

***INFLUENCIA DE LA VEGETACION EN LA REGULACION DE CAUDALES
EN LAS MICROCUENCAS DEL RIO BERMEJAL, Y QUEBRADA EL
VERDE, CUENCA ALTA DEL RIO BOBO, MUNICIPIO DE PASTO***

***WILTON BURBANO
MIRIAM GUAPUCAL***

***UNIVERSIDAD DE NARIÑO
FACULTAD CIENCIAS AGRICOLAS
PROGRAMA INGENIERIA AGROFORESTAL
SAN JUAN DE PASTO
2001***

***INFLUENCIA DE LA VEGETACION EN LA REGULACION DE CAUDALES
EN LAS MICROCUENCAS DEL RIO BERMEJAL, Y QUEBRADA EL
VERDE, CUENCA ALTA DEL RIO BOBO, MUNICIPIO DE PASTO***

***WILTON BURBANO
MIRIAM GUAPUCAL***

***Tesis de Grado como requisito parcial para optar al titulo de
INGENIERO AGROFORESTAL***

***Directora de Tesis
LUZ AMALIA FORERO***

***UNIVERSIDAD DE NARIÑO
FACULTAD CIENCIAS AGRICOLAS
PROGRAMA INGENIERIA AGROFORESTAL
SAN JUAN DE PASTO
2001***

“Las ideas y conclusiones aportadas en la Tesis de Grado, son de responsabilidad exclusivas de sus autores”

Artículo 1ª del acuerdo 324 de Octubre 11 de 1966, emanado del Honorable Consejo Directivo de la Universidad de Nariño.

NOTA DE ACEPTACION

Presidente del Jurado

Jurado

Jurado

San Juan de Pasto, agosto 24 de 2001

DEDICATORIA

*MIS PADRES
MIS HERMANOS
MI ESPOSA
MIS HIJAS
MIS SOBRINOS
MIS AMIGOS*

WILTON BURBANO MELO

DEDICATORIA

*MI MADRE, ROSITA
MI PADRE, SEGUNDO
MIS HERMANOS
MIS SOBRINOS*

MIRIAM GUAPUCAL CUASANCHIR

AGRADECIMIENTOS

Luz Amalia Forero I.F. Esp.
Lucio Legarda I.A M. Sc.
Jorge Navia I.A M. Sc.
Orlando Benavides I.A. M. Sc.
Héctor Ramiro Ordoñez I.F. Esp.
Leonor Martínez Sierra Lic. Esp.
Martha Sofía Gonzales Bióloga M. Sc.
María Eugenia Vallejo Funcionaria CORPONARIÑO

A la Facultad de Ciencias Agrícolas. Universidad de Nariño.

A todas las personas que de una u otra forma contribuyeron a la realización de este trabajo.

CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCION	1
1. MARCO TEORICO	3
1.1 ESTUDIO DE LA VEGETACION ARBOREA	3
1.1.1 ENFOQUES GENERALES	3
1.1.1.1 Enfoque botánico	3
1.1.1.2 Enfoque ecológico	4
1.1.1.3 Enfoque estructural o fisionómico	4
1.1.2 CARACTERISTICAS DE LA VEGETACION	4
1.1.2.1 Aspectos cuantitativos	5
1.1.2.1.1 Abundancia y densidad	5
1.1.2.1.2 Cobertura o grado de cubierta	7
1.1.2.1.3 Biomasa y productividad	7
1.1.2.1.4 Indice de diversidad	7
1.1.2.1.5 Dominancia	8
1.1.2.2 Aspectos cualitativos	8
1.1.2.2.1 Composición florística	8
1.1.2.2.2 Sociabilidad	9
1.1.2.2.3 Fisionomía	9
1.1.2.2.4 Estructura en el espacio	9

1.1.2.2.4.1 Estructura vertical	10
1.1.2.2.4.2 Estructura horizontal	10
1.1.3 Inventario Forestal	12
1.1.3.1 Definición	12
1.1.3.2 Planificación de un inventario	12
1.1.3.3 Diseño del muestreo y parámetros estadísticos	14
1.1.3.3.1 Premuestreo	14
1.1.3.3.2 Tamaño y forma de las unidades muestrales	15
1.1.3.4 Métodos de muestreo	16
1.1.3.4.1 Muestreo aleatorio	16
1.1.3.4.2 Muestreo sistemático	16
1.1.3.4.3 Muestreo estratificado	16
1.1.3.4.4 Muestreo por bloques	17
1.2 EL CICLO HIDROLOGICO	17
1.2.1 Definición	17
1.2.2 Precipitación	19
1.2.3 Infiltración	21
1.2.4 Almacenamiento de agua en el suelo (AS)	21
1.2.5 Escorrentía	22
1.2.6 Evapotranspiración	23
1.3 CAUDAL	26
1.4 BALANCE HIDRICO	26

2. MATERIALES Y METODOS	29
2.1 MATERIALES	29
2.2 METODOLOGIA	30
2.2.1 Composición florística y estructura del bosque	30
2.2.2 Determinación de las características hidrogeológicas y biofísicas de las Microcuencas en estudio	36
2.2.3 Metodología para determinar balance hídrico	36
3. RESULTADOS Y DISCUSION	39
3.1 COMPOSICION FLORISTICA Y ESTRUCTURA DEL BOSQUE NATURAL DE LAS MICROCUENCAS RIO BERMEJAL Y QUEBRADA DEL VERDE	39
3.1.1 Características fisiológicas	39
3.2 CARACTERIZACION BIOFISICA E HIDROGEOLOGICA DE LAS MICROCUENCAS RIO BERMEJAL Y QUEBRADA EL VERDE, CUENCA ALTA DEL RIO BOBO	74
3.3 BALANCE HIDRICO	102
3.4 ANALISIS DE LA INFLUENCIA DE LA COBERTURA VEGETAL EN LA REGULACION DE CAUDALES	108
3.4.1 Influencia de la vegetación sobre la precipitación	108
3.4.2 Influencia de la vegetación en la evapotranspiración	110
3.4.3 Coeficiente de escurrimiento	111
3.4.4 Influencia de la vegetación sobre la infiltración	112
3.4.5 Almacenamiento de agua	113

4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	117
4.1 CONCLUSIONES	117
4.2 RECOMENDACIONES	119
BIBLIOGRAFIA	121
ANEXOS	124

LISTA DE CUADROS

		pág.
<i>Cuadro 1</i>	<i>Escala de abundancia y correspondencia con valores de densidad</i>	5
<i>Cuadro 2</i>	<i>Indice de diversidad de Shannon y Weaver</i>	6
<i>Cuadro 3</i>	<i>Composición por clase de altura de árboles y matorrales según varios autores</i>	9
<i>Cuadro 4</i>	<i>Ficha hídrica</i>	29
<i>Cuadro 5</i>	<i>Especies registradas en el Bosque Primario, microcuenca quebrada El Verde</i>	31
<i>Cuadro 6</i>	<i>Escala de densidad, Bosque Primario, microcuenca quebrada El Verde</i>	31
<i>Cuadro 7</i>	<i>Especies registradas en el Bosque Secundario microcuenca quebrada el Verde</i>	32
<i>Cuadro 8</i>	<i>Escala de densidad. Bosque Secundario microcuenca quebrada El Verde</i>	33
<i>Cuadro 9</i>	<i>Especies registradas en el Bosque Primario, microcuenca río Bermejál.</i>	33
<i>Cuadro 10</i>	<i>Escala de densidad, Bosque Primario microcuenca río Bermejál.</i>	34
<i>Cuadro 11</i>	<i>Especies registradas en el Bosque Secundario microcuenca río Bermejál</i>	35
<i>Cuadro 12</i>	<i>Escala de densidad, Bosque Secundario, microcuenca río Bermejál.</i>	36
<i>Cuadro 13</i>	<i>Importancia ecológica de las especies arbóreas del Bosque Primario, microcuenca quebrada El Verde.</i>	37
<i>Cuadro 14</i>	<i>Importancia ecológica de las especies arbóreas del Bosque Secundario, microcuenca quebrada El Verde</i>	38

<i>Cuadro 15</i>	<i>Importancia ecológica de las especies arbóreas del Bosque Primario, microcuenca río Bermejál</i>	39
<i>Cuadro 16</i>	<i>Importancia ecológica de las especies arbóreas del Bosque Secundario, microcuenca río Bermejál</i>	40
<i>Cuadro 17</i>	<i>Composición florística bosque primario. Microcuenca río Bermejál, quebrada El Verde.</i>	42
<i>Cuadro 18</i>	<i>Composición florística bosque secundario. Microcuenca río Bermejál, quebrada El Verde.</i>	43
<i>Cuadro 19</i>	<i>Clasificación de altura según Cain Castro</i>	49
<i>Cuadro 20</i>	<i>Clasificación de altura según Cain Castro</i>	49
<i>Cuadro 21</i>	<i>Clasificación de altura según Cain Castro</i>	50
<i>Cuadro 22</i>	<i>Clasificación de altura según Cain Castro</i>	50
<i>Cuadro 23</i>	<i>Uso actual del suelo microcuencas río Bermejál y quebrada El Verde</i>	67
<i>Cuadro 24</i>	<i>Cálculo de la ETP por Thornthwaite, Estación Botana, período 1979 – 2000.</i>	81
<i>Cuadro 25</i>	<i>Cálculo de la balance hídrico por Thornthwaite, Estación Botana, período 1979 – 2000.</i>	82

LISTA DE FIGURAS

		Pág.
<i>Figura 1</i>	<i>Ciclo Hidrológico</i>	14
<i>Figura 2</i>	<i>Elementos del balance hídrico y su influencia en la generación de caudales. Según Hewlett, 1982</i>	21
<i>Figura 3</i>	<i>Estructura Horizontal, Bosque Primario, microcuenca quebrada El Verde.</i>	45
<i>Figura 4</i>	<i>Estructura Horizontal, Bosque Primario, quebrada El Verde.</i>	46
<i>Figura 5</i>	<i>Estructura Horizontal, Bosque Secundario, microcuenca río Bermejál.</i>	47
<i>Figura 6</i>	<i>Estructura Horizontal, Bosque Secundario, quebrada El Verde</i>	48

LISTA DE MAPAS

		Pág.
<i>Mapa 1</i>	<i>División político Administrativo, Cuenca Alta del río Bobo.</i>	52
<i>Mapa 2</i>	<i>Sectorización hidrográfica Cuenca Alta del río Bobo.</i>	53
<i>Mapa 3</i>	<i>Pendiente microcuenca río Bermejál.</i>	55
<i>Mapa 4</i>	<i>Pendiente microcuenca quebrada El Verde</i>	56
<i>Mapa 5</i>	<i>Hidrografía microcuenca río Bermejál.</i>	57
<i>Mapa 6</i>	<i>Hidrografía microcuenca quebrada El Verde</i>	58
<i>Mapa 7</i>	<i>Geología microcuenca río Bermejál.</i>	61
<i>Mapa 8</i>	<i>Geología microcuenca quebrada El Verde</i>	62
<i>Mapa 9</i>	<i>Geomorfología microcuenca río Bermejál.</i>	63
<i>Mapa 10</i>	<i>Geomorfología microcuenca quebrada El Verde</i>	64
<i>Mapa 11</i>	<i>Uso actual del suelo microcuenca río Bermejál</i>	68
<i>Mapa 12</i>	<i>Uso actual del suelo microcuenca quebrada El Verde</i>	69
<i>Mapa 13</i>	<i>Uso potencial del suelo microcuenca río Bermejál.</i>	71
<i>Mapa 14</i>	<i>Uso potencial del suelo microcuenca quebrada El Verde.</i>	72

LISTA DE GRAFICAS

		Pág.
<i>Gráfica 1</i>	<i>Valores máximos, medios y mínimos de temperatura.</i>	74
<i>Gráfica 2</i>	<i>Valores totales mensuales de precipitación.</i>	74
<i>Gráfica 3</i>	<i>Valores medios mensuales de Humedad Relativa.</i>	75
<i>Gráfica 4</i>	<i>Valores totales mensuales de brillo solar.</i>	75
<i>Gráfica 5</i>	<i>Valores totales mensuales de evaporación.</i>	76
<i>Gráfica 6</i>	<i>Valores medios mensuales de recorrido del viento.</i>	76

RESUMEN

El presente trabajo brindó la posibilidad de determinar la influencia de la vegetación en la regulación de caudales de las microcuencas río Bermejil y quebrada el Verde, Cuenca Alta del río Bobo, mediante el conocimiento de aspectos cuantitativos de la vegetación como (Abundancia y densidad, dominancia, diversidad y frecuencia) y aspectos cualitativos como composición florística y estructura en el espacio. Para determinar las características hidrogeológicas y biofísicas se recurrió a la información de los planes de manejo ambiental existentes en CORPONARIÑO y al Plan de Ordenamiento Territorial del municipio.

El Balance Hídrico es determinado a partir de análisis de componentes como precipitación, evaporación, de dos estaciones Botana y río Bobo.

Este balance demuestra que esta zona por la cantidad de materia orgánica y profundidad efectiva del suelo (1,50 m) almacena una gran cantidad de agua, lo que hace calcular que si se mantiene estables estos bosques se presentará una oferta constante de agua, de lo contrario este influirá en su cantidad y calidad.

En cuanto a la influencia de la vegetación en la regulación de caudales se realizó un análisis cualitativo al respecto con el fin de determinar como influye la vegetación en cada uno de los componentes del ciclo hidrológico, teniendo como base estudios hechos por López (1994) y CORPONARIÑO (1995).

Esto se demuestra que los bosques juegan un papel importante ya que es allí donde se dinamiza y garantiza la permanencia de este vital recurso.

ABSTRAC

This investigation offers the possibility of determining the vegetation's influence on volume of water in Bermejál microriverbaoin and quebrada El Verde inside the río Bobo riverbaoin, by means of the knowledge about the forest quantitative aspects like abundance, density, dominance, diversity and frequency, and qualitative aspects like floral composition and structure in the space.

To determine hydrogeological and biophysical characteristics it was assisted by the information of the environmental management plans, wich are in CORPONARIÑO, and the POT (Plan de ordenamiento territorial) territorial organization plan por Pasto city.

The water balance is determined by the analysis of the components like precipitation and evaporation registered in Botana and río Bobo meteorological stations.

Due to the amount of organicmaterial and the effective soil deep (1.5 meters) the balance shows that it keeps a great deal of water. It gest to the conclusion that if the forest keeps itself steadily it will preserve a great volume of water, on the contrary there will be an influence related with the quantity and the quality as well.

With regard to the vegetation's influence on the volumeowater regulation a quality analysis was done to determine the influence of the vegetation in every constituent of the hidrological cyde based on the studiesmade by Lopez 1994 and CORPONARIÑO 1995. This shows that the forests play an important role because it's there, where the water stays and energices itself.

INTRODUCCION

En 1998 la comisión sobre el desarrollo sostenible que asigna prioridad al recurso hídrico de la Asamblea General de las Naciones Unidas, instó a los gobiernos a que tomen en cuenta la función de los ecosistemas en el suministro de recursos de agua dulce y mejoren su conocimiento de la disponibilidad y variabilidad del recurso hídrico.

El artículo 202 del Código de los Recursos Naturales considera a los bosques como básicos para la protección de las aguas y los suelos, a la vez que es componente fundamental por ser hábitat de especies de fauna y flora de importancia científica y comercial por ello estamos obligados a conservarlos, su gran capacidad almacenadora permite el yacimiento de numerosos ríos que surten no solo acueductos sino también embalses para proyectos hidroeléctricos y distritos de riego.

La cuenca Alta del río Bobo representa para el municipio de Pasto una de sus principales alternativas en cuanto a reserva de agua, su vegetación brinda la oportunidad de desarrollar estudios que contribuyan a la protección del recurso hídrico.

Una de las entidades interesadas en adelantar este tipo de proyectos y de mayor presencia en la zona es EMPOPASTO que administra en forma racional esta cuenca para asegurar el abastecimiento de agua en el futuro.

2. FORMULACION DEL PROBLEMA

Considerando los objetivos planteados en esta investigación se formula el siguiente problema:

Desconocimiento de estudios sobre la importancia del bosque, de la restauración de la vegetación para la regulación hídrica.

No se aplican, metodologías acordes al entorno, por lo que este estudio valida esas metodologías.

3. DEFINICION Y DELIMITACION DEL PROBLEMA

Pese a que Colombia es reconocida internacionalmente como uno de los países con mayor riqueza en recursos hídricos del mundo, y hasta hace pocos lustros no se consideraban que existiera problemas significativos de abastecimiento para los diferentes usos de la población, los crecimientos en los consumos, la deforestación y la escasa gestión sobre las cuencas y manejo de los recursos naturales han hecho emerger cada vez con mayor evidencia problemas de disponibilidad, incluyendo las limitaciones por calidad, desabastecimiento y racionamiento en un número cada vez mayor de municipios del país, con sus consecuentes efectos nocivos sobre la calidad de vida de la población y las actividades económicas.

Lo anterior determina que ciertos aprovechamientos como los acueductos, que se abastecen en general de los ríos, quebradas y arroyos cercanos no cuentan con programas de conservación, cuantificación de las áreas boscosas y su función dentro del suministro de agua, como tampoco regulación y manejo de los recursos, de ahí que sea necesario conservar los pocos reservorios de agua que quedan.

4. OBJETIVOS

4.1 OBJETIVO GENERAL

Determinar la influencia de la vegetación en la regulación de los caudales en las microcuencas: río Bermejál, y quebrada El Verde.

4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- *Determinar la composición florística y estructura del bosque natural en las microcuencas en estudio.*
- *Determinar las características hidrogeológicas y biofísicas.*
- *Determinar el balance hidrológico de las microcuencas en estudio.*
- *Analizar la influencia de la cobertura vegetal en la regulación de caudales en el área de estudio.*

5. MARCO TEORICO

5.1 ESTUDIO DE LA VEGETACION ARBOREA

Para el Ministerio de Transporte y Obras Públicas de España MTOPE (1994), el objetivo principal al estudiar la vegetación es definir patrones reales o comunidades vegetales. En el estudio de la vegetación arbórea, las comunidades vegetales se fija en la composición florística en su estructura y en su distribución y disposición espacial.

La estructura de la vegetación se define como la organización en el espacio de los individuos que forman una muestra.

5.1.1 Enfoques generales

Según MTOPE (1994) la importancia del estudio de la vegetación depende del uso que se le dé a la información obtenida, por lo cual se adopta tres enfoques básicos en el estudio de la cubierta vegetal:

5.1.1.1 Enfoque botánico *Estudia la flora y su valor en el estudio del medio se deriva de contar con la conformación sobre características del medio con respecto a las relaciones entre ciertas especies.*

5.1.1.2 Enfoque ecológico. Clasifica la vegetación en grupos o comunidades que tienen en común un mismo hábitat y su relación de una especie con el medio.

5.1.1.3 Enfoque estructural o fisionómico. Se basa en la apariencia externa de las plantas y las comunidades, se fundamenta en el estudio de la estructura o arquitectura comunitaria, que está definida por el ordenamiento en sentido horizontal y vertical de sus componentes (Rangel *et al.* , 1997).

5.1.2 Características de la vegetación

Según MTOPE (1994), el enfoque estructural o fisionómico considera que el inventario de la vegetación debe incluir aspectos cualitativos y cuantitativos que ayuden a su caracterización.

Los aspectos cuantitativos comprenden las características siguientes:

- Abundancia y densidad.
- Cobertura o grado de cubierta.
- Biomasa y productividad primaria.
- Dominancia.
- Diversidad.

Para MTOPE (1994), los aspectos cualitativos se fundamentan en los rasgos fisionómicos y funcionales de las especies o comunidades vegetales y comprenden características tales como:

- *Composición florística.*
- *Sociabilidad.*
- *Vitalidad.*
- *Fisionomía.*
- *Estructura espacial.*
- *Dinámica sucesional.*

5.1.2.1 Aspectos cuantitativos

5.1.2.1.1 Abundancia y Densidad. *La abundancia se refiere a una estimación del número de individuos de cada especie presentes, expresado en términos relativos, así se habla de especies raras, escasas, frecuentes y abundantes. (MTOPE, 1994).*

La densidad es el número de individuos en un área determinada y se estima a partir del conteo del número de individuos en un área dada (Matteucci y Colma, citados por Pantoja, 1999).

En el Cuadro 1 se presenta la escala de abundancia propuesto por varios autores y su correspondencia más o menos aproximada con valores de densidad.

Cuadro 1: Escala de abundancia y correspondencia con valores de densidad

CLASE	TASLEY Y CHIPP (1926)	BRAUN – BLANQUET (1932)	HANSON Y LOVE (1930)	BOCHER (1933)	HANSON (1934)	No. INDIVIDUOS POR m²
1	Rara (r)	Muy escasa	Muy escasa	Rara	Escasa	1 – 4
2	Ocasional (o)	Escasa	Escasa	Poco	Poco	5 – 14
3	Frecuente (f)	No numerosa	Poco	común	frecuente	15 – 29
4	Abundante (a)	Numerosa	frecuente	Frecuente	Frecuente	30 – 99
5	Muy abundante (va)	Muy numerosa	Frecuente Abundante	Común Muy común	Abundante Muy abundante	>100

Fuente: Ministerio de Transporte y Obras Públicas de España, 1994.

5.1.2.1.2 Cobertura o grado de cubierta. MTOPE (1994). El grado de cubierta es un parámetro con mayor significado ecológico que la abundancia, a esta estimación conjunto de abundancia y grado de cubierta es lo que llamó Braun – Blanquet “Magnitud de las especies”, pero Guinochel, lo traduce de la siguiente manera:

5. Para especies dominantes.
 4. Para especies muy abundantes.
 3. Para especies abundantes.
 2. Para la especie poco abundante.
 1. Para la especie simplemente presente.
- r* Para la especie rara.

5.1.2.1.3 Biomasa y productividad. Matteucci y Colma (1982) definen este parámetro como la cantidad de material vegetal que contiene un bosque por unidad de superficie, expresado en peso de materia seca, en calorías o en g, de carbono.

5.1.2.1.4 Índice de diversidad. Según Rangel *et al.*, (1997), la diversidad se refiere a las especies presentes en una comunidad y de otro modo, a la variedad de especies presentes y la abundancia relativa de cada uno de ellas.

Para medir la diversidad se ha elaborado varios índices entre ellos, el índice de Shannon – Weaver que da preferencia a las especies dominantes y el índice Simpson que da preferencia a las especies comunes.

*Indice de Shannon – Weaver $H' = - \sum (pi * \ln pi)$, donde $pi = ni/N$, es una relación de riqueza.*

ni = número de individuos encontrados de una especie.

N = número total de individuos.

Los medios de diversidad se clasifican de la siguiente manera, según Paredes y Vallejo, citado por Pantoja (1999):

Clasificación	Índice biológico de diversidad
<i>Óptimo</i>	3,6 – 5,0
<i>Bueno</i>	3,0 – 3,5
<i>Aceptable</i>	2,5 – 3,9
<i>Inadecuado</i>	– 2,4
<i>Muy mala</i>	4

Fuente: Paredes y Vallejo, citado por Pantoja, (1999).

5.1.2.1.5 Dominancia. *Para Matteucci y Colma (1982), la dominancia es una indicación de la abundancia relativa de una especie, la dominancia puede estimarse con base a las variables de abundancia por unidad de superficie.*

En las ciencias forestales la dominancia se mide en función al área basal de las especies.

En especies leñosas el área basal, es el área de la sección del tronco a la altura de 1.30 cm. del suelo (Matteucci y Colma, 1982).

5.1.2.2 Aspectos cualitativos

5.1.2.2.1 Composición florística *Braun – Blanquet, citados por MTOPE (1994) han elaborado un sistema de clasificación de la composición florística total de una porción de*

vegetación donde se expresa la relación entre tipos de vegetación y éstos con el ambiente, se habla así de: *Especies características, Especies diferenciales y acompañantes.*

5.1.2.2.2 Sociabilidad. *Hace referencia a la forma como las especies se encuentran organizadas en una comunidad, ya que éstas no se distribuyen aleatoriamente (MTOPE, 1994).*

Braun – Blanquet, citados por MTOPE (1994), estableció una sola escala dividida en cinco clases:

5. *Especies reunidas en formaciones generalmente puras.*
4. *Especies reunidas en pequeñas colonias.*
3. *Especies reunidas en haces.*
2. *Especies reunidas en grupos.*
1. *Especies aisladas.*

5.1.2.2.3 Fisionomía. *Fosberg, citado por MTOPE (1994), define como la apariencia externa de la vegetación y aunque en partes es el resultado de aspectos funcionales y estructurales, no debe confundirse con ellas.*

5.1.2.2.4 Estructura en el espacio. *De acuerdo a Rangel et al., (1997) son características relacionadas con la distribución espacial de la biomasa. La estructura en el espacio se puede definir a través de dos componentes:*

5.1.2.2.4.1 Estructura vertical. *Es la distribución de las especies en capas o estratos. Algunos autores este concepto lo ha definido en clases de alturas de árboles y matorrales, que se indican a continuación, (Cuadro 2).*

5.1.2.2.4.2 Estructura horizontal MTOPE (1994) *define como la distribución de los individuos que confieren en un espacio para cada especie y para la vegetación como un todo; depende de la morfología del tipo de vegetación existente.*

*Este mismo autor definió tres tipos de vegetación: **Vegetación cerrada**, cuando los diferentes individuos tienen contacto unos con otros; **Vegetación abierta**: cuando existe un espacio entre los individuos y **Vegetación dispersa**, cuando hay gran cantidad de terreno sin vegetación entre los individuos de la comunidad*

5.1.3 Inventario forestal

5.1.3.1 Definición *Husch (1971), los inventarios forestales suelen considerarse como un sinónimo de la estimación de la cantidad de madera de un bosque. El inventario forestal trata de describir la cantidad y calidad de los árboles de un bosque y muchas de las características de la zona de terreno donde crecen tales árboles.*

El objetivo principal de un inventario forestal es obtener información sobre ciertos parámetros forestales para fines de planificación y manejo forestal. El manejo intensivo requiere de datos detallados sobre: volumen, incrementos y superficie del bosque, volumen aprovechable y su distribución por especies (Douber, 1995).

