

Plan de manejo para la Microcuenca de la Quebrada “El Rincón”, departamento de El Paraíso, Honduras, C.A.

**Proyecto especial presentado como requisito parcial para optar
Al título de Ingeniero Agrónomo en el Grado
Académico de Licenciatura.**

Presentado por:

Max Rolando Chávez Parada

**Zamorano, Honduras
Diciembre, 1999**

El autor concede a Zamorano permiso
para reproducir y distribuir copias de este
trabajo para fines educativos. Para otras personas
físicas o jurídicas se reservan los derechos de autor.



Max Chávez

Zamorano, Honduras
Diciembre, 1999

DEDICATORIA

A mi padre divino y eterno por ser mi verdad, mi sentido, mi esperanza y mi fe; en fin, por ser lo MAXIMO.

A la virgencita de Guadalupe por ser mi guía, mi equilibrio y la encargada de hacer de mi lo que fui, lo que soy y lo que seré.

A mis padres Rolando y Cristy, por ser mi verdadera razón de ser y existir, por brindarme su apoyo, confianza, amor y, sobre todo, por darme las fuerzas necesarias para ser la excepción.

A mi hermana Glenda José, por ser mi objetivo y mi inspiración en todo momento y por hacerme sentir orgulloso de ser su hermanito.

A mis abuelos Ramiro y Blanca, por ser mi más alto grado de orgullo y el verdadero sentido de la palabras ternura, cariño, comprensión y apoyo incondicional.

A Nelson Agudelo por ser mi maestro, mi amigo, mi guía y el encargado de hacer de mi un profesional diferente a los demás.

A el Dr. Armando Calderón Sol y a su esposa Lic. Ely de Calderón, por darme su apoyo desde mi decisión de ser Zamorano.

A Marta Calix de Gallozzi y Giuseppe Gallozzi por brindarme su apoyo y cariño incondicional en todo momento.

Y a mi país El Salvador, por hacerme sentir orgulloso de mi nacionalidad y mis compatriotas a cada momento de mi vida en cualquier lugar y en cualquier momento: Primero El Salvador, Segundo El Salvador y Tercero El Salvador.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco en primer lugar a Dios y a la virgen de Guadalupe, por ponerme en el camino todo lo necesario para cumplir con cada meta que me propongo.

A mis padres Rolando y Cristy por sacrificarse y por haberme dado todo su cariño y apoyo, para culminar este estudio.

A mis abuelos Ramiro y Blanca por su ayuda, consejos y amor que me sirvieron de guía para finalizar este estudio.

A Marco Tulio e Ivon por ser mi ejemplo a seguir, y por los consejos brindados para terminar con éxito.

A mi hermanita Glenda José por su infinito apoyo y amor durante esta etapa de mi carrera.

Al profesor Nelson Agudelo, no terminaría de agradecerle sus consejos y enseñanzas en toda la vida que me espera, ha sido para mí un símbolo de liderazgo, esfuerzo, fuerza, inteligencia, persistencia y carácter que dejaron marcada mi vida. El presente trabajo es el reflejo de su esfuerzo para formar líderes con el carácter único que solo usted puede imprimir, "Como usted pocos".

A doña Marta Calix y Giuseppe Gallozi por su cariño, apoyo y abrirme las puertas de su casa, durante mi estancia en Zamorano, ya tienen otro ingeniero mas a su cuenta.

A Kiyoshi mi compañero, hermano y amigo por enseñarme a ser un poquito más racional y regalarme cuatro años de compañía. Gracias por el apoyo de este ultimo año en particular.

A Xiomara por apoyarme y estar pendiente de mí en todo momento, gracias por estar a mi lado y demostrarme que la distancia no es barrera para tener una amistad verdadera.

A Susana por aguantar mis malos momentos y mis depresiones; gracias por este último año de gran amistad y de recuerdos hermosos: nunca te olvidaré.

A Ana Gabriela por hacerme sonreír y siempre tener algo nuevo que contarme, por los regalos y por esos gestos de cariño cuando más los necesite.

A los Luis Caballero, Gerardo Pérez y Carlos Silva por su colaboración y entrega en la elaboración de este trabajo.

Al Ingeniero Peter Doyle y George Pilz por darme las herramientas y apoyo en todo momento para que pudiera culminar este estudio a tiempo.

A mi amigo Dante Egúez por sus consejos que ayudaron a culminar este trabajo con éxito, gracias por todo Cambal!

A mis amigos Laura del Pino, Alejandra Molina, Indiana Azcarruns, Alex López, José Efraín, Víctor Arias, Teddy Abril, John Vallejo, Juan Pablo Figucroa, Stalin Gallegos, Ignacio Vega, Santos Hernández, Roberto Escobar, Marco Portillo, Fausto Castillo, Rony Sánchez, Roger Huezco, Carlos Ilerena, Nestor Nuñez, Melvín Medina, Frank Cardoza, Douglas González, Jorge Pacas, Carlos Charris, Javier Arana, Enrique Artiga, Felipe Gutiérrez, Rufino Marroquín y Fernando Sermeño por brindarme su amistad incondicional durante este año.

A mis grandes amigos y consejeros José Valarezzo, Juan Ramón Durán, Miguel Montesinos y Marvin Rauda, por siempre haberme guiado para poder ser un verdadero Zamorano PLA.

A mis compañeros del "Chaleco" Neto, Meme, Iván, Carlos, Barahona, Colón, Chelo y Giovany por su gran amistad y nunca dejar de ser LMV.

A Shadow, Chocoyo y Chepe Chávez por ser parte de mi vida y mi deseo de salir adelante durante este estudio.

A Naoky y Braco eda así como a Ika Camilo por ser mis compañeros durante los tiempos de soledad y los encargados de hacerme pasar la experiencia más increíble este año, junto a este trabajo.

A mis amigos y compañeros de trabajo Jorge Araque, Saúl, Gustavo Adolfo, Orfelía, Don Rufino, Don Emilio, Doña Adelfa y todos los del aserradero por ser mis "paisitas" del alma, los que me enseñaron cosas que los libros no dicen y por apoyarme en el transcurso de este año; gracias.

A la tía "fefá", Don pastor, Roger e Ingeniero Daniel Doblado por enseñarme y apoyarme durante todo el estudio de campo; espero que su esfuerzo no sea en vano; mil gracias.

Al señor Alcalde de Oropolí y su equipo de trabajo así como a su población, por su colaboración y entrega a todos los que conformamos el equipo de campo; espero que su esfuerzo no sea en vano; mil gracias.

Por último agradezco a todas las personas que de una u otra forma me apoyaron para culminar este estudio, que tiene como fin ser realmente llevado a cabo.

AGRADECIMIENTOS A PATROCINADORES

Al Banco Central de Reserva de El Salvador por su apoyo para la finalización de mis estudios de Ingeniería.

A la FAO de Honduras por el apoyo para poder realizar con éxito el presente trabajo.

RESUMEN

Chávez Max, 1999. Plan de manejo para la Microcuenca de la Quebrada "El Rincón", El Paraíso, Honduras, C.A. Proyecto Especial del Programa de Ingeniero Agrónomo, Zamorano, Honduras. 73p.

Se hizo una evaluación de las condiciones hidrológicas de la Microcuenca de la Quebrada "El Rincón", situada en el Departamento de El Paraíso. La Cuenca, con una superficie de 4,161 ha, fue evaluada en términos de: ecosistemas, geología, suelos, vegetación natural, pendientes, sistema de drenaje, uso y conflictos en el uso de la tierra, así como también el valor de los recursos naturales para la población beneficiada por el recurso agua. El estudio demostró fuertes conflictos en el uso de la tierra en la zona de recarga o de formaciones de acuíferos, debido a la destrucción total de la cubierta vegetal original. La zona de recarga cubre una superficie de 826 ha, equivalente al 20% del área total de la cuenca. Se considera que el 80% de la Microcuenca presenta una cobertura vegetal aceptable, en términos hidrológicos y de protección de los suelos. El agua que drena esta cuenca beneficia a 5,500 o más personas. El volumen de agua que bombea la cuenca es alto para la demanda actual, pero pésimo en términos de calidad. Sobre esta base se diseñó un esquema de manejo con dos enfoques diferentes de gestión: la cuenca en su totalidad y el manejo de una mini microcuenca.

