

INFLUENCIA DEL MANEJO DE LA DIVERSIDAD FLORÍSTICA NATIVA EN LOS PROCESOS DE ACIDIFICACIÓN DE LOS SUELOS DE LAS ALTURAS DE PIZARRAS

M.Sc. OSVIEL SÁNCHEZ-CORVO,¹ DR. MODESTO GONZÁLEZ-MENÉNDEZ¹
Y DR. CESAR FIGUEROA-SIERRA²

¹ Estación Experimental Forestal 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

Dentro de las características de los suelos, la acidez es muy importante, pues está relacionada con el desarrollo de la vida microbiana y de las diferentes especies vegetales que conviven en los ecosistemas forestales. En el presente trabajo se exponen los resultados de 34 años de estudios realizados en áreas de la Estación Experimental Forestal de Viñales, con el objetivo de determinar la influencia de la densidad de plantación de Pinus caribaea Morelet y los posteriores manejos silvícolas a que es sometida la especie sobre el pH de los suelos donde se desarrolla en los ecosistemas pizarrosos. Se utilizó un diseño de bloques completos al azar, con cinco tratamientos: 1111, 1333, 1666, 2222, 3333 arb./ha, distribuidos en cuatro bloques y un área inforestal. Este mostró que los manejos inadecuados de P. caribaea Morelet en plantaciones productivas han contribuido con la acidificación de estos suelos. Los mejores resultados se alcanzaron en las plantaciones establecidas con 1333 arb./ha, manejadas con criterios sostenibles. Por otro lado, quedó demostrado que el manejo de la

ABSTRACT

Inside the characteristics of the floors, the acidity is very important, because it is related with the development of the microbial life and of the different vegetable species that you/they cohabit in the forest ecosystems. Presently work, the 34 year-old results are exposed carried out in areas of the Forest Experimental Station of Viñales, with the objective of determining the influence of the density of plantation of Pinus caribaea Morelet and the later handlings silvícolas to that it is subjected the species on the pH of the floors where the same one is developed in the slate-like ecosystems. A design of Complete Blocks was used at random, with 5 treatments: (1111, 1333, 1666, 2222, 3333 arb/ha), distributed in four blocks and an area inforestal. This showed that the inadequate handlings of Pinus caribaea Morelet in productive plantations, they have contributed with the acidification of these floors. The best results were reached in the established plantations with 1333 arb/ha, managed with sustainable approaches. On the other hand it was demonstrated that the han-

diversidad florística de especies latifoliadas nativas ricas en cationes contribuyó en gran medida con la mitigación del proceso de acidificación de estos suelos, provocada principalmente por la humificación de las acículas de los pinos.

Palabras clave: *Pinus caribaea*, biodiversidad, acidificación, suelo

ding of the diversity florística of species rich native latifoliadas in cationes, contributed in great measure with the mitigation of the process of acidification of these floors, provoked mainly for the humification of the acículas of the pines.

Key words: *Pinus caribaea*, species diversity, acidification, soil

INTRODUCCIÓN

En el presente siglo el manejo 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 pueden refutar las afirmaciones de que la existencia de rotaciones sucesivas de especies arbóreas de crecimiento rápido ocasionan inevitablemente el deterioro del suelo [Evans, 1998]. No obstante, se ha demostrado que la única actividad que puede desarrollarse dentro de una superficie de esta magnitud es la plantación forestal y el cultivo de árboles. Se trata de una oportunidad importante para la silvicultura y la profesión forestal de crear un impac-

to positivo sobre el ambiente global mediante la creación de bosques, muy necesarios para el futuro y la salud ambiental del planeta [Salleh, 1997]. La mayor parte de los ecosistemas forestales presentan un cierto grado de degradación, en la mayoría de los casos como producto de las actividades humanas, aunque también pueden provocarse por procesos naturales (incendios provocados por descargas eléctricas, huracanes, etc.), o como una combinación de ellos [Barrow, 1987, citado por <http://www.ine.gob.mx/dgoece/coneco/index.html>, 2003]. El daño provocado a los ecosistemas puede ser muy variable, dependiendo de la intensidad, duración y extensión de los factores degradantes.

El creciente deterioro al medioambiente ha despertado la preocupación de muchos investigadores en el mundo. Por un lado, buscan frenar el deterioro causado por las actividades humanas, y por el otro revertir los daños causados.

El presente trabajo tiene como objetivo determinar la influencia del manejo de la diversidad florística nativa en los procesos de acidificación de los suelos de las Alturas de Pizarras.

