

EVALUACION DE LA REPELENCIA AL AGUA DE ALGUNOS ANDISOLS DE ANTIOQUIA BAJO COBERTURA DE Pinus patula

Daniel F. Jaramillo J. *

Francisco E. Herrón O.**

COMPENDIO

En 115 hectáreas de Andisols bajo cobertura de Pinus patula de la quebrada Piedras Blancas, se encontró repelencia severa al agua en capas con espesores entre 4 y 12 centímetros, sueltas, secas y minerales, distribuidas en parches. Los valores de hidrofobicidad obtenidos variaron entre 24 y mas de 10800 segundos, por el método WDPT; entre 0.2 y 5.2 molar, por el método MED y entre 65.5 y 134 grados, por el método del ángulo de contacto. No se encontró correlación significativa estadísticamente entre el espesor de la capa de acículas acumulada sobre el suelo y el grado de repelencia desarrollado por éste, aunque sí la hubo entre el espesor de la capa de acículas y el espesor alcanzado por los materiales hidrofóbicos. La descomposición de raíces y acículas, los exudados radiculares y los hongos presentes en el suelo pueden ser las principales fuentes de las sustancias hidrofóbicas que se están acumulando en aquel.

ABSTRACT

Hydrophobicity of soils is present below an Andisols artificial forest of Pinus patula in the Piedras Blancas basin. In the surveyed 115 hectares the hydrophobic bed forms a discontinuous layer which presents between 4 and 12 centimeters thick. It is recognized by their dusty and dry character. All the soils analyzed present strong repulsion to water. Hydrophobicity values ranged from 24 to higher than 10800 seconds for the WDPT method; 0.2 to 5.2 molar for the MED method, with the contact angle method were obtained values between 65.5 and 134 degrees. No significant statistical correlation was found between the thickness of the litter bed accumulated over the soil and the experimental hydrophobicity value, but with the thickness of the hydrophobic bed had a strong positive correlation. It is believed that the decaying of root residues and litter bed, beside the root exudates of Pinus patula are the main producers of hydrophobic substances.

INTRODUCCION

La dificultad para humedecer los suelos repelentes al agua radica en que los granos o los agregados minerales de éstos son recubiertos total o parcialmente por sustancias hidrofóbicas en forma de películas (Debano, 1981; Ma'Shum et al, 1988); que proceden de la descomposición de ciertos tipos de materia orgánica, de origen vegetal y/o microbiológico (Roberts y Carbon, 1972). La repelencia al agua se relaciona con alto contenido de materia orgánica del suelo (Singer y Ugolini, 1976).

La localización de los materiales hidrofóbicos en el suelo puede ser superficial o inmediatamente debajo del horizonte O, cuando el fenómeno obedece normalmente a procesos naturales (Debano, 1969; Debano y Rice, 1973) o puede ser subsuperficial cuando el fenómeno se ha

producido o acelerado por quemas (Reeder y Jurgensen, 1979; Debano, 1981; Giovannini y Lucchesi, 1983). La distribución de dichos materiales puede formar horizontes continuos o presentarse en forma de parches (Debano, 1981; Wilkinson y Miller, 1978).

El fenómeno de la hidrofobicidad se ha registrado en áreas forestales de Estados Unidos (Debano y Rice, 1973), Australia (McGhie y Posner, 1980), India (Das y Das, 1972). En Colombia, Jaramillo (1989) la observó en Andisols del Oriente Antioqueño en la Cuenca de la quebrada Piedras Blancas y también en Inceptisols de los alrededores de Santa Rosa de Osos (Antioquia); Rubiano (1991)*** la observó en Andisols de la

***Rubiano, Y. 1991. Laboratorio de suelos IGAC, Bogotá. Comunicación verbal.

* Estudiante de postgrado. Universidad Nacional de Colombia. A.A. 237 Palmira.

** Profesor Asociado. Universidad Nacional de Colombia. A.A. 3840 Medellín.

Sabana de Bogotá bajo cobertura de Eucalyptus globulus.