Palabras claves: Evaluación hidrológica, zona de recarga, plan de manejo, conflictos en el uso de la tierra.

NOTA DE PRENSA

LAS MICROCUENCAS DE MONTAÑA: ECOSISTEMAS DE IMPORTANCIA MUNDIAL PARA LA PRODUCCION DE AGUA

Todos los grandes ríos del mundo tienen sus nacimientos en cuencas hidrográficas de montaña. En las zonas áridas y semiáridas del globo, más del 90% de los caudales fluviales proceden de las cuencas montañosas. A la fecha, por lo menos la mitad de la humanidad recibe de las cuencas de montaña sus suministros de agua dulce.

Ante la tan cruda realidad y en vista también de los grandes fracasos en el manejo de las cuencas hidrográficas de gran magnitud, especialmente en las regiones tropical y subtropical de América, los gobiernos y los organismos internacionales han comprendido que el manejo de un recurso crítico como lo es el agua, en términos de cantidad y calidad, sólo es posible mediante el manejo apropiado de las pequeñas cuencas de montaña.

En este sentido, se realizó una evaluación de las condiciones hidrológicas de la Microcuenca de la Quebrada "El Rincón", la que cubre una superficie aproximada de 4161 ha. La evaluación se fundamentó en la superposición de los siguientes mapas temáticos: Ecosistemas, geología y suelos, cobertura vegetal, pendientes y uso actual de la tierra. El estudio permitió identificar fuertes conflictos en el uso de la tierra en la zona de recarga o de formación de acuíferos. En esta zona, el bosque natural original fue totalmente destruido, situación que se traduce en una disminución de los caudales aguas abajo. Además de esta reducción en la cantidad de agua, la descarga de fertilizantes químicos y pesticidas es de naturaleza preocupante para la población de las porciones media y baja de la cuenca.

Sobre esta base, se formuló un esquema de manejo orientado a la manipulación de recursos a nivel de toda la cuenca o a escala de una mini-zona de recarga. La segunda opción es desde el punto de vista político, económico y social, la más recomendable.

CONTENIDO

	Portadilla.....	ii
	Autoria.....	iii
	Paginas de firmas.....	iv
	Dedicatoria.....	v
	Agradecimientos.....	vi
	Agradecimientos a patrocinadores.....	viii
	Resumen.....	ix
	Nota de prensa.....	x
	Contenido.....	xi
	Índice de cuadros.....	xiv
	Índice de figuras.....	xv
	Índice de anexos.....	xvi
1	INTRODUCCION.....	1
2	REVISION DE LITERATURA.....	3
2.1	EL RECURSO AGUA A ESCALA MUNDIAL.....	3
2.1.1	Cantidad, distribución y disponibilidad.....	5
2.1.2	Calidad, demanda y usos.....	7
2.1.3	El ciclo hidrológico.....	10
2.2	LOS BOSQUES NUBLADOS Y SU IMPACTO EN LAS CUENCAS HIDROGRAFICAS DE MONTAÑA.....	11
2.2.1	Las cuencas hidrográficas de montaña y su impacto en la producción de agua.....	12
2.2.2	Los bosques nublados desde el punto de vista geográfico, ecológico, hidrológico y de biodiversidad.....	14
2.2.2.1	Distribución geográfica y ecológica de los bosques nublados.....	15
2.2.2.2	Impacto hidrológico.....	15
2.2.2.3	Biodiversidad.....	16
2.2.2.4	Tendencias del componente arbóreo de las zonas influenciados por nubes o neblinas.....	17
3	MATERIALES Y METODOS.....	19
3.1	ASPECTOS POLÍTICOS.....	19
3.1.1	Ubicación geográfica.....	19
3.1.2	Límites.....	19
3.1.3	Tenencia y uso de la tierra.....	19
3.2	ASPECTOS FÍSICOS.....	19
3.2.2	Altitud.....	19
3.2.3	Relieve.....	20
3.2.4	Clima.....	20

3.2.5	Geología y suelos.....	20
3.2.6	Vegetación	20
3.2.7	Hidrología.....	20
3.3	METODOLOGÍA DE LEVANTAMIENTO.....	21
3.3.1	Procedimiento general de mapeo.....	21
3.3.2	Delimitación de la microcuenca sobre mapas topográficos y/o fotografías aéreas.....	21
3.3.3	Levantamiento del mapa ecológico de zonas de vida.....	21
3.3.4	Delimitación de los grupos geológicos y series de suelos para la microcuenca.....	21
3.3.5	Estudio de flora por ecosistemas.....	22
3.3.6	Levantamiento del mapa del uso actual de la tierra.....	22
3.3.7	Levantamiento del mapa de pendientes	22
3.3.8	Levantamiento del mapa de la red de drenaje.....	22
3.3.9	Morfología de la cuenca.....	22
3.3.10	Incorporación de los habitantes locales en los levantamientos terrestres.....	22
3.3.11	Evaluación de recursos naturales dentro de la microcuenca y área influencia.....	23
3.3.12	Censo poblacional.....	23
3.4	METODOLOGÍA DE EVALUACIÓN.....	23
3.4.1	Delimitación de la zona de recarga o formación de acuíferos.....	23
3.4.2	Conflictos en el uso de la tierra.....	23
3.4.3	Composición florística por ecosistema.....	23
3.4.4	Parámetros de caracterización de morfología de la cuenca.....	23
3.4.4.1	Parámetros de forma.....	24
	> Coeficiente de Gravelious	
3.4.4.2	Parámetros de relieve.....	24
	a) Parámetros de relieve en relación con la duración de concentración de las aguas.....	24
	> Curva hipsométrica	
	> Altura media	
	b) Parámetros relativos a la red hidrológica.....	25
	> Densidad de drenaje	
	> Densidad de la red de causas	
	> Pendiente media de un cause	
	> Alejamiento medio	
	> Tiempo de concentración	
4	RESULTADOS.....	27
4.1	Ecosistemas mayores o zonas de vida.....	27
4.2	Delimitación de la zona de recarga.....	27
4.3	Composición florística por ecosistema.....	29
4.3.1	Monte espinoso subtropical, transición a tropical.....	29
4.3.2	Bosque seco subtropical.....	30

4.3.3	Bosque húmedo subtropical.....	32
4.3.4	Bosque húmedo montano bajo subtropical.....	32
4.3.5	Bosque muy húmedo montano bajo subtropical.....	32
4.4	Geología y suelos.....	32
4.4.1	Suelos Cocona.....	32
4.4.2	Suelos Salalica.....	35
4.4.3	Suelos Milile.....	37
4.5	Red de drenajes.....	39
4.6	Pendientes.....	39
4.7	Uso actual de la tierra.....	39
4.8	Conflictos en el uso de la tierra.....	43
4.9	Morfología de la cuenca.....	43
4.9.1	Parámetros de forma.....	43
	> Coeficiente de gravelius	
4.9.2	Parámetros de relieve.....	43
	> Curva hipsométrica	
	> Altura media	
4.9.3	Parámetros relativos a la red hidrológica.....	43
	> Densidad de drenaje	
	> Densidad de la red de cauces	
	> Pendiente media del cauce principal	
	> Alejamiento medio	
	> Tiempo de concentración	
4.10	Aspectos sociales y económicos.....	45
5	DISCUSIÓN.....	46
6	CONCLUSIONES.....	47
7	RECOMENDACIONES.....	48
8	BIBLIOGRAFIA.....	49
9	ANEXOS.....	51

