

# HUMEDAD CRÍTICA Y REPELENCIA AL AGUA EN ANDISOLES COLOMBIANOS BAJO COBERTURA DE *Pinus patula* Schlttl y Cham

Daniel Francisco Jaramillo Jaramillo.<sup>1</sup>

---

## RESUMEN

*En un lote con Andisoles bajo cobertura de **Pinus patula** Schlttl y Cham se ubicaron 4 transectos sobre los cuales se hizo un muestreo horizontal cada 5 cm, en 4 profundidades, con el fin de establecer si había una zona de transición de humedad crítica en el suelo que estuviera controlando la presencia de repelencia al agua en él. Se hicieron determinaciones de WDPT en el campo y luego en muestras secadas a 35 °C, en laboratorio. En cada condición se determinó el contenido gravimétrico de humedad a cada muestra y se relacionaron estos contenidos con su correspondiente WDPT. Los suelos presentaron altos contenidos de humedad, tanto en campo, como secos a 35 °C. La mayoría de los sitios fueron humectables en campo pero, al secar las muestras a 35 °C, la mayoría de ellas, en las tres primeras profundidades, se tornaron fuertemente repelentes al agua. Ambas propiedades tuvieron una alta variabilidad. En algunas profundidades de varios transectos fue posible definir, precariamente, zonas críticas de humedad para la repelencia al agua pero, al tratar de generalizar esta zona para todo el perfil del transecto, no fue posible definirla.*

**Palabras claves:** Suelos repelentes al agua, contenido crítico de humedad en el suelo, zona de transición, Andisoles.

---

## ABSTRACT

### **CRITICAL MOISTURE AND WATER REPELLENCY OF COLOMBIAN ANDISOLS COVERED WITH *Pinus patula* Schlttl and Cham**

*In a stand with Andisoles planted with **Pinus patula** Schlttl and Cham, 4 transects were established for horizontal sampling every 5 cm in 4 depths to establish whether there*

---

<sup>1</sup> Profesor Titular. Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín. Facultad de Ciencias. A.A. 3840, Medellín, Colombia. <djaramal@unalmed.edu.co>

Recibido: Marzo 3 de 2005; aceptado: Agosto 23 de 2005.

*was a transition zone for critical humidity in the soil that could determine the presence of water repellency in it. Determinations of WDPT were made in the field and later on samples dried at 35 °C in the laboratory. For each condition, the gravimetric content of humidity of each sample was determined and these contents were compared to their corresponding WDPT. The soils presented high humidity contents, both in the field and when dried at 35 °C. Most of the sites were humidified in the field, but upon drying the samples at 35 °C, the majority of them from the first three pit depths became strongly water repellent. Both properties were highly variability. In some pit depths of some transects it was possible to define, precariously, critical areas of humidity for water repellency, but upon attempting to generalize this area for the entire transect profile, it was impossible to define.*

**Key words:** Water repellent soils, critical soil water content, transition zone, Andisols.

**Abreviaturas: WDPT:** Water Drop Penetration Time (Tiempo de Penetración de la Gota de Agua en el suelo).

---

Según Dekker; Ritsema y Oostindie (2000) la repelencia al agua depende fuertemente del contenido de agua que tenga el suelo. Dekker (1998) encontró diferencias importantes en el comportamiento de la repelencia al agua en suelos arenosos de Holanda, al comparar la distribución de la frecuencia del WDPT en ellos cuando la determinación se hacía con suelo inicialmente húmedo y cuando se hacía con el suelo inicialmente seco: En general, cuando el suelo estaba seco se presentaba mayor cantidad de muestras con valores altos de WDPT y el volumen del suelo afectado por dicho grado de repelencia también era mayor que cuando las determinaciones se hacían con el suelo inicialmente húmedo. Igual comportamiento observó Vanegas (2003) en Andisoles de la cuenca de la quebrada Piedras Blancas, oriente antioqueño (Colombia).

Shakesby *et al.* (2000) hicieron notar que la hidrofobicidad del suelo no sólo es variable espacialmente sino que también tiene una variación estacional importante

y sostienen que, en condiciones de campo, los suelos alternan estacionalmente entre estados repelentes y humectables, en respuesta a los cambios de precipitación y de temperatura. Ellos midieron el WDPT en campo y encontraron que su valor era mayor en la estación de verano seco que en la de invierno húmedo, aunque sostienen que un periodo largo de condiciones secas previas al verano también puede restaurar la repelencia al agua en el suelo.

Dekker y Ritsema (1994), estudiando la relación entre el contenido de humedad del suelo y su grado de repelencia al agua, llegaron a detectar que había, en sus suelos, un valor de contenido de humedad por debajo del cual todas las muestras eran repelentes al agua y por encima, todas eran humectables; con estas observaciones definieron el concepto de "**contenido de agua crítico del suelo**" para referirse al valor de humedad que se comporta como límite entre el estado hidrofóbico y el estado humectable en un suelo.

