

EL MANEJO SILVÍCOLA CON CRITERIOS SOSTENIBLES EN LA REHABILITACIÓN DE LA CAPACIDAD PRODUCTIVA DE ECOSISTEMAS DEGRADADOS EN ALTURAS DE PIZARRAS

DR. MODESTO GONZÁLEZ-MENÉNDEZ,¹ M.Sc. OSVIEL SÁNCHEZ-CORVO¹
Y DR. CÉSAR FIGUEROA-SIERRA²

¹ Estación Experimental Forestal de Viñales. Km 20, carretera a Viñales, Pinar del Río, Cuba, vinales@forestales.co.cu; modesto@forestales.co.cu

² Centro de Investigaciones y Servicios Ambientales, Ecovida, Citma. Km 2½, carretera a Luis Lazo, Pinar del Río, Cuba

RESUMEN

En el presente siglo la humanidad se enfrenta a grandes problemas de degradación de los suelos. Existen millones de hectáreas de tierras forestales degradadas en todo el mundo. La silvicultura de plantaciones ha hecho que surja la preocupación de que en muchos de los lugares donde se plantan árboles tal vez no se pueda mantener la productividad. La existencia de rotaciones sucesivas de especies arbóreas y su manejo inadecuado se han mencionado como hipótesis de la insostenibilidad de la explotación intensiva de las plantaciones. El presente trabajo es el resultado de treinta y cuatro años de evaluación de plantaciones de Pinus caribaea var. caribaea, establecidas en 1970 en las Alturas de Pizarras de Pinar del Río, con el objetivo de determinar la influencia del manejo silvícola de la especie en plantaciones sobre la capacidad productiva de los suelos donde se desarrolla. Se consideraron pues cinco tratamientos: 1111, 1333, 1666, 2222 y 3333 árb./ha y un área natural de la especie. Los mejores resultados fueron con 1333 árb./ha,

ABSTRACT

Humanity faces big problems because of soil degradations. There are millions of hectares of degraded forest lands around the world. Plantation silviculture has arise the concern that in many of the places where trees are planted, productivity will not be maintained. Successive rotations of tree species and the inadequate handling of them have been mentioned as a hypothesis of unsustainable exploitation of intensive plantations. This work is the result of 33 years of evaluation of two experiments of Pinus caribaea var. caribaea, established in 1970 and 1984 in «Alturas de Pizarras» in Pinar del Río Province. The main objective was to determine the influence of silvicultural treatments in Pinus caribaea var. Caribaea plantations. Five treatments were considered: 1111, 1333, 1666, 2222 and 3333 trees/ha and a specie natural area. The best results were obtained with 1333 arb/ha, with management based on sustainable criteria. These results shows rehabilitation of edafoclimatics conditions and ecosystems productive capacity,

con un manejo silvícola con criterios sostenibles, dando muestra de la rehabilitación de las condiciones edáficas y de la capacidad productiva de estos ecosistemas, finalmente reflejados estos resultados en el aumento de los volúmenes madereros.

Palabras clave: *Pinus caribaea*, *ecosistema*, *biodiversidad*, *manejo del cultivo*

INTRODUCCIÓN

La humanidad se enfrenta a grandes problemas de degradación de los suelos. Existen millones de hectáreas de tierras forestales degradadas en todo el mundo. La silvicultura de plantaciones ha hecho que surja la preocupación de que en muchos de los lugares donde se plantan árboles, tal vez no se podrá mantener la productividad. Los modelos de pérdidas de nutrientes, el examen de los daños físicos causados a la estructura del suelo y el hecho de que exista mayor riesgo de plagas y enfermedades, se han mencionado como hipótesis de la insostenibilidad de la explotación intensiva de las plantaciones. Los datos sobre la productividad a largo plazo de las plantaciones forestales siguen siendo escasos, y sin ellos los forestales no pueden demostrar adecuadamente hasta qué punto son idóneas las técnicas silvícolas, y no puedan refutar las afirmaciones de que la existencia de rotaciones sucesivas de especies arbóreas de crecimiento rápido ocasionan inevitablemente el deterioro del suelo [Evans, 1998].

Desde el momento en que la silvicultura nació en Europa, hasta nuestros días, ha sido la selección de la densidad inicial de las plantaciones

being reflected these results in the increase of the timber volume.