INDICE DE CUADROS

Cuadro

1	Características climáticas, superficie y porcentaje de cada ecosistema.....	27
2	Composición florística por nombre vulgar, nombre científico y por familia para el monte espinoso subtropical, transición a tropical.....	29
3	Composición florística por nombre vulgar, nombre científico y por familia para los bosques de galería del monte espinoso subtropical, transición a tropical.....	30
4	Composición florística por nombre vulgar, nombre científico y por familia para el bosque seco subtropical.....	31
5	Composición florística por nombre vulgar, nombre científico y por familia para los bosques de galería del bosque seco subtropical.....	31
6	Composición florística por nombre vulgar, nombre científico y por familia para el bosque húmedo montano bajo subtropical.....	32
7	Series de suelos superficie y correspondiente porcentaje.....	38
8	Longitud de cauces de las quebradas de la cuenca.....	39
9	Rangos de pendientes con su correspondiente porcentaje.....	39
10	Superficie del uso actual de la tierra en la microcuenca.....	39
11	Superficie de conflictos actuales en el uso de la tierra.....	42

INDICE DE FIGURAS

Figura

1	Mapa de ecosistemas mayores o zonas de vida.....	28
2	Mapa de geología y suelos.....	33
3	Mapa de red de drenajes.....	40
4	Mapa de pendientes.....	41
5	Mapa de uso actual de la tierra.....	42
6	Mapa de conflictos.....	44

INDICE DE ANEXOS

Anexo		
1	Encuesta.....	51
2	Plan de manejo.....	53

1. INTRODUCCION

La disponibilidad de agua dulce, en cantidad y calidad suficientes, constituye el mayor desafío que en la actualidad enfrenta la humanidad, porque los problemas asociados a ella afectan la calidad de vida de millones de seres humanos (Szöllosi-Nagy, 1998). El agua dulce, a escala mundial, se usa principalmente y en orden de prioridad para el riego de cultivos alimenticios, en la industria y con fines domésticos.(PNUMA/ONU, 1990).

Aunque el 70% del planeta tierra está cubierta de agua, el 97% de ese porcentaje es agua salada y sólo 2.5% es agua dulce. Ahora bien, alrededor del 70% del agua dulce está aprisionado en los casquetes polares de la Antártida y Groenlandia y otra considerable proporción corresponde a la humedad del suelo o se localiza en acuíferos subterráneos profundos, prácticamente no disponible para uso humano. Por tanto, menos del 1 % del agua dulce del mundo, aproximadamente el 0.007 % de la totalidad del agua, podría ser utilizada de manera directa por el hombre. Si bien el volumen de agua disponible para uso humano es relativamente bajo, éste se considera suficiente para satisfacer las necesidades humanas presentes y futuras. El problema con este recurso radica en que tiende a no encontrarse donde se necesita, cuando se requiere o simplemente puede disponerse de él, pero es de mala calidad(PNUMA/ONU, 1990).

Las presiones sobre el recurso agua medidas por medio de la relación entre extracción y disponibilidad, sobre una base anual, son de tal magnitud que se pronostica que en los próximos 50 años los problemas relativos a la escasez de agua o a su contaminación afectarán a todo el mundo (Szöllosi-Nagy, 1998).

Con antecedentes tan sombríos es, entonces imperiosa la necesidad de adoptar una estrategia mundial de los recursos hídricos. Uno de los aspectos fundamentales en una estrategia de esta naturaleza consiste en cambiar de manera radical la actitud frente al agua. Esto quiere decir, modificar sustancialmente los actuales esquemas de utilización del agua y reconocer que este recurso es limitado y vital para la vida. Reconocer también que la gestión prudente del agua es una empresa que compete a todos sin excepción.- Desde el punto de vista hídrico, en lo referente a cantidad de agua, América Latina es considerada a escala mundial, la región mejor dotada del mundo. No obstante esta aseveración, las fuertes variaciones climáticas y, por lo consiguiente, ecológicas de esta enorme región, se traducen en abundantes suministros de agua para algunos territorios o porciones de éstos y en marcada escasez del mismo para vastas superficies de América Latina. Esto quiere decir que aunque en términos globales en América Latina el recurso agua es cuantioso, en términos de distribución a nivel de países o parte de éstos, la situación es totalmente desigual.

A la fecha se sabe que todos los grandes ríos del mundo tienen sus nacimientos en zonas altas y montañosas y que el agua que se produce y/o acumula en estas áreas es vital para abastecer las necesidades de este recurso para más de la mitad de la población del mundo.

América Latina, en términos de latitud, está enclavada en las regiones latitudinales tropical, subtropical y templada. Estas tres regiones del mundo se caracterizan por la presencia de bosques influenciadas por nubes o neblinas. Exceptuando la región templada del Hemisferio Austral, en donde se presentan bosques nublados a nivel del mar o a elevaciones muy bajas, los países localizados en las regiones tropical y subtropical tienen la mayoría de sus bosques nublados a altitudes medias o altas, dependiendo de la ubicación hemisférica de cada territorio. En todas estas regiones latitudinales las cuencas hidrográficas de montaña, en particular aquellas con presencias de bosques nublados, deberían merecer consideración especial en el contexto del ciclo hidrológico y del manejo de recursos naturales. Esta afirmación es totalmente válida en el sentido de que los bosques nublados constituyen cinturones de condensación del vapor de agua atmosférico y se convierten, por lo tanto, en verdaderas zonas de recarga o de formación de acuíferos.

Desafortunadamente, en el manejo de cuencas o no se le ha dado la debida importancia a este aspecto hidrológico o se desconoce de manera total o parcial su impacto real. Lo anterior pone de manifiesto el enfoque que el manejo de cuencas debería recibir, a nivel de cuencas hidrográficas de montaña. Ello indica, entonces, que en los territorios de latitudes bajas el manejo de recursos naturales dentro de las cuencas debería ser siempre de las partes altas hacia a las partes bajas.

Debido a la magnitud de algunas cuencas hidrográficas, el manejo de sus recursos naturales se convierte en una empresa no sólo compleja sino costosa y en ocasiones a largo plazo. Por tal razón, la mayoría de los organismos nacionales e internacionales han desistido del concepto de manejo de recursos naturales en grandes cuencas hidrográficas y han enfocado sus esfuerzos técnicos y económicos al manejo de microcuencas.

Sobre esta base el presente estudio pretende alcanzar el siguiente objetivo general:

Incrementar conocimientos acerca del manejo de cuencas hidrológicas de montaña, a nivel de microcuenca, en las regiones de baja latitud del mundo.

Y los siguientes objetivos específicos:

- Evaluar las condiciones biofísicas e hidrológicas de la microcuenca de la quebrada "El Rincón".
- Diseñar un plan de restauración y manejo para la microcuenca.
- Incorporar activamente en los procesos de evaluación, restauración y diseño del plan a los pobladores locales de la microcuenca a través del proceso de inducción directa.

2. REVISION DE LITERATURA

2.1 EL RECURSO AGUA A ESCALA MUNDIAL

El agua es el elemento que dio origen a la vida en nuestro planeta. Sin agua, ninguna especie vegetal o animal, incluyendo al hombre, sobreviviría. Alrededor del 70% de nuestra alimentación y de nuestro propio cuerpo están compuestos por agua. Más de la mitad de todas las especies de animales y plantas del mundo son acuáticas. (World Resources, 1996).

Los océanos, mares, glaciares, nieves, lagos y ríos, cubren aproximadamente dos tercios de la superficie de la Tierra. Los científicos calculan su volumen total en 1420 millones de km³, cuya mayor parte (95,1%), está compuesta por las aguas saladas de los mares y océanos. El 4,9% restante, constituido de agua dulce, está distribuido entre los glaciares polares, que ocupan 97% de este precioso volumen, y de agua en forma líquida, disponible para nuestro uso, cuyo volumen está estimado en un poco más de 2 millones de km³. El 99,9% de todo el agua de nuestro planeta está constituido de agua salada o permanentemente congelada (World Resources, 1996).