Dekker y Ritsema (2000), Dekker (1998) y Ritsema (1998), en varios tipos de suelos de Holanda, desde arenosos hasta arcillosos turbosos, hallaron una alta variabilidad en el contenido de humedad de los suelos, tanto horizontal como vertical, así como en el contenido de humedad crítico para generar la hidrofobicidad en ellos. Encontraron valores críticos de humedad volumétrica desde 2 %, entre 35 y 40 cm de profundidad en un *Psammaquent*, hasta 25 % entre 10 y 15 cm de profundidad en un *Fluvaquent franco limoso*. Jaramillo (2003) y Vanegas y Jaramillo (2004) también observaron que el comportamiento de la humedad en los Andisoles que estudiaron presentó una alta variabilidad espacial, tanto horizontal como vertical, encontrando la máxima variación en su horizonte superficial.

Doerr y Thomas (2000) establecieron un nivel crítico de humedad de 28 % en suelos de Portugal sometidos a explotación forestal con eucalipto y pino. Los mismos autores estudiaron el papel que jugaba la humedad sobre la hidrofobicidad de dichos suelos y observaron que, después de humedecerlos y dejarlos secar nuevamente, en algunos se restauraba la condición de hidrofobicidad inicial y en otros no, por lo que concluyen que el cambio en el contenido de agua en el suelo no era el único factor de control de la repelencia al agua en él.

Dekker *et al.* (2001) revisaron el concepto de "contenido crítico de humedad del suelo" propuesto por Dekker y Ritsema en 1994 y concluyeron que no es adecuado plantear ese contenido de humedad, con un valor único, como un límite tajante por encima del cual el suelo es humectable y por debajo es repelente al agua, sino que

es más conveniente y refleja mejor la relación humedad-repelencia al agua, si se define un rango de humedad crítico que cumpla esa función de clasificación de la humectabilidad del suelo; a este rango le dieron el nombre de "**zona de transición del contenido de humedad crítico del suelo**". Las muestras de suelo pueden ser humectables o repelentes al agua, dentro de la zona de transición.

Dekker *et al.* (2001) evaluaron el contenido de humedad crítico en suelos arenosos de dunas de Holanda, haciendo ocho muestreos en transecto, en diferentes épocas y en seis profundidades. Determinaron la persistencia de la repelencia real y potencial al agua a 25 °C y a 65 °C con el método del WDPT y la expresaron en términos de las clases de repelencia propuestas por Dekker y Jungerius (1990). A cada una de las muestras, en las diferentes condiciones experimentales, se les determinó el contenido de humedad. Los límites de la zona de transición, en una determinada profundidad, los establecieron con el contenido mínimo de humedad que se obtuvo en la clase 0 de WDPT y el contenido máximo de humedad obtenido en cualesquiera de las otras clases de WDPT, diferentes a la clase 0. Con el procedimiento descrito, los autores citados encontraron que, en los primeros 20 cm del suelo estudiado, la zona de transición tuvo, como límite inferior de humedad, contenidos entre 18 % en la superficie y 2 % a 19 cm de profundidad, mientras que el límite superior, para las mismas profundidades, fue de 23 % y de 5 % de humedad volumétrica.

Con este trabajo se pretende establecer si hay una zona de transición en el contenido de humedad que se relacione con la

persistencia de la repelencia al agua en Andisoles de la cuenca de la quebrada Piedras Blancas (Medellín, Co-lombia), bajo cobertura de *Pinus patula*, en condiciones de campo y de secado de las muestras a 35 °C..

## MATERIALES Y MÉTODOS

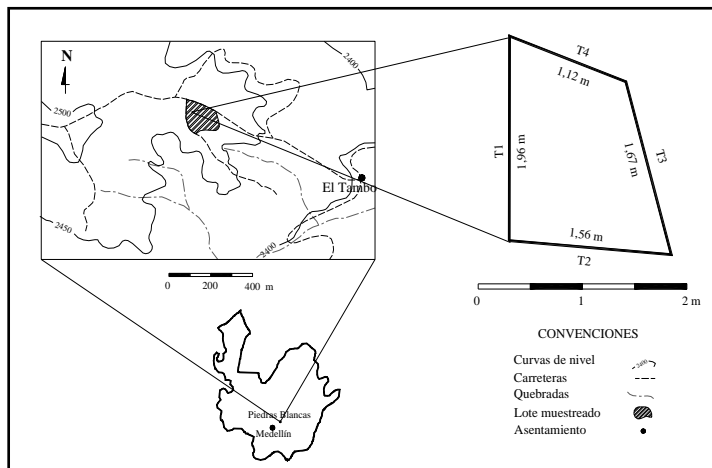
En la cuenca de la quebrada Piedras Blancas, 17 km al oriente de Medellín, Colombia, se seleccionó una plantación de *Pinus patula* de 18 años de edad en el sitio El Tambo. En dicha plantación se ubicaron 4 transectos o líneas sobre las cuales se hizo el muestreo (T1, T2, T3 y T4) con las dimensiones y orientación que se muestran en la Figura 1. La plantación se encuentra sembrada en suelos *Acrudoxic Fulvudands*, ricos en materia orgánica, fuertemente ácidos, desaturados de bases, con abundante cantidad de aluminio intercambiable y sin evidencias de erosión hídrica; la pendiente de los transectos no supera el 7 % de inclinación.