MATERIALES Y MÉTODOS

Los experimentos fueron establecidos en ecosistemas pizarrosos, en áreas de la Estación Experimental Forestal de Viñales. Los datos climáticos fueron tomados de la estación meteorológica ubicada en la propia estación, en un punto al centro de los experimentos: latitud norte, 22°35'-22°38', longitud oeste 83°40', altura (msnm) 150, promedio de precipitación anual 1765 mm, temp. prom. 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.

Los suelos donde se establecieron los experimentos son de topografía llana a ondulada (1-10% de pendiente), y se clasifican, según Hernández *et al.* (1999), como alíticos, debido fundamentalmente al alto contenido de aluminio del suelo. El primer análisis químico de los suelos se efectuó en marzo de 1970 [Awan y Frías, 1970]. La segunda evaluación fue realizada por Blanco (1989), y la tercera por este colectivo de autores a los treinta y cuatro años de establecida la plantación, todas realizadas en el laboratorio de suelos, perteneciente al Minag, en Pinar del Río. Fueron tomadas además cuatro muestras de 0 a 45 cm de profundidad, recogidas en dos puntos del área experimental.

Las muestras de ambos casos fueron colectadas según la metodología del Minag 1997-A descrita por González (2006). Para el análisis se utilizaron los siguientes métodos:

1. Determinación del pH del suelo por el método del potenciométrico (Minag 1987-A).
2. Método de fotometría o método Molech modificado (Minag 1987-B) para determinar los cationes intercambiables (Ca^+ , Mg^+ , K^+ y Na^+) y la capacidad de intercambio del suelo (valor T).
3. Método colorimétrico o método Oniani (Minag, 1986) para determinar las fórmulas móviles de fósforo y potasio.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Debido a la importancia del factor acidez, para el desarrollo de la vida tanto microbiana como de las diferentes especies vegetales que conviven en estos ecosistemas de pinar se hace necesario analizar su comportamiento en el tiempo de estos ecosistemas frágiles y de naturaleza ácidos. En 1970, cuando se establecieron los experimentos, se realizó el análisis químico de estos suelos, y se comprobó su alto grado de acidez y el bajo contenido de cationes y de materia orgánica (Tabla 1).

Los resultados en 1970 son el efecto del manejo inadecuado de estos suelos y la aplicación excesiva de abonos químicos, lo que contribuyó en gran medida con su acidificación, ácidos por naturaleza. Una vez improductivos para la explotación agrícola, fueron devueltos al patrimonio forestal [Herrero, 2000]. Pasados dieciocho años de haberse efectuado la plantación, las características de estos suelos experimentaron algunos cambios (Tabla 2).

TABLA 1
Análisis químico de 1970 en los suelos que hoy ocupan las parcelas experimentales.

Sitio	Prof. (cm)	Nutrientes asimilables		pH	Bas. cambiables					S (mg/kg)
		P ₂ O ₅	K ₂ O		Ca ⁺	Mg ⁺	K ⁺	Na ⁺		
Mq. / 100 g de suelo)		(Mq. / 100 g de suelo)								
I	0-20	0,48B	3,3B	4,3	0,64	–	0,10	–	–	
	20-45	0,76B	3,3B	4,2	0,40	1,31	0,06	–	1,77	

TABLA 2
Análisis químico del suelo a los dieciocho años de haberse establecido la plantación [Blanco, 1989]

Sitio	Densid. (árb./ha)	Nutrientes asimilables		pH	Bas. cambiables						S (mg/kg)	T
		P ₂ O ₅	K ₂ O (Mq. / 100 g de suelo)		Ca ⁺	Mg ⁺	K ⁺	Na ⁺				
1	(1111)	1,17	3,31	3,0	1,00	0,38	0,12	0,04	1,54	3,18		
2	(1 333)	1,54	3,20	3,5	1,66	0,38	0,10	0,04	2,18	3,10		
3	(2 222)	0,66	3,67	2,7	0,49	0,19	0,14	0,02	0,84	4,35		
4	(1 666)	0,77	3,35	3,0	0,96	0,20	0,13	0,05	1,34	3,17		
5	(3 333)	1,16	4,10	2,6	0,37	0,38	0,13	0,07	0,95	4,19		
0	1,2	4,9	2,7	2,9	0,2	1,3	0,2	0,3	1,4	4,5		

Profun-
didad de
0-45 cm

0: Parcela inforestal.

