del Rosario, Cuba*. Institutio Ecología Sistemática ACC. Oficina Regional de Ciencia y Tecnología de la UNESCO, ROSTLAC, Montevideo, Uruguay, pp. 29-362.

Herrera, R.; Priego, G. 1997. «Ecotechnologies for the sustainable management of tropical forest diversity». *Nature & Resources* (FR) UNESCO 33 (1):2-17.

Instituto Nacional de Desarrollo y Aprovechamiento Forestal. 1970. *Árboles maderables de Cuba*. La Habana. Instituto del Libro. 238 pp.

León, Hno., Alain, Hno. 1951, 1953, 1957, 1964. *Flora de Cuba*. Obras. Contr. Ocas. Museo Historia Natural Clegio La Salle.

Matos, M. J. 2010. «Restauración ecológica en el Caribe: Estado del arte». En Libro Resumen. III Simposio Internacional Restauración Ecológica. Santa Clara. Cuba. CD. (ISBN: 978-959-250-600-8).

Pérez-Carreras, E.; Enríquez, N.; Herrera, P. 1994. «Características florísticas y fisonómicas de la vegetación boscosa de las Sierras Najasa, Guaicanámar y Cerros Cachimbos, Camagüey, Cuba». *Acta Botánica Cubana* (CU) 95:16.

Pérez-Carreras, E.; Ávila, B.; Enríquez, N. 1995. «Las especies maderables y su utilización en la provincia de Camagüey». *Revista Electrónica Agrisostenible* 2(2):7.

Pérez-Carreras, E. 2003. «Reforestación sucesional en la Sierra de Cubitas, Camagüey, Cuba». Tesis en opción al grado científico de Doctor en Ciencias Biológicas. Instituto de Ecología y Sistemática.

Pérez-Carreras, E. *et al.* 2008. «Funcionamiento ecológico de los Cerros Cachimbos. Grupo orográfico de Najasa. Camagüey, Cuba». 11.º Encuentro de Botánica Johannes Bisse in Memoriam. 15 pp.

Roig y Mesa, J. T. 1960. *Árboles maderables cubanos*. La Habana. Centro Nac. de Exp. y Extensión Agrícola, Boletín No. 80. 30 pp.

Roig y Mesa, J. T. 1965. *Diccionario botánico de nombres vulgares cubanos*. La Habana. Editorial Nacional de Universidades. tt. 1 y 2, 1142 pp.

Roig y Mesa, J. T. 1966. *Catálogo de maderas cubanas*. Estación Central Experimental Agropecuaria Santiago de Las Vegas. La Habana. 25 pp.

Sablón, A. M. 1984. *Dendrología*. Ciudad Habana. Editorial Pueblo y Educación, 196 pp.

Samek, V. 1974. *Elementos de silvicultura de los bosques latifolios*. La Habana. Instituto Cubano del Libro. 291 pp.

Urbino, R. J. 2010. «La rehabilitación ambiental minera, una solución holística». En Libro Resumen. III Simposio Internacional Restauración Ecológica. Santa Clara. Cuba.

RESEÑA CURRICULAR

Autor principal: Everardo de la Caridad Pérez Carreras

Doctor en Ciencias Biológicas, profesor e investigador titular, profesor adjunto del Centro de Medio Ambiente y Educación Ambiental de la Universidad Pedagógica José Martí, es miembro del Consejo Científico de la Facultad y de la Universidad donde labora. Ha desarrollado varias investigaciones relacionadas con las formaciones vegetales y la flora de diferentes ecosistemas montañosos y costeros de Cuba. Es autor y coautor de mapas de vegetación, flora y silvicultura a diferentes escalas. Ha desarrollado diagnósticos ambientales, estudios de impactos ambientales y planes de manejos y participado en múltiples eventos científicos y talleres.

Revista Forestal Baracoa vol. 32 (1), enero/junio 2013 *ISSN: 0138-6441*
Artículo científico, pp. 75-79

INFLUENCIA DEL NITRÓGENO EN LA CANTIDAD DE CARBONO RETENIDO POR 13 ESPECIES FORESTALES EN EL HUMEDAL CIÉNAGA DE ZAPATA, CUBA

THE NITROGEN INFLUENCE OVER THE AMOUNT OF THE CARBON RETAIN BY 13 WOODY SPECIES IN THE CIÉNAGA OF ZAPATA'S FOREST ECOSYSTEM, CUBA

Dra. C. Osiris Ortiz-Álvarez,[1] Dr. C. Antonio Escarré-Estévez,[2] Dr. C. Arnaldo Álvarez-Brito[3] y Dra C. Alicia Mercadet-Portillo[3]

[1] Estación Experimental Agro-Forestal Itabo. Instituto de Investigaciones Agro-Forestales. Calle Esteban Hernández 354, Martí, Matanzas, Cuba, itabo@forestales.co.cu, teléf.: 045552174
[2] Universidad de Alicante. España
[3] Instituto de Investigaciones Agro-Forestales. Calle 174 no. 1723 e/ 17B y 17C, Siboney, Playa, La Habana