Es un hecho conocido que apenas 3% del volumen de agua dulce líquida se encuentra en la superficie en forma de lagos, nieve y ríos, mientras que la mayor parte está almacenada en el subsuelo: las aguas subterráneas son casi 33 veces más abundantes que las aguas superficiales (Szöllosi-Nagy, 1998).

Lo anterior demuestra la importancia extrema del agua subterránea como reserva estratégica, hoy considerada como la solución más viable para los crecientes problemas de abastecimiento a nivel mundial. Gran parte del agua de la superficie está contaminada, mientras que el agua subterránea, mejor protegida contra la polución, es generalmente de buena calidad para el consumo directo de los seres humanos, sin necesidad de tratamientos especiales (World Resources, 1996).

Brasil es un país extremadamente rico en agua y posee alrededor del 20% de las reservas mundiales de agua dulce. Uno de los más grandes acuíferos del mundo, el Botucatu / Guaraní, cubre una superficie de casi 1,2 millones de km², 70% de los cuales están en territorio brasileño y el resto en Argentina, Paraguay y Uruguay (World Resources, 1996).

En el planeta tierra el agua es considerada un recurso natural único e invariable. Las dos razones por las cuales se puede afirmar lo anterior son: la primera, es que el agua es esencial para la vida humana y segundo, es que a diferencia de otros recursos, la cantidad

de agua total en el planeta es constante y no se puede hacer absolutamente nada para aumentar su cantidad o disminuirla (PNUMA/ONU, 1990).

Se debe recordar que la disponibilidad, cantidad y calidad del agua dulce, es uno de los mayores desafíos a los que la humanidad se enfrenta actualmente, debido a que los problemas asociados a está impactan y afectan el nivel y calidad de vida de millones de seres humanos (Szöllosi-Nagy, 1998).

Si bien los océanos del planeta parecen contener una reserva ilimitada de agua, al agua dulce apta para el consumo humano es un recurso frágil y limitado. No obstante, la demanda de agua dulce sigue aumentando a la par del crecimiento de la población humana. Al desviar el ser humano el agua dulce para cubrir necesidades agrícolas, industriales, domésticas y municipales, se explotan hasta el límite tanto los sistemas hidrológicos naturales como artificiales. En un mismo país, estas necesidades compiten unas con otras por suministros de agua que pueden ser ya de por sí escasos y que pueden variar radicalmente según las estaciones y el emplazamiento geográfico. Entre naciones, la competencia por obtener agua de buena calidad es un motivo de conflicto que no parece que vaya a disminuir (World Resources, 1996)

A escala mundial, se extraen y utilizan alrededor de 3240 km³ de agua dulce. El 73% de este volumen se emplea en agricultura y el 21% es utilizada por la industria. Se estima que los requerimientos de agua dulce para uso doméstico y municipal es del orden de 6%, y alrededor del 60% de está se descarga en ríos de forma residual (Szöllosi-Nagy, 1998).

Muchas de las cuencas hidrográficas del mundo están compartidas por varios países. Las cuencas comunes constituyen el 60% del área total de África y América del Sur. Existen más de 2000 tratados referentes a las cuencas comunes situación que refleja la importancia que las naciones conceden a sus recursos hídricos (World Resources, 1996).

Debido a las variaciones estacionales y geográficas de cada país en particular muchos países han fabricado presas de retención de agua. A finales de la década de los ochenta estas presas contenían más de 5000 km³ de agua dulce, y se espera que el total aumente hasta unos 7500 km³ hacia el año 2000 (World Resources, 1996).

Este siglo ha presenciado el aumento acelerado de la demanda de agua, debido a su creciente utilización de riego en cultivos alimenticios y en la industria, por un lado, y en razón del incremento del consumo per capita con fines domésticos, por el otro lado. Entre 1900 y 1995, la extracción de agua se ha más que sextuplicado y ha sobrepasado el doble de la tasa crecimiento de la población. Las crecientes demandas están causando presiones sobre los recursos hídricos en muchas regiones del planeta , a tal punto que cerca del 10% de la población mundial vive en países que pueden considerarse altamente en crisis al

respecto. Según los actuales parámetros de consumo de agua, se cree que dos tercios del total de la población mundial puede enfrentarse con una escasez de agua en el año 2025.

Una evaluación general de los recursos del agua dulce a señalado la necesidad de darles prioridad a los proyectos de medio ambiente y a su gestión e incluirlos en todas las agendas políticas de los gobiernos democráticos, así como aumentar la posibilidad para su control y evaluación en el mundo (Szöllosi-Nagy, 1998).

Las áreas en el mundo que sufren escasez continúan incrementándose, tanto en superficie como en número. La dificultad radica en que mientras la población en aumento exige mayor cantidad de agua, éste recurso finito debe también satisfacer a todas las demás formas de vida existentes. El resultado podría ser una serie de desastres y confrontaciones locales y regionales que podrían conducir a la humanidad a una crisis de proporciones mundiales (Szöllosi-Nagy, 1998).

La necesidad biológica de agua del ser humano es modesta, unos pocos litros al día bastan para vivir. Y como la mayor parte de está agua la aportan los alimentos, uno o dos litros son con frecuencia suficientes para satisfacer la necesidad de un día. Aunque el desecho del agua del hombre es en realidad muy superior a su necesidad (PNUMA/ONU, 1990).

2.1.1 Cantidad, distribución y disponibilidad

Cuando se estudia y examina la situación de los recursos hídricos en el mundo, se observa que algunos países y regiones del planeta aun disponen de grandes cantidades de agua per capita, mientras que otros ya tienen problemas de suministro. La cantidad y magnitud de una población cualquiera determina la cantidad potencial de agua que cada persona dentro del país puede consumir. Asia por ejemplo, posee el mayor caudal fluvial del mundo, pero también cuenta con miles de millones de personas lo que disminuye la cantidad per cápita, llegando a ser la menor del mundo. La elevada disponibilidad per capita de Australia/Oceanía, a pesar de la extrema sequedad de gran parte del territorio Australiano, se explica por su baja densidad de población, unida a las intensas lluvias que reciben algunas regiones del país y las islas del pacífico (World Resources, 1996).

Aunque el 70% del planeta está cubierto de agua, el 97% del total de está es agua salada y sólo el 2.5% es agua dulce. Más del 70% de esa agua dulce constituye el hielo de los casquetes polares de la Antártida y Groenlandia, y gran parte del resto corresponde a la humedad del suelo o se encuentra en acuíferos subterráneos profundos no accesibles para el ser humano. Es evidente entonces, que menos del 1% del agua dulce del mundo (más o menos 0.007% de la totalidad del agua de la tierra) resulta directamente accesible para el uso humano. Lo representa el agua de los ríos, lagos, embalses y aquellas aguas subterráneas suficientemente superficiales para ser explotadas a un costo accesible (Szöllosi-Nagy, 1998).

El volumen total de agua en el mundo es del orden de 1400 millones de km³, pero más del 97% es agua de mar; de la restante, 22% es agua freática y 77% es hielo. Por lo tanto, únicamente un 1% de agua dulce circula en el ciclo hidrológico (PNUMA/ONU, 1990).

Aun así a nivel mundial existe más que suficiente agua dulce para cubrir la demanda tanto presente como futura. El problema radica en que no existe cuando se necesita. Aunque son pocas las naciones en las que la pluviosidad es insuficiente recolectar la mayoría o toda el agua, sería demasiado costoso para ellos. Esto sucede en la mayor parte de África, gran parte de Asia Meridional y Occidental, el Occidente de Estados Unidos, México, Australia y vastas áreas del Occidente de América de Sur. Al contrario, muchas áreas de Asia Occidental y Suroriental y de África Central padecen lluvias torrenciales e inundaciones periódicas (PNUMA/ONU, 1990).

La mayor parte de los casi 110000 km³ de precipitaciones anuales en cada continente se evapora y vuelve a la atmósfera o es absorbida por las plantas. Cerca de los 42700 km³ del agua que caen sobre la tierra constituyen el caudal de los ríos del mundo; éste volumen equivale aproximadamente a las principales fuentes lacustres del mundo. Si se dividen los ríos del mundo entre la población mundial hasta 1995 estaría hablando de un cociente de 7300 km³ por persona (Szöllosi-Nagy, 1998).

