

**UNIVERSIDAD DE LOS ANDES
FACULTAD DE CIENCIAS
INSTITUTO DE CIENCIAS AMBIENTALES Y ECOLOGICAS (ICAE)
POSTGRADO EN ECOLOGIA TROPICAL**

**EFFECTOS DE LA DEFORESTACION SOBRE LA DINAMICA HÍDRICA DE UNA
SELVA NUBLADA EN LA CUENCA DEL RIO CUSIANA, COLOMBIA**

HECTOR FONSECA PERALTA

Tutora: Doctora MICHELE ATAROFF

Trabajo presentado ante la Universidad de Los
Andes como requisito parcial para optar al título
de **Magíster Scientiae en Ecología Tropical**

**Mérida – Venezuela
Julio 2004**

AGRADECIMIENTOS

A la Doctora MICHELE ATAROFF, tutora de este proyecto y coordinadora del Programa de “Dinámica Hídrica” de la Red de Investigación Cooperativa de Andes y Sabanas – RICAS.

A la Red de investigación Cooperativa de Andes y Sabanas – RICAS (IAI, CRN-040), en cabeza de su investigador principal Dr. JUAN SILVA del ICAE.

A los investigadores, personal administrativo y empleados del Instituto de Ciencias Ambientales y Ecológicas – ICAE, de la Universidad de los Andes, Mérida.

A Benito Briceño del Departamento de Biología y Ana Escalona del ICAE, por su aporte en la identificación de especies.

A la Corporación Autónoma Regional de la Orinoquia – CORPORINOQUIA (Colombia), por su aporte económico y técnico para el desarrollo del proyecto.

A BP Exploration Colombia, por su aporte económico para el desarrollo del proyecto.

A la Dirección de Investigaciones –DIN, de la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, por su aporte económico.

A la Escuela de Ingeniería Geológica de la Facultad Seccional Sogamoso de la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, por la comisión de estudios otorgada.

A la comunidad de La Virgen y La Rocha en la cuenca del Río Cusiana, Colombia.

INDICE

	Página
INTRODUCCION	11
1. MARCO TEORICO	13
2. OBJETIVOS E HIPOTESIS	20
3.1 OBJETIVOS	20
3.2 HIPOTESIS	20
3. MATERIALES Y METODOS	22
3.1 AREA DE ESTUDIO	22
3.1.1 Ubicación	22
3.1.2 Geología	22
3.1.3 Relieve y suelos	26
3.1.4 Red hidrográfica	26
3.1.5 Precipitación	27
3.1.6 Selva nublada	29
3.1.7 Pastizal	30
3.1.8 Procesos de antropización	31
3.2 METODOLOGÍA	33
3.2.1 Selección del área	33
3.2.2 Precipitación vertical	34
3.2.3 Intercepción de neblina	36
3.2.4 Precipitación de efectiva	38
3.2.5 Escorrentía superficial	38
3.2.6 Propiedades físicas de los suelos	40
3.2.7 Análisis de la vegetación del pastizal	41
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	43
5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	61
6. BIBLIOGRAFÍA	64

LISTA DE GRÁFICOS

	pág.
Gráfico 1. Pluviodiagramas de las estaciones en el cañón del Río Cusiana con valores medios mensuales del periodo 1.980 – 2.000	28
Gráfico 2. Relación mensual de entradas a la selva nublada La Virgen	44
Gráfico 3. Relación gradiente altitudinal – precipitación media anual, para el periodo 1980 - 2000. Estaciones Meteorológicas IDEAM	46
Gráfico 4. Relación gradiente altitudinal – precipitación media anual, incluyendo las entradas de la Selva Nublada de La Virgen, año 2002	46
Gráfico 5. Distribución semanal de la precipitación vertical y horizontal en la selva nublada de La Virgen	48
Gráfico 6. Relación mensual de precipitación total (Pt), precipitación efectiva (Pe) y escorrentía superficial (Esc) en la selva nublada	50
Gráfico 7. Distribución semanal de la precipitación efectiva (Pe) y escorrentía (Esc, aumentada 10 veces) en la selva nublada de La Virgen	50
Gráfico 8. Relación mensual (mm) de la precipitación vertical (Pp), precipitación efectiva (Pe) y escorrentía superficial (Esc) en el pastizal	52
Gráfico 9. Distribución semanal de la precipitación vertical (Pp), precipitación efectiva (Pe) y escorrentía superficial (Esc) en el pastizal de La Virgen	52
Gráfico 10. Relación de la escorrentía superficial (como porcentaje de la precipitación total), en los dos ecosistemas	53
Gráfico 11. Distribución semanal de la escorrentía superficial en ambos ecosistemas	54
Gráfico 12. Cobertura relativa de especies encontradas en el pastizal	57
Gráfico 13. Frecuencia de aparición de especies en el pastizal	57
Gráfico 14. Comparativo de las características del perfil del suelo en ambos ecosistema	59

LISTA DE FOTOGRAFIAS

	pág.
Fotografía 1. Panorámica de la franja de la selva nublada de la cuenca del río Cusiana	25
Fotografía 2. Presencia de nubes bajas en la Selva Nublada de la Cuenca del Río Cusiana	27
Fotografía 3. Selva nublada del Sector La Virgen a 2350 metros de altitud	30
Fotografía 4. Detalle del pastizal donde se desarrollo la investigación	31
Fotografía 5. Tala y quema de la selva nublada en el Sector la Virgen, margen derecha Río Cusiana	32
Fotografía 6. Selva nublada de La Rocha	33
Fotografía 7. Selva nublada Sector La Virgen, margen derecha del Río Cusiana	34
Fotografía 8. Pluviómetro utilizado para medidas de precipitación vertical	35
Fotografía 9. Neblinómetro de pantalla utilizado para estimar la intercepción de neblina.	37
Fotografía 10. Parcela de escorrentía – erosión	40

LISTA DE FIGURAS

	pág.
Figura 1. Modelo de almacenamientos y transferencias de flujos de agua a través de la vegetación y el suelo	15
Figura 2. El ciclo hidrológico de una selva nublada	16
Figura 3. Localización del sitio de estudio	24
Figura 4. Configuración esquemática de una parcela de esorrentía-erosión	39
Figura 5. Perfil esquemático del flanco Este de la Cordillera Oriental de Colombia, que relaciona la orografía, dirección de los vientos y precipitación.	47

LISTA DE TABLAS

	pág.
Tabla 1. Valores de algunos componentes de la dinámica hídrica en selvas nubladas en localidades de la cordillera de Los Andes	19
Tabla 2. Límites de Atterberg	60

LISTA DE ANEXOS

Anexo A. Tablas de datos de dinámica hídrica

Anexo B. Aspectos edáficos

Anexo C. Ensayos de suelos

RESUMEN

En este trabajo, se analiza parte de la dinámica hídrica tanto de una selva nublada como en un pastizal establecido en las áreas deforestadas en un sector de la Cuenca del Río Cusiana, para establecer los posibles efectos de la deforestación sobre dicha dinámica. La selva nublada de La Virgen y pastizales de reemplazo objeto de investigación, se localizan en la vertiente Este de la Cordillera Oriental de Colombia en el Departamento de Boyacá, margen derecha aguas abajo del Río Cusiana, en los sitios la Virgen y La Rocha a 2.350 m.s.n.m. En la selva nublada se evaluó, la precipitación vertical, precipitación horizontal (neblina), intercepción de la precipitación por la vegetación, precipitación efectiva (neta) y escorrentía superficial. En los pastizales, se evaluó la precipitación vertical, precipitación efectiva, intercepción y escorrentía superficial. Los datos obtenidos de los parámetros de la dinámica hídrica tanto en la selva nublada, como en los pastizales de reemplazo, fueron consolidados semanalmente, mensualmente y en la totalidad del año 2002.

La precipitación total en la selva nublada fue de 3.591 mm año⁻¹, de los cuales 3.153 mm son por lluvia (87,8%) y 438 mm por neblina (12,2%). En la selva, el total anual de precipitación efectiva (Pe) fue 1.999,2 mm, representando el 56% de la precipitación total, indicando que la intercepción por el dosel fue 44%. La

escorrentía superficial fue muy baja, con un monto anual de 64 mm (1,79%). En el pastizal la precipitación efectiva representó el 42% de la precipitación total (1326 mm año⁻¹), indicando que la intercepción fue el 58%. Por su parte, la escorrentía superficial fue alta, con valores que variaron entre 3,2% y 18,8%, y un total anual de 366 mm (11,6%).

Evaluated los resultados de dinámica hídrica en ambos ecosistemas y teniendo en cuenta resultados de otras localidades de los Andes con características similares, se pueden establecer similitudes en el comportamiento hídrico en la selva nublada; mientras que, en el pastizal los resultados de intercepción por el pastizal y la escorrentía superficial, difieren considerablemente, lo que hace presumir, por un lado la influencia de la cobertura del pastizal sobre la intercepción del agua precipitada, y por otro, las características edáficas del perfil del suelo sobre la escorrentía superficial. Finalmente, se puede asegurar que la conversión de la selva nublada en pastizales, tiene un efecto negativo sobre la dinámica hídrica en cuanto a la escorrentía superficial, ya que desde el punto de vista ecosistémico comparativo, nos permite observar la sustentabilidad de dicha escorrentía al interior de la selva, que se puede extrapolar a nivel cuenca, en una regulación de los flujos hídricos y estabilidad de laderas al no existir picos altos de escorrentía, al contrario de lo que sucede en los pastizales.

INTRODUCCION

Las selvas nubladas andinas constituyen ecosistemas forestales de las montañas tropicales con una estructura compleja de varios estratos de árboles y una alta diversidad de epífitas, que normalmente ocurren en franjas altitudinales, donde el ambiente se caracteriza por una cobertura rasante de neblina o nubes bajas persistente o estacional (Ataroff 2001). Esta persistente nubosidad reduce la radiación solar afectando procesos de evapotranspiración y a su vez, la neblina interceptada por la vegetación, representa un significativo aporte de agua al sistema, denominado precipitación horizontal (Hamilton et al. 1995, Kappelle y Brown, 2001).

En Colombia la extensa cobertura de selvas nubladas tanto del sistema montañoso de Los Andes, como de los sistemas montañosos aislados, han sufrido a través del tiempo una progresiva transformación, principalmente a pastizales para ganadería extensiva (Cavelier, 2001; mapa de vegetación de Colombia). La cobertura de selva nublada andina, está quedando cada vez más relegada a zonas relictuales en los lugares con topografía fuertemente quebrada a escarpada. En la vertiente Este de la Cordillera oriental de Colombia, las selvas nubladas al igual que los páramos, constituyen sistemas de retención y regulación hídrica de los ríos que vierten sus aguas a la orinoquia, los cuales a nivel de cuenca hidrográfica, presentan acentuados procesos erosivos, desestabilización

de laderas, altos picos de escorrentía en épocas húmedas y una considerable reducción de caudales durante el estiaje, con consecuencias negativas tanto a nivel local como regional (Fonseca et al, 2001).

En este trabajo, analizamos parte de la dinámica hídrica tanto de una selva nublada como en un pastizal establecido en las áreas deforestadas en un sector de la Cuenca del Río Cusiana, para establecer los posibles efectos de la deforestación sobre dicha dinámica. En la selva nublada se analiza, la precipitación vertical (lluvia), precipitación horizontal (neblina), intercepción de la precipitación por la vegetación, precipitación efectiva (neta) y escorrentía superficial. En los pastizales, se analiza la precipitación vertical, precipitación efectiva, intercepción y escorrentía superficial.

1. MARCO TEORICO

El sistema hidrológico esta compuesto por procesos de transferencia de flujos de agua y compartimentos de almacenamiento, donde su diferenciación permite establecer los balances hídricos de los ecosistemas involucrados.

El estudio del balance hídrico de un ecosistema tiene como objetivo principal conocer la dinámica temporal y espacial del agua en su paso a través del mismo, describiendo y cuantificando las diferentes entradas, salidas y almacenamientos, que marcan el ritmo de los principales procesos abióticos y/o bióticos.

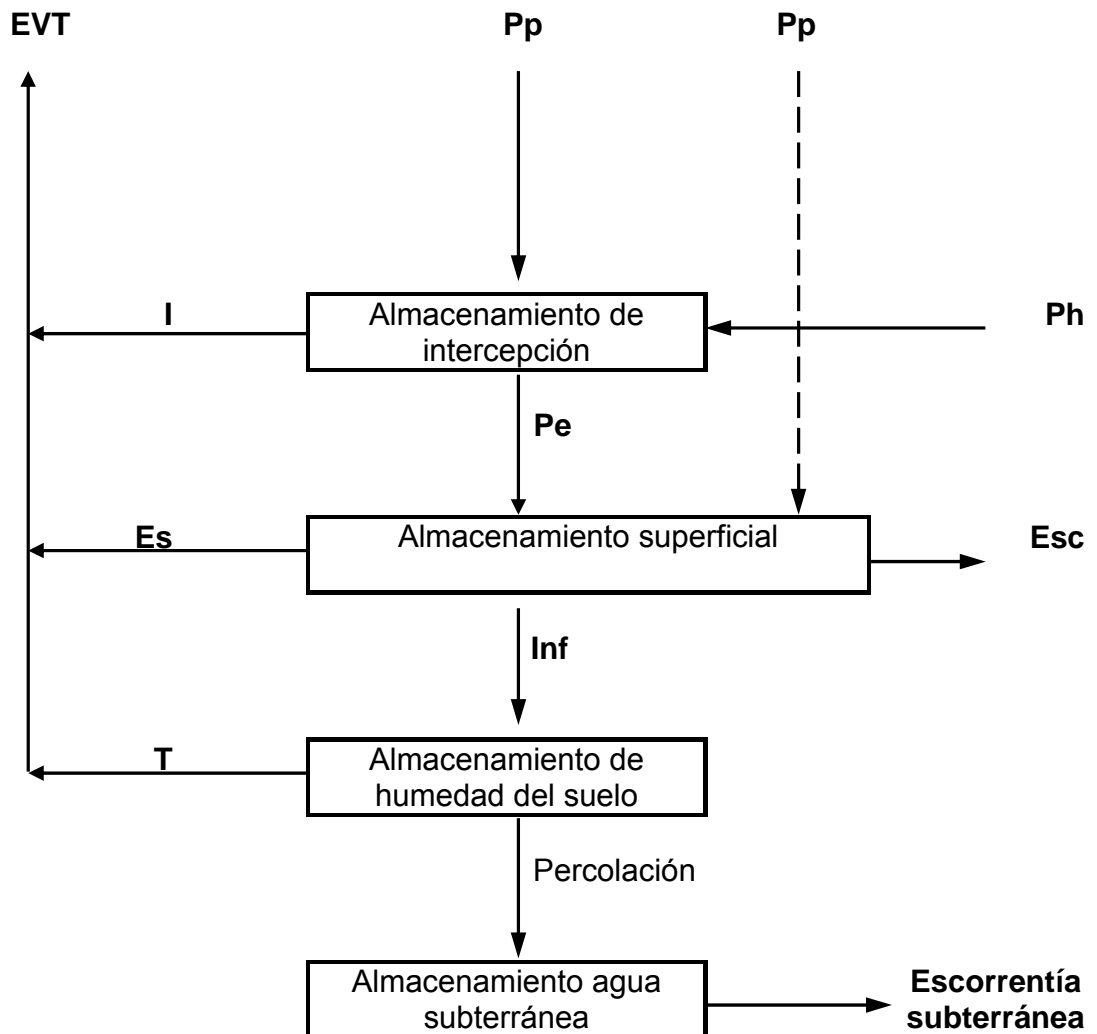
La ecuación del balance hídrico, está basada en las leyes de la conservación de la materia y la energía e indica que la suma algebraica de todos los procesos de entradas y salidas es igual a la variación en la cantidad de agua almacenada en el ecosistema:

$$\text{Entradas} = \text{Salidas} + \Delta \text{Almacenamiento}$$

Esta ecuación por ser un modelo conceptual y una expresión matemática del balance hídrico, nos permite su cuantificación y la descripción del reciclaje del agua. Por otro lado si se desglosan las diferentes entradas y salidas, se puede evaluar la importancia y las interrelaciones entre los procesos físicos y biológicos (Lee, 1983). En el enfoque ecosistémico de las selvas nubladas, las entradas o precipitación total, están representadas por la precipitación vertical (lluvia) la cual se ve incrementada por el aporte de la neblina interceptada por la vegetación

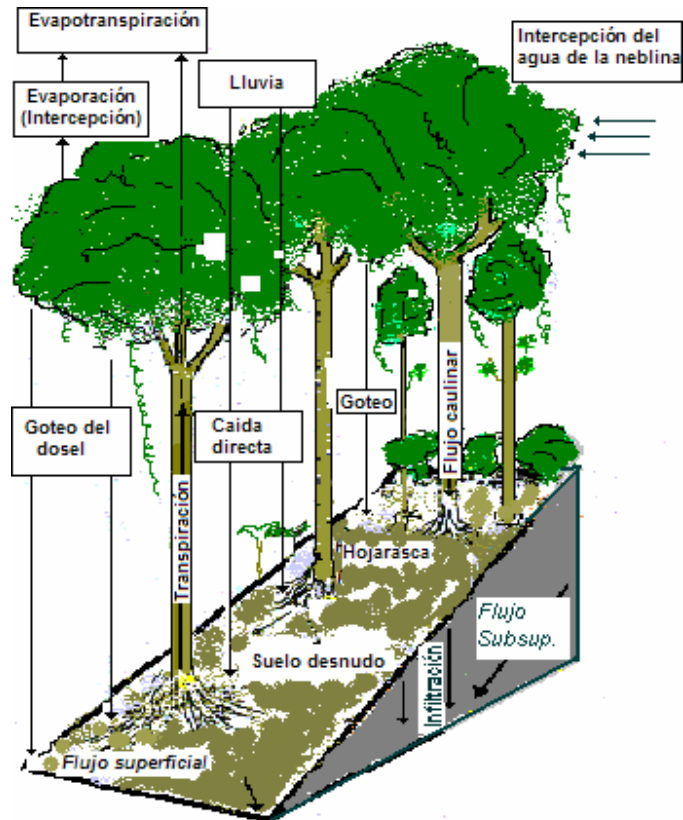
“precipitación horizontal” (Bruijnzeel y Proctor 1995; Hafkenscheid 2000; Ataroff y Rada, 2000; Schelleckens et al, 1998). El balance hídrico de los ecosistemas con neblina se resume en el modelo de la Figura 1 y en el esquema de una selva nublada en la Figura 2. En ellas se puede ver, que de la cantidad de agua precipitada sobre el dosel (Almacenamiento de Intercepción) en el caso de la selva (incluida el agua aportada por la neblina), una parte queda retenida por la vegetación (Intercepción) y gran parte es evaporada. El agua transferida por gravedad al sistema, desde el dosel hasta el suelo es lo que se denomina precipitación efectiva, esta incluye goteo del dosel, caída directa y flujo caulinar, constituyendo el Almacenamiento Superficial. Del agua llegada al Almacenamiento Superficial, una parte es transferida por escorrentía hídrica superficial conformando finalmente los cursos de agua que alimentan los ríos, lagos, etc; otra parte es evaporada, mientras que la otra, se infiltra dentro del suelo, constituyéndose en el reservorio o Almacenamiento por Humedad del Suelo, desde donde parte es asimilada por la vegetación a través de sus raíces para cumplir funciones fisiológicas y luego ser transferida a la atmósfera por Transpiración. Desde este mismo Almacenamiento, se da la percolación o flujo líquido a través del medio poroso debido a la acción de la gravedad, para alimentar el Almacenamiento de Agua Subterránea.

Figura 1. Modelo de almacenamientos y transferencias de flujos de agua a través de la vegetación y el suelo. (Adaptado de Monsalve, G. 1995).



Entradas: Precipitación por lluvia o vertical (P_p), precipitación por neblina (Ph). Transferencias: Precipitación efectiva incluida goteo del dosel, caída directa y flujo caulinar (Pe), agua infiltrada (Inf), agua percolada. Salidas: Evapotranspiración (EVT), incluye: Transpiración (T), Evaporación desde la superficie del suelo (Es), agua definitivamente interceptada (I); Escorrentía hídrica superficial (Esc), Escorrentía subterránea.

Figura 2. El ciclo hidrológico de una selva nublada (Modificado de Bruijnzeel y Hamilton, 2000).



La ecuación general del balance hídrico de selvas nubladas, se resume en las siguientes expresiones:

Las entradas están dadas por:

$$P_t = P_p + P_h$$

Derivados del Almacenamiento de Intercepción, se tiene:

$$P_p + P_h = I + P_e$$

$$I = P_t - P_e$$

De acuerdo a las transferencias del Almacenamiento Superficial

$$P_e = E_s + E_{sc} + I_{nf}$$

Por tanto, de acuerdo a las transferencias y el almacenamiento de humedad del suelo:

$$\text{Almacenamiento de humedad del suelo} = I_{nf} - T - Perc$$

$$I_{nf} = T + Perc \pm \Delta S$$

En resumen el balance hídrico,

$$\mathbf{P_p + P_h = P_t = I + P_e = I + E_s + E_{sc} + I_{nf} = I + E_s + E_{sc} + T + Perc \pm \Delta S}$$

donde, P_t : precipitación total

P_p : precipitación vertical

P_h : intercepción de neblina o precipitación horizontal,

I : intercepción del follaje, = evaporación del dosel

P_e : precipitación efectiva = goteo + caída directa + flujo caulinar

T : transpiración

E_s : evaporación del suelo incluye evaporación del agua de la hojarasca

ΔS : cambio en el almacenamiento de agua en el sistema

E_{sc} : Escorrentía hídrica superficial

$Perc$: Agua percolada que alimenta el almacenamiento de agua subterránea

De esta manera, evaluando las entradas al sistema, su dinámica a través de los diferentes almacenamientos, transferencias y salidas en ecosistemas distintos, permitirá hacer comparaciones y sacar conclusiones acerca de los efectos de las transformaciones de los mismos sobre la dinámica hídrica.

Las investigaciones en los últimos años se han encaminado al conocimiento de la dinámica hídrica en las selvas nubladas y los ecosistemas de reemplazo, principalmente pastizales para ganadería, los cuales han aumentado sus fronteras progresivamente y ponen en riesgo el mantenimiento de estos ecosistemas (Ataroff y Rada 2000, Kappelle y Brown 2001). Investigaciones sobre estos tópicos en las selvas nubladas del neotrópico se han desarrollado en Jamaica (Hafkenschied 2000); Puerto Rico (Baynton, 1969; Schelleckens et al, 1998); México (Vogelmann, 1973); Guatemala (Holder, 1998), Costa Rica, Colombia (Vis, 1986; Veneklaas y Van Ek, 1990; Rodríguez y Ballesteros, 1997; De Las Salas, 2000); Venezuela (Steinhardt, 1979; Ataroff y Rada 2000) y Argentina (Hunzinger, 1995), pero muy pocas involucran la dinámica hídrica completa y su comparación con los sistemas de reemplazo (Ver Tabla 1).

