

## MANEJO DE LA NUTRICIÓN PARA UNA PRODUCTIVIDAD FORESTAL SOSTENIBLE

Dra Grisel Herrero-Echevarría<sup>1</sup>, Dr. Aurelio García-Altunaga<sup>2</sup>, MsC Silvia Rebottaro<sup>3</sup>, MsC Daniel Cabrelli<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Asociación Cubana de Técnicos Agrícolas y Forestales (ACTAF). Ave. 51 y 108, Marianao, Ciudad de La Habana, Cuba. E-mail: [larenee@ceniai.inf.cu](mailto:larenee@ceniai.inf.cu)

<sup>2</sup>Instituto de Suelos, MINAG. Autopista Costa - Costa Km 8 ½, Carretera de Vento, Capdevila, Boyeros, Ciudad de La Habana, Cuba. E-mail: [larenee@ceniai.inf.cu](mailto:larenee@ceniai.inf.cu)

<sup>3</sup>Facultad de Agronomía, Universidad de Buenos Aires. Av. San Martín 4453, Buenos Aires, Argentina. E-mail: [dcabrell@agro.uba.ar](mailto:dcabrell@agro.uba.ar), [rebottar@agro.uba.ar](mailto:rebottar@agro.uba.ar)

### RESUMEN

Desarrollar técnicas que aseguren una productividad sostenida de las plantaciones, al mismo tiempo que la de los suelos, a largo plazo, es un objetivo que deben proponerse silvicultores e investigadores. Es imposible esperar que se pueda sostener, económicamente, la productividad de plantaciones forestales y la calidad de los suelos sin determinados insumos (por ejemplo, fertilizantes), de manera armoniosa y que aumente los valores ambientales en los ecosistemas. Resultados experimentales obtenidos en plantaciones de *Pinus caribaea* spp *caribaea* de 18 años en Pinar del Río sobre suelos Alíticos de Baja Actividad Arcillosa demostraron que los rendimientos de madera pueden aumentar de 85 a 109 m<sup>3</sup>ha<sup>-1</sup>año<sup>-1</sup>, en contraste con la no aplicación de fertilizantes, y en dependencia del empleo de enmendantes derivados de la industria azucarera. El empleo de roca fosfórica para el establecimiento de plantaciones de la mencionada especie en el mismo suelo permitió aumentar el volumen de madera en 83 m<sup>3</sup>.ha<sup>-1</sup>año<sup>-1</sup> a los 13 años. Aplicaciones en años alternos aumenta la eficiencia de fórmulas NPK. A los 33 años de edad los Índices de Diversidad de Simpson en las parcelas sin fertilizar fueron 3.02 y 2.73 para los estratos herbáceo y arbustivo respectivamente, mientras que se incrementaron a 4.71 y 3.97 en las parcelas fertilizadas, respectivamente. Así, la fertilización, aplicada adecuada y racionalmente puede incrementar la productividad de las plantaciones, sin aumentar la incidencia de *Dioryctria horneana*, y al mismo tiempo, favorecer la recuperación de la diversidad vegetal presente en bosques naturales, y consecuentemente, constituir una vía para la rehabilitación del ecosistema.

**Palabras clave:** *Pinus caribaea*, sostenibilidad, plantación forestal, rehabilitación de tierras

### ABSTRACT

The development of techniques that World ensure sustained productivity of plantations while maintaining soil properties in the long term should be an objective of forest researchers and foresters. But is impossible waiting for an economical productivity of plantations without some kinds of inputs (e.g. fertilizers) wile enhancing the environmental values of the ecosystems. Experimental results in 18 year - old *Pinus caribaea* spp *caribaea* plantations established on Acrisol soils at Pinar del Río province showed that yields could increase from 85 to 109 m<sup>3</sup>ha<sup>-1</sup>año<sup>-1</sup> when applied fertilizers and depending of the kind of amendments from the sugar cane factories. The use of phosphoric rock for the establishment of the same specie and soil allowed to increase yields in 83 m<sup>3</sup>.ha<sup>-1</sup>año<sup>-1</sup> at 13 years old. Applications of NPK formula in alternate years at the establishment of plantations enhance its efficiency. At 33 years old the Simpson indexes of Diversity in the control sites (without fertilizer) were 3,02 and 2,73 for the herbaceous and shrubby stratus, respectively, wile rising to 4,71 and 3,97 in the fertilized sites. Indeed, and adequate and judicious fertilization can increase the productivity of forest plantations, without augment of the incidence of *Dioryctria horneana*, and at the same time favours the recuperation of vegetable diversity present in natural forest and consequently constitutes a way for the rehabilitation of the ecosystem.

