

# EFFECTO DE LAS COBERTURAS VEGETALES CIPRES, PINO Y RASTROJO SOBRE LA HUMEDAD DEL SUELO EN DOS MICROCUENCAS DE PIEDRAS BLANCAS, ANTIOQUIA<sup>1</sup>

LUIS GONZAGA GIRALDO LOPEZ<sup>2</sup>

## RESUMEN

En la cuenca de Piedras Blancas, Antioquia, Colombia, se seleccionaron las microcuencas la Beta y la Cubero. Se evaluó el efecto de las coberturas vegetales ciprés, pino y rastrojo sobre la humedad del suelo hasta la zona de máxima intensidad radicular (60 cm). Para ello se seleccionaron 15 sitios en cada microcuenca y se hicieron muestreos de humedad del suelo cada 15 días durante un año siguiendo un diseño de parcelas divididas en el tiempo.

En cuanto a la humedad del suelo entre las coberturas de la microcuenca la Beta para la zona de máxima intensidad radicular no se encontró diferencia significativa, mientras que para la microcuenca la Cubero se encontró diferencia significativa a nivel del 5 %, o sea, es mayor el contenido de humedad del suelo en la cobertura de rastrojo, luego en la cobertura de pino y por último en la cobertura de ciprés.

Los suelos de las tres coberturas exhiben una capacidad de acumular agua hasta 60 cm de profundidad en un rango de 250 a 500 mm de agua a través del año para la microcuenca la Beta y un rango de 300 a 400 mm para la Cubero. Así, las tres coberturas vegetales contribuyen en forma significativa a que los suelos presenten niveles de retención de agua elevados a través del año.

Esta evidencia de la alta retención de humedad en el suelo, contradice el concepto desatinado de que las plantaciones de coníferas disminuyen los niveles de agua del suelo y secan las capas superficiales de los mismos.

**PALABRAS CLAVE:** cobertura vegetal, cobertura de rastrojo, cobertura de ciprés, cobertura de pino, humedad del suelo, cuencas pareadas, microcuenca, cuenca hidrográfica.

<sup>1</sup> El artículo corresponde a uno de los temas investigados en la Tesis de Maestría en Silvicultura y Manejo de Bosques. Universidad Nacional. Medellín. (Giraldo, 1992)

<sup>2</sup> Profesor Asociado, Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Medellín. Apartado Aéreo 568.

**EFFECTS OF THE VEGETAL COVERIN OF CYPRESS, PINE AND SHRUB ON SOIL MOISTURE IN TWO SMALL CATCHMENTS OF PIEDRAS BLANCAS, ANTIOQUIA, COLOMBIA.**

Water content by vegetal covers was studied in small Beta and Cubero catchments belonging to Piedras Blancas catchment in Antioquia, Colombia.

The effect of the vegetal coverin of cypress, pine and shrub on soil moisture was evaluated in the zone of maximum intensity of the root system in the soil surface (60 cm). Soil moisture sampling was carried out in fifteen selected places of each small catchment each fifteen days during one year, with a split- split plot design.

Respecting the soil moisture content of the vegetal covers of the small Beta catchment a significant difference in the zone of maximum intensity of the root system in the soil surface was not found, while the small Cubero catchment a significant difference at 5 % level was found; the soil moisture content is highest in the shrub cover, then in the pine cover and ultimately in the cypress cover. A similar behavior was found in the different soil depths, A (0-20 cm), B (21-40 cm), C (41-60 cm ).

The soils of three covers show a high capacity to accumulate water in first 60 cm depth; Beta and Cubero small catchments accumulated 250-500 mm and 300-400 mm respectively during the year.

This evidence of the high moisture retention in the soil, contradicts the silly concept that conifer plantations abate the groundwater levels and evapotranspire the soil water of superficial layers.

**KEY WORDS:**

Vegetal cover, cypress cover, pine cover, shrub cover, soil moisture, paired catchments, small catchment, watershed.

**INTRODUCCION**

El presente estudio se realizó en dos microcuencas de Piedras Blancas, Antioquia, en las cuales existen simultáneamente coberturas de ciprés, pino y rastrojo y actualmente de propiedad de Empresas Públicas de Medellín. Se seleccionaron dos microcuencas aledañas y de condiciones similares para efectos de comparación de las diferentes investigaciones que se realicen allí por la metodología de "cuencas pareadas".

Los alcances del estudio consistieron en una evaluación detallada y comparativa del comportamiento de la humedad del suelo en la zona de máxima intensidad radicular en coberturas de ciprés, pino y rastrojo. Lo anterior fué motivado por la ausencia en nuestro medio de investigaciones que aborden con claridad una respuesta a apreciaciones infundadas sobre la bondad o no de las sustituciones de coberturas de bosques naturales por plantaciones de coníferas o monocultivos con especies foráneas en los programas de reforestación en cuencas andinas.

Finalmente se pretendió estudiar el comportamiento de la humedad de los suelos derivados de cenizas volcánicas, los cuales por sus características particulares exigen definir criterios para su evaluación cuando se trata de manejo de áreas con diferentes coberturas vegetales.

## REVISION DE LITERATURA

El conocimiento de la influencia de los bosques sobre los diferentes aspectos del agua del suelo ha sido de importancia significativa en la evaluación del papel del bosque sobre el ciclo hidrológico; tema que al mismo tiempo se ha prestado para diversos comentarios la mayoría de las veces sin fundamentos en comprobaciones científicas a cerca de la utilización de especies exóticas o coníferas.

Al revisar las investigaciones sobre el tema se encuentran resultados contrastantes.