Las investigaciones relacionadas con el tema son muy escasas y más aún en Colombia, por lo que con el esfuerzo de las instituciones involucradas en el presente proyecto, se da inicio a un programa necesario para el conocimiento de las bondades de las selvas nubladas y los efectos que conlleva su destrucción.

Tabla 1. Valores de algunos componentes de la dinámica hídrica en selvas nubladas en localidades de la Cordillera de Los Andes.

Localidad	Altitud msnm	Pp mm	Ph		Pe %	Esc %	Período	Fuente
			mm	%				
La Mucuy – Mérida (Venezuela)	2350	3124	309	9	49	1,4	1996- 1998	Ataroff, M. 2000
El Zumbador (Venezuela)	3100	1938	72	4	-	-	1985	Cavelier - Goldstein, 1989
La Carbonera – Mérida	2300	1575			79,5		1978	Steinhardt, 1979
Río Cusiana (Colombia)	2350	3153	438	12,2	56	1,79	2002	En este estudio
Neusa – Cundinamarca (Colombia)	3100				70		1996- 1997 8 meses	Rodríguez y Ballesteros, 1997
Río San Cristóbal – Bogotá (Colombia)	2900				72		1996	De Las Salas y García, 1996.
C. Central (Colombia)	2550	2115			87,5		1989	Veneklaas y Van Ek, 1990.
Río La Horqueta Tucumán (Argentina)	1300	1809	6,2	0,3	74	0,1	2002- 2003 Oct / sept	Ayarde, H. 2004
San Lorenzo – Salta (Argentina)	1500	1662?	26,6	1,6	-	-	2000- 2001 Julio / junio	Belmonte y Mármol, 2002.
San Lorenzo – Salta (Argentina)	1800	1767	689	39	-	-	2000- 2001 Julio / junio	Belmonte y Mármol, 2002.
San Javier – Tucumán (Argentina)	1350	1226	470	38	-	-	163 días PH 1994	Hunzinger, 1997

2. OBJETIVOS E HIPOTESIS

2.1 OBJETIVOS.

El objetivo general de este trabajo es evaluar a nivel ecosistémico, los efectos sobre la dinámica hídrica, por la transformación de una selva nublada en pastizales en la Cuenca del Río Cusiana, en la Cordillera Oriental de Colombia.

Los objetivos específicos son:

- 1) Evaluar la precipitación vertical, precipitación horizontal, precipitación efectiva y escorrentía superficial en la selva nublada de La Virgen, La Rocha, Cuenca del Río Cusiana.
- 2) Evaluar en un pastizal de reemplazo aledaño a la selva de La Virgen, precipitación vertical, precipitación efectiva y escorrentía superficial.
- 3) Analizar características de la vegetación (composición y cobertura) y del suelo (propiedades físicas) en los pastizales de reemplazo y su relación con la dinámica hídrica.
- 4) Analizar la dinámica hídrica en cada uno de los ecosistemas.
- 5) Evaluar comparativamente los flujos hídricos en ambos ecosistemas y discutir los posibles efectos de la transformación de selva en pastizal.

2.2 HIPOTESIS

- Dado que la estructura de la vegetación, su altitud y régimen pluviométrico son tan importantes en la dinámica de los flujos hídricos

aéreos, es de esperar que la Selva Nublada de La Virgen (varios estratos de árboles con abundancia de epifitas, 2350 m, 3150 mm), en primer lugar, tenga un comportamiento hídrico similar al de La Mucuy en Venezuela (varios estratos de árboles con abundancia de epifitas, 2350 m, 3130 mm), es decir, alto porcentaje de intercepción del follaje.

- En segundo lugar, se debe resaltar que aunque hay similitud en características físicas y bióticas en ambas localidades, los montos y comportamiento de entradas por neblina en La Virgen, es impredecible, dado que su aporte depende fundamentalmente de la dinámica de los vientos de la cual no hay información para ambos casos.
- Igualmente, se espera en el pastizal de reemplazo, una menor intercepción que en la selva.
- De acuerdo con la geología del área y el material parental de los suelos (lutitas carbonosas) se esperaría horizontes arcillosos y en consecuencia baja infiltración y alta escorrentía superficial en ambos ecosistemas.

3 MATERIALES Y METODOS

3.1. AREA DE ESTUDIO

3.1.1 Ubicación. La selva nublada de La Virgen y pastizales de reemplazo objeto de investigación, se localizan en la vertiente Este de la Cordillera Oriental de Colombia, al Oeste del Municipio de Pajarito (límites con Aquitania) en el Departamento de Boyacá, margen derecha aguas abajo del Río Cusiana, en los sitios la Virgen y La Rocha a 2.350 m.s.n.m. (Figura 3).

Esta selva se encuentra en una ancha franja de selva nublada que cubre un gradiente entre aproximadamente 1700 y 2800 m.s.n.m., con orientación E–W, limitada abruptamente al oeste por un escarpe rocoso que conforma la Cuchilla La Gallina (Fotografía 1). Al Oeste se encuentran los páramos de Toquilla, La Sarna y Onganóa de donde desciende en dirección SE, el curso principal del Río Cusiana. A la zona de estudio, se llega a través de la denominada Carretera del Cusiana (pavimentada), que comunica a las poblaciones de Sogamoso al oeste (a 70 Km.) con Yopal al este (a 80 Km.). Esta carretera, sigue un trazado paralelo al curso del Río Cusiana, desde su nacimiento en el Páramo de La Sarna a 3.800 m.s.n.m. al NW de la zona de estudio, hasta la población de Pajarito (842 m.s.n.m.) al SE.

3.1.2. Geología. La zona de estudio se encuentra sobre rocas del cretáceo inferior, constituidas por la Formación Lutitas de Macanal (Kilm) que en el sitio conforma el núcleo de una estructura anticlinal de naturaleza asimétrica (Anticlinal

de Corinto). Su litología, es predominantemente lutífica con intercalaciones de limolitas negras y areniscas cuarzosas de grano fino a medio. Las lutitas en el sector donde se desarrolló la investigación tienen una disposición estructural con rumbo Noreste e inclinación al Sureste (en el mismo sentido de la pendiente del terreno), haciendo parte del flanco Este del anticlinal anteriormente descrito.

Coronando los picos y cuchillas montañosas al oeste del sitio donde se desarrolló la investigación se disponen las rocas de la Formación Arenisca de Las Juntas (Kialj), como culminación del gradiente altitudinal E-W. Esta formación, del Cretáceo Inferior, que suprayace la Formación Lutitas de Macanal, está conformada por areniscas macizas de grano fino e intercalaciones de lutitas y limolitas con aproximadamente 800 metros de espesor en el área.

Fotografía 1. Panorámica de la franja de Selva Nublada de la Cuenca del Río Cusiana, nótese la terminación natural brusca de la selva al oeste contra el escarpe rocoso.



Depósitos cuaternarios de distinta naturaleza cubren parcialmente las rocas infrayacentes. Hacia el contacto entre las formaciones Arenisca de Las Juntas y Lutitas de Macanal y con mayor cobertura sobre esta última, se encuentran depósitos coluviales de bloques heterométricos de hasta 10 m de diámetro

embebidos en matriz arcillosa. Estos depósitos no tienen alcance hacia el sector donde se desarrolló la investigación, pero si tienen una gran importancia por los aportes de material a los flujos torrenciales ocasionales que se suceden en el área.

3.1.3. Relieve y suelos. Los ecosistemas investigados se ubican sobre suelos desarrollados en relieves fuertemente quebrado a fuertemente escarpado derivados de las lutitas carbonosas de la infrayacente Formación Lutitas de Macanal (Kilm). Son suelos bien desarrollados, con altos contenidos de carbón orgánico, texturas medias a finas, superficiales a moderadamente profundos (Typic Dystrudepts) (Fonseca, 2000) limitados principalmente por la roca. Geomorfológicamente, el tipo de relieve corresponde a una ladera erosional disectada, donde predomina el ambiente morfogenético denudacional y el paisaje geomorfológico de Montaña Fluviogravitacional. La ladera erosional objeto de estudio, debido principalmente a factores antrópicos de eliminación de la cobertura vegetal, está siendo afectada por erosión laminar, en surcos y cárcavamiento, lo que ha conllevado a desestabilización de laderas. Ver Fotografía 2.

3.1.4. Red hidrográfica. El Río Cusiana en sus nacimientos conforma una red dendrítica a subparalela, con alto gradiente. Desde sus nacimientos ha mostrado, una marcada dinámica geomorfológica en las épocas húmedas recientes, con socavación de cauces y desestabilización de laderas. Entre los afluentes

importantes que en los últimos años ha conllevado riesgos por torrencialidad, se encuentra la Quebrada La Rocha, aledaña al sitio de investigación. El evento más reciente ocurrió después de la tala indiscriminada en sus cabeceras penetrables. En agosto de 1997, ante la desestabilización de sus márgenes, provocó un represamiento y flujo torrencial de detritos y lodo, que afectó el sector y cobró varias vidas humanas.

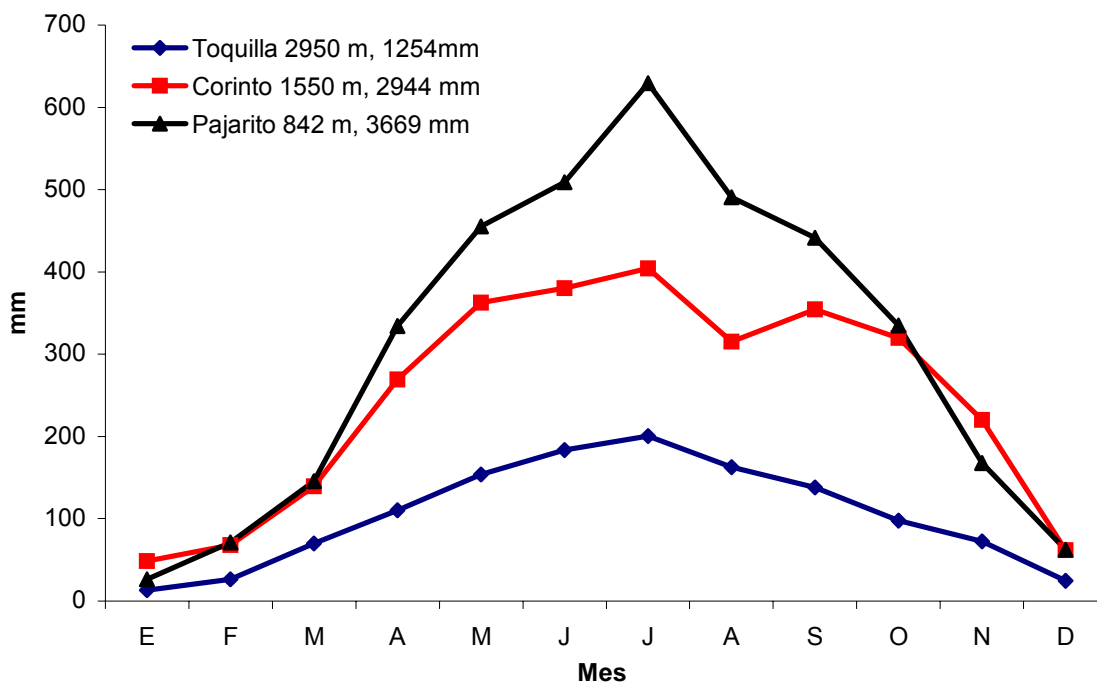
Fotografía 2. Presencia de nubes bajas en la Selva Nublada de la Cuenca del Río Cusiana. Al fondo escarpes rocosos de la Cuchilla La Gallina.



3.1.5. Precipitación. En el sitio donde se montó la investigación no hay estación meteorológica por tanto no se tiene un registro histórico de la precipitación vertical.

Sin embargo, en la Cuenca del Río Cusiana funcionan tres estaciones meteorológicas del Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM): Toquilla a 2950 m, Corinto a 1550 m y Pajarito a 842 m de altitud (Gráfico 1). La Estación Toquilla por encima de la zona de estudio tiene un promedio anual de precipitación durante los últimos veinte años de 1.254 mm; la estación intermedia Corinto, más baja que la zona de estudio, tiene un promedio anual para el mismo periodo de 2.944 mm, mientras que la tercera, Pajarito tiene una precipitación para el mismo periodo de 3.669 mm (Gráfico 1).

Gráfico 1. Pluviodiagramas de las estaciones en el cañón del Río Cusiana con valores medios mensuales del periodo 1.980 – 2.000. (Datos IDEAM).



El comportamiento de la pluviosidad es monomodal con una clara reducción de la precipitación a medida que se asciende topográficamente. En todos los casos, las menores precipitaciones ocurren en diciembre, enero y febrero. El periodo húmedo va de marzo a noviembre con un pico de precipitación en el mes de julio. Este es el comportamiento que se espera encontrar en el sitio de investigación, dada su posición altitudinal intermedia (2350 m).

3.1.6. Selva nublada. Es una selva siempreverde que se caracteriza por tener una estructura vertical compleja, con varios estratos abiertos de árboles, con especies importantes como *Weinmannia pubescens*, *Hediosmun bonplandianum*, *Miconia* sp., *Vismia guianensis*, *Myrsianthes* sp., *Ocotea* sp., y *Cecropia* sp. (Manuel Galvis, comunicación personal) que alcanzan hasta los 25 m de altura. Bajo el dosel se encuentra un conjunto de árboles y helechos arbóreos de diversa altura. El sotobosque está dominado por palmas, árboles juveniles y hierbas. Un número grande de epífitas y trepadoras aumentan la complejidad de la estructura de la selva. Esta selva se encuentra sobre una pendiente del 50%, sobre suelos arcillo limosos, carbonosos, poco profundos, los cuales puntualmente en los cursos de agua dejan aflorar la roca infrayacente (Fotografía 3).

Fotografía 3. Selva nublada del Sector La Virgen a 2350 metros de altitud.



La deforestación de la selva ha sido intensa para dar paso al establecimiento de pastizales para ganadería extensiva de altitud.

3.1.7 Pastizal. El pastizal esta constituido por especies como (Pasto Azul) *Anthoxanthum odoratum*, (Poa) *Holcus lanatus*, (Gramota) *Axonopus compressus*, y (Kikuyo) *Pennisetum clandestinum*. Coexistiendo con estos pastos se encuentra la hierba *Azorella crenata*, el junco *Albolutescens* sp. y un conjunto de musgos creciendo mezclados en estructuras rastreras tipo cojín que comprende los géneros *Leptodontium*, *Thuidium*, *Dicranum*, *Politrichadelphus* y *Breutelia*, rastrero conformando la cobertura total del suelo (ver Fotografía 4). Estos se desarrollan en una pendiente entre 50% y 60% y tienen aproximadamente 35 años

de ser establecidos. Los suelos igualmente son de naturaleza arcillo limosa, remodelados por la actividad ganadera extensiva a lo largo del tiempo de establecimiento.

Fotografía 4. Detalle del pastizal donde se desarrollo la investigación.



Nótese la cobertura total de las gramíneas dominantes coexistiendo con el musgo rastrero. Barra blanca: 3 cm. (Predios de Don Carlos Hernández, Sector La Virgen, 2350 m de altitud)

3.1.8. Procesos de antropización. En la franja de selva nublada de la margen derecha de la cuenca del río Cusiana, entre los sectores denominados Los Púlpitos al Sur y Peña de Gallo al Norte, las intervenciones antrópicas se

acentuaron desde la década del 40 del siglo pasado, favorecidas por la apertura de la denominada carretera del Cusiana, que conecta transversalmente el altiplano boyacense con los llanos orientales colombianos. Estas intervenciones, desde sus inicios han consistido de tala y quema del ecosistema natural para dar paso al establecimiento de pastizales para ganadería de altura, práctica cultural que hoy continua (Fotografía 5). Cabe notar que además de la tala y quema de la selva nublada para el establecimiento de potreros, gran parte de la cobertura que aún queda en pie, fue altamente impactada por la extracción selectiva nada racional de especies maderables.

Fotografía 5. Tala y quema de la selva nublada en el Sector la Virgen, margen derecha Río Cusiana.



Los pobladores, realizan estas actividades al final del periodo seco con el fin de establecer pastizales para la ganadería extensiva de altura.

3.2. METODOLOGIA

3.2.1. Selección del área. Todas las medidas fueron hechas entre enero y diciembre del 2002. En el caso de las medidas de selva nubladas, los primeros tres meses (enero-marzo 2002) fueron tomadas en la selva del sector alto de la quebrada La Rocha (Fotografía 6) y el resto en La Virgen (Fotografía 7), ambas localidades a la misma altitud y muy cercanas (menos de 2 Km). Este cambio fue motivado por imposibilidad de trabajar en el sitio original por inseguridad personal.

Fotografía 6. Selva nublada de La Rocha.



En el círculo señalado, a 2350 m de altitud se montaron inicialmente los instrumentos de medida de la dinámica hídrica de la selva (neblinómetros, parcelas, canales de precipitación efectiva).

Fotografía 7. Selva nublada Sector La Virgen, margen derecha del Río Cusiana



3.2.2 Precipitación vertical. Se midió mediante tres pluviómetros distribuidos al azar a 20-30 m de las parcelas del pastizal y 100–150 m del borde de la selva. Cada pluviómetro constó de un embudo plástico de 0,091m de radio y 0,026 m² de área de captación, instalados sobre una base metálica a 0,90 m de altura del suelo

en un área desarbolada y ligeramente convexa. Del embudo, nivelado en la base, se desprende una manguera de 0,127 cm de diámetro dispuesta en espiral (para evitar pérdidas por evaporación) hasta la conexión a un recipiente colector (Fotografía 8). Las medidas en ml fueron convertidas a $L m^{-2}$, según la expresión:

$$P_p = V(l) / 0,026(m^2) = V \times 38,46 [l m^{-2}]$$

Donde V es el volumen recogido en litros.

Un litro por metro cuadrado es equivalente a 1 mm de precipitación.

Fotografía 8. Pluviómetro utilizado para medidas de precipitación vertical.



3.2.3 Intercepción de neblina. Se midió mediante tres neblinómetros de pantalla plana (modificado del “Standard fog collector SFC” diseñado por Schemenauer y Cereceda (1994)) de 1 m² de malla doble Raschel Polisombra (35%), entre 5 y 6 m de altura, orientados hacia la dirección preferencial de los vientos (SE–NW) y ubicados en el borde de selva, uno en el fondo de valle y dos en la ladera, distanciados 60 m uno de otro.

La estructura de la torre del neblinómetro utilizado consiste de una base en acero para ser empotrada en concreto; un tubo de acero estructural de 7,62 cm de diámetro y 5 metros de longitud, el marco del neblinómetro con su respectiva canaleta en la parte inferior que recoge el agua escurrida a través de la malla, y un techo que impide la entrada de lluvia (Fotografía 9). El agua escurrida es canalizada con una manguera hasta un envase colector.

Fotografía 9. Neblinómetro de pantalla utilizado para estimar la interceptación de neblina.



El agua interceptada puede ser estimada mediante la medida del volumen en litros recogidos semanalmente, así:

$$Ph = V(l) / 1m^2 = V [l m^{-2}]$$

Donde:

Ph = precipitación horizontal (agua de neblina)

V es el volumen recogido en litros.

3.2.4 Precipitación efectiva. Se midió mediante 4 canaletas de 3x0,15 m en la selva y 3 canaletas de 1x0,012 m en el pastizal, ubicadas transversalmente a la pendiente, al azar en cada uno de los ambientes, estas canaletas están conectadas a su respectivo recipiente de almacenaje del agua que cayó sobre la canaleta y que permite medir la precipitación efectiva en cada uno de los ambientes, así:

Para la selva:

$$Pe = V(l) / A(m^2); \text{ donde;}$$

V = volumen de agua recogido en litros

A = área de captación en m²; entonces,

$$Pe = V(l) / 3x0,15(m^2) = V x 2,22 \text{ [l/m}^2\text{]}$$

Para el pastizal:

$$Pe = V(l) / 1 x0,012(m^2)$$

$$Pe = V x 83.33 \text{ [l/m}^2\text{]}$$

La intercepción de agua por la vegetación se estimó mediante la diferencia entre la precipitación total y la precipitación efectiva, así:

$$I = Pt - Pe$$

3.2.5 Escorrentía superficial. Se midió tanto en la selva como en el pastizal, mediante tres parcelas de escorrentía rectangulares de 3x10 m con el lado mayor en dirección de las pendientes, en cada uno de los ecosistemas. En el lado inferior de cada una de las parcelas, se localiza una canaleta cubierta de 3m de longitud

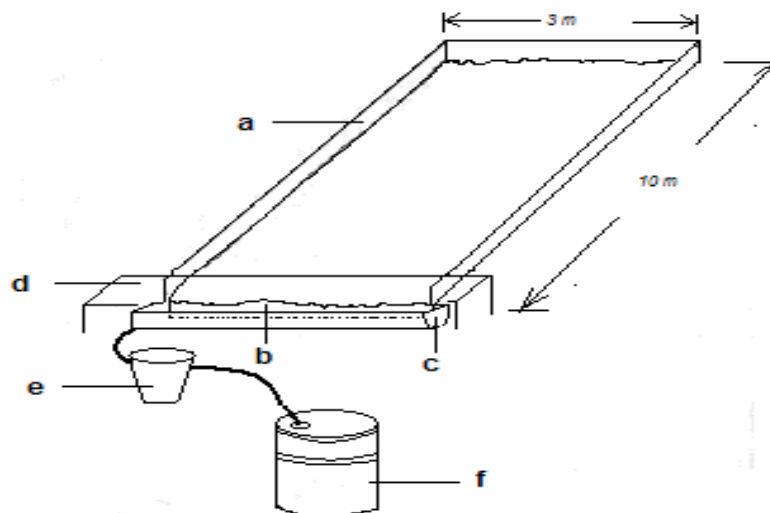
(ancho de la parcela) y 0.15 m de ancho, que recoge el agua de escorrentía hídrica superficial, transferida del Almacenamiento Superficial. A su vez, el agua caída en la canaleta es llevada por una manguera a un recipiente sedimentador (Figura 4 y Fotografía 10) del cual se deriva otra manguera que transporta el agua rebosada, a un recipiente de mayor tamaño. El componente de la escorrentía hídrica superficial, fue medido semanalmente, calculando el agua medida en litros de los recipientes y dividida por el área de la parcela así:

$$Esc = V(l)/A(m^2) \quad [l/m^2] \quad \text{donde,}$$

V: es el volumen medido en litros;

A: área de la parcela en m²

Figura 4. Configuración esquemática de una parcela de escorrentía – erosión.



a) láminas enterradas que configuran la parcela; b) lámina plástica o de metal introducida en el perfil superior del suelo para encauzar el agua de escorrentía y el

material erosionado; c) canal colector de agua de escorrentía y sedimentos; d) techo protector del canal colector; e) recipiente sedimentador; f) recipiente colector del agua de escorrentía.