**Key words:** *Pinus caribaea*, sustainability, forest plantations, reclamation

## INTRODUCCIÓN

Algunos planteamientos, arraigados sobre bases superficiales y no científicamente demostradas, que el manejo intensivo de plantaciones forestales en monocultivo tiene grandes riesgos mucho mayores que las plantaciones con múltiples especies e insumos mínimos. En ese sentido se puede argumentar que una productividad a largo plazo de especies de rápido crecimiento plantadas en sitios con bajos contenidos de nutrientes y agua podrían ser menores debido al descenso de la productividad del suelo. Es ilusorio esperar que se puede mantener la productividad de las plantaciones forestales a niveles económicamente aceptables al mismo tiempo que la calidad del suelo, sin determinados insumos, como la aplicación de fertilizantes, control de malezas, etc. los que, seleccionados y aplicados juiciosamente, pueden conducir a un aumento armonioso de los valores ambientales en los paisajes. Los insumos silvícolas necesarios para alcanzar los objetivos del manejo deben ser considerados como parte de las prácticas forestales sostenibles (Nambiar, 1996).

A pesar de que fueron emitidos algunos años atrás, Powers y Morrison (1996) proponen cinco premisas simples como fundamento para el progreso que aun tienen vigencia. Primero: la madera es y ha sido, desde los albores de la historia, un elemento esencial del avance social; la demanda de madera no desaparecerá. Segundo: los ambientalistas militantes deben comprender que la madera sustituye una carga con un costo social inmenso. Tercero: los silvicultores y manejadores forestales deben apreciar que un manejo intensivo lleva aparejado, además, una gran responsabilidad para una administración responsable. Cuarto: todos debemos concordar en que una silvicultura sostenible se centra en el sabio manejo del suelo; el suelo nutre a los árboles, los ayuda a fijar sus límites de productividad y es el soporte de todos los valores emergentes de los ecosistemas forestales. Quinto: entre todos los factores de la naturaleza que afectan la productividad de las plantas, el suelo es el más fácilmente modificado por el manejo.

Aun cuando en los últimos años la importancia de los servicios de carácter ambiental y social que brindan lo bosques se han revalorado ostensiblemente, la producción de madera y de productos forestales no madereros sigue teniendo una importancia también *in crescendo* (Herrero *et al.*, 2005).

En ese sentido el manejo forestal intensivo sostenible se impone, aunque hay que distinguir dos corrientes del pensamiento distintas desde el punto de vista de la nutrición forestal: 1) el reciclaje de nutrimentos en bosques primarios y secundarios y 2) la fertilización forestal, que han sido analizadas por Alvarado y Raigosa (2009). Ambas situaciones deben ser bien diferenciadas para el manejo y garantizar la sostenibilidad de los ecosistemas forestales, ya sean naturales o artificiales.

El análisis de los resultados obtenidos acerca de la respuesta sostenida a largo plazo a la fertilización de plantaciones de *Pinus caribaea* var. *caribaea* en su hábitat natural sobre suelos Alíticos de Baja Actividad Arcillosa (Acrisoles) y las implicaciones para el retorno de la vegetación nativa, como indicador de rehabilitación, fue el objetivo del presente trabajo.