Hill, 1972, reafirmó con los estudios del agua del suelo hechos en diferentes tipos de suelo y bajo diferentes coberturas, que el contenido de agua del suelo bajo bosque natural fué mayor que bajo otros tipos de vegetación.

Otras investigaciones que comparan el régimen de agua del suelo entre diferentes tipos de bosques han mostrado similitud en las diversas condiciones del suelo y de clima.

Metz y Douglas en 1959, citados por Lima, 1986, verificaron que el régimen del agua del suelo en plantaciones mixtas de coníferas y frondosas y en plantaciones homogéneas de coníferas fué similar.

En los estudios realizados en el este de Africa, Kenia, los investigadores Blackie, Edwards y Clark, 1981, llegaron a las siguientes conclusiones:

En la microcuenca Kericho los análisis mostraron que no existía diferencia significativa entre plantaciones maduras de té y los sitios aledaños cubiertos con bosques húmedos y con bambú en la fase anual de fluctuación del déficit de humedad, excepto en los períodos secos.

En la microcuenca Kimakia tampoco se presentó diferencia significativa entre bosques naturales de bambú y plantaciones de pino, en la fase anual de fluctuación del déficit de humedad de los suelos.

Lima, 1975, en Piracicaba, Brasil, midió el agua del suelo por medio de la técnica de contador de neutrones, durante dos años en plantaciones de *Eucalyptus saligna*, *Pinus caribaea*, ambos con 6 años de edad y en una parcela que contenía vegetación herbácea natural. El análisis del régimen anual del agua del suelo bajo las tres coberturas mostró que no había diferencia significativa marcada en el comportamiento del agua del suelo entre las tres coberturas durante el período de estudio.

El mismo investigador midió el agua del suelo hasta dos metros de profundidad y durante dos años en tres coberturas forestales, en bosque de zona seca: vegetación de "cerrado" o sabana arbustiva, plantación de *Pinus oocarpa*, con 13 años de edad, plantación de *Pinus caribaea* var. *hondurensis*, con 13 años de edad. Los resultados mostraron diferencia significativa entre la vegetación de "cerrado" y *Pinus caribaea*, en la capa superficial del suelo o sea que el suelo bajo bosques se mostró más húmedo en la capa

superficial que el de plantación de pino. En todas las demás profundidades los valores mensuales de contenido de humedad del agua en el suelo fueron similares en los tres tipos de coberturas( Lima,1983 ).

Moreno,1987, comparó las propiedades físicas de andisoles del Departamento del Cauca y del Oriente de Antioquia bajo coberturas de bosque natural, plantación de *Pinus pátula*, mayor de 10 años de edad y potreros mayores de 20 años de edad. Los resultados obtenidos en una sola época de muestreo fueron los siguientes: el suelo bajo pasto presentó mayor contenido de humedad que el suelo bajo bosque natural, con un nivel de significancia del 1%.

El contenido de humedad del suelo bajo *Pinus pátula* no presentó diferencia significativa con el bosque natural o con el pasto. La humedad del suelo aumentó con la profundidad para todas las coberturas evaluadas. La tendencia general no significativa fué un incremento en el agua disponible del bosque natural, plantación de *Pinus pátula* y pasto, en los primeros 20 cm. de profundidad.

## DESCRIPCION DEL AREA DE ESTUDIO

### Localización y caracterización ecológica

En la cuenca de Piedras Blancas, localizada sobre la cordillera central, al extremo oriental del valle de Aburrá y al occidente del valle de Rionegro (Antioquia), se seleccionaron dos microcuencas aledañas a la quebrada Piedras Blancas, llamadas la Beta y la Cubero.

La microcuenca la Beta cubre un área de 51 has. y la microcuenca la Cubero un área de 58 has.

Las dos microcuencas se clasifican en la formación bioclimática "bosque muy húmedo montano bajo" y pertenecen a la provincia de humedad "per-húmeda".

### Suelos

Los suelos de las microcuencas pertenecen a la asociación Tequendama (Te), de acuerdo con el Instituto Geográfico "Agustín Codazzi" (IGAC), formados a partir de cenizas volcánicas sobre rocas metamórficas, esquistos y neis.

Sus características físico-químicas y morfológicas son propias de los andisoles, resu-midas por Tschinkel,1972, así: presentan altos contenidos de materia orgánica, baja mine-ralización, debido a la existencia de compuestos arcillo húmicos o "alófana", los valores de pH se encuentran entre 5.0 y 6.0 debido al fuerte efecto amortiguador de la alófana; bajo contenido de fósforo disponible, limitando el desarrollo de los microorganismos; altos valores de CIC; bajo contenido de bases intercambiables.

Estos suelos presentan excelentes propiedades físicas para el desarrollo de las plantas; tienen baja densidad aparente, menor de  $0.85 \text{ Mg/m}^3$ ; sus agregados son difíciles de dispersar; y son altamente porosos. Su capacidad de retención de humedad fué estudiada por Del Valle y Cadavid, 1970.

## Uso actual de la tierra

El uso actual de la tierra para las microcuencas la Beta y la Cubero está distribuido así:

Uso de la tierra	La Beta		La Cubero	
	Has.	%	Has.	%
Rastrojo	18	35	33	57
Pastos	2	4	8	14
Ciprés	16	31	12	21
Pino	15	29	5	9

Las coberturas de ciprés (*Cupressus lusitanica*) y pino (*Pinus patula*) son plantaciones maduras, no han tenido manejo silvicultural dirigido, por tanto su densidad de plantación no se conoce y su cobertura de copas sobre el suelo es uniforme.

La cobertura de rastrojo caracterizada por vegetación arbustiva tampoco ha sido manejada silviculturalmente y se considera que brinda cobertura uniforme al suelo.