El presente trabajo tuvo como fines evaluar sistemáticamente si en suelos bajo cobertura de Pinus patula se presentaba el fenómeno de la repelencia al agua; cuantificar esta repelencia por los métodos WDPT, MED y Angulo de contacto; y además, establecer si el fenómeno estaba relacionado con el espesor de la capa de acículas acumulada sobre el suelo.

MATERIALES Y METODOS

Localización y descripción del medio físico

El trabajo se realizó en la cuenca hidrográfica de la quebrada Piedras Blancas, en el Oriente Antioqueño Cercano, localizada entre las siguientes coordenadas planas: 1°18'00" y 1°18'59" de latitud norte y 84°00" y 85°00" de longitud oeste.

El área de la cuenca se estimó en 2911 hectáreas y altitudinalmente está ubicada entre los 2340 y 2680 metros sobre el nivel del mar (Figura 1).

La cuenca presenta una precipitación promedia anual de 1815 milímetros, con distribución bimodal y una temperatura media anual de 14.7 grados centígrados.

El principal paisaje de la cuenca lo constituyen colinas bajas desarrolladas en espesos saprolitos de anfibolita y recubiertas por ceniza volcánica (Jaramillo, 1989), presentandose como suelos dominantes los Melanudands, con algunas inclusiones de Fulvudands y Hapludands. La mayor parte de la cuenca, se encuentra bajo cobertura de plantaciones forestales de Pinus patula, Pinus elliottii, Cupresus lusitanica y Eucaliptus sp. y bajo rastrojos altos.

Método de trabajo

Con base en un inventario forestal realizado en la cuenca (de Molina y Molina, 1982), se seleccionaron lotes con plantaciones de Pinus patula mayores de 10 años, en los cuales se realizó un

muestreo con una densidad de una observación por cada dos hectáreas; en cada sitio de observación se midió el espesor de la capa de acículas acumulada sobre el suelo y el espesor de los materiales repelentes al agua que estuvieran presentes en él; además, se tomaron muestras de dichos materiales para determinarles en el laboratorio su grado de repelencia al agua.

En el laboratorio, las determinaciones se realizaron sobre muestras secas al aire y cernidas por tamiz de 2 mm, a temperaturas de alrededor de 30°C, mediante los siguientes procedimientos:

- Por el método WDPT (Water Drop Penetration Time), se colocó suelo en un plato de petri y sobre él se colocaron 5 gotas de agua destilada con un frasco gotero; a cada gota se le registró el tiempo que tardó en entrar completamente en el suelo, teniéndose como tiempo límite de observación 3 horas; el grado de repelencia se estableció como el promedio de los 5 tiempos medidos.
- Por el método MED (Molarity Ethanol Drop), se prepararon soluciones de etanol con concentraciones entre 0.2 y 5.2 molar, con intervalos de 0.2 molar; se colocó suelo en platos de petri y sobre él se colocaron gotas de solución de etanol de diferentes concentraciones y se midió el tiempo que gastaban en penetrar completamente en el suelo; el grado de repelencia del suelo está representado en éste método por la molaridad de la gota de solución que penetre en el suelo en 10 segundos.
- Por el método AC (Angulo de contacto), se colocó suelo en un plato de petri y sobre él se colocó una gota de agua destilada; éste sistema fue fotografiado y sobre la fotografía se midió el ángulo de contacto formado entre la gota de agua y la superficie del suelo.

Los resultados se sometieron a análisis de correlación para establecer si se presentaba relación entre el grado de repelencia al agua de los suelos y el espesor de la capa de acículas acumulada sobre la superficie de los mismos; además, se ensayaron los modelos de regresión lineal,