## MATERIALES Y MÉTODOS

*P. caribaea* crece naturalmente en los diferentes subtipos de los suelos Alíticos de Baja Actividad Arcillosa Rojo y Rojo Amarillento (Acrisoles, según la clasificación FAO – UNESCO, 1989); el primero aparece en las partes más elevadas y el segundo en las partes medias y bajas de las Alturas de Pizarra; ambos presentan una capa subyacente arcillosa que disminuye la profundidad efectiva, en algunos casos hasta 20 cm. Se caracterizan por tener una capacidad de intercambio catiónico y pH muy bajos, así como los contenidos de materia orgánica, P disponible, K y Ca cambiables. La baja profundidad efectiva de esos suelos unido a la intensa erosión a que están sometidos, la pérdida de la biota edáfica forestal y la baja fertilidad de los

mismos son los factores que limitan la reforestación con *P. caribaea* en los mismos en la provincia de Pinar del Río e Isla de la Juventud.

En la actualidad la ubicación de los pinares ha variado mucho debido a la tala indiscriminada y el uso posterior de gran parte de esos terrenos con fines agrícolas, por lo que se encuentran distribuidos fundamentalmente en las zonas escabrosas de las Alturas de Pizarra del Norte y del Sur, constituyendo las plantaciones artificiales una porción apreciable de los mismos.

Las áreas de suelos Alíticos de Baja Actividad Arcillosa Rojo y Rojo Amarillento, donde se establecieron los experimentos, estuvieron originalmente cubiertas por bosques de *Pinus caribaea* y *Pinus tropicalis*, especies autóctonas de esos sitios, que fueron sustituidas por cultivos agrícolas sin establecer medidas de conservación de los suelos, lo que determinó la degradación de los mismos y por consiguiente significó que al establecerse la plantación los árboles debían superar ese "stress" para sobrevivir y desarrollarse.

Se evalúan tres experimentos establecidos en la Estación Experimental Forestal Viñales que presenta los dos tipos de suelos mencionados y se diferenciaron, de acuerdo a los tratamientos de fertilización de la manera siguiente: 1) Aplicaciones de N, P, K, en fórmulas binarias y terciarias al momento de la plantación y en los 3 años posteriores, y residuos de la industria azucarera (cachaza y ceniza) en una dosis única en el hoyo de plantación, 2) Aplicaciones de portadores fosfóricos, y 3) Aplicaciones de fórmula completa NPK (8-10-10) en años alternos y contiguos con dosis fraccionadas en 200 y 400 g de NPK árbol<sup>-1</sup> durante los primeros cinco años (Herrero, 2001; Herrero *et al.*, 2004).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El efecto de los tratamientos ensayados sobre los volúmenes de madera fue similar al que experimentaron los diámetros: los enmendantes no ejercieron efecto sobre el crecimiento en volumen, que aumentan con la aplicación de fórmulas completas de fertilizantes y la interacción enmendante x fertilizante fue significativa. Los mejores tratamientos fueron: N<sub>100</sub>P<sub>100</sub>K<sub>100</sub> y N<sub>50</sub>P<sub>50</sub>K<sub>50</sub> + ce. Otro grupo de tratamientos permitieron obtener rendimientos significativamente superiores al testigo y fueron los siguientes: N<sub>50</sub>P<sub>50</sub>K<sub>50</sub>, N<sub>100</sub>P<sub>100</sub>K<sub>100</sub> + ca, N<sub>50</sub>K<sub>50</sub> + ca, N<sub>100</sub>P<sub>100</sub>K<sub>100</sub> + ce, N<sub>50</sub>P<sub>50</sub>K<sub>50</sub> + ca y ceniza. Este resultado manifiesta que las aplicaciones en fórmulas completas reportan efectos superiores, tanto cuando se aplican solas o conjuntamente con cachaza o con ceniza (Tabla 1). El análisis de los tratamientos con fórmulas binarias refleja que el fósforo (P) es el elemento determinante en la nutrición de la especie, nótese que con el tratamiento N<sub>50</sub> P<sub>50</sub> se obtienen volúmenes mayores, mientras que con el N<sub>50</sub> K<sub>50</sub> (ausencia de fósforo) los rendimientos son los menores, esto indica que el nitrógeno (N) le sigue en importancia al fósforo. No obstante, puede concluir que aunque la fertilización fosfórica es la mas indicada, no es suficiente por si sola para alcanzar rendimientos máximos.