Cuadro 2. Composición por clases de altura de árboles y matorrales según varios autores

<i>Altura En metros</i>	<i>Raunkjaer (1934)</i>	<i>Küchler (A) (1949)</i>	<i>Dansereau (1951)</i>	<i>Caín y Castro (1959)</i>	<i>Küchler (B) (1967)</i>
35	<i>Mega</i>		<i>Aa</i>		<i>Clase 8</i>
30		<i>A Alto</i>	<i>Arboles altos</i>	<i>Estrato de árboles altos</i>	<i>Clase 7</i>
25					
20	<i>Meso</i>	<i>M Medio</i>	<i>AM Arboles medios</i>	<i>Estrato de árboles intermedios</i>	<i>Clase 6</i>
15					
10					
8			<i>Ab Arboles bajos</i>		
				<i>Arboles bajos</i>	<i>Clase 5</i>
5	<i>Micro</i>	<i>B Bajo</i>	<i>Ma Matorral alto</i>	<i>Matorrales altos</i>	<i>Clase 4</i>
3					
2					
	<i>Nano</i>	<i>Matorral</i>	<i>Mm Matorral medio</i>	<i>Matorrales medios</i>	<i>Clase 3-2-1</i>
1		<i>Matas</i>	<i>Mb Matorral bajo</i>		

Fuente: Ministerio de Transporte y Obras Públicas de España (1994).

El mismo autor señala que lo que debe definir un inventario forestal es la naturaleza de la información básica que debe suministrar. Generalmente son temporales, económicos y procedimentales, información caracterizada para el logro de los objetivos; área de inventariación y los fines a que se destinen los resultados de la información.

5.1.3.2 Planificación de un inventario Según Lema (1994), todo proceso basado en muestreo, para dar garantías de su eficiencia requiere la formulación de un plan que tenga metas prioritarias, las posibilidades de error y escasez informativa y obtener la información al menor costo posible.

El mismo autor considera que la planificación exige considerar cierto número de cuestiones que pueden incluirse en los inventarios u omitirse dependiendo de la importancia. Entre estos están:

- *Compilación y estudio de los datos existentes en la zona, como también los reconocimientos ya efectuados, informes, mapas o fotografías.*
- *Zona que es objeto de estudio.*
- *Clasificación forestal, que permite subdividir al bosque en clases o estratos.*
- *Parámetros que expresan la cantidad de madera (volumen de madera, peso, número de árboles, etc.).*
- *Unidades de medida en que se expresan los parámetros a medir (sistema métrico preferiblemente).*
- *Clases de tamaño y sus límites. Ejemplo: Medidas como Diámetro a la altura del pecho (D.A.P), altura, forma, volumen y número de árboles/unidad superficie.*

- *Límites de error de los parámetros a calcular en función de los errores de muestra permisibles de la probabilidad.*
- *Mapas que podrán escogerse por tipos y escala exacta.*
- *Tiempo disponible para la realización del inventario ya que influye en modo análogo a los fondos. Es por eso necesario un cronograma que defina la temporalidad de las actividades.*

La siguiente fase de decisión del tipo de inventario y estimación de su costo se plantea en los siguientes puntos:

- *Personal calificado, técnico, obreros y demás colaboradores.*
- *Materiales y equipo de oficina.*
- *Instrumentos técnicos de trabajo en campo y oficina.*
- *Gastos de adquisición de fotografías aéreas, mapas, etc.*
- *Elaboración de datos.*
- *Formularios de campo y su costo.*
- *Preparación del informe final.*
- *Procedimientos de medición en el campo.*
- *Calcular y compilar la información.*

5.1.3.3 Diseño del muestreo y parámetros estadísticos

5.1.3.3.1 Premuestreo *Da clave precisa para un buen inventario, su primera labor es verificadora en múltiples instancias y correctoras en otras. Un buen premuestreo deberá fijar las pautas estadísticas con un buen nivel de aproximación (Lema, 1994)*

En la mayoría de los estudios de vegetación no es operativo enumerar y medir todos los individuos de una comunidad, para ello hay que realizar muestreos de la misma y estimar el valor de los parámetros de la población (Douber, 1995).

Matteucci y Colma (1982) considera que las unidades muestrales deben satisfacer tres requisitos indispensables:

- a. Debe distinguirse claramente.*
- b. Las reglas de inclusión y exclusión del material vegetal a medir debe de establecerse y ser estudiados durante la obtención de los datos.*
- c. Una vez seleccionada la forma y tamaño deben mantenerse tan uniforme como sea posible a lo largo del trabajo.*

5.1.3.3.2 Tamaño y forma de las unidades muestrales *Douber (1995) establece que para decidir el tamaño de la muestra se utiliza la relación entre la superficie muestreada y la superficie total, escogiéndose como tamaño de la muestra un porcentaje de la superficie total.*

En algunos estudios se ha partido de parcelas que normalmente son de 10 m x 100 m o de 20 m x 500 m, depende de las circunstancias del terreno por lo que puede ser definido en diferente forma. La importancia es que el tamaño de las parcelas no deben variar en el mismo inventario en el caso de parcelas fijas.

Freese, citado por Lema (1994) propuso una fórmula para determinar el tamaño de la muestra.

$$n = \frac{t^2 x (CV)^2}{E^2 + \frac{t^2 x (CV)^2}{N}}$$

Donde: $t = t$ de student o probabilidad

$CV =$ Coeficiente de variación

$N =$ Tamaño o población total

$n =$ Tamaño de la parcela

La forma de las unidades muestrales se realizan tradicionalmente en forma rectangular, sin embargo, éste se relaciona con el patrón de las especies y con la forma de los machones. La consideración más importante es el efecto de borde, por ello es conveniente seleccionar formas con menor relación perímetro – superficie (Matteucci y Colma, 1982).

5.1.3.4 Métodos de muestreo A continuación se enuncian los métodos más importantes que en diferentes estudios se ha aplicado en inventarios forestales (Husch, 1971) y (Lema, 1994):

5.1.3.4.1 Muestreo aleatorio Consiste en ubicar las muestras o unidades muestrales al azar. En este caso, cada unidad de población tiene igual probabilidad de formar parte de la muestra, la que resulta óptimamente representativa (Matteucci y Colma, 1982) y (Husch, 1971).

Una muestra aleatoria se obtiene así: En un mapa de la zona se coloca puntos al azar sobre un sistema de coordenadas, tomando los valores de una tabla de números aleatorios. Esta técnica es útil para ubicar muestras en una región o una zona extensa (Matteucci y Colma, 1982).

5.1.3.4.2 Muestreo sistemático Para Husch (1971) este sistema se basa en la medición de las características forestales por medio de unidades de muestreo distribuidos con arreglo a un modelo fijo.

El diseño correspondiente es una distribución regular con distancias iguales entre las unidades de muestreo.

5.1.3.4.3 Muestreo estratificado La estratificación es una zonificación del bosque con el objetivo de conseguir estratos más homogéneos. La estratificación es eficiente si la variación dentro de los estratos es pequeña.

La estratificación se hace con base a una fotointerpretación estereoscópica, considerando la densidad del bosque, altura de los árboles y el drenaje.

El número de unidades de muestreo entre los estratos forestales es proporcional a la superficie de los mismos (Dauber, 1995).

5.1.3.4.4 Muestreo por bloques En este muestreo el bosque está dividido en bloques de igual tamaño y de cada bloque se saca la misma cantidad de unidades de muestreo por azar. La restricción de este método es que cada bloque debe tener la misma cantidad de unidades de muestreo (Dauber, 1995)

5.2 EL CICLO HIDROLOGICO

5.2.1 Definición

El ciclo hidrológico es el mecanismo dinámico natural que comprende la circulación general del agua en todos sus estados a través de la naturaleza (García y Chaparro 1996).

Nash et al., citados por el mismo autor, define el ciclo hidrológico como el proceso integrante de los flujos de agua, energía y alguna sustancia química.

García y Chaparro (1996), describen al ciclo hidrológico de la siguiente manera: el agua cae sobre la superficie terrestre en forma de precipitación líquida o sólida (nieve, granizo). Parte de aquellas puede ser evaporado antes de tomar la superficie terrestre. Aquella fracción que alcanza la vegetación es parcialmente retenido por las hojas y cobertura foliar de las plantas (intercepción, de allí, una parte es evaporado nuevamente hacia la atmósfera o escurre y cae hacia el suelo, desde donde puede infiltrarse o escurrir por las laderas siguiendo la dirección dada por las mayores pendientes del terreno.

Aquella fracción que se infiltra puede seguir tres rutas bien definidas: Una parte es absorbida por la zona rodeada de las plantas y llegar a formar parte activa de los tejidos de las plantas o transpirada nuevamente hacia la atmósfera; puede desplazarse paralelamente a la superficie del terreno a través de la zona no saturada del terreno como flujo superficial hasta llegar a aflorar en los nacimientos o manantiales, o continuar infiltrándose hasta llegar a la zona saturado del terreno, donde recargará el almacenamiento de aguas subterráneas (García y Chaparro, 1996).

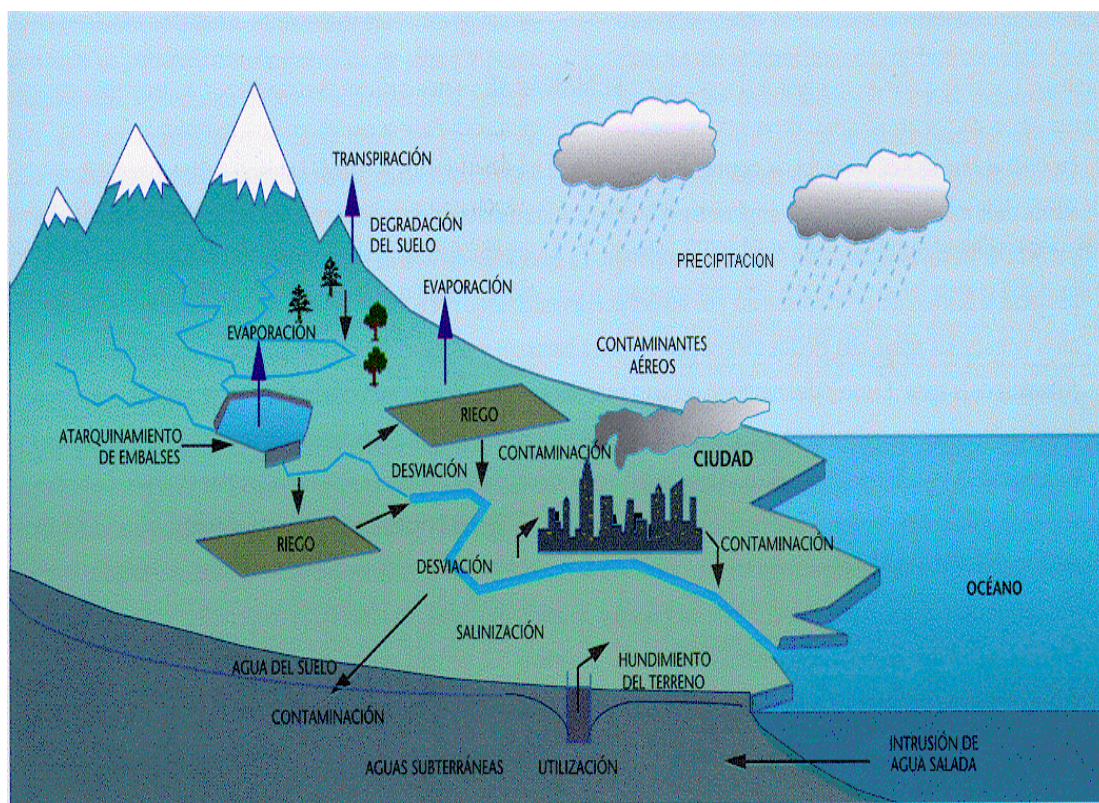
Aquella parte precipitada que escurre a lo largo de las laderas podrá a su vez ser intercetada por las depresiones naturales del terreno desde donde se evaporará o infiltrará nuevamente o podrá moverse a través de los drenajes naturales de la cuenca hacia los cauces principales de las corrientes.

El ciclo hidrológico no tiene principio ni fin y sus diversos procesos ocurren de manera continua. La figura 1 resume cualitativamente los principales elementos componentes del ciclo hidrológico.

Como puede verse, el ciclo hidrológico, comprende una serie de interacciones continuas bastante complejas y de carácter no lineal. Las entradas a la cuenca se halla distribuida espacial y temporalmente, por tanto las respuestas de una cuenca son función del espacio y del tiempo. Por ello la modelación de los parámetros hidrológicos se convierten en una tarea muy difícil que requiere de un profundo conocimiento de todos los procesos antes descritos (García y Chaparro, 1996).

5.2.2 Precipitación pluvial

Para Guilarte (1978) y Henao (1988), la precipitación pluvial es un fenómeno atmosférico en virtud del cual el vapor de agua acumulada en la atmósfera en forma de nubes, se condensa por procesos de enfriamiento y cae a la tierra en forma de lluvia ó también sólido.



Fuente: IDEAM, (2000).

Figura 1 Ciclo Hidrológico

Para calcular el volumen producido por una lluvia es necesario obtener la profundidad ó altura promedio de precipitación sobre el área cubierta por esta. La profundidad promedio puede obtenerse por los siguientes métodos:

- *Método del promedio aritmético*
- *Método del polígono de Thiessen*
- *Método de las isoyetas*

5.2.3 Infiltración

Materon (1985) define como el paso del agua a través de la superficie del suelo, después de haber sufrido pérdidas por retención e intercepción.

La infiltración puede ser medida por observaciones de lluvia y caudal, y la capacidad de infiltración del terreno puede ser determinado por métodos experimentales, como la utilización de infiltrometros y simuladores de precipitación y por métodos empíricos como el análisis de hidrogramas, análisis de diferencias entre lluvias y escurrimiento, o por medio de balance hidrológico (Guilarte, 1978).

5.2.4 Almacenamiento de agua en suelo (AS)

Es la capacidad potencial que tiene el suelo para almacenar agua en un determinado momento, lo cual depende de las características físicas del mismo (CORPONARIÑO,1995).

$$As = (C.c. - PM) \times \frac{ds}{dw} \times L$$

Donde:

Cc = capacidad de campo

PM = punto de marchitez

ds = densidad del suelo

dw = densidad del agua

L = profundidad efectiva del suelo

5.2.5 Escorrentia

Materon (1985). Define como el volumen de agua proveniente de la precipitación que fluye sobre la superficie del suelo o en sus estratos más elevados ó en forma subterránea para formar las corrientes superficiales de agua,

Los volúmenes de agua que no logran escurrirse por los cauces naturales se definen como realimentación de una cuenca.

*Materon (1985). De acuerdo al camino que sigue el agua para integrarse a las corrientes, el escurrimiento puede ser: **Superficial**, si el volumen de agua se desplaza por la superficie de la tierra; **Subsuperficial**, cuando el volumen de agua lluvia se infiltra y viaja lateralmente hasta los cauces naturales; **Subterráneo**, cuando los volúmenes de agua proveniente de una lluvia logra llegar a la zona saturada del suelo y se define como la fracción de agua lluvia que se infiltra en el suelo hasta alcanzar los niveles freáticos (Guilarte, 1978) y (Lopez, 1994).*

Materon (1985). Para el cálculo de la escorrentía se toma la superficial y la fórmula corresponde a:

$$QT = Rs + Qt - Rsub$$

Donde:

QT = escorrentía superficial

Rs = caudal superficial

Qt = caudal total

$Rsub$ = caudal subterránea o de estiaje

5.2.6 Evapotranspiración

Castro, citado por Acevedo y Alvarez (1993) y Guilarte (1978). La definen como la pérdida de agua de un terreno totalmente cubierta por un cultivo verde de poca altura; por evaporación del suelo, transpiración del suelo y transpiración de las plantas sin que existan limitaciones de agua.

EL Centro De Estudios De Ordenación Del Territorio Y Medio Ambiente, CEOTMA (1982). Determina que los factores más importantes que influyen en la intensidad de la evapotranspiración son:

- Energía disponible para la vaporización del agua.
- Aportación de agua a la superficie evaporante.
- Capacidad del aire para el transporte de vapor.
- Tipo de vegetación.

Además de la radiación solar intervienen otros factores meteorológicos como: temperatura, humedad del aire, viento y humedad del suelo.

En lo que se refiere a la vegetación los factores que afectan la transpiración son el albedo de las hojas, porcentaje de la superficie del suelo, cubierta por la vegetación, factores morfológicos de las hojas y profundidad de las raíces (Acevedo y Alvarez, 1993).

*Dentro de la evapotranspiración se distinguen dos términos. **Evapotranspiración potencial** (máxima cantidad de agua evapotranspirada cuando el suelo se encuentra provisionado de humedad) y **evapotranspiración real** ó actual (producida cuando la vegetación esta sometida a condiciones climáticas y ecológicas de suministro de agua, tal que las plantas no pueden transpirar sino el agua de que realmente dispone, por estar el suelo parcialmente seco) (Guilarte, 1987).*

5.3 CAUDAL

CEOTMA (1982). Dentro de una cuenca se produce una serie de fenómenos (infiltración, escorrentía, evapotranspiración) que depende de las características topográficas, geomorfológicas, edafológicas y de vegetación, se genera un caudal que sale de la cuenca a través de la corriente superficial del agua.

La cuenca es, por tanto, un catalizador del agua que llega y sale de ella, es decir, mediante sus características más acusadas puede determinarse el caudal generado y con estos datos clasificar las cuencas de una forma cuantitativa (cantidad de agua) y cualitativa (características físicas) (CEOTMA, 1982) y (Guilarte, 1978).

PRECIPITACIÓN → CUENCA → CAUDAL GENERADO

5.4 BALANCE HIDRICO

CEOTMA (1982). El termino Balance Hídrico fue usado por THORNTHWAITE para reflejar el balance entre los aportes de agua por precipitación de lluvia o nieve y su salida mediante evapotranspiración, recargas subterranas y corrientes superficiales. Este balance puede referirse a un determinado perfil del suelo o a una cuenca genérica, en este caso toda la información se refiere a cuenca hidrográficas.

El balance es una de las herramientas más valiosas de la práctica hidrológica que permite estudiar y determinar en forma cuantitativa todos los procesos físicos que contribuyen a la formación y variación espacio temporal del recurso hídrico en una zona determinada (IDEAM, 1999).

IDEAM, (1999) Indica que los balances hídricos, sean estos en escala general, regional o local, permiten determinar la disponibilidad hídrica natural de las áreas en consideración y conocer el comportamiento de la oferta de agua, a través del estudio de las diferentes fases del ciclo hidrológico (figura 2).

Se establece que, para cualquier volumen arbitrario y durante un determinado tiempo la diferencia entre las entradas y las salidas está condicionado por la variación del volumen de agua almacenada.

Las entradas en la ecuación del balance hídrico comprenden la precipitación (p), en forma de lluvia o eventualmente, en algunas regiones en forma de nieve,

realmente recibida en la superficie del suelo y las aguas superficiales y subterráneas representadas en porcentaje de infiltración proveniente de la precipitación. Las salidas en la ecuación incluyen la evapotranspiración e intercepción del agua por la vegetación, así como las salidas de agua en forma de escorrentía superficial y subterránea (IDEAM, 2000).

De forma muy general el balance de una cuenca puede reflejarse por la siguiente ecuación:

$$BH = P - (ET + AS + ES + Ess)$$

Donde

P = Precipitación

ET = Evapotranspiración

ES = Escorrentía superficial

AS = Almacenamiento de agua

Ess = Escorrentía subsuperficial

CS = corriente subterránea

Estos factores dan una medida muy precisa de las cantidades de agua existentes en la cuenca cuando se construye el balance hídrico.

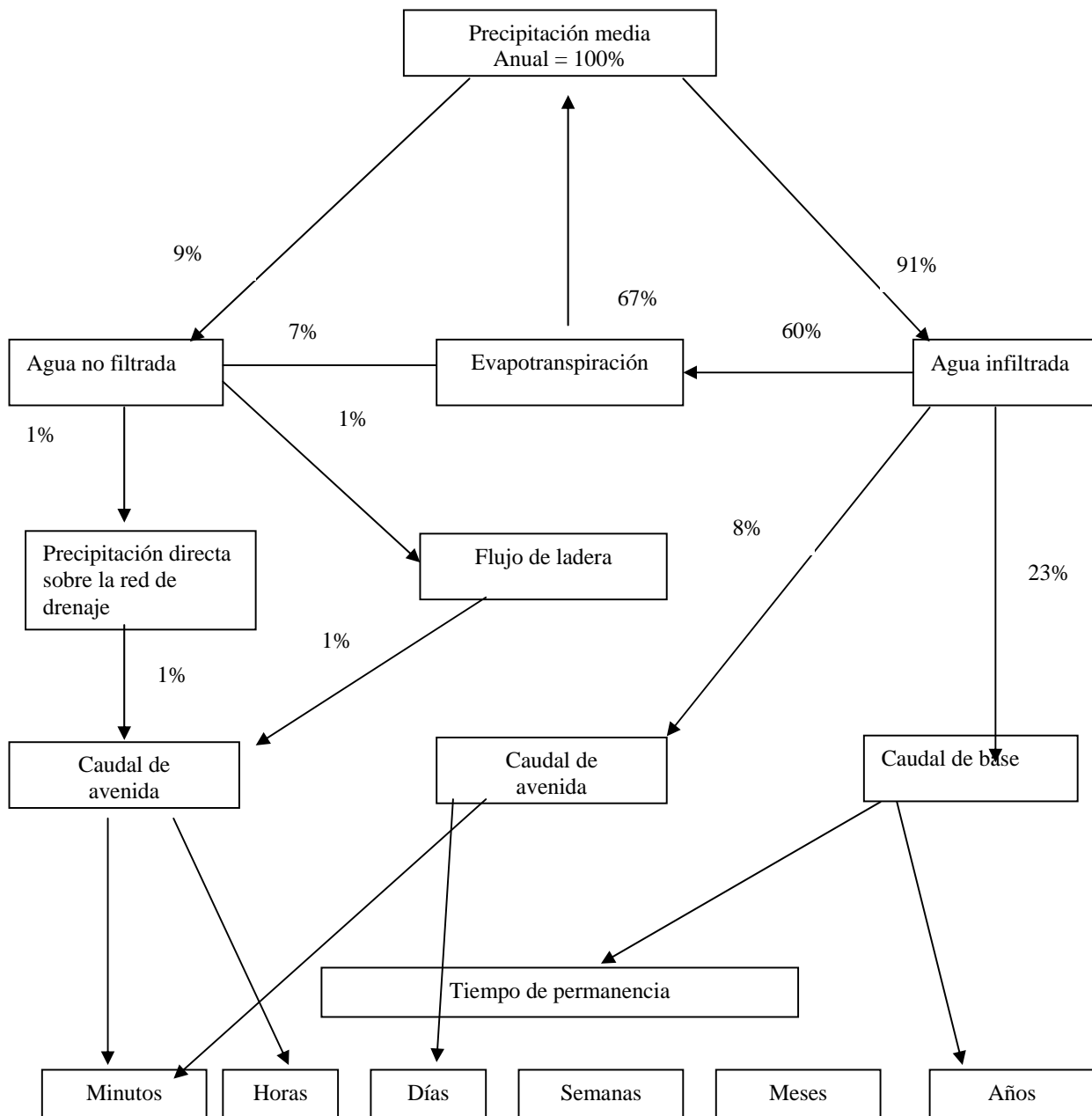


Figura 2 Elementos del balance hídrico y su influencia en la generación de caudales. Según Hewlett (1982), citado por López (1994).

6. DISEÑO METODOLOGICO

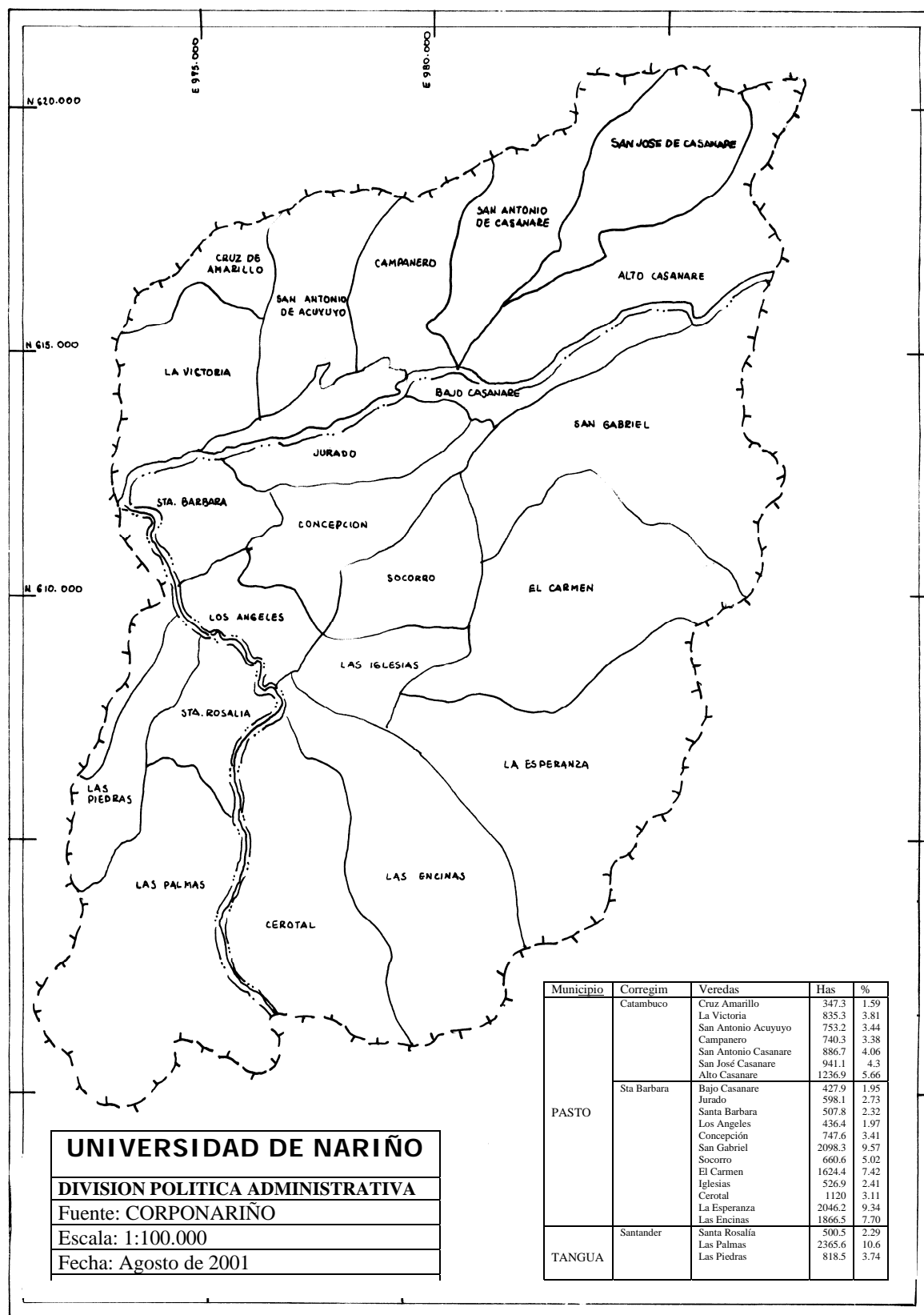
6.1 LOCALIZACIÓN

Este estudio se desarrolló en las microcuencas río Bermejál (900 hectareas) y quebrada el Verde (510 hectareas), las cuales forman parte de la cuenca alta del río Bobo, municipio de Pasto y se ubican al nororiente del espejo de agua de la represa (Mapa 1 y 2) (CORPONARIÑO, 1995).