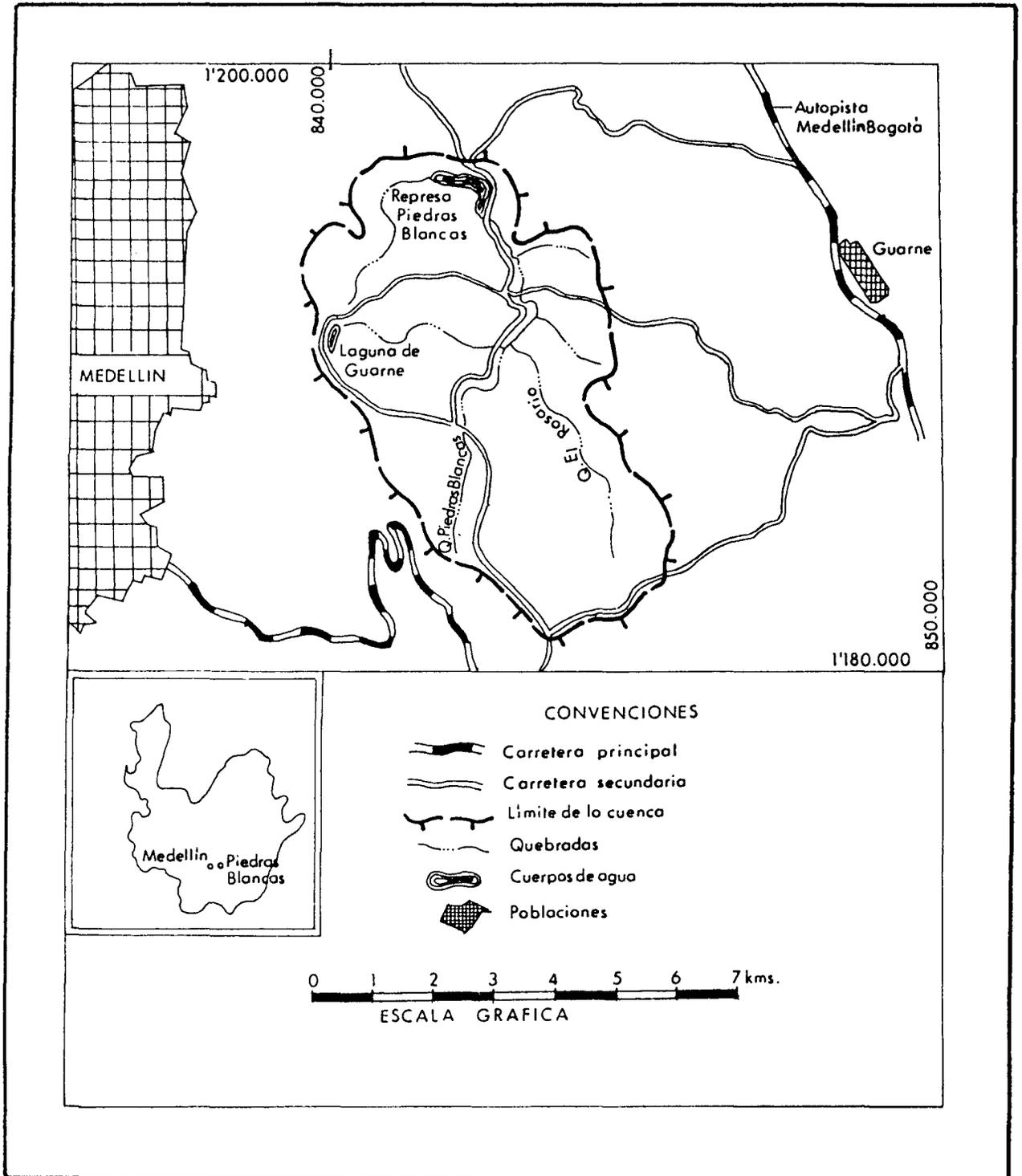


FIGURA 1. Localización del área de estudio

exponencial, de potencias y logarítmica para completar las relaciones establecidas.

RESULTADOS Y DISCUSION

Grado de repelencia al agua de los suelos

En los suelos estudiados se obtuvieron altos valores de repelencia al agua, en la gran mayoría de las muestras, con los tres métodos utilizados; por el método WDPT, 64 de las 78 muestras estudiadas presentaron valores mayores de 10800 segundos, lo cual está indicando un grado extremo de repelencia al agua por parte del suelo; solo 2 muestras presentaron valores menores a 53 segundos, pudiéndolas considerar poco repelentes, si se tienen en cuenta los niveles críticos propuestos por King (1981); las restantes muestras presentaron valores comprendidos entre 950 y 10800 segundos, lo que también las hace extremadamente repelentes al agua. Cabe notar que en condiciones de campo, 71 de las 78 muestras presentaron un WDPT mayor de 240 segundos, indicativo de extrema repelencia natural del suelo al agua.