El resultado del análisis del suelo de los diferentes tratamientos reflejó lo siguiente: el porcentaje de materia orgánica aumentó notablemente, el pH disminuyó en la plantación debido a que el principal componente de la hojarasca estaba constituido por acículas, que forman en su proceso de humificación ácidos fúlvicos [Ortega, 1982], que son ácidos orgánicos de relativa fortaleza, los cuales aumentan la acidez del suelo y por consiguiente disminuye el pH. La

capacidad de cambio de bases (S) en general disminuye, 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 y cationes.

A partir de observarse la tendencia de estos suelos a acidificarse (Fig. 1), se decide manejar desde ese momento en el interior de las plantaciones la vegetación nativa que surgiera de forma natural.

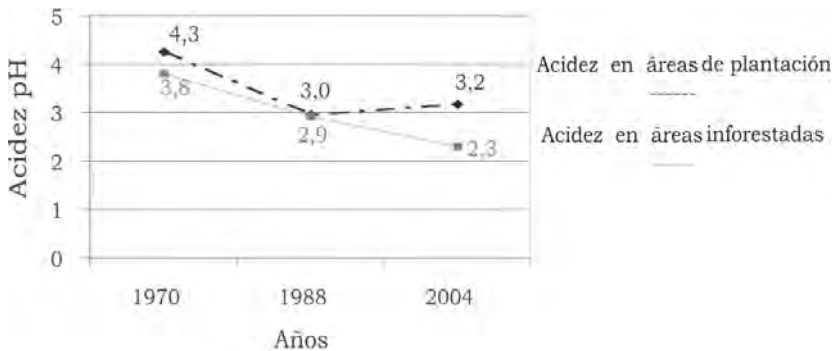


Figura 1. Comportamiento de la acidez en el tiempo.

Pasados treinta y cuatro años de haberse establecido las diferentes plantaciones, y dieciséis de haberse comenzado a manejar esos rodales, se repite este análisis en todos los tratamientos utilizados (Tabla 3).

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

Este resultado está influenciado directamente por la diversidad florística en cada tratamiento, encontrándose en ellos la mayor riqueza de especies. Predominaron especies de gran porte y ricas en calcio como el yamao (*Guarea guidonia* (L.)), y yagrumón (*Didymopanax morototoni*), según estudios de González (2006). 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 enalando de forma natural el suelo.

TABLA 3
Comportamiento químico comparativo del suelo
de las parcelas con diferentes tratamientos
a los treinta y cuatro años de haberse establecidos

Parcela (árb./ha)	pH	mg/100g de suelo		Ca ²⁺
	(KCL)	P ₂ O ₅	K ₂ O	
(1-10) 1111	3,1	2,00	10,00	3,07
(2-7) 2222	3,1	2,00	9,00	2,51
(3-8) 1333	3,8	4,00	8,00	3,48
(4-6) 3333	3,0	3,00	7,00	2,43
(5-9) 1666	3,3	5,00	10,83	2,99
R (1333)	2,6	2,00	18,00	2,51
Área cero	2,3	6,00	3,75	0,88

Área 0: Muestra tomada en un área inforestal (cultivos agrícolas).

R: Parcelas (R (a-b-c-)). 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).

En el caso de los tratamientos más densos, sucede el mismo fenómeno; pero debido a que al ser menor el número y de igual forma la variedad de las especies latifolias presentes, el aporte a la composición química del suelo es menor; no obstante, en toda la formación evaluada se observa un enriquecimiento general, y la diferencia entre tratamientos tiende a ser mínima, beneficiándose todo el arbolado por el manejo sostenible.

Al comparar el pH de las parcelas R, establecidas con una densidad de 1333 árb./ha, igual al tratamiento 2, podemos observar cómo en las primeras es menor. Esto está causado por el manejo que se le ha dado a la plan-

tación durante su desarrollo. En esta se han realizado los mantenimientos y raleos silvícolas con el criterio de dejar solamente en pie los pinos. Como se puede observar en la *Tabla 4*, según estudios de González (2006), las coníferas de forma general tienen muy baja la concentración de nutrimentos, por lo que su incorporación al suelo es ínfima. Por otro lado, su follaje tarda mucho en descomponerse por la cantidad de resina, ceras y lignina que posee en su composición, por lo que la descomposición, mineralización y posterior incorporación de la materia orgánica al suelo es un proceso lento y con tendencia a la acidificación, como se ha dicho.