## METODO PARA COMPARAR LA HUMEDAD DEL SUELO

Se procedió a evaluar en forma comparativa el régimen de humedad del suelo en las coberturas de ciprés, pino y rastrojo en la microcuenca la Beta y la Cubero, hasta una profundidad de 60 cm, considerada como la zona de máxima intensidad radicular, tomando como otra variable el tiempo de muestreo.

### Profundidad de muestreo

Se seleccionaron tres niveles de profundidad de muestreo, confrontados en el campo con el criterio de distribución del sistema de raíces finas. Estos niveles de profundidad fueron:

0 - 20 cm; 21 - 40 cm; 41 - 60 cm.

### Selección de sitios de muestreo

Se optaron como criterios para la selección de los sitios de muestreo los siguientes:

- pendiente uniforme para los suelos de cada cobertura
- cobertura con plantaciones de pino y ciprés desarrollada y madura.
- los sitios con rastrojo se escogieron con el criterio de una cobertura uniforme del suelo.

- en cada microcuencas se seleccionaron 15 sitios, con distribución al azar, en parte alta, media y baja, y en partes cercanas al drenaje natural.

La caracterización de los sitios de muestreo se presenta en la Tabla 1

### **Diseño estadístico**

Con el fin de hacer comparaciones e interacciones entre factores se utilizó un diseño de parcelas divididas en el tiempo, en el cual los factores son los siguientes:

- Factor A: factor cobertura vegetal con los siguientes niveles:
  - cobertura con ciprés (Ci)
  - cobertura con pino (Pi)
  - cobertura con rastrojo (Ras)
- Factor B: factor que se asignó a tres niveles de profundidad de muestreo:

A = 0.0 - 20 cm

B = 21 - 40 cm

C = 41 - 60 cm

- Factor C: Subunidades representadas por cuatro períodos de lluvia durante el año, así:

P1 = período húmedo: Mayo, Junio

P2 = período húmedo: Octubre, Noviembre

P3 = período subhúmedo: Julio, Agosto, Septiembre.

P4 = período subhúmedo: Diciembre, Enero, Febrero, Marzo, Abril.

Con el fin de determinar la cantidad de lluvia se instalaron 4 pluviómetros espacialmente distribuidos a lo largo y ancho de las dos microcuencas y además se utilizaron los registros del pluviógrafo instalado en la estación climatológica del vivero.

**TABLA 1.** Sitios de muestreo de la humedad del suelo y características generales (Pen = pendiente; Da = densidad aparente en  $Mg/m^3$ ; A, B y C = niveles de profundidad: 0-20, 21- 40, 41-60 cm.

Sitio	Cobertura vegetal	Edad (años)	Pen (%)	Da			Textura		
				A	B	C	A	B	C
<b>MICROCUCENCA LA BETA:</b>									
1	ciprés	48	22	0.59	0.52	0.58	FA	FA	AF
2	ciprés	48	22	0.58	0.59	0.52	AF	FA	AF
5	ciprés	48	20	0.64	0.60	0.54	FA	FA	FA
8	ciprés	37	21	0.59	0.52	0.58	AF	FA	AF
9	ciprés	37	23	0.64	0.60	0.54	FAr	FA	A
3	P.pátula	21	22	0.47	0.47	0.42	AF	FA	AF
4	O.pinos	--	23	0.47	0.47	0.42	FA	FA	AF
6	P.pátula	21	20	0.38	0.40	0.45	AF	AF	AF
7	P.pátula	21	22	0.38	0.40	0.45	FA	AF	AF
15	P.pátula	21	22	0.36	0.39	0.42	AF	A	AF
10	rastrojo	--	22	0.47	0.51	0.53	AF	AF	AF
11	rastrojo	--	22	0.47	0.51	0.53	AF	A	AF
12	rastrojo	--	24	0.51	0.71	0.77	FA	FA	FA
14	rastrojo	--	20	0.47	0.51	0.53	AF	AF	AF
16	rastrojo	--	24	0.51	0.71	0.77	FA	AF	FA
19	ciprés	48	24	0.51	0.59	0.60	AF	AF	FA
23	ciprés	48	26	0.71	0.89	0.87	FAr	Ar	FAAr
24	ciprés	48	28	0.71	0.89	0.87	FA	FAr	AF
25	ciprés	48	28	0.71	0.89	0.87	FAr	FA	AF
31	ciprés	48	20	0.51	0.59	0.60	FA	AF	FA
17	P.pátula	24	18	0.31	0.43	0.45	FA	AF	AF
18	P.pátula	24	23	0.31	0.43	0.45	FAr	FA	FA
22	P.pátula	24	26	0.48	0.45	0.49	FA	A	AF
27	P.pátula	24	26	0.48	0.45	0.49	AF	FA	AF
28	P.pátula	24	22	0.48	0.45	0.49	FA	AF	AF
20	rastrojo	--	28	0.30	0.43	0.42	FA	FA	A
21	rastrojo	--	28	0.30	0.43	0.42	AF	AF	A
26	rastrojo	--	30	0.30	0.43	0.42	FA	A	AF
29	rastrojo	--	27	0.41	0.51	0.50	FAr	AF	FA
30	rastrojo	--	22	0.41	0.51	0.50	AF	FA	FA

En la Tabla 2 se presentan los registros respectivos.

El número de repeticiones fué de 5 sitios por cada cobertura y en cada microcuena.

La variable evaluada independientemente para cada microcuena fué la humedad del suelo calculada en porcentaje, en volumen y en lámina de agua (milímetros).

Quincenalmente, durante un año, en cada sitio y para cada nivel de profundidad se tomó una muestra con barreno "holandés" la cual se llevó inmediatamente y herméticamente sellada para el Laboratorio de Análisis de Tejidos vegetales, Aguas y Suelos Forestales de la Universidad. Allí se determinó por el método gravimétrico de la estufa la humedad del suelo (%).