En la época húmeda (Junio-Julio) y en cada uno de los transectos se hizo un muestreo en 4 profundidades como se muestra en el esquema de la Figura 2, mediante el siguiente procedimiento: de la superficie de la capa de acículas, cuyo espesor varió entre 5 y 22 cm, se retiraron las acículas más frescas (aproximadamente una capa de 1 a 2 cm de espesor) y sobre las acículas que quedaron expuestas en la superficie del terreno, se determinó la persistencia de la repelencia al agua en puntos separados 5 cm entre sí, a todo lo largo del transecto. Una vez realizada la determinación de la persistencia, se procedió a tomar una muestra de acículas de cada uno de los puntos evaluados, es decir, 1 muestra cada 5 cm: ésta fue la

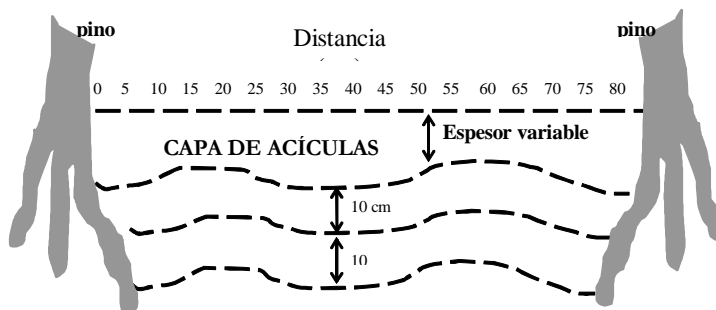
pro-fundidad 1 de muestreo.

Se procedió luego a retirar el resto de la capa de acículas, formando una especie de canaleta de unos 15 cm de ancho y de todo el largo del transecto, de modo que quedara expuesta la superficie del suelo mineral; sobre esta superficie se determinó también la persistencia de la repelencia, conservando el espaciamiento utilizado en la capa de acículas; después de evaluada la persistencia, se tomaron las respectivas muestras de suelo para llevar al laboratorio: aquí se tuvo la profundidad 2 de muestreo. En la misma canaleta se profundizó en el suelo extrayendo una capa de material de 10 cm de espesor para exponer la profundidad 3 de muestreo y en la superficie expuesta se determinó nuevamente la persistencia de la repelencia al agua y se tomaron las muestras de suelo, como se indicó anteriormente. Este último procedimiento se repitió una vez más para tener la profundidad 4 de muestreo y hacer la última determinación de la persistencia de la repelencia al agua a 20 cm de profundidad, medidos a partir de la superficie de contacto entre la capa de acículas y la superficie del suelo mineral. Todas las 479 muestras tomadas fueron inmediatamente empacadas en bolsas plásticas y selladas para que conservaran la humedad que poseían.

Las muestras recolectadas fueron llevadas al laboratorio y pesadas; se secaron a 35 °C en estufa durante 4 días, se pesaron nuevamente y se les evaluó la persistencia de la repelencia al agua. Se continuó el secado de las muestras a 105 °C y, en esta condición, se pesaron nuevamente. Con los pesos registrados se calcularon los



**Figura 1.** Ubicación, orientación y longitud de los transectos en el área de estudio en Andisoles de la quebrada Piedras Blancas (Medellín, Colombia), bajo cobertura de *Pinus patula*.



**Figura 2.** Esquema de muestreo utilizado en cada transecto ubicado para el estudio en Andisoles de la quebrada Piedras Blancas (Medellín, Colombia), bajo cobertura de *Pinus patula*.

contenidos de humedad gravimétrica de las muestras en su condición de campo (Hc) y secadas a 35 °C (H35).

La determinación de la persistencia de la repelencia al agua se hizo por el método del WDPT (Jaramillo, 2001). En

el campo, se colocaron tres gotas de agua sobre la superficie a evaluar y se registró el tiempo que tardaron en entrar completamente en ella, teniendo un tiempo máximo de observación de 240 segundos (King, 1981). En el laboratorio, sobre la superficie de las

muestras secadas a 35 °C y colocadas en una caja de Petri, se depositaron 3 gotas de agua y se registró el tiempo que gastaron en entrar completamente en la muestra, teniendo como tiempo máximo de observación 3600 segundos. En todos los casos, el valor de la persistencia corresponde al promedio de los tres registros de tiempo disponibles: WDPTc para la persistencia en campo y WDPT35 para la de laboratorio. Los

valores del WDPT que se obtuvieron se agruparon en las categorías propuestas por Dekker y Jungerius (1990) para clasificar la persistencia de la repelencia al agua del suelo, expuestas en la Tabla 1. Los resultados obtenidos, tanto de WDPT como de humedad, se sometieron a análisis estadísticos descriptivos, con ayuda del programa Statgraphics Plus 5.0.

**Tabla 1.** Clasificación de la persistencia de la repelencia al agua en suelos, propuesta por Dekker y Jungerius (1990).