El análisis de los tratamientos con fórmulas terciarias, conjuntamente con el realizado para las fórmulas binarias, permite hacer las siguientes reflexiones: i) los nutrientes ejercen efectos mejores cuando se añaden en cantidades equilibradas, preferiblemente en la proporción 1-1-1; ii) el P es el único elemento que aún aplicado en pequeñas cantidades puede brindar rendimientos superiores al testigo (obsérvense los volúmenes correspondientes a los tratamientos N<sub>50</sub>K<sub>50</sub> + ca y ceniza), en ese caso las cantidades de K no deben sobrepasar las de N; iii) lo anteriormente expuesto, conjuntamente con las respuestas de la altura y el diámetro, reafirman que el P es el elemento fundamental para la nutrición de *P. caribaea* en los Suelos Alíticos de Baja Actividad Arcillosa.

**Tabla 1 Efecto de fórmulas binarias y terciarias de N, P y K y enmendantes derivados de la industria azucarera sobre el volumen ( $m^3 \cdot ha^{-1}$ ) de *P. caribaea*. Edad de los árboles: 18 años**

Fertilizantes Minerales (1)	Enmendantes derivados de la industria azucarera (2)			Medias de fertilizante
	0	Cachaza (ca)	Ceniza (ce)	
	Volumen ( $m^3 \cdot ha^{-1}$ )			
0	113,6 c	169,8 abc	181,7 ab	154,8 b
P <sub>50</sub> K <sub>50</sub>	137,9 bc	134,7 bc	138,9 bc	137,2 b
N <sub>50</sub> K <sub>50</sub>	105,2 c	188,4 ab	157,0 abc	150,2 b
N <sub>50</sub> P <sub>50</sub>	155,1 abc	161,7 abc	161,8 abc	159,5 b
N <sub>50</sub> P <sub>50</sub> K <sub>50</sub>	190,5 ab	182,1 ab	209,4 a	194,0 a
N <sub>100</sub> P <sub>100</sub> K <sub>100</sub>	222,3 a	188,4 ab	184,0 ab	198,2 a
EE.		14,02 *		8,41 *
Medias de enmendante	154,1	170,8	172,0	
EE.		5,4 NS		

a, b, c: Medias con letras iguales no difieren a  $p < 0,05$ . Prueba de Newman - Keuls.

(1) Los subíndices indican  $kg \cdot ha^{-1}$  de N,  $P_2O_5$  y  $K_2O$ .

(2) Se aplicaron  $1 kg \cdot ha^{-1}$  de cachaza y ceniza

Es de interés señalar, que aunque para el diámetro y la altura se encontraron diferencias altamente significativas entre bloques, ( $F_{D1,30} = 35,25$ ;  $F_h = 91,15$ ) esas diferencias son mucho mayores para la altura. Es decir, que mientras el diámetro fue la variable de respuesta más sensible a la aplicación de fertilizantes, la altura mostró mayor sensibilidad a las variaciones del suelo (Herrero, 2001); la influencia que ejercieron los enmendantes sobre la altura, posiblemente se debe a que los mismos mejoran las propiedades hidrofísicas de los suelos. El papel de los enmendantes orgánicos e inorgánicos está reconocido tanto en la agricultura como en silvicultura, pues mejoran las propiedades físicas y químicas de los suelos y consecuentemente pueden elevar la calidad del sitio forestal e incrementar la efectividad de los fertilizantes minerales.