Los recursos de agua dulce están distribuidos de manera muy desigual: Por un lado los desiertos, como extremo, donde casi no llueve. Por el otro, las regiones muy húmedas, que pueden llegar a recibir varios metros cúbicos de agua lluvia al año. La mayor parte del caudal se encuentra concentrada en unos pocos ríos: El Amazonas, que baña una cuenca de 5.87 millones de km² (más o menos 4 % de las tierras del planeta), arrastra el rededor del 16 % de la escorrentía mundial. La cuenca fluvial del Congo-Zaire arrastra un tercio del caudal de todos los ríos de África. Las zonas áridas y semiáridas, que constituyen cerca del 40% de la superficie de tierras, sólo cuentan con un 2% de la escorrentía mundial (Szöllosi-Nagy, 1998).

El agua dulce está distribuida de manera irregular sobre la superficie terrestre. El depósito de agua dulce de la tierra se encuentra en las latitudes altas (los glaciares de Groenlandia y la Antártida y los lagos de América del Norte y Rusia). La provisión de agua también varía considerablemente según la latitud, concentrándose en zonas húmedas tropicales. Brasil por ejemplo consta con más del 13% de la reserva total mundial renovable de agua dulce, si se excluye la de la Antártida, la mayoría de ella en los ríos. El agua dulce no solo está mal distribuida sino que gran parte de ella presenta grandes altibajos estacionales en muchos lugares (World Resources, 1996).

Aun en las grandes regiones del mundo con grandes caudales fluviales puede haber grandes variaciones respecto de cuando y donde se dispone del vital líquido. Puede ocurrir que la mayor parte del caudal anual se concentre en inundaciones provocadas por el deshielo o por lluvias torrenciales y a menos que un embalse retenga, el agua provocara a veces inundaciones estacionales y seguirá luego su curso hacia el mar. Más tarde esas mismas áreas pueden estar padeciendo de sequías (Szöllosi-Nagy, 1998).

Otro factor fundamental en la disponibilidad del agua es la tasa de evapotranspiración, la pérdida de agua de la tierra a la atmósfera por la evaporación del suelo, transpiración de las plantas y los planos de agua por diversas razones como el pavimento de la ciudad (Szöllosi-Nagy, 1998).

El agotamiento de las aguas subterráneas provoca el hundimiento de muchos terrenos situados sobreacuíferos, así como a ocurrido en China, Japón, México, Tailandia y los Estados Unidos, con hundimientos de uno a 10 m (Szöllosi-Nagy, 1998).

2.1.2 Calidad, demanda y usos

La agricultura es el mayor usuario de agua dulce, principalmente para riego. Cuidadosamente planificado y gestionado, el riego puede incrementar dramáticamente la producción. El problema es que con frecuencia del 70 al 80 % del agua no llega nunca a los cultivos. Por otra parte, el uso excesivo de agua conduce al anegamiento y a la salinización de los suelos. Muchas áreas forman reflejos de blanco brillante y resplandeciente de lo que otrora fueran cultivos antiguos, hoy arruinados por la sal (PNUMA/ONU, 1990).

Aunque la industria usa menos cantidad de agua que la agricultura, la contamina mucho más. La mayor parte de esta se usa para refrigeración y limpieza y, aunque más del 80% regresa a su fuente original, lo hace contaminada y con residuos de los procesos de elaboración de diferentes productos (PNUMA/ONU, 1990).

Otra forma de contaminación industrial del agua, es la contaminación térmica. Por ejemplo, el agua que las centrales eléctricas toman del mar o de los ríos para utilizar en refrigeración regresa a su origen. Con la salvedad, que a medida que la temperatura del agua asciende en dicho proceso, su capacidad de retención de oxígeno decrece, y aunque no se le ha añadido nada, el simple cambio de temperatura puede alterar dramáticamente el equilibrio ecológico de una corriente o de un río, ni se diga si este posee vegas con población que utiliza el agua para consumo (PNUMA/ONU, 1990).

Es tanta la demanda de este líquido, que muchos habitantes de pequeñas islas se han visto obligados a utilizar la desalinización o importar agua dulce en buques cisterna (PNUMA/ONU, 1990).

Las ciudades requieren concentraciones de alimentos, agua y combustible, en una escala inexistente en la naturaleza. El área metropolitana neoyorquina, por ejemplo, usa 1.900 millones de m³ de agua al año pero sólo obtiene un 2% de aguas freáticas. Los problemas

de ciudad de México son aun mayores: el agua tiene que bombearse desde Cutzamala, lugar ubicado a 100 km de distancia y a una altitud 1.000 m inferior a la ciudad de México. El costo es tan enorme que bien pudiera poner freno a la expansión de la ciudad (PNUMA/ONU, 1990).

De todas las inversiones necesarias para mantener una ciudad, el tratamiento y la eliminación de residuos humanos e industriales del agua son a menudo las más descuidadas. En los países en desarrollo la contaminación del agua es con frecuencia mucho más seria que la atmosférica. Por ejemplo en la India, 114 pueblos y ciudades vierten residuos no tratados en el Ganges, el río sagrado del país. En Colombia, el recuento de bacterias fecales del río, aguas debajo de Bogotá, es de 7,3 millones. Siendo el límite para el agua potable de 100 (PNUMA/ONU, 1990).

Si se analizan los efectos de la demanda de agua en algunas regiones, las tomas de agua son tan cuantiosas que los ríos van perdiendo caudal a lo largo de su curso y la extensión de algunos está reduciéndose. Un ejemplo que cabe calificar de dramático es el del Mar Aral (Szöllosi-Nagy, 1998).

Cabe recordar que los acuíferos subterráneos abastecen a un tercio de la población mundial y muchos lugares constituyen la principal o incluso la única fuente de agua de la población rural, así como la mayor fuente de riego. Es tanta la demanda del suministro, que en muchas regiones del mundo estas fuentes están siendo sobreexplotadas y el agua se extrae a un ritmo mucho más acelerado que el de la reposición natural. Es probable que en los próximos treinta años este bombeo se incrementará (Szöllosi-Nagy, 1998).

Según (Szöllosi-Nagy, 1998) en diversas regiones del mundo el agotamiento de las fuentes ha obligado a los gobiernos a buscar otras de menor calidad, algunas de las cuales contienen contaminantes naturales. Durante los periodos de sequía, más que todo en las aguas subterráneas, la sobreexplotación puede afectar de gran manera el caudal de los ríos, que es de gran importancia para el equilibrio de los ecosistemas acuáticos. En algunos casos el agotamiento de las aguas subterráneas provoca el hundimiento de los terrenos situados sobre los acuíferos.

El principal problema es que durante miles de años, el agua ha sido utilizada como vertedero. Las fuentes de contaminación son diversas: aguas residuales no tratadas, descargas de productos químicos, derrames de petróleo, desechos arrojados a minas y a pozos abandonados y fertilizantes y pesticidas químicos que por infiltración o lavado de los suelos son arrastrados desde los campos de cultivos. Lo que, a la larga, deja en mal estado las vegas de los ríos y la calidad del agua que se está utilizando en los cultivos y que luego son consumidos por el mismo ser humano. La contaminación afecta tanto la calidad del agua ya que esa gran cantidad de agua degradada es reutilizada para fines muy limitados (Szöllosi-Nagy, 1998).

La degradación de la calidad del agua cerca de los grandes centros urbanos se reconoce ya como un problema de la mayor importancia. Es tan severo que en algunos lugares del mundo este tipo de agua es de tan baja calidad que no puede ser utilizada prácticamente

ni para la industria. Incluso, cuando el agente contaminante parece estar bajo ha ocasionado muertes de la flora y fauna del océano que es donde llegan al fin y al cabo todos los desperdicios de todo el mundo (Szöllosi-Nagy, 1998).