Utilizando el método MED para hacer la evaluación, 73 muestras presentaron valores entre 2.4 y 5.2 molar y solo 2 muestras tuvieron valores menores de 0.4 molar, lo que viene a corroborar el alto grado de repelencia al agua desarrollado por la mayoría de los suelos estudiados.

Resultados bastante similares a los obtenidos por el método MED, en lo referente a valores y variabilidad, se obtuvieron con el método AC; por este método solo 2 muestras presentaron ángulos de contacto menores a los 90 grados, razón por la cual pueden considerarse poco repelentes al agua, ya que la hidrofobicidad se presenta cuando el ángulo de contacto es mayor de 90 grados (Watson y Letey, 1970). En este trabajo se obtuvieron valores tan altos como 134 grados, aunque la mayoría de las muestras arrojaron valores entre 106 y 130 grados.

En pocos trabajos se registran valores de repelencia tan altos como los encontrados en éste y en la mayoría de los que los registran, la hidro-

fobicidad fue inducida artificialmente o por quemas de litter sobre el suelo (Debano, Mann y Hamilton, 1970; Debano, Savage y Hamilton, 1976) o sometiendo el suelo a calentamiento extremo (John, 1978) o por incendios forestales (Reeder y Jurgensen, 1979); altos valores de repelencia, en condiciones naturales, se han encontrado por Richardson y Hole (1978), por Singer y Ugolini (1976) y por Fink (1970), aunque en condiciones ambientales muy diferentes a las de este trabajo.

Los altos valores de repelencia de los suelos estudiados pueden estar relacionados con los altos contenidos de materia orgánica poco evolucionada que ellos poseen y con la formación de complejos alofano-húmicos saturados con aluminio, pues los dos componentes se han reconocido desde tiempo atrás en dichos suelos (Luna, 1968) y se han asociado al fenómeno de la repelencia en gran cantidad de investigaciones; otras características capaces de inducir alta repelencia al agua en los suelos son la presencia de grandes cantidades de micelio fungal y de raíces en el mismo; de estas dos causales; la presencia de micelio fungal se encuentra ampliamente documentada en la literatura, no así las raíces; por la alta acumulación de raíces observada en la fracción repelente de los suelos estudiados, debe haber efecto grande de éstas, en la hidrofobicidad desarrollada por los suelos, por aporte directo de sustancias hidrofóbicas al suelo como parte de los exudados radiculares y de los productos de descomposición de las mismas.

Efecto del espesor de la capa de acículas

Al relacionar el espesor de la capa de acículas acumulada sobre el suelo con el grado de repelencia desarrollado por éste, no se encontraron coeficientes de correlación significativos estadísticamente, en ninguno de los métodos y modelos de regresión utilizados (Cuadro 1).

Los bajos coeficientes de correlación obtenidos en el modelo lineal, aunque no descartan completamente la posibilidad de que el espesor de la capa de acículas acumulada sobre el suelo tenga alguna ingerencia sobre el grado de repelencia del suelo al agua, sí descartan la relación causal

Cuadro 1

Ecuaciones de regresión y coeficientes de correlación entre el espesor de la capa de acículas y el grado de repelencia al agua de suelos bajo cobertura de Pinus patula de la cuenca de la quebrada de Piedras Blancas (Oriente Antioqueño Cercano)

Ecuaciones*	r
WDPT = 7681.59 + 98.13 X	0.11
WDPT = 3539.05 (0.02) ^x	0.11
WDPT = 1548.42 X ^{0.54}	0.08
WDPT = 6025.39 + 2766.9 log X	0.08
MED = 2.79 + 0.05 X	0.17
MED = 2.84 (0.01) ×	0.14
MED = 1.69 + 1.62 log X	0.13
MED = 2.1 X ^{1.9}	0.11
AC = 103.35 + 0.59 X	0.12
AC = 89.67 + 19.64 log X	0.10
AC = 7.5 * 10 ¹² X ^{-6.08}	-0.03
AC = 1838486.88 (-0.17) ×	-0.06

* X = Espesor de la capa de acículas (cm).