En el experimento 2 todos los tratamientos de fertilización, excepto el  $600 g \cdot NPK \cdot \text{árbol}^{-1} C$ , y  $300 g \cdot NPK \cdot \text{árbol}^{-1}$ , permitieron obtener volúmenes superiores con respecto al testigo a los 15 años de edad de la plantación (Tabla 2). A los 33 años se distinguen tres grupos homogéneos de acuerdo con el análisis de comparación de medias: los tratamientos  $800 g \cdot NPK \cdot \text{árbol}^{-1} A$ ,  $1000 g \cdot NPK \cdot \text{árbol}^{-1} C$  y  $1000 g \cdot NPK \cdot \text{árbol}^{-1} A$  se sitúan en el primer grupo, con diferencias apreciables en relación al testigo.

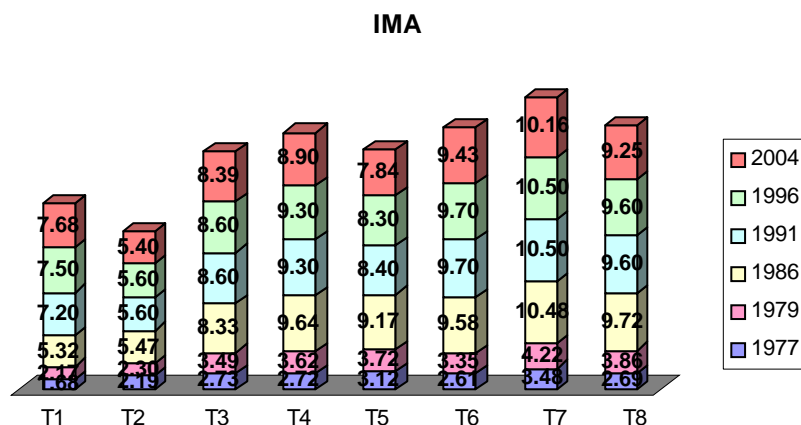
**Tabla 2 Valores promedio de volúmenes de madera (V) a los 15 y 33 años de edad de la plantación. C = aplicación en años contiguos, A = aplicación en años alternos**

Edad	0	300	600 C	600 A	800 C	800 A	1000 C	1000 A
	$g \cdot NPK \cdot \text{árbol}^{-1}$							
	V ( $m^3 \cdot ha^{-1}$ )							
15	79.8 b	82.0 b	125.0 ab	144.6 a	137.5 a	143.6 a	157.3 a	145.9 a
	EE = 13,10 **							
33	253.4 ab	178.4 b	276.7 ab	293.8 ab	258.7 ab	311.3 a	335.3 a	305.2 a
	EE = 28,45*							

a, b Medias con letras iguales en una misma fila no difieren a  $p < 0,05$ , prueba de Newman - Keuls.

Mediante las dependencias funcionales calculadas que relacionan los volúmenes promedios y las edades de los árboles, se estimaron los volúmenes a los 20 y 25 años de edad de los árboles para analizar el momento de máxima respuesta en edades intermedias entre las correspondientes a las mediciones realizadas. A partir de las diferencias, expresadas en volumen, entre los diferentes tratamientos de fertilización y el control a los 15, 20, 25 y 33 años de edad de la plantación se puede inferir que a partir de los 15 años hay una disminución temporal de la respuesta a la fertilización en todos los tratamientos (Herrero, 2004)

**Figura 1** Variación temporal de los Incrementos Medios Anuales de Volumen (IMA,  $m^3 ha^{-1} año^{-1}$ ). T1 = testigo, T2 (300 g NPK árbol<sup>-1</sup>), T3 (600 g NPK árbol<sup>-1</sup> C), T4 (600 g NPK árbol<sup>-1</sup> A), T5 (800 g árbol<sup>-1</sup> C), T6(800 g NPK árbol<sup>-1</sup> A), T7 (1000 g NPK árbol<sup>-1</sup> C), T8 (1000 g NPK árbol<sup>-1</sup> A). C y A = aplicación en años contiguos y alternos.