La cuenca alta del río Bobo se localiza en la vertiente occidental del sistema orográfico de los Andes, hace parte de la gran cuenca del Patía como afluente del río Guaitara y se encuentra situada en el suroriente del departamento de Nariño.

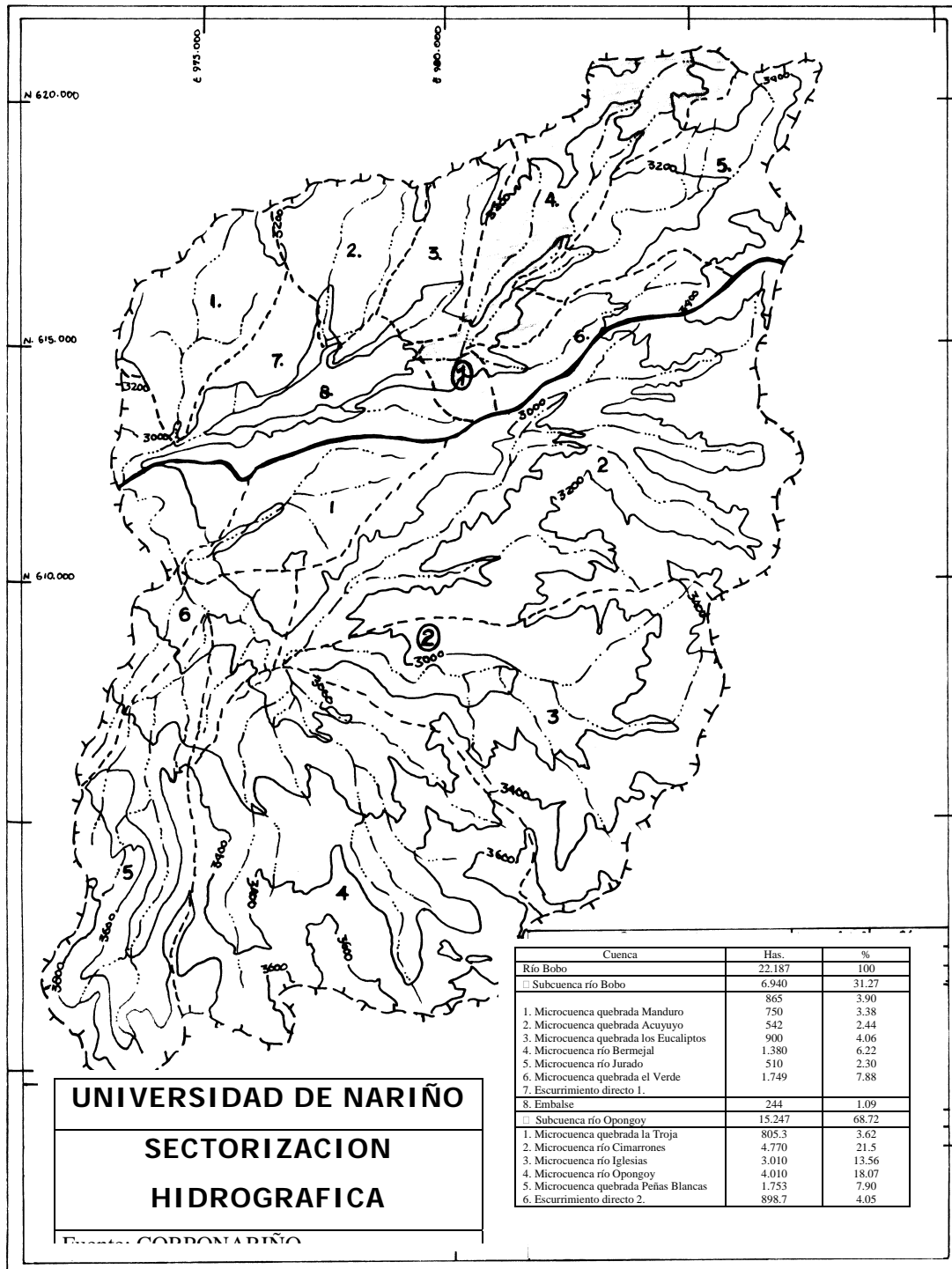
Esta cuenca limita al norte con la cuenca del río Pasto, al suroeste con la cuenca orográfica del río de los Alísales, al sur con la cuenca del drenaje de la laguna Curioso, al oeste con la cuenca de drenaje de la quebrada Totoral afluente del río Bobo y al noroeste con la cuenca del río Pasto.

El espacio territorial de la cuenca alta del río Bobo se ubica geográficamente entre los 0° 58' y 1° 10' latitud norte y entre 77° 12' y 77° 20' de longitud oeste de Greenwich, (CORPONARIÑO, 1995).



UNIVERSIDAD DE NARIÑO
DIVISION POLITICA ADMINISTRATIVA
 Fuente: CORPONARIÑO
 Escala: 1:100.000
 Fecha: Agosto de 2001

Municipio	Corregim	Veredas	Has	%
PASTO	Catambuco	Cruz Amarillo	347.3	1.59
		La Victoria	835.3	3.81
		San Antonio Acuyuyo	753.2	3.44
		Campanero	740.3	3.38
		San Antonio Casanare	886.7	4.06
		San José Casanare	941.1	4.3
	Sta Barbara	Alto Casanare	1236.9	5.66
		Bajo Casanare	427.9	1.95
		Jurado	598.1	2.73
		Santa Barbara	507.8	2.32
		Los Angeles	436.4	1.97
		Concepción	747.6	3.41
		San Gabriel	2098.3	9.57
		Socorro	660.6	5.02
		El Carmen	1624.4	7.42
Las Encinas	Iglesias	526.9	2.41	
	Cerotal	1120	3.11	
	La Esperanza	2046.2	9.34	
	Las Encinas	1866.5	7.70	
	Las Encinas	1866.5	7.70	
TANGUA	Santander	Santa Rosalia	500.5	2.29
		Las Palmas	2365.6	10.6
		Las Piedras	818.5	3.74



La extensión total de la cuenca es de 43.500 hectareas de las cuales 22.187 hectareas corresponde a la cuenca alta, de estos, 18.347 hectareas (51%) corresponden al municipio de Pasto y 3.840 hectareas (17%) al municipio de Tangua, 224 hectareas corresponden al espejo de agua de la represa.

6.2 MATERIALES

Los materiales que se emplearon en el desarrollo del presente trabajo fueron: Cartografía escala 1:25.000 donde se ubicó la Cuenca Alta del río Bobo con sus características de vegetación.

Equipo de medición forestal, entre los que se encuentran: Cinta diamétrica, Cinta métrica, Brújula, Altimetro, Binóculos, Termómetro, Cinta de demarcación, Bolsas plásticas, Palas y Equipos de oficina.

Para determinar el balance hídrico se recopiló información meteorológica de las dos estaciones, basadas en series históricas de 15 años como mínimo.

6.3 METODOLOGIA

6.3.1 Composición florística y estructura del bosque

Para lograr los objetivos propuestos se realizó la caracterización de algunos aspectos de la vegetación arbórea como son:

- *Indicadores cuantitativos*
 - *Abundancia y densidad*
 - *Dominancia*
 - *Diversidad*
 - *Frecuencia*

- *Indicadores cualitativos*
 - *Composición florística*
 - *Estructura espacial: Estructura vertical, estructura horizontal.*

Para la recopilación de la información secundaria se recurrió a todo reporte bibliográfico, mapas y demás ayudas logísticas de la zona donde se desarrolló el proyecto. Aquí se definió con exactitud los estudios de caracterización específica del área de estudio.

Se trabajó en las microcuencas río Bermejil y quebrada El Verde donde existe bosque primario y secundario reportado en el estudio hecho por CORPONARIÑO, y se definió con exactitud en la visita y reconocimiento del lugar.

Para determinar el área boscosa se empleó cartografía temática (escala 1:25.000) y trabajo de campo, donde fueron definidos según el mapa de uso actual del suelo de CORPONARIÑO (1995).

Para determinar el tamaño de la muestra “n” se realizaron premuestreos en los dos tipos de bosque y se ajustaron con el método iterativo modificado de FREESE que determina la confiabilidad del tamaño definitivo del área muestral, en la fórmula utilizada por Pantoja (1999) en su estudio de caracterización ecológica de la vegetación arbórea y arbustiva del Santuario de flora, Isla La Corota:

$$n = \frac{t^2 x (CV)^2}{E^2 + \frac{t^2 x (CV)^2}{N}}$$

Donde:

n = Tamaño del área muestral

“t” = Valor de “t” de student

CV = Coeficiente de variación

N = Area total

En el momento de obtener un primer valor “n” denominado n_1 , se hizo uso de la anterior fórmula con base en la “t” y con n_1 grados de libertad para obtener n_2 y así sucesivamente hasta que el valor de “n” se estabilice (Pantoja, 1999).

El valor recomendado para “n” se obtiene del promedio entre n_1 y n_f .

$$n \text{ definitivo} = \frac{n_1 + n_f}{2}$$

En el campo se establecieron parcelas de 10 m x 100 m (1000m²) en dirección este – oeste procurando abarcar los diferentes paisajes biogeográficos, según lo recomendado por CORPONARIÑO para esta zona.

El método de inventario que se utilizó en esta investigación fue el “Aleatorio”. Para desarrollar este sistema las variedades de muestreo se distribuyeron al azar sobre un sistema de coordenadas, tomando los valores de una tabla de números aleatorios.

Se inventarió la vegetación arbórea mayor a 10 cm, de D.A.P. y su caracterización y muestreo consideró la identificación correcta de todas las especies encontradas en los dos tipos de bosque.

El nivel de probabilidad para realizar este inventario fue del 95% y un error de muestreo de 15% en bosque primario y secundario, atendiendo a las recomendaciones hechas por investigadores para estos tipos de vegetación.

Cada parcela se demarco completamente con cinta y grapas para establecer correctamente el área.

Las características de la vegetación se realizaron bajo los siguientes aspectos cualitativos y cuantitativos que determinan la composición florística y estructura de un bosque.

Densidad: Se utilizó la escala propuesta por Tansley y Chipp, porque es la más clara y adecuada para evaluar los valores de densidad.

<i>Clase</i>	<i>Tansley y Chipp</i>	<i># individuos por m²</i>
1	Para (s)	1 – 4
2	Ocasional (o)	5 – 14
3	Frecuente (f)	15 – 29
4	Abundante (a)	30 – 99
5	Muy abundante (va)	> 100

Las clases se determinaron a partir de la fórmula que Cuayal y Ramírez (1993), han utilizado en las diferentes caracterizaciones florísticas de estas zonas:

$$D = N/A$$

Dominancia. Medida que se basa en la dimensión de la copa con referencia a los estratos del bosque, dependiendo del área basimétrica a la altura de 1.30 m., para la cual se empleó la siguiente fórmula (Cuayal y Ramírez, 1993):

$$Do = \sum AB/N \times D$$

Donde:

AB = Área basal de una especie

N = Número de individuos de una especie

D = Densidad de la especie

Diversidad. *Parámetro que se utiliza en la evaluación de las especies presentes en estos bosques (primario y secundario) y a la variedad que presenten, para lograrlo se empleó la fórmula de Shannon y Weaver que es quizá la más utilizada.*

$$\text{Índice de Shannon – Weaver} = -\sum (p_i * \ln p_i)$$

Donde:

$p_i = n_i/N$ es una relación de riqueza.

n_i = Número de individuos encontrados por especie

N = Total de individuos de una especie

Y este índice de diversidad se clasificó de acuerdo al valor que se obtuvo en la aplicación de la fórmula, dentro de la clasificación propuesta por Paredes y Vallejo, citado por Pantoja (1999), para una mejor interpretación de los datos.

Clasificación	Índice biológico de diversidad
Óptimo	3,6 – 5,0
Bueno	3,0 – 3,5
Aceptable	2,5 – 3,9
Inadecuado	– 2,4
Muy mala	4

Fuente: Paredes y Vallejo, citado por Pantoja, (1999).

Composición florística. *Este criterio se evaluó de acuerdo al listado de las especies que reporto el inventario y dependiendo del grado de fidelidad (frecuencia) en que se presenten:*

Especies características: Son aquellas que presentan una ligazón más o menos estrechas a unas determinadas comunidades vegetales, por medio de los inventarios (frecuencia), se observa que unas especies se repiten siempre bajo unas condiciones determinadas (Matteucci y Colma, 1982).

Especies diferenciales: Son aquellas que sin ser características, se presentan tan solo en una de dos o más comunidades afines, poniendo así de manifiesto determinadas diferencias bióticas y edáficas (Matteucci y Colma, 1982).

Especies acompañantes: Son aquellas especies que no son ni características ni diferenciales, pero se presentan con abundancia o frecuencia en una determinada comunidad (Matteucci y Colma, 1982).

Estructura en el espacio

Organización horizontal: Característica que se evaluó dependiendo de la morfología del tipo de vegetación existente, se clasificó a la vegetación como:

Vegetación cerrada: Cuando los individuos tienen contacto unos con otros.

Vegetación abierta: Cuando existen espacios entre los individuos.

Vegetación dispersa: Cuando hay gran cantidad de terreno sin vegetación entre los individuos de la comunidad.

Organización vertical: Se utilizó la clasificación que propusieron Caín y Castro, citados por MTOPE (1994), ya que se adecua a la estratificación vertical presente en los bosques altoandinos que se caracterizan por presentar las especies en rangos de alturas

diversificada de acuerdo al grado de madurez; en otros métodos se limita su utilización ya que presentan una terminología poco usual y por otro lado los rangos son o muy inferiores o muy superiores para la clasificación arbórea, ver Cuadro 2.

Los datos de campo se recolectaron en formularios previamente diseñados

6.3.2 Determinación de las características hidrogeológicas y biofísicas de las Microcuencas.

Para llevar a cabo este objetivo se revisó toda la información existente sobre las características biofísica e hidrogeológicas de las microcuencas en estudio, de acuerdo a investigaciones hechas por CORPONARIÑO en esta zona y por otra parte lo consignado dentro del Plan de Ordenamiento Territorial del Municipio de Pasto.

6.3.3 Metodología para determinar balance hídrico

Para determinar el balance hídrico de las dos microcuencas se tuvo en cuenta la evaluación de precipitación pluvial, evapotranspiración potencial y real, temperatura, basada en las series meteorológicas históricas de dos estaciones a saber (IDEAM, 2000):

Estación Botana: situada en el corregimiento de Catambuco. Latitud (01°10' N), longitud (77°16' W), elevación (2820 msnm).

Estación del río Bobo: ubicada en el embalse del mismo nombre con latitud (01°07' N), longitud (77°18' W) y a una altura de 2693 msnm (IDEAM 2000).

Una vez recopilado la información de las estaciones descritas anteriormente, se determinó el comportamiento de las diferentes fases del ciclo hidrológico cuantificando el recurso hídrico para esta zona.

Para el cálculo de la evapotranspiración, se realizó a través de métodos teóricos, teniendo en cuenta las variables climáticas disponibles (Método Thonhwaite), según lo recomendado por Castañeda (1986), para este tipo de clima.

$$ET = 1,6 (10T^a/I) \text{ en cm}$$

Donde:

T = Temperatura medio anual (o mensual)

a = constante

I = Índice de calor mensual

$I = (t/s)^{1,514}$ (Datos de brillo solar)

Finalmente para determinar el balance hidrológico considerando los excesos ó déficit de agua se relacionó los datos estimados de precipitación, evapotranspiración potencial y real, cambios en la humedad del suelo y los cambios en el almacenamiento de agua en el suelo, en una ficha hídrica (CEOTMA, 1982) y (Castañeda, 1986).

Esta ficha hídrica se trabajó teniendo en cuenta recomendaciones hechas por investigadores y estudios que Castañeda ha realizado para caracterizar el comportamiento hídrico de una cuenca. (Cuadro 3).

Cuadro 3. Ficha Hídrica

PARAMETRO	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	TOTAL
<i>ETP (mm)</i>													
<i>Precipitación (mm)</i>													
<i>Var.de reserva en el suelo</i>													
<i>Almac en el suelo</i>													
<i>ETr (mm)</i>													
<i>Deficit</i>													
<i>Excedente</i>													
<i>Escurrimiento</i>													
<i>P-ETP</i>													

Fuente: Centro de Estudios de Ordenamiento del Territorio y Medio Ambiente (1982) y Castañeda (1986).

7. RESULTADOS Y DISCUSION

7.1 COMPOSICIÓN FLORISTICA Y ESTRUCTURA DEL BOSQUE PRIMARIO Y SECUNDARIO MICROCUENCAS RIO BERMEJAL Y QUEBRADA EL VERDE

7.1.1 Características fisiológicas

Este estudio permitió identificar la población vegetal del bosque primario y secundario de las dos microcuencas y seleccionar las especies que sobresalen por su comportamiento fisiológico de acuerdo a los indicadores cuantitativos (densidad, frecuencia, dominancia y diversidad) e indicadores cualitativos (composición florística y estructura espacial).

Indicadores Cuantitativos

Abundancia y Densidad. *Se estimó a partir del conteo de los individuos (N) presentes en el área de estudio (A), mediante la aplicación de la formula:*

$$D= N/ A.$$

Microcuenca quebrada El Verde

Se identificó un total de 19 especies clasificadas en 13 familias donde se destacan por su abundancia las especies: Amarillo con un total de 39 individuos y una densidad de 0,013

individuos por m², Mate con 33 individuos correspondiente a 0,011 individuos por m², Pumamaque con 25 árboles con 0,0083 individuos/m² de densidad; y así sucesivamente en forma descendente como se relaciona en el Cuadro 4.

En el Cuadro 5, se relaciona la clasificación de las especies por su densidad en la escala propuesta por Tansley y Chipp, citados por MTOPE (1994), la cual se ha modificado ya que la citada anteriormente nos muestra una densidad correspondiente a áreas pequeñas y de vegetación herbácea, sin embargo se clasificó de acuerdo con la densidad obtenida en la presente investigación y teniendo en cuenta los parámetros de estadística para el rango de valores dentro de las cinco clases propuestas por estos autores.

Estudios hechor por Cuayal y Ramirez (1993), en la cuenca Alta del río Bobo encontraron como especies abundantes a Cancho, seguido del Amarillo y Encino rojo. Esto nos demuestra que el amarillo sigue considerándose como la especie más abundante dentro de estos bosques.

En cuanto a densidad, de los resultados podemos destacar que dado al menor número de especies por área, las especies Ahumado, Arrayan, Cancho, Charmuelan, entre otros se clasifican como especies raras y entre las especies más abundantes se encuentran Amarillo, Pumamaque y Mate.

Cuadro 4. Especies registradas en el Bosque Primario, Microcuenca quebrada El Verde.

ESPECIE	NOMBRE CIENTIFICO (N.C)	FAMILIA	A	D	D.R
Amarillo	<i>Miconia polyneura</i>	Melastomataceae	39	0,013	18,3098
Mate	<i>Clusia multiflora</i>	Clusiaceae	33	0,011	15,4929
Pumamaque	<i>Cheflera marginata</i>	Araliaceae	25	0,083	11,7370
Helecho	<i>Polypodium sp.</i>	Polypodiaceae	17	0,0056	7,9812
Arrayanillo	<i>Myrcia sp.</i>	Myrtaceae	15	0,005	7,0422
Encino rojo	<i>Weinmania engleriana</i>	Cunnoniaceae	14	0,0046	6,5728
Olloco	<i>Hedyosmum goudotianum</i>	Chloranthaceae	13	0,0043	6,1033
Mano de oso	<i>Oreopanax discolor</i>	Araliaceae	11	0,0036	5,1643
Ahumado	<i>Ocotea sp.</i>	Lauraceae	9	0,003	4,2253
Encino blanco	<i>Weinmania balbisiana</i>	Cunnoniaceae	7	0,0026	3,7558
Cucharo	<i>Myrsine macrogemma Pipoly</i>	Myrsinaceae	6	0,0023	3,2863
Arrayán	<i>Myrtus foliosa</i>	Myrtaceae	6	0,002	2,8169
Cucharo blanco	<i>Raphanea sp.</i>	Myrsinaceae	5	0,0016	2,3474
Cancho	<i>Brunellia tomentosa</i>	Bruneliaceae	3	0,001	1,4084
Charmuelan	<i>Geissanthus serrulatus</i>	Myrsinaceae	2	0,0006	0,9389
Malvo	<i>Clethra ovalifolia</i>	Clethraceae	2	0,0006	0,9389
Rayo	<i>Axinae macrophilla</i>	Melastomataceae	2	0,0006	0,9389
Palo rosa	<i>Vallea stipularis Mutis</i> <i>ex.L.F.</i>	Elaeocarpaceae	1	0,0003	0,4694
Pelotillo	<i>Viburnum pichinchense</i>	Caprifoliaceae	1	0,0003	0,4694
TOTAL			213	0,071	100

Cuadro 5. Escala de densidad, Bosque primario, Microcuenca quebrada El Verde

ESPECIE	CLASE	DENSIDAD
<i>Ahumado, Arrayán, Cancho, Charmuelan, Cucharo, Cucharo blanco, Encino blanco, Malvo, Palo rosa, Pelotillo, Rayo.</i>	<i>Rara</i>	<i>0,00033 – 0,00283</i>
<i>Arrayanillo, Encino rojo, Mano de oso, Olloco.</i>	<i>Ocasional</i>	<i>0,00284 – 0,00533</i>
<i>Helecho</i> .	<i>Frecuente</i>	<i>0,00534 – 0,00783</i>
<i>Mate, Pumamaque</i> .	<i>Abundante</i>	<i>0,00784 – 0,01033</i>
<i>Amarillo</i>	<i>Muy abundante</i>	<i>0,01034 – 0,013</i>

Para el bosque secundario el área total inventariada fue de 3 parcelas (3.0000 m²) correspondiente al 38,90% del total del área de este bosque, donde se registraron 19 especies clasificadas dentro de 14 familias. Las especies que más se destacan por su abundancia y densidad son: Amarillo y Encino rojo con 34 individuos, correspondiente a 0,01133 individuos/ m² de densidad; seguido por Pumamaque con 30 individuos (0,011 árboles/ m²), Mate con 29 árboles (0,0096 árboles/ m²), y en orden descendente se presentan los árboles de acuerdo con la abundancia y densidad presente en este bosque (Cuadro 6).

En comparación con las especies más representativas del bosque secundario de la Cuenca alta del Río Pasto, se presentan en su orden Amarillo, Encino, Olloco, Pumamaque, Cancho, lo que demuestra cierta similitud dentro de los bosques del municipio de Pasto.

En el Cuadro 7 se presenta los valores de densidad dentro de este bosque, destacándose como especies más abundantes Amarillo, Encino rojo, Mate y Pumamaque.

Microcuenca río Bermejál

En la Microcuenca del río Bermejál los resultados de abundancia y densidad presentan una cierta variación en cuanto a la riqueza florística del bosque primario y secundario. Dentro del bosque primario se encontraron un total de 123 individuos, clasificados dentro de 18 especies y 13 familias, las que se destacan por su grado mayor de abundancia y densidad las especies: Mate con 44 individuos, 0,22 individuos/ m² de densidad, Amarillo,

Cuadro 6. Especies registradas en el Bosque Secundario, Microcuenca quebrada El Verde.

ESPECIE	N.C	FAMILIA	A	D	D.R
Amarillo	<i>Miconia polyneura</i>	Melastomataceae	34	0,0113	12,927
Encino rojo	<i>Weinmania engleriana</i>	Cunnoniaceae	34	0,0113	12,927
Pumamaque	<i>Cheflera marginata</i>	Araliaceae	30	0,01	11,406
Mate	<i>Clusia multiflora</i>	Clusiaceae	29	0,0096	11,026
Cancho	<i>Brunellia tomentosa</i>	Bruneliaceae	25	0,0083	9,5057
Rayo	<i>Axinae macrophilla</i>	Melastomataceae	21	0,007	7,9847
Encino blanco	<i>Weinmania balbisiana</i>	Cunnoniaceae	17	0,0056	6,4638
Motilón silvestre	<i>Freziera reticulata</i>	Theaceae	13	0,0043	4,9429
Mano de oso	<i>Oreopanax discolor</i>	Araliaceae	12	0,004	4,5627
Palo rosa	<i>Vallea stipularis Mutis ex.L.F.</i>	Elaeocarpaceae	10	0,0033	3,8022
Pelotillo	<i>Viburnum pichinchense</i>	Caprifoliaceae	8	0,0026	3,0418
Helecho	<i>Polypodium sp.</i>	Polypodiaceae	7	0,0023	2,6615
Olloco	<i>Hedyosmum goudotianum</i>	Chloranthaceae	7	0,0023	2,6615
Cucharo	<i>Myrsine macrogemma</i> <i>Pipoly</i>	Myrsinaceae	6	0,0023	2,2813
Papu	<i>Clethra fagifolia</i>	Clethraceae	4	0,00133	1,5209
Ahumado	<i>Ocotea sp.</i>	Lauraceae	2	0,00066	0,7604
Malvo	<i>Clethra ovalifolia</i>	Clethraceae	2	0,00066	0,7604
Arrayanillo	<i>Myrcia sp.</i>	Myrtaceae	1	0,00033	0,3802
Charmuelan	<i>Geissanthus serrulatus</i>	Myrsinaceae	1	0,00033	0,3802
TOTAL			263	0,0876	99,999

Cuadro 7. *Escala de densidad, Bosque secundario, Microcuenca: quebrada El Verde*

ESPECIE	CLASE	ESCALA
<i>Ahumado, Arrayanillo Charmuelan, Cucharo Helecho, Malvo, Papu</i>	<i>Rara</i>	<i>0,00033 – 0,00253</i>
<i>Mano de oso, Olloco Palo rosa</i>	<i>Ocasional</i>	<i>0,00254 – 0,00470</i>
<i>Pelotillo</i>	<i>Frecuente</i>	<i>0,00471 – 0,00690</i>
<i>Encino blanco, Cancho, Rayo.</i>	<i>Abundante</i>	<i>0,00700 – 0,0092</i>
<i>Amarillo, Encino rojo Mate, Pumamaque.</i>	<i>Muy abundante</i>	<i>0,00930 – 0,0110</i>

(0,08 individuos/ m²), seguido del Ahumado con 14 individuos (0,07 arboles/ m²), y las especies Pumamaque, Mano de oso, Encino churoso, Encino rojo, Encino blanco, Helecho, Olloco, Papu, Rayo, Tinto, Cancho, Cucharo, Majua, Malvo y Palo rosa en su orden presentan una abundancia en forma descendente (Cuadro 8).