Fotografía 10. Parcela de escorrentía - erosión. (La Virgen, Cuenca Río Cusiana).



3.2.6 Propiedades físicas de los suelos. En ambos ecosistemas se tomaron muestras del suelo de acuerdo a los horizontes del mismo, mediante un tubo de pared delgada. En el pastizal, se diferenciaron cuatro horizontes (AP, A, Bw, C), hasta donde se encontró la roca parcialmente inalterada (lutitas carbonosas). En la selva nublada, bajo la hojarasca se encontraron cuatro horizontes (A1, A2, Bw1, Bw2), suprayaciendo el manto de lutitas carbonosas (la evaluación edáfica fue realizada por el agrólogo Luis Eduardo García Castellanos). A cada muestra se le

analizó, textura y límites de consistencia y gradación (límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad), ello con el fin de determinar la degradación del suelo por compactación y remoldeo. El análisis se realizó en el Laboratorio de Suelos de la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, Sede Sogamoso.

3.2.7 Análisis de la vegetación del pastizal. Se realizó un muestreo de las especies vegetales de las parcelas tres parcelas. Utilizando el método del cuadrado puntual el cual fue materializado por una varilla de 150 mm de longitud y 6,35 mm de diámetro. Se hizo un total de 200 lanzamientos, indicando en cada uno la presencia o ausencia de cada una de las especies vegetales interceptadas por la varilla verticalizada en el sitio de caída. Con este método, se estimó la frecuencia relativa, la frecuencia absoluta y la contribución específica de frecuencia como indicador de cobertura.

La Cobertura Relativa de cada una de las especies se determinó como el porcentaje del número de intercepciones de determinada especie, del total de especies interceptadas en los doscientos lanzamientos, así:

$$\text{Cobertura Relativa(\%)} = (\sum \text{Intercepciones de una especie}) * 100 / (\sum \text{Intercepciones}),$$

Donde:

El número total de intercepciones (todas las especies), en los doscientos (200)

lanzamientos, fue 469. Por tanto:

$$\text{Cobertura Relativa(\%)} = (\sum \text{Intercepciones de una especie}) * 0,213$$

A su vez, la Frecuencia de Aparición, se estimó como el porcentaje del número de apariciones del total de los doscientos lanzamientos, así:

$$\text{Frecuencia de Aparición (\%)} = (\sum \text{Intercepciones especie}) * 100/200$$

Por tanto,

$$\text{Frecuencia de Aparición (\%)} = (\sum \text{Intercepciones especie}) * 0,5$$

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

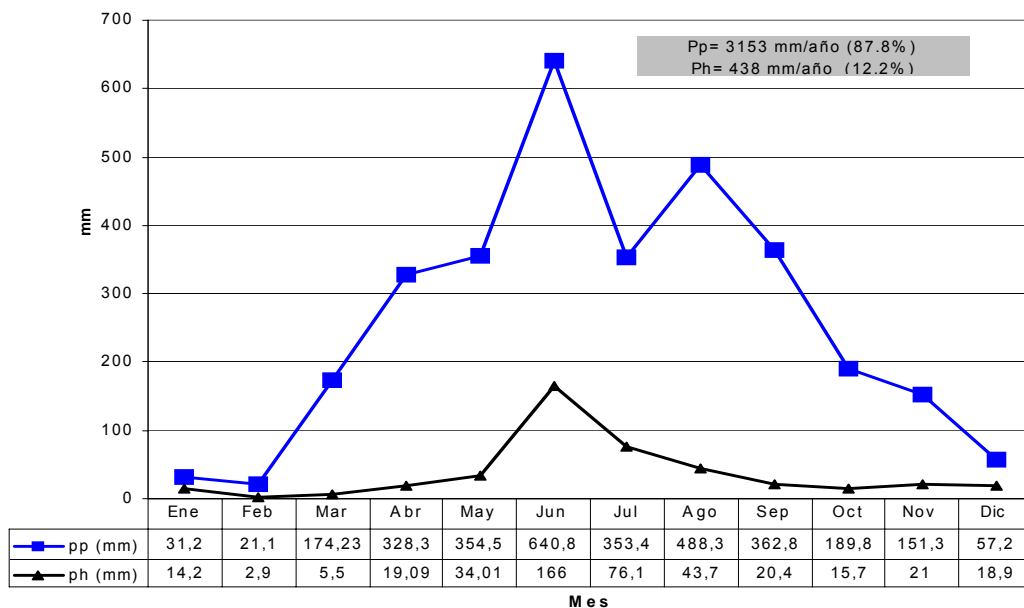
Los datos obtenidos de los parámetros de la dinámica hídrica evaluados tanto en la selva nublada, como en los pastizales de reemplazo, fueron consolidados semanalmente, mensualmente y en la totalidad del año 2002 (Ver Anexo A). Los análisis arrojados temporalmente en estos dos ecosistemas, nos permiten evaluar los posibles efectos de la deforestación de la selva sobre la dinámica hídrica.

La **precipitación total** en la selva nublada fue de 3.591 mm año⁻¹, de los cuales 3.153 mm son por lluvia (87,8%) y 438 mm por neblina (12,2%). El comportamiento pluviométrico sigue la tendencia mostrada por los datos del IDEAM durante los últimos veinte años (Grafico 1). El régimen es monomodal, similar al comportamiento histórico de la estación Corinto, localizada altitudinalmente cerca del límite inferior de la franja de selva nublada. La distribución de la precipitación mes a mes, muestra un periodo de menores precipitaciones correspondiente a los meses de diciembre, enero y febrero (Gráfico 2). Los meses restantes corresponden al periodo más húmedo, presentándose un pico en el mes de junio, en el cual precipitó el 18% de la lluvia total anual (640,8 mm).

El aporte de agua por neblina interceptada (**precipitación horizontal**), al igual que la lluvia, tuvo un comportamiento anual monomodal con un pico en el mes de

junio, el cual fue el más lluvioso; los valores más bajos, igualmente coinciden con los meses menos lluviosos (Gráfico 2). Sin embargo, el comportamiento mensual de las precipitaciones vertical y horizontal, no mostró un alto coeficiente de determinación ($R^2= 0,60$) lo que significa que la Pp explica el 60% de la Ph. La correlación es $r=0,775$. La precipitación horizontal media anual alcanzó 438 mm, equivalente al 12,2 % de la precipitación total. Este valor es ligeramente superior al medido en la Selva nublada de La Mucuy en Mérida, Venezuela (Ataroff 1998, Ataroff y Rada 2000), donde fue del orden del 9%. Independientemente del porcentaje, en ambas localidades las entradas de agua por neblina son muy importantes. Esos 438 mm año⁻¹ de agua aportada por la neblina a la selva del Cusiana, representan el equivalente de un mes adicional muy lluvioso.

Gráfico 2. Relación mensual de entradas a la selva nublada La Virgen. Pp: precipitación vertical, Ph: precipitación horizontal.



Por otro lado, aprovechando la existencia de datos históricos de precipitación en tres estaciones meteorológicas del IDEAM en la cuenca se relacionó la precipitación vertical (lluvia) con la altitud, obteniéndose un modelo claramente lineal (Gráfico 3), con un alto coeficiente de determinación (99,81%), donde la regresión explica dicho porcentaje de los resultados (correlación $r=0,999$). Con este modelo se podría inferir que la precipitación en el área de estudio es de 1963 mm. Sin embargo, el alto valor encontrado para el año 2002 (3153 mm) está muy por encima del predicho por el modelo. Esto podría interpretarse como la ocurrencia de un año excepcionalmente lluvioso, pero para corroborarlo deberá tenerse los datos IDEAM de los últimos dos años (estos no han sido procesados por el IDEAM). No obstante, para las mismas estaciones, los años más lluviosos del periodo 1980-2000, son 1987, 1993 y 1998, los valores medios de precipitación anual fueron Toquilla 2296 mm, Corinto 3502 y Pajarito 4362 mm. Con este modelo, para estos años lluviosos, el estimado para La Virgen, dio 2213 mm, que continua siendo bajo, en relación a la precipitación real del año 2002.

Involucrando, los datos de estradas al balance hídrico (lluvia y neblina) del año 2002 obtenidos en la selva nublada de La Virgen, el modelo resultante se aparta considerablemente del obtenido con los datos de las estaciones del IDEAM (Gráfico 4). En este modelo se resalta un pico de precipitación en la franja altitudinal donde se localiza la selva nublada de La Virgen en la Cordillera Oriental de Colombia (Figura 5).

Gráfico 3. Relación gradiente altitudinal – precipitación media anual, para el periodo 1980 - 2000. Estaciones Meteorológicas IDEAM.

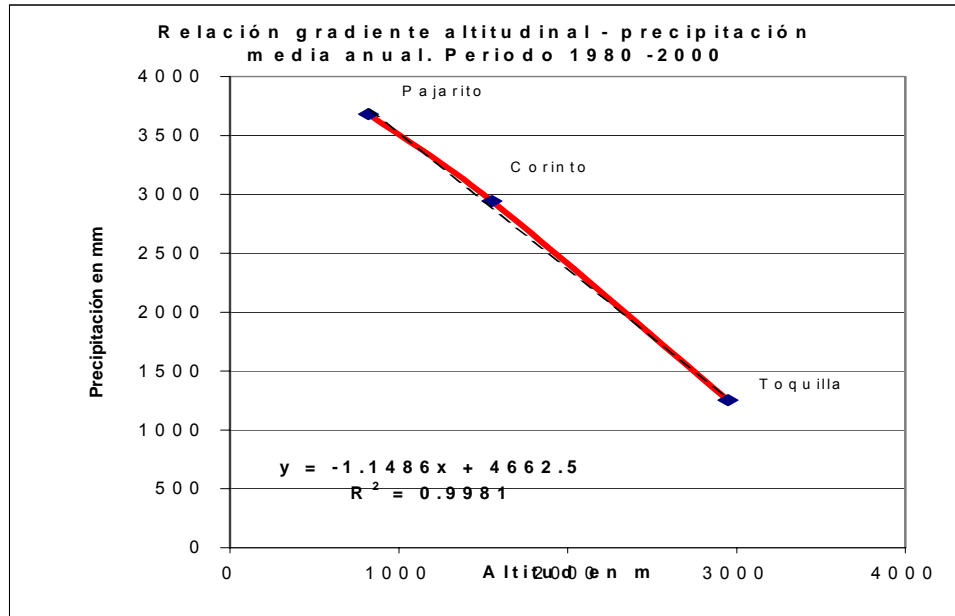


Gráfico 4. Relación gradiente altitudinal – precipitación media anual, incluyendo las entradas de la Selva Nublada de La Virgen, año 2002.

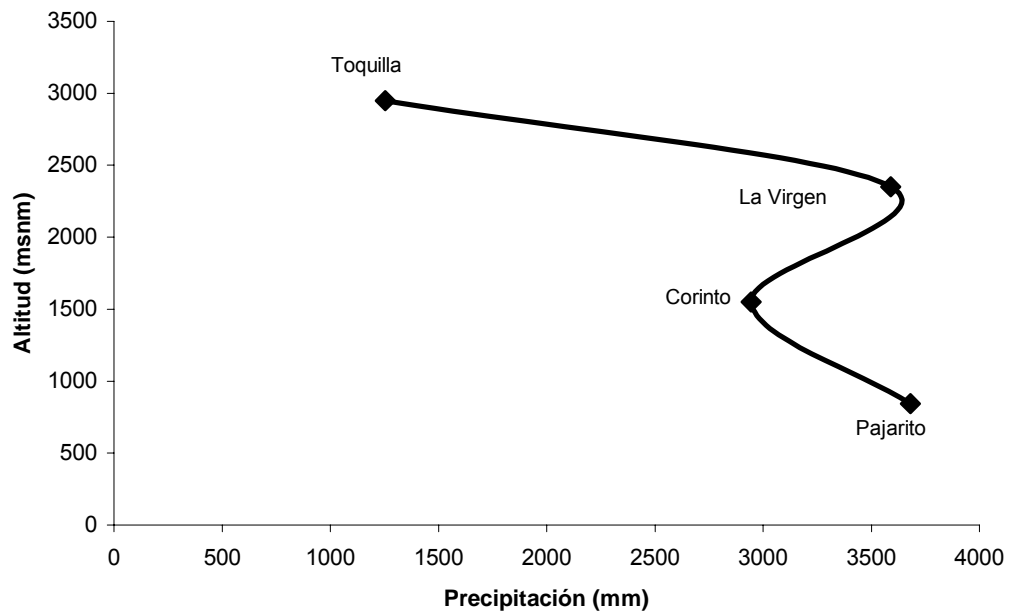
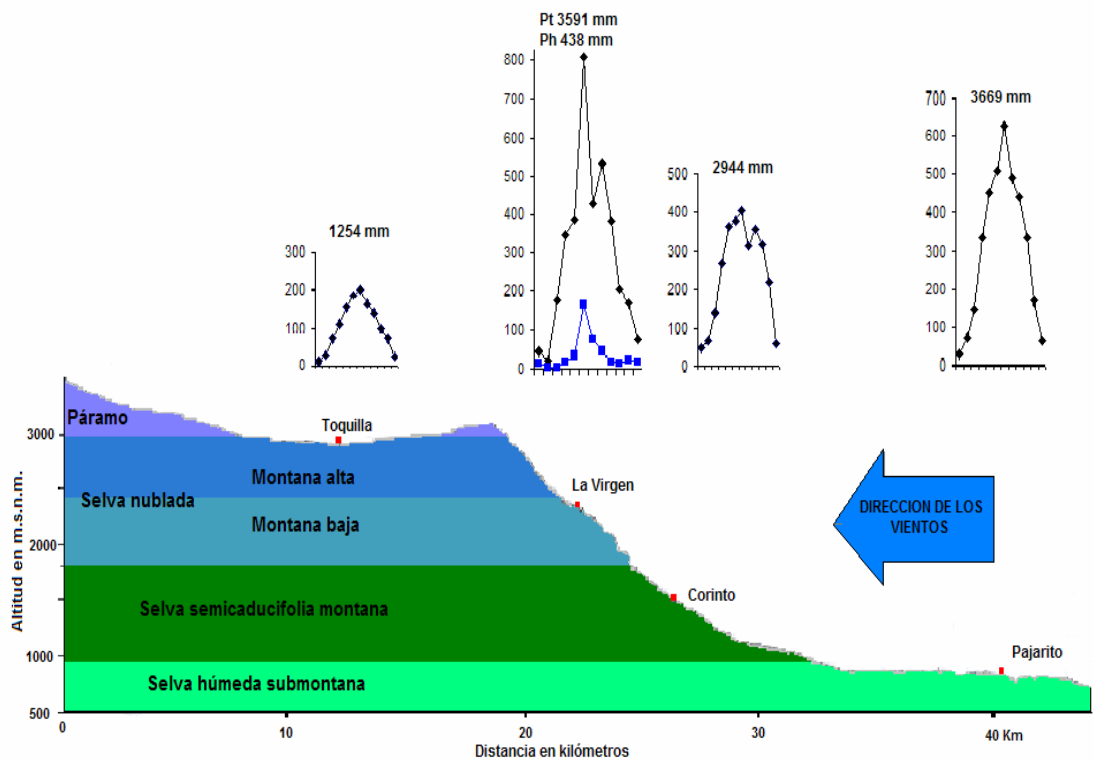


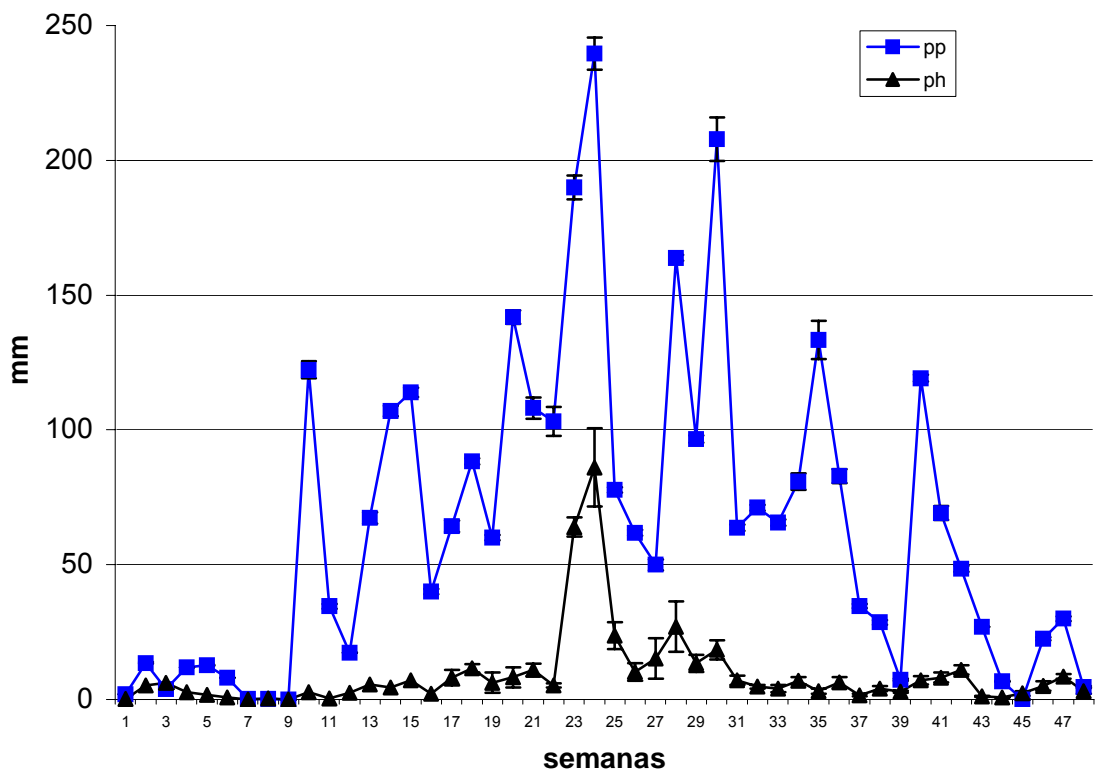
Figura 5. Perfil esquemático del flanco Este de la Cordillera Oriental de Colombia, que relaciona la orografía, dirección de los vientos y precipitación.



Los resultados mostrados en la Gráfico 5, indican presencia de neblina a lo largo de todo el año salvo en dos semanas; una en febrero y otra en marzo. De septiembre a abril (ocho meses) la interceptación de neblina fue baja, con promedios semanales entre 0,73 y 5,25 mm; a pesar de que los meses de marzo a noviembre fueron lluviosos. La mayor ocurrencia de neblina se dio entre las semanas 23 a 31 (mediados de junio a mediados de agosto), donde se alcanzó el

valor máximo de 86,1 mm (final de junio), coincidiendo con el valor máximo de precipitación (241,5 mm). La correlación entre las entradas de agua es de 0,707 (Coeficiente de determinación $R^2=0,50$). Es de hacer notar la baja variabilidad en las medidas de ambas variables.

Gráfico 5. Distribución semanal de la precipitación vertical (Pp) y horizontal (Ph) en la selva nublada de La Virgen. Las barras indican \pm una desviación estandar.



En la selva, el total anual de **precipitación efectiva** (Pe) fue 1.999,2 mm, representando el 56% de la precipitación total, indicando que la intercepción por el dosel fue 44% (Gráfico 6). Su comportamiento mes a mes presentó una alta correlación (0.989) con el de la precipitación total (lluvia más neblina). Los muy altos valores de intercepción por el follaje diferencian estas selvas de Los Andes de la mayoría de los sistemas forestales medidos en el mundo, hecho que se ha postulado que puede deberse a la alta densidad de epifitas en el dosel de estas selvas (Ataroff 1998, Ataroff y Rada 2000) y se aproximan a los encontrados en La Mucuy (2.300 m de altitud) en la Cordillera de Mérida con ingresos por lluvia de 3.124 mm y estimados de captación de neblina de más de 300 mm anuales y una intercepción del 51% de las entradas totales.

La escorrentía superficial fue muy baja en la selva, con un monto anual de 64 mm (1,79%), similar a lo reportado en la Mucuy en la Cordillera de Mérida en Venezuela. La dinámica a lo largo del año de la **escorrentía superficial (Esc)** mostró una correlación con la precipitación total (Pt) de $r = 0,90$ y con la precipitación efectiva (Pe) de $r = 0,87$. El comportamiento semanal de la escorrentía tuvo una correspondencia con el de la precipitación efectiva (Gráfico 7), con una correlación de $r = 0,87$. Los mayores valores se registraron a finales de junio y mediados de agosto, con valores de 183 y 4,7 mm precipitación efectiva y escorrentía respectivamente (semana 24), y 122 y 5,8 mm en la semana 30.

Gráfico 6. Relación mensual de precipitación total (Pt), precipitación efectiva (Pe) y escorrentía superficial (Esc) en la selva nublada.

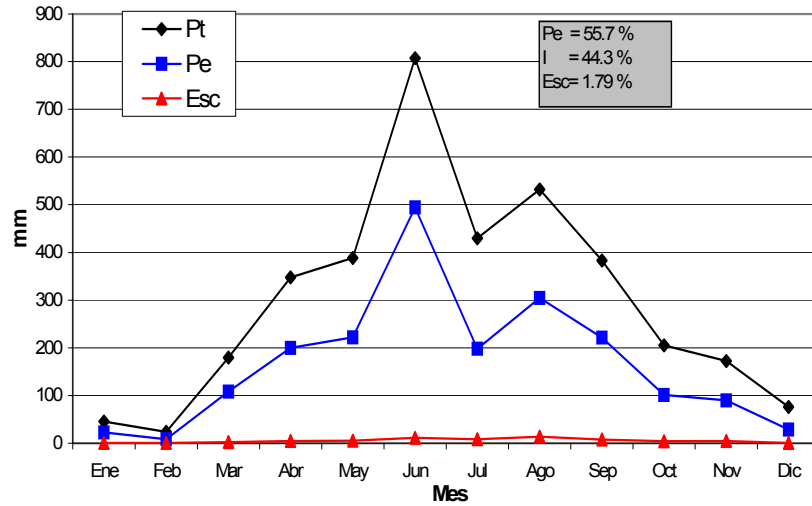
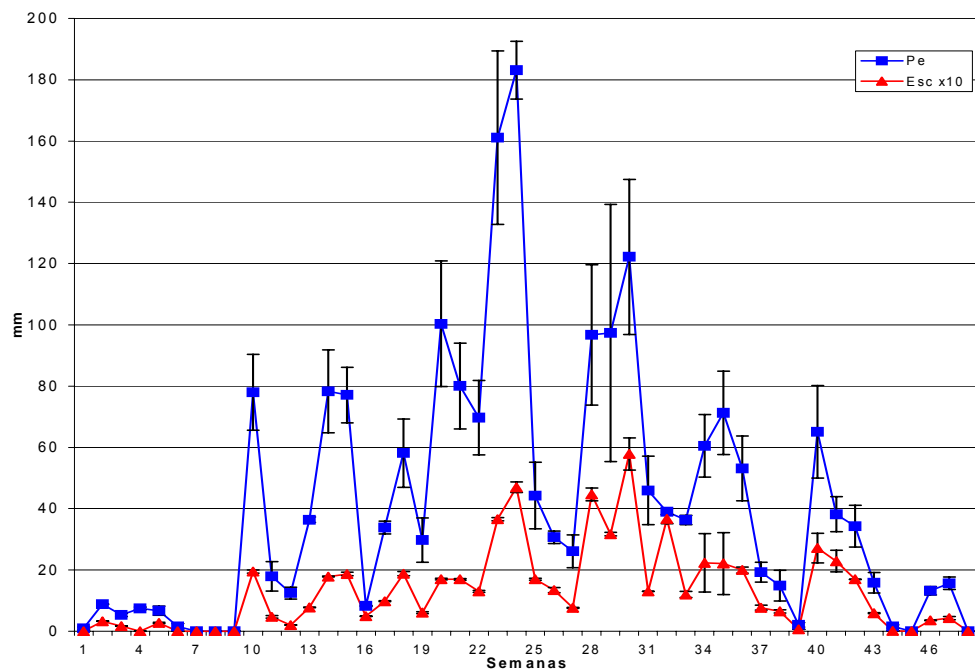


Gráfico 7. Distribución semanal de la precipitación efectiva (Pe) y escorrentía (Esc, aumentada 10 veces) en la selva nublada de La Virgen. Las barras indican \pm una desviación estándar.



En el pastizal el comportamiento de la precipitación efectiva (Pe) y la escorrentía (Esc) fue diferente. La **precipitación efectiva** representó el 42% de la precipitación total (1326 mm año⁻¹), indicando que la **intercepción** fue el 58% (Gráfico 8). Esto es un valor muy alto probablemente consecuencia de la arquitectura y estructura de las plantas dominantes. La correlación entre la precipitación vertical y la efectiva fue alta con $r= 0,98$. Por su parte, la **escorrentía superficial** fue alta, con valores que variaron entre 3,2% y 18,8%, y un total anual de 366 mm (11,6%) (Gráfico 8). Anualmente, mostró un pico en agosto, coincidente con el segundo pico de precipitación anual. Sin embargo la correlación con la precipitación vertical, mostró un $r= 0,806$.

Analizando el comportamiento semanal de la precipitación vertical y la precipitación efectiva este fue altamente correlacionado con un $r= 0,96$. Por el contrario la escorrentía superficial mostró una correlación menor con la precipitación vertical ($r= 0,75$). Ver Gráfico 9.

Relacionando la escorrentía superficial en porcentaje de la precipitación total en cada uno de los dos ecosistemas (Gráfico 10), se muestra como el pastizal favoreció la escorrentía. Los meses de mayores valores de escorrentía se presentaron en el pastizal en los meses de agosto y septiembre, mientras en la

Gráfico 8. Relación mensual (mm) de la precipitación vertical (Pp), precipitación efectiva (Pe) y escorrentía superficial (Esc) en el pastizal.

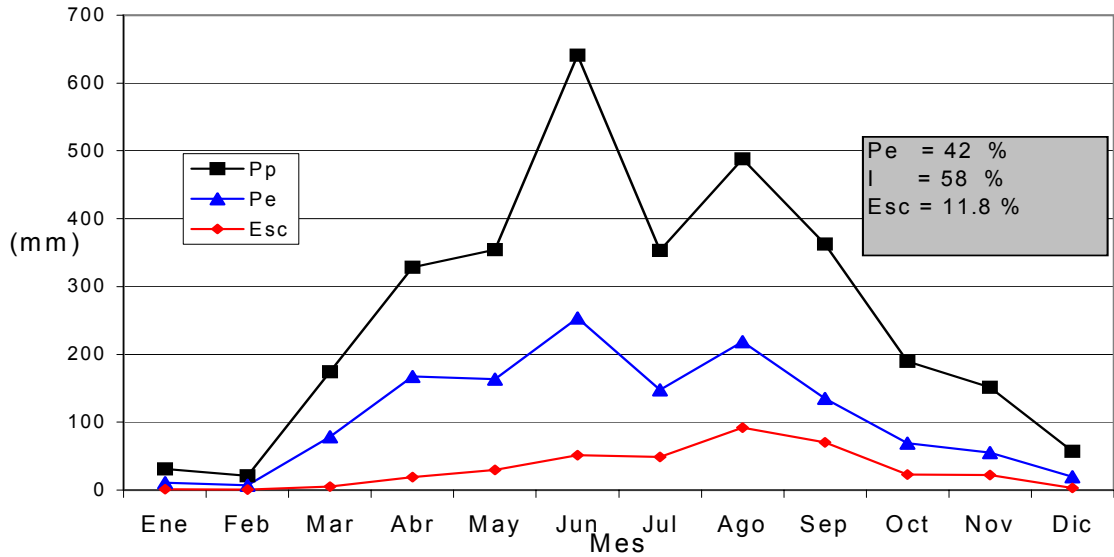


Gráfico 9. Distribución semanal de la precipitación vertical (Pp), precipitación efectiva (Pe) y escorrentía superficial (Esc) en el pastizal de La Virgen. Las barras indican \pm una desviación estándar.

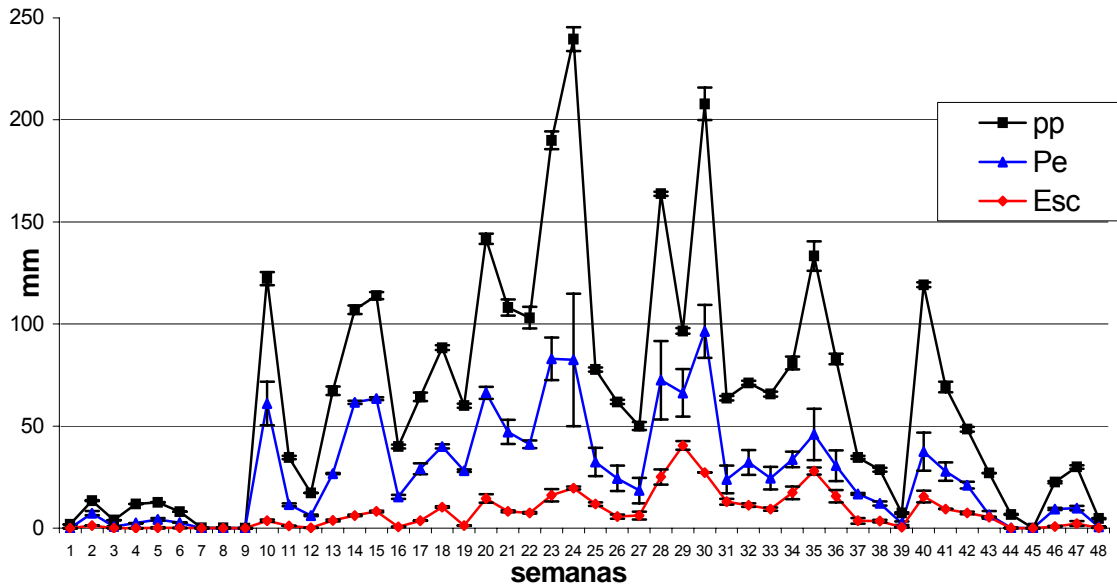
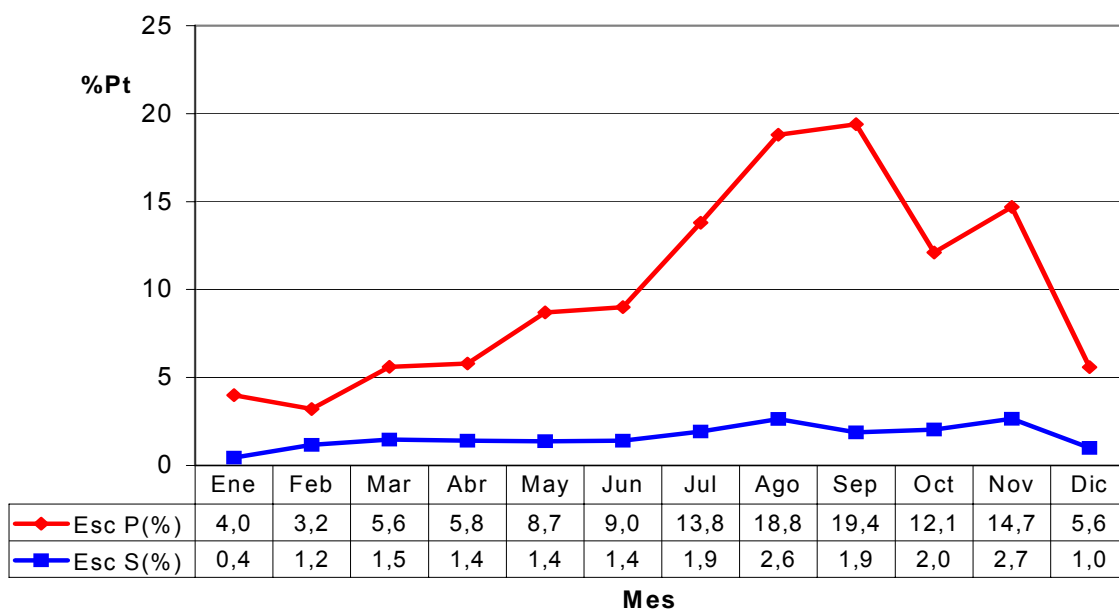
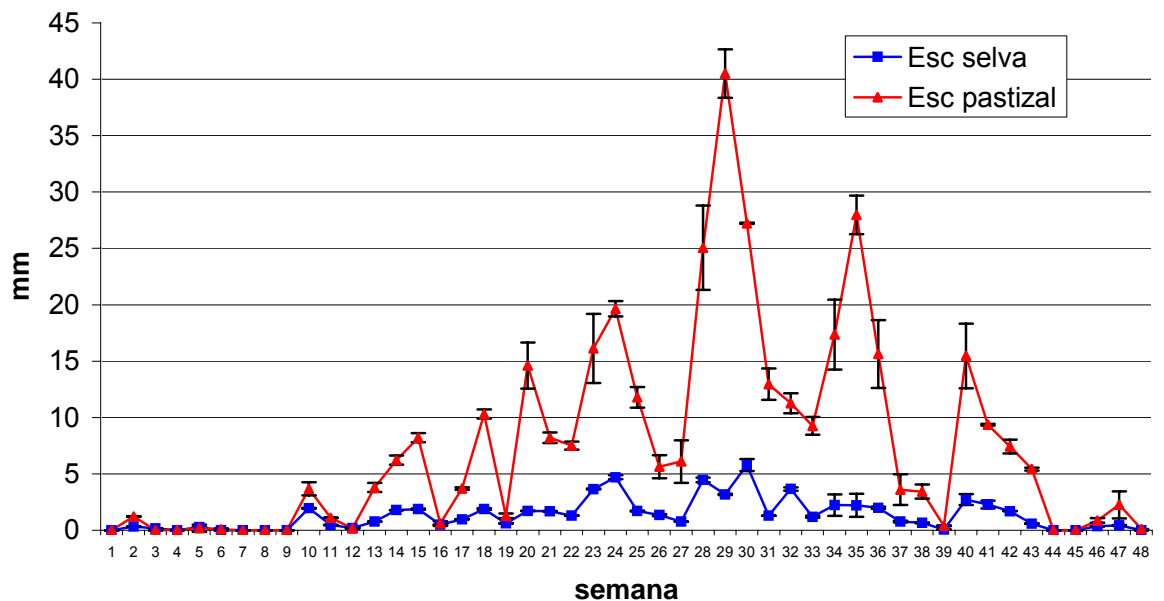


Gráfico 10. Relación de la escorrentía superficial (como porcentaje de la precipitación total), en los dos ecosistemas.



selva fueron en agosto y noviembre. No solo en las proporciones se evidenció el incremento de la escorrentía en el pastizal, sino también en valores absolutos como se muestra en la Gráfico 11. Los mayores valores semanales se presentaron en el pastizal durante la primera semana de agosto con 40,5 mm y la tercera de septiembre con 28 mm. A su vez en la selva los mayores valores se presentaron en la última semana de junio con 4,7 mm y la segunda de agosto con 5,8 mm, siendo ambos mucho menores que los registrados en el pastizal. La correlación entre el comportamiento en los dos ambientes fue de $r = 0,83$.

Gráfico 11. Distribución semanal de la escorrentía superficial en ambos ecosistemas. Las barras indican \pm una desviación estándar.



Las grandes diferencias entre la escorrentía del pastizal y la selva, inducen a pensar que las características del suelo han cambiado desde que se eliminó la selva, a través del manejo de rotación de potreros para ganadería de altura (35 años), y están influyendo aumentando la escorrentía superficial. No sucedió lo mismo en la selva nublada, donde la escorrentía tuvo un comportamiento continuo pero proporcionalmente bajo a través del tiempo. Esta tendencia permite afianzar aún más las bondades de las selvas nubladas desde el punto de vista de la regulación hídrica superficial, y a su vez, da respuesta desde el punto de vista hídrico, de los efectos de la deforestación de las selvas nubladas, sumada a la

reducción significativa de las entradas al balance hídrico con la eliminación de la selva y su potencialidad de intercepción de la neblina.

Evaluados los resultados de dinámica hídrica en ambos ecosistemas y teniendo en cuenta resultados en otras selvas nubladas, se pueden establecer similitudes en el comportamiento hídrico en la selva nublada; mientras que, en el pastizal del sector La Virgen en la Cordillera Oriental de Colombia, los resultados de Intercepción por el pastizal y la escorrentía superficial, difieren considerablemente a las otras localidades, lo que hace presumir, por un lado la influencia de la cobertura del pastizal sobre la intercepción del agua precipitada, y por otro, las características edáficas del perfil del suelo sobre la escorrentía superficial.

El Análisis de la vegetación del pastizal, mediante el muestreo de las especies vegetales de las parcelas en conjunto, utilizando el método del cuadrado puntual, en ninguno de los casos se encontró suelo desnudo, pero se encontraron cuatro especies de gramíneas, denominados por los pobladores de la región como (Pasto Azul) *Anthoxanthum odoratum*, (Poa) *Holcus lanatus*, (Gramota) *Axonopus compressus*, y (Kikuyo) *Pennisetum clandestinum*. Coexistiendo con estos pastos se encuentra la hierba *Azorella crenata*, el junco *Albolutescens* sp. y un conjunto de musgos creciendo mezclados en estructuras rastreras tipo cojín que comprende los géneros *Leptodontium*, *Thuidium*, *Dicranum*, *Politrichadelphus* y *Breutelia*.

Anthoxanthum odoratum coincidió en 90 lanzamientos, con una cobertura relativa del 19.2% y una frecuencia de aparición del 45% (Ver Gráficos 12 y 13). A su vez, *Holcus lanatus*, apareció en 28 lanzamientos, con una cobertura relativa del 6% y una frecuencia de aparición del 14%. *Axonopus compressus*, apareció en 74 lanzamientos, con cobertura relativa del 15.8% y una frecuencia de aparición del 37%. *Pennisetum clandestinum*, apareció en 32 lanzamientos, con una cobertura relativa del 6.8% y una frecuencia de aparición del 16%. El junco *Albolutescens* sp, apareció en 55 lanzamientos, con una cobertura relativa del 11.7% y una frecuencia de aparición del 27.5%. A su vez, *Azorella crenata* coincidió en 19 lanzamientos, con una cobertura relativa del 4.1% y una frecuencia de aparición del 9.5%. Finalmente, los musgos rastreros *Leptodontium*, *Thuidium*, *Dicranum*, *Politrichadelphus* y *Breutelia* (en conjunto) aparecieron en 171 lanzamientos, con una cobertura relativa del 36.5% y una frecuencia de aparición del 85.5%.

Con esta evaluación de la vegetación, la cobertura relativa de las especies presentes en el pastizal y su frecuencia de aparición, en el sitio donde igualmente se evaluaron las transferencias de los flujos de agua, se puede relacionar la alta intercepción, con la cobertura de este pastizal, dominada por los musgos rastreros, que coexisten con las demás especies.

Gráfico 12. Cobertura relativa de especies encontradas en el pastizal.

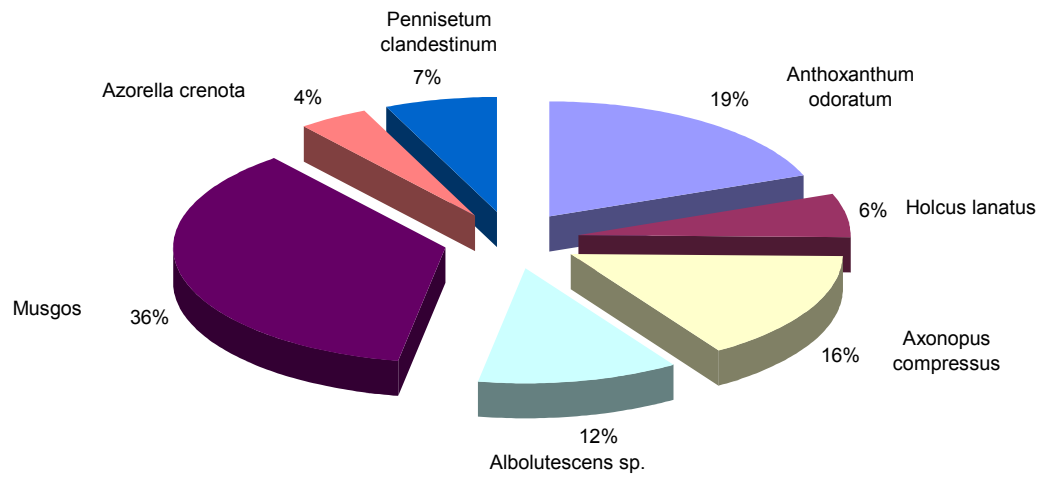
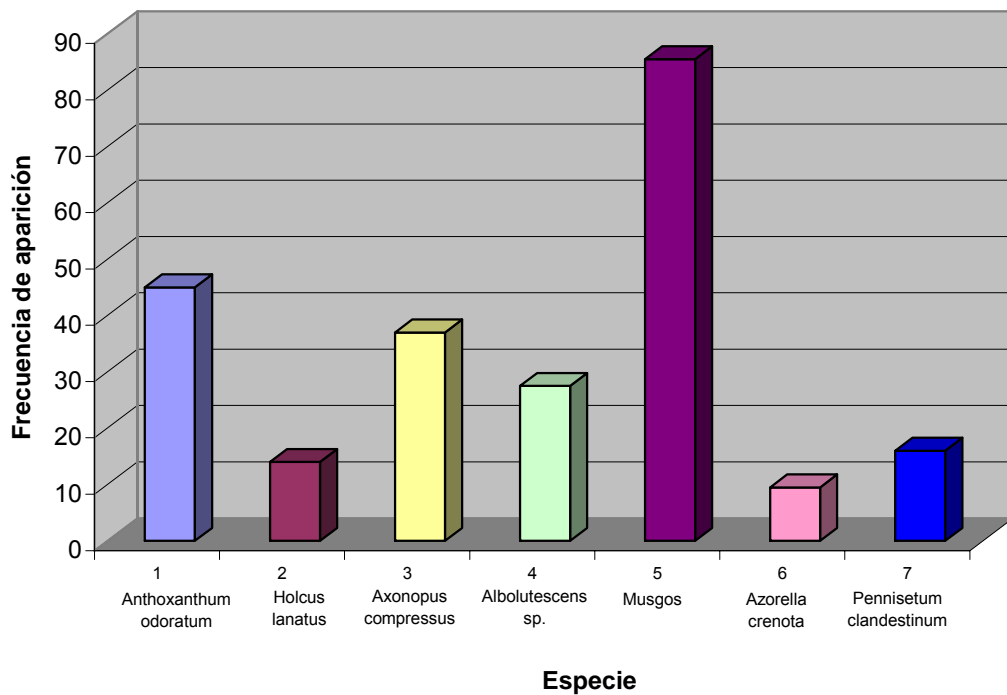


Gráfico 13. Frecuencia de aparición de especies en el pastizal.





Una vez evaluada la cobertura del pastizal y de atribuirle la responsabilidad de la alta intercepción, la inquietud surgida es, sí las **características edáficas**, igualmente, pueden tener influencia sobre la alta escorrentía hídrica superficial del pastizal en este sector de la Cordillera Oriental de Colombia.

Evalrados los aspectos edáficos en ambos ecosistemas (Ver Gráfico 14), sus perfiles muestran una clara diferencia no obstante provenir del mismo material parental (lutitas carbonosas), tener una profundidad efectiva de moderada a poco profunda, y conformar un mismo relieve (Ver anexo B). El perfil del suelo de la selva nublada, muestra los horizontes A1 y A2 (A y E en la nomenclatura actual), con s espesores de 13 cm cada uno, posee muchos poros finos y gruesos, tabulares y continuos. El horizonte B con 34 cm de espesor (diferenciado como Bw1 y Bw2 de la nomenclatura anterior), igualmente tiene muchos poros finos tabulares y continuos. Esta porosidad y continuidad de espacios vacíos visibles en el perfil del suelo puede influir positivamente en la transferencia del agua infiltrada.

A su vez, el perfil del suelo en el pastizal, tiene un delgado Horizonte A (comparándolo con el perfil del suelo en la selva nublada), con muchos poros tabulare y continuos, lo que favorece la infiltración. El Horizonte B, con 25 cm de espesor posee pocos poros tabulares y continuos, al igual que el Horizonte C, lo cual, puede influir en un lento movimiento del agua dentro del perfil del suelo. Se complementa este perfil con un horizonte de roca medianamente alterada, hasta

encontrar a 62 cm de profundidad, la roca inalterada, inclinada al igual que en la selva nublada, en la dirección de la pendiente del terreno.

Gráfico 14. Comparativo de las características del perfil del suelo en ambos ecosistema.

Pastizal	Selva
<p>Typic Dystrudept</p>  <p>O</p> <p>0 A Textura arcillosa, con debil grado de desarrollo, consistencia en húmedo friable, en húmedo pegajosa y plastica, muchos poros tubulares y continuos.</p> <p>5 B Textura arcillosa, estructura masiva, desarrollo moderado, consistencia en húmedo muy friable, en mojado pegajosa y plástica, pocos poros tubulares y continuos, leve moteado (5%).</p> <p>30 C Textura arcillosa, desarrollo modado, consistencia en húmedo muy friable, en mojado pegajosa y ligeramente plastica, pocos poros gruesos tubulares y continuos.</p> <p>48 CR Roca medianamente alterada, lutitas carbonosas.</p>	<p>Typic Dystrudept</p>  <p>0 A Textura arcillosa, con fragmentos de roca, estructura en bloques, moderado grado de desarrollo, consistencia en húmedo friable, en mojado pegajosa y ligeramente plastico, muchos poros finos y gruesos tubulares y continuos disminuyendo hacia la base, limite gradual y plano.</p> <p>26 B Textura arcillosa con fragmentos de roca, estructura en bloques, moderado grado de desarrollo, consistencia en húmedo friable, en mojado pegajosa y plastica, pocos poros gruesos, muchos finos tubulares y continuos.</p> <p>60 R Manto de lutitas carbonosas, inclinadas en la dirección de la pendiente</p>

Las pruebas físicas (límites de Atterberg), realizadas a las muestras de suelo representativas de cada uno de los horizontes en ambos ecosistemas, los catalogan como MH (limos de alta compresibilidad) en la carta de plasticidad para la clasificación de suelos finos, de acuerdo a la Clasificación USC, con excepción del horizonte Bw2 del perfil de la selva nublada, el cual se cataloga como ML (limo de baja compresibilidad). Ver anexo C y Tabla 2.

Tabla 2. Limites de Atterberg

BOSQUE	PROF.	13 cm.	26 cm.	40 cm.	60 cm.
	L. L	58.08%	49.40%	57.09%	47.37%
	L. P	50.37%	39.21%	44.94%	40.86%
PASTIZAL	PROF.	5 cm.	30 cm.	60 cm.	
	L. L	68.16 %	53.39 %	55.06 %	
	L. P	62.58 %	34.00 %	41.29 %	

La muestra de suelo del **Horizonte B en el pastizal**, es la que presenta mayor índice de plasticidad (19,4) e igualmente se acerca más a la Línea A de la carta, lo que se puede interpretar como consecuencia de remoldeo producto del pastoreo de ganado durante los 35 años de arrasada la selva y establecidos los pastizales. Con la evaluación e interpretación de los perfiles de los suelos de ambos ecosistemas, su marcada diferencia en lo referente a sus horizontes, así como, los elementos físicos resaltantes en el perfil del pastizal de reemplazo, corroboran que los factores formadores o modificadores del suelo, que han influido significativamente en la pedogénesis del sistema de reemplazo son, los organismos, el clima y el tiempo, ya que el material parental y el relieve se mantienen relativamente constantes. En el caso de los organismos, el hombre es el principal modificador, al propiciar el cambio de cobertura, que a su vez, conlleva cambios en la dinámica de otros organismos, dinámica hídrica (constituyente del clima) y el tiempo, desde cuando se dieron las transformaciones (edad pedogenética).

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- Los bosques y selvas húmedas de montaña han sido poco estudiadas en Colombia, por lo que el conocimiento de las relaciones ecosistémicas e hídricas es mínimo.
- La tala de estas selvas y su reemplazo por pastizales para ganadería genera cambios en los flujos de agua y sus efectos sobre el suelo, con consecuencias locales y regionales.
- Un efecto resaltante de la deforestación de la selva nublada, desde el punto de vista de la dinámica hídrica, está relacionado con la reducción de la potencialidad de capturar un volumen considerable de agua representado por la precipitación horizontal, que para el caso de este sector de la Selva Nublada de la Cuenca del Río Cusiana representa un mes adicional muy lluvioso.
- Los resultados encontrados, indican presencia de neblina a lo largo de todo el año salvo en dos semanas; una en febrero y otra en marzo. La precipitación horizontal media anual es ligeramente superior a la medida en la Selva nublada de La Mucuy en Mérida, Venezuela, con características fisiográficas similares.

- Evaluados los resultados de dinámica hídrica en ambos ecosistemas y teniendo en cuenta resultados de la otra localidad de los Andes con características similares (La Mucuy en Mérida, Venezuela), se pueden establecer similitudes en el comportamiento hídrico en la selva nublada; mientras que, en el pastizal del sector La Virgen en la Cordillera Oriental de Colombia, los resultados de Intercepción por el pastizal y la escorrentía superficial, difieren considerablemente, lo que hace presumir, por un lado la influencia de la cobertura del pastizal sobre la intercepción del agua precipitada, y por otro, las características edáficas del perfil del suelo sobre la escorrentía superficial.
- Las grandes diferencias entre la escorrentía del pastizal y la selva, inducen a pensar que las características del suelo han cambiado desde que se eliminó la selva, a través del manejo de rotación de potreros para ganadería de altura (35 años), y están influyendo aumentando la escorrentía superficial. Esta tendencia permite afianzar aún más las bondades de las selvas nubladas desde el punto de vista de la regulación hídrica superficial.
- Finalmente, se puede asegurar que la conversión de la selva nublada en pastizales, tiene un efecto negativo sobre la dinámica hídrica en cuanto a la escorrentía superficial, ya que desde el punto de vista ecosistémico

comparativo, nos permite observar la sustentabilidad de dicha escorrentía al interior de la selva, que se puede extrapolar a nivel cuenca, en una regulación de los flujos hídricos y estabilidad de laderas al no existir picos altos de escorrentía, al contrario de lo que sucede en los pastizales.

- Las investigaciones en selvas húmedas de montaña deberían incrementarse y multiplicarse en estudios de biodiversidad y dinámica de los ecosistemas, así como en análisis de impacto de los usos actuales y potenciales, particularmente debería prestársele mayor atención a las selvas nubladas del flanco Este de la Cordillera Oriental de Colombia, por un lado por la potencialidad de captación adicional de flujos hídricos por neblina y su regulación hídrica. Los estudios ejecutados hasta el momento son insuficientes en la generación de información base necesaria para formular planes de manejo integrales acordes con la sustentabilidad de estos ambientes de montaña y la reducción de riesgos geoclimáticos tanto a nivel local como regional, derivados en parte de la deforestación de los mismos.

6. BIBLIOGRAFIA

- Ataroff, M. 1998. Importance of cloud-water in Venezuelan Andean cloud forest water dynamics. Pp 25-28, En R.S Schemenauer y Bridgamn, (eds). Proceedings of the First International Conference on Fog Collection. IDRC, Ottawa.
- Ataroff, M. 2001. Bosques nublados del neotrópico. Venezuela. Pp. 397 – 442. En: Brown, A.D. y Kapelle, M. (eds). Bosques nublados del neotrópico. INBio, Costa Rica
- Ataroff, M. y Monasterio, M. 1997. Soil erosion under different management of coffee plantations in the Venezuelan Andes. Soil Technology 11:95-108
- Ataroff, M. y Rada, F. 2000. Deforestation impact on water dynamics in a Venezuelan Andean cloud forest. Ambio 29 (7):440-444.
- Ayarde, H. 2004. Hidrología en bosques subtropicales de montaña de Argentina. Taller Internacional de Dinámica Hídrica en Sistemas Neotropicales. ICAE – RICAS. Mérida.
- Baynton, H.W. 1969. The ecology of an elfin forest in Puerto Rico. 3. Hilltop and forest influences on the microclimate of Pico del Este. J. Arnold Arbor. 50:80-92.
- Belmonte y Mármol. 2002. La precipitación horizontal en un sector de Yungas de las serranías de Lesser – San Lorenzo (Salta – Argentina). Resúmenes III Reunión Regional de Selvas de Montaña:14-15. Jujuy.
- Brown, A. D., y Kapelle, M. 2001. Introducción a los bosques nublados del neotrópico. Una síntesis regional. Pp. 26, En: Brown, A.D. y Kapelle, M. (eds). Bosques nublados del neotrópico. Costa Rica, INBio.
- Bruijnzeel, L. A. y Hamilton, L. S. 2000. Decision time for cloud forests. IHP Humid Tropics Programme Series No 13. UNESCO, Paris. 40 p.
- Bruijnzeel, L. A. y Proctor, J. 1995. Hydrology and biochemistry of tropical montane cloud forests: What do we really know?. Pp 38-78. En: Hamilton, L.S.; Juvik, J.O. y Scatena, F. (eds). Tropical Montane Cloud Forests. Serie Ecológica 110, Nueva York, Springer-Verlag.

- Castaño, C. 1991. Bosque de niebla y hombre tradicional. Cap 7. Pag. 151-170 en Bosques de Niebla de Colombia. Banco de Occidente. Bogotá.
- Cavelier, J. 1991. El ciclo del agua en los bosques montanos. Cap 4. Pages 69-83 en Bosques de Niebla de Colombia. Banco de Occidente. Bogotá.
- Cavelier, J. y Goldstein, G. 1989. Mist and fog interception in elfin cloud forest in Colombia and Venezuela. *Journal of Tropical Ecology* 5:309-322.
- De Las Salas, G. y García, C. 2000. Balance hídrico bajo tres coberturas vegetales en la cuenca hidrográfica del Río San Cristóbal, Bogotá. Informe Técnico, Fondo FEN, Colombia.
- DNP. 1994. Política Forestal. DNP. Documento CONPES.
- Etter, A. 1998. Mapa General de Ecosistemas de Colombia Escala 1: 2'000.000. IAvH y PNUD, Bogotá.
- Fonseca, P. (Comp.). 2000. Esquema de ordenamiento territorial Municipio de Pajarito, Departamento de Boyacá. Corporinoquia / UPTC, Sogamoso.
- Hafkenschied, R. 2000, Hydrology and biogeochemistry of montane rain forests in the Blue Mountains, Jamaica. PhD Thesis, Amsterdam.
- Hafkenschied, L.L.J., L..A. Bruijzeel, y R.A.M. de Jeu. 1998. Estimates of fog interception by montane rain forest in the Blue Mountains of Jamaica. I Conference on fog and fog collection, Vancouver.
- Hamilton, L.S. 2001. Una campaña por los bosques nublados. Ecosistemas únicos y valiosos en peligro. Pp. 41–49, En: Brown, A.D. y Kapelle, M. (eds). Bosques nublados del neotrópico. INBio, Costa Rica.
- Hamilton, L. S., Juvik, J. O., y Scatena, F. N. 1995. Tropical Montane cloud forests. *Ecological studies* 10. Springer Verlag, Berlin.
- Holder, C. D. 1998. Fog precipitation in the Sierra de las Minas Biosphere Reserve, Guatemala. P.p: 101-103. I Conference on fog and fog collection proceedings. Vancouver.
- Hunzinger, H. 1995. La precipitación horizontal: su importancia para el bosque y a nivel de cuencas en la Sierra de San Javier, Tucuman, Argentina. Pp 53 – 58 en Brown, A.D, Grau, H. R (Eds). Investigación, Consevación y Desarrollo en las selvas subtropicales de montaña. Liey, UNT, Tucuman.

- Juvik, J.O., y Ekern, P.C. 1978. A climatology of mountain fog on Mauna Loa, Hawaii Island. Prepared for the office of water Research and Technology, Washington, by the Water Resources Center University of Hawaii, Honolulu., 70 pp.
- Juvik, J.O. y Nullet, D.. 1993. Relationships between rainfall, cloud-water interception, and canopy throughfall in a Hawaiian montane forest. Pp 102-114. En L. S. Hamilton, J.O. Juvik, and F.N. Scatena (eds) Tropical Montane Cloud Forest. East-West Center, Unesco, Usda, Honolulu.
- Kappelle, M. y Brown, A. D. 2001. Bosques nublados del neotrópico. INBio, Costa Rica.
- Lee, R. 1983. Ecosystem water balance. En: Mooney, H.A. y Godron, M. (eds): Disturbance and Ecosystems. Components of Response. Ecological studies 44. Springer-Verlag. Berlin.
- Monsalve, G. 1995. Hidrología en la ingeniería. Editorial Escuela Colombiana de Ingeniería, Segunda Edición, Bogotá, Colombia.
- Rodríguez, J. E. y Ballesteros, M. M. 1997. Diversidad biológica vegetal y funcionamiento del bosque alto andino circundante al Embalse del Neusa. (Cundinamarca). Informe final, Fondo FEN. Bogotá, Colombia.
- Schelleckens, J.; Bruijzeel, L.A.; Wickel, A.J.; Scatena, F.; Silver, W.L.1998. Interception of horizontal precipitation by elfin cloud forest in the Luquillo Mountains, Eastern Puerto Rico. I Conference on fog and fog collection proceedings. Vancouver.
- Schemenauer, R. y Cereceda, P., 1994. A proposed standard fog collector for use in high – elevation regions. J. Appl. Meteo.,33,1313 – 1322.
- Steinhardt, U. 1979. Untersuchungen über den Wasser- und Nährstoffhaushalt eines Andinen Wolkenwaldes in Venezuela. Gottinger Bodenkundliche Berichte 56: 1-185.
- Veneklaas, E. J. y Van Ek, R. 1990. Rainfall interception in two tropical montane rain forests, Colombia. Hydrological Processes 4:311 – 326.
- Vis, M. 1986. Interception, drop size distributions and rainfall kinetic energy in four Colombian forests ecosystems. Earth Surface Processes & Landforms 11:591 – 603

Vogelmann, H. W. 1973. Fog precipitation in the cloud forests of Eastern Mexico.
BioScience 23(2): 96 – 100.

ANEXO A

Tabla 1. Entradas al balance hídrico. Año 2002

Hoja 1 de 2

FECHA	Lluvia (mm)				S	Precipitación por neblina (mm)					P total (mm)
	Pluv.1	Pluv.2	Pluv.3	Prom.		Torre 1	Torre 2	Torre 3	Prom.	S	
Ene-08	1.9	1.9		1.9	0.00		0.2		0.2		
Ene-17	13.3	13.7		13.5	0.28		5.2		5.2		
Ene-23	3.9	3.9		3.9	0.00		6.2		6.2		
Ene-31	11.9	11.9		11.9	0.00		2.6		2.6		
Enero	31	31.4		31.2	0.28		14.2		14.2		45.4
Feb-07	12.6	12.8		12.7	0.14		1.8		1.8		
Feb-16	8	8		8	0.00		0.7		0.7		
Feb-23	0.2	0.2		0.2	0.00		0		0.0		
Mar-01	0.2	0.2		0.2	0.00		0.4		0.4		
Febrero	21	21.2		21.1	0.14		2.9		2.9		24.0
Mar-09	0	0		0	0.00		0		0.0		
Mar-16	120	124.6		122.3	3.25		2.7		2.7		
Mar-22	34	35.2		34.6	0.85		0.3		0.3		
Mar-31	17.3	17.3		17.3	0.00		2.5		2.5		
Marzo	171.3	177.1		174.2	4.10		5.5		5.5		179.7
Abr-07	68	69	65	67.3	2.08		5.5		5.5		
Abr-14	105	107	109	107.0	2.00		4.3		4.3		
Abr-24	115	115	112	114.0	1.73		7.2		7.2		
Abr-30	40	41	39	40	1.00		2.1		2.1		
Abril	328	332	325	328.3	3.51		19.1		19.1		347.4
May-08	66	65	62	64.3	2.08	8.6	10.7	5	8.1	2.9	
May-15	89.1	89	87	88.4	1.18	10.0	11.4	13.1	11.5	1.6	
May-24	60	61	59	60	1.00	2.5	6.1	10	6.2	3.8	
May-31	142.4	143.9	139	141.8	2.51	12.0	8.1	4.5	8.2	3.8	
Mayo	357.5	358.9	347	354.5	6.50	33.1	36.3	32.6	34.0	11.9	388.5
Jun-08	111.8	108.5	104	108.1	3.92	9.0	10.5	13.5	11.0	2.3	
Jun-15	105.3	107	97	103.1	5.35	4.4	5.2	6	5.2	0.8	
Jun-23	191.8	193.2	185	190	4.39	64.7	60	67	63.9	3.6	
Jun-30	241.5	244.3	233	239.6	5.88	99.1	70.5	88.7	86.1	14.5	
Junio	650.4	653	619	640.8	18.92	177.2	146.2	175.2	166.2	21.1	807.0

Tabla 1. Entradas al balance hídrico. Año 2002

Hoja 2 de 2

Jul-08	76.6	78	78.5	77.7	0.98	27.0	18	26	23.7	4.9	
Jul-15	61.5	63	61	61.8	1.04	13.5	7	10	10.2	3.2	
Jul-22	50	52	48	50.0	2.0	21.7	7	17	15.2	7.5	
Jul-31	163.6	163	165	163.9	1.0	35.9	17.2	28	27.0	9.4	
Julio	351.7	356	352.5	353.4	2.3	98.1	49.2	81	76.1	24.8	429.5
Ago-08	125	122.3	124	145.5	1.4	11.0	17	12.2	13.4	3.2	
Ago-15	214.6	210	199	207.9	8.0	15.0	22.2	18	18.4	3.6	
Ago-22	65	63	63	63.7	1.2	5.3	8.9	7.2	7.1	1.8	
Ago-31	70	72	71.5	71.2	1.0	4.0	5	5.2	4.7	0.6	
Agosto	474.6	467.3	457.5	488.3	11.6	35.3	53.1	42.6	43.7	8.9	532
Sep-08	65.0	67	65	65.7	1.2	2.6	5.1	4.7	4.1	1.3	
Sep-15	84.2	78	80.3	80.8	3.2	5.7	8.3	6.6	6.9	1.3	
Sep-22	141.5	128.2	130.3	133.3	7.2	2.0	3.7	3.7	3.1	1.0	
Sep-30	85.4	83.22	80.2	82.9	2.6	4.2	8.12	6.5	6.3	2.0	
Septiembre	376.1	356.42	355.8	362.8	11.6	14.5	25.22	21.5	20.4	5.4	383.1
Oct-08	35.4	34	34.5	34.6	0.7	1.0	2	1.8	1.6	0.5	
Oct-15	29.6	28.2	28	28.6	0.9	3.0	5	4	4.0	1.0	
Oct-22	7.7	7	7.42	7.4	0.3	2.5	3.2	3	2.9	0.4	
Oct-31	120.4	118	119.2	119.2	1.2	5.5	8.5	7.5	7.2	1.5	
Octubre	193.1	187.2	189.12	189.8	2.9	12.0	18.7	16.3	15.7	3.4	205.5
Nov-08	71.9	68.9	66.7	69.2	2.6	6.0	9.5	9	8.2	1.9	
Nov-15	49.2	47.2	49	48.5	1.1	9.0	12	12	11.0	1.7	
Nov-22	26.9	27	27	27.0	0.0	1.0	1	1.3	1.1	0.2	
Nov-30	6.9	6.5	6.7	6.7	0.2	0.8	0.7	0.7	0.7	0.1	
Noviembre	155.0	149.55	149.4	151.4	3.18497	16.8	23.2	23	21.0	3.6	172.4
Dic-08	0	0	0	0	0.0	1.3	2.6	2.9	2.3	0.9	
Dic-15	23.1	22	22.5	22.5	0.6	3.0	6	6	5.0	1.7	
Dic-22	30.8	29.1	30	30.0	0.8	9.0	7.5	9	8.5	0.9	
Dic-31	4.6	5	4.4	4.7	0.3	4.0	2	3.5	3.2	1.0	
Diciembre	58	56.1	56.9	57.2	1.2	17.3	18.1	21.4	19.0	2.2	76.2
Año 2002				3153					438		3591

Datos de la Investigación.

Tabla 2. Dinámica hídrica en el pastizal.

2

FECHA	PP (mm)	P efectiva pastizal						Intercepción %	Escorrentía					
		Canal 1	Canal 2	Canal 3	Prom. (mm)	S	%		Par.1	Par.2	Par.3	S	Prom.(mm)	%
Ene-09	1.9	0	0	0	0	0.0			0	0	0	0	0	
Ene-17	13.5	8.5	6.7	6.7	7.3	1.0			1.2	1.2	1.2	0.0	1.2	
Ene-23	3.9	0.8	0.8	0.8	0.8	0.0			0	0	0	0	0.0	
Ene-31	11.9	2.4	2.5	2.5	2.5	0.1			0	0	0.0	0.0	0.0	
Enero	31.2	11.6	9.9	10.0	10.5	1.0	33.7	66.3	1.2	1.2	1.3	0.0	1.2	4.0
Feb-07	12.7	4.8	3.6	4.2	4.2	0.6			0	0	0.6	0.3	0.2	
Feb-16	8	2.8	2.8	2.7	2.8	0.1			0.1	0	0.1	0.1	0.1	
Feb-23	0.2	0.0	0.0	0.0	0	0.0			0	0	0	0	0.0	
Mar-01	0.2	0.0	0.0	0.0	0	0.0			0	0	0	0	0.0	
Febrero	21.1	7.6	6.3	6.9	7.0	0.7	32.9	67.1	0.1	0	0.7	0.4	0.3	3.2
Mar-09	0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0			0	0	0	0	0.0	
Mar-16	122.3	48.9	65.0	69.2	61.1	10.7			4.3	3.1	3.7	0.6	3.7	
Mar-22	34.6	10.8	12.2	11.5	11.5	0.7			1.1	1.1	1.1	0.0	1.1	
Mar-31	17.3	6.7	6.1	5.9	6.2	0.4			0.2	0.2	0.1	0.0	0.2	
Marzo	174.2	66.4	83.3	86.6	78.8	10.8	45.2	54.8	5.6	4.4	4.9	0.6	5.0	5.6
Abr-07	67.3	26.5	27.0	26.5	26.7	0.3			4.2	3.4	3.8	0.4	3.8	
Abr-14	107.0	61.2	62.5	61.2	61.6	0.8			6.6	5.8	6.2	0.4	6.2	
Abr-24	114.0	63.1	64.3	63.1	63.5	0.7			8.6	7.8	8.2	0.4	8.2	
Abr-31	40	16.0	14.3	15.8	15.4	0.9			0.8	0.4	0.6	0.2	0.6	
Abril	328.3	166.8	168.1	166.6	167.1	0.8	50.9	49.1	20.2	17.4	18.9	1.4	18.8	5.8
May-08	64.3	27.0	32.2	28.1	29.1	2.7			3.8	3.6	3.7	0.1	3.7	
May-15	88.4	44.2	45.0	43.0	40.1	1.0			10.7	9.9	10.3	0.4	10.3	
May-24	60	28.9	27.5	28.0	28.1	0.7			1.5	1.1	1.3	0.2	1.3	
May-31	141.8	67.9	63.0	68.0	66.3	2.9			16.6	12.5	14.7	2.1	14.6	
Mayo	354.5	168.0	167.7	167.1	163.6	0.5	46.1	53.9	32.6	27.1	30.0	2.8	29.9	8.7
Jun-08	108.1	44.2	43.2	54.1	47.2	6.0			8.7	7.8	8.1	0.5	8.2	
Jun-15	103.1	43.2	40.5	39.6	41.1	1.9			7.9	7.2	7.4	0.4	7.5	
Jun-23	190	75.8	78.3	95.0	83.0	10.4			19.5	13.5	15.4	3.1	16.1	
Jun-30	239.6	66.0	119.8	61.5	82.4	32.4			20.3	19.0	19.7	0.7	19.6	
Junio	640.8	229.2	281.8	250.2	253.7	26.5	39.6	60.4	56.4	47.5	50.6	4.5	51.5	9.0

Tabla 2. Dinámica hídrica en el pastizal

Jul-08	77.7	38.9	33.2	25.0	32.4	7.0			12.6	10.8	12.0	0.9	11.8	
Jul-15	61.8	30.5	24.6	18.0	24.4	6.3			4.9	6.8	5.2	1.0	5.6	
Jul-22	50.0	25.0	17.8	12.5	18.4	6.3			4.2	7.9	6.2	1.9	6.1	
Jul-31	163.9	90.0	75.5	52.0	72.5	19.2			22.6	29.4	23.2	3.7	25.1	
Julio	353.4	184.4	151.1	107.5	147.7	38.6	41.8	58.2	44.3	54.9	46.6	5.6	48.6	13.8
Ago-08	145.5	75.6	62.7	52.5	66.3	11.6			38.5	42.8	40.2	2.1	40.5	
Ago-15	207.9	110.5	93.7	85.0	96.4	13.0			27.2	27.3	27.2	0.1	27.2	
Ago-22	63.7	31.0	23.2	17.5	23.9	6.8			11.7	14.5	12.7	1.4	13.0	
Ago-31	71.2	38.5	31.5	26.5	32.2	6.0			12.0	11.5	10.3	0.9	11.3	
Agosto	488.3	255.6	211.1	181.5	218.7	37.3	44.8	55.2	89.5	96.1	90.4	3.6	92.0	18.8
Sep-08	65.7	30.0	24.6	19.0	24.5	5.5			8.5	10.1	9.2	0.8	9.3	
Sep-15	80.8	37.6	33.5	30.0	33.7	3.8			15.0	16.3	20.9	3.1	17.4	
Sep-22	133.3	59.5	43.7	34.6	45.9	12.6			28.8	29.1	26.0	1.7	28.0	
Sep-30	82.9	38.5	29.7	23.6	30.6	7.5			14.7	13.2	19.0	3.0	15.6	
Septiembre	362.7	165.6	131.5	107.3	134.8	29.3	37.2	62.8	67.0	68.7	75.1	4.2	70.2	19.4
Oct-08	34.6	16.4	16.7	17.3	16.8	0.5			2.6	3.1	5.2	1.4	3.6	
Oct-15	28.6	12.9	12.5	11.0	12.1	1.0			2.9	4.1	3.3	0.6	3.4	
Oct-22	7.4	3.3	2.3	1.8	2.4	0.8			0.4	0.3	0.4	0.0	0.4	
Oct-31	119.2	47.5	35.8	29.1	37.5	9.3			13.4	14.3	18.8	2.9	15.5	
Octubre	189.8	80.1	67.3	59.1	68.8	10.5	36.2	63.8	19.2	21.8	27.6	4.3	22.9	12.1
Nov-08	69.2	22.7	29.4	31.1	27.8	4.4			9.5	9.4	9.2	0.1	9.4	
Nov-15	48.5	19.5	21.0	22.7	21.1	1.6			6.8	7.5	8.0	0.6	7.4	
Nov-22	27.0	4.5	6.2	8.4	6.5	1.9			5.6	5.4	5.3	0.1	5.4	
Nov-30	6.7	0.1	0.1	0.1	0.1	0.0			0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
Noviembre	151.4	46.9	56.7	62.4	55.4	7.8	36.6	63.4	21.9	22.3	22.5	0.3	22.2	14.7
Dic-08	0.0	0.0	0.0	0.0	0	0.0			0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
Dic-15	22.5	9.1	10.1	9.0	9.4	0.6			0.7	0.8	1.1	0.2	0.9	
Dic-22	30.0	9.0	9.5	11.0	9.8	1.0			1.1	2.2	3.5	1.2	2.3	
Dic-31	4.7	0.7	0.8	0.7	0.7	0.1			0.1	0.1	0.1	0.0	0.1	
Diciembre	57.2	18.8	20.4	20.7	19.89	1.0	34.8	65.2	1.9	3.1	4.7	1.4	3.2	5.6
Año 2002	3152.9				1325.9		42.1	58.0					366.3	11.6

Datos de la Investigación.

Tabla 3 Dinámica hídrica en la selva nublada (Hoja 1 de 2)

FECHA	P total mm	Precipitación Efectiva (Selva)						Inter. %	Escorrentía Superficial					
		Canal 1	Canal 2	Canal 3	S	Prom.	%		Parcela 1	Parcela 2	Parcela 3	Prom.(mm)	S	%
Ene-09	2.1	1.0	1.3	0.4	0.5	0.9	17.9	82.1	0	0	0	0.0	0.0	0
Ene-17	18.7	8.7	8.9		0.1	8.8	47.05	52.95	0.3	0.3	0.3	0.3	0.0	1.8
Ene-23	10.1	5	5.7		0.5	5.4	53.46	46.54	0.2	0.2	0.2	0.2	0.0	1.7
Ene-31	14.5	7.1	7.7		0.4	7.4	51	49	0	0	0	0.0	0.0	0
Enero	45.4	21.8	23.6		1.3	22.7	50.1	49.9	0.5	0.5	0.5	0.5	0.0	0.4
Feb-07	14.5	7.4	7.7	5.0	1.5	6.7	46.3	53.7	0.3	0.3	0.3	0.3	0.0	1.9
Feb-16	8.7	1.3	2.6	0.7	1.0	1.5	17.8	82.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0
Feb-23	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0	100	0	0	0	0.0	0.0	0
Mar-01	0.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0	100	0	0	0	0.0	0.0	0
Febrero	24	8.7	10.3	5.7	2.4	8.2	34.6	65.4	0.3	0.3	0.3	0.3	0.0	1.2
Mar-09	0	0	0	0	0.0	0.0	0	100	0	0	0	0.0	0.0	0
Mar-16	125		86.7	69.2	12.4	78.0	62.4	37.7	2.0	1.9	2.0	2.0	0.1	1.6
Mar-22	34.9		21.37	14.53	4.8	18.0	51.5	48.5	0.5	0.4	0.5	0.5	0.0	1.3
Mar-31	19.8		13.83	11.05	2.0	12.4	62.9	37.1	0.2	0.2	0.2	0.2	0.0	1.0
Marzo	179.7		121.9	94.78	19.2	108.3	60.3	39.7	2.6	2.5	2.7	2.6	0.1	1.5
Abr-07	72.8	37.42	35.71	36.1	0.9	36.4	48.5	51.5	0.8	0.8	0.8	0.8	0.0	1.0
Abr-14	111.3	78	65	92	13.5	78.3	65.9	34.2	1.8	1.8	1.8	1.8	0.0	1.5
Abr-24	121.2	87	75.2	69.1	9.1	77.1	57.7	42.3	1.8	1.9	1.9	1.9	0.1	1.5
Abr-30	42.1	8.3	8.41	8.1	0.2	8.3	47.5	52.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.0	1.2
Abril	347.4	210.72	184.32	205.3	13.9	200.1	61.2	38.9	4.8	4.9	5.0	4.9	0.1	1.4
May-08	72.4	32	33.38	36.185	2.1	33.9	50.0	50.0	1.0	1.0	1.0	1.0	0.0	1.5
May-15	99.9	52.55	50.91	71	11.2	58.2	58.6	41.4	1.9	1.8	1.9	1.9	0.1	1.9
May-24	66.2	24.84	26.34	38.12	7.3	29.8	47.5	52.5	0.6	0.6	0.6	0.6	0.0	1.0
May-31	150	85.02	92.42	123.65	20.5	100.4	68.5	31.5	1.7	1.7	1.7	1.7	0.0	1.2
Mayo	388.5	194.41	203.05	268.96	40.8	222.1	59.1	41.0	5.2	5.0	5.3	5.2	0.1	1.4
Jun-08	119.1	79.72	66.21	94.2	14.0	80.0	67.2	32.8	1.7	1.7	1.7	1.7	0.0	1.4
Jun-15	108.3	62.96	62.42	83.78	12.2	69.7	64.4	35.6	1.3	1.3	1.3	1.3	0.0	1.2
Jun-23	253.9	139.58	150.68	193.19	28.3	161.2	63.5	36.5	3.7	3.7	3.6	3.7	0.1	1.4
Jun-30	325.7	186.7	172.46	190.22	9.4	183.1	54.2	45.8	4.8	4.5	4.8	4.7	0.2	1.4
Junio	807.0	468.96	451.77	561.39	59.0	494.0	61.2	38.8	11.5	11.1	11.5	11.4	0.2	1.4

Tabla 3 Dinámica hídrica en la selva nublada

Jul-08	101.4	32	48.1	52.6	10.8	44.3	43.7	56.3	1.7	1.7	1.7	1.7	0.0	1.7
Jul-15	72	29	33	30	2.1	30.7	42.6	53.3	1.2	1.4	1.4	1.3	0.1	1.8
Jul-22	65.2	23.19	22.9	32.3	5.3	26.1	40.0	60.0	0.8	0.8	0.8	0.8	0.0	1.2
Jul-31	190.9	77.3	90.9	122	22.9	96.7	50.7	49.4	4.4	4.3	4.7	4.5	0.2	2.4
Julio	429.5	161.49	194.9	236.9	37.8	197.8	46.1	54.0	8.1	8.2	8.6	8.3	0.3	1.9
Ago-08	158.9	53.3	101.9	136.9	42.0	97.4	61.3	38.7	3.1	3.2	3.2	3.2	0.1	2.0
Ago-15	226.3	96.3	123.4	146.9	25.3	122.2	54.0	46.0	5.3	6.3	5.8	5.8	0.5	2.6
Ago-22	70.8	38.0	41.2	58.7	11.1	46.0	65.0	35.0	1.3	1.3	1.3	1.3	0.0	1.8
Ago-31	75.9	39.0	40.0	38.0	1.0	39.0	51.4	48.6	3.5	3.7	3.8	3.7	0.2	4.9
Agosto	531.9	226.6	306.5	380.5	77.0	304.5	57.2	42.8	13.2	14.5	14.1	13.9	0.7	2.6
Sep-08	69.8	36.0	35.0	38.0	1.5	36.3	52.0	48.0	1.3	1.1	1.2	1.2	0.1	1.7
Sep-15	87.7	50.4	60.5	70.7	10.2	60.5	69.0	31.0	3.2	1.3	2.3	2.2	1.0	2.5
Sep-22	136.4	56.0	76.0	82.0	13.6	71.3	52.3	47.7	3.2	1.2	2.2	2.2	1.0	1.6
Sep-30	89.2	50.7	44.0	64.8	10.6	53.2	59.6	40.4	2.1	2.0	1.9	2.0	0.1	2.2
Septiembre	383.1	193.0	215.5	255.5	31.7	221.3	57.8	42.2	9.8	5.6	7.6	7.6	2.1	1.9
Oct-08	36.2	16.9	17.9	23.0	3.3	19.3	53.3	46.7	0.9	0.7	0.8	0.8	0.1	2.2
Oct-15	32.6	11.0	13.2	20.5	5.0	14.9	46.0	54.0	0.7	0.7	0.6	0.7	0.0	2.1
Oct-22	10.3	1.6	1.7	3.0	0.8	2.1	20.4	79.6	0.1	0.1	0.1	0.1	0.0	1.0
Oct-31	126.4	53.3	60.0	82.1	15.1	65.1	51.5	48.5	3.2	2.8	2.2	2.7	0.5	2.1
Octubre	205.5	82.7	92.9	128.6	24.1	101.4	49.3	50.7	4.8	4.2	3.6	4.2	0.6	2.0
Nov-08	77.4	34.2	35.6	44.7	5.7	38.2	49.4	50.7	2.1	2.1	2.7	2.3	0.3	3.0
Nov-15	59.5	29.0	32.0	42.0	6.8	34.3	57.6	42.4	1.7	1.7	1.7	1.7	0.0	2.9
Nov-22	28.1	12.9	15.2	19.5	3.3	15.9	56.6	43.4	0.6	0.6	0.6	0.6	0.0	2.1
Nov-30	7.4	1.1	1.4	2.2	0.6	1.6	21.6	78.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Noviembre	172.4	77.3	84.1	108.4	16.4	89.9	52.1	47.9	4.4	4.4	5.0	4.6	0.4	2.7
Dic-08	2.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	100.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Dic-15	27.5	13.1	12.0	14.6	1.3	13.2	48.0	52.0	0.4	0.4	0.4	0.4	0.0	1.5
Dic-22	38.5	15.5	13.7	17.8	2.1	15.7	40.8	59.2	0.5	0.4	0.4	0.4	0.1	1.0
Dic-31	7.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	100.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Diciembre	76.2	28.6	25.7	32.4	3.4	28.9	37.9	62.1	0.9	0.8	0.8	0.8	0.1	1.0
AÑO 2002	3591					1999.2	55.7	44.3				64.3		1.79

Datos de la Investigación.

ANEXO B

PERFIL DEL SUELO DE LA SELVA NUBLADA

Localización	:	Municipio: pajarito / Sitio: La Virgen / Altitud: 2300 m
Pendiente	:	Gradiente: 50 – 60% / Longitud: larga / Forma: recta
Clima edáfico	:	Régimen de temperatura: isomésico / Régimen de humedad: údico
Erosión	:	Tipo: hídrica / Grado: moderada / Evidencias: formas arriñonadas, surcos
Drenajes	:	Interno: moderado / Externo: rápido / Natural: bien drenado
Profundidad efectiva	:	Moderadamente profundo, limitado por el estrato de roca.
Levantó	:	Agrólogo Luis Eduardo García Castellanos

CLASIFICACIÓN TAXONÓMICA: Typic Dystrudept	
03 – 00 cm O	Capa de raicillas y hojarasca fuertemente alteradas
00 – 13 A1	Color en húmedo pardo oscuro (10YR 3/3), textura arcillosa, con fragmentos de roca tipo cascajo de naturaleza sedimentaria, estructura en bloques subangulares finos y medios, de moderado grado de desarrollo, consistencia en húmedo friable, en mojado pegajosa y ligeramente plástica, muchos poros finos y gruesos, tubulares y continuos, pocas raíces gruesas, muchas finas y medias, vivas, distribuidas normalmente en los horizontes, poca actividad de macroorganismos, límite gradual y plano, p colorimétrico muy fuertemente ácido.
13 – 26 A2	Color en húmedo pardo amarillento (10YR 5/6), textura arcillosa con fragmentos de lutita en u 2%, estructura en bloques subangulares finos y medios con grado de desarrollo moderado, consistencia en húmedo friable, en mojado pegajosa y plástica, pocos poros gruesos, muchos finos, tubulares y continuos, pocas raíces gruesas, muchas finas y medias, vivas distribuidas normalmente en los horizontes, poca actividad de macroorganismos, límite claro y plano, p colorimétrico fuertemente ácido (5.5).
26 – 40 Bw1	Color en húmedo amarillo parduzco (10YR 6/6) con un 2% de moteados pardo grisáceo (2.5Y 5/2), textura arcillosa, con fragmentos de roca tipo cascajo de naturaleza lutítica en un 5%, estructura en bloques subangulares finos y medios con moderado grado de desarrollo, consistencia en húmedo friable, en mojado pegajosa y plástica, pocos poros gruesos, muchos finos, tubulares y continuos, frecuentes raíces finas y medias, vivas y muertas, distribuidas normalmente en los horizontes, poca actividad de macroorganismos, límite gradual y plano p colorimétrico fuertemente ácido.
40 – 60 Bw2	Color en húmedo pardo amarillento (10YR 5/6), con un 5% de moteados pardo amarillento claro (2.5Y 6/3), textura arcillosa, con fragmentos de roca tipo cascajo de naturaleza lutítica en un 5%, estructura en bloques subangulares finos y medios con débil grado de desarrollo, consistencia en húmedo friable, en mojado pegajosa y plástica, pocos poros gruesos, muchos finos, tubulares y discontinuos, muchas raíces finas, pocas gruesas, muertas, limitado su crecimiento por la roca, poca actividad de macroorganismos, límite abrupto y plano, p colorimétrico fuertemente ácido (5.5%).
60 – X R	Manto de lutitas carbonosas.

PERFIL DEL SUELO DEL PASTIZAL DE REEMPLAZO

Localización	:	Municipio: pajarito / Sitio: La Virgen / Altitud: 2350 m
Pendiente	:	Gradiente: 50 – 60% / Longitud: larga / Forma: recta
Clima edáfico	:	Régimen de temperatura: isomésico / Régimen de humedad: údico
Erosión	:	Tipo: hídrica / Grado: moderada / Evidencias: formas arriñonadas, surcos
Drenajes	:	Interno: lento / Externo: rápido / Natural: bien drenado
Profundidad efectiva	:	Superficial, limitada por el estrato de roca
Levantó	:	Agrólogo Luis Eduardo García Castellanos

CLASIFICACIÓN TAXONÓMICA: Typic Dystrudept	
00 – 03 cm AP	Color en húmedo pardo oscuro (7.5 YR 3/3), textura franco arcillosa, estructura granular fina, con grado débil de desarrollo, consistencia en húmedo friable, en mojado ligeramente pegajosa y ligeramente plástica, muchos poros finos, medios y gruesos, tubulares y continuos, pocas raíces gruesas, muchas finas y medias, vivas y de distribución normal en los horizontes, poca actividad de macroorganismos, límite claro y plano, p colorimétrico muy fuertemente ácido (5.0)
03 – 05 A	Color en húmedo gris parduzco claro (10YR 6/2), textura arcillosa, estructura en bloques subangulares finos y medios, con débil grado de desarrollo, consistencia en húmedo friable, en mojado pegajosa y plástica, pocos poros gruesos, tubulares y continuos, pocas raíces gruesas, muchas finas y medias, vivas, distribuidas normalmente en los horizontes, poca actividad de macroorganismos, límite claro y plano, p colorimétrico muy fuertemente ácido (5.0).
05 – 30 Bw	Color en húmedo pardo fuerte (7.5YR 5/6), con un 5% de moteados pequeños y claros de color rojo (2.5YR 5/8), textura franco arcillosa, estructura en bloques subangulares finos y medios con desarrollo moderado, consistencia en húmedo muy friable, en mojado pegajosa y ligeramente plástica, pocos poros finos y gruesos, tubulares y continuos, pocas raíces muy finas y gruesas, vivas, distribuidas normalmente en los horizontes, no hay actividad de macroorganismos, límite claro y plano, p colorimétrico muy fuertemente ácido.
30 – 48 C	Color en húmedo de la primera matriz rojo débil (2.5 YR (6/4), de la segunda matriz pardo (7.5YR 4/4), textura franco arcillosa, fragmentos subredondeados y laminares en un 80% fuertemente alterados de naturaleza lutítica, sin estructura, pocos poros gruesos, tubulares y continuos, pocas raíces muy finas y gruesas, vivas y muertas, distribuidas anormalmente recubriendo roca y grava, no hay actividad de macroorganismos, límite gradual y plano, p colorimétrico fuertemente ácido (5.5)
48 – 62 CR	Roca medianamente alterada
62 – x R	Manto de lutitas carbonosas

ANEXO C



UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA Y TECNOLÓGICA DE COLOMBIA
FACULTAD SECCIONAL SOGAMOSO
LABORATORIO DE SUELOS Y ROCAS

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE SUELOS POR TAMIZADO. - (I.N.V. E - 123)

PROYECTO: Efectos de la deforestación de la selva nublada sobre la dinámica hídrica y erosión en la cuenca del río Cusiana. Código DIN 4031024

Localización : Municipio pajarito-Boyaca

MUESTRA: Pastizal

SONDEO No : 1

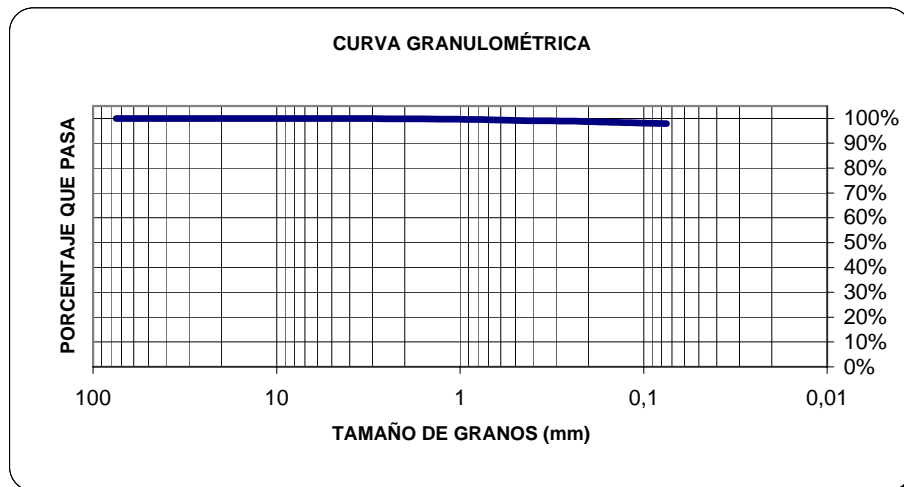
PROFUNDIDAD DE LA MUESTRA :

0-5 cm

FECHA : Marzo 2004

Peso de la muestra seca W_s (gr): 406,4

TAMIZ	DIÁM. (mm)	W RET. (g)	% RETENIDO	% RET. Acum	% QUE PASA
3"	75	0	0,000%	0,000%	100,000%
2"	50	0	0,000%	0,000%	100,000%
1 - 1/2 "	37,5	0	0,000%	0,000%	100,000%
1"	25	0	0,000%	0,000%	100,000%
3/4 "	19	0	0,000%	0,000%	100,000%
3/8 "	9,5	0	0,000%	0,000%	100,000%
4	4,75	0	0,000%	0,000%	100,000%
10	2	0,525	0,129%	0,129%	99,871%
20	0,84	1,325	0,326%	0,455%	99,545%
40	0,425	1,679	0,413%	0,868%	99,132%
60	0,25	0,921	0,227%	1,095%	98,905%
100	0,15	1,687	0,415%	1,510%	98,490%
200	0,075	2,177	0,536%	2,046%	97,954%
Fondo		398,086	97,954%	100,0%	0,000%
TOTAL		406,4	100,000%		



CLASIFICACIÓN : Suelo fino

Observaciones: Analizar limites de Atterberg



UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA Y TECNOLÓGICA DE COLOMBIA
FACULTAD SECCIONAL SOGAMOSO - ESCUELA DE INGENIERÍA GEOLÓGICA
LABORATORIO DE SUELOS Y ROCAS

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE SUELOS POR TAMIZADO. - (I.N.V. E - 123)

PROYECTO: Efectos de la deforestación de la selva nublada sobre la dinámica hídrica y erosión en la cuenca del río Cusiana. Código DIN 4031024

LOCALIZACIÓN : Municipio Pajarito-Boyaca

DESCRIPCIÓN DEL MATERIAL : Pastiza

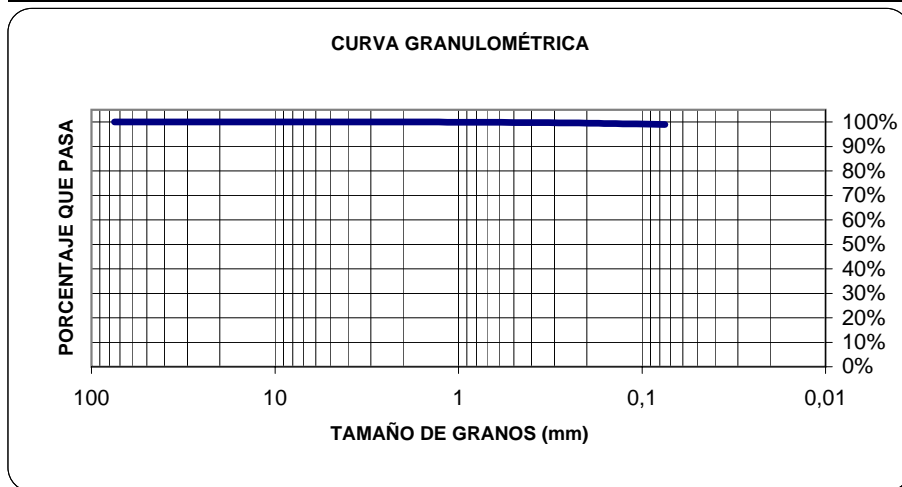
SONDEO No : 2

Profundidad de la Muestra: 5-30 cm

FECHA : Marzo 2004

Peso de la muestra seca W_s (gr): 613,59

TAMIZ	DIÁM. (mm)	W RET. (g)	% RETENIDO	% RET. Acum	% QUE PASA
3"	75	0	0,000%	0,000%	100,000%
2"	50	0	0,000%	0,000%	100,000%
1 - 1/2 "	37,5	0	0,000%	0,000%	100,000%
1"	25	0	0,000%	0,000%	100,000%
3/4 "	19	0	0,000%	0,000%	100,000%
3/8 "	9,5	0	0,000%	0,000%	100,000%
4	4,75	0	0,000%	0,000%	100,000%
10	2	0	0,000%	0,000%	100,000%
20	0,84	0,332	0,054%	0,054%	99,946%
40	0,425	0,749	0,122%	0,176%	99,824%
60	0,25	0,937	0,153%	0,329%	99,671%
100	0,15	1,712	0,279%	0,608%	99,392%
200	0,075	2,413	0,393%	1,001%	98,999%
Fondo		607,447	98,999%	100,0%	0,000%
TOTAL		613,59	100,000%		



CLASIFICACIÓN : Suelo Fino

Observaciones: Analizar limites de Atterberg



UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA Y TECNOLÓGICA DE COLOMBIA
FACULTAD SECCIONAL SOGAMOSO - ESCUELA DE INGENIERÍA GEOLÓGICA
LABORATORIO DE SUELOS Y ROCAS

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE SUELOS POR TAMIZADO. - (I.N.V. E - 123)

PROYECTO : Efectos de la deforestación de la selva nublada sobre la dinámica hídrica y erosión en la cuenca del río Cusiana. Código DIN 4031024

LOCALIZACIÓN : Minucipio Pajarito-Boyaca

DESCRIPCIÓN DEL MATERIAL : Pastiza

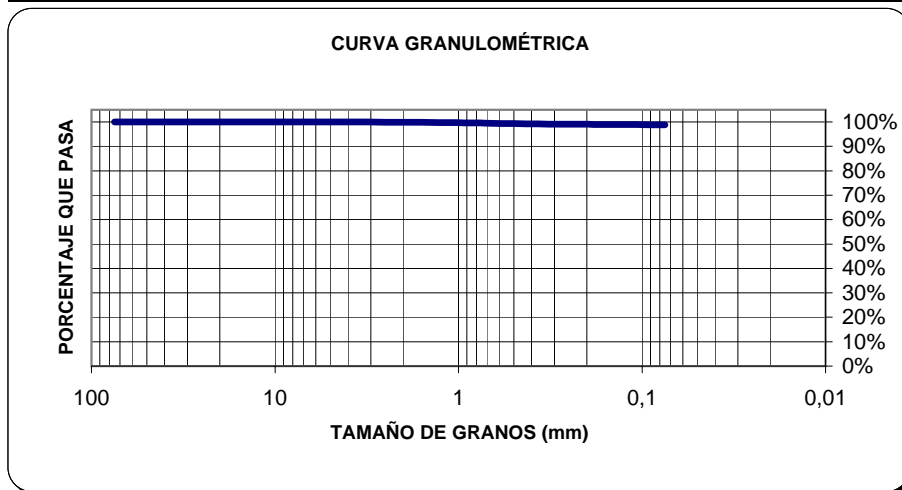
SONDEO No : 3

PROFUNDIDAD DE LA MUESTRA : 30 - 60 cm

FECHA : Marzo 2004

Peso de la muestra seca W_s (gr): 528,51

TAMIZ	DIÁM. (mm)	W RET. (g)	% RETENIDO	% RET. Acum	% QUE PASA
3"	75	0	0,000%	0,000%	100,000%
2"	50	0	0,000%	0,000%	100,000%
1 - 1/2 "	37,5	0	0,000%	0,000%	100,000%
1"	25	0	0,000%	0,000%	100,000%
3/4 "	19	0	0,000%	0,000%	100,000%
3/8 "	9,5	0	0,000%	0,000%	100,000%
4	4,75	0	0,000%	0,000%	100,000%
10	2	0,309	0,058%	0,058%	99,942%
20	0,84	1,812	0,343%	0,401%	99,599%
40	0,425	1,77	0,335%	0,736%	99,264%
60	0,25	0,658	0,125%	0,861%	99,139%
100	0,15	1,099	0,208%	1,069%	98,931%
200	0,075	0,654	0,124%	1,192%	98,808%
Fondo		522,208	98,808%	100,0%	0,000%
TOTAL		528,51	100,000%		



CLASIFICACIÓN : Suelo Fino

Observaciones: Analizar limites de Atterberg



UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA Y TECNOLÓGICA DE COLOMBIA
FACULTAD SECCIONAL SOGAMOSO - ESCUELA DE INGENIERÍA GEOLÓGICA
LABORATORIO DE SUELOS Y ROCAS

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE SUELOS POR TAMIZADO. - (I.N.V. E - 123)

PROYECTO : Efectos de la deforestación de la selva nublada sobre la dinámica hídrica y erosión en la cuenca del río Cusiana. Código DIN 4031024

LOCALIZACIÓN : Municipio Pajarito-Boyaca

DESCRIPCIÓN DEL MATERIAL : Bosque

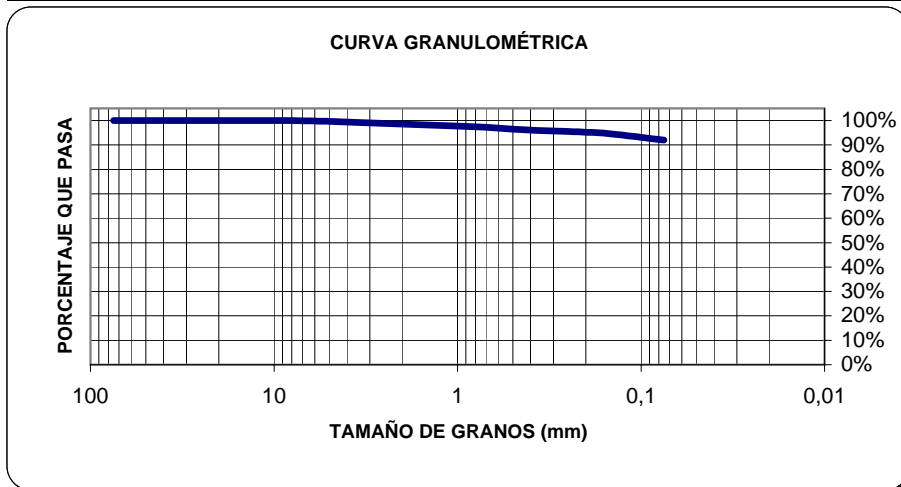
SONDEO No : 4

PROFUNDIDAD DE LA MUESTRA : 0-13 cm

FECHA : Marzo 2004

Peso de la muestra seca W_s (gr): 326,35

TAMIZ	DIÁM. (mm)	W RET. (g)	% RETENIDO	% RET. Acum	% QUE PASA
3"	75	0	0,000%	0,000%	100,000%
2"	50	0	0,000%	0,000%	100,000%
1 - 1/2 "	37,5	0	0,000%	0,000%	100,000%
1"	25	0	0,000%	0,000%	100,000%
3/4 "	19	0	0,000%	0,000%	100,000%
3/8 "	9,5	0	0,000%	0,000%	100,000%
4	4,75	1,201	0,368%	0,368%	99,632%
10	2	3,542	1,085%	1,453%	98,547%
20	0,84	3,401	1,042%	2,495%	97,505%
40	0,425	4,279	1,311%	3,807%	96,193%
60	0,25	2,001	0,613%	4,420%	95,580%
100	0,15	3,232	0,990%	5,410%	94,590%
200	0,075	8,429	2,583%	7,993%	92,007%
Fondo		300,265	92,007%	100,0%	0,000%
TOTAL		326,35	100,000%		



CLASIFICACIÓN : Suelo Fino

Observaciones: Analizar limites de Atterberg



UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA Y TECNOLÓGICA DE COLOMBIA
FACULTAD SECCIONAL SOGAMOSO - ESCUELA DE INGENIERÍA GEOLÓGICA
LABORATORIO DE SUELOS Y ROCAS

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE SUELOS POR TAMIZADO. - (I.N.V. E - 123)

PROYECTO: Efectos de la deforestación de la selva nublada sobre la dinámica hídrica y erosión en la cuenca del río Cusiana. Código DIN 4031024

LOCALIZACIÓN : Municipio Pajarito -Boyaca

DESCRIPCIÓN DEL MATERIAL :

BOSQUE

SONDEO No : 5

PROFUNDIDAD DE LA MUESTRA :

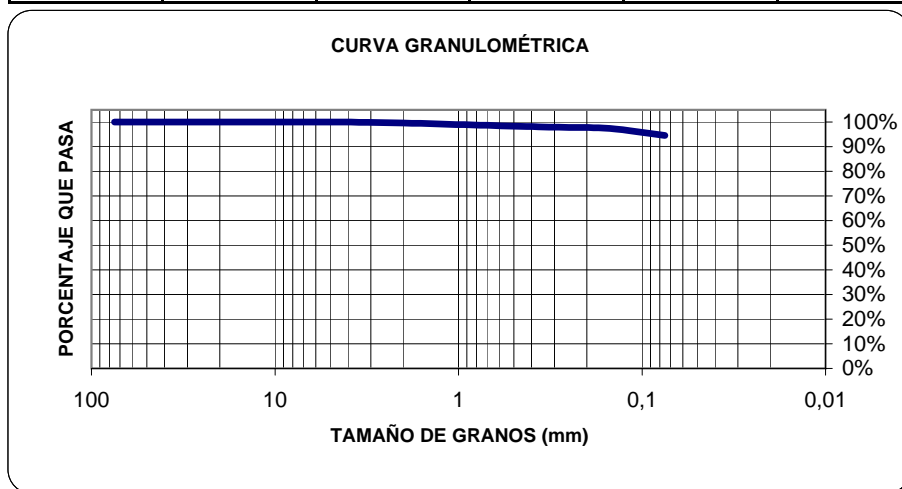
13-26 cm

FECHA :

Mar-04

Peso de la muestra seca W_s (gr): 313,65

TAMIZ	DIÁM. (mm)	W RET. (g)	% RETENIDO	% RET. Acum	% QUE PASA
3"	75	0	0,000%	0,000%	100,000%
2"	50	0	0,000%	0,000%	100,000%
1 - 1/2 "	37,5	0	0,000%	0,000%	100,000%
1"	25	0	0,000%	0,000%	100,000%
3/4 "	19	0	0,000%	0,000%	100,000%
3/8 "	9,5	0	0,000%	0,000%	100,000%
4	4,75	0	0,000%	0,000%	100,000%
10	2	1,205	0,384%	0,384%	99,616%
20	0,84	2,229	0,711%	1,095%	98,905%
40	0,425	2,281	0,727%	1,822%	98,178%
60	0,25	0,909	0,290%	2,112%	97,888%
100	0,15	1,505	0,480%	2,592%	97,408%
200	0,075	8,911	2,841%	5,433%	94,567%
Fondo		296,61	94,567%	100,0%	0,000%
TOTAL		313,65	100,000%		



CLASIFICACIÓN : Suelo Fino

Observaciones: Analizar limites de Atterberg



UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA Y TECNOLÓGICA DE COLOMBIA
FACULTAD SECCIONAL SOGAMOSO - ESCUELA DE INGENIERÍA GEOLÓGICA
LABORATORIO DE SUELOS Y ROCAS

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE SUELOS POR TAMIZADO. - (I.N.V. E - 123)

PROYECTO: Efectos de la deforestación de la selva nublada sobre la dinámica hídrica y erosión en la cuenca del río Cusiana. Código DIN 4031024

LOCALIZACIÓN : Municipio Pajarito-Boyaca

DESCRIPCIÓN DEL MATERIAL :

BOSQUE

SONDEO No : 6

PROFUNDIDAD DE LA MUESTRA :

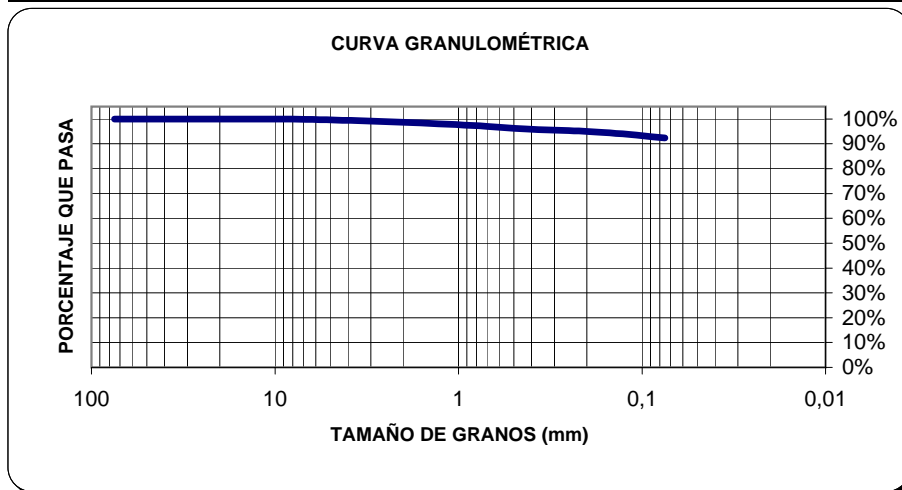
26-40 cm

FECHA :

Mar-04

Peso de la muestra seca W_s (gr): 441,7

TAMIZ	DIÁM. (mm)	W RET. (g)	% RETENIDO	% RET. Acum	% QUE PASA
3"	75	0	0,000%	0,000%	100,000%
2"	50	0	0,000%	0,000%	100,000%
1 - 1/2 "	37,5	0	0,000%	0,000%	100,000%
1"	25	0	0,000%	0,000%	100,000%
3/4 "	19	0	0,000%	0,000%	100,000%
3/8 "	9,5	0	0,000%	0,000%	100,000%
4	4,75	1,68	0,380%	0,380%	99,620%
10	2	3,856	0,873%	1,253%	98,747%
20	0,84	6,151	1,393%	2,646%	97,354%
40	0,425	6,102	1,381%	4,027%	95,973%
60	0,25	2,681	0,607%	4,634%	95,366%
100	0,15	4,035	0,914%	5,548%	94,452%
200	0,075	9,191	2,081%	7,629%	92,371%
Fondo		408,004	92,371%	100,0%	0,000%
TOTAL		441,7	100,000%		



CLASIFICACIÓN : Suelo Fino

Observaciones: Analizar limites de Atterberg



UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA Y TECNOLÓGICA DE COLOMBIA
FACULTAD SECCIONAL SOGAMOSO - ESCUELA DE INGENIERÍA GEOLÓGICA
LABORATORIO DE SUELOS Y ROCAS

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE SUELOS POR TAMIZADO. - (I.N.V. E - 123)

PROYECTO: Efectos de la deforestación de la selva nublada sobre la dinámica hídrica y erosión en la cuenca del río Cusiana. Código DIN 4031024

LOCALIZACIÓN : Municipio Pajarito -Boyaca

DESCRIPCIÓN DEL MATERIAL :

BOSQUE

SONDEO No : 7

PROFUNDIDAD DE LA MUESTRA :

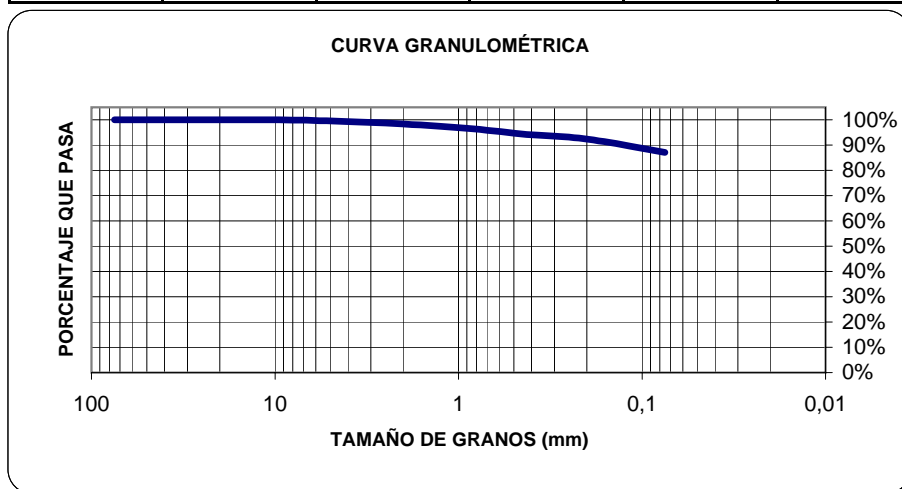
40-60 cm

FECHA :

Mar-04

Peso de la muestra seca W_s (gr): 417,11

TAMIZ	DIÁM. (mm)	W RET. (g)	% RETENIDO	% RET. Acum	% QUE PASA
3"	75	0	0,000%	0,000%	100,000%
2"	50	0	0,000%	0,000%	100,000%
1 - 1/2 "	37,5	0	0,000%	0,000%	100,000%
1"	25	0	0,000%	0,000%	100,000%
3/4 "	19	0	0,000%	0,000%	100,000%
3/8 "	9,5	0	0,000%	0,000%	100,000%
4	4,75	1,601	0,384%	0,384%	99,616%
10	2	4,789	1,148%	1,532%	98,468%
20	0,84	7,917	1,898%	3,430%	96,570%
40	0,425	9,838	2,359%	5,789%	94,211%
60	0,25	4,155	0,996%	6,785%	93,215%
100	0,15	9,039	2,167%	8,952%	91,048%
200	0,075	16,101	3,860%	12,812%	87,188%
Fondo		363,67	87,188%	100,0%	0,000%
TOTAL		417,11	100,000%		



CLASIFICACIÓN : Suelo Fino

Observaciones: Analizar limites de Atterberg
 UNIVERSIDAD PEDAGOGICA Y TECNOLOGICA DE COLOMBIA
 FACULTAD SECCIONAL SOGAMOSO

LOCALIZACION: Municipio Pajarito-Boyaca

PROYECTO: Efectos de la deforestación de la selva nublada sobre la dinámica hídrica y erosión

FECHA: Marzo de 2004

MUESTRA : PASTIZAL

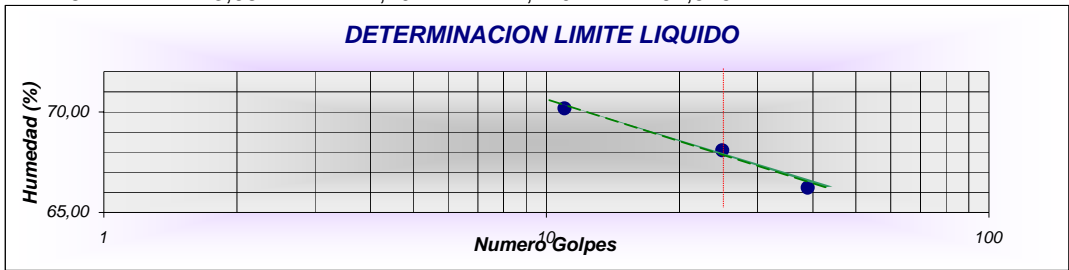
PROFUNDIDAD : 0 - 5 cm

LIMITE LIQUIDO

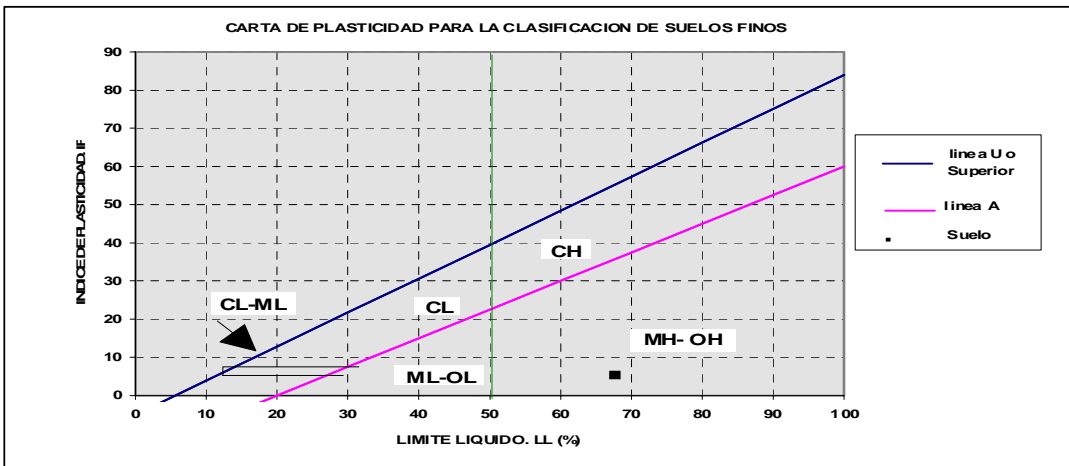
Recipiente No	Wrec+Suelo (grs)	wrec+Suelo S (grs)	Wrecipiente (grs)	No. Golpes	Humedad (%)
36	58,180	38,150	7,902	39	66,219
83	42,870	28,530	7,470	25	68,091
88	37,307	25,041	7,560	11	70,168

LIMITE PLASTICO

Recipiente No	Wrec+Suelo (grs)	wrec+Suelo S (grs)	Wrecipiente (grs)	Humedad (%)
84	13,682	11,291	7,470	62,575



LIMITE LIQUIDO (%): 68,16
 LIMITE PLASTICO (%): 62,58
 INDICE DE PLASTICIDAD: 5,58
 CLASIFICACION USC: MH



UNIVERSIDAD PEDAGOGICA Y TECNOLOGICA DE COLOMBIA
 FACULTAD SECCIONAL SOGAMOSO

LOCALIZACION: Municipio Pajarito-Boyaca

PROYECTO: Efectos de la deforestación de la selva nublada sobre la dinámica hídrica y erosión

FECHA: Marzo de 2004

MUESTRA : PASTIZAL

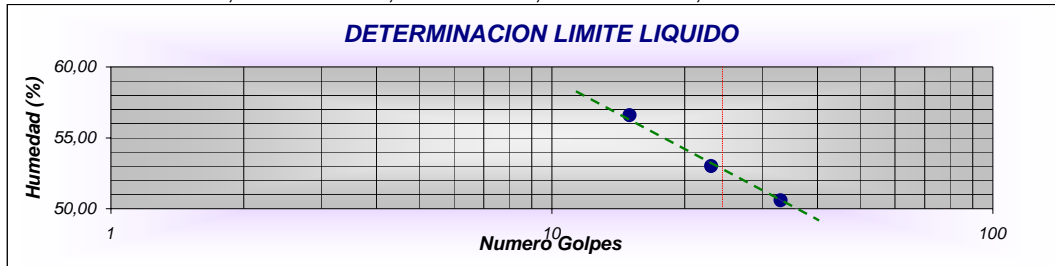
PROFUNDIDAD 5 - 30 cm

LIMITE LIQUIDO

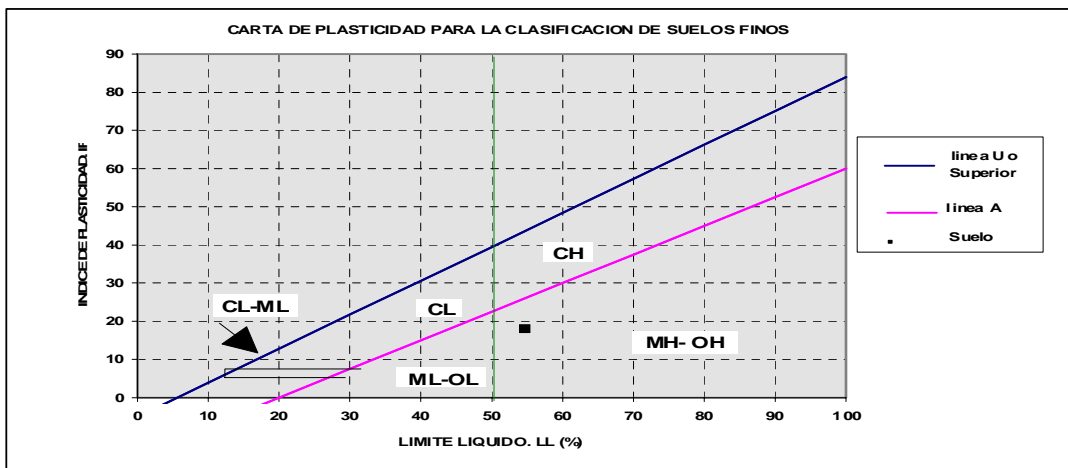
Recipiente No	Wrec+Suelo (grs)	wrec+Suelo S (grs)	Wrecipiente (grs)	No. Golpes	Humedad (%)
78	51,93	36,79	6,85	33	50,576
81	51,45	36,27	7,63	23	53,004
86	65,718	44,672	7,49	15	56,603

LIMITE PLASTICO

Recipiente No	Wrec+Suelo (grs)	wrec+Suelo S (grs)	Wrecipiente (grs)	Humedad (%)
76	25,428	20,71	6,84	34,00



LIMITE LIQUIDO (%): 53,39
 LIMITE PLASTICO (%): 34,00
 INDICE DE PLASTICIDAD: 19,40
 CLASIFICACION USC: MH



UNIVERSIDAD PEDAGOGICA Y TECNOLOGICA DE COLOMBIA
FACULTAD SECCIONAL SOGAMOSO

LOCALIZACION: Municipio Pajarito-Boyaca

PROYECTO: Efectos de la deforestación de la selva nublada sobre la dinámica hídrica y erosión

FECHA: Marzo de 2004

MUESTRA : PASTIZAL

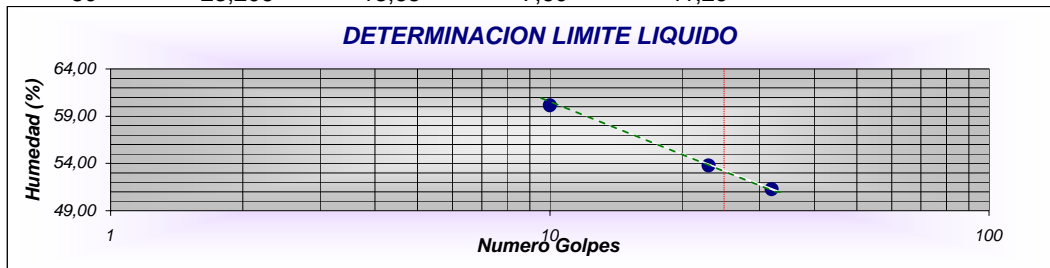
PROFUNDID/30 - 60 cm

LIMITE LIQUIDO

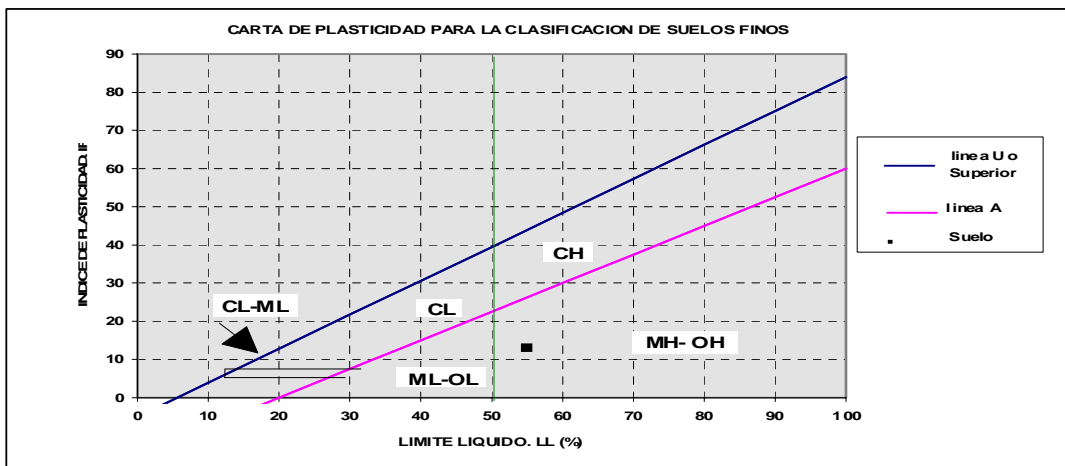
Recipiente No	Wrec+Suelo (grs)	wrec+Suelo S (grs)	Wrecipiente (grs)	No. Golpes	Humedad (%)
89	47,899	34,223	7,540	32	51,254
82	45,873	32,478	7,570	23	53,778
77	63,770	42,285	6,570	10	60,157

LIMITE PLASTICO

Recipiente No	Wrec+Suelo (grs)	wrec+Suelo S (grs)	Wrecipiente (grs)	Humedad (%)
80	23,206	18,65	7,60	41,29



LIMITE LIQUIDO (%): 55,06
 LIMITE PLASTICO (%): 41,29
 INDICE DE PLASTICIDAD: 13,77
 CLASIFICACION USC: MH



UNIVERSIDAD PEDAGOGICA Y TECNOLOGICA DE COLOMBIA
FACULTAD SECCIONAL SOGAMOSO

LOCALIZACION: Municipio Pajarito-Boyaca

PROYECTO: Efectos de la deforestación de la selva nublada sobre la dinámica hídrica y erosión

FECHA: Marzo de 2004

MUESTRA : BOSQUE

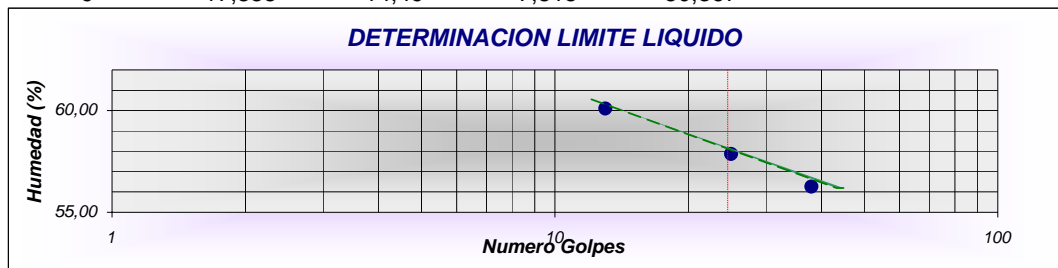
PROFUNDIDAD - 13 cm

LIMITE LIQUIDO

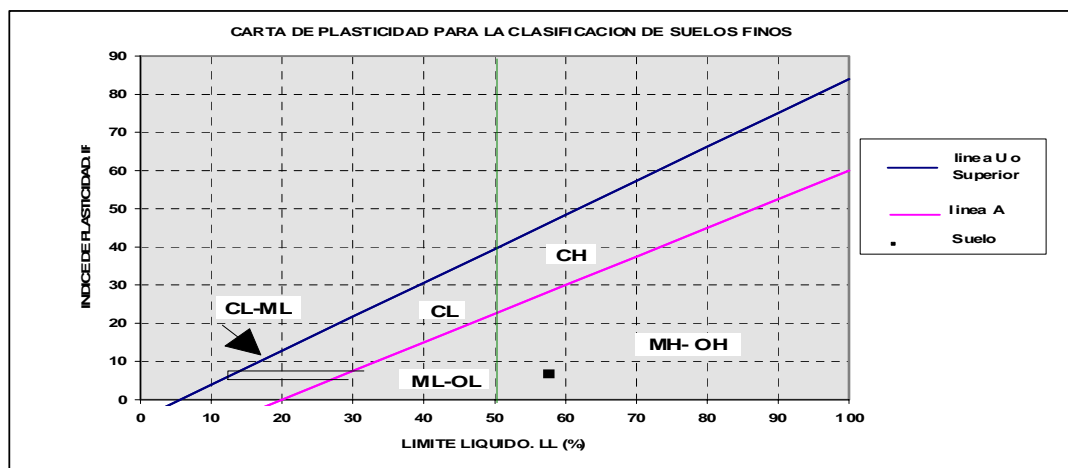
Recipiente No	Wrec+Suelo (grs)	wrec+Suelo S (grs)	Wrecipiente (grs)	No. Golpes	Humedad (%)
1	49,531	34,590	8,031	38	56,256
3	44,271	30,891	7,770	25	57,869
24	46,035	31,700	7,849	13	60,102

LIMITE PLASTICO

Recipiente No	Wrec+Suelo (grs)	wrec+Suelo S (grs)	Wrecipiente (grs)	Humedad (%)
9	17,855	14,49	7,815	50,367



LIMITE LIQUIDO (%): 58,08
 LIMITE PLASTICO (%): 50,37
 INDICE DE PLASTICIDAD: 7,71
 CLASIFICACION USC: MH



UNIVERSIDAD PEDAGOGICA Y TECNOLOGICA DE COLOMBIA
 FACULTAD SECCIONAL SOGAMOSO

LOCALIZACION: Municipio Pajarito-Boyaca

PROYECTO: Efectos de la deforestación de la selva nublada sobre la dinámica hídrica y erosión

FECHA: Marzo de 2004

MUESTRA : BOSQUE

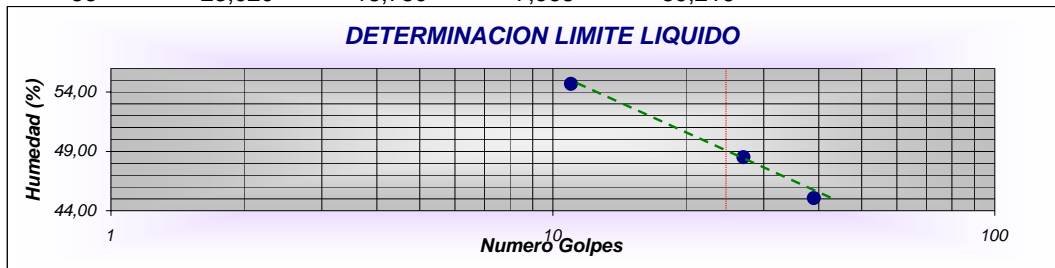
PROFUNDID/13 - 26 cm

LIMITE LIQUIDO

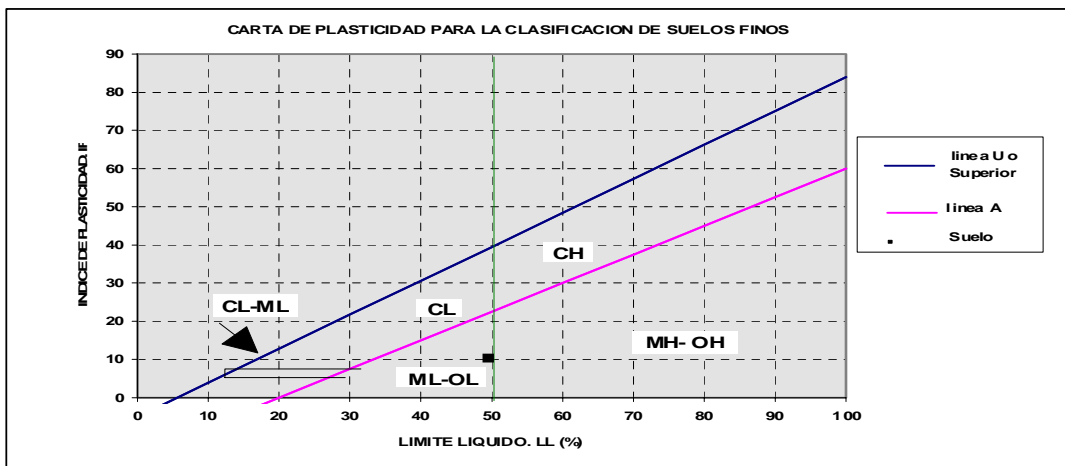
Recipiente No	Wrec+Suelo (grs)	wrec+Suelo S (grs)	Wrecipiente (grs)	No. Golpes	Humedad (%)
57	56,582	41,474	7,930	39	45,0394
54	55,537	39,974	7,889	27	48,5055
39	69,407	47,710	8,020	11	54,6662

LIMITE PLASTICO

Recipiente No	Wrec+Suelo (grs)	wrec+Suelo S (grs)	Wrecipiente (grs)	Humedad (%)
56	23,020	18,780	7,968	39,216



LIMITE LIQUIDO (%): 49,404
 LIMITE PLASTICO (%): 39,216
 INDICE DE PLASTICIDAD: 10,188
 CLASIFICACION USC: ML - OL



UNIVERSIDAD PEDAGOGICA Y TECNOLOGICA DE COLOMBIA
 FACULTAD SECCIONAL SOGAMOSO

LOCALIZACION: Municipio Pajarito-Boyaca

PROYECTO: Efectos de la deforestación de la selva nublada sobre la dinámica hídrica y erosión

FECHA: Marzo de 2004

MUESTRA : BOSQUE

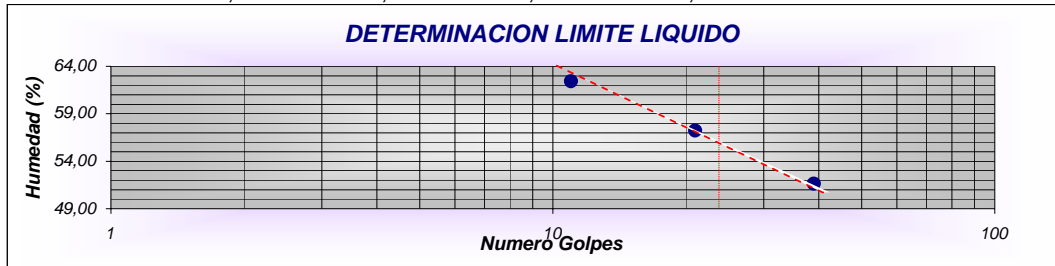
PROFUNDID/26 - 40 cm

LIMITE LIQUIDO

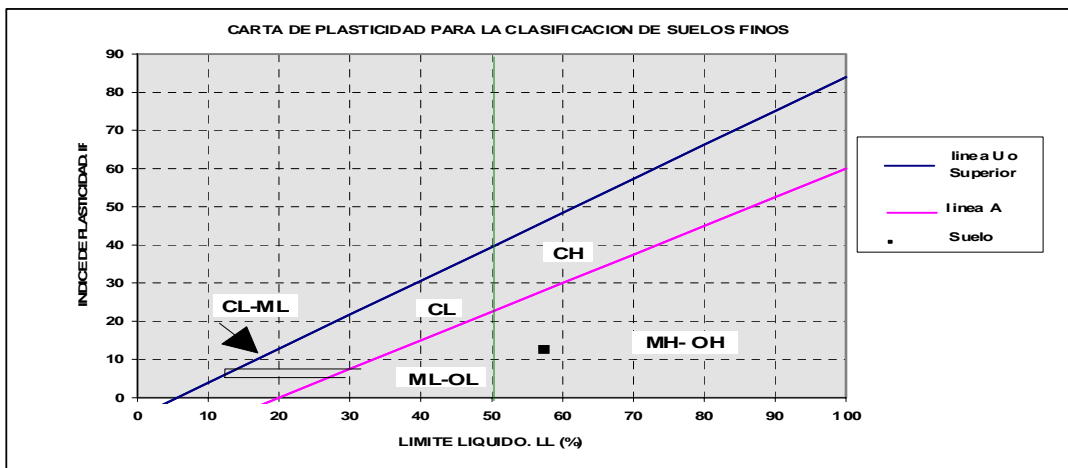
Recipiente No	Wrec+Suelo (grs)	wrec+Suelo S (grs)	Wrecipiente (grs)	No. Golpes	Humedad (%)
5	65,171	45,695	7,972	39	51,629
19	67,183	45,595	7,869	21	57,223
65	73,881	48,475	7,776	11	62,424

LIMITE PLASTICO

Recipiente No	Wrec+Suelo (grs)	wrec+Suelo S (grs)	Wrecipiente (grs)	Humedad (%)
30	25,822	20,265	7,900	44,941



LIMITE LIQUIDO (%): 57,09
 LIMITE PLASTICO (%): 44,94
 INDICE DE PLASTICIDAD: 12,15
 CLASIFICACION USC: MH



UNIVERSIDAD PEDAGOGICA Y TECNOLOGICA DE COLOMBIA
 FACULTAD SECCIONAL SOGAMOSO

LOCALIZACION: Municipio Pajarito-Boyaca

PROYECTO: Efectos de la deforestación de la selva nublada sobre la dinámica hídrica y erosión

FECHA: Marzo de 2004

MUESTRA : BOSQUE

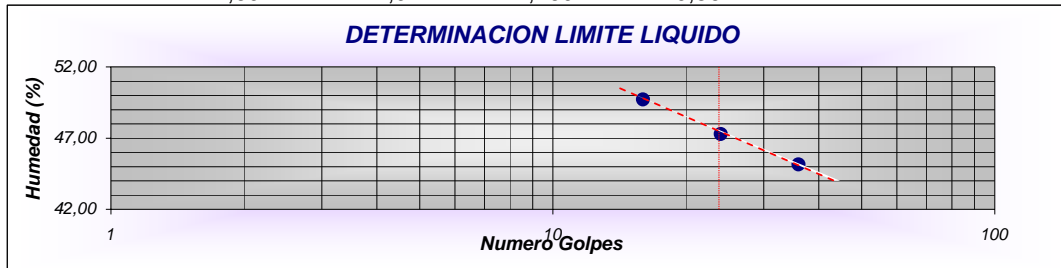
PROFUNDIDAD/40 - 60 cm

LIMITE LIQUIDO

Recipiente No	Wrec+Suelo (grs)	Wrec+Suelo S (grs)	Wrecipiente (grs)	No. Golpes	Humedad (%)
29	71,335	51,599	7,873	36	45,136
49	70,770	50,620	7,995	24	47,273
8	72,741	51,180	7,805	16	49,708

LIMITE PLASTICO

Recipiente No	Wrec+Suelo (grs)	Wrec+Suelo S (grs)	Wrecipiente (grs)	Humedad (%)
27	27,691	21,91	7,769	40,861



LIMITE LIQUIDO (%): 47,37
 LIMITE PLASTICO (%): 40,86
 INDICE DE PLASTICIDAD: 6,51
 CLASIFICACION USC: ML - OL