Los valores de Incrementos Medio Anuales del volumen (IMA) corroboran lo anteriormente expuesto (Fig. 1). A los 15 años (año 1986) existió un aumento considerable de los IMA, fundamentalmente en los tratamientos del T4 al T8, que tienden a disminuir o a permanecer relativamente constantes. Nótese que solamente en el tratamiento testigo (T1), los valores de los IMA se mantuvieron en ascenso, pero no llegan a alcanzar los correspondientes a los tratamientos superiores en cuanto a la producción de madera. La constancia de los IMA, principalmente en los tratamientos T7, T6 y T8, indica que la competencia limitó el aumento de los rendimientos acorde con la mejoría del sitio, originada por la fertilización.

Al respecto, varios autores exponen que en rodales jóvenes, donde una primera fertilización es localizada, es común encontrar respuestas adicionales a aplicaciones repetidas de los fertilizantes nitrogenados y fosfóricos y de acuerdo con la especie forestal y el objetivo de la producción, las intervenciones en cuanto a la nutrición en suelos poco fértiles deben realizarse en años alternos, hasta que el bosque acumule reservas nutrimentales e inicie su reciclado (Alvarado *et al.*, 2006).

En el experimento 3 los tratamientos que posibilitaron un crecimiento en altura superior con respecto al testigo fueron: 200 kg RF ha<sup>-1</sup> y 200 kg SFT ha<sup>-1</sup>. Todos los tratamientos incrementaron el diámetro significativamente, excepto la aplicación de 600 kg RF ha<sup>-1</sup> (Tabla 3). Para el volumen de madera, los tratamientos que tuvieron efectos significativos fueron 200 kg RF ha<sup>-1</sup> y 100 y 200 kg SFT ha<sup>-1</sup>. Dentro de esos tratamientos 200 kg RF ha<sup>-1</sup> y 100 kg SFT ha<sup>-1</sup> pueden considerarse los mejores, pues las aplicaciones de los mismos no causan detrimento de la supervivencia, la que disminuye con dosis altas, tanto de SFT como de RF.

**Tabla 3 Efecto de niveles y portadores fosfóricos (SFT: superfosfato triple; RF: roca fosfórica) sobre el crecimiento de *P. caribaea*. h: altura; D<sub>1.30</sub>: diámetro a 1.30 m del suelo; V: volumen; I.M.A.: incremento medio anual; S: supervivencia. Edad de los árboles: 13 años**

Tratamiento kg ha <sup>-1</sup>	h (1) m	D <sub>1.30</sub> cm	V m <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup>	I.M.A. m <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup> año <sup>-1</sup>	S %
1. Testigo	12,7 b	18,0 c	161,0 d	12,9 d	81
2. 100 SFT	14,2 ab	19,9 ab	217,3 ab	17,4 ab	86
3. 200 SFT	14,7 a	20,4 ab	202,8 abc	16,2 ab	72
4. 300 SFT	13,3 ab	19,8 ab	167,8 d	13,4 d	72
5. 200 RF	15,0 a	20,9 a	230,3 a	18,4 a	81
6. 400 RF	14,1 ab	19,9 ab	174,0 cd	13,9 cd	70
7. 600 RF	14,2 ab	19,1 bc	184,4 cd	14,8 cd	75
8. 200 SFT+400 RF	13,4 ab	19,9 ab	192,3 bcd	15,4 bc	84
E. E.	0,84*	0,88*	16,00*	1,29*	12,5 NS

a, b, c, d: Medias con letras iguales en una misma columna no difieren a  $p < 0.05$ , prueba de Newman - Keuls.

La distribución natural de *P. caribaea* y de las otras tres especies de pinos en el archipiélago cubano, tiene una causalidad edáfica: crecen en suelos con condiciones extremas de baja fertilidad, por ello dosis altas de fertilizantes, aunque no afecten el crecimiento, pueden deprimir la supervivencia.