Key words: *Pinus caribaea*, *ecosystems*, *ecosystems diversity*, *crop management*

uno de los temas más discutidos en el mundo forestal, y una de las causas más importantes del estado degradado que tienen las plantaciones de coníferas y los suelos en que están enclavadas. Esto es debido a que en la práctica se han empleado numerosas densidades de plantación, sin tener a menudo razones fundamentadas para ellas.

El presente estudio tiene como objetivo contribuir con la rehabilitación de la capacidad productiva de los ecosistemas pizarrosos donde se desarrolla la especie *P. caribaea* en Pinar del Río.

MATERIALES Y MÉTODOS

El experimento se estableció en áreas de la Estación Experimental Forestal de Viñales. Los datos climáticos fueron tomados de la estación meteorológica ubicada en la propia estación experimental, en un punto cercano al experimento: latitud norte 22°35'-22°38', longitud oeste 83°40', altura 150 msnm, prom. de precipitación anual 1765 mm, temp. promedio anual 25°C, temp. máx. prom. anual 28,8°C, temp. mín. prom. anual 19,5°C, temp. máx. abs. 34,1°C, temp. mín. abs. 2,9°C.

El suelo donde se estableció el experimento es de topografía llana a ondulada (1-10%) de pendiente, y se clasifica como ferralítico cuarcítico amarillo lixiviado muy erosionado (esquelético) [Awan y Frías, 1970]. Su análisis químico se efectuó en el laboratorio de suelo perteneciente al Minag, en Pinar del Río.

Al establecer la plantación se seleccionó un sitio que reuniera las condiciones medias que exige la especie.

Se utilizó un diseño de bloques completos al azar [Cochran y Cox, 1983] y cinco tratamientos con cuatro repeticiones (Tabla 1).

En la determinación de la composición y diversidad florística por estrato se utilizó la metodología descrita por Del Risco y González (2004), y utilizada para la clasificación tipológica de los pinares de *Pinus caribaea* Morelet de las Alturas de Pizarra de Pinar del Río.

TABLA 1
Descripción de las condiciones de plantación

Número de tratamientos	Árb./ha	Espacio	Parcela útil	
			Área (m ²)	Número de árboles
1	1 111	3 x 3	225,0	25
2	1 333	3 x 2,5	187,5	25
3	1 666	3 x 2	150,0	25
4	2 222	3 x 1,5	112,5	25
5	3 333	3 x 1	75,0	25

Para determinar la riqueza de especies se comparó el número de especies de una muestra con el número de especies de otra muestra de igual número de individuos, según lo recomendado por Ludwig y Reynold (1988) [citado por Alcolado, 1998].

En el área natural de la especie estudiada se establecieron siete parcelas, ubicadas de forma representativa. Para el procesamiento estadístico de los resultados se realizó un análisis de varianza simple y una prueba de comparación de Duncan al 5%.

Para ello se utilizó el procesador estadístico automatizado SPSS.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el pasado las áreas de la Estación Experimental Forestal de Viñales estaban originalmente cubiertas de bosques de *Pinus caribaea* y *Pinus tropicalis*. Esos bosques fueron talados y remplazados por cultivos agrícolas. El cambio de uso de la tierra y su uso inadecuado determinó la degradación de los suelos, los que una

vez improductivos para la explotación agrícola fueron devueltos al patrimonio forestal [Herrero, 2000]. En los estudios acerca de los suelos de la Estación Experimental Forestal de Viñales, Awan y Frías (1970) mostraron la alta deficiencia de nutrimentos y de materia orgánica del sitio donde se establecieron los experimentos (*Tabla 2*).

Durante los primeros dieciocho años de establecido el experimento, estas plantaciones fueron sometidas a mantenimientos intensivos (frecuentes chapeas manuales y mecanizadas, solo dejando en pie los pinos como especie forestal). A los dieciocho años de haberse efectuado la plantación las características de esos suelos experimentaron algunos cambios (*Tabla 3*).