Adicionalmente se determinó para cada nivel de profundidad la densidad aparente (ver Tabla 1) la cual se utilizó para convertir la humedad gravimétrica a humedad volumétrica.

**TABLA 2.** *Precipitación promedia mensual ( mm ) de las microcuencas la Beta y la Cubero, Piedras Blancas. Año 1992.*

<b>Mes</b>	<b>Pluvió 1</b>	<b>Pluvió 2</b>	<b>Pluvió 3</b>	<b>Pluvió 4</b>	<b>Pluvió- grafo</b>	<b>Precip Promed</b>
Enero	45.50	47.65	49.15	38.95	39.00	44.05
Febre.	31.60	34.95	34.20	30.35	31.10	32.44
Marzo	71.05	66.20	71.80	61.10	70.10	68.05
Abril	123.55	126.45	117.90	123.70	105.00	118.37
Mayo	236.20	214.00	214.75	236.80	222.00	223.01
Junio	122.90	129.60	122.55	133.65	128.50	126.40
Julio	98.95	108.80	106.05	117.05	109.10	105.69
Agost.	52.70	49.60	48.15	51.05	50.00	50.32
Sept.	125.95	114.45	113.55	127.75	120.70	120.02
Octub.	292.55	237.85	224.90	196.80	220.60	236.46
Novi.	301.40	296.25	276.10	272.05	353.60	300.50
Dicie.	97.05	89.80	95.15	103.70	100.00	96.08
<b>Total</b>	<b>1599.40</b>	<b>1515.60</b>	<b>1474.25</b>	<b>1492.95</b>	<b>1549.70</b>	<b>1521.39</b>

## **RESULTADOS Y DISCUSION**

### **Base de datos: contenidos de humedad del suelo**

Para el análisis estadístico de la humedad del suelo en porcentaje en la zona de máxima intensidad radicular en las coberturas de ciprés, pino y rastrojo de las microcuencas la Beta y la Cubero, se creó un archivo en dBASE IV, con 2340 registros de humedad gravimétrica en %, organizados para 15 sitios por microcuenca y por nivel de profundidad, correspondientes a 26 visitas de campo realizadas quincenalmente desde el 27 de Febrero de 1991 hasta el 20 de Febrero de 1992. Además se hicieron los programas adecuados en dBASE IV para organizar los contenidos de humedad por períodos de lluvia y efectuar los cálculos y promedios correspondientes.

En la Tabla 3 y Tabla 4 se presenta esta información, correspondiente a la microcuenca la Beta y la Cubero respectivamente.

### **Comparación del Factor Cobertura (A): ciprés, pino, rastrojo**

De los análisis de la varianza de la microcuenca la Beta ( Tabla 5 ) y la Cubero (Tabla 6 ) se puede inferir que no existe diferencia significativa en la humedad del suelo de las coberturas de ciprés, pino y rastrojo para la microcuenca la Beta, mientras que para la microcuenca la Cubero sí hay diferencia significativa a nivel del 5 %.

Sin embargo, la interacción AxB resultó significativa. Al analizar los promedios de humedad (%) de la interacción cobertura por nivel de profundidad de cada microcuenca se concluye que en ambas microcuencas existe una tendencia similar en cuanto al comportamiento de la humedad del suelo de las tres coberturas, siendo mayor el promedio de humedad del suelo en cobertura de rastrojo, luego cobertura de pino y por último cobertura de ciprés. Pero en la microcuenca la Cubero el contraste entre medias de humedad del suelo entre las coberturas es mayor.

Para la microcuenca la Cubero, se realizó una Prueba de Amplitudes Múltiples de Duncan con un nivel de significancia de 5 % entre las medias de la humedad del suelo de las tres coberturas y se concluyó lo siguiente: la cobertura de rastrojo resultó ser significativamente mayor en la humedad del suelo, a un nivel del 5 % que la cobertura de ciprés, pero no mayor que la cobertura de pino. La humedad del suelo de la cobertura de pino resultó ser significativamente mayor que la de ciprés.

Para la microcuenca la Beta, esta misma prueba indicó que no hay ninguna diferencia significativa entre los promedios de humedad de las coberturas de ciprés, pino y rastrojo.

**TABLA 3. Humedad del suelo (%) promediada por periodo de lluvia. Microcuena La Beta**

Cob. veg.	Nivel Prof.	Perío lluvi	REP1*	REP2	REP3	REP4	REP5
Ci	A	P1	83.88	89.74	119.47	92.28	108.99
		P2	89.52	66.03	115.56	94.44	80.51
		P3	72.89	79.21	87.07	78.05	80.80
		P4	97.52	88.72	98.72	86.52	89.53
	B	P1	112.45	117.82	139.78	110.25	103.40
		P2	99.96	100.36	133.99	86.90	106.30
		P3	104.16	109.29	111.90	86.048	85.58
		P4	108.38	106.87	122.34	110.03	93.03
	C	P1	137.31	152.32	147.53	131.52	105.55
		P2	125.93	142.68	135.25	87.72	118.77
		P3	130.57	130.45	136.27	90.62	95.76
		P4	120.82	124.31	127.46	123.14	108.46
Pi	A	P1	111.25	112.65	105.44	90.62	138.63
		P2	115.10	111.90	107.38	75.00	138.29
		P3	109.20	100.76	95.05	70.35	120.18
		P4	111.88	93.50	96.85	84.15	90.60
	B	P1	132.72	113.02	125.38	102.30	137.55
		P2	136.43	105.03	127.28	96.52	150.17
		P3	124.54	103.63	121.31	97.77	134.59
		P4	116.49	94.71	121.47	104.75	127.05
	C	P1	141.07	121.97	120.95	106.22	135.01
		P2	105.03	123.40	134.66	102.69	139.39
		P3	133.03	100.34	132.66	106.22	138.96
		P4	107.07	107.34	134.84	116.18	142.08
Ras	A	P1	131.22	165.83	193.81	129.01	103.44
		P2	136.01	185.97	144.76	129.39	125.66
		P3	123.21	164.67	170.78	109.27	103.33
		P4	128.11	135.96	163.44	176.84	110.26
	B	P1	143.11	139.66	142.01	95.35	75.57
		P2	124.14	128.91	135.57	114.40	112.79
		P3	133.64	140.58	141.16	84.58	114.65
		P4	123.90	144.06	127.61	127.86	104.09