Clase de WDPT	Rango de WDPT (s)	Condición de repelencia al agua
0	< 5	No repelente
1	5 – 60	Ligeramente repelente
2	60 – 600	Fuertemente repelente
3	600 – 3600	Severamente repelente
4	> 3600	Extremadamente repelente

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

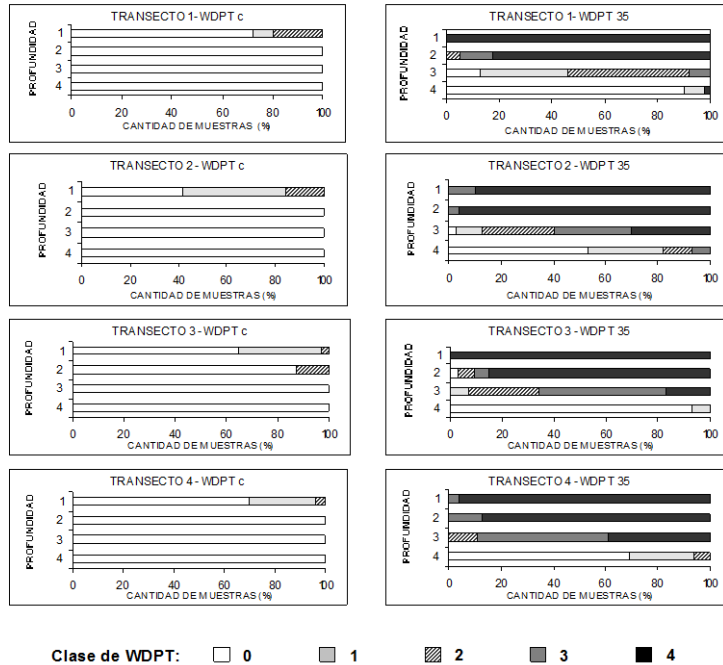
### ***Persistencia de la repelencia al agua.***

En la Figura 3 se aprecia como se distribuyen las clases de WDPT de los suelos estudiados, en cada transecto y en las diferentes profundidades de muestreo; además, se ven los cambios que se producen sobre la persistencia de la repelencia al agua, por efecto del secado del suelo: obsérvese que al secar el suelo (WDPT35), no sólo se incrementa la persistencia de la repelencia al agua sino que, además, se incrementa el volumen del suelo que se torna más repelente al agua; nótese que prácticamente en todos los transectos, al secar el suelo a 35 °C, la parte superior del suelo mineral que está en contacto con las acículas (profundidad 2) se torna extremadamente repelente al agua.

En todos los transectos se observa que sólo en la capa de acículas se presenta

hidrofobicidad real (en condiciones de campo) en algunos puntos de muestreo; en el suelo mineral, solamente en el transecto 3 se presentaron 4 puntos donde se encontró una condición fuertemente repelente al agua en la hidrofobicidad actual del suelo. Un comportamiento similar al que se ha descrito en los apartes anteriores observó Dekker (1998) en algunos suelos arenosos de dunas de Holanda cuando los sometió a secado de 25 °C y luego a 65 °C; al aumentar la temperatura de secado en ellos, se aumentó el grado de repelencia al agua y la profundidad hasta la cual el suelo se tornaba hidrofóbico.

Vanegas (2003) trabajó Andisoles de la cuenca de la quebrada Piedras Blancas, bajo coberturas de pino y de roble, midiendo el WDPT en muestras con la humedad de campo y secadas a 15, 20, 25, 30, 35 y 105 °C y observó el mismo comportamiento mencionado en el párrafo anterior.



**Figura 3.** Distribución porcentual de las clases del WDPT en las 4 profundidades de muestreo, en campo y con muestras secadas a 35 °C en laboratorio, en todos los transectos estudiados en Andisoles de la cuenca de la quebrada Piedras Blancas (Medellín, Colombia) bajo cobertura de *Pinus patula*.

**Contenido de humedad del suelo.** En la Tabla 2 se presentan los estadísticos más importantes que caracterizaron los contenidos de humedad de los suelos, tanto en campo (Hc) como cuando fueron secados a 35 °C (H35), en todos los transectos y a las diferentes profundidades de muestreo.

En la Tabla 2 son evidentes los altos contenidos de humedad que presentan las muestras en campo, así como la gran cantidad de humedad que se pierde por el secado de las muestras a 35 °C. También es notable la alta variabilidad de esta

propiedad del suelo, reflejada en los valores de las desviaciones estándar obtenidas y en las diferencias existentes entre los valores promedios, máximos y mínimos que se presentan entre las diferentes profundidades del mismo transecto; además, los valores que toman los coeficientes de variación están indicando un comportamiento muy variable en las propiedades evaluadas. La asimetría es bastante amplia en aquellas muestras que fueron sometidas a secado a 35 °C, alejando dicha distribución de la normal.

**Tabla 2.** Principales estadísticos\* del contenido de humedad gravimétrica de Andisoles de la quebrada Piedras Blancas (Medellín, Colombia), en condición de campo (Hc) y secado a 35 °C (H35), bajo cobertura de *Pinus patula*, en 4 transectos y 4 profundidades de muestreo en cada transecto.