La materia orgánica aumentó notablemente, el pH disminuyó en la plantación debido a que el principal componente de la hojarasca está constituido por acículas que forman en el proceso de humificación ácidos fúlvicos [Ortega, 1982], ácidos orgánicos de relativa fortaleza, los cuales aumentan la acidez del suelo y por consiguiente disminuye el pH. Cuando la vegetación acompañante a la formación pino no es removida, su descomposición y humificación contrarrestan la concentración de iones hidrógeno de los ácidos fúlvicos. La capacidad de cambio de bases (S) en general disminuye. Pudiera inferirse, teniendo en cuenta que la materia orgánica aumenta en el tiempo, que la (S) debe seguir la misma tendencia; pero en este caso en el complejo absorbente del suelo en cantidad de iones hidrógeno es mayor, lo que se corrobora con la disminución del pH; no obstante, se comienza a observar que los suelos

correspondientes a los tratamientos menos densos presentan los valores más altos de pH, materia orgánica, fósforo y en general las mejores condiciones de desarrollo de los árboles.

A partir de este momento se comienza a manejar con criterios sostenibles la diversidad florística nativa que surgía de forma espontánea en el interior de estas plantaciones. Pasados treinta y cuatro años de haberse establecido las diferentes plantaciones y dieciséis de haberse comenzado a manejar tales rodales con estos criterios, se repite este análisis en todos los tratamientos utilizados (*Tabla 4*).

Al establecer una comparación de las características de los suelos por tratamientos a los dieciocho y treinta y cuatro años de edad de la plantación, de forma general se aprecia un enriquecimiento de estos suelos debido a la incorporación en mayor o menor medida de follaje y otras partes de las diferentes especies vegetales existentes en el interior de esta formación. Pasado unos años de haberse comenzado este tipo de manejo, se comienza a recuperar la fertilidad de estos suelos, al restablecerse las condiciones del ecosistema e incorporarse la vegetación de latifolias, principalmente en el sotobosque, las cuales contribuyen de inmediato con el aporte de materia orgánica y de bases.

Al comparar los resultados del análisis químico obtenido en los diferentes tratamientos, se puede apreciar que los menos densos presentan los mayores valores de materia orgánica y mayor valor de (S), a lo cual contribuye en mayor medida el calcio, destacándose inicialmente en este sentido el suelo de la plantación establecida con 1333 árb./ha (*Tabla 3*).

TABLA 2
Análisis químico del suelo (1970)

Sitio	Prof. (cm)	Nutrientes asimilables P_2O_5 K_2O (Mq./100 g de suelo)		M. org. (%)	pH C/IK	Bas. cambiables Mg^{+} K^{+} Na^{+} (Mq./100 g de suelo)			S mg/kg
I	0-20	0,48 B	3,3 B	1,98 B	4,3	0,64	–	0,10	–
	20-45	0,76 B	3,3 B	0,45 MB	4,2	0,40	1,31	0,06	1,77
II	0-20	1,42 M	11,0 R	3,21 M	4,2	1,84	0,03	0,10	0,08
	20-45	0,48 B	5,0 B	0,45 MB	4,2	0,80	1,67	0,08	0,04
X		0,78	5,65	1,52	4,25	0,92	0,75	0,08	0,06
									2,33

Las letras R, M, B y MB corresponden a valores regular, medio, bajo y muy bajo, respectivamente.

TABLA 3
Análisis químico del suelo a los dieciocho años de haberse establecido la plantación

Sitio	Dens. (árb/ha)	Nutrientes asimilables P_2O_5 K_2O (Mq./100 g de suelo)		M. org. (%)	pH C/IK	Bas. cambiables Mg^{+} K^{+} Na^{+} (Mq./100 g de suelo)			S mg/kg	T
1	(1111)	1,17	3,31	5,4	3,0	1,00	0,38	0,12	0,04	1,54
2	(1333)	1,54	3,20	5,6	3,5	1,66	0,38	0,10	2,18	3,10
3	(2222)	0,66	5,65	1,52	4,25	0,49	0,19	0,14	0,08	0,06
4	(1666)	0,77	3,35	5,0	3,0	0,96	0,20	0,13	0,05	1,34
5	(3333)	1,16	4,10	4,1	2,6	0,37	0,38	0,13	0,07	0,95
(0)		1,2	4,9	2,7	2,9	0,2	1,3	0,2	0,3	1,4
										4,5

(0) Parcela inforestal.