RESUMEN

No existen dudas de que los árboles, aunque la captura de carbono sea pequeña, su aporte para reducir los efectos del cambio climático es significativo. Nadelhoffer et al. *[citados por Jandl, 2003] plantean que el nitrógeno leñoso puede contribuir mucho más al almacenamiento de carbono, especialmente si la madera es utilizada para productos de mayor longevidad. Atendiendo a ello se realiza un estudio en 13 especies arbóreas del ecosistema de la Península de Zapata, provincia de Matanzas. Para esto se determinó el porciento de nitrógeno en madera y corteza a nivel de laboratorio (Universidad de Alicante) mediante la toma de muestra de tres árboles por especie, siendo estas desecadas en condiciones ambientales, separadas la corteza de la madera y molidas mediante el empleo del analizador elemental LECO, modelo TruSpecCN, utilizando el patrón EDTA. Se demostró que* Eugenia buxifolia *(Sw.) Willd,* Lysiloma latisiliquum *(l.) Benth. ssp.* latisiliquum *y* Taliparíti elatum *(Sw.) Fryxell constituyen las especies con una mayor eficiencia en el uso del nitrógeno (NUE) y que presentan mayor capacidad de secuestrar carbono por cada unidad de nitrógeno empleado.*

Palabras claves: *Especies, eficiencia, nitrógeno, carbono retenido*

ABSTRACT

Not exist doubt that the tree, although it´s small the carbon capture, they can be reduce the effects of climate change. Nadelhoffer et al referes to Jandl (2003) express that the nitrogen woody can be contribute more tan on carbon storage if Wood it´s use for products of the larger longevity. Attend to is carry out one study in 13 forestry species of the forest ecosystem in the Península of Zapata, Matanzas province. In the investigation was determinated the nitrogen porcent in wood and bark in the laboratory of Alicante University for a fact which take of sample in 3 tree for specie, after it was dry up in environment conditions and divide the bark and Wood and pound through the use of elemental analyst LECO, model TruSpecCN making use the EDTA standard. The investigation showed that Eugenia buxifolia *(Sw.) Willd, Lysiloma latisiliquum (l.) Benth. ssp latisiliquum and* Taliparíti elatum *(Sw.) Fryxell are the woody tree with bigger efficiency in the nitrogen use (NUE) and present more capacity for kidnap carbon for each unite of nitrogen employed.*

Key words: *Species, efficiency, nitrogen, kidnap carbon.*

INTRODUCCIÓN

No existen dudas de que los árboles, aunque la captura de carbono sea pequeña, su aporte para reducir los efectos del cambio climático es significativo. Según FAO (1994), estos rompen islotes de calor proporcionando sombra, y se ha calculado que un número de tres ejemplares

Fecha de recepción: 5/6/2012
Fecha de aprobación: 9/1/2013

por vivienda, estratégicamente situados, pueden reducir las necesidades de aire acondicionado doméstico de un 10 a un 15 %, especialmente en zonas subtropicales y de latitudes medias.

Pero si bien es importante la determinación de la asimilación y retención de carbono por las especies forestales teniendo en cuenta el supuesto de constituir entes sumideros de carbono, también es importante la determinación del contenido de nitrógeno en madera y corteza, ya que según FAO (2000), citando a Swift, son necesarios de 70 a 100 kg de nitrógeno para capturar una tonelada de carbono.

Estudios de Feldpausch *et al.* (2004) demostraron que la deposición atmosférica de nitrógeno conllevará a realzar el crecimiento radial del fuste de algunas especies arbóreas, siendo muy probable que ocurra en algunas regiones. Por otra parte, Nadelhoffer *et al.* [citados por Jandl, 2003] plantean que el *nitrógeno leñoso* (entiéndase nitrógeno contenido en fuste y ramas) puede contribuir mucho más al almacenamiento de carbono, especialmente si la madera es utilizada para productos de mayor longevidad.

El nitrógeno constituye, aproximadamente, del 1 al 5 % del peso anhidro de las hojas, y una parte menor del peso de los demás tejidos vegetales; al combinarse en las plantas con las sustancias carbonadas da lugar a una gran cantidad de compuestos orgánicos diferentes que contienen un promedio aproximado del 16 % de este elemento, por lo que las sustancias nitrogenadas forman del 5 al 30 % del peso total de los tejidos vegetales. Constituye además un componente esencial, pues se encuentra en muchas de las vitaminas que actúan como grupos funcionales de las enzimas, en algunas purinas tales como la adenina (importantes en la respiración), en las moléculas de los ácidos nucleicos, en las proteínas, las cuales hacen posible la realización del metabolismo celular [Portillo, 1965].

Pero es además un componente de las nucleoproteínas, las cuales constituyen elemento de los cromosomas. El nitrógeno forma parte de la base nitrogenada que originan los nucleótidos (ésteres fosfóricos), los cuales reducen el CO_2 fijado en forma de ácido fosfoglicérico. Constituye un ente en las enzimas (proteínas), cuya función es la de formar o degradar las sustancias derivadas de los carbohidratos como el almidón. Forma parte de la constitución química de las hormonas del crecimiento celular (auxinas o ácido indolacético, que participa en el crecimiento longitudinal de las células, en la iniciación floral y desarrollo de los frutos, tiene una actividad meristemática al actuar sobre los meristemos: la auxina formada en la yema apical estimula y regula la actividad del *cambium* en las plantas leñosas, el cual actúa sobre el crecimiento en grosor de los árboles).