TABLA 4**Composición química de las acículas del *Pinus caribaea* [González, 2006]**

No.	Muestras		N (%)	P (%)	K (%)	Ca (%)	Mg (%)
	Nombre científico	Nombre vulgar					
1	<i>Pinus caribaea</i> Morelet var. <i>caribaea</i>	Pino macho	0,70	0,08	0,50	0,60	0,22

En las parcelas inforestales (0) el grado de acidez de estos suelos con el tiempo se ha agudizado, siendo una de las causas de este comportamiento la no influencia del bosque sobre la composición química (Tabla 3). Como se observa, en la medida en que aumenta la riqueza de especies,

con la disminución de la densidad de plantación disminuye este factor (Tablas 3 y 5). Es importante destacar además que la composición florística de las parcelas (R) está constituida por especies de pequeño porte y valor en su aporte a la composición química de estos suelos.

TABLA 5**Riqueza de especies por tratamientos**

Parcelas (árb./ha)	1-10 1111	3-8 1333	5-9 1666	2-7 2222	4-6 3333	R. a-b-c 1333	Parcela inforestal (0)
Riqueza	17	22	13	12	10	7	2

Analizando la evolución de la acidez en las áreas estudiadas, y al contarse con los análisis químicos de los suelos en varias etapas del desarrollo de estas plantaciones, y con la información de los aportes de lluvias en la zona, desde 1988 se plantea una cuestión muy interesante: la acidificación de estos suelos en el tiempo (Fig. 1).

Resulta que en el pasado de esta formación pizarrosa, el fuego jugó un papel muy determinante en la existencia de los pinares. Del Risco (2004) planteó que la presencia de los pina-

res en la región es un problema edafológico, siendo el fuego una de las causas fundamentales de la pobreza de estos suelos, al destruirse el material existente en la superficie del terreno; pero por otro lado, las cenizas resultantes de la combustión del material vegetal en superficie aportaban sales (cationes) que contrarrestaban la acidez de los suelos.

Antes del triunfo revolucionario en 1959 la práctica de los incendios en estos terrenos por parte de los dueños de las tierras –en aras de favorecer el crecimiento de nuevos pastos

para el ganado– era algo muy frecuente; por otro lado, en nuestro pueblo no existía la cultura de hoy sobre la protección de los bosques contra los incendios, y una vez que surjan cómo sofocarlos, por lo cual era muy común que, al existir por cualquier forma de inicio, natural o artificial, afectaran grandes zonas, degradando por un lado los suelos por lo anteriormente explicado y encalando los suelos, y por otro elevando de esa forma su pH. Al comenzarse los procesos de reforestación en la década de los sesenta, era una práctica normal el apilado o acordonado de las brozas y su posterior fogoneo, lo cual de alguna forma contribuía a contrarrestar la acidez de los suelos. Con el pasar del tiempo y el aumento de la cultura respecto a la temática, esta práctica se ha dejado de efectuar. Si a ello se suman los aportes acumu-

lados de acidez de las lluvias –reportadas por el Centro Meteorológico de Pinar del Río– en la zona norte de la provincia, como resultado del azote de los frentes fríos provenientes del norte de México y de la Florida [Centro Meteorológico de Pinar del Río, 2004], tenemos una causa probable de la situación que hoy se presenta.

Por lo antes expuesto, hasta que no se profundice en los estudios relacionados con el efecto del fuego sobre la acidez, se debe optar por lo siguiente. Con los estudios químicos de González (2006) a varias especies latifolias en las áreas de plantación y en sitios naturales, se ha comprobado que algunas tienen un aporte importante de cationes de Ca, Mg y K, elementos que de alguna manera interfieren el efecto de la acidificación que se desarrolla en los pinares por las causas ya descritas (Tabla 6).

TABLA 6
Especies de latifolias en el sotobosque de los pinares que más aportan cationes al suelo (Instituto de Suelo, Pinar del Río)

<i>Especies</i>	<i>Aporte (g)</i>			<i>Abundancia (árb.) (292,02 m²)</i>	<i>Abundancia (árb./ha)</i>
	<i>K</i>	<i>Ca</i>	<i>Mg</i>		
<i>Andira inermes</i>	1,50	0,88	0,38	2	85
<i>Parathesis cubana</i>	1,37	1,14	0,65	3	103
<i>Guarea guidonia</i> (L.) Sleumer	1,29	0,62	0,50	4	136
<i>Didymopanax morototoni</i>	1,04	1,30	0,19	3	103
<i>Bursera simaruba</i>	1,65	1,00	0,3	1	55
<i>Cupania glabra</i>	0,90	1,24	0,74	3	103
<i>Amaioua corymbosa</i> H.B.K.	0,83	0,92	0,37	13	444
<i>Casearia sylvestris</i>	1,45	1,2	0,05	8	274