TABLA 4
Análisis químico al suelo en las diferentes parcelas a los treinta y cuatro años

Parcelas (árb./ha)	pH	mg/100g de suelo		M.O.(%)	Meq./100 g de suelo						
	CLK	P ₂ O ₅	K ₂ °		Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ²⁺	K ²⁺	S	T	T-S
(1) 1111	3,1	2,00	10,00	8,4	3,07	0,79	0,12	0,19	3,64	9,74	6,10
(2) 2222	3,2	2,00	9,00	8,0	2,51	0,61	0,08	0,24	3,92	9,62	5,70
(3) 1333	3,9	4,00	8,00	8,7	3,48	0,68	0,08	0,19	4,02	9,50	5,48
(4) 3333	3,2	3,00	7,00	8,0	2,43	0,62	0,08	0,16	3,29	9,16	5,84
(5) 1666	3,5	5,00	10,83	8,3	2,99	0,74	0,08	0,22	3,32	9,86	5,40
R	2,6	2,00	18,00	7,1	2,51	0,56	0,08	0,35	3,50	7,60	4,10
Área natural	3,9	6,00	7,00	9,6	1,68	1,0	0,12	0,16	2,96	6,62	3,66
Área cero	2,3	6,00	3,75	2,2	0,88	0,42	0,04	0,05	1,39	4,21	2,82

Parcelas (R): Estas parcelas se establecieron en plantaciones a las cuales durante su desarrollo se les aplicaron mantenimientos silvícolas intensivos, solo dejando a la especie plantada (*P. caribaea* Morelet).

Parcelas ((1), (3), (5), (2) y (4): Parcelas montadas en plantaciones establecidas con diferentes densidades de plantación, a las cuales, pasado los dieciocho años de edad, se les comenzó a manejar con criterios sostenibles la diversidad florística nativa existente en su interior.

Parcelas Área natural: Parcelas establecidas en un área nativas de la especie *Pinus caribaea*.

Área cero: Parcelas montadas en áreas inforestales.

Para analizar el comportamiento de la diversidad florística en el interior de cada tratamiento a los dieciocho y treinta y cuatro años de establecida la plantación, se determinó la riqueza de especie como el concepto más viejo y usado de la diversidad, siendo eficiente para determinar la influencia de la densidad de planta-

ción en este parámetro. El número de especie por muestra es la forma más básica y general de medir la diversidad. Una alternativa es comparar el número de especies de una muestra con el número de especies de otra muestra de igual número de individuos [Ludwing y Reynold, 1988, citado por Alcolado, 1998] (Tabla 5).

TABLA 5
La riqueza de especie presente en las diferentes parcelas establecidas

Parcelas	1-10 1111 árb./ha	3-8 1333 árb./ha	5-9 1666 árb./ha	2-7 2222 árb./ha	4-6 3333 árb./ha	A. Nat.	R. a-b-c 1333 árb./ha
Riqueza (34 años)	c 15	b 20	d 13	d 12	d 10	a 30	e 7

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

Como se observa en la tabla anterior, existen diferencias significativas entre las diferentes parcelas en cuanto a la riqueza de especies. Este comportamiento muestra la marcada influencia de la densidad de plantación sobre esta variable. En la medida en que disminuye la densidad de plantación hasta 1333 árb./ha, aumenta la diversidad florística existente dentro de las plantaciones. Con 1333 árb./ha se alcanza el mayor valor. Este comportamiento es debido a que en este tratamiento se logran las condiciones edáficas más adecuadas para su desarrollo. Lo anteriormente planteado se puede apreciar al comparar estos valores con los obtenidos en las parcelas establecidas en el área natural, donde se observa que la diversidad florística que existe en las primeras tiende a semejarse a la del área nativa. En estas predominan especies de gran porte como *Didymopanax morototoni* (Aubl.) DC. ex Planch (yagrumón), *Guarea guidonia* L. (yamao), *Andira inermis* Sw. (yaba), *Calophyllum pineterum* Bisse (ocuje) y *Matayba apetala* (arclf.) Radkl (macurige), entre otras, las cuales, al aportar sus hojas, frutos y flores, se descomponen pasando a ser parte del suelo a través del proceso de mineralización, y se incorporan a él mejorando su composición.

A través del análisis de las diferentes variables ecológicas evaluadas se comprobó que se logra una estrecha relación entre área útil por árbol-diversidad florística-distribución de las copas, de tal forma que se alcanzan las condiciones adecuadas para el mejor desarrollo del arbolado, al te-

ner posibilidad de tomar mayor cantidad de nutrientes y de agua. Por otro lado, el estudio reafirma lo planteado por la BBC Mundo (2003-A) acerca de que un bosque manejado de forma adecuada genera un microclima particular, que ejerce influencia en el sistema hidrológico y que colabora a la supervivencia del ecosistema, ejerciendo un efecto benéfico en el medioambiente al proteger los suelos de erosiones y posibilitar la concentración de humedad que servirá al crecimiento de los árboles, de la flora y fauna que conviven en el hábitat.