Pero sobre todas las cosas el nitrógeno incrementa la producción de CO_2 respiratorio [Portillo, 1965], favoreciendo la emisión del gas, y forma parte del tercer GEI de importancia, el cual contribuye, aproximadamente, con el 6,2 % al incremento del forzamiento radiativo total de los GEI de vida prolongada, y que como resultado de las actividades humanas sus concentraciones han incrementado de 270 ppb en la época preindustrial hasta cerca de 320,1 ppb a finales de 2006, representando un 19 % del aumento [Castro *et al.*, 2008].

MATERIALES Y MÉTODOS

Se determinó el porciento de nitrógeno en madera y corteza a nivel de laboratorio (Alicante). Para ello se tomó una muestra de tres árboles por especie, las cuales contaban con un peso de 100 g de madera. Cada muestra fue desecada en condiciones ambientales, separadas la corteza de la madera y molidas mediante el empleo del analizador elemental LECO, modelo TruSpecCN, utilizando el patrón EDTA.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Más adelante se detallan los valores porcentuales de nitrógeno contenidos en corteza y madera en algunas especies forestales (*Tabla 1*).

Se plantea que las plantas con mayor presencia de nitrógeno, por lo general, retienen mayor carbono, constituyendo así una alternativa de mitigación. Por tal motivo se analiza la eficiencia del uso del nitrógeno definida por Chapin, citado por Escarré (2009), partiendo de los valores porcentuales medios de este elemento contenido en corteza y madera, y los respectivos pesos o masa seca de ambas, lo cual conlleva a conocer la concentración de

nitrógeno en el fuste, y cuya inversa se puede tomar como dicha eficiencia. Una vez conocida esta, entonces se obtiene –teniendo en consideración el porciento de carbono retenido en corteza y madera y sus respectivos pesos– la cantidad de carbono retenido por cada gramo de nitrógeno absorbido, obteniéndose en el estudio los resultados que se muestran en la *Tabla 2.*

TABLA 1
Valores porcentuales medios del nitrógeno contenido en corteza y madera de algunas especies forestales de mayor interés y representatividad

Especie	*Porciento de N en madera*	*Porciento de N en corteza*
Talipariti elatum (Sw.) Fryxell (majagua)	0,25	0,80
Cupania glabra Sw. (guara o guarana)	0,37	1,08
Bursera simaruba (L.) Sargent (almácigo)	0,39	0,80
Erythroxylon spp. Britton (arabo)	0,39	1,15
Gerascanthus gerascanthoides L. (baría)	0,42	1,19
Oxandra lanceolata (Sw.) Benth (yaya)	0,41	2,25
Lysiloma latisiliquum (l.) Benth. ssp. *latisiliquum* (soplillo)	0,26	1,37
Tabebuia angustata Britton (roble)	0,38	1,34
Gymnanthes lucida Sw. (yaití)	0,36	1,18
Coccoloba uvifera (L.) L. (uva caleta)	0,37	0,56
Nectandra coriacea (Sw.) (sigua)	0,33	1,71
Sideroxylon foetidissimum Jacq. subsp. *foetidissimum* (jocuma)	0,55	1,53
Eugenia buxifolia (Sw.) Willd (guairaje)	0,20	0,82

TABLA 2
Carbono retenido por algunas especies forestales atendiendo a cada gramo de N_2 absorbido

Especie	*Materia seca producida por cada gramo de N (NUE) (g)*	*Carbono retenido por cada gramo de N_2 absorbido (g)*
T. elatum (majagua)	375,00	169,31
C. glabra (guara o guarana)	255,56	416,04
B. simaruba (almácigo)	248,57	113,01
E. spp. (arabo)	242,25	109,99
G. gerascanthoides (baría)	227,00	101,54
O. lanceolata (yaya)	214,96	99,27
L. latisiliquum (soplillo)	340,95	150,30
T. angustata (roble)	244,62	115,31
G. lucida (yaití)	260,01	118,08
C. uvifera (uva caleta)	266,17	118,87
N. coriacea (sigua)	269,25	124,06
S. foetidissimum (jocuma)	172,59	79,01
E. buxifolia (guairaje)	457,46	208,82

Como se muestra en la *Tabla 2*, *E. buxifolia*, *T. elatum* y *L. latisiliquum* constituyen las especies con una mayor eficiencia en el uso del nitrógeno (NUE) representadas en los cuadrantes I y II, y por tanto las de mayor cantidad de materia seca producida por cada gramo de nitrógeno absorbido. Estas difieren de *S. foetidissimum, N. coriacea, T. angustata*, etc., especies representadas en los cuadrantes III y IV (con tendencia a mostrar una baja NUE); sin embrago, atendiendo a la porción de carbono retenido, son superadas por *C. glabra* debido a que esta presenta un mayor porciento de carbono contenido en la madera con relación a las otras especies, pues presenta mayor área foliar, consecuencia por lo cual adquiere un lugar cimero.

Según Feldpausch *et al.* (2004), la deposición de nitrógeno provocaría una menor densidad maderable; sin embargo, al calcular los cocientes de regresión para dichas especies se obtuvo la no existencia de correlación entre la densidad de la madera y porciento de N_2 contenido en la madera ($R^2 = 0{,}0233$), ni entre la densidad de la madera y porciento de N_2 presente en la corteza ($R^2 = 0{,}075$).