Los mantos acuíferos presentan niveles elevados de nitratos lo que los está contaminando estos nitratos son procedentes de abonos de desechos humanos y animales . Se sabe o se sospecha que algunos de los 100000 productos químicos que se venden en el mundo, tienen efectos perjudiciales en todo sentido para el ser humano, plantas y animales. El problema primordial es que estos son persistentes en el medio ambiente y no hay una verdadera regulación de estos (Szöllosi-Nagy, 1998).

Gran cantidad del agua potable tratada se pierde innecesariamente. Se estima que cerca de la mitad del suministro de agua potable en los países en desarrollo se pierde como consecuencia de filtraciones y falta de mantenimiento. Según el Banco Mundial, será necesario invertir alrededor de 6000 millones de dólares en todo el mundo para reparar y mejorar los sistemas de suministro de agua, así como la calidad de ésta (Szöllosi-Nagy, 1998). La agricultura de riego contribuye al casi 40% de la producción mundial de alimentos, aunque utiliza solo el 17% de las tierras cultivables (Szöllosi-Nagy, 1998).

Si se habla de la calidad del agua que se consume , la salud humana está estrechamente ligada al acceso al agua potable y servicios sanitarios. Un total de más de cinco millones de personas muere cada año solo por enfermedades causadas por la ingestión de agua no potable (Szöllosi-Nagy, 1998).

Si se combinan los niveles de presión sobre los recursos hídricos y los niveles de ingresos, se obtiene como resultado una serie de categorías que indican el grado de vulnerabilidad de los países y las regiones respecto a los problemas causados por la escasez de agua (Szöllosi-Nagy, 1998).

La contaminación así como el envenenamiento deliberado de las aguas ha traído como consecuencia la extinción de muchas especies, ya que las constantes explotaciones forestales a lo largo de los torrentes exponen los cursos de agua a la luz solar , provocan fluctuaciones de agua y favorecen el aluvión, procesos que contribuyen a la destrucción de especies nativas de los ecosistemas que son afectados por dichos fenómenos (World Resources, 1996).

El agua es esencial para la vida en el planeta. Los seres humanos se agrupan en torno a las costas de los océanos, lagos, ríos , porque los cursos de agua proporcionan rutas de transporte naturales y lugares apropiados para los desechos. El agua es fundamental para la agricultura y la industria y los ecosistemas acuáticos constituyen fuentes de proteínas. (World Resources, 1996).

El agua que se devuelve a las corrientes generalmente está alterada, química o termalmente. Aunque la mayor parte del agua se emplea en usos agrícolas alrededor del 69% de esta no llega a su destino, perdiéndose por escorrentia superficial (World Resources, 1996).

2.1.3 El ciclo hidrológico

Según Negel, (1956), el ciclo hidrológico es el mecanismo dinámico natural que comprende la circulación general del agua en todos sus estados a través de la naturaleza. Por tanto es, el objeto fundamental de estudio de la hidrología.

El ciclo hidrológico se define como el "proceso integrante de los flujos de agua, energía y algunas sustancias químicas". El ciclo hidrológico no tiene principio ni fin y sus diversos procesos ocurren de manera continua (Negel, 1956).

Según este ciclo, el agua cae sobre la superficie terrestre en forma de precipitación líquida o sólida (nieve, granizo, etc.). Parte de aquella puede ser evaporada antes de tocar la superficie terrestre. Aquella fracción que alcanza la vegetación es parcialmente retenida por las hojas y cobertura foliar de las plantas (intercepción). De allí, una parte es evaporada nuevamente hacia la atmósfera o escurre y cae hacia el suelo, desde donde puede infiltrarse o escurrir por las laderas siguiendo la dirección por las mayores pendientes del terreno

Aquella fracción que se infiltra puede seguir tres rutas bien definidas: una parte es absorbida por la zona radicular de las plantas y llega a formar parte activa de los tejidos de estas plantas o transpira nuevamente hacia la atmósfera. Puede desplazarse paralelamente a la superficie del terreno a través de la zona no saturada del terreno, como flujo subsuperficial hasta llegar a aflorar en los nacimientos o manantiales. Transformarse en influjo lateral a las corrientes o continuar infiltrándose hasta llegar a la zona saturada del terreno, donde recargará el almacenamiento de aguas subterráneas (Negel, 1956).

Las aguas subterráneas, que se hallan limitadas en su parte inferior por depósitos impermeables (arcillas, formaciones rocosas, etc.) no permanecen estáticas, sino que a su vez se desplazan entre dos sitios con diferencias en sus equipotenciales (Negel, 1956).

Si se llegasen a presentar fracturas o fallamientos en la base de la formación impermeable, el agua subterránea seguirá descendiendo y eventualmente representará una pérdida de humedad para la cuenca en estudio llegando a formar parte del almacenamiento casi inactivo. Este último puede también hallarse conectado hidráulicamente con el océano mundial (Negel, 1956).

Aquella parte precipitada que escurre a lo largo de las laderas podrá ser a su vez interceptada 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 (Negel, 1956).

No hay que olvidar que la evaporación es un proceso continuo, casi estacionario, presente en todos los puntos de la cuenca, el cual va desde la evapotranspiración en la vegetación hasta aquella proveniente de la superficie del terreno, los cuerpos abiertos de agua, las corrientes principales y secundarias y las zonas no saturada y saturada del terreno.

El ciclo hidrológico comprende una serie de interacciones continuas bastante complejas y de carácter no lineal. Las entradas a la cuenca se hallan distribuidas espacial y temporalmente, por tanto, la respuesta de una cuenca es función del espacio y del tiempo. Por ello, la modulación de los parámetros hidrológicos se convierte en una tarea muy difícil, que requiere de un profundo conocimiento de los procesos arriba descritos (Negel, 1956).

El agua no es un elemento estático. Ella participa de un ciclo permanente llamado el ciclo hidrológico. El agua se evapora de la superficie de los océanos y de la tierra firme, se condensa en la atmósfera y cae de regreso al suelo. En tierra firme, una parte de esta precipitación regresa al mar a través de los ríos, parte se evapora nuevamente y el resto se filtra al subsuelo, fluyendo muy lentamente de regreso al mar (Negel, 1956).

2.2 LOS BOSQUES NUBLADOS Y SU IMPACTO EN LAS CUENCAS HIDROGRAFICAS DE MONTAÑA

Los estudios del comportamiento hidrológico de cuencas de montaña en regiones templadas indican que la eliminación de bosques en las mismas significa un aumento en los caudales. Lo problemático es que en los bosques nublados, especialmente en zonas tropicales, la deforestación puede causar una pérdida sustancial del agua en la cuenca, debido a la falta de cobertura de captación (Stadmüller, 1987).

La protección de los bosques nubosos es muy importante ya que ayuda a la protección de la cantidad y calidad de agua, así como a la regulación temporal del caudal. Se ha demostrado que el aprovechamiento forestal resulta en un incremento del caudal, causado por una reducción de la evapotranspiración. Sin embargo, la deforestación de los bosques nubosos disminuye la producción de agua en verano, siendo esta época la más crítica (Harr, 1982).

La cantidad de agua interceptada y la que se almacena en el bosque a través del sistema radicular, es absorbida y evapotranspirada. La transpiración fluctúa dentro de un patrón estacional con tasas máximas que se dan durante la estación calurosa, cuando hay humedad abundante, mientras que en la estación fría dichas tasas podrían ser casi cero. El agua que se almacena en el suelo y sus relaciones con las propiedades físicas del mismo (textura, estructura, densidad aparente y porosidad) es uno de los factores predominantes en la distribución de las comunidades vegetales y, por lo tanto, debe tenerse muy presente para el manejo de cuencas hidrográficas de montaña. Se dice también que los bosques maduros tienen mayor transpiración debido a que cuentan con grandes áreas de hojas y grandes sistemas de raíces (Stadmüller, 1994; UNESCO/CIFFCA, 1980; DGC/AID, 1990).