Al analizar el comportamiento de la diversidad florística en las parcelas R se comprobó la pobreza en este indicador respecto a las demás. La riqueza de especie de estas parcelas difiere significativamente de las demás. Solo se encontraron escasos ejemplares de la especie *Casearea mollis* Sw. (raspalengua), *Byrsonima crassifolia* L. (peralejo de pinar) y una invasión natural de *Spatodea campanulata* Lin. (roble mexicano) y algunas plantitas en estado herbáceo de *Dichrostachys cinerea* Forsk. (marabú).

Esta escasa diversidad da muestra de que cuando se les da un manejo intenso a plantaciones establecidas con una baja densidad de árboles por hectárea, se crean las condiciones de hábitat a las especies invasoras, que lejos de contribuir con el buen desarrollo de la plantación, la perjudican desde el punto de vista económico por el bajo valor que poseen, la poca diversidad de usos y por tener la cualidad de ocupar rápidamente toda el área, compitiendo con la es-

pecie principal y privando a otras de ocupar este lugar.

Al analizar el caso específico de las parcelas R, donde predomina como hojarasca depositada sobre el suelo, las acículas de *Pinus caribaea*, se observó el bajo contenido de materia orgánica existente debajo de la capa de acículas y la baja composición química del *humus* presente. Apoyándonos en lo planteado por Kanonova (1967), Orlov (1969), Tiulponov (1970), Ferberk (1971), Sánchez (1976), Ortega (1982), Schitzer (1972) y Ortega (1985) [citado por Benítez, 2002], sobre el hecho de que el *humus* sirve como fuente de material nutriente y energía para la mayoría de los microorganismos –sin cuya actividad bioquímica el suelo perdería gran parte de su fertilidad–, se deduce claramente la poca diversidad bacteriana que debe existir en esos suelos, lo que trae aparejado un pobre proceso de descomposición de la materia orgánica acumulada, afectando de esta forma la fertilidad natural del suelo y por ende el normal desarrollo de los pinos. Este resultado corrobora lo planteado por Schlatter y Otero (1995) [citado por Benítez, 2002], cuando demostraron que bajo las plantaciones de pino el límite entre el mantillo y suelo mineral es claro, y se observa una disminución de la actividad de fauna con un menor ritmo de descomposición. En estos suelos, donde las reservas en bases son menores el efecto ácido, se extiende al suelo mineral superficial, pudiendo afectar a mediano plazo su fertilidad.

Como se observa en este análisis, el manejo que se les ha dado a estos rodales (parcelas R) ha transformado el paisaje típico de esta formación, alterando el ciclo bioquímico de estos suelos [Bonet, 2003]. El mismo autor plantea que tales alteraciones causan anualmente la pérdida de miles de millones de toneladas de suelo, al quedar, como en este caso, desprovisto de la protección que brinda el follaje y otras partes de las plantas depositadas. La sistematicidad de este tipo de tratamiento en plantaciones atenta contra la conservación de la diversidad nativa de este ecosistema, pues se está contribuyendo con la realización de cambios en las condiciones ecológicas adecuadas para el desarrollo de las especies típicas de este ecosistema. Según la FAO (2003-A), estas alteraciones constituyen un serio problema que ha ocasionado la desaparición de numerosas especies de la flora mundial.

En los tratamientos más densos (1666, 2222 y 3333 árb./ha) la diversidad florística es muy pobre, y se encuentra dominado por especies arbustivas, fundamentalmente de las familias Melastomatáceas y la Fabaceae, corroborando de esta forma los resultados de Del Risco y González (2004), cuando al realizar estudios tipológicos en esta formación comprobaron que en los rodales establecidos con grandes densidades de árboles en la esfera productiva, la diversidad florística presente dentro de los pinares era muy pobre, prevaleciendo especies de pequeño porte como los cordobanes, cafetillos y eugenias, entre otros.