Transecto	Variable	Profundidad de muestreo	n	Media (%)	s (%)	V max (%)	V min (%)	Simetría	CV (%)
1	Hc	1	40	260,46	27,28	303,14	197,12	-1,0086	10,47
		2	40	180,21	44,41	271,45	114,35	1,1005	24,64
		3	39	164,09	13,64	183,66	121,70	-4,3242	8,31
		4	40	172,50	11,90	197,83	150,11	-0,1461	6,90
	H35	1	40	22,40	4,79	38,52	17,30	5,7318	21,38
		2	40	20,22	2,63	27,72	13,94	2,2373	13,02
		3	39	34,92	14,58	65,87	18,42	1,9847	41,74
		4	40	26,01	12,80	63,84	14,81	4,3146	49,21
2	Hc	1	31	235,22	24,54	281,99	185,04	0,4466	10,43
		2	28	215,99	51,39	303,85	97,38	-0,3091	23,79
		3	29	172,11	13,21	194,26	144,55	-0,9853	7,68
		4	28	178,82	13,44	207,39	159,09	1,3569	7,52
	H35	1	31	15,94	1,83	18,13	7,91	-6,4733	11,49
		2	28	20,34	2,34	29,38	18,40	5,9840	11,52
		3	29	17,06	1,90	22,50	14,49	2,9115	11,16
		4	28	21,65	9,43	46,42	8,41	3,0954	43,58
3	Hc	1	34	267,37	24,75	302,29	210,06	-1,4889	9,26
		2	32	178,26	37,15	225,47	87,84	-1,9160	20,84
		3	30	137,40	19,94	176,03	97,19	-0,6169	14,51
		4	28	165,25	11,24	180,72	139,49	-1,8084	6,80
	H35	1	34	25,24	7,77	53,04	18,96	5,2043	30,78
		2	32	22,63	12,05	83,18	7,76	10,0469	53,23
		3	30	25,11	12,44	67,29	15,91	4,6984	49,55
		4	28	19,83	11,94	59,56	13,30	5,7202	60,21
4	Hc	1	23	257,51	48,66	409,74	140,66	1,6313	18,89
		2	23	192,56	30,09	260,24	158,04	1,9365	15,63
		3	18	161,16	12,87	183,47	141,04	0,5326	7,99
		4	16	170,57	12,24	185,98	144,36	-1,4486	7,18
	H35	1	23	19,72	4,29	28,07	14,83	1,9991	21,73
		2	23	18,10	4,26	35,49	14,10	6,3888	23,53
		3	18	26,36	11,62	54,89	15,66	2,2747	44,09
		4	16	21,11	6,77	40,87	14,69	3,0188	32,09

\* n: Número de datos. s: Desviación estándar. V max: Valor máximo. V min: Valor mínimo. CV: Coeficiente de variación.

Para tratar de establecer alguna relación entre el contenido de humedad de las muestras, en su condición de campo y secadas a 35 °C, con el WDPT, se hizo un análisis de correlación entre ellas, obteniéndose los resultados que

se presentan en la Tabla 3. En esta tabla se observa que existen algunas correlaciones significativas entre la humedad y la persistencia de la repelencia al agua en varios transectos pero cabe resaltar dos aspectos: uno, que la



mayoría de las correlaciones significativas tienen coeficientes de correlación mayores con Spearman que con Pearson, lo que implica que las relaciones entre esas dos variables no son lineales y, dos, que los coeficientes

de correlación no son altos, lo que se traduce en unos coeficientes de determinación ( $R^2$ ) bajos que explican muy poco porcentaje de la variabilidad observada en las propiedades relacionadas.

**Tabla 3.** Coeficientes de correlación (r) de Pearson y de Spearman, significativos<sup>1</sup> estadísticamente, entre la humedad gravimétrica y la persistencia de la repelencia al agua en Andisoles de la cuenca de la quebrada Piedras Blancas (Medellín, Colombia) bajo cobertura de *Pinus patula*, con su humedad de campo (Hc) y secados a 35 °C (H35) en los transectos estudiados.

VARIABLES RELACIONADAS		TRANSECTO			
		1	2	3	4
<b>COEFICIENTES DE Pearson</b>					
H c	WDPT c	0,3658***	0,4239***	NS	0,3553**
	WDPT 35	0,5489***	0,4266***	0,4540***	0,4020***
H 35	WDPT c	NS	-0,2212*	NS	NS
	WDPT 35	-0,2339**	NS	0,1833*	NS
<b>COEFICIENTES DE Spearman</b>					
H c	WDPT c	0,3215***	0,4366***	0,2066*	0,3853***
	WDPT 35	0,5024***	0,4749***	0,5181***	0,4783***
H 35	WDPT c	NS	-0,2706**	NS	NS
	WDPT 35	NS	NS	0,4626***	NS

<sup>1</sup> Nivel de significancia: \*\*\* 0,1 %; \*\* 1 %; \* 5 %; NS: no significativo al 5 %.

Se aprecia también en la Tabla 3 que, a pesar de la cercanía que hay entre los transectos y la homogeneidad aparente del sitio, las relaciones encontradas no son estables: algunas desaparecen en ciertos transectos, lo que concuerda con lo que han observado Dekker (1998), Ritsema (1998), Dekker *et al.* (2000), Doerr *et al.* (2000), Doerr y Thomas (2000), Jaramillo (2004), entre otros, quienes tampoco han encontrado relaciones estrechas y estables entre el contenido de humedad y la repelencia al agua en el suelo y confirma la alta variabilidad de la hidrofobicidad y la respuesta diferencial y puntual de cada suelo a ella.

**Valor crítico y zona de transición de humedad crítica en el suelo.** No fue posible obtener un valor crítico de humedad en los suelos en el que se manifestara la repelencia al agua en él, tal como lo encontraron Dekker y Ritsema (1994), Dekker (1998), Ritsema (1998) y Doerr y Thomas (2000).