Al servir como barreras vivas a la circulación aérea de la nube, los árboles y otra vegetación del bosque nuboso capta neblina y provocan el proceso de la "precipitación horizontal", lo cual agrega cantidades significativas de agua al ciclo hidrológico. Aunque varía mucho de un sitio a otro, investigaciones realizadas en Puerto Rico, Honduras y

otros países tropicales indican que la precipitación horizontal puede representar desde 25 hasta 45% de la precipitación total (Weaver, 1972; Stadmüller and Agudelo, 1990).

A sabiendas que la precipitación horizontal ocurre en días sin lluvia, estos bosque también juegan un papel importante en la regulación del régimen hídrico, especialmente durante períodos secos y en reducir la tasa de evapotranspiración (Zadroga, 1981).

Los bosque nublados montañosos tropicales y subtropicales se componen, de ecosistemas forestales florística y estructuralmente diferentes. Esto obedece a la ocurrencia de estos bosques en una zona altitudinal relativamente estrecha, donde el ambiente atmosférico se caracteriza por mucha nubosidad de tipo persistente y común a nivel vegetativo. Las nubes envolventes o a veces guiadas por el viento influyen mucho en la interacción atmosférica reduciendo la radiación solar y el vapor; esto aumenta la humedad del dosel del bosque y así se evita la evapotranspiración. La precipitación en estos bosques aumenta a medida que el dosel de la vegetación es interceptado por el vapor de agua de las nubes (Brown y Vallejo, 1996).

2.2.1 Las Cuencas hidrográficas de montaña y su impacto en la producción de agua.

Los hidrólogos por tradición han pensado que la eliminación del bosque en una cuenca, se traduce en un aumento de la descarga. Sin embargo, a la luz de los conocimientos actuales se puede comprender que la deforestación de sistemas superhúmedos o bosques nublados, dará lugar irreversiblemente a una disminución marcada en los caudales derivados de sus cuencas medias y medias bajas, así como también a una disminución en la capacidad de recarga de los acuíferos subterráneos

Según Zadroga (1981), el análisis comparativo de datos obtenidos en Costa Rica demostraron que la precipitación y la escorrentía de las cuencas de las vertientes Atlántica y Pacífica, son las primeras afectadas por la incidencia de nubosidad, mostrando diferencias notables con respecto a la producción hídrica total y al régimen hídrico, siendo la relación precipitación/ escorrentía de 102% para la vertiente atlántica y 34.5% para la del pacífico.

Según Witch (1961), El balance hídrico de una cuenca es inexacto cuando se desestima el aporte de agua por intercepción horizontal ya que está introduce un gran error en la determinación volumétrica de la precipitación de un área de captación y con estas condiciones la evaluación es inexacta.

Mc Culloch (1965) afirma que cualquier cantidad de agua que las neblinas depositen sobre la vegetación, puede y debe ser considerada cuantitativamente como una ganancia neta ya que la energía que es usada para evaporación desde la superficie de las hojas durante los períodos libres de nubosidad, podría haber sido usada en transpiración de igual cantidad de agua del suelo.

La mayoría de los anteriores autores están de acuerdo que el futuro de las cuencas hidrográficas de montaña si están deforestadas y afectadas por alta incidencia de neblinas y nubes, podrían aumentar su capacidad de captación de agua mediante la reforestación de las mismas con especies eficientes para interceptar las neblinas o mediante la instalación de dispositivos mecánicos de un alto índice de eficiencia de captación del agua de este tipo de humedad atmosférica.

Aunque los argumentos para la protección de los bosques nublados o nubosos frecuentemente se hacen basados en la protección del abastecimiento y la calidad de agua potable para comunidades rurales y zonas urbanas, la investigación ha sido mínima en lo que respecta a cuantificar el valor económico de las cuencas hidrográficas de montaña. La investigación se ha enfocado a la protección de estas zonas en cuanto a la conservación de sus suelos, reducción del riesgo de deslizamientos y la prevención de sedimentación de embalses y canales, así como la regulación de caudal (Mourraile, Porras y Aylward, 1996).

La mayoría de las cuencas de Centro América están sumamente degradadas a causa de la erosión y deforestación impactando gravemente las zonas de recarga de cuencas de gran tamaño y de ubicación montañosa.

En cuencas hidrográficas de montaña impactadas, se ha encontrado una relación directa en la utilización de enmiendas orgánicas que mejoran las propiedades físicas, químicas, biológicas del suelo lo que mejora a futuro el dosel mejorando el capital suelo del bosque, aumentando su capacidad de recepción de nubes y/o neblinas en zonas tropicales, donde la disponibilidad de nutrientes como nitrógeno y fósforo es limitada .

En el manejo de este tipo de microcuencas o cuencas de gran tamaño que son de nominadas de "montaña", el mal manejo se da cuando hay grandes cantidades de zonas descubiertas y este se convierte en responsable de la cantidad de sedimentos en ríos aguas abajo, a esto se le suma la gran explotación agrícola intensa a la que son sometidas estas zonas obligadas a producir por no poseer la vocación a las que son obligadas a dirigir, cuando su verdadera utilidad es producción de agua.

Un manejo forestal orientado a la producción de madera muchas veces no resulta adecuado para las cuencas altas o nubosas por razones sociales , o problemas de acceso a estas zonas accidentadas, lo que dificulta el manejo y la extracción de producto y elevando los costos y por lo mismo el rendimiento es mediocre. Es importante la implementación de caminos o red de caminos para extracción , el acceso a través de estos para explotaciones boscosas implica un grave riesgo adicional para las laderas de las cuencas, que a menudo son geológicamente frágiles, es tanto así que la zona de recarga que es el límite en donde empieza a detectarse la precipitación horizontal con presencia constante de nubosidad se encuentra la mayoría de veces más elevada en relación a las explotaciones implicando mayores redes y mayores problemas linealmente, ocasionando daños irreversibles a futuro.

El manejo integral de cuencas hidrográficas de montaña en zonas semiáridas implica enfrentar un sin número de problemas. Entre ellos: cobertura vegetal, uso inadecuado de tierra por parte de los agricultores y por consiguiente los procesos de erosión y transporte de sedimentos.

El manejo sostenible de las microcuencas de montaña es discutido infinidad de veces debido a la falta de proyección y cuidado de las zonas de captación de agua potable para las comunidades que dependen directamente de una quebrada o un río, ocasionando grandes problemas de legislación e incumplimiento de leyes por intereses variados, así como el de todo ser humano que busca subsistir y se enfrenta a conflictos de calidad del vital líquido que raras veces es bien manejado (Szóllösi-Nagy, 1998).

2.2.2 Los bosques nublados desde el punto de vista geográfico, ecológico, Hidrológico y de biodiversidad.

La distribución geográfica de los bosques nubosos se determina por factores geográficos y climáticos como la topografía, la dirección, la velocidad de los vientos predominantes, humedad promedio, y procesos que afectan la formación de nubes y precipitación orográfica, o precipitación causada por las subidas de las nubes por barreras montañosas. El enfriamiento del aire húmedo causa la condensación a cierto nivel, lo cual produce nubes (Negel, 1956).

A causa de variaciones regionales y locales en clima, no es posible establecer límites altitudinales rígidos para la distribución de los bosques nubosos. La faja de nubes densos en los trópicos húmedos generalmente se encuentran entre los 1200 y 2500m.s.n.m. Varios estudios anteriores indican que hay bosques nublados descritos arriba de 3000 m.s.n.m. y debajo de 1000 m.s.n.m. Según el Sistema de Zonas de Vida de Holdridge, los bosques nubosos se encuentran predominantemente pero no exclusivamente en el bosque premontano y montano bajo húmedo, muy húmedo y pluvial (Stadmüller, 1987).

Un fenómeno frecuente encontrado en los bosques nublados es el endemismo, ya sea de flora o de fauna, este se puede observar en forma predominante en bosques nublados que limitan inmediatamente con zonas relativamente secas. En Honduras hay 31 reservas que poseen bosque nuboso (Mejía y Hawkins 1993).