Mediante la utilización de los cocientes carbono-nitrógeno (C/N) de las concentraciones conjuntas del fuste que integran los valores de corteza y madera, tanto de C como de N, se puede valorar las especies que precisamente mostrarán elevada capacidad para secuestrar carbono por cada unidad de N_2 empleado, obteniéndose en el estudio el siguiente resultado:

TABLA 3
Relación carbono- nitrógeno en cada especie forestal analizada

Especie	*C/N (g)*
T. elatum (majagua)	181,16
C. glabra (guara o guarana)	122,59
B. simaruba (almácigo)	116,82
E. spp. (arabo)	116,44
G. gerascanthoides (baría)	106,95
O. lanceolata (yaya)	112,66
L. latisiliquum (soplillo)	169,38
T. angustata (roble)	124,10
G. lucida (yaití)	126,47
C. uvifera (uva caleta)	120,66
N. coriacea (sigua)	139,64
S. foetidissimum (jocuma)	83,18
E. buxifolia (guairaje)	228,30

Como se muestra en la *Tabla 3*, existe coincidencia con las especies de mayor eficiencia en la utilidad del nitrógeno. Las especies *E. buxifolia*, *L. latisiliquum* y *T. elatum* presentan mayor capacidad de secuestrar carbono por cada unidad de nitrógeno empleado, y por consiguiente constituyen ejemplares a considerar dentro de la gama de especies sumideros de carbono, y de ocurrir un modesto incremento de N_2 en el suelo, y como la relación C:N es mayor en los tejidos vegetales según Schlesinger (2007), se producirá un incremento muy significativo del secuestro del carbono por las plantas.

Estos resultados corroboran los planteamientos realizados por Jandl (2003), quien manifiesta que si el nitrógeno se queda en el sistema puede ser fijado en la madera con una relación C:N de alrededor de 500, y este nitrógeno leñoso, según UNAM (2006), contribuir mucho más al almacenamiento de carbono que el carbono retenido en el suelo.

Por otra parte, Reichstein (2007) asevera que en las regiones tropicales el crecimiento de las plantas es limitado por otros elementos y no por las deficiencias de N_2, y por tanto el aumento del nitrógeno atmosférico y la aplicación de fertilizadores que contengan este componente pueden acelerar el crecimiento de la planta.

CONCLUSIONES

- *Eugenia buxifolia*, *Lysiloma latisiliquum* y *Talipariti elatum* constituyen las especies con una mayor eficiencia en el uso del nitrógeno (NUE).
- Las especies *E. buxifolia*, *L. latisiliquum* y *T. elatum* presentan mayor capacidad de secuestrar carbono por cada unidad de nitrógeno empleado.

BIBLIOGRAFÍA

Castro, L. R. 2008. «Curso cambio climático. Impactos, vulnerabilidad y adaptación. Suplemento Especial, Segunda Parte». Ciudad de La Habana. Editorial Academia. 16 pp.

Escarré, A. 2009. Comunicación personal.

FAO. 2000. «Manejo de las tierras forestales, de pastoreo y cultivadas para aumentar la captura de carbono en los suelos». Depósito Documento FAO. Versión PDF.

FAO. 1994. «El desafío de la ordenación forestal sostenible: perspectivas de la silvicultura mundial». Roma. FAO. pp. 38.

Feldspausch, T. R. 2004. «Carbon and nutrient accumulation in secundary forests regenerating on pastures in Central Amazonia». *Ecological Applications* 14 (4): S 164 -S 176.

JANDL, R. 2003. «Secuestro de carbono en bosques. El papel del suelo». *Revista Forestal Iberoamericana*. Versión electrónica, vol.1, no. 1, IUFRO. p. 57.

PORTILLO, F. 1965. *Principios de la fisiología vegetal*. La Habana. Editorial Instituto del Libro. p. 35.

REICHSTEIN, M. 2007. «Impacts of climate change on forest soil carbon: principles, factors, models, uncertainties». In *Forest and climate change*. CAB Internacional. Edit by PH. Freer; MSJ Broadmeadow; J. M. Lynch. UK/USA/London. pp. 127-135.

SCHLESINGER, W. H. 2007. *Biogeoquímica. Un análisis del cambio global*. Editorial Ariel Ciencia. pp. 347-365.

UNAM. 2006. *Secuestro de carbono en bosques. El papel del suelo*. Instituto de Ciencias Ambientales y Desarrollo Sostenible. Facultad de Ciencias Exactas Químicas y Naturales. Argentina. html Document.

www.fao.org/WAICENT/FAO-INFO/AGRICULT/AGL/aq/globdir/index.htm.

RESEÑA CURRICULAR

Autora principal: Osiris Ortiz Álvarez

Doctora en Ciencias Ecológicas, investigadora agregada, profesora instructora de la Universidad Camilo Cienfuegos, en Matanzas, ha sido oponente de tesis de maestría y doctorado en Ciencias Forestales. Forma parte del colectivo de autores del libro *Bosques de Cuba, energía y cambio climático*. Ha dirigido proyectos de investigación que responden al Programa Territorial de Medio Ambiente. Recibió Premio Organismo en 2006, Premio de Mayor Impacto Ambiental 2007 y Reconocimientos en el Forum de Ciencia y Técnica y ACTAF Provincial. Ha participado en eventos nacionales e internacionales.