En todos los experimentos se calcularon curvas de respuestas mediante las que se establecen relaciones funcionales entre las dosis de fertilizantes y los rendimientos expresados en m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>. No obstante, se resaltan las obtenidas con la roca fosfórica:

$$V = 161,510 - 7,480 (RF)^{0.5} + 74,601 (RF)^{0.15}$$

$$R^2 = 0,76 \quad RF_{est} = 23 \text{ kg RF. ha}^{-1} \quad V_{est} = 244,8 \text{ m}^3. \text{ ha}^{-1}$$

donde:

RF -----dosis de roca fosfórica

RF<sub>est</sub> ----- dosis estimada de RF a partir de la curva

V<sub>est</sub> -----volumen de madera estimado

Este análisis refleja que los volúmenes de madera podrían incrementarse con una disminución drástica de la mejor dosis experimental. Diversos autores citados por Herrero (2001) plantean que descomposición completa de la RF aplicada directamente al suelo puede tomar hasta 90 años, y que la misma contribuyó, aún después de 44 años de aplicada, a la reserva de P lábil en el suelo y recomiendan la aplicación de 32 kg RF ha<sup>-1</sup> como dosis óptima para aumentar los rendimientos de *P. elliotii* en la llanura costera al sur de los Estados Unidos.

Los análisis económicos realizados demuestran que la fertilización adecuada es económicamente viable (Herrero, 2001; Herrero *et al.*, 2004)

### **Análisis de la Diversidad Biológica vegetal**

El análisis de varianza realizado a D (Índice de Simpson) y E (equitatividad) en el estrato herbáceo reflejó la existencia de diferencias significativas sólo para D, siendo el valor de ese índice para el área natural significativamente superior, lo que concuerda con que esta área presenta la mayor riqueza de especies. En el estrato arbustivo no se encontraron diferencias significativas para D y E (Tabla 4), lo que denota que el área se encuentra en un proceso de rehabilitación tendiente a la recuperación de la diversidad vegetal asociada a los pinares naturales de *P. caribaea*.

Las especies encontradas en cada una de las parcelas con los diferentes tratamientos coinciden entre sí y con las especies encontradas en el área natural en ambos estratos. El hecho de no encontrarse grandes diferencias en el comportamiento de los hábitats en las parcelas tratadas y el área natural refleja que la fertilización no constituye un factor detrimental

de la diversidad vegetal, por el contrario, la ausencia de fertilización puede contribuir a la degradación de la tierra, teniendo en cuenta la definición actual de ese concepto.

Se encontraron además diferencias significativas entre los bloques, resultado que indica que el suelo en este sitio tiene gran influencia sobre la diversidad vegetal, y que aunque las áreas plantadas están en un proceso de rehabilitación (Herrero *et al.*, 2009; González, 2006), que se refleja en el retorno de la vegetación nativa, aún no llegan a la recuperación total.

**Tabla 4** Índice de Diversidad de Simpson (D) y equitatividad (E) según los diferentes tratamientos y el área natural en los estratos herbáceo y arbustivo. T1 = testigo, T2 (300 g NPK árbol<sup>-1</sup>), T3 (600 g NPK árbol<sup>-1</sup> C), T4 (600 g NPK árbol<sup>-1</sup> A), T5 (800 g árbol<sup>-1</sup> C), T6(800 g NPK árbol<sup>-1</sup> A), T7 (1000 g NPK árbol<sup>-1</sup> C), T8 (1000 g NPK árbol<sup>-1</sup> A). C y A = aplicación en años contiguos y alternos. AN= área natural. EE = Error estándar, CV = Coeficiente de variación

Tratamiento	Estrato herbáceo		Estrato arbustivo	
	D	E	D	E
1	3.23 b	0.75	2.90	0.71
2	3.73 b	0.73	3.96	0.64
3	3.52 b	0.70	3.87	0.71
4	2.69 b	0.67	3.36	0.64
5	3.50 b	0.82	3.90	0.76
6	3.27 b	0.66	3.50	0.68
7	2.75 b	0.70	3.21	0.59
8	3.25 b	0.81	4.26	0.80
AN	6.11 a	0.79	4.95	0.83
EE	0.387 **	0.070 NS	0.578 NS	0.070 NS
CV	21.7%	18.2%	30.7%	21.3%

La riqueza de especies en el estrato arbóreo de los pinares naturales es baja y en el caso particular de los pinares de altura de pizarra está formado por *Quercus oleoides*, *Pinus caribaea* y *Pinus tropicalis* fundamentalmente. En la plantación las especies encontradas fueron: *Clusia rosea*, *Conostegia xalapensis*, *Quercus oleoides* y *Pinus caribaea* var. *caribaea* y en el área natural se encontraron las mismas especies y *Cyrilla antillana*.