A la fecha, los bosques nublados cuya superficie total en los trópicos húmedos del mundo cubría en 1986 alrededor de 500,000 km², representan uno de los recursos naturales más amenazados por la conversión de estos bosques a otros usos de la tierra, estimándose una tasa de deforestación en unas 20 ha/min mundialmente.

Honduras, según el sistema Holdridge (1987), se encuentra casi en su totalidad en la región subtropical. Debido a la poca elevación de sus cordilleras, la mayor superficie de los bosques nublados se encuentran en el piso montano bajo, aproximadamente entre los 900 y 2000m de altitud. Una pequeña fracción del territorio, considerada también como bosque nublado, se localiza en algunos de los picos más altos del territorio nacional y que corresponden al piso montano.

Debido a las condiciones climáticas que caracterizan a la mayoría de los bosques nublados, de bajas temperaturas y altas precipitaciones, tales ecosistemas están siendo eliminados por agricultura migratoria y otros usos de la tierra. Tal proceso de destrucción de estos bosques naturales representa la amenaza más grande para su permanencia a largo plazo (Mejía y Hawkins, 1993).

En 1993 se estimó una superficie de bosques nublados para Honduras del orden de 409,260 ha, equivalentes al 3.6% del territorio continental (Mejía y Hawkins, 1993).

Según el decreto 87-87, esta cifra solo incluye los bosques nublados que se encuentran sobre los 1800m de elevación, a sabiendas de la existencia de algunos de ellos a menor altitud. Por tanto, la verdadera superficie de estos bosques es aun desconocida.

A la fecha, los bosques nublados de Honduras experimentan una fuerte degradación y una constante fragmentación. Su degradación se manifiesta principalmente por la extracción selectiva de madera, el establecimiento de plantaciones de café bajo sombra y otros productos forestales, como helechos, orquídeas, bromelias, palmito y otros.

2.2.2.1 Distribución geográfica y ecológica de los bosques nublados

Los bosques latifoliados de altura en estado maduro, influenciados por nubes y/o neblinas. Para las particulares condiciones de la América tropical y subtropical se encuentran enclavados en los pisos térmicos montano y montano bajo, según el modelo bioclimático de Holdridge (Holdridge, 1987).

Tales bosques pueden encontrarse entre los 500 y 3,900msnm (Stadmüller, 1987). De acuerdo con la distribución altitudinal en pisos térmicos y según el sistema Holdridge, la mayoría de los bosques nublados se localizan en las bandas montano bajo y montano y ocasionalmente en la porción superior o límite más frío del piso premontano.

Los bosques nublados pueden ocurrir a alturas muy diferentes sobre el nivel del mar. Según la influencia de una cantidad de factores climáticos y geográficos como el efecto de elevación de masas, los bosques nublados han sido descritos entre 500 y 3900 msnm en el trópico. Por tanto los bosques nublados se encuentran en cuencas altas y medias donde pueden jugar un papel hidrológico sumamente importante (Stadmüller, 1987).

2.2.2.2 Impacto Hidrológico

Se establecen tres criterios hidrológicos que hacen a los bosques nubosos muy importantes para la regulación de agua y mantenimiento del caudal de una cuenca. Primero, estos son como barreras vivas aéreas de las nubes, actuando los árboles y otro tipo de vegetación como los encargados de captar la neblina que pudiera ser precipitación horizontal, agregando cantidades significativas al ciclo hidrológico de

agua. Como segundo criterio la nubosidad a menudo causa baja evapotranspiración, ya que las corrientes de aire húmedo bloquean frecuentemente la transpiración al depositar permanentemente gotitas de agua sobre las hojas. Y como tercer y último criterio, los bosques nublados son una fuente importante de agua durante épocas secas (Stadmüller y Agudelo, 1990; Zadroga, 1981).

Los estudios de los comportamientos hidrológicos indican que la eliminación de bosques en los cauces significa un aumento en los caudales debido a la reducción de pérdidas por la alta evapotranspiración característica de los bosques nublados, especialmente en zonas tropicales, la deforestación puede hacer perder sustancialmente una gran cantidad de agua de la cuenca (Zadroga, 1981).

Existen varios factores que pueden hacer perder agua de las cuencas siendo el más importante el de ingreso adicional de agua al bosque por medio de la precipitación horizontal, lo que puede significar un aumento considerable de agua en el equilibrio o balance hídrico (Stadmüller, 1987).

Uno de los aspectos poco conocidos de la hidrología de los bosques nublados es el factor energético: Cierta cantidad de agua depositada por medio de la precipitación horizontal sobre las hojas corresponde a la cantidad de agua evaporada desde las hojas durante horas sin nubes. Esta agua habría sido usada en transpiración de agua proveniente del suelo (McCulloch, 1965).

Aun así la conciencia del verdadero valor hidrológico de estos bosques nublados está creciendo en el trópico y subtropico. La precipitación horizontal puede mantener el flujo base de un río durante épocas de escasez de lluvia. A la fecha faltan estudios cuantitativos para poder explicar realmente el componente hidrológico de los bosques (Zadroga, 1981).

2.2.2.3 Biodiversidad

En los bosques nublados sobresale la presencia de epífitas. Muchos de los investigadores mencionan que la zona de presencia de bosques nublados presenta el ambiente óptimo para las epífitas, especialmente los musgos, líquenes, orquídeas y bromeliáceas.

Dado que las epífitas son capaces de aprovechar directamente la precipitación, muchas veces se encuentra en los árboles más altos del bosque. Esto da la idea de que las copas de los árboles predominantes, que están expuestas en formas muy pronunciadas al intercambio cercano con la atmósfera, reciben así grandes cantidades de precipitación horizontal.

En muchos casos de bosques nublados protegidos la fauna endémica y estudiada por biólogos ha sido un factor muy importante para lograr y asegurar la protección del bosque a futuro. Un ejemplo claro de este el bosque de Montecristo en El Salvador, con especies únicas en la región (Stadmüller, 1987).

La fragmentación ocurre principalmente a causa de la eliminación de pequeñas o grandes superficies de bosque nublado que son posteriormente utilizadas para agricultura y ganadería extensivas, cultivos de hortalizas, flores y plantaciones de café sin sombra (Brown y Vallejo, 1996)

Aunque existen pocos estudios sobre la composición florística de los bosques nublados en estado maduro algunos pocos trabajos presentan, en términos generales, la existencia de dos grandes tipos de bosques: Los relativamente dominados por individuos de la familia fagaceae (robles y encinos) con una minoría de lauraceae (aguacates y aguacatillos) y los relativamente dominados por lauraceae con una mayor proporción de especies latifoliadas.

Todas las áreas afectadas por un exceso de nubes, neblinas y rocío se pueden reconocer por la presencia de epifitas y principalmente como signo de árboles grande y viejos, esto se debe a que las formas de humedad señaladas proveen agua directamente a la vegetación del bosque.

La intersección horizontal debido a las lloviznas y vientos húmedos es importante en la modificación de los efectos de lluvia y temperatura por la determinación de los límites biológicos. Los límites altitudinales de los tipos de bosques varían con la altitud dependiendo del tipo de montaña (efecto mássenerhebung) así como también esto está relacionado con la cantidad y cobertura de neblinas.

2.2.2.4 Tendencias del componente arbóreo de las zonas influenciadas por nubes o neblinas.

Muchos investigadores suponen que el insumo adicional de agua en combinación con las temperaturas más bajas en las zonas montañosas es factor ecológico importante que al parecer actúa con las diferentes formaciones de bosques nublados. El ingreso de agua al ecosistema por procesos de condensación de humedad de nubes y/o neblinas en la superficie de vegetación, o por captación directa de gotas a través de la precipitación horizontal, es el llamado insumo adicional de agua (Stadmüller, 1987)

Según (Stadmüller, 1987) Los factores propios inherentes a la vegetación, son los siguientes:

- altura de la vegetación