Según estudios realizados por la FAO (2003-B), las prácticas forestales pueden tener diferentes repercusiones en los distintos componentes de la biodiversidad, como se ha observado en los análisis realizados hasta el momento, pudiendo beneficiar a unos mientras perjudican a otros, por lo cual es importante –al realizar los manejos silvícolas y el aprovechamiento de los diferentes productos que nos ofrecen las plantaciones forestales, en aras de lograr un desarrollo forestal sostenible– hacer un uso racional del recurso boscoso y conservar la biodiversidad, satisfaciendo las necesidades de las generaciones actuales sin poner en peligro la supervivencia de las futuras, al degradarles el medioambiente en que vivirán. Por otro lado, en el marco de lograr una silvicultura ambiental, social y económicamente sostenible, es posible combinar equilibradamente diferentes formas de usos de la tierra como producción de madera y promoción de la actividad ecológica.

CONCLUSIONES

- Con el establecimiento de plantaciones con 1333 árb./ha y el manejo con criterios sostenibles de la diversidad florística nativa existente en su interior, se favoreció la rehabilitación de la capacidad productiva del ecosistema, viéndose reflejados estos resultados en el aumento de la riqueza de especies en el interior de las plantación aproximadamente a los valores de los rodales naturales y en el incremento maderero.
- La realización de manejos silvícolas inadecuados a la especie *Pinus caribaea* Morelet en las Alturas de Pizarras de Pinar del Río han contribuido en gran medida con el deterioro de la capacidad productiva de estos suelos.
- La composición química del *humus* depende en gran medida de la diversidad florística presente en estos ecosistemas.

BIBLIOGRAFÍA

- ACOLADO, P. M.: «Conceptos e índices relacionados con la diversidad», revista de Ecología, Oceanología y Biodiversidad Tropical *Avicennia* no. 8-9, 1998, p. 7.
- AWAN, A. B.; G. FRÍAS: «Los suelos de la Estación Experimental Forestal de Viñales, Pinar del Río», revista *Baracoa* 2(1):19-30, Cuba, 1970.
- BBC Mundo: «Las plantaciones forestales y el medioambiente», www.bbc.co.uk/spanish/especiales/clima/ghouse, 2003.
- BENÍTEZ, L.: «Regeneración natural de *Pinus caribaea* Morelet var. *caribaea* mediante talas razas alternas», tesis en opción del grado científico de Doctor en Ciencias Ecológicas, Universidad de Alicante, España/Universidad Hermanos Saíz Montes de Oca. Pinar del Río, Cuba, 2002.
- BONET, A.: «Fundamentos ecológicos para la gestión de espacios naturales protegidos. Gestión de espacios protegidos», Departamento de Ecológica, Universidad de Alicante, 2003, pp. 1-3.
- COCHRAN, W. G.; G. M. COX: *Diseños experimentales*, México, 1983.
- DEL RISCO, E.; M. GONZÁLEZ: «Tipología de los pinares de *Pinus caribaea* Morelet var. *caribaea* (Barr. y Golf.) de las Alturas de Pizarras de Pinar del Río», FAO, www.fao.cu; www.fao.org/docrep, 2004.
- FAO: «Problemas ambientales que aceleran la degradación de las especies. Biodiversidad», Roma (2003-A).
- FAO: «Problemas ambientales que aceleran la degradación de las especies. Biodiversidad» Roma (2003-B).

GONZÁLEZ, M.: «Influencia de la densidad de plantación en la economía y la ecología de *Pinus caribaea* Morelet var. *caribaea* en las Alturas de Pizarras de Pinar del Río, Cuba», tesis en opción al grado científico de Doctor en Ciencias Ecológicas. Departamento de Ecología, Universidad de Alicante, España/Universidad de Pinar del Río, Cuba, 2006.

HERRERO, G.: «Nutrición de plantaciones de *Pinus caribaea* var. *caribaea*: respuesta a la fertilización y métodos de diagnóstico» tesis en opción

al grado científico de Doctor en Ciencias Agrícolas, MES, Cuba, 2000.

EVANS, J.: «La importancia de las plantaciones y la sostenibilidad. La producción sostenible de madera en las plantaciones forestales», *Unasylva* 49(192):47-52, 1998.

ORTEGA, F. S.: *La materia orgánica de los suelos y el humus de los suelos de Cuba*, Instituto de Suelos, Academia de Ciencia de Cuba, Ed. Academia, Cuba, 1982