En algunas profundidades de muestreo de varios transectos fue posible definir zonas de transición de humedad crítica en el suelo, siguiendo la metodología propuesta por Dekker *et al.* (2001), aunque precariamente, es decir, con muy pocas muestras por fuera del rango crítico de humedades, como puede verse en la Figura 4.

La gran variedad de formas en que se distribuyen los valores de humedad y de repelencia al agua que se observa en las gráficas de las Figuras 4 y 5 está mostrando la alta variabilidad que tienen estas dos propiedades en el suelo, así como lo específica que es la manifestación del fenómeno de la hidrofobicidad en cada suelo y en cada una de sus partes, aún en distancias muy cortas entre muestras.

En las profundidades y transectos que no aparecen representados en la Figura 4 no fue posible definir ninguna zona de transición de humedad crítica en el suelo por alguna de las siguientes razones:

- Porque todas las muestras presentaron una persistencia que correspondió a la clase 0 de WDPT, es decir, ninguna fue repelente al agua (Figura 5a).
- Porque todas las muestras presentaron una persistencia que correspondió a una misma clase de WDPT, diferente de 0. No se presentaron muestras humectables y no se pudo establecer el límite inferior de humedad de la zona de transición (Figura 5b).
- Porque hubo muestras que presentaron persistencia correspondiente a varias clases de WDPT, pero ninguna a clase 0. No se presentaron muestras humectables y no se pudo establecer el límite inferior de humedad de la zona de transición (Figura 5c).
- Porque al hacer la zona de transición, todas las muestras quedan cubiertas por ella. No hay muestras cuya humedad esté por fuera de los límites de la zona de transición (Figura 5d).

La ausencia de una relación estable entre la humedad y la persistencia de la repelencia

al agua observada en este trabajo hace muy difícil el diagnóstico y el manejo del problema de la repelencia al agua en los suelos estudiados. En los suelos arenosos que trabajaron Dekker *et al.* (2001) la alta variabilidad se presentó sólo en los primeros 5 cm pero, a mayor profundidad, el comportamiento de estas dos variables mantuvo unos patrones muy similares y con rangos de variación estrechos, lo que permitió que en ellos se pudiera establecer un modelo generalizado para todo el suelo que involucraba muestras tomadas en diferentes épocas y que, por lo tanto, es aplicable a una gran variedad de condiciones y facilita el diseño de prácticas para su manejo.

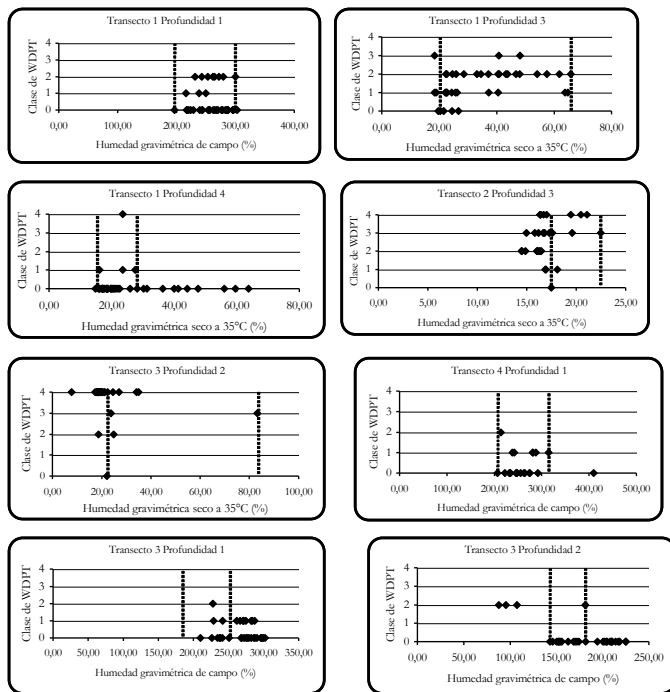
Las dificultades planteadas antes se evidenciaron al hacer gráficos generalizados para cada transecto, con todas las profundidades de muestreo involucradas, como puede apreciarse en la Figura 6, en la cual, tanto en muestras con la humedad de campo, como en muestras secadas a 35 °C, al generalizar la relación humedad-persistencia de la repelencia al agua para todo el transecto se pierde cualquier posibilidad de definir una zona de transición para la humedad crítica en el suelo que controle la manifestación de la hidrofobicidad en él. Esto dificulta el modelamiento del fenómeno y el diseño de prácticas generales para su manejo.