Cuadro 2

Ecuaciones de regresión y coeficientes de correlación de determinación entre el espesor de la capa de acículas y el espesor de los materiales repelentes al agua en suelos bajo cobertura de Pinus patula de la cuenca de la quebrada de Piedras Blancas (Oriente Antioqueño Cercano)

Ecuaciones*	r	R ² (%)
Y = 3.06 (0.02) ×	0.60***	36.00
Y = 0.83 X ^{0.7}	0.59***	34.81
Y = 1.57 + 0.27 X	0.57***	32.49
Y = 10.42 log X - 6.57	0.55***	30.25

* Y = Espesor material repelente (cm)

X = Espesor capa de acículas (cm)

*** Significativo al 0.1%

directa y primordial entre las dos variables, implicando que hay otros factores más determinantes que la acumulación de acículas en el desarrollo del fenómeno de la hidrofobicidad en estos suelos; parece más viable la posibilidad de que las acículas controlen el desarrollo de las poblaciones fungales del suelo, por ejemplo, y sean éstas las que en realidad determinen el grado de repelencia del suelo en una relación causal más directa; en este caso, no sería el espesor total de la capa de acículas el que interesaría sino el espesor de la capa de acículas con características adecuadas para convertirse en sustrato de los hongos y ésto explicaría, en parte, la poca relación causal entre el espesor de la capa de acículas acumuladas sobre el suelo y el grado de repelencia al agua desarrollado por éste.

También la falta de una relación causal directa entre el espesor de la capa de acículas y el grado de repelencia al agua por parte del suelo, refuerza la hipótesis expuesta anteriormente de que las raíces tienen marcado efecto en este proceso, ésto es, las raíces pueden producir las sustancias hidrofóbicas y éstas pasar directamente al suelo mineral sin que las acículas intervengan para nada en ello.

Se encontraron coeficientes de correlación significativos al 0.1% entre el espesor de la capa de acículas acumulada sobre el suelo y el espesor de los materiales repelentes al agua en el mismo. (Cuadro 2).

Los altos coeficientes de correlación encontrados al relacionar el espesor de la capa de acículas con el espesor del material repelente permiten establecer una relación causal directa, aunque los coeficientes de determinación explican bajo porcentaje de la variación del espesor del material hidrofóbico al variar el espesor de la capa de acículas acumulada sobre el suelo, situación que refuerza la hipótesis de que existen otros factores relacionados con la hidrofobicidad de estos suelos, aparte del aporte de acículas a los mismos; las relaciones planteadas hasta aquí no se encuentran registradas en la literatura; los valores de espesor de material repelente encontrados en este trabajo (entre 4 y 12 centímetros) pueden

considerarse medios a bajos, teniendo en cuenta que Deban y Rice (1973) han encontrado como espesores comunes para capas hidrofóbicas superficiales, en suelo mineral, los 10 a 15 centímetros.

Distribución del fenómeno

En la mayoría de los casos, las sustancias hidrofóbicas no se acumulan en el suelo formando horizontes continuos en el mismo sino que se produce una distribución en parches, alternando cuerpos de suelo repelentes al agua con cuerpos de suelo normales; distribuciones semejantes encontraron Deban (1969) y Wilkinson y Miller (1978), entre otros investigadores. Esta localización hace pensar en que los factores que controlan la repelencia al agua en estos suelos no tienen una distribución uniforme en ellos y que se presentan variaciones laterales que alteran el desarrollo del fenómeno; dichas variaciones deben corresponder a cambios en el contenido y tipo de materia orgánica acumulada, en la composición mineralógica y/o química y en características físicas que no permiten la acumulación uniforme de las sustancias hidrofóbicas producidas en el medio.

Los materiales hidrofóbicos se caracterizan por presentarse muy sueltos y secos, con respecto al resto del perfil del suelo.