En la tabla anterior se observa que en los casos de *Amaioua corymbosa* y *Casearia sylvestris*, el aporte de cationes no es importante de forma individual, comparado con las demás especies que se describen; pero al analizar los individuos por hectárea adultos en una hectárea, el aporte se hace significativo, por lo cual, siempre que se realicen los tratamientos silvícolas, se debe favorecer su desarrollo, ya que por sus características de arbustos no competirán con los pinos, y si contribuirán con su buen desarrollo al encalar de forma natural estos suelos.

Los resultados anteriores corroboran lo planteado por Landeweer *et al.* (2001) y Blum (2002), cuando al referirse al déficit de calcio en estos suelos exponen que su presencia en forma natural en estos suelos no es tan importante, puesto que algunas plantas son capaces de aportarlo al suelo a través de la descomposición de sus ramas.

CONCLUSIONES

- En las plantaciones establecidas con 1333 árb./ha inicialmente, donde se manejó con criterios sostenibles la diversidad florística, específicamente especies latifoliadas nativas ricas en cationes, se obtuvieron los mejores resultados en la mitigación del proceso de acidificación en suelos de las Alturas de Pizarras de Pinar del Río.
- La realización de manejos silvícolas inadecuados a la especie *Pinus caribaea* Morelet en los

ecosistemas de plantaciones en las Alturas de Pizarras de Pinar del Río han contribuido en gran medida con la acidificación de estos suelos.

BIBLIOGRAFÍA

- ACADEMIA DE CIENCIA DE CUBA: «II Clasificación genética de los suelos de Cuba», Ed. Academia, Instituto de Suelos, 1980.
- AWAN, A. B.; G. FRIAS: «Los suelos de la Estación Experimental Forestal de Viñales, Pinar del Río», *Baracoa* 2(1):19-30, 1970.
- BLANCO, J. L.; L. RAMOS. «Comportamiento de *P. caribaea* var. *caribaea* en espaciamiento de plantaciones en suelos», revista forestal *Baracoa* 19(1):43-53, 1989.
- CENTRO METEOROLÓGICO DE PINAR DEL RÍO: «Reporte de lluvias ácidas en la zona norte de Pinar del Río», EFI La Palma, Academia de Ciencias de Pinar del Río, Cuba.
- «Conservación de ecosistemas. Conservación de hábitats y comunidades» Delegación Coyoacan, México, <http://www.ine.gob.mx/dgoece/con-eco/index.html-A> (Última actualización: 04/09/2003).
- DEL RISCO, E.; M. GONZÁLEZ MENÉNDEZ: «Tipología de los pinares de *Pinus caribaea* Morelet var. *caribaea* de las Alturas de Pizarras de Pinar del Río», FAO, www.fao.org; www.fao.org/docrep, La Habana, 2004.
- EVANS, J.: «La importancia de las plantaciones y la sostenibilidad. La producción sostenible de madera en las plantaciones forestales», *Unasylva* 49 (192):47-52, FAO, Roma, 1998.
- 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, Programa de Desarrollo Sostenible de Bosques Tropicales «Manejo Forestal y Turístico», 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, La Habana, 2000.

- ORTEGA, F. S.: *La materia orgánica de los suelos y el humus de los suelos de Cuba*, Ed. Academia, Academia de Ciencia de Cuba, La Habana, 1982.
- OBREGÓN, A.; F. MORLENO ET AL.: «Características de los suelos de las Alturas de Pizarras, Pinar del Río», I Taller Científico sobre el Desarrollo Integral de las Montañas y la Utilización de los Recursos Forestales, 1991.
- HERNÁNDEZ, A. ET AL.: *Nueva versión de clasificación genética de los suelos de Cuba*, Minag, 1999.
- LANDEWEER, R.; E. HAFFLAND; R. D. FINLAY; T. W. KAYPER: «Linking Plants to Rocks: Ectosycorrhizol Fungi Mobilize Nutrients from Minerals», *Trends in Ecology and Evolution* 16: 248-254, 2001.
- SALLEH, A. S.: «Plantaciones forestales. La mejora de las funciones productivas de los bosques pluviales tropicales», *Unasyuva*, XI Congreso Forestal Mundial 48 (190/191), pp. 38-46, 1997.