CONVOCATORIA
JORNADA CIENTÍFICA
ALBERTO IBÁÑEZ IN MEMORIAM

INSTITUTO DE INVESTIGACIONES AGRO-FORESTALES

24-25 DE OCTUBRE DE 2013

El Instituto de Investigaciones Agro-Forestales de Cuba (INAF), en el marco del centenario del nacimiento del destacado investigador, fundador de la Tecnología de la Madera en Cuba y formador de varias generaciones de ingenieros forestales, convoca a la JORNADA CIENTÍFICA ALBERTO IBÁÑEZ IN MEMORIAM

El encuentro tendrá como objetivo promover acciones y analizar resultados que contribuyan a alcanzar un desarrollo en la actividad forestal de forma sostenible, además de involucrar a la juventud del país en el desarrollo forestal y lograr ampliar la conciencia de la necesidad de la conservación y cuidado del medio ambiente.

Podrán participar investigadores, especialistas y técnicos vinculados a la actividad agro-forestal, del INAF y de otras instituciones afines.

Comité Organizador

Normas para enviar Resúmenes

Los resúmenes serán aceptados hasta el 15 de octubre de 2013 y podrán versar sobre cualquiera de las temáticas relacionadas con los ecosistemas boscosos, el medio ambiente y la biodiversidad a ellos asociados. No deberán tener una extensión mayor de 250 palabras, y se incluirá el título, autor (es), título académico y grado científico, nombre de la institución que representa y la descripción del contenido fundamental del trabajo.

La forma de presentación para todos los trabajos es oral.

Podrán ser enviados vía electrónica a las siguientes direcciones

celia@forestales.co.cu , teresa@forestales.co.cu, en formato MS Word en folios de 8½ x 11. Arial 12.

Revista Forestal Baracoa vol. 32 (1), enero/junio 2013 *ISSN: 0138-6441*
Artículo científico, pp. 81-85

MODELACIÓN MATEMÁTICA DEL CRECIMIENTO DE LA ALTURA MEDIA DE *PINUS CUBENSIS* GRISEB EN LA EMPRESA FORESTAL INTEGRAL BARACOA

MATHEMATICAL MODELLING OF THE MEAN HEIGHT GROWING OF *PINUS CUBENSIS* GRISEB AT THE INTEGRAL FOREST ENTERPRISE BARACOA

Lic. Lourdes Rodríguez-Shade,[1] Dr. C. José A. Bravo-Iglesias,[2] Ing. Juan M. Montalvo-Guerrero,[2] Dra. C. Verena Torres-Cárdenas,[1] Ing. Wilmer Toirac-Argüelles,[3] Esp. Víctor M. Fuentes-Utría[3] e Ing. Pedro Rodríguez-Cuevas[4]

[1] Instituto de Ciencia Animal. Km 47[1/2], San José de Las Lajas, Mayabeque, Cuba, lrodriguez@ica.co.cu
[2] Instituto de Investigaciones Agro-Forestales. Calle 174 no. 1723 e/ 17B y 17C, Siboney, Playa, La Habana
[3] Unidad de Ciencia y Técnica de Base Agro-Forestal Baracoa. Carretera Central. Paso de Cuba, Baracoa, Guantánamo, Cuba
[4] Empresa Forestal Integral Baracoa. Bohorque 126, Carretera a Guantánamo, Baracoa, Guantánamo, Cuba

RESUMEN

La modelación matemática constituye una herramienta muy útil para la planificación y gestión de los ecosistemas forestales. Con el objetivo de estimar el comportamiento de la altura media de Pinus cubensis *Griseb, de la Empresa Forestal Integral Baracoa, se evaluaron ocho modelos de regresión no lineal, donde el modelo que mejor explicó el comportamiento de la especie fue el Gompertz, con un coeficiente de determinación del 80,1 % y parámetros de alta significación (p < 0,001). Se presentan las curvas que describen la evolución en el tiempo del incremento medio anual (IMA) y el incremento corriente anual (ICA) de dicha variable, mostrando que estos se igualan a la edad de 12,5 años con una tasa de crecimiento de 0,78 m/año.*

Palabras claves: *Modelos, altura, Pinus cubensis*

ABSTRACT

Mathematical modelling constitutes a very useful tool for the planning and administration of the forest ecosystems. With the objective of predicting the behavior of the mean height in plantations of Pinus cubensis Griseb of the Integral Forest Enterprise Baracoa, eight models non- lineal regression were evaluated. The model of the best goodness of fit for the mean hight was that of Gompertz, being able to explain high variability, with a coefficient of determination of 80,1 %, parameters of high significance (P <0.001). The curves that describe the evolution in time of the annual mean increment (IMA), and the annual periodical increment (ICA) of this variable are provided.

Key words: *Models, hight, Pinus cubensis.*

INTRODUCCIÓN

Pinus cubensis Griseb, dentro de las especies de pinos de Cuba, es considerada de gran importancia económica, constituyendo una de las principales materias primas en la zona norte oriental del país.

Los bosques o plantaciones usualmente son manejados para obtener un rendimiento sostenido de productos, requiriendo un nivel de producción constante para una intensidad de manejo particular, lo cual implica que el crecimiento del bosque o plantación debe ser estimado y balanceado con la cosecha [Ramírez y Zepeda, 1994].