( continuación Tabla 3.)

Cob. veg.	Nivel Prof.	Perío lluvi	REP1*	REP2	REP3	REP4	REP5
	C	P1	115.06	146.68	150.91	64.83	57.41
		P2	130.69	139.07	145.07	100.46	115.93
		P3	117.34	148.22	153.60	78.99	101.17
		P4	133.42	132.48	147.54	90.60	107.47

\* REP = repetición; Ci = ciprés; Pi = pino, Ras = rastrojo  
A,B,C : niveles de profundidad

**TABLA 4.** Humedad del suelo (%) promediada por periodos de lluvia. Microcuena la Cubero.

Cob. veg.	Nivel Prof.	Perío lluvi	REP1	REP2	REP3	REP4	REP5
Ci	A	P1	67.26	65.91	65.97	94.04	84.29
		P2	59.67	64.99	76.08	83.41	76.03
		P3	62.10	55.45	66.07	78.49	67.57
		P4	57.94	70.25	77.26	85.80	76.78
	B	P1	97.60	73.67	75.18	97.68	98.95
		P2	74.93	71.12	90.15	102.01	102.77
		P3	83.94	64.13	78.40	105.43	95.89
		P4	77.97	61.38	81.90	101.97	94.54
	C	P1	105.10	59.45	82.55	121.34	106.72
		P2	67.50	93.32	85.16	109.37	128.53
		P3	108.27	78.86	85.90	122.95	100.30
		P4	84.95	68.80	94.94	119.80	82.76
Pi	A	P1	160.03	75.47	120.12	121.80	129.99
		P2	154.86	95.45	130.91	136.92	138.72
		P3	130.41	71.61	108.01	124.66	118.25
		P4	170.44	98.30	109.46	119.72	111.79
	B	P1	131.68	89.20	130.38	141.59	141.43
		P2	137.33	94.94	135.19	135.16	143.84
		P3	131.74	75.69	128.40	142.88	142.34
		P4	137.77	95.49	117.11	120.93	134.03
	C	P1	137.26	102.75	141.78	147.85	146.38
		P2	143.28	97.49	119.30	154.11	153.46
		P3	135.42	76.76	127.43	147.69	146.52

Cob. veg.	Nivel Prof.	Perío lluvi	REP1*	REP2	REP3	REP4	REP5
		P4	146.86	98.54	122.95	129.02	144.06
Ras	A	P1	197.49	181.35	152.60	156.48	104.05
		P2	184.38	167.57	160.40	131.71	126.73
		P3	199.34	157.04	120.00	135.01	119.99
		P4	197.98	158.20	131.17	135.19	135.34
	B	P1	162.97	157.46	142.55	145.87	106.07
		P2	169.14	144.32	144.95	139.48	119.38
		P3	149.07	145.06	129.70	142.55	118.40
		P4	156.66	149.39	130.81	124.08	102.09
	C	P1	150.16	133.38	145.39	140.34	96.95
		P2	161.67	157.16	141.33	141.39	142.56
		P3	160.63	158.53	139.31	132.27	118.45
		P4	157.76	156.97	144.81	140.30	98.23

\* REP = repetición; Ci = ciprés; Pi = pino; Ras = rastrojo  
A,B,C: niveles de profundidad

**TABLA 5.** Análisis de la varianza de la humedad del suelo(%), de acuerdo al diseño de Parcelas Divididas en el Tiempo. Microcuenca La Beta

Fuentes de variación	G.L.	S.C.	C.M.	Fc
Cobertura(A)	2	13045.34	6522.67	2.07 n.s
Error (a)	12	37739.62	3144.96	
Profundidad(B)	2	2900.68	1450.34	4.92*
Interacción AxB	4	18151.15	4537.78	15.41**
Error (b)	24	7069.18	294.54	
Periodo lluvia(C)	3	1517.45	505.81	3.32*
Interacción AxC	6	2535.29	422.54	2.78 *
Interacción BxC	6	551.46	91.91	< 1 n.s.
Int. AxBxC	12	893.04	74.42	< 1 n.s.
Error (c)	108	16443.86	152.25	
<b>Total</b>	<b>179</b>	<b>100847.11</b>		

C.V.(a) = 42.3%; C.V.(b) = 14.7%; C.V.(c) = 10.6 %

\*\* = significativo al nivel del 1%;