A pesar de la intervención del bosque primario con la tala selectiva de especies nativas este presenta unos mecanismos de reposición que permite a largo plazo recobrar ciertas características propias del bosque nativo, como la regulación del recurso hídrico, diversidad florística y hábitat para fauna.

Además aquí miramos que el Helecho arbóreo (*Polypodium sp.*), ocupa un lugar importante dentro del bosque, a pesar de que está en proceso de extinción debido a su utilización en la construcción de bases o pilotes para viviendas y empalagados de caminos.

Para esta microcuenca la clasificación de las especies por su densidad en la escala propuesta por Tansley y Chipp la podemos observar en el Cuadro 9.

En el bosque secundario de esta microcuenca, las especies que presentaron un mayor número de individuos fueron: Pumamaque con 117 (densidad 0,0195 ind/m²), Amarillo con 91 (0,0151 ind/m²), Mate con 90 (0,016 ind/m²), Helecho con 81, Encino churoso con 54, Encino rojo con 39, Ahumado con 34, Mano de oso con 33, individuos, Olloco con 30 individuos (Cuadro 10).

Cuadro 8. Especies registradas en el Bosque Primario, Microcuenca río Bermejál.

ESPECIE	N.C	FAMILIA	A	D	D.R
Mate	<i>Clusia multiflora</i>	Clusiaceae	44	0,022	35,772
Amarillo	<i>Miconia polyneura</i>	Melastomataceae	16	0,008	13,008
Ahumado	<i>Ocotea sp.</i>	Lauraceae	14	0,007	11,382
Mano de oso	<i>Oreopanax discolor</i>	Araliaceae	9	0,0045	7,3170
Pumamaque	<i>Cheflera marginata</i>	Araliaceae	9	0,0045	7,3170
Encino churoso	<i>Weinmania pubescens</i>	Cunnoniaceae	7	0,0035	5,6910
Encino rojo	<i>Weinmania engleriana</i>	Cunnoniaceae	5	0,0025	4,0650
Encino blanco	<i>Weinmania balbisiana</i>	Cunnoniaceae	4	0,002	3,2520
Helecho	<i>Polypodium sp.</i>	Polypodiaceae	2	0,001	1,6260
Oloco	<i>Hedyosmum goudotianum</i>	Chloranthaceae	2	0,001	1,6260
Papu	<i>Clethra fagifolia</i>	Clethraceae	2	0,001	1,6260
Rayo	<i>Axinae macrophilla</i>	Melastomataceae	2	0,001	1,6260
Tinto	<i>Ilex sp.</i>	Aquifoliaceae	2	0,001	1,6260
Cancho	<i>Brunellia tomentosa</i>	Bruneliaceae	1	0,0005	0,8131
Cucharo	<i>Myrsine macrogemma</i> <i>Pipoly</i>	Myrsinaceae	1	0,0005	0,8130
Majua	<i>Palicourea anceps</i>	Rubiaceae	1	0,0005	0,8130
Malvo	<i>Clethra ovalifolia</i>	Clethraceae	1	0,0005	0,8130
Palo rosa	<i>Vallea stipularis Mutis</i> <i>ex.L.F</i>	Elaeocarpaceae	1	0,0005	0,8130
TOTAL			123	0,0615	100

Cuadro 9. *Escala de densidad, Bosque primario, Microcuenca: río Bermejál.*

<i>ESPECIE</i>	<i>CLASE</i>	<i>ESCALA</i>
<i>Cancho, Cucharo, Encino churoso, Encino blanco, Encino rojo, Helecho, Majua, Malvo, Mano de oso, Olloco Palo rosa, Papu, Tinto, Pumamaque, Rayo.</i>	<i>Rara</i>	<i>0,0005 – 0,0048</i>
<i>Ahumado, Amarillo.</i>	<i>Ocasional</i>	<i>0,0049 – 0,0091</i>
<i>Mate.</i>	<i>Muy abundante</i>	<i>0,018 - 0,022</i>

Cuadro 10. Especies registradas en el Bosque Secundario, Microcuenca río Bermejál.

ESPECIE	N.C	FAMILIA	A	D	D. R
Aguacatillo	<i>Ocotea afsericeae</i>	Lauraceae	4	0,00066	0,6106
Ahumado	<i>Ocotea sp.</i>	Lauraceae	34	0,00566	5,1908
Algodoncillo		Malvaceae	8	0,00133	1,2213
Amarillo	<i>Miconia polyneura</i>	Melastomataceae	91	0,01516	13,8931
Arrayanillo	<i>Myrcia sp.</i>	Myrtaceae	1	0,00016	0,1526
Cancho	<i>Brunellia tomentosa</i>	Bruneliaceae	13	0,00216	1,9847
Cedro	<i>Cedrella montana</i>	Meliaceae	1	0,00016	0,1526
Cerote	<i>Hesperomeles glabrata</i>	Rosaceae	5	0,00083	0,7633
Charmuelan	<i>Geissanthus serrulatus</i>	Myrsinaceae	2	0,00033	0,3053
Cucharó	<i>Myrsine macrogemma</i> <i>Pipoly</i>	Myrsinaceae	7	0,00116	1,0687
Encino blanco	<i>Weinmania balbisiana</i>	Cunnoniaceae	10	0,00166	1,5267
Encino churoso	<i>Weinmania pubescens</i>	Cunnoniaceae	54	0,009	8,2445
Encino rojo	<i>Weinmania engleriana</i>	Cunnoniaceae	39	0,0065	5,9541
Helecho	<i>Polypodium sp.</i>	Polypodiaceae	81	0,0135	12,3664
Malvo	<i>Clethra fagifolia</i>	Clethraceae	12	0,002	1,8320
Mate	<i>Clusia multiflora</i>	Clusiaceae	96	0,016	14,6564
Mano de oso	<i>Oreopanax discolor</i>	Araliaceae	33	0,0055	5,0381
Moquillo	<i>Saurauia pruinosa</i>	Actinidaceae	4	0,00066	0,6106
Olloco	<i>Hedyosmum goudotianum</i>	Chloranthaceae	30	0,005	4,5801
Palo rosa	<i>Vallea stipularis Mutis</i> <i>ex.L.S</i>	Aleocarpaceae	3	0,0005	0,4580
Papu	<i>Clethra ovalifolia</i>	Clethraceae	5	0,00083	0,7633
Pumamaque	<i>Cheflera marginata</i>	Araliaceae	117	0,0195	17,8625
Rayo	<i>Axinae macrophilla</i>	Melastomataceae	5	0,0008	0,7633
TOTAL			655	0,1091	99,9999

En este bosque el número de especies aumenta considerablemente con relación al bosque primario. Esto se debe a que este bosque está constituido por árboles pequeños de maderas suaves y blandas, existen abundancia de bejucos leñosos y epífitas, a demás el rápido crecimiento de especies que surge después de la tala rasa del bosque natural, a medida que avanza la sucesión natural hace que estas especies sean menos exigentes en luz en estado inicial.

En el bosque secundario presenta la siguiente clasificación de las especies de acuerdo a la densidad dentro de la escala propuesta por Tansley y Chipp, se destaca que la especie más abundante corresponde al Pumamaque, en comparación con el bosque secundario de la microcuenca quebrada El Verde esta especie sigue destacándose por su densidad dentro de estos ecosistemas (Cuadro 11).

El Pumamaque gracias a su característica de regeneración presenta mayores individuos que se encuentran en diferentes estratos, característica que favorece a que este especie perpetúe en estos bosques.

Dominancia. *Se determinó en relación al área basal de cada individuo sobre el número de individuos de una especie por la densidad del mismo.*

Para cada microcuenca se encontró lo siguiente:

Cuadro 11. Escala de densidad, Bosque secundario, microcuenca río Bermejál.

ESPECIE	CLASE	ESCALA
<i>Aguacatillo, Algodoncillo Arrayanillo, Cancho, Cedro, Cerote, Charmuelan, Encino blanco, Malvo, Moquillo Palo rosa, Papu, Rayo.</i>	<i>Rara</i>	<i>0,00016 – 0,0041</i>
<i>Ahumado, Encino rojo Mano de oso, Olloco</i>	<i>Ocasional</i>	<i>0,0042 – 0,080</i>
<i>Cucharo, Encino churoso</i>	<i>Frecuente</i>	<i>0,0081 – 0,0118</i>
<i>Amarillo, Helecho, Mate</i>	<i>Abundante</i>	<i>0,0119 – 0,0157</i>
<i>Pumamaque</i>	<i>Muy abundante</i>	<i>0,0158 – 0,0196</i>

Microcuenca quebrada El Verde

El bosque primario de esta microcuenca presentó como especies más dominantes (Dominancia Relativa) en su orden: Clusia multiflora (44,20%), Cheflera marginata (12,52%), Weinmania engleriana (7,6796 %), Ocotea sp., Miconia polyneura, Myrcia sp., con 5-6 % de dominancia y Polypodium sp (3,47%). Entre las especies que comparten los más bajos valores de dominancia son: Myrtus foliosa, Brunella tomentosa, Geissanthus serrulatus, Raphanea sp, Weinmania balbisiana, Clethra fagifolia, Oreopanax discolor, Hedyosmum goudotianum, Vallea stipularis, Viburnum triphyllum, Axinae macrophilla, con un porcentaje del 0,100 a 3 % como se puede observar en el Cuadro 12 de Importancia Ecológica.

El Mate, especie de alto valor comercial y altamente explotada para la producción de carbón vegetal y madera de aserrio, es dominante en la comunidad de bosque primario, se caracteriza por presentar un mecanismo de regeneración poco conocida, con una presencia muy pobre de regeneración por semilla y se visualiza en los pocos individuos de la categoría brinzal que no garantizan su Dominancia, a no ser porque la especie adulta desprende algunas raíces desde la parte aérea de la planta que con el tiempo llega a la superficie del suelo, se ancla y comienza a engrosar formando un nuevo fuste. Este mecanismo ayuda a perpetuar la especie, sin embargo en la producción de carbón vegetal es aprovechado todo el árbol, esto impide su reproducción.

Una característica especial de la especie Mate es la alta diversidad florística de la vegetación epífita, al igual que la mayoría de los árboles con diámetro superior a los 10 cm, soportan vegetación asociada como Lianas, bejucos y epifitas, que por encontrarse

Cuadro 12. Importancia Ecológica de las Especies Arbóreas del Bosque Primario, Microcuenca quebrada El Verde.

<i>N.C</i>	<i>A</i>	<i>F. R.</i>	<i>D. R</i>	<i>DO. R</i>	<i>I. V. I.</i>
<i>Ocotea sp.</i>	9	7,1430	4,2253	5,5939	16,9622
<i>Miconia polyneura</i>	39	7,1430	18,3099	5,2560	30,7089
<i>Myrtus foliosa</i>	6	2,3807	2,8169	1,9960	7,19368
<i>Myrcia sp.</i>	15	7,1430	7,0422	5,7936	19,9789
<i>Brunellia tomentosa</i>	3	2,380	1,4084	2,1769	5,9661
<i>Geissanthus serrulatus</i>	2	2,3809	0,9389	0,1863	3,5060
<i>Myrsine macrogemma Pipoly</i>	7	7,1430	3,2863	1,5293	11,9587
<i>Raphanea sp.</i>	5	2,3807	2,347	1,5300	6,25826
<i>Weinmania balbisiana</i>	8	7,1430	3,7558	2,3600	13,2589
<i>Weinmania engleriana</i>	14	7,1430	6,5727	7,6796	21,3953
<i>Polypodium sp.</i>	17	7,1430	7,9812	3,4790	18,6033
<i>Clethra ovalifolia</i>	2	2,3807	0,9389	0,3317	3,6514
<i>Clusia multiflora</i>	33	7,1430	15,4923	44,2037	66,8396
<i>Oreopanax discolor</i>	11	7,1430	5,1643	2,1214	14,4287
<i>Hedyosmum goudotianum</i>	13	7,1430	6,1032	2,7722	16,0185
<i>Vallea stipularis Mutis ex.L.F.</i>	1	2,3807	0,4694	0,1007	2,9510
<i>Viburnum pichinchense</i>	1	2,3807	0,4694	0,1321	2,9824
<i>Cheflera marginata</i>	25	7,1430	11,737	12,526	31,4068
<i>Axinae macrophilla</i>	2	4,7615	0,9389	0,2301	5,9306
TOTAL	213	100	100	100	300

en un bosque caracterizado por una alta nubosidad está relacionado también con la alta humedad que se presenta.

En el bosque secundario las especies más dominantes son: Weinmania engleriana, Cheflera marginata (16%), seguido de Clusia multiflora, Weinmania balbisiana, Miconia polyneura (9%), Brunella tomentosa (6%), Axinae macrophilla y Viburnum pichinchense con 5%. Los más bajos valores de dominancia los comparten las especies: Ocotea sp., Myrcia sp., Myrsine macrogemma pipoly, Geissanthus serrulatus, Polypodium sp., Clethra fagifolia, Oreopanax discolor, Freziera reticulata, Hedyosmum goudotianum, Vallea stipularis Mutis ex L.F. y Clethra ovalifolia, con valores que van de 0,17 a 4 % de dominancia. (Cuadro 13).

En este bosque debido a la tala selectiva en especial del Mate, ha pasado a considerarse en un grado menor de dominancia, destacándose en esta zona el Encino rojo.

En el estudio de vegetación hechos por CORPONARIÑO (1995), registraron a estas mismas especies como las de mayor dominancia y peso ecológico en estos bosques lo que demuestra que a pesar de la tala del bosque estas especies se mantienen y contribuyen a la diversidad florística.

Microcuenca Río Bermejál

La Importancia Ecológica (Cuadro 14) del bosque primario de esta microcuenca nos indica que la mayor dominancia la presenta las especies Clusia multiflora con 35,77% y Ocotea sp. con 18,71%, mientras que la dominancia menor la presentan

Cuadro 13. Importancia Ecológica de las Especies Arbóreas del Bosque Secundario, Microcuenca quebrada El Verde.

<i>N.C</i>	<i>A</i>	<i>F. R.</i>	<i>D. R.</i>	<i>DO. R.</i>	<i>I. V. I.</i>
<i>Ocotea sp.</i>	2	2,6314	0,7604	0,4576	3,8496
<i>Miconia polyneura</i>	34	7,8952	12,9277	9,1620	29,9850
<i>Myrcia sp.</i>	1	2,6314	0,3802	0,9101	3,9218
<i>Brunellia tomentosa</i>	25	5,2629	9,5057	6,9952	21,7639
<i>Geissanthus serrulatus</i>	1	2,6314	0,3802	0,1758	3,1875
<i>Myrsine macrogemma pipoly</i>	6	5,2629	2,2813	1,8265	9,3709
<i>Weinmania balbisiana</i>	17	7,8952	6,4638	9,1778	23,5370
<i>Weinmania engleriana</i>	34	5,2629	12,9277	16,9561	35,1468
<i>Polypodium sp.</i>	7	5,2629	2,6615	1,3417	9,2663
<i>Clethra ovalifolia</i>	2	2,6314	0,7604	1,7945	5,1865
<i>Clusia multiflora</i>	29	5,2629	11,0266	9,3159	25,6055
<i>Oreopanax discolor</i>	12	7,8952	4,5627	3,1845	15,6425
<i>Freziera reticulata</i>	13	5,2629	4,9429	4,6569	14,862
<i>Hedyosmum goudotianum</i>	7	5,2629	2,6615	1,8416	9,7662
<i>Vallea stipularis Mutis ex.L.F</i>	10	5,2629	3,8022	3,3218	12,387
<i>Clethra fagifolia</i>	4	5,2629	1,5209	1,4112	8,1951
<i>Viburnum pichinchense</i>	8	5,2629	3,0418	5,3827	13,6876
<i>Cheflera marginata</i>	30	7,8952	11,4068	16,2907	35,5929
<i>Axinae macrophilla</i>	21	5,2629	7,9847	5,7963	19,0441
TOTAL	263	100	99,9999	100	300

Cuadro 14. Importancia Ecológica de las Especies Arbóreas del Bosque Primario, microcuenca río Bermejál.

ESPECIE	A.	F. R.	D. R.	Do. R.	I. V. I.
<i>Ocotea sp.</i>	14	8	11,382	18,719	38,1018
<i>Miconia polyneura</i>	16	8	13,008	4,5201	25,5285
<i>Brunellia tomentosa</i>	1	4	0,8130	0,6860	5,4997
<i>Myrsine macrogemma Pipoly</i>	1	4	0,8130	0,1480	4,9613
<i>Weinmania balbisiana</i>	4	4	3,2520	1,6675	8,9199
<i>Weinmania pubescens</i>	7	4	5,6910	3,2511	12,9422
<i>Weinmania engleriana</i>	5	8	4,0650	4,1065	16,1716
<i>Polypodium sp.</i>	2	4	1,6260	3,6128	9,2389
<i>Palicourea anceps</i>	1	4	0,8130	0,1084	4,9215
<i>Clethra ovalifolia</i>	1	4	0,8130	0,1063	4,9191
<i>Clusia multiflora</i>	44	8	35,772	50,5786	94,3519
<i>Oreopanax discolor</i>	9	8	7,3170	4,5716	19,8886
<i>Hedyosmum goudotianum</i>	2	4	1,6260	2,4942	8,1202
<i>Vallea stipularis Mutis ex.L.F</i>	1	4	0,8130	0,5193	5,3323
<i>Clethra fagifolia</i>	2	8	1,6260	0,6968	10,322
<i>Cheflera marginata</i>	9	8	7,3170	3,0626	18,3797
<i>Axinae macrophilla</i>	2	4	1,6260	0,4383	6,0643
<i>Ilex sp.</i>	2	4	1,6260	0,7113	6,3373
TOTAL	123	100	100	99,9999	299,999

las especies Palicourea anceps y Clethra fagifolia con 0,10% de Dominancia

En el área de estudio se considera que especies que dominaban estos bosques ya se han extinguido como por ejemplo Podocarpus sp, Cedrella montana, otros están en proceso de extinción y predominan especies que bien por encontrarse en un estado mínimo de aprovechamiento o porque sus maderas no son apetecidas, mantienen el equilibrio en estos bosques.

Para el bosque secundario de la microcuenca río Bermejil, la mayor dominancia la presentan las especies Clusia multiflora con 19,9% , Cheflera marginata con 17,2%, Weinmania balbisiana con 16,72 y las especies de menor dominancia son: Myrcia sp y Cedrella montana con 0,10 % de dominancia, como lo indica el Cuadro 15 de importancia ecológica para este bosque.

Diversidad. Es un parámetro que se utiliza para evaluar a las especies presentes en un bosque o zona determinada como también la variedad que presenta éste, para determinar la diversidad se tuvo en cuenta la formula de Shannon y Weaver y la clasificación que Paredes y Vallejo, citado por Pantoja (1999) realizaron.

Microcuenca río Bermejil

El índice de Shanon y Weaver en esta investigación se utilizó para comparar las dos poblaciones boscosas en estudio, determinando que existe una cierta heterogeneidad de hábitat en las dos microcuencas.

Cuadro 15. Importancia Ecológica de las Especies Arbóreas del Bosque Secundario, microcuenca río Bermejál.

ESPECIE	A.	F. R.	D. R.	Do. R.	I.V. I.
<i>Ocotea afsericeae</i>	4	3,7503	0,6106	0,3737	4,7348
<i>Ocotea sp.</i>	34	7,5007	5,1908	3,6396	16,3312
<i>Algodoncillo</i>	8	1,2496	1,2213	1,4723	3,9433
<i>Miconia polyneura</i>	91	7,5007	13,8931	8,306	29,700
<i>Myrcia sp.</i>	1	1,2496	0,1526	0,093	1,5116
<i>Brunellia tomentosa</i>	13	6,2503	1,9847	1,681	9,9032
<i>Cedrella montana</i>	1	1,2496	0,1521	0,1052	1,5075
<i>Hesperomeles glabrata</i>	5	2,4992	0,7633	0,3842	3,6468
<i>Geissanthus serrulatus</i>	2	1,2496	0,3053	0,1560	1,7109
<i>Myrsine macrogemma Pipoly</i>	7	2,4992	1,0687	0,5130	4,0810
<i>Weinmania balbisiana</i>	10	2,4992	1,5267	16,7285	20,7544
<i>Weinmania pubescens</i>	54	6,2503	8,2442	5,1198	19,614
<i>Weinmania engleriana</i>	39	7,5007	5,9541	6,0346	19,4896
<i>Polypodium sp.</i>	81	7,5007	12,366	6,2289	26,0961
<i>Clethra ovalifolia</i>	12	3,7488	1,8320	1,0425	6,6234
<i>Clusia multiflora</i>	96	7,5007	14,6564	19,9232	42,0777
<i>Oreopanax discolor</i>	33	7,5007	5,0381	5,8381	18,3770
<i>Saurauia pruinosa</i>	4	1,2496	0,6106	0,3415	2,2018
<i>Hedyosmum goudotianum</i>	30	7,5007	4,5801	2,8194	14,9001
<i>Vallea stipularis Mutis ex.L.S</i>	3	1,2496	0,4580	0,2755	1,9831
<i>Clethra fagifolia</i>	5	2,4992	0,7633	1,2195	4,4821
<i>Cheflera marginata</i>	117	7,5007	17,8627	17,2806	42,6439
<i>Axinae macrophilla</i>	5	2,4992	0,7633	0,4213	3,6839
TOTAL	655	100	99,99	99,99	299,99

El índice diversidad para la microcuenca río Bermejál en el bosque primario presento un valor de 2,19 el cual se cataloga como inadecuado; para el bosque secundario el índice es de 2,51 catalogado como aceptable. El promedio de la microcuenca es de 2,35 inadecuado.

Microcuenca quebrada El Verde

Para esta microcuenca el índice de diversidad de Shanon y Weaver presentan valores catalogados como aceptables; para el bosque primario el valor es de 2,54 y para el bosque secundario es de 2.60, el promedio para esta microcuenca es de 2.57 aceptable.

Al comparar las dos microcuencas se puede afirmar que la cuenca río Bermejál presenta un índice de diversidad de 2,35 catalogándose como inadecuada, mientras que en la quebrada el verde el índice es de 2,57 aceptable. Este incremento de la diversidad en la quebrada El Verde se debe a varios factores entre los que están:

- *Menos efectos de intervención*
- *Condiciones topográficas del sector*
- *El bosque de la microcuenca quebrada El Verde se encuentra bajo protección por parte de los mismos campesinos.*

Como el índice aplicado da preferencia a especies dominantes se puede decir que las especies más dominantes son similares en las dos microcuencas entre ellas el Mate, Pumamaque, Amarillo, Helecho, Mano de Oso.

Indicadores cualitativos

Composición florística. Este criterio se evaluó de acuerdo al listado de especies que reporto el inventario y dependiendo del grado de fidelidad (Frecuencia) en el que se presentan las especies, clasificandolas como: *Especies Características, Diferenciales y Acompañantes.*

El inventario forestal de los bosques primarios de ambas microcuencas reporta la siguiente composición florística: Especies Características: Ahumado, Amarillo, Cucharo, Encino blanco, Encino Rojo, Helecho, Mate, Mano de oso, Olloco y Pumamaque; Especies acompañantes: Cancho, Malvo, Palo rosa y Rayo; Especies diferenciales: Arrayán, Arrayanillo, Cucharo blanco, Encino churoso, Majua, Pelotillo, Papu y Tinto (Cuadro 16).

En el Cuadro 17, se reporta la composición florística del bosque secundario de las microcuencas en estudio, entre las especies características estan: Amarillo, Cancho, Encino blanco, Encino rojo, Helecho, Mate, Mano de oso, Olloco y Pumamaque; especies acompañantes: Ahumado, Arrayanillo, Charmuelan, Cucharo, Malvo, Palo rosa, Papu, Rayo; especies diferenciales: Algodoncillo, Aguacatillo, Cedro, Cerote, Encino churoso, Moquillo, Motilón silvestre y Pelotillo.

Estructura en el Espacio. *Son las características relacionadas con la distribución espacial de la biomasa.*

Organización Horizontal. La organización Horizontal se refiere a la distribución de los individuos que confiere un espacio para cada especie y para la vegetación como un todo,

Cuadro 16. Composición florística bosque primario microcuencas río Bermejál, quebrada El Verde.

ESPECIES	FRECUENCIA		CLASE
	BERMEJAL	VERDE	
Ahumado	100	100	Característica
Amarillo	100	100	Característica
Arrayán	0	33,33	Diferencial
Arrayanillo	0	100	Diferencial
Cancho	50	33,33	Acompañante
Charmuelan	0	33,33	Diferencial
Cucharo	50	100	Característica
Cucharo blanco	0	33,33	Diferencial
Encino blanco	50	100	Característica
Encino churoso	50	0	Diferencial
Encino rojo	100	100	Característica
Helecho	50	100	Característica
Majua	50	0	Diferencial
Malvo	50	33,33	Acompañante
Mate	100	100	Característica
Mano de oso	100	100	Característica
Olloco	50	100	Característica
Palo rosa	50	33,33	Acompañante
Pelotillo	0	33,33	Diferencial
Papu	100	0	Diferencial
Pumamaque	100	100	Característica
Rayo	50	66,66	Acompañante
Tinto	50	0	Diferencial

Cuadro 17. Composición florística Bosque Secundario microcuencas río Bermejal, quebrada El Verde.