La modelación matemática aplicada al estudio de crecimiento y rendimiento de los bosques

Fecha de recepción: 12/7/2012
Fecha de aprobación: 14/1/2013

constituye una herramienta de gran valor para estimar la edad a la que se deben efectuar los diferentes manejos silvícolas que garanticen su explotación racional y sostenible.

El objetivo de este trabajo fue modelar el crecimiento de la altura media de *Pinus cubensis* Griseb en la Empresa Forestal Integral Baracoa.

MATERIALES Y MÉTODOS

Las áreas de estudio se encuentran ubicadas en las unidades silvícolas Baracoa, Cayo Güin y Combate de Sabanilla, pertenecientes a la Empresa Forestal Integral Baracoa. La temperatura media anual reportada es de 26,8 °C, el mes más frío es febrero (24,7 °C) y los más calientes julio y agosto (28,6 °C), la precipitación media anual es 1174,3 mm y la humedad relativa promedio del 80 %. Los suelos predominantes son ferrítico púrpura, ferralítico rojo, ferralítico amarillento, fersialítico rojo parduzco, fersialítico pardo rojizo, pardo sin carbonato y esquelético [Rodríguez *et al.,* 2008].

Se evaluaron ocho modelos reportados por Prodan *et al.* (1997) y Kiviste *et al.* (2002).

Hossfeld I $$y = \frac{t^2}{(a + bt + ct^2)}$$

Strand $$y = \left[\frac{t}{a + bt}\right]^3$$

Yoschida I $$y = \frac{t^c}{a + bt^c} - d$$

Terazaki $$y = e^{a - \frac{b}{t}}$$

Hossfeld I (Modificado) $$y = \frac{t^2}{(a + bt)^2}$$

Gompertz $$y = ae^{-be^{-ct}}$$

Logístico $$y = \frac{a}{(1 + be^{-ct})}$$

Hossfeld II $$y = \frac{t(a + bt^2)}{(c + t^3)}$$

donde:

a, b, c, d: Parámetros a estimar
t: Tiempo o edad de los rodales

Para la selección de los modelos de mejor ajuste se usaron los criterios de Guerra *et al.* (2003), Kiviste *et al.* (2002) y Torres y Ortiz (2005):

- *Coeficiente de determinación (R^2)*: declara qué porciento de la variación de la variable dependiente es explicada por las variables predictoras.
- *Coeficiente de determinación ajustado (R^2ajust)*: es una corrección o ajuste del coeficiente de determinación por el tamaño de muestra *n* como el número de parámetros del modelo.
- *Sesgo*: promedio de la desviación del modelo con respecto a los valores observados.
- *Error medio cuadrático (CME)*: analiza la precisión de las estimaciones.
- *Error medio en valor absoluto (EMA)*: da una idea de la magnitud media de los errores independientemente de su signo.
- *Análisis gráfico de los residuos*: comportamiento de los residuos obtenidos de la diferencia entre los valores observados y los valores predichos por el modelo.

Para el ajuste de los modelos se utilizaron datos de 291 parcelas de 0,05 ha. Se empleó un nivel de significación del 5 % para el análisis de varianza de las regresiones, utilizándose los programas estadísticos Statgraphics Plus versión 5.1 (1995) e InfoStat (2008).

Se obtuvieron las curvas de evolución en el tiempo del incremento corriente anual (ICA) e incremento medio anual (IMA) del modelo de mejor ajuste.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la *Tabla 1* se muestran los criterios estadísticos de bondad de ajuste de los modelos utilizados en la estimación de la altura media de *Pinus cubensis* Griseb.

De forma general, con excepción del sesgo y la significación de los parámetros, todos los modelos evaluados presentaron valores muy similares en cuanto al coeficiente de determinación, coeficiente de determinación ajustado, cuadrado medio del error y error medio absoluto, por lo que pudiera pensarse que todos son adecuados para estimar el comportamiento de la especie.

TABLA 1
Estadísticos de ajuste y estimaciones de los parámetros de los modelos para la altura media de *Pinus cubensis* Griseb.

Modelo	R^2	R^2aj	*Sesgo*	*CME*	*EMA*	*a*	*b*	*c*	*D*
Hossfeld I	79,6	79,5	0,05548	6,21	2,00	0,70 ± 1,39***	-0,04 ± 0,16 NS	0,05 ± 0,004***	–
Strand	78,8	78,7	-0,02453	6,45	2,07	1,60 ± 0,08***	0,34 ± 0,003***	–	–
Yoschida I	80,2	79,9	-0,00009	6,07	1,96	184,00 ± 293,75 NS	0,07 ± 0,07***	3,03 ± 0,56***	-3,02 ± 0,70***
Terazaki	79,0	78,9	0,03314	6,38	2,06	3,15 ± 0,03***	10,49 ± 0,48***	–	–
Hossfeld I modificado	78,4	78,3	-0,05376	6,56	2,09	1,60 ± 0,08***	0,19 ± 0,003***	–	–
Gompertz	80,1	80,0	0,01035	6,05	1,96	17,44 ± 0,44***	3,30 ± 0,30***	0,14 ± 0,01***	–
Logístico	80,3	80,2	0,00225	5,98	1,94	16,91 ± 0,35***	10,04 ± 1,42***	0,20 ± 0,01***	–
Hossfeld II	80,3	80,2	-0,00010	5,99	1,95	6549,33 ± 4223,69 NS	15,36 ± 1,31***	9868,46 ± 5478,84 NS	–

*** $p < 0,001$ ** $p < 0,01$ * $p < 0,05$ *NS-P* $> 0,05$

Haciendo una valoración integral de todos los criterios, se puede observar que los modelos Logístico, Hossfeld II, Yoschida I y Gompertz fueron los que presentaron los mejores resultados, siendo este último el que mostró un comportamiento lógico en la descripción del incremento corriente anual (ICA) e incremento medio anual (IMA), explicando un 80,1 % de la variabilidad con todos los parámetros altamente significativos ($p < 0,001$) y resultados adecuados en el resto de los criterios evaluados.