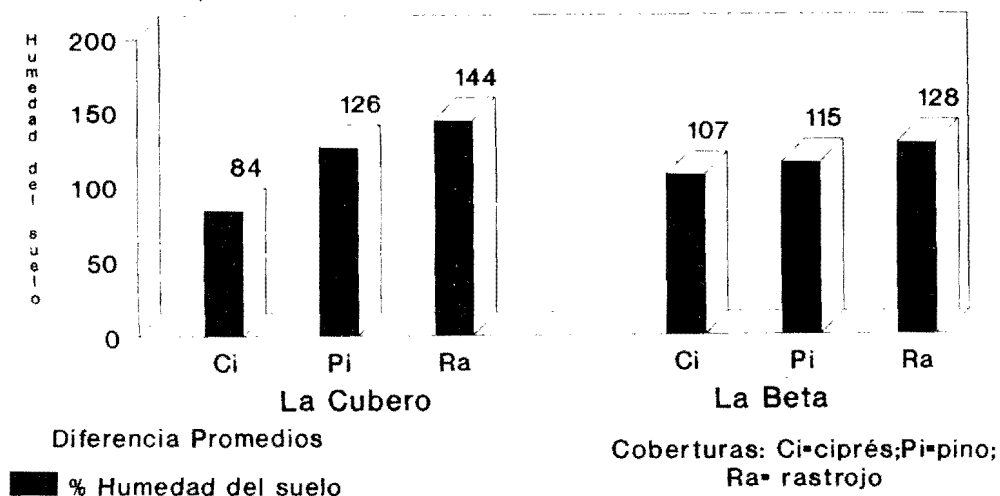
\* = significativo al nivel del 5%; n.s. = no significativo

**TABLA 6.** Análisis de la varianza de la humedad del suelo (%) de acuerdo al Diseño de Parcelas Divididas en el Tiempo. Microcuenca La Cubero.

Fuentes de variación	G.L.	S.C.	C.M.	Fc
Cobertura (A)	2	112018.89	56008.94	13.30 *
Error (a)	12	50519.27	4209.91	
Profundidad(B)	2	1671.50	835.75	3.74 *
Interacción AxB	4	7097.85	1774.46	7.94 *
Error (b)	24	5365.80	223.57	
Periodos Lluvia(C)	3	1376.65	458.88	4.71 **
Int. AxC	6	333.09	55.51	< 1 n.s.
Int. BxC	6	892.08	148.68	1.53 n.s.
Error (c)	108	10516.05	97.37	
<b>TOTAL</b>	<b>179</b>	<b>190672.53</b>		

C.V.(a) = 56.4% ; C.V.(b) = 12.7% ; C.V.(c) = 8.3%; n.s. = no significativo; \*\* = significativo al nivel del 1%; \* = significativo al nivel del 5 %.

**Figura 1.** Contrastes de promedios de humedad del suelo entre coberturas. Microcuenca La Cubero y La Beta.



En resumen: un análisis entre los contrastes de promedios de humedad del suelo entre coberturas de pino, ciprés y rastrojo, tanto para la microcuenca la Cubero como para la Beta se presenta en la *Figura 1* y se puede observar una tendencia similar no significativa en ambas microcuencas del comportamiento de la humedad del suelo en las tres coberturas, en orden decreciente, cobertura de rastrojo, pino, ciprés. En la microcuenca la Cubero es mayor el contraste entre medias de humedad del suelo.

Sin embargo, las tres coberturas exhibieron una capacidad de acumular agua hasta 60 cm de profundidad en un rango de 250 a 500 mm de agua a través del año para la microcuenca la Beta, y un rango de 300 a 400 mm de agua para la microcuenca la Cubero. Estos niveles de acumulación de agua fueron elevados para las tres coberturas, no obstante se conserve la tendencia de acumulación mayor por la cobertura de rastrojo, con respecto a la cobertura de pino y de ciprés.

Los anteriores resultados y comparaciones contribuyen a sustentar los criterios confiables para futuros manejos forestales de las coberturas vegetales en consideración. Las tres coberturas contribuyen en forma significativa a que los suelos que son su soporte presenten niveles de retención de agua elevados, a través del año.

En cuanto a la naturaleza de los suelos derivados de cenizas volcánicas, los cuales soportan las coberturas en estudio, se constata la capacidad elevada que tienen para acumular agua en sus primeros 60 cms, consecuencia a su vez de la característica de alta porosidad que le confieren a estos suelos los materiales amorfos o "alófana" presente.

### **Comparación del Factor Periodos de lluvia (C): dos períodos húmedos y dos períodos subhúmedos.**

De las tablas 5 y 6 se concluye que el factor período de lluvias resultó significativo al nivel del 5 % y 1 % para las microcuencas la Beta y la Cubero respectivamente, lo cual indica que el comportamiento de la humedad del suelo de las tres coberturas cambia en los diferentes períodos de lluvia.

### **Comparación del Factor Profundidad (B): tres niveles de profundidad del suelo**

En el análisis de varianza de la humedad del suelo para las microcuencas la Beta y la Cubero ( Tablas 5 y 6 respectivamente) se observa que el factor profundidad resultó significativo al nivel del 5 %, lo que indica que el comportamiento de la humedad del suelo de las tres coberturas cambia de acuerdo con el nivel de profundidad del suelo.