## CONCLUSIONES

La fertilización al establecimiento de plantaciones de *Pinus caribaea* var. *caribaea* en su hábitat natural mantiene la productividad con una implicación económica adicional: la disminución del turno de tala, lo que significa que el productor puede hacer un mejor uso de la tierra, si el propósito es alcanzar la misma producción de madera, podría obtenerla en una superficie y tiempo menores con el empleo de fertilizantes y enmendantes y el resto dedicarla a otras especies afines, y si decide utilizar la superficie total disponible con la especie obtendrá una mayor producción debido a la fertilización.

Para la rehabilitación de los ecosistemas forestales es imprescindible mantener el sotobosque que posibilite el restablecimiento de los ciclos biogeoquímicos una vez cerrado el dosel, por lo que los silvicultores deben cambiar su concepción de los mantenimientos a las plantaciones.

**BIBLIOGRAFÍA.**

- Alvarado, A.; J. Raigosa; Jessica Oviedo: “Nutrición y fertilización del pino caribeño (*Pinus caribaea*)”, *Informaciones Agronómicas* 62: 8 – 12, 2006.
- Alvarado, A.; J. Raigosa: “*Nutrición de bosques y fertilización de plantaciones forestales en los trópicos (Primer borrador)*”, Centro de Investigaciones Agronómicas, Universidad de Costa Rica, San José de Costa Rica, 2009.
- FAO – UNESCO. «Carte mondiale des sols. Légende révisé. Rapport sur les ressources du sol du monde », FAO, Roma, 1989
- González Menéndez, M.: “Influencia de la densidad de plantación en la economía y la ecología de *Pinus caribaea* Morelet var. *caribaea* en Alturas de Pizarra, Pinar del Río, Cuba”, Tesis presentada en opción al título de Doctor en Ciencias Ecológicas, Universidad de Alicante/Universidad de Pinar del Río/Instituto de Investigaciones Forestales, Pinar del Río, 2006.
- Herrero Echevarría, Grisel; Nancy Bruzón; Kenya Batista: “Reforestación de terrenos degradados por la industria minera a cielo abierto”, Memorias del XIII Congreso Forestal Mundial realizado del 18 al 23 de octubre, FAO – IUFRO, Buenos Aires, 2009.
- Herrero Echevarría, Grisel *et al.* : “Fertilización a plantaciones de *Pinus caribaea* var. *caribaea* en su hábitat natural y diversidad vegetal asociada”, Memorias del Primer Congreso sobre Suelos Forestales realizado del 25 al 27 de octubre, INISEFOR, Universidad Nacional de Costa Rica, Heredia, 2004.
- Herrero Echevarría, Grisel: “Nutrición de plantaciones de *Pinus caribaea* var. *caribaea*: Respuesta a la fertilización y métodos de diagnóstico”, Tesis presentada en opción al título de Doctor en Ciencias Agrícolas, Instituto de Investigaciones Forestales/Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas/Ministerio de Educación Superior, La Habana, 2001.
- Herrero Echevarría, J. A. *et al.* : “Criterios e Indicadores de manejo forestal sostenible. Una visión de futuro”, Agrinfor, La Habana, 2005.
- Nambiar, E.K.S.: “Sustained productivity of forests is a continuing challenge to soil science”, *Soil Sci. Soc. Am. J.* 60:1629 – 1642, 1996.
- Powers, R.F. and I.K. Morrison: “Soil and sustainable forest productivity: A preamble”, *Soil Sci. Soc. Am. J.* 60:1613, 1996.