La *Fig. 1* muestra el ajuste del modelo Gompertz a los datos observados en la altura media, percibiéndose su agrupamiento a las diferentes edades. Estos resultados difieren de los obtenidos por Calvillo *et al.* (2003) y Rodríguez *et al.* (2009), donde el modelo Richards-Chapman fue el más apropiado para describir el crecimiento en altura de *Pinus herrerae* Mart. y el modelo Hossfeld I (modificado) para *Pinus maestrensis* Bisse.

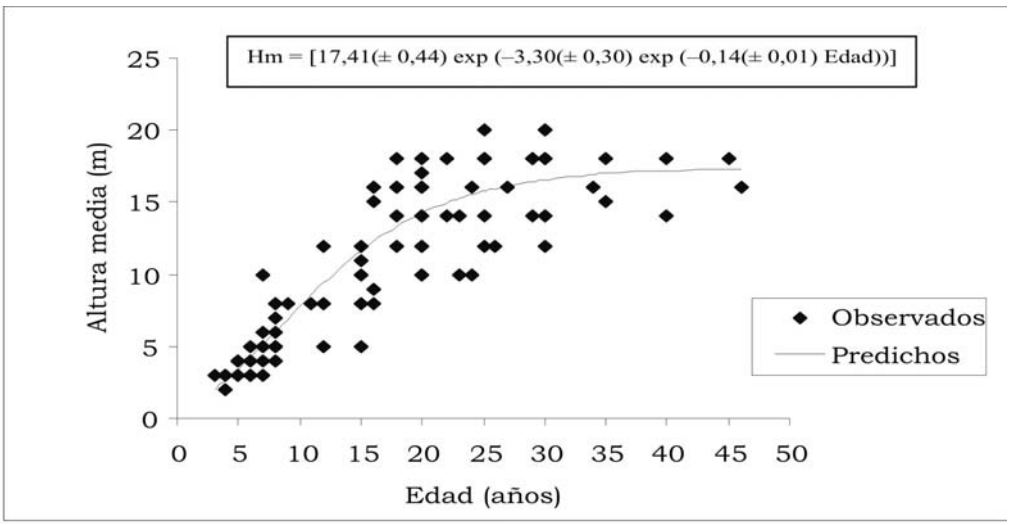


Figura 1. Modelo Gompertz ajustado a la altura media.

Otro de los criterios que garantiza la validez de las estimaciones realizadas por el modelo es el análisis gráfico de los residuos. En la *Fig. 2* se observa que estos distribuyen de forma aleatoria, lo que cumple el supuesto teórico de independencia de los errores [Gujarati, 1997].

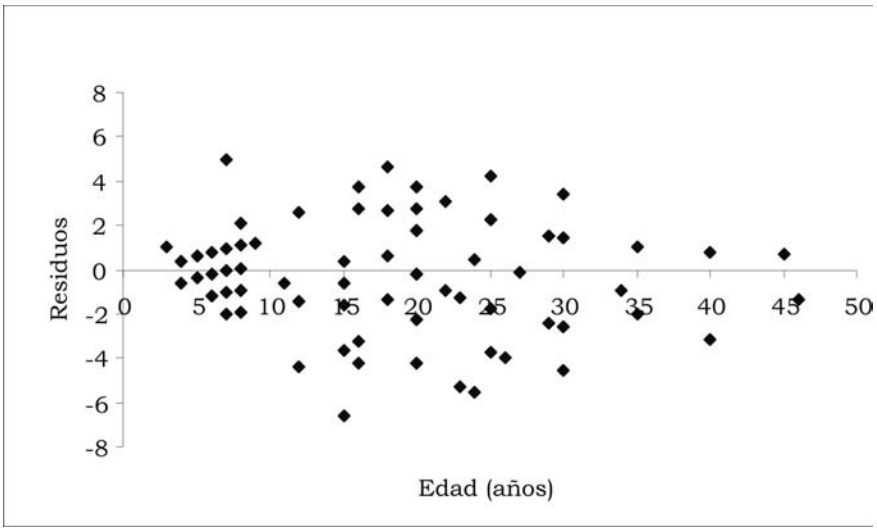


Figura 2. Distribución de los residuos del modelo Gompertz.

La *Fig. 3* muestra la evolución en el tiempo del incremento medio anual (IMA) y del incremento corriente anual (ICA). Se observa en las primeras edades un rápido crecimiento hasta los 8,5 años de edad, donde se alcanza la máxima velocidad de crecimiento. A partir de ese momento el crecimiento comienza a descender hasta los 12,5 años, donde se igualen el ICA y el IMA, con una tasa de crecimiento de 0,78 m/año, lo que indica el potencial de la especie hasta esa edad, haciéndose necesario valorar la realización de intervenciones silviculturales. Alrededor de los cuarenta años de edad el crecimiento tiende a estabilizarse.