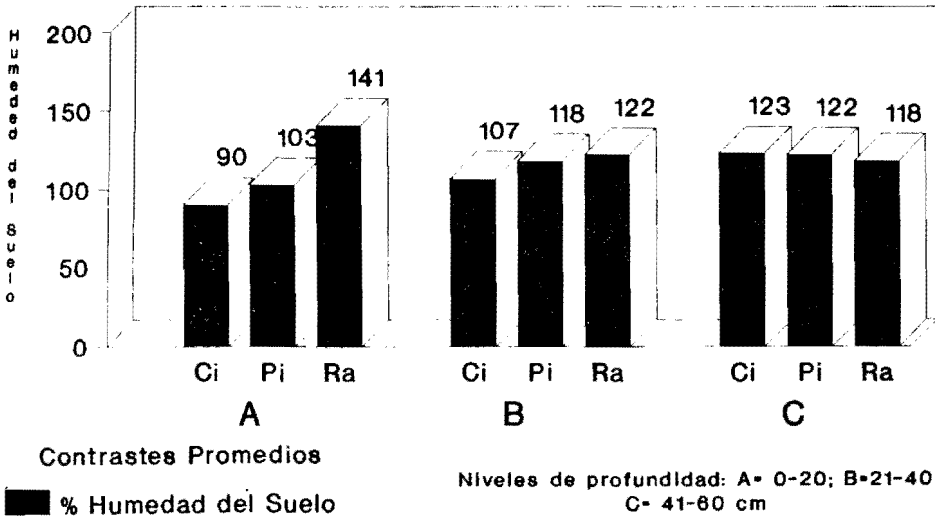
Para la microcuenca la Beta se realizó una prueba de Amplitudes Múltiples de Duncan (Tabla 7 ), confirmándose lo siguiente: la cobertura de ciprés presenta diferencia significativa para cada nivel de profundidad, siendo mayor el contenido de humedad en el nivel de profundidad C (41- 60 cm ).

La cobertura de pino presenta diferencia significativa entre el nivel de profundidad A con respecto al nivel B y C. Los niveles de profundidad B y C no presentan diferencia significativa.

La cobertura de rastrojo presenta una tendencia contraria, o sea, en el horizonte A presenta mayor promedio de humedad, mientras que los niveles B y C no difieren significativamente.

Una comparación en forma horizontal( Tabla 7 ) de la interacción cobertura y nivel de profundidad ( AxB ), utilizando la prueba de D.M.S permitió inferir lo siguiente: para el nivel de profundidad A existe contraste fuerte entre coberturas, siendo significativo y mayor en la cobertura de rastrojo. En el nivel de profundidad B y C los promedios de humedad no son significativos.

**Figura 2. Contrastes entre coberturas y niveles de profundidad.  
Microcuenca La Beta.**



**TABLA 7. Interacción del promedio de humedad del suelo(%) entre el factor cobertura(A) y el factor nivel de profundidad(B) ( AxB ).Microcuenca La Beta**

Nivel de profundidad	Ciprés	Pino	Rastrojo	Media
Profundidad A	89.97 c	103.93 b	141.54 a	111.82
Profundidad B	107.46 b	118.63 a	122.68 b	116.26
Profundidad C	123.61 a	122.45 a	118.84 b	121.63
Cobertura media	107.01	115.01	127.69	116.57

En la microcuencia la Cubero se presentó diferencia significativa a nivel del 5% en la interacción cobertura y niveles de profundidad A,B,C, indicando que el comportamiento de la humedad de las coberturas cambia según el nivel de profundidad.

En la Tabla 8, según la prueba de Amplitudes Múltiples de Duncan se pueden inferir las siguientes conclusiones: para la cobertura de pino no existe diferencia significativa de los promedios de humedad entre profundidades. Para la cobertura de ciprés no existe diferencia significativa entre las profundidades B y C, mientras que la profundidad A presenta un promedio de humedad inferior a B y C. La cobertura de rastrojo presenta en el nivel A de profundidad el mayor promedio de humedad del suelo, mientras que los niveles B y C no difieren significativamente.

Una comparación horizontal (Tabla 8) de la interacción AxB utilizando la prueba D. M. S. permite inferir que el comportamiento de la humedad del suelo en el nivel A de profundidad presenta fuerte contraste para las tres coberturas, siendo mayor la humedad en la de rastrojo.

Para los niveles de profundidad B y C aunque se conserva alguna diferencia entre coberturas con tendencia similar al nivel de profundidad A, sólo es significativa en la cobertura de ciprés. En la Figura 3 se pueden observar los contrastes entre coberturas y niveles de profundidad de la microcuencia la Cubero.

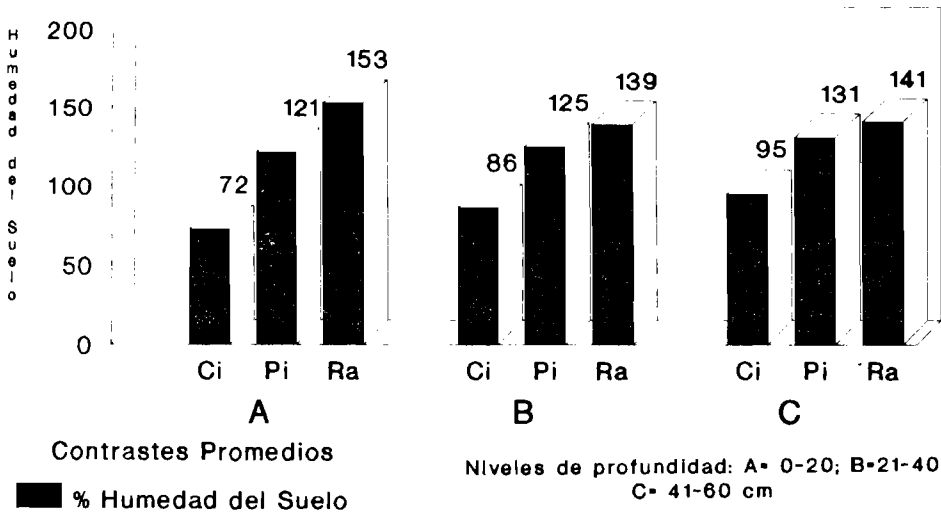
**TABLA 8.** Interacción del promedio de humedad ( % ) entre el factor cobertura (A) y el factor nivel de profundidad (B). ( A x B ) Microcuencia la Cubero.