CONCLUSIONES

1. En Andisols de la cuenca de Piedra Blancas (Oriente Antioqueño Cercano), bajo plantaciones de Pinus patula, se puede desarrollar alta repelencia al agua en la superficie del suelo mineral, por debajo de la capa de acículas, independientemente del método utilizado para evaluarla, tanto en laboratorio como en el campo.
2. El espesor de la capa de acículas acumulada en la superficie del suelo no se correlacionó significativamente con el grado de repelencia obtenido, aunque si lo hizo con el espesor que alcanza el material hidrofóbico presente en el suelo.

3. Los materiales repelentes al agua se presentaron muy sueltos y secos y se distribuyeron en forma de parches, en la mayoría de los casos.

BIBLIOGRAFIA

1. DAS, D.K. and DAS, B. Characterization of water-repency in Indian soils. *Indian Journal Agric. Sci.* 42:1099-1102. 1972.
2. DEBANO, L.F. Water-repellent soils : a worlwide concern in management of soil and vegetation. *Agric. Sci. Rev.* 7:11-18. 1969.
3. _____. Water-repellent soils : a state of the art. California : USDA Forest Service. General Technical Report PSW-46. 21 p. 1981.
4. _____; MANN, L.D. and HAMILTON, D.A. Translocation of hydrophobic substances into soil by burning organic litter. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.* 34:130-133. 1970.
5. DEBANO, L.F. and RICE, R.M. Water-repellent soils : their implication in forestry. *J. Forestry.* 71:220-223. 1973/
6. DEBANO, L.F.; SAVAGE, S.M. and HAMILTON, D.A. The transfer of heat and hydrophobic substances during burning. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 40:779-782. 1976.
7. FINK, D.H. Water repellency and infiltration resistance of organic - film - coated soils. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.* 34:189-194. 1970.
8. GIOVANNINI, G. and LUCCHESI, S. Defferential thermal analysis and infrared investigations on soil hydrophobic substances. *Soil Sci.* 137:457-463. 1984.
9. JARAMILLO, D.F. Reconocimiento de suelos con fines recreacionales y agropecuarios en la cuenca de la quebrada Piedras Blancas. Medellín : EPM, 1989. 67 p.
- 10 JOHN, P.H. Heat -induced water repellency in some New Zealand pumice soils. *New Zeal. J. Sci.* 21:401-407. 1978.
- 11 KING, P.M. Comparison of methods for measuring severity of water repellence of sandy soils and assessment of some factors that effect its measurement. *Aust. J. Soils Res.* 19:275-285. 1981.
- 12 LUNA, C. Anotaciones pedológicas sobre algunos Andosoles de Antioquia. Bogotá : IGAC, 1968. 153 p.
- 13 MA'SHUM, M. et al. Extraction and characterization of water-repellent materials from Australian soils. *J. Soil Sci.* 39:99-110. 1988.
- 14 MCGHIE, D.A. and POSNER, A.M. Water repellence of a heavy - textured Western Australian surface soils. *Aust. J. Soil Res.* 18:309-323. 1980.
- 15 MOLINA, I. de y MOLINA, C. Evaluación volumétrica por el método aéreo de las plantaciones de la cuenca de Piedras Blancas. *Rev. CIAF.* 7:29-58. 1982.
- 16 REEDER, C.J. and JURGENSER, M.F. Fire-induced water repellency in forest soils of upper Michigan. *Can. J. For Res.* 9:369-373. 1979.
- 17 RICHARDSON, J.L. and HOLE, F.D. Influence of vegetation on water-repellency in selected western Wisconsin soils. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 42:465-467. 1978.
- 18 ROBERTS, F.J. and CARBON, B.A. Water repellence in sandy soils of south-Western Australia. *Aust. J. Soil Res.* 10:35-42. 1972.
- 19 SINGER, M.J. and UGOLINI, F.C. Hydrophobicity in the soils of Findley lake, Washington. *Forest Sci.* 22:54-58. 1976.
- 20 WATSON, C.L. and LETEY, J. Indices for characterizing soil water repellency based upon contact angle-surface tension relationships. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.* 34:841-844. 1970.
- 21 WILKINSON, J.F. and MILLER, R.H. Investigation and treatment of localized dry spots on sand golf greens. *Agron. J.* 70:299-304. 1978.