Las diferencias sustanciales que se han detectado entre el comportamiento de los suelos de este trabajo y el de los que utilizaron Dekker *et al.* (2001) pueden deberse, por lo menos, a tres diferencias fundamentales entre ellos (las que deben ser estudiadas en detalle en futuras investigaciones):

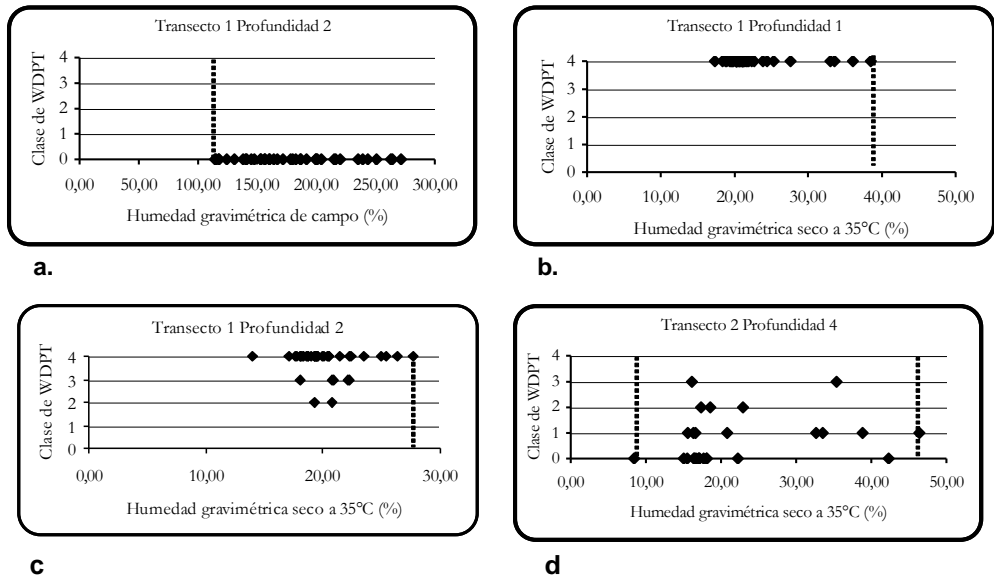
- Primero, diferencias mineralógicas importantes: los materiales no cristalinos que dominan la mineralogía de la fracción arcilla de los Andisoles tienen una altísima capacidad de retención de humedad y cualquier pequeña variación en el contenido de ellos puede generar grandes variaciones en la humedad almacenada en el suelo.

- Segundo, los suelos de las dunas tenían cobertura de pastos, mientras que los Andisoles presentaban cobertura forestal con pinos, lo que genera diferencias importantes en el tipo de materia orgánica que se le está aportando al suelo.

- Tercero, los suelos de las dunas tenían contenidos de materia orgánica con valores entre 10 y 18 % en los primeros 5 cm superficiales y a mayor profundidad dichos contenidos no llegaban al 2 %. El contenido y la distribución de la materia orgánica en los suelos holandeses no son comparables con el contenido de materia orgánica de los Andisoles de la cuenca de la quebrada Piedras Blancas que, bajo cobertura de *Pinus patula*, pueden tener contenidos de materia orgánica promedios de 27,4 %, con rango de variación de 50,3 % (Jaramillo, 2004), en los primeros 30 cm del suelo.



**Figura 4.** Zonas de transición de humedad crítica (área entre las dos líneas punteadas verticales dentro del gráfico) obtenidas en algunas profundidades de varios de los transectos estudiados en Andisoles de la cuenca de la quebrada Piedras Blancas (Medellín, Colombia), bajo cobertura de *Pinus patula*.



**Figura 5.** Algunos ejemplos de relaciones humedad-persistencia de la repelencia al agua en las cuales no se puede definir una zona de transición de humedad crítica para que se manifieste el fenómeno de la hidrofobicidad en Andisoles de la cuenca de la quebrada Piedras Blancas (Medellín, Colombia) bajo cobertura de *Pinus patula*.

**CONCLUSIONES**

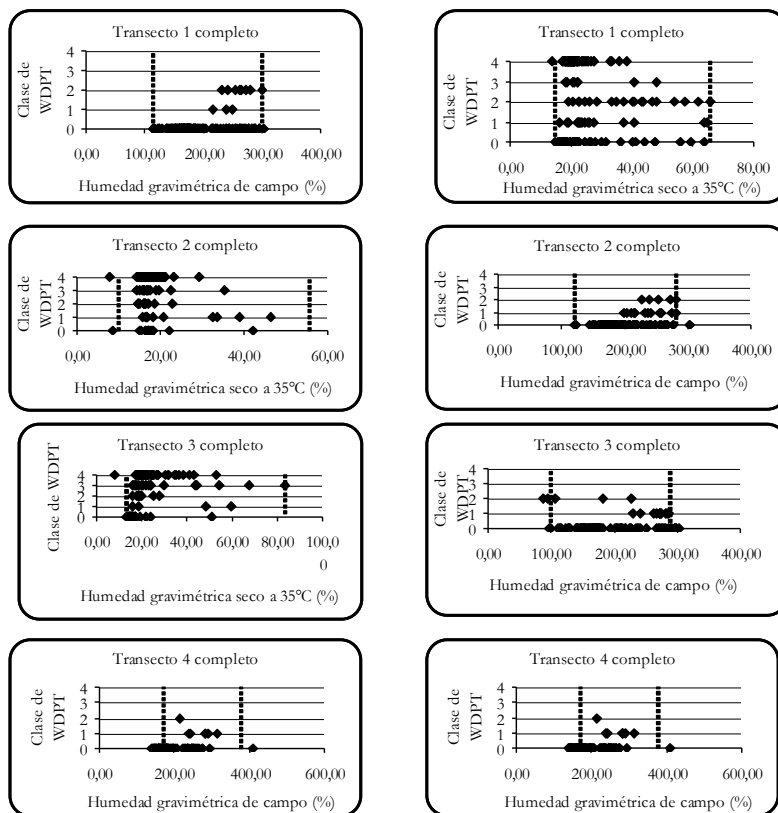
Los Andisoles estudiados presentaron altos contenidos de humedad tanto en campo como después de ser secados a 35 °C, aunque con alta variabilidad. También en la persistencia de la repelencia al agua mostraron una amplia gama de valores de WDPT y una alta variabilidad en ellos.