Nivel de Profundidad (B)	Ciprés	Pino	Rastrojo	Promedio
Profundidad A	71.76 b	121.34 a	152.60 a	115.23
Profundidad B	86.48 a	125.35 a	139.00 b	116.94
Profundidad C	95.32 a	130.94 a	140.88 b	122.38
Cobertura Media	84.52	125.88	144.16	118.18

En resumen: la comparación del factor profundidad en las dos microcuencias permite establecer que para plantaciones de ciprés y pino la humedad del suelo en los horizontes superficiales A y B fué inferior a los porcentajes de humedad de la cobertura de rastrojo, mientras que para el horizonte C esta relación se invierte como puede observarse muy bien en la Figura 2.

Posiblemente se deba a fenómenos de repelencia de agua (Debano, 1981 y Jaramillo, 1992). Sin embargo como ya se señaló anteriormente la naturaleza de los suelos derivados de cenizas volcánicas explica su elevada capacidad de acumular agua en el perfil indistintamente de la cobertura vegetal que soporten.

**Figura 3. Contrastes entre coberturas y niveles de profundidad.  
Microcuenca La Cubero.**



## CONCLUSIONES

- La presente investigación no produjo un resultado único que permitiese establecer diferencia significativa en las dos microcuencas, en lo referente al contenido de humedad del suelo cuando se comparan coberturas de ciprés, pino y rastrojo.
- Pero los contrastes de promedios de humedad del suelo entre coberturas indicaron que la tendencia en el contenido de humedad en las dos microcuencas es mayor en la cobertura de rastrojo, luego en la cobertura de pino y por último en la cobertura de ciprés.
- Los suelos de las tres coberturas exhibieron una capacidad de acumular agua hasta 60 cm de profundidad en un rango de 250 a 500 mm a través del año para la microcuenca la Beta y un rango de 300 a 400 mm para la microcuenca la Cubero. Así, las tres coberturas vegetales contribuyen en forma significativa a que los suelos presenten niveles de retención de agua elevados en los diferentes períodos de lluvia durante el año.
- Esta evidencia de la alta retención de humedad en el suelo, contradice el concepto desatinado de que las plantaciones de coníferas disminuyen los niveles de agua del suelo y secan las capas superficiales de los mismos.

El autor expresa su agradecimiento al doctor Henry Orozco G., Director del Departamento de Conservación y Manejo Forestal de Empresas Públicas de Medellín, quien apoyó la idea de llevar a la práctica esta investigación. También a Empresas Públicas de Medellín por haber financiado la investigación y al personal al servicio del Vivero de Piedras Blancas, por su colaboración en el trabajo de campo y estaciones.

**BIBLIOGRAFIA**

- BLACKIE, J. R.; EDWARDS, K.A. and CLARKE, R.T. Hydrological research in east Africa. **En:** East African Agricultural Forestry Journal. Vol. 48, Special Issue ( 1981); 312 p.
- DEBANO, L.F. Water repellent soils: a state of the art. **En:** General Technical Report PSW. USDA. Forest Service. Pacific Southwest Forest and Range Experiment Station. No. 46 (1981); 21 p.
- DEL VALLE A., J. I. y CADAVID, H. Retención de humedad en andosoles de Antioquia determinada por el método del papel de filtro. Medellín, 1970. 113 p. Tesis (Ingenieros Forestales). Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Agronomía.
- GIRALDO, L., Luis G. Balance hídrico en dos microcuencas de Piedras Blancas, Antioquia y efecto de tres coberturas vegetales sobre la humedad del suelo. Medellín, 1992. 131 p. Tesis (Magister Scientiae en Silvicultura y Manejo de Bosques). Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Ciencias Agropecuarias.
- HILL, R.D. Soil moisture under forest. Bukit Timah Nature Reserve. Singapore. **En:** Gan Bulletin. Vol. 26, No 1 (1972); p. 85-93. Original no consultado. Resumen en: Selected Water Research Abstracts. Vol. 7, No. 11 (1972); p. 9.
- JARAMILLO J., Daniel F. Relación entre la acumulación de acículas (litter) de Pinus patula y la hidrofobicidad en algunos andosoles de Antioquia. Palmira, 1992. 91 p. Tesis (Magister Scientiae en Suelos y Aguas). Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Ciencias Agropecuarias.
- LIMA, Walter de P. Estudo de alguns aspectos quantitativos e qualitativos o balanço hídrico em povoamentos de Eucaliptos e de pinheiros. Sao Paulo, 1975, 111 p. Tese de (Doutoramento). Universidade do Sao Paulo. Escola Superior do Agricultura "Luiz de Queiroz".
- . Principios de hidrología forestal para o manejo de bacias hidrográficas. Sao Paulo. ESALQ, 1986. 242p.
- LIMA, WALTER DE P. Soil moisture regimen in tropical pine plantations and In "cerrado" vegetation in the state of Sao Paulo. **En:** IPEF No. 23 (1983 );p. 5-10.
- METZ, L. J. and DOUGLAS, J.E. Soil moisture depletion under several piedmont cover types. **En:** Technical Bulletin. USDA Forest Service. No. 1207 (1959); p. 1207-1223. Citados por: LIMA, Walter P. Principios de hidrología forestal para o manejo de bacias hidrográficas. Sao Paulo: ESALQ, 1986. p. 138.
- MORENO, H., Flavio. Comparación de algunas propiedades de suelos volcánicos bajo bosques naturales, potreros y plantaciones forestales. Medellín, 1987. 186 p. Tesis (Ingeniero Forestal). Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Ciencias Agropecuarias.
- TSCHINKEL, H. Factores limitantes del crecimiento de plantaciones de Cupressus lusitanica en Antioquia, Colombia **En:** Revista Facultad Nacional de Agronomía Medellín. Vol. 37, No. 2 (1972); p. 3-55.
-