ESPECIE	FRECUENCIA		CLASE
	BERMEJAL	VERDE	
<i>Aguacatillo</i>	50	0	<i>Diferencial</i>
<i>Ahumado</i>	100	33,33	<i>Acompañante</i>
<i>Algodoncillo</i>	16,66	0	<i>Diferencial</i>
<i>Amarillo</i>	100	100	<i>Característica</i>
<i>Arrayanillo</i>	16,66	33,33	<i>Acompañante</i>
<i>Cancho</i>	83,33	66,66	<i>Característica</i>
<i>Cedro</i>	16,66	0	<i>Diferencial</i>
<i>Cerote</i>	33,32	0	<i>Diferencial</i>
<i>Charmuelan</i>	16,66	33,33	<i>Acompañante</i>
<i>Cucharo</i>	33,32	66,66	<i>Acompañante</i>
<i>Encino blanco</i>	33,32	100	<i>Característica</i>
<i>Encino churoso</i>	83,33	0	<i>Diferencial</i>
<i>Encino rojo</i>	100	66,66	<i>Característica</i>
<i>Helecho</i>	100	66,66	<i>Característica</i>
<i>Malvo</i>	49,98	33,33	<i>Acompañante</i>
<i>Mate</i>	100	66,66	<i>Característica</i>
<i>Mano de oso</i>	100	100	<i>Característica</i>
<i>Moquillo</i>	16,66	0	<i>Diferencial</i>
<i>Motilon silvestre</i>	0	66,66	<i>Diferencial</i>
<i>Olloco</i>	100	66,66	<i>Característica</i>
<i>Palo rosa</i>	16,66	66,66	<i>Acompañante</i>
<i>Papu</i>	33,32	66,66	<i>Acompañante</i>
<i>Pelotillo</i>	0	66,66	<i>Diferencial</i>
<i>Pumamaque</i>	100	100	<i>Característica</i>
<i>Rayo</i>	33,32	66,66	<i>Acompañante</i>

se clasificó de la siguiente manera: **Vegetación cerrada, Vegetación abierta y Vegetación dispersa.**

Se presenta vegetación abierta entre especies de dominancia menor y especies que por sus características de altura y área basal se encuentran separadas alguna de ellas son: Helecho, Malvo, Arrayán, Arrayanillo, Rayo.

Para efectos de ilustrar las poblaciones de estos bosques Rangel *et al.*, (1997) propone realizar los perfiles de vegetación como se indican en las Figuras (3 y 4) para el bosque primario.

El bosque primario de las microcuencas en estudio presenta dos tipos de organización horizontal, Vegetación Cerrada especialmente de especies dominantes y asociaciones de especies como: Mate con Pumamaque, Mano de oso - Encino rojo y Encino churoso; Amarillo con Cancho; Olloco y Encino rojo.

El bosque secundario presenta los tres tipos de vegetación, Abierta, Cerrada y Dispersa. Al igual que en el bosque primario la vegetación cerrada está representada por las asociaciones de las especies dominantes, y la vegetación Abierta representada por las especies de características de dominancia inferior; la acción del hombre es evidente en estos bosques ya que la tala indiscriminada para su principal actividad la carbonera, acaba con bastas regiones presentandose la vegetación Dispersa (Figuras 5 y 6).

- | | |
|---------------------------------|---------------------------------|
| 1. <i>Clusia multiflora</i> | 7. <i>Polypodium sp.</i> |
| 2. <i>Oreopanax discolor</i> | 8. <i>Schefflera marginata</i> |
| 3. <i>Clethra fagifolia</i> | 9. <i>Ocotea sp.</i> |
| 4. <i>Miconia polineura</i> | 10. <i>Brunella tomentosa</i> |
| 5. <i>Weinmania pubescens</i> | 11. <i>Weinmania engleriana</i> |
| 6. <i>Hedyosmum goudotianum</i> | |



Figura 3. Estructura horizontal, bosque primario, microcuenca río Bermejál

- | | | |
|--------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|
| 1. <i>Miconia polineura</i> | 5. <i>Myrtus foliosa</i> | 9. <i>Ocotea</i> sp |
| 2. <i>Clusia multiflora</i> | 6. <i>Weinmania engleriana</i> | 10. <i>Clethra fagifolia</i> |
| 3. <i>Polypodium</i> sp | 7. <i>Oreopanax discolor</i> | 11. <i>Myrsine macrogemma</i> |
| 4. <i>Schefflera marginata</i> | 8. <i>Hedyosmum goudotianum</i> | 12. <i>Weinmania balbisiana</i> |



Figura 4. Estructura horizontal, bosque primario, microcuenca quebrada El Verde.

- | | |
|--------------------------------|---------------------------------|
| 1. <i>Clusia multiflora</i> | 6. <i>Weinmania engleriana</i> |
| 2. <i>Schefflera marginata</i> | 7. <i>Hedyosmum goudotianum</i> |
| 3. <i>Polypodium sp.</i> | 8. <i>Oreopanax discolor</i> |
| 4. <i>Miconia polineura</i> | 9. <i>Ocotea sp.</i> |
| 5. <i>Weinmania pubescens</i> | |



Figura 5. Estructura horizontal, bosque secundario, microcuenca río Bermejales.

- | | |
|---------------------------------|--------------------------------|
| 1. <i>Polypodium sp.</i> | 5. <i>Oreopanax discolor</i> |
| 2. <i>Clusia multiflora</i> | 6. <i>Weinmania engleriana</i> |
| 3. <i>Hedyosmum goudotianum</i> | 7. <i>Miconia polineura</i> |
| 4. <i>Schefflera marginata</i> | 8. <i>Weinmania balbisiana</i> |



Figura 6. Estructura horizontal, bosque secundario, quebrada El Verde.

Organización Vertical.

Microcuenca quebrada El Verde

Bosque Primario: la distribución del número de árboles por clase de altura (Cuadro 18), tiene una alta proporción en las clases de árboles bajos, y el estrato de árboles intermedios que representan el 33,66% y 30,20% respectivamente del total.

Podemos anotar que la escasa intervención hacia este bosque es evidente ya que muestra un número considerable en los cuatro estratos, asegurando así el mantenimiento de este bosque en tiempo y espacio.

Bosque Secundario: En este bosque se puede observar que el mayor porcentaje de altura los posee los árboles bajos, seguido del estrato de árboles intermedios con un porcentaje de 48,29% y 30,42% respectivamente. El estrato que presentó un porcentaje bajo fue el estrato de árboles altos (1,90%), debido a que este bosque está en proceso de formación y gracias a la protección que se presenta, estos árboles pueden llegar a la formación y desarrollo máximo (Cuadro 19).

Microcuenca río Bermejál

Bosque Primario: La distribución del número de árboles por clase de alturas tiene su mayor porcentaje (40,65%), en la clase de árboles bajos, los matorrales altos representan un porcentaje de 39%, al estrato de árboles intermedios corresponde el 26,83% y el más

Cuadro 18. Clasificación de altura bosque primario microcuenca quebrada El Verde según Cain y Castro, citado por Ministerio de Transporte y Obras Públicas de España, 1994

<i>ALTURA EN m.</i>	<i>No. DE ÁRBOLES</i>	<i>CLASE</i>
<5	38	<i>Matorrales altos</i>
5 – 9	63	<i>Arboles bajos</i>
9 – 15	68	<i>Estrato de árboles intermedios</i>
>15	43	<i>Estrato de árboles altos</i>

Cuadro 19. *Clasificación de altura bosque secundario microcuenca quebrada El Verde según Cain y Castro, citado por Ministerio de Transporte y Obras Públicas de España, 1994.*

<i>ALTURA EN m.</i>	<i>No. DE ÁRBOLES</i>	<i>CLASE</i>
<5	51	<i>Matorrales altos</i>
5 – 9	127	<i>Arboles bajos</i>
9 – 15	80	<i>Estrato de árboles intermedios</i>
>15	5	<i>Estrato de árboles altos</i>

bajo valor de altura corresponde al estrato de árboles altos, con solo un árbol (Cuadro 20).

En el bosque primario de esta microcuenca es notable como se ha dicho, la intervención directa del hombre, demostrándose en el número tan insignificante de árboles que superan los 15 m; lo que indica que si no se da una protección total a este bosque o un manejo racional del mismo, tenderá a desaparecer.

Bosque Secundario: *Del total de 660 árboles presentes en el área muestreada, 32,27% se encuentran en la clase de árboles bajos y estrato de árboles intermedios, seguido de matorrales altos (21,66%) y el estrato de árboles altos presenta 13,78%. (Cuadro 21).*

Cuadro 20. Clasificación de altura bosque primario microcuenca río Bermejál según Cain y Castro, citado por Ministerio de Transporte y Obras Públicas de España, 1994.

<i>ALTURA EN m.</i>	<i>No. DE ÁRBOLES</i>	<i>CLASE</i>
<5	39	<i>Matorrales altos</i>
5 – 9	50	<i>Arboles bajos</i>
9 – 15	33	<i>Estrato de árboles intermedios</i>
>15	1	<i>Estrato de árboles altos</i>

Cuadro 21. Clasificación de altura bosque secundario microcuenca río Bermejál según Cain y Castro, citado por Ministerio de Transporte y Obras Públicas de España, 1994.

<i>ALTURA EN m.</i>	<i>No. DE ÁRBOLES</i>	<i>CLASE</i>
<5	143	<i>Matorrales altos</i>
5 – 9	213	<i>Arboles bajos</i>
9 – 15	213	<i>Estrato de árboles intermedios</i>
>15	86	<i>Estrato de árboles altos</i>

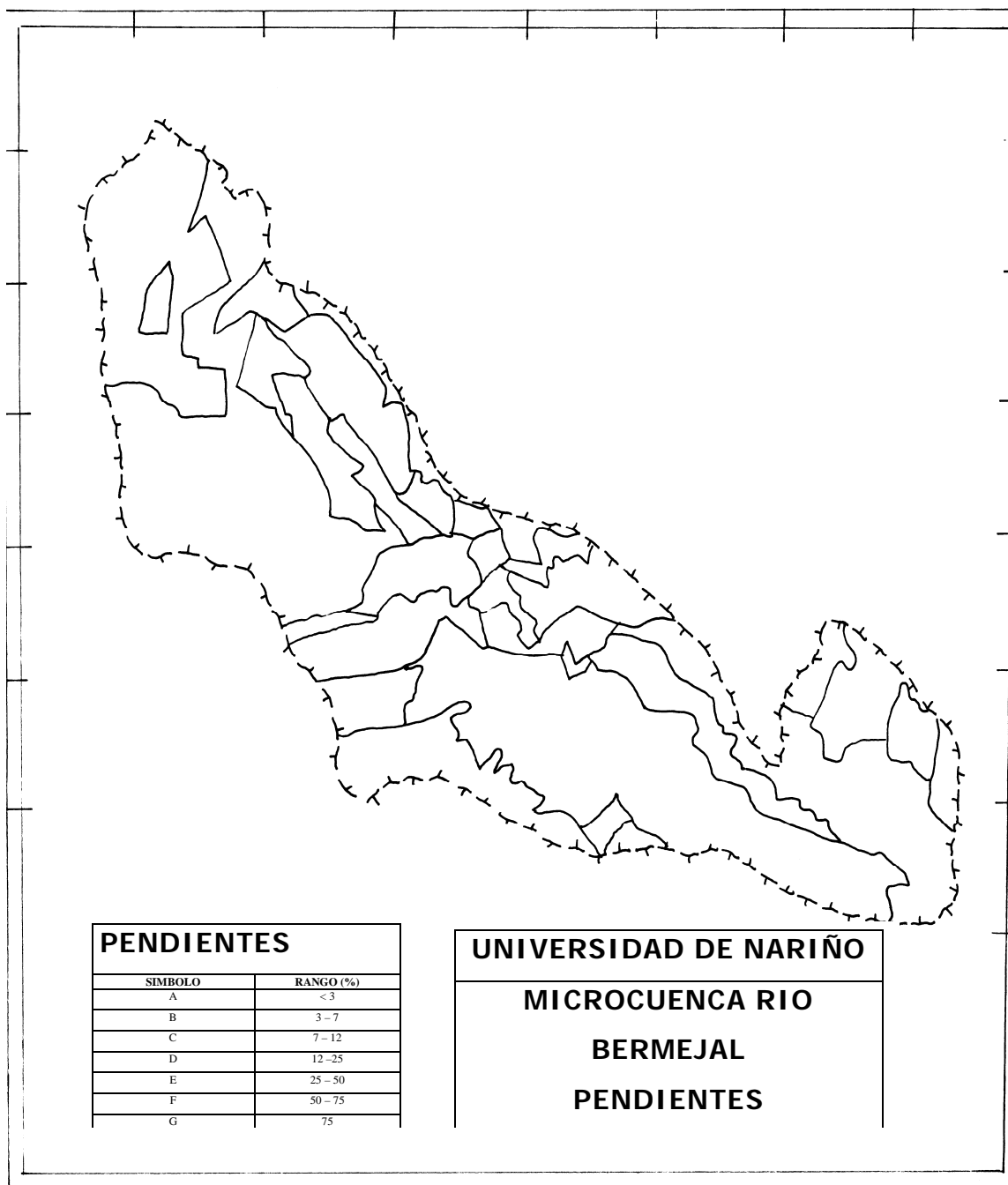
7.2 CARACTERIZACION BIOFISICA E HIDROGEOLOGICA DE LAS MICROCUENCAS RIO BERMEJAL Y QUEBRADA EL VERDE, CUENCA ALTA DEL RIO BOBO.

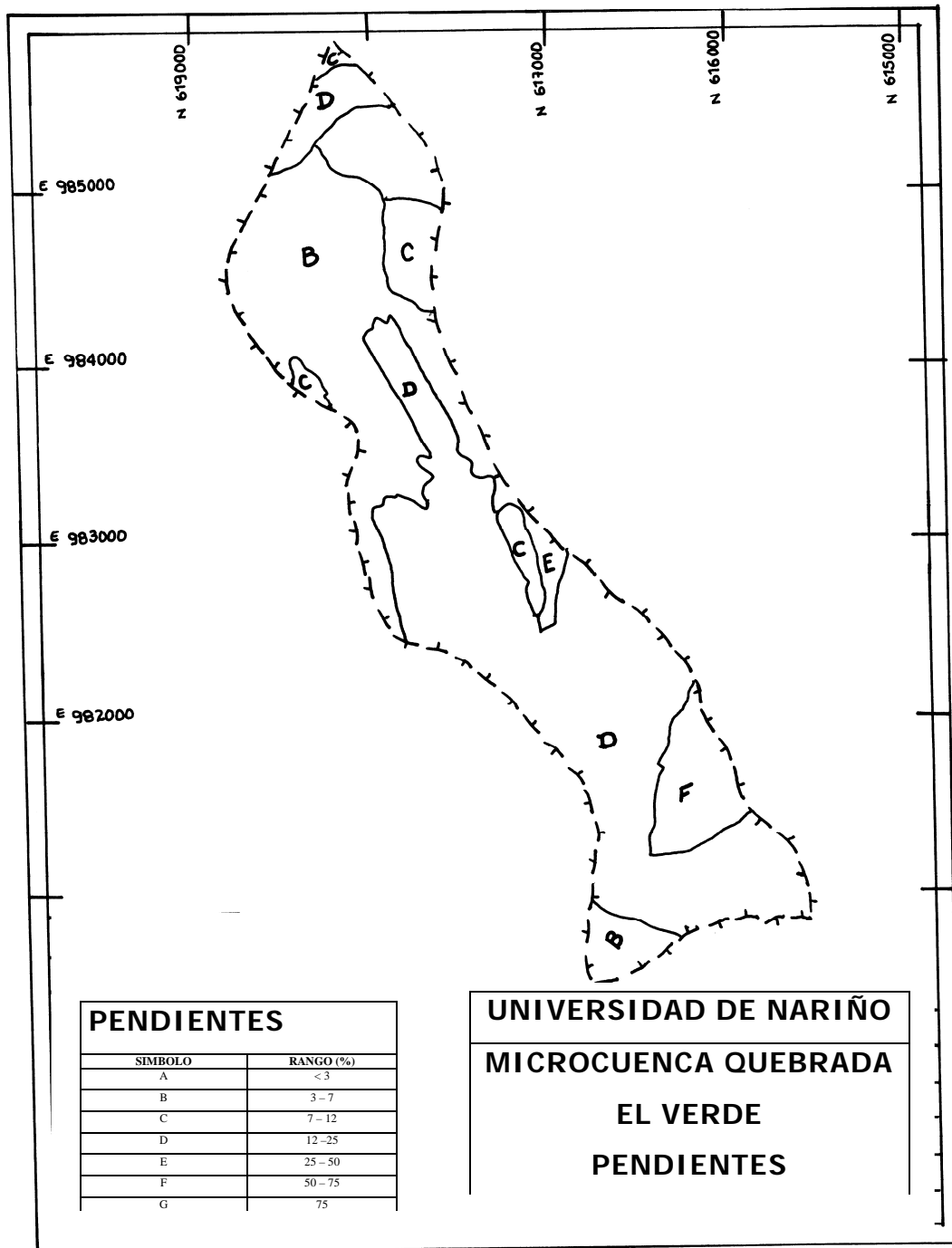
Relieve. *La morfología del terreno es heterogénea para la cuenca del río Bobo. El relieve se caracteriza por ser de colinas alargadas, redondeadas, cuando han sufrido procesos de erosión y colinas agudas cuando normalmente son asociados a procesos volcánicos y de intrusión. En cercanías del embalse cambia la configuración del terreno, convirtiéndose en zonas relativamente planas.*

La topografía en general de estas dos microcuencas presenta pendientes superiores a 25 % en su mayoría, llegando hasta zonas escarpadas donde el acceso es restringido (Mapas 3 y 4).

Hidrografía. *La cuenca alta del río Bobo está conformada por dos subcuencas. La subcuenca propia del río Bobo y la subcuenca del río Opongoy.*

La subcuenca del río Bobo tiene un área de 6940 hectáreas que equivalen al 31,3% de la cuenca alta. Esta subcuenca presenta seis flujos hídricos perfectamente definidos que representan el 71,3% del área de la subcuenca y dentro de los cuales se encuentran las microcuencas del río Bermejál y quebrada El Verde.





La microcuenca río Bermejál presenta como afluente principal la quebrada las Lajas en la parte superior, ya en la parte baja se intercepta con el río Jurado y cerca de la corriente principal del río Bobo con la quebrada El Verde.

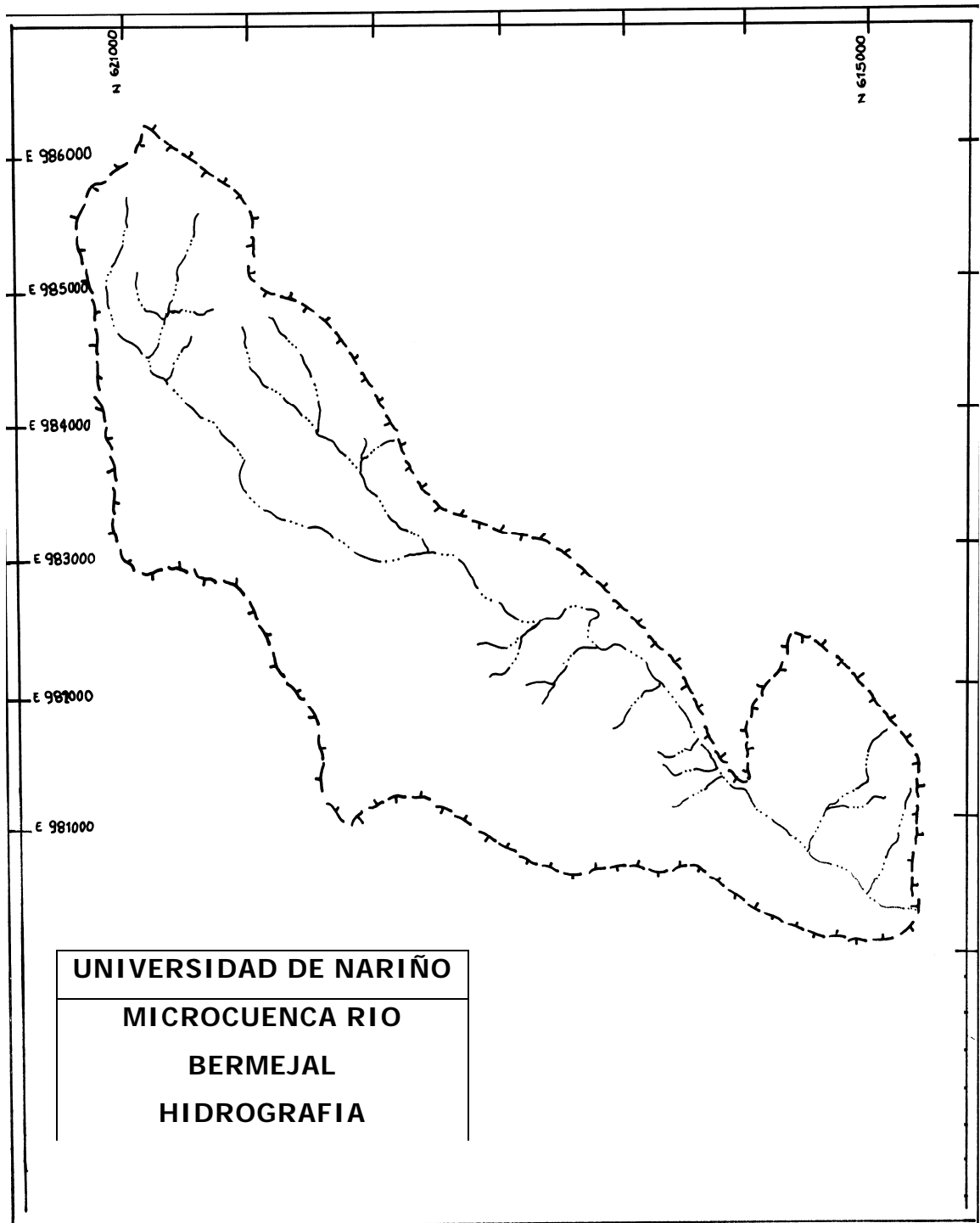
La microcuenca quebrada El Verde presenta pequeñas corrientes que alimenta el caudal de esta quebrada, pero en una forma densa (Mapas 5 y 6).

Caracterización morfométrica. *Los parámetros morfométricos son de importancia capital para tener un conocimiento e identificar el tipo de respuesta, que determinadas regiones tendrán, al ser intervenidos uno o varios parámetros que configuran los procesos generadores de los sistemas.*

La forma de la microcuenca tiene una gran influencia en todos los procesos hídricos, la densidad de drenajes, la pendiente media, la longitud total del cauce principal, el tiempo de concentración, se relacionan con el factor suelo y el factor vegetación para influir en los procesos morfológicos de modelamiento de la ladera y de formación de valles aluviales (Henao, 1988).

Estos parámetros fueron involucrados en una ficha base para cada microcuenca la cual se denomina Ficha Morfométrica, esta ficha contiene la información Morfométrica de las unidades hídricas perfectamente definidas.

Según CORPONARIÑO (1995) la microcuenca de la quebrada El Verde presenta los siguientes parámetros morfométricos:





<i>Area</i>	<i>510 k²</i>
<i>Altitud media</i>	<i>3103 m</i>
<i>Pendiente media de la cuenca</i>	<i>25,68 m/k.</i>
<i>Pendiente media de la corriente</i>	<i>55,55 k.</i>
<i>Longitud de corriente</i>	<i>5,4 k.</i>
<i>Longitud de drenaje</i>	<i>23,7 k.</i>
<i>Coefficiente de compacidad (Kc)</i>	<i>1,71</i>
<i>Tiempo de concentración</i>	<i>0°44'23"</i>
<i>Patrón de drenaje</i>	<i>Dendrítico denso</i>
<i>Caudal</i>	<i>46,05 L/seg.</i>

La microcuenca río Bermejál presenta los siguientes parámetros morfométricos:

<i>Area</i>	<i>900 k²</i>
<i>Altitud media</i>	<i>2555m</i>
<i>Pendiente media de la cuenca</i>	<i>34,66 m/k</i>
<i>Pendiente media de la corriente</i>	<i>5,.94 k</i>
<i>Longitud de corriente</i>	<i>9,1 k</i>
<i>Longitud de drenaje</i>	<i>37,2 k</i>
<i>Coefficiente de compacidad (Kc)</i>	<i>1,77</i>
<i>Tiempo de concentración</i>	<i>1°6'37"</i>
<i>Patrón de drenaje</i>	<i>Dendrítico denso</i>
<i>Caudal</i>	<i>121,7 L/seg.</i>

Haciendo una análisis de los parámetros morfométricos de las dos microcuencas, observamos cierta similitud en estos datos, destacando que la forma de las microcuencas es Oval-oblonga a rectangular-oblonga, lo que significa que es poco susceptible a las crecidas, el tiempo de concentración por lo tanto es mayor, es decir, que retarda la acumulación de las aguas al paso de la corriente por su punto de desagüe.

Geología

Se presenta un contacto geológico entre las rocas volcánicas de TQVIC y TQVI, la característica más importante es la total ausencia de mineralización, por consiguiente el contacto entre las rocas intrusivas, con sus rocas circundantes, genera mineralización, únicamente en el extremo sur del embalse, sin lograr alteraciones geológicas importantes (CORPONARIÑO, 1995) y (Municipio de Pasto, 1998).

Descripción de las rocas.