No se presentó una relación consistente entre la humedad y la persistencia de la repelencia al agua y tampoco fue posible definir adecuada y consistentemente un contenido o una zona de transición de humedad crítica en el suelo que con-

trolara la manifestación de la hidrofobicidad en los Andisoles estudiados, probablemente debido a diferencias fundamentales en las características tanto orgánicas como minerales de los mismos, posibilidad que debe ser estudiada con detalle en futuras investigaciones.

**AGRADECIMIENTO**

Se agradece al Ingeniero Forestal Huber Alexander Vanegas Villa por su colaboración en el trabajo de laboratorio.



**Figura 6.** Gráficas generalizadas (incluyendo todas las profundidades de muestreo) de la relación humedad-persistencia de la repelencia al agua en Andisoles de la quebrada Piedras Blancas (Medellín, Colombia), con humedad de campo y secados a 35 °C, para los transectos estudiados bajo cobertura de *Pinus patula*.

## BIBLIOGRAFÍA

DEKKER, L. W. Moisture variability resulting from water repellency in Dutch soils. The Netherlands, 1998. 240 p. (Doctoral Thesis). Wageningen Agricultural University.

\_\_\_\_\_. Wetting patterns and moisture variability in water repellent Dutch soils. *Er. Journal of Hydrology*. Nos. 231/232 (2000); p. 148-164.

\_\_\_\_\_ and JUNGRIUS, P. D. Water erosion in the dunes. *Er. Catena*. Supplement 18 (1990); p. 185-193.

\_\_\_\_\_. and RITSEMA, C. J. How water moves in a water repellent sandy soil. Part 1: potential and actual water repellency. *En: Water Resources Research*. Vol. 30, No. 9 (1994); p. 2507-2517.

\_\_\_\_\_; RITSEMA, C. J. and OOSTINDIE, K. Extend and significance of water repellency in dunes along the Dutch coast. *En: Journal of Hydrology*. Nos. 231/232 (2000); p. 112-125.

\_\_\_\_\_ *et al.* Water repellency and critical soil water content in a dune sand. *En: Soil Science Society American Journal*. Vol. 65, (2001); p. 1667-1674.

DOERR, S. H. and THOMAS, A. D. The role of soil moisture in controlling water repellency: new evidence from forest soils in Portugal. *En: Journal of Hydrology*. Nos. 231/232 (2000); p. 134-147.

DOERR, S. H.; SHAKESBY, R. A. and WALSH, R. P. D. Soil water repellency: its causes, characteristics and hydro-geomorphological significance. *En: Earth Science Reviews*. Vol. 51 (2000); p. 33-65.

JARAMILLO, D. F. Evaluación del método WDPT para medir la repelencia al agua en andisoles de Antioquia. *En: Revista ICNE*. Vol. 7, No.1 (2001); p. 63-70.

\_\_\_\_\_. Efecto de la temperatura de secado del suelo sobre la repelencia al agua en andisoles bajo cobertura de *Pinus patula*. Medellín. 2003. 36 p. Informe de Investigación. Universidad Nacional de Colombia. Escuela de Geociencias.

\_\_\_\_\_. Repelencia al agua en suelos: con énfasis en andisoles de Antioquia. Medellín: Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Ciencias. Escuela de Geociencias, 2004. 197 p.

KING, P. M. Comparison of methods for measuring severity of water repellence of sandy soils and assessment of some factors that affect its measurement. *En: Australian Journal of Soil Research*. Vol. 19 (1981); p. 275-285.

RITSEMA, C. J. Flow and transport in water repellent sandy soils. The Netherlands, 1998. 215 p. (Doctoral Thesis). Wageningen Agricultural University.

SHAKESBY, R. A.; DOERR, S. H. and WALSH, R. P. D. The erosional impact of soil hydrophobicity: current problems and future research directions. *En: Journal of Hydrology*. Nos. 231/232 (2000); p.178-191.

VANEGAS, H. A. Efecto de la temperatura de secado de andisoles bajo dos coberturas vegetales sobre el grado de hidrofobicidad que desarrollan. Medellín, 2003. 61 p. Trabajo de grado (Ingeniero Forestal). Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Ciencias Agropecuarias.

\_\_\_\_\_ y JARAMILLO, D. F. Efecto de la temperatura de secado sobre la repelencia al agua de Andisoles de Antioquia. *En: CONGRESO LATINOAMERICANO Y CONGRESO COLOMBIANO DE LA CIENCIA DEL SUELO* (16 y 12: 2004: Cartagena). Memorias del XVI Congreso Latinoamericano y XII Congreso Colombiano de la Ciencia del Suelo. Cartagena: El Congreso, 2004. [CD ROM].