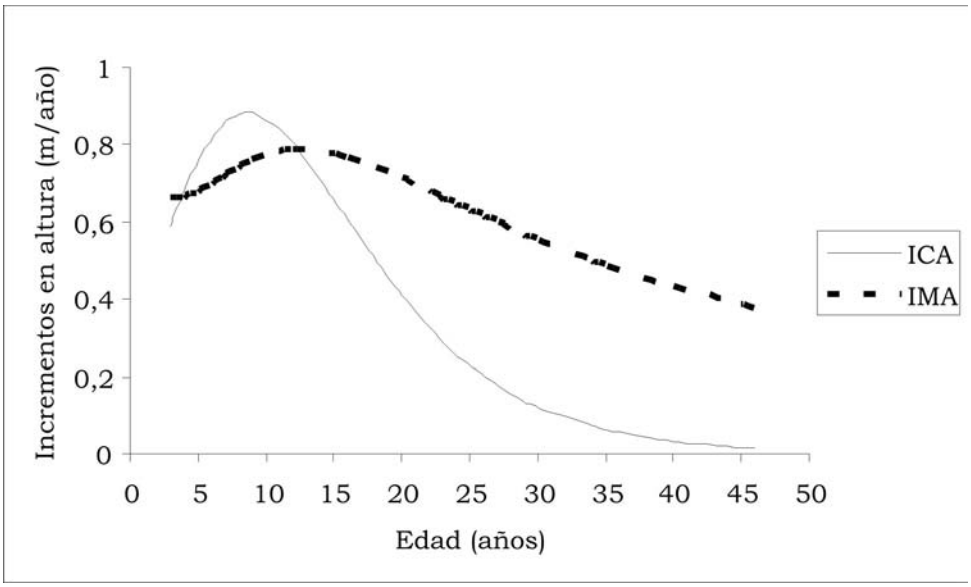


Figura 3. Incrementos en diámetro ajustados por el modelo Gompertz.

CONCLUSIONES

- El modelo Gompertz presentó estadísticos adecuados para la modelación del crecimiento de la altura media de *Pinus cubensis* Griseb.
- La curva del ICA muestra que la especie tiene un crecimiento ascendente en altura media hasta los 8,5 años, momento cuando se alcanza la máxima velocidad de crecimiento.
- El incremento corriente anual e incremento medio anual se igualan aproximadamente a los 12,5 años, con una tasa de crecimiento de 0,78 m/año.

BIBLIOGRAFÍA

Calvillo, J. C. *et al.* 2003. «Crecimiento en altura y diámetro de árboles de *Pinus herrerae,* Hidalgo, Michoacán». http: //www.uaaan.mx/ (Consultado: 4 de febrero de 2009).

Guerra, C. W.; Cabrera, A.; Fernández, L. 2003. «Criterios para la selección de modelos estadísticos en la investigación científica». *Revista Cubana de Ciencia Agrícola* (CU) 37(1). p. 3.

Gujarati, D. N. 1997. *Econometría*. Tercera Edición. pp. 54-335.

InfoStat 2008. InfoStat, versión 2008. Universidad Nacional de Córdoba. Argentina.

Kiviste, A. *et al.* 2002. *Funciones de crecimiento de aplicación en el ámbito forestal*. Madrid. Ministerio de Ciencia y Tecnología. Instituto de Investigaciones y Tecnología Agraria y Alimentaria. 190 pp.

Prodan, M. *et al.* 1997. *Mensura forestal*. *Proyecto IICA BMZ / GTZ, sobre Agricultura, Recursos Naturales y Desarrollo Sostenible*. San José. Costa Rica. Editorial IICA. 561 pp.

Ramírez M. H.; Zepeda, M. B. 1994. «Rendimientos maderables de especies forestales; actualidades en México». En IV Reunión Nacional de Plantaciones Forestales. SF y de FS/INIFAP. México, D.F. s/p.

Rodríguez, P. E. *et al.* 2008. «Proyecto de organización y desarrollo de la economía forestal 2008-2017». Ministerio de la Agricultura. Grupo Empresarial de la Agricultura de Montaña. Empresa Forestal Integra Baracoa. 57 pp.

Rodríguez, L.; Torres, V.; Morena, O. 2009. CD IV Encuentro Internacional por el Desarrollo Forestal Sostenible. DEFORS 2009.. Localizar en comisión: Silvicultura Sostenible. 15. Publicación electrónica.

Software estadístico Statgraphics *Plus* versión 5.1 sobre Windows, 1995.

Torres, V.; Ortiz, J. 2005. «Aplicaciones de la modelación y simulación en la producción y alimentación de animales de granja». *Revista Cubana de Ciencia Agrícola* (CU) 39. Número especial. pp. 397-405.

RESEÑA CURRICULAR

Autor principal: Lourdes Rodríguez Shade

Licenciada en Contabilidad y Finanzas, especialista del Departamento de Biomatemática del Instituto de Ciencia Animal, se encuentra en el Programa de Doctorado Curricular en Biometría. Obtuvo premio en el Forum Tecnológico sobre el cambio climático en la actividad agraria. Ha participado 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
- Diseminación 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.

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.: 2O8 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.

Al final se confeccionarán 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.

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.

Comité Editorial

AQUÍ CUPÓN