***Lava TQVI:** Son principalmente andesitas que pueden presentar cuarzo microcristalino, olivino y biotita, como mineral accesorio.*

***Avalanchas ardientes y de escombros TQVA:** La característica principal de esta roca piroclástica, es ocupar grandes extensiones y al mismo tiempo ser de poco espesor.*

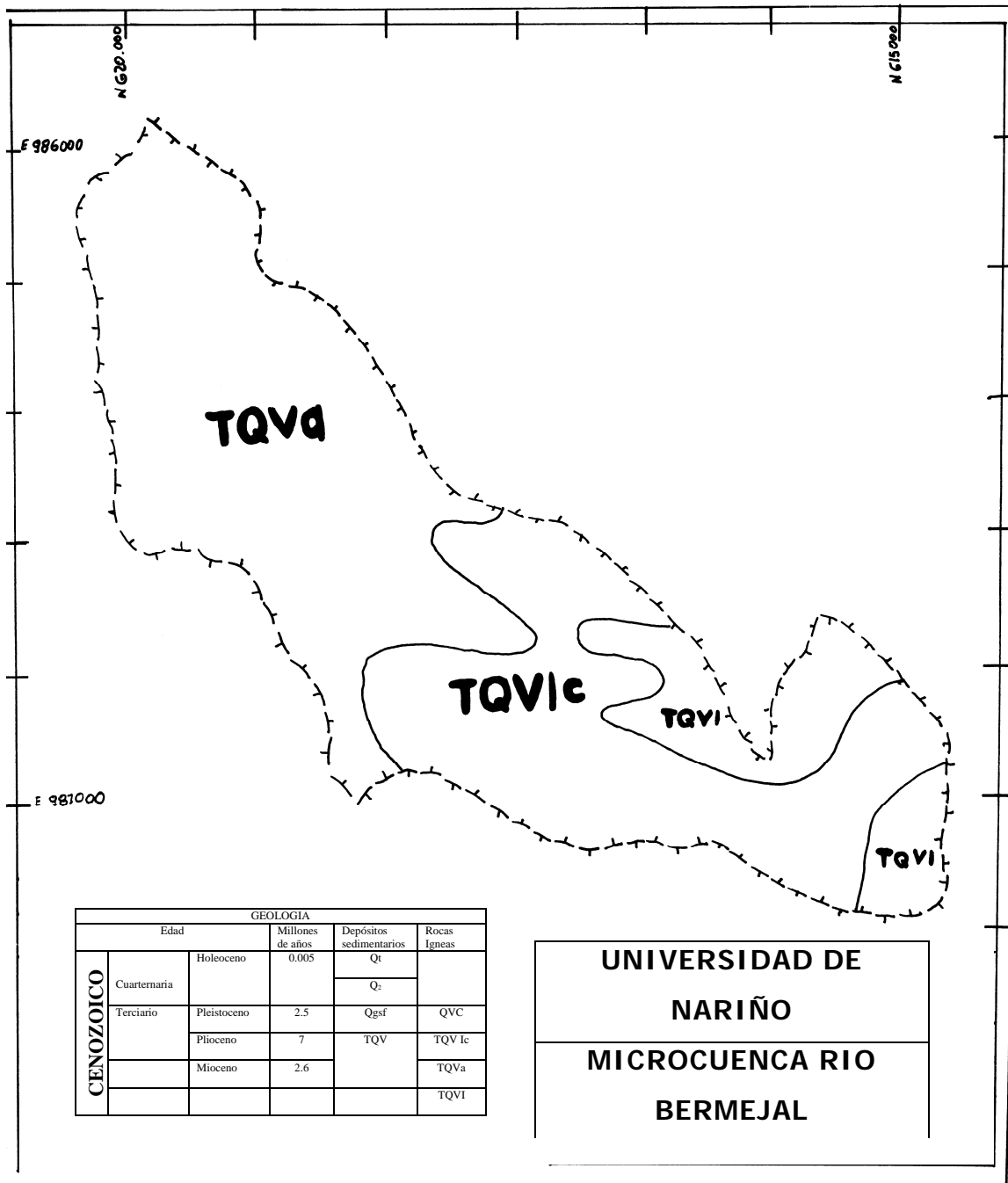
***Lavas y cenizas TQVIC:** Conforman lavas cubiertas con cenizas volcánicas (congagua), y rocas piroclásticas de lapilli. Esta unidad se localiza principalmente en los sectores aledaños a la represa del río Bobo.*

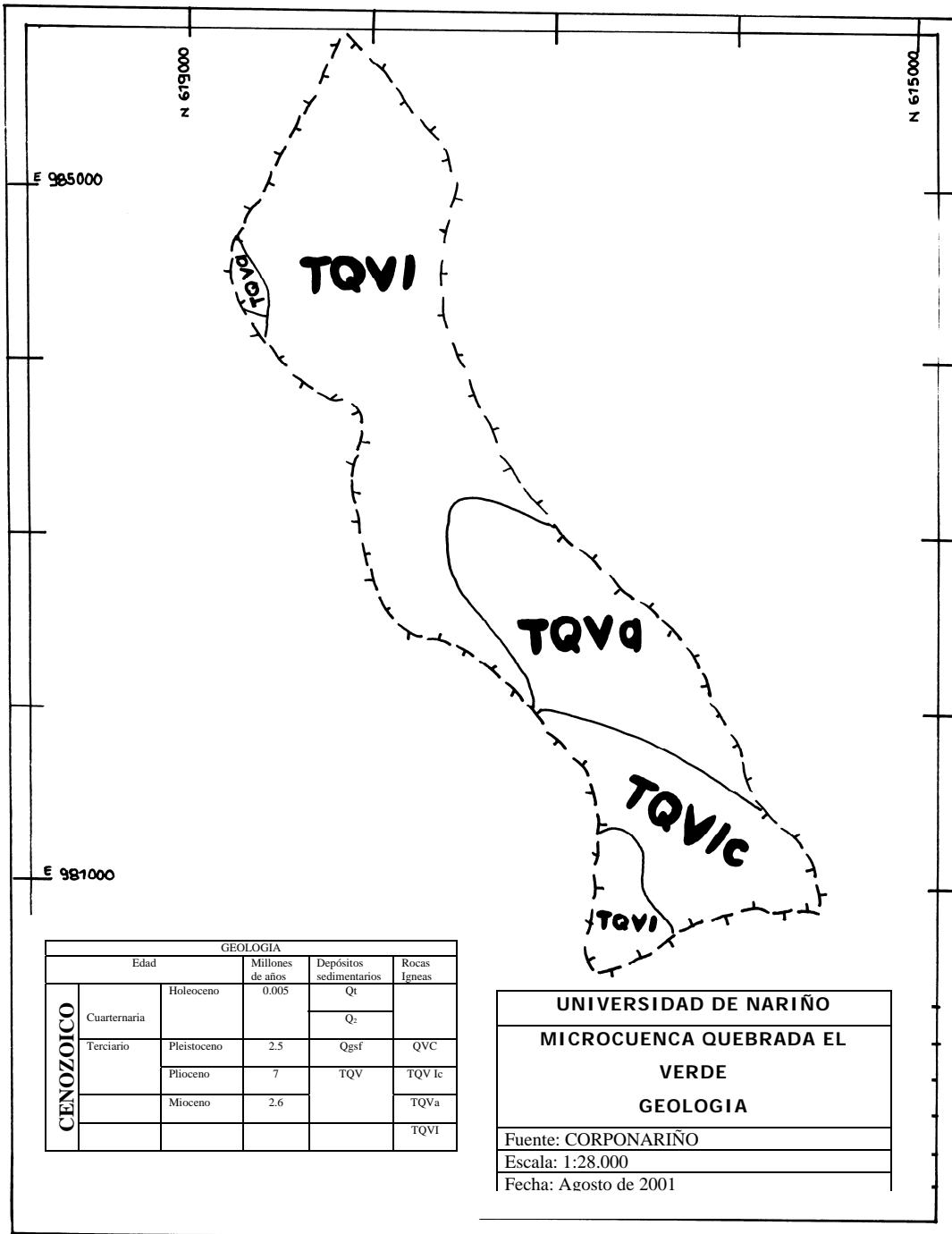
Depósitos lacustres QL: Asociadas al embalse del río Bobo, son esencialmente lomas de colores claros y oscuros, según el contenido de materia orgánica. También se originan producto de la meteorización e intemperismo de las rocas volcánicas.

Geología estructural. Estudios hechos por CORPONARIÑO (1995) han determinado que al norte del embalse se localizan dos fallas geológicas interferidas, las que vienen de la caldera de San Vicente y atraviesa en dirección W – E de la Loma del Gallo; pasa por el volcán antiguo de Acuyuyo, perdiéndose en dirección hacia Buesaco. Otra estructura geológica es el sistema de fallas del río Magdalena, ubicado más cerca del embalse, paralela a la anterior y en la misma dirección (Mapas 7 y 8).

Geomorfología. La carretera que une a San Antonio y Campanero, presenta taludes en la parte contigua a las paredes rocosas que están aflorando, en estos se originan deslizamientos activos menores que no afectan de manera importante a la infraestructura vial (Mapas 9 y 10).

Erosión. Los principales factores responsables del desarrollo de los procesos erosivos en las microcuencas en estudio, son de carácter natural; de manera especial el clima, el relieve y la naturaleza de las formaciones superficiales. Así las áreas que presentan una mayor de intensidad de erosión hídrica superficial corresponden a aquellas áreas con alta precipitación pluvial, mientras que los mayores o más numerosos movimientos en masas se localizan en zonas de relieve quebrado, no obstante, un sistema inadecuado de tenencia de la tierra agrava el problema.

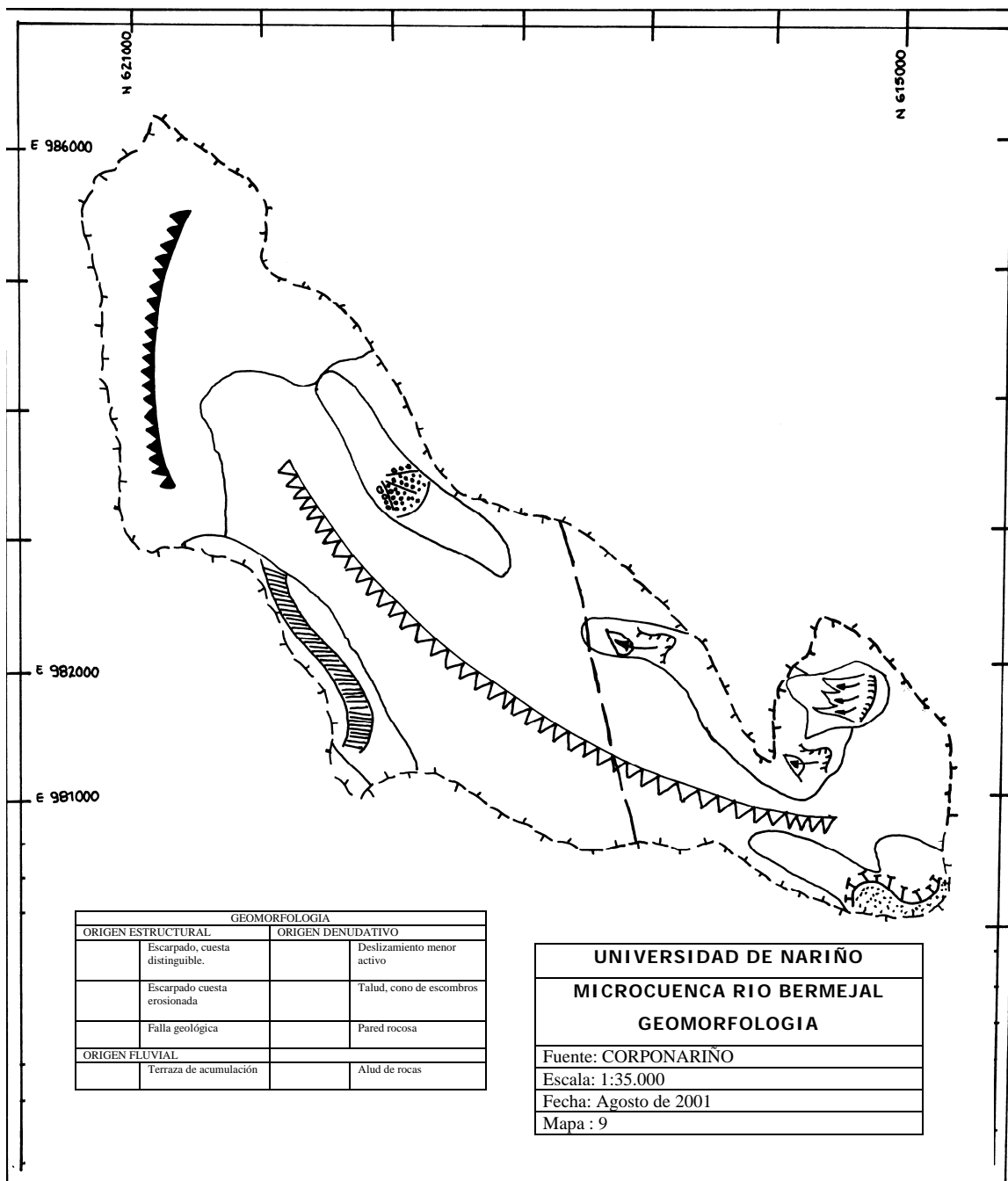


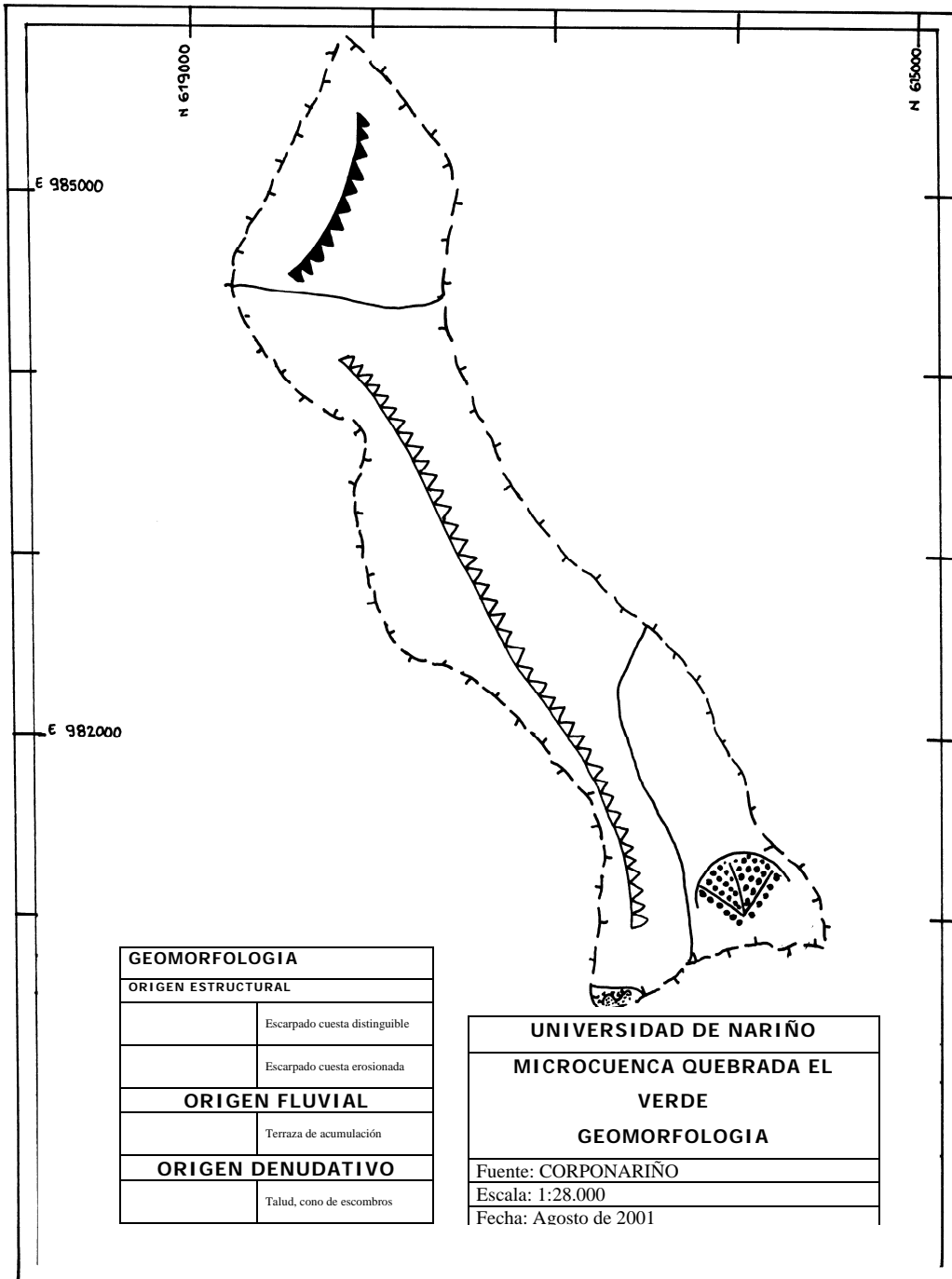


GEOLOGIA					
Edad		Millones de años	Depósitos sedimentarios	Rocas Igneas	
CENOZOICO	Cuaternaria	Holoceno	0.005	Qt	
				Qz	
	Terciario	Pleistoceno	2.5	Qgsf	QVC
		Plioceno	7	TQV	TQV Ic
		Mioceno	2.6		TQVa
				TQVI	

UNIVERSIDAD DE NARIÑO
MICROCUEENCA QUEBRADA EL VERDE
GEOLOGIA

Fuente: CORPONARIÑO
 Escala: 1:28.000
 Fecha: Agosto de 2001





*La erosión por actividades agrícolas puede contribuir a acelerar los procesos erosivos naturales de origen geológico; tal fenómeno se conoce como **erosión antropogénica**; es decir, aquella erosión derivada de la intensificación de las actividades del hombre (agricultura y ganadería) sobre el recurso suelo.*

Al lado de pendientes fuertes cultivadas en pésimas condiciones técnicas, subsisten superficies de tierras más aptas pero insuficientemente aprovechadas en ganadería extensiva.

En cuanto a erosión de la red vial no se observa procesos que afecten a la infraestructura de la región. Se identifica erosión eólica y física en las rocas volcánicas, causante de la alteración e intemperismo de las mismas, dando lugar a rocas sedimentarias, depositadas "in situ" y en las márgenes del embalse del río Bobo, sin embargo estos procesos no afectan la infraestructura vial.

Los resultados indican que 78 hectareas (15,29%) de la microcuenca quebrada El Verde presentan erosión ligera, y para el río Bermejil 43 hectareas (4,78%), es decir, únicamente hay un adelgazamiento del horizonte A o capa arable (donde se presenta un arrastre en el espesor menor del 25% del horizonte). Aparecen áreas sin vegetación natural, formación de pata de vaca y acumulación de sedimentos en la base de la pendiente o en las depresiones (CORPONARIÑO, 1995).

Suelos

Clasificación Taxonómica. CORPONARIÑO (1995) y Municipio de Pasto(1998).

En la zona de estudio se encontraron suelos del orden Inceptisol e Histosol

Los inceptisoles se encuentran en suelos de clima frío húmedo y frío muy húmedo, los materiales corresponden a cenizas volcánicas, tabas, arenas volcánicas, bumitas y andesitas, comprende los subórdenes Andept, Tropept y Aquept. Los Histosoles se localizan en las depresiones y rebordes del embalse del río Bobo y se encuentran en los climas frío húmedo y muy húmedo, son suelos con alto contenido de Carbono orgánico, son pobremente drenados y permanecen saturados de agua la mayor parte del año (CORPONARIÑO, 1995).

Para Cortes et al., (1982), estos suelos de cordillera son poco evolucionados, ricos en materia orgánica y varían de superficiales a muy profundos. Estos suelos son altamente susceptibles al deterioro.

Uso del suelo

Uso actual. *De acuerdo al Cuadro 22 se observar que en la quebrada El Verde la mayor parte del suelo se encuentra bajo explotación agrícola y pecuaria, existiendo baja cobertura vegetal. Esta explotación agropecuaria se presenta de una forma inadecuada y bajo un manejo tradicional; no poseen técnicas apropiadas de laboreo del suelo, desarrollándose de una manera intensiva al igual que el manejo pecuario en esta zona.*

Cuadro 22. Uso actual del suelo microcuencas río Bermejál y quebrada El Verde.

Microcuencas	Área		Páramo		Bosque Primario		Bosque Secundario		Plantaciones		Rastrojos		Pastos		Agricultura	
	has	has	%	has	%	has	%	has	%	has	%	has	%	has	%	
Q. El Verde	510	32	6,2	63	12,3	135	26,4	0,0	0,0	---	---	168	32,9	112	21,8	
R. Bermejál.	980	237	26,3	47	5,2	155	17,2	100	11,11	103	11,4	138	14,4	56	6,2	

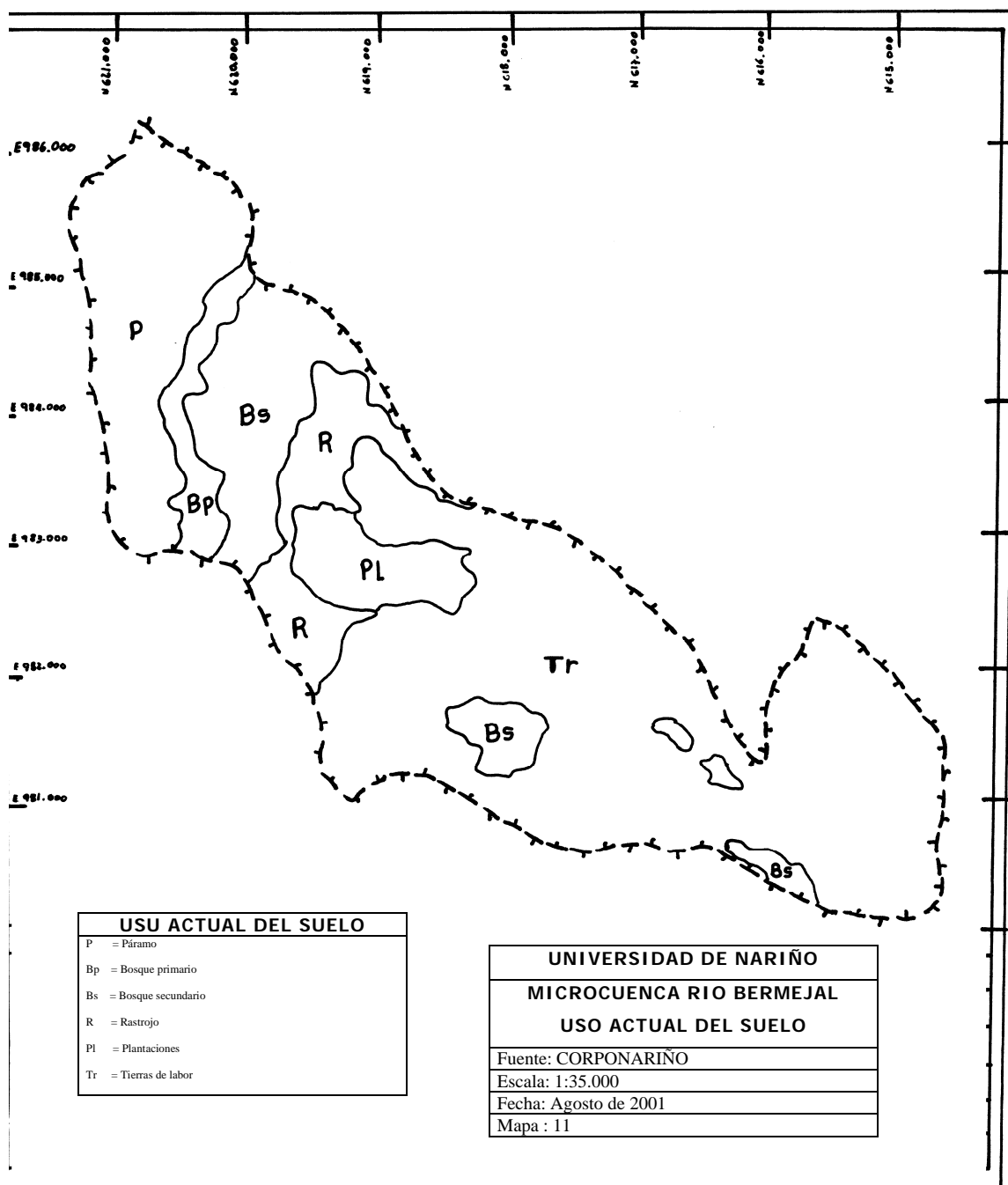
Fuente: CORPONARIÑO (1995) y Plan de Ordenamiento Territorial (1998).

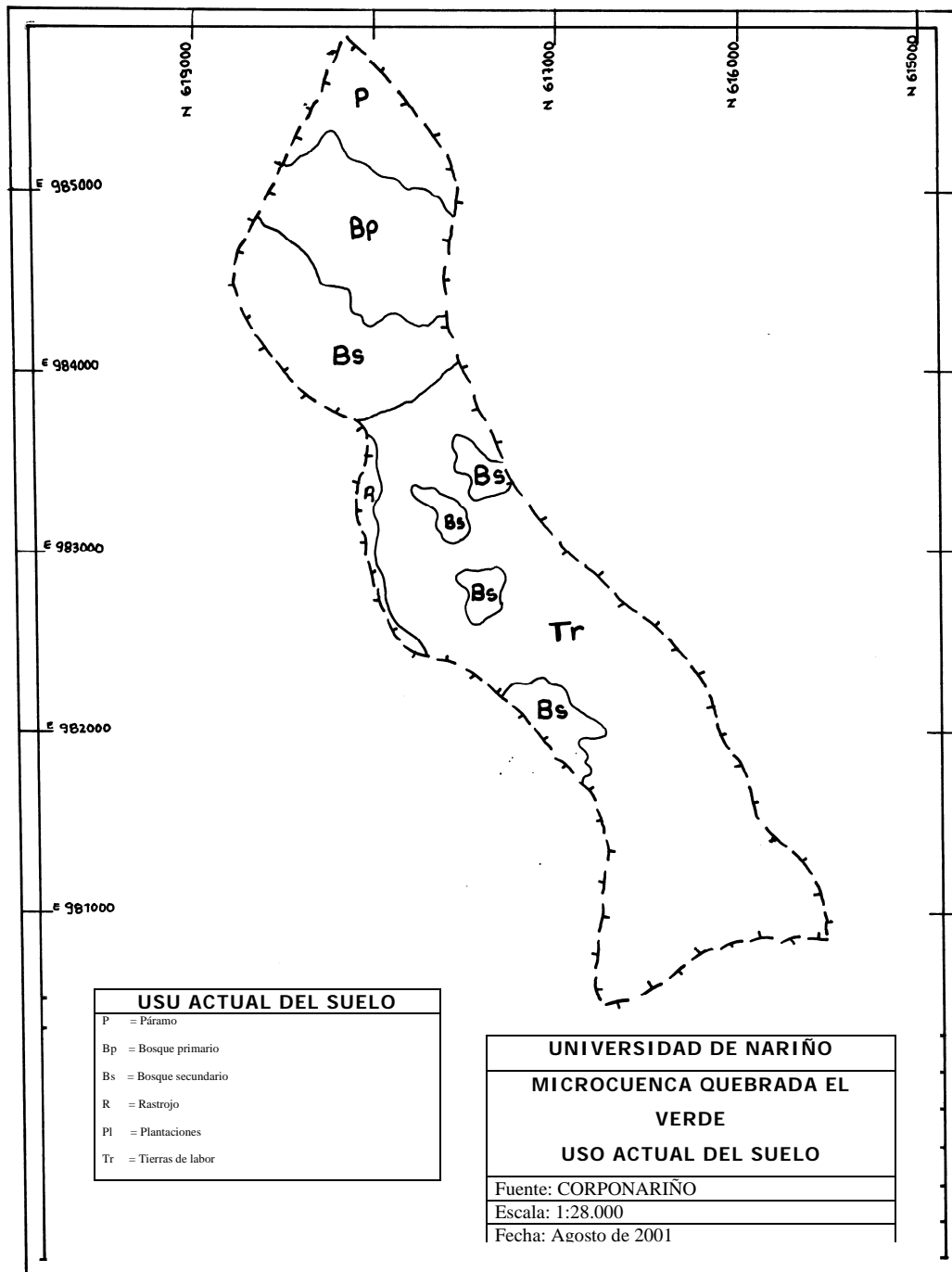
En la microcuenca río Bermejál, el área bajo cobertura vegetal es mayor, pero hay que tener en cuenta que a esta área no se le ha dado la protección absoluta que sería lo ideal, la deforestación anual es alta, lo que determina que a pesar de que existen áreas bajo páramo, bosque primario y secundario, rastrojo y plantaciones, sino se maneja y se explota de forma racional tiende a disminuirse y a aumentar el área de explotación agropecuaria y por ende a influir sobre el clima de la región (Mapas 11 y 12).

Capacidad de uso. *Esta se hace de acuerdo a la aptitud que tienen los suelos para las diferentes explotaciones agropecuarias involucrando parámetros tales como: Relieve, pendiente, erosión, profundidad efectiva, presencia de praderas, drenaje natural, encharcamientos e inundaciones, relación de humedad, permeabilidad y nivel de fertilidad de los suelos IGAC (1989), citado por CORPONARIÑO (1995).*

Según el Sistema Taxonómico Americano de suelos, en las microcuencas quebrada El Verde y río Bermejál las clases agrológicas que más predominan son: V, VI, VII y VIII, donde los suelos son de relieve ondulado a fuertemente ondulado, son suelos superficiales a muy profundos, bien drenados, de fertilidad baja a muy baja. La principal limitante la constituye la pendiente, ya que disminuye la aptitud agrícola.

Estas tierras no son adecuadas para cultivos a menos que se apliquen prácticas intensivas de manejo como: curvas de nivel, surcos o líneas en contorno, barreras vivas. en estos suelos se debe impedir que la cobertura vegetal existente especialmente la boscosa sea





intervenida. Es importante adelantar prácticas de reforestación con especies optas para la protección y conservación del ecosistema (Mapas 13 y 14).

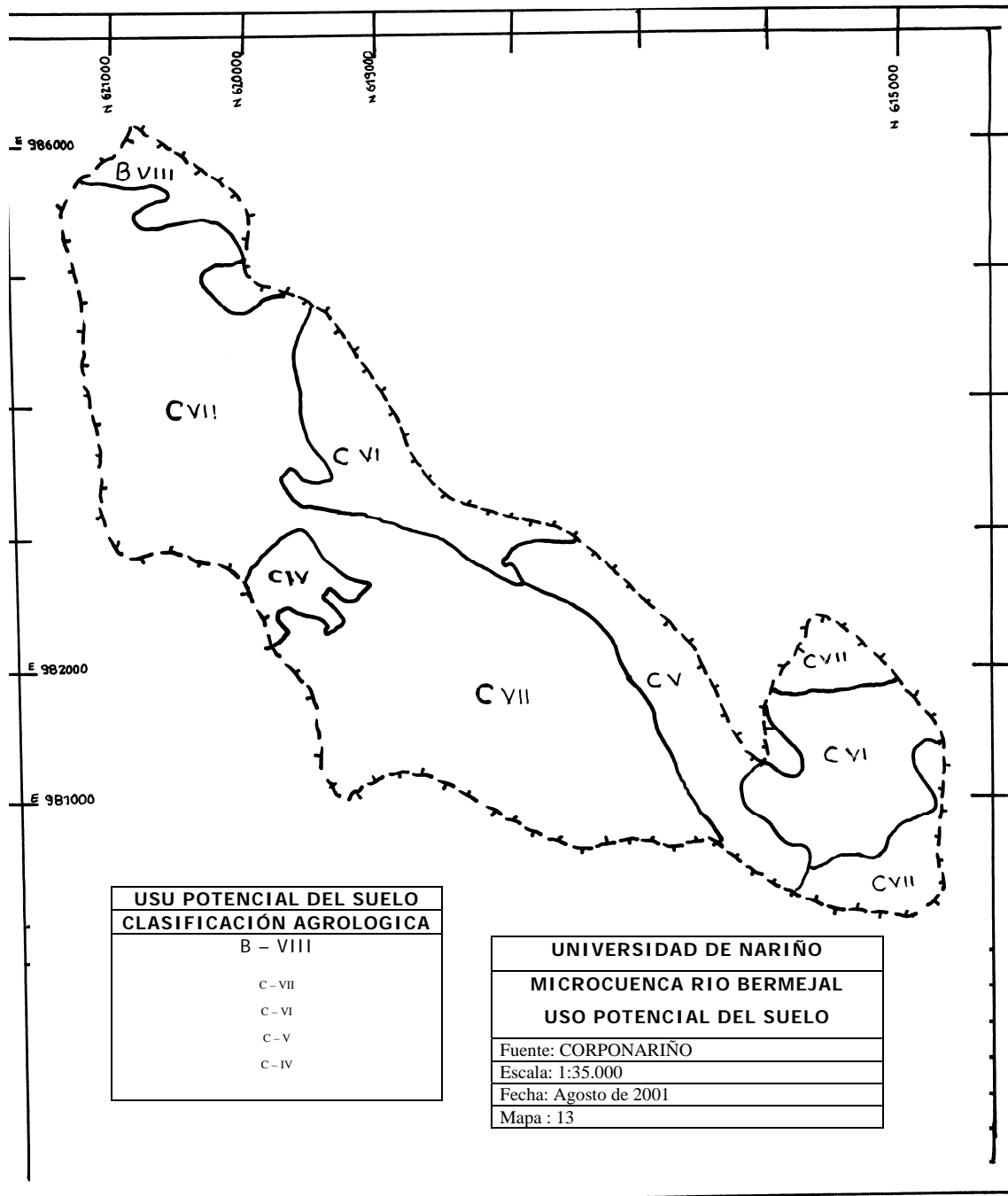
Clima

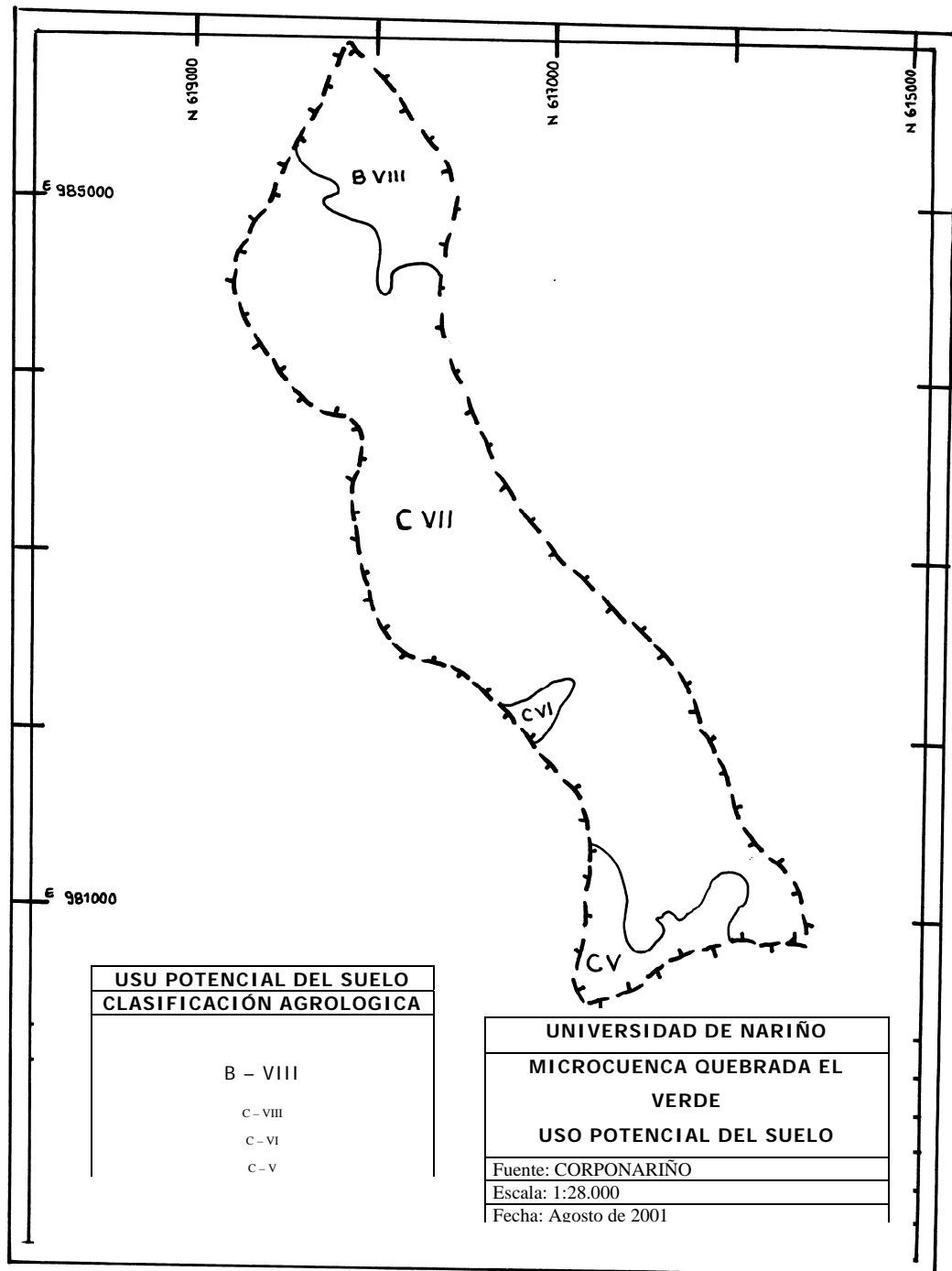
Zonas de Vida. *En las microcuencas quebrada El Verde y río Bermejil, se presentan las siguientes Zonas de Vida:*

Bosque Húmedo Montano (bh – M). *Los límites climáticos oscilan entre 6 y 12°C, un promedio de lluvias de 500 – 1.000 mm, se inicia aproximadamente a los 3.000 msnm. El clima es húmedo debido a la baja temperatura determinando poca evapotranspiración, las oscilaciones de temperatura son grandes entre el día y la noche, descendiendo en ocasiones a menos 0°C, originando heladas.*

Es el área donde se encuentra la zona en estudio, se cultiva papa, pastos de ganadería; la vegetación arbórea está compuesta principalmente por pequeñas extensiones de rastrojos, bosques secundarios y plantaciones (CORPONARIÑO, 1995).

Bosque Seco Montano Bajo (bs – MB) *CORPONARIÑO (1995). Registra temperaturas medias anuales entre 12 y 19°C, precipitación promedio anual entre 500 – 1.000 mm, comprende altitudes entre 2.000 y 3.000 msnm, las temperaturas son tanto cálidas durante el día descendiendo en la noche, oscilaciones estas que en los veranos llegan a ser acentuados.*





Esta zona de vida aparece en los alrededores de la represa del río Bobo, es una región intensamente cultivada de papa y pastos para ganadería, la cobertura arbórea se reduce a pequeñas extensiones en rastrojos

Temperatura. *La temperatura máxima tiene un promedio de 14,4 °C, una temperatura mínima de 10,7 °C (Figura 7).(Anexo 1)*

Precipitación. *El comportamiento temporal de este parámetro es de tipo bimodal, cuyos valores máximos se presentan en los meses de Enero con 248,0 mm y Febrero con 282,0 mm, sus mínimos con 1 mm en Agosto y 2 mm en Febrero. El valor medio anual de la serie 1970 – 1999 una vez homogeneizada la información es de 990,7 mm (Figura 8).(Anexo 2)*

Humedad relativa: *los valores más altos se presentan de Octubre a Mayo y el valor promedio para esta región es de 77 %, coincidiendo en lo reportado por Rangel et al., (1995) en la caracterización climática de Colombia (Figura 9).(Anexo 3)*

Brillo solar: *presentó un promedio anual de 105,3 h/m, muestra una fase de mayor incidencia que va desde Julio hasta Enero y el periodo de disminución de la intensidad comprende desde Febrero hasta Junio (Figura 10).(Anexo 4)*

La Evaporación *registró valores altos en los meses de agosto a octubre en lo que concierne a **Recorrido del viento**, alcanzó velocidades relativamente altas (6230 k y 6078 k) en los meses de Julio y Agosto respectivamente (Figura 11 y 12).(Anexo 5 y 6).*

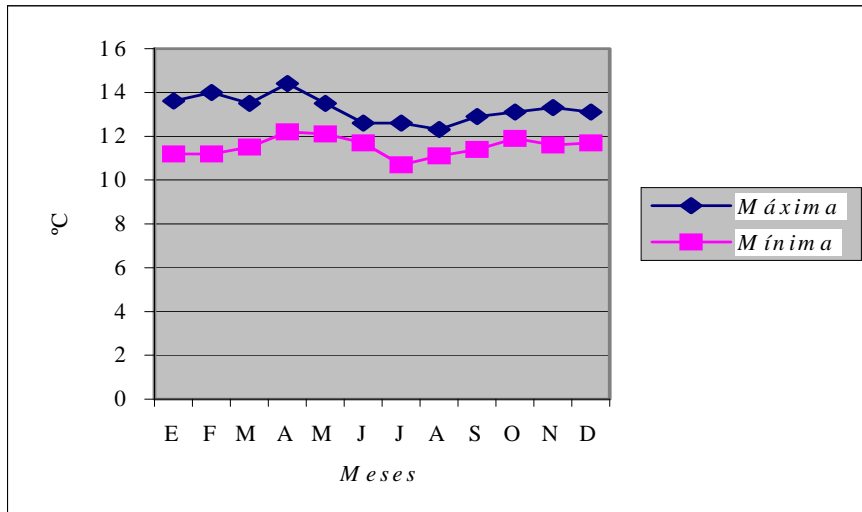


Figura 7. Valores medios mensuales de temperatura, Estación Botana, período 1970-2000.

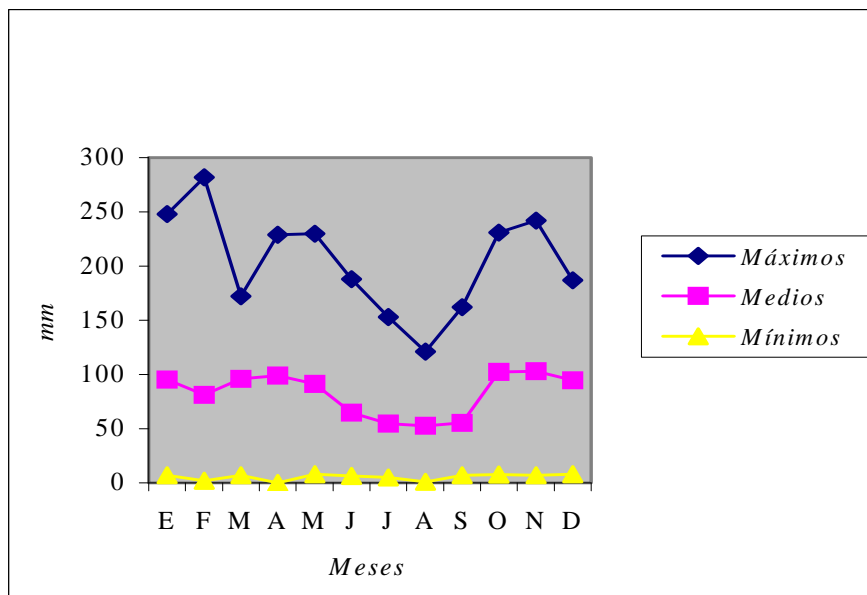


Figura 8. Valores totales mensuales de precipitación, Estación río Bobo, período 1970-1999.

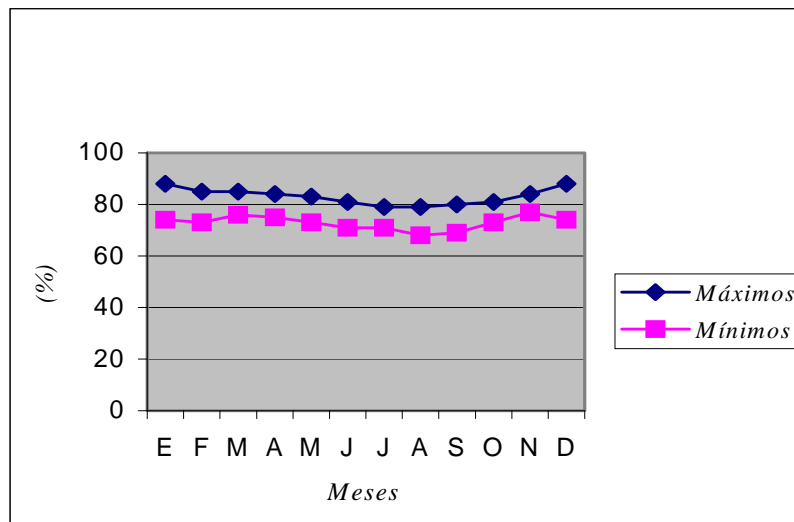


Figura 9. Valores medios mensuales de Humedad Relativa, Estación Botana, periodo 1980 - 2000.

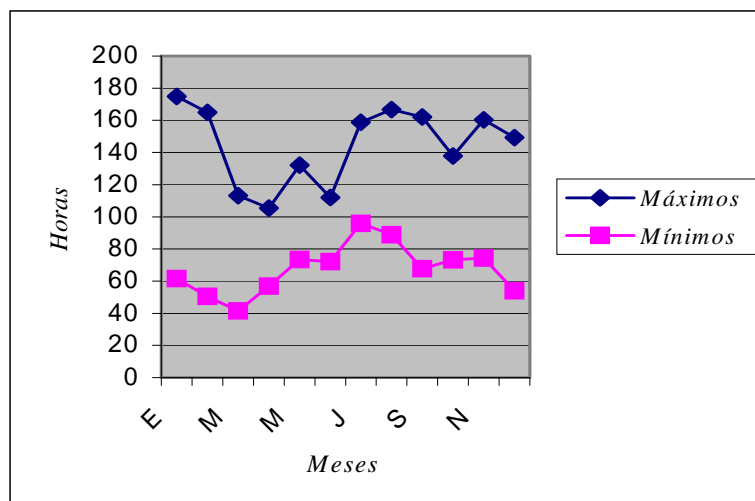


Figura 10. Valores totales mensuales de brillo solar, Estación Botana, Periodo 1980 - 2000.

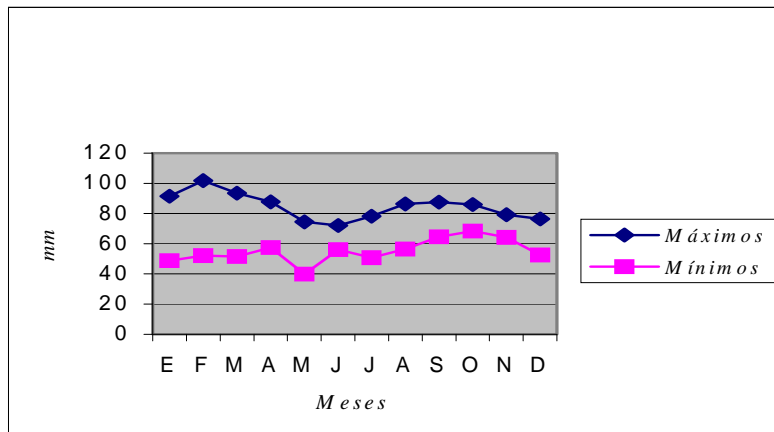


Figura 11. Valores totales mensuales de evaporación, Estación Botana, periodo 1980 - 2000.

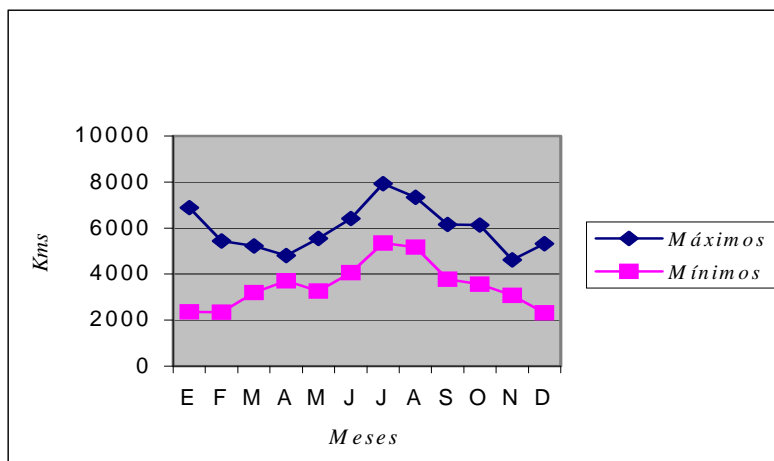


Figura 12. Valores totales mensuales de recorrido del viento, Estación Botana, Periodo 1980 - 2000.

7.3 BALANCE HIDRICO

El balance hídrico conlleva al concepto de déficit de escurrimiento el cual no es más que la cantidad de agua evapotranspirada. Para una cuenca cualquiera se debe hacer, en términos generales, la contabilidad del agua, que se obtiene a través del balance hidrológico o balance hídrico.

En una cuenca hidrográfica el balance se compone de entradas (precipitación, remanentes de agua) y salidas (escurrimiento, aguas evaporadas, aguas subterráneas, aguas glaciales o almacenadas).

Para determinar el balance hídrico se procedió de la siguiente manera: primero se determinó la evapotranspiración (ET) con base a las temperaturas medias mensuales, encontrándose así el índice térmico anual. Para hallar la ET corregida se multiplica la ET teórico por un factor de corrección de Thornthwaite (Anexo 7) para ajustar la duración real de cada mes y cada día.

Calculados los valores mensuales de la ET se procedió a definir la capacidad de almacenamiento del suelo en este caso 100 mm. Una vez que se llega a este límite el suelo no tiene más capacidad de detener el agua y se presenta el exceso.

El balance se comenzó a hacer en el mes que se empieza a formar las reservas en el suelo, esto quiere decir que en el mes inmediatamente anterior no tiene reservas, se compara los

valores de ETP con la precipitación media mensual del área, es decir se realiza el balance de entrada y salida del agua del sistema suelo-planta a nivel mensual.

El orden de prioridades de las necesidades del agua son las siguientes:

- *Evapotranspiración*
- *Acumulación en el suelo*
- *Excedente para escurrimiento*

Lo anterior indica que la precipitación pluvial debe llenar la necesidad de evapotranspiración, si llena esta necesidad y aún sobra agua se entra a llenar la segunda necesidad que es la de almacenamiento en el suelo y si queda satisfecha esta necesidad y aún sobra agua, esta irá el escurrimiento (Castañeda, 1986).

El escurrimiento es calculado de acuerdo a la media entre el escurrimiento del mes inmediato anterior y el excedente del mes actual (Cuadros 24 y 25).

Al observar el Climatograma Figura 13 podemos señalar que en el balance hídrico no se presenta déficit de agua en esta zona, antes bien se presentan excedentes de 194,5 mm, lo que garantiza el mantenimiento de los cauces de agua. Aunque en los meses de Julio, Agosto y Septiembre la ETP supera al agua caída en estas microcuencas, esta no se convierte en problema ya que existe un almacenamiento de agua en el suelo que proveerá para demanda de esta necesidad.

Cuadro 24. Cálculo de la ETP por Thornthwaite, Estación Botana, período 1979 – 2000.

MES	Precipitación	T°C	i	ETP.T	F	ETP (cm)	ETP (cm)
1	96.3	12.3	3.90729096	5.31300848	1.02	5.41926865	54.1926865
2	83.5	12.5	4.00388111	5.42121506	0.94	5.09594215	50.9594215
3	87.5	12.5	4.00388111	5.42121506	1.04	5.63806366	56.3806366
4	98.7	12.9	4.19944826	5.63892421	1.01	5.69531345	56.9531345
5	85.5	12.8	4.15026003	5.58433652	1.04	5.80770998	58.0770998
6	53.9	12.3	3.90729096	5.31300848	1.01	5.36613856	53.6613856
7	47.9	11.5	3.52903482	4.88462716	1.04	5.08001225	50.8001225
8	44.3	11.7	3.62237	4.99104455	1.01	5.040955	50.40955
9	48.7	12.1	3.81150474	5.20524089	1.04	5.41345052	54.1345052
10	94.9	12.5	4.00388111	5.42121506	1.04	5.63806366	56.3806366
11	99.8	12.5	4.00388111	5.42121506	1.01	5.47542721	54.7542721
12	91.6	12.4	3.95548594	5.36705723	1.04	5.58173952	55.8173952
TOTAL			47.0982101				

o

Cuadro 25. Cálculo del Balance Hídrico por Thornthwaite, Estación Botana, período 1979 – 2000.

PARAMETRO	X	XI	XII	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	TOTAL
<i>ETP (mm)</i>	56.38	54.75	55.82	54.19	50.96	56.38	56.95	58.08	53.66	50.8	50.41	54.13	652.51
<i>Precipitación (mm)</i>	94.9	99.8	91.6	96.3	83.5	87.5	98.7	85.5	53.9	47.9	44.3	48.7	932.6
<i>Var de reserva en el suelo</i>	38.52	45.05	16.43	42.11	32.54	31.12	41.75	27.42	0.24	-2.9	-6.11	-5.43	
<i>Almac en el suelo</i>	38.52	83.57	100	100	100	100	100	100	100	97.1	90.99	85.56	
<i>Etr (mm)</i>	56.38	54.75	55.82	54.19	50.96	56.38	56.95	58.08	53.66	50.8	50.41	54.13	652.51
<i>Deficit</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Excedente</i>	0	0	19.35	42.11	32.54	31.12	41.75	27.42	.024	0	0	0	194.53
<i>Escurrencimiento</i>	0	0		26	29.19	30.21	72	50	25	13	6	3	264.5
<i>P-ETP</i>	38.52	45.05	35.78	42.11	32.54	30.21	41.75	27.42	0.24	-2.9	-6.11	-5.43	

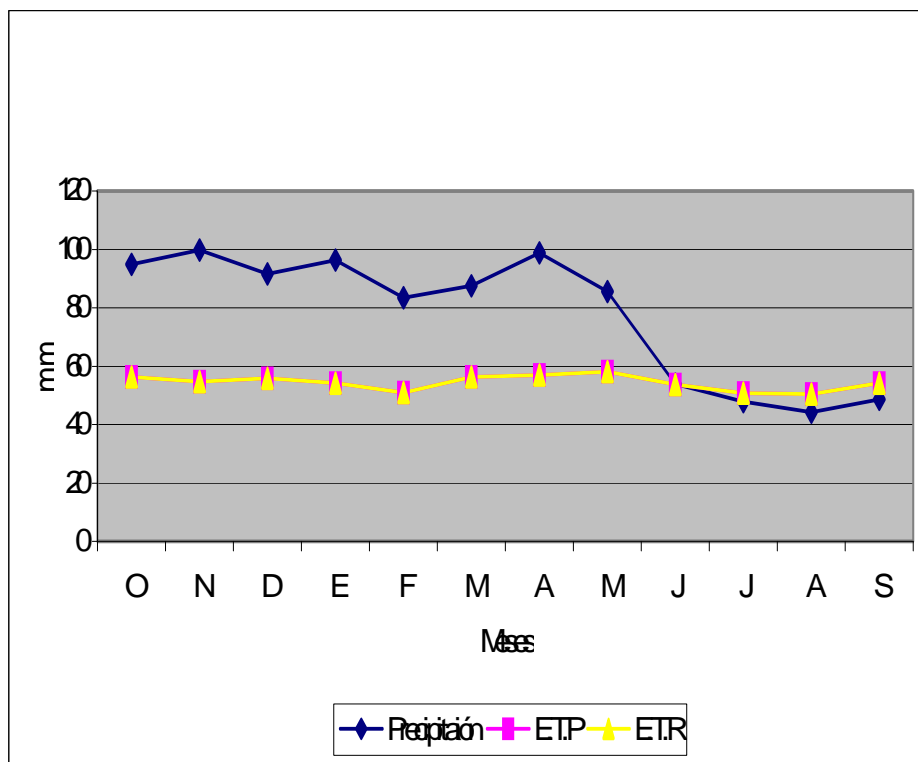


Figura 13. Balance hídrico, microcuencas río Bermejil y quebrada El Verde, Cuenca Alta río Bobo, Estación Botana, Periodo 1979-2000.

Los meses donde se presenta los mayores excedentes de agua corresponde a los meses de Enero, Febrero, Marzo, Abril, Mayo, alcanzando en este último el valor más alto de excedente de agua.

En general la precipitación anual para este periodo correspondió a 932,6 mm de agua y su evaporación anual es de 652,51

Teniendo en cuenta los valores de ETP determinados por Rangel et al., (1995), en la caracterización climática del país, se sitúan por encima de 50 mm, estos valores coinciden con lo encontrado en este estudio clasificando al clima según Thornthwaite como Semihúmedo, con poco déficit de agua como se dijo anteriormente.

Por otra parte los resultados del balance hidrológico de la cuenca alta del río Guamuez, desarrollado por CORPONARIÑO, el valor considerado de oferta - demanda de esta cuenca es aproximadamente de 530,6 mm³, lo que determina la riqueza hídrica de esta zona.

7.4 ANÁLISIS DE LA INFLUENCIA DE LA COBERTURA VEGETAL EN LA REGULACIÓN DE CAUDALES

Mucho se ha especulado en torno a la influencia de los bosques sobre los caudales, sin embargo se ha investigado muy poco al respecto.

El presente análisis es una aproximación a la realidad de lo que está sucediendo en el seno de estos ecosistemas de bosque como integrantes físicos del sistema de cuencas hidrográficas.

7.4.1 Influencia de la vegetación sobre la precipitación

En cuanto a la influencia de la vegetación hay que considerar tanto el origen de las precipitaciones, en la intercepción y las precipitaciones horizontales, rocíos y escarchas.

En cuanto a su origen, las precipitaciones pueden ser ciclónicas, convectivas y orográficas. Las precipitaciones de origen ciclónico y convectivas no tienen influencia apreciable. En cambio las precipitaciones orográficas se ven influenciadas por la vegetación ya que por un lado acrecientan la altura efectiva y por otro lado está el efecto de fricción, tendiendo a frenar y producir un movimiento ascensional del aire, que favorece las precipitaciones.

En cuanto a la influencia de la vegetación en la intercepción, las precipitaciones atmosféricas, bien sea en forma de lluvia o nieve, al incidir sobre una superficie boscosa, son interceptadas o retenidas por sus hojas y ramillas y, en consecuencia, parte de los mismos no llegarán al suelo. El agua que llega al suelo es la precipitación neta y el volumen que queda en el estrato vegetal, la intercepción.

Entre los factores que influyen en este proceso pueden destacarse: la especie vegetal y su edad, el tipo de bosque y las circunstancias del medio (temperatura ambiental, presión atmosférica, entre otros) (López, 1994) y (CORPONARIÑO, 1995).

La influencia de la vegetación en las precipitaciones oculta, rocíos, escarcha y precipitaciones horizontales, se resume a continuación.

La precipitación oculta, que es la fijación en el interior del suelo de vapor atmosférico, se produce cuando la temperatura del suelo es más bajo que la del aire. La vegetación favorece la condensación del vapor de agua en el interior del suelo por la presencia de sus sistemas radicales, gracias a que su temperatura es inferior a la del aire que les rodea, por la acumulación de una capa de materia orgánica, que contribuye a aumentar la porosidad y produce una mayor condensación del vapor y, finalmente una mayor humedad relativa bajo cubierta vegetal.

En cuanto al rocío y escarcha factores como aire con suficiente humedad relativa, superficie de contacto más frío que las de saturación del aire, gran superficie de condensación y viento suave se presenta en el bosque ya que la humedad relativa es superior a la del raso, debido fundamentalmente al fenómeno de la transpiración.

Y por último dentro del bosque se presenta la precipitación horizontal que favorece la formación de niebla al ser mayor la humedad relativa en su interior que fuera y menor la velocidad del viento. Esta precipitación no se la mide generalmente porque es la que se presenta dentro del bosque (López, 1994) y (Hofstede, 1997).

CORPONARIÑO (1995) en su estudio sobre manejo de la cuenca alta del río Bobo, determinó que de una precipitación promedio anual de 1,150 mm, el 70% (805 mm) están disponibles en la cuenca, el 30% restante (345 mm) es devuelto a la atmósfera por medio del proceso de evapotranspiración (para el bosque primario y secundario), en cambio en el páramo este porcentaje es muy bajo debido a las condiciones climáticas que se dan en él, así la actividad de las plantas prácticamente cesan a temperaturas inferiores a 5 °C.

Por otra parte determinaron que por su extensión los bosques secundarios en la subcuenca del río Bobo juegan un papel importante en la regulación de los caudales medios.

7.4.2 Influencia de la vegetación en la evapotranspiración

En las salidas de agua por cambio de estado líquido a vapor, en el bosque hay una drástica reducción debido a que la vaporación directa del agua del suelo compensa el incremento de la transpiración y de evaporación de agua retenida por intercepción.

Esta compensación se justifica considerando que la energía solar empleada en el proceso es la misma sobre cualquier tipo de cubierta y que se invierte en casi su totalidad en producir el cambio de estado, lo que establece, a igualdad de energía disponible, corresponde alturas de agua de evaporación similares.

En estudios sobre la relación agua – bosque se afirma que existe una relación inversa entre el aumento del bosque y la producción de agua, en términos absolutos, debido a que el aumento de la masa boscosa provoca un gran incremento en las pérdidas por evapotranspiración (CORPONARIÑO, 1995).

Según las experiencias obtenidas por López (1994), en la restauración hidrológica forestal de cuencas y control de la erosión, ha puesto de manifiesto lo siguiente:

- La evaporación es diferente, según la composición de la cubierta. Al aumentar la edad y disminuir la espesura de la masa forestal, la evaporación tiende a aumentar.*
- En suelos cubiertos con hojarasca sin descomponer, la evaporación es inferior a la producida en un suelo arenoso desnudo.*
- La transpiración en diferentes espacios arbóreos encuentra como factor más influyente la temperatura del aire.*

También influye la luz solar, la temperatura, el contenido de humedad y la composición de la vegetación. La transpiración en función de la temperatura media anual es, para las frondosas, de 200 a 300 mm anuales, mientras que para las coníferas es de 100 a 150 mm (López, 1994).

El mismo autor señala que en cuanto a la edad de la masa forestal, la mayor transpiración se observa en pinos de 40 años, robles de 60 años y fresnos de 20 a 40 años. Posteriormente decrece.

Esto permite, en cierta medida, regular el régimen de humedad del suelo mediante la selección de especies y mediante tratamientos silvícolas.

7.4.3 Influencia de la vegetación sobre la escorrentía

El papel que desempeña la vegetación, principalmente los bosques, sobre la escorrentía es el de modificar la forma en que esta agua accede a los cauces, disminuyendo drásticamente las aportaciones de superficie y aumentando correspondientemente las subterráneas (López, 1994).

En este aspecto la vegetación juega un papel importante en la disminución de la escorrentía superficial e incremento en el almacenamiento de agua en el suelo debido a: una mayor capacidad de infiltración de que dotan los suelos; la intercepción de la precipitación, que disminuye la intensidad de los aguaceros; la transpiración de las plantas, que regula la dosis de humedad de los suelos manteniendo una capacidad de almacenamiento disponibles aún en épocas de gran humedad y finalmente la gran capacidad de absorción de agua de las cubiertas de restos vegetales y húmedos, retrasan el punto de encharcamiento y por tanto el comienzo del flujo superficial (López, 1994).

Bell, citado por De las Salas (1987), afirma que bajo algunas coberturas arbóreas tropicales, la escorrentía superficial también puede ser alta.

*En investigaciones hechas en Trinidad, El Salvador y Tailandia, han revelado una alta erosión bajo rodales puros de Teca (*Tectona grandis*). Por lo tanto, no es suficiente considerar una cobertura de árboles siempre son una buena protección para las cuencas, ya que, las mismas especies, la calidad de los rodales de árboles, los efectos de los nutrimentos forestales, las prácticas silviculturales y otros factores deben de tomarse en cuenta.*

En el análisis sobre la condición hidrológica de los bosques primario y secundario de la cuenca alta del río Bobo, CORPONARIÑO determinó que poseen una óptima condición hidrológica. El coeficiente de escurrimiento (K) para los bosques primario y secundario fue de 0,75 y para el páramo 0,8, esto indica que el 25% y 20% del agua precipitada sale inmediatamente de estas áreas y se integra a los cauces naturales de las quebradas y ríos (CORPONARIÑO, 1995).

7.4.4 Influencia de la vegetación sobre la infiltración

López (1994) El agua que penetra en el suelo llena los huecos de los horizontes superficiales, cumplido lo cual, su velocidad de penetración dependerá de la velocidad con que pueda moverse a través de su perfil. Experimentalmente, se ha visto que esta velocidad puede llegar hacer del orden siguiente, en cm/hora:

	<i>Horizonte superficial</i>	<i>Horizonte subsuperficial</i>
<i>Suelo forestal</i>	150	30
<i>Suelo agrícola</i>	80	5

Los factores claves que determinan la capacidad de absorción del suelo forestal dependen de la cantidad de hojarasca y material vegetal en descomposición que se forma en la superficie y de los canales que quedan por los sistemas de raíces en descomposición. El suelo de un bosque maduro tiene prácticamente una capacidad de infiltración ilimitada. Este suelo puede retener más de 100 mm de precipitación por hora sin que se presente escorrentía superficial, (Currie,1985). Esto sugiere claramente que si el objetivo primordial ha de ser la regulación de los flujos de agua es preferible una cobertura forestal permanente, a la reforestación comercial.

El IDEAM (1999) señala que la infiltración total está formada por dos fracciones: una que sirve para renovar el almacenamiento de agua en la zona de aireación y otra denominada infiltración eficaz, que alimenta las aguas subterráneas, de esta última, una parte alimenta el caudal de los cursos de agua (donde exista conexión hidráulica) como caudal de base.

En cuanto a la profundidad efectiva los suelos de estas zonas boscosas en promedio tienen 1,50 m de profundidad efectiva. Estas condiciones permiten una alta capacidad de infiltración, lo que facilita el movimiento de las aguas hacia las capas profundas, las cuales van a recargar los acuíferos y son las responsables de alimentar los cursos de agua cuando no hay precipitación.

7.4.5 Almacenamiento de agua

La capa vegetal y en especial el bosque es un gran regulador de los caudales, puesto que una buena cubierta boscosa actúa como filtro que retrasa la llegada de

las aguas lluvias a los ríos, disminuyendo la velocidad del escurrimiento superficial y favoreciendo la infiltración, lo cual garantiza un buen almacenamiento subterráneo, reflejándose esto en una disminución apreciable de las crecidas en épocas de lluvia y un buen abastecimiento de las corrientes en épocas de sequía (López, 1994).

En un estudio hidrológico hecho por CORPONARIÑO en la cuenca alta del río Guamuéz y calculando el almacenamiento de agua en el suelo, tuvieron en cuenta el grado de textura y profundidad del suelo, y encontraron que el suelo Franco Arenoso, presenta una capacidad de almacenamiento de agua de 16,97 cm = 169,7 mm (CORPONARIÑO, 1995).

Para Martínez y Meneses (1999), el páramo y los bosques en condiciones naturales de equilibrio son un gran depósito que almacenan considerables cantidades de agua, que por efectos de infiltración o escorrentía, alimentan los cauces de los ríos y quebradas, son además un complejo dinámico donde cada componente juega un papel relevante e insustituible.

Para estimar la capacidad hídrica CORPONARIÑO realizó muestreos de suelo en los dos tipos de bosques y determinó así los siguientes datos:

En el Bosque primario

- Profundidad promedia de la hojarasca: 1,86 pulgadas (4,72 cm.)*
- Profundidad promedia del humus: 4,7 pulgadas (11,94 cm.)*

- *Grado de compacidad del suelo: 3 (suelto, no compacto, desmenuzable).*

Según esta información los bosques primarios tienen una óptima capacidad de regulación hidrológica.

En el bosque secundario

- *Profundidad promedio de la hojarasca: 1,55 pulgadas (3,94 cm.)*
- *Profundidad promedio del humus: 3,54 pulgadas (9,0 cm.)*
- *Grado de compacidad del suelo: 3 (suelto, no compacto, desmenuzable).*

Estos bosques que se han originado después del aprovechamiento del bosque primario se caracterizan por tener una óptima condición hidrológica, aunque tienen una menor capa de hojarasca y profundidad de humus que los bosques primarios.

Existe una relación mutua entre agua y materia orgánica: con mucha agua hay mucha materia orgánica (poca descomposición) y con mucha materia orgánica hay mucha agua (absorción). Parte de toda el agua en el suelo se mantiene inmóvil, encerrada en capilares muy delgados, mientras otra parte es móvil y retenida solo durante un periodo limitado. En total, el almacenamiento de agua en el primer metro del suelo puede alcanzar valores hasta más que 500 l/m², el equivalente de 500 mm o la mitad de la precipitación anual (Hofstede, 1997).

Podemos concluir que, una buena condición hidrológica del suelo está relacionada con las siguientes características: profundidad efectiva, textura y estructura, porosidad, materia orgánica, retención de agua, tasa de infiltración, profundidad del nivel freático, conductividad térmica (Giraldo, 1997).

Por último, en la microcuencas quebrada El Verde y río Bermejil la destrucción o impactos sobre la hidrología del suelo está relacionada con:

1. Deforestación: se reduce la evapotranspiración (consumo de agua) y aumenta el almacenamiento de agua.

Entre los procesos que afectan la deforestación están:

- Procesos de sedimentación del suelo y erosión por ausencia de estratos orgánicos.*
- Procesos de sistema radicular y su biomasa*
- Procesos de infiltración. Porque se dan cambios en las propiedades del suelo: compactación, degradación, pérdida de materia orgánica, repelencia al agua, se incrementa la erodabilidad.*
- Procesos de interceptación: se pierde la posibilidad de capturar precipitación oculta.*
- Proceso de evapotranspiración: se reduce, incrementándose la temperatura.*

2. Sobrepastoreo

3. Quemadas

4. *Compactación mecánica*
5. *Destrucción de la microfauna del suelo*
6. *Exceso de humedad*

Finalmente al hablar de la influencia de la vegetación sobre el agua, hay que hacer referencia de la influencia sobre su calidad (la calidad de las aguas está definida por sus características físicas, químicas y biológicas).

Por otra parte la gran capacidad de almacenamiento hídrico del ecosistema bosque asegura unos caudales permanentes en los cursos de agua, regulando sus características físicas y permitiendo la vida de una gran cantidad de organismos.

También la presencia del bosque controla las características químicas de las aguas, favoreciendo el contacto directo e intercambio entre la precipitación caída y la cubierta vegetación viva, la materia orgánica depositada en el suelo y las copas minerales de este, controlando en definitiva la cantidad de nutrientes que salen del ecosistema arrastrado por las aguas de eutrofización de aguas (López, 1994).

8. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

8.1 CONCLUSIONES

- *En el bosque primario de las microcuencas quebrada el Verde y río Bermejil, se encontraron en promedio 13 familias y 18 especies de las cuales las más representativas son: Clusaceae, Cunnoniaceae, Melastomataceae, Araliaceae, Polypodiaceae, Myrtaceae y Clethraceae.*
- *Con relación al Índice de valor de Importancia (I.V.I), las especies Mate y Amarillo representan el 60% del peso ecológico, además se caracterizan por su abundancia.*
- *En el bosque secundario de las mismas microcuencas, se encontraron un promedio de 15 familias y 21 especies, entre las más representativas están: Melastomataceae, Araliaceae, Clusiaceae, Bruneliaceae, Cunnoniaceae, Lauraceae.*
- *Las especies que presentan baja densidad y bajos valores de I.VI. como Cedro, Rayo, Tinto, Palo rosa, Papú, Arrayanillo, Arrayán, Cucharó, etc. Son indicadores de alta fragilidad, por lo tanto se requiere un mayor seguimiento y manejo al interior del bosque, con el fin de indagar las causas de su baja densidad para proponer alternativas de propagación.*

- *El índice de diversidad de las microcuencas en estudio indica que en la quebrada El Verde existe mayor diversidad que en el río Bermejál debido a factores de intervención antrópica, dificultad topográfica para la actividad carbonera y por que la comunidad respeta el bosque primario de esta microcuenca.*
- *El valor de los recursos hídricos depende directamente de su cantidad y calidad. La interacción entre los componentes físicos, biológicos y químicos de los bosques les permite desempeñar determinadas funciones, estas funciones son importantes para el balance hídrico de una zona de cuencas hidrográficas o de captación.*
- *La capa vegetal y en especial el bosque es un gran regulador de los caudales, puesto que una buena cubierta boscosa actúa como filtro que retrasa y disminuye la velocidad de escurrimiento superficial y favorece la infiltración, lo cual garantiza un buen abastecimiento de las corrientes en épocas de sequía, impidiendo de esta manera niveles extremadamente bajos.*

8.2 RECOMENDACIONES

- *Adelantar estudios tendientes a mejorar condiciones de propagación e incluso la implantación de un vivero forestal con especies que por su alto Índice de Valor de Importancia se adaptan a las condiciones climáticas y edáficas de estos ecosistemas.*

- *Diseñar programas de educación ambiental dirigido a los sectores involucrados en la problemática ambiental, encaminado a la conservación del recurso hídrico.*
- *Preparar y ejecutar programas y proyectos ambientales de protección, conservación y restauración de áreas prioritarias estratégicas locales para la regulación y abastecimiento de los recursos hídricos.*
- *Brindar alternativas de ingresos, que permita a los habitantes disminuir la presión al bosque, para sí mantener estos ecosistemas.*

BIBLIOGRAFIA

ACEVEDO, y ALVAREZ, Mauricio. *Estudio complementario de la cuenca del río Pasto. Pasto, 1993. Tesis de grado (Ingeniero civil). Universidad de Nariño. Facultad de Ingeniería. 200 p.*

ARGOTE, Jorge Y GAROLA, Maria. *Aspectos socioeconómicos de la Cuenca Alta del Lago Guamués. Pasto, 1991. Tesis de grado (economista). Universidad de Nariño. Facultad de economía. p. 89-96.*

BACON, Peter. *Convención sobre humedales. Ramsar, San José de Costa Rica, 1999. 2 p.*

CASTAÑEDA, Alonso. *Hidrología de superficies. Universidad del Tolima, Ingeniería Forestal. Ibagué, 1986. 190 p.*

CENSAT. *Páramos y bosques de niebla. IV conferencia Latinoamericana de Páramos y Bosques Altoandinos. Primera edición. Malaga, Santander, 1999. 196 p.*

CENTRO DE ESTUDIOS DE ORDENACION DEL TERRITORIO Y MEDIO AMBIENTE (CEOTMA). *Guía para la elaboración de estudios del medio físico; contenido y metodología. Santa fé de Bogotá, 1982. p. 81 – 280.*

CORPORACION AUTONOMA PARA EL DESARROLLO DE NARIÑO (CORPONARIÑO). *Plan de Ordenamiento y Manejo de Cuenca Alta del río Bobo. Pasto, 1995. 100 p.*

CORPORACION AUTONOMA PARA EL DESARROLLO DE NARIÑO (CORPONARIÑO). *Estudio hidrológico de la Cuenca Alta del río Guamuez. Pasto, 1995. 200 p.*

CORTES, Abdon, *et al.* *Los suelos de las cordilleras andinas y su aptitud de uso. Ministerio de Hacienda y Crédito Público, Instituto Geografico Agustín Codazzi, Subdirección Agrológica. Bogotá, 1982. 314 p.*

CUAYAL, Javier. y RAMIREZ, Bernardo. *Especies vegetales nativas aptas para la recuperación de áreas de protección en cuencas altas del Municipio de Pasto. Pasto, 1993. Monografía (Especialista en Ecología). Universidad de Nariño. Escuela de posgrados. 323 p.*

CURRIE, Lauchlin. El manejo de cuencas en Colombia, estudio sobre uso de la tierra. Bogotá: Ediciones Tercer mundo, 1985. 86p.

DAUBER, Erhard. Guía práctica y teórica para el diseño de un inventario forestal de reconocimiento. Santa Cruz (Bolivia): El País, 1995. 30 p.

EMPOPASTO. Estudio hidrológico y de conducción, aprovechamiento quebrada Las Piedras, Resumen ejecutivo. San Juan de Pasto, 1999. 25 p.

GARCIA, Martha y CHAPARRO, Nelson. La hidrología en el sistema natural ambiental. IDEAM. Santafe de Bogotá. 1996. 12 p.

GUILARTE, Rodrigo. Hidrología básica. Departamento de meteorología e hidrología de La facultad de Ingeniería de la U.C.V. Caracas, 1978. 612 p.

HENAO, Jesús. Introducción al manejo de cuencas hidrográficas. Universidad Santo Tomas. Bogotá, 1988 p 56 – 75.

HOFSTEDDE, Robert. La importancia hídrica del páramo y aspectos de su manejo, proyecto sobre la ecología del páramo y bosques andinos. Universidad de Amsterdam. Amsterdam, 1997. p 20 - 57.

HUSCH, Richard. Planificación de un inventario forestal. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Roma, 1971. 135 p.

INSTITUTO DE HIDROLOGIA Y METEOROLOGIA Y ESTUDIOS AMBIENTALES (IDEAM). Estudio nacional del agua: Balance hídrico nacional. Santa Fe de Bogotá, 1999. p 1-3.

INSTITUTO DE HIDROLOGIA Y METEOROLOGIA Y ESTUDIOS AMBIENTALES(IDEAM). Estudio Nacional del agua. Informes especiales. Santa Fe de Bogotá, 2000. p. 1-3.

LEGARDA, Lucio. Talleres de Agroclimatología. Universidad de Nariño. Facultad de Ciencias Agrícolas. Pasto, 2000. 30 p.

LEMA, Alvaro. Elementos técnico prácticos de inventarios forestales: Proyecto Bosque Guandal. Universidad Nacional de Medellín, Medellín, 1994. p 59 – 81.

LOPEZ, Fililberto. Restauración hidrológica forestal de cuencas y control de la erosión.. Madrid (España): Ediciones Mundiprensa. 1994. p 11-32.

MATTEUCCI, Silvia. y COLMA, Aida. Metodología para el estudio de la vegetación. Secretaría General de la Organización de los Estados Americanos, Programa Regional de Desarrollo Científico y Tecnológico. Washington, D.C., 1982. 163p.

MATERON, Humberto. *Hidrología Básica II*. Universidad del Valle, Facultad de Ingeniería. Departamento de Mecánica de Fluidos y Ciencias Térmicas. Cali, 1985. 227 p.

MARTINEZ, Paula. y MENESES, María. *Importancia de la vegetación en la regulación hídrica en el Páramo Azonal del Valle del río Estero*. Pasto, 1999. Tesis de grado (Bióloga). Universidad de Nariño. Facultad de Ciencias Naturales y Matemática. p. 22-92.

MINISTERIO DE TRANSPORTE Y OBRAS PUBLICAS DE ESPAÑA (MTOPE). *Guía para la realización de estudios del medio físico de impacto ambiental*. Madrid, 1994. p 384 – 392.

MUNICIPIO DE PASTO, *Plan de Ordenamiento Territorial, Diagnostico*, San Juan de Pasto, 1998. 241p.

PANTOJA, Gloria. *Caracterización ecológica de la vegetación arbórea y arbustiva del Santuario de Flora y Fauna La Corota*. Pasto, 1999. Tesis de grado (Bióloga con énfasis en Ecología). Universidad de Nariño, Facultad de Ciencias Naturales y Matemáticas. 99p.

RANGEL, Orlando. *Colombia diversidad biota I; clima, centro de concentración de especies*. Instituto de ciencias Naturales, Universidad Nacional de Colombia. Santa Fe de Bogotá: Guadalupe Ltda. 1995. 530 p.

RANGEL, Orlando *et al.* *Colombia, diversidad biológica II; Tipos de vegetación en Colombia*. Instituto de Ciencias Naturales, Universidad Nacional de Colombia, Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales IDEAM. Santa Fe de Bogotá: Guadalupe Ltda, 1997. 436p.

ANEXOS

ANEXO 8

Tipo de bosque: _____

Fecha: _____ *Equipo utilizado:* _____

Responsables: _____

Parcela: _____ *Subparcela:* _____

No.	Especie	Altura (mt)		D.A.P cm.	A.B. m ²	Volumen m ³	Observaciones
		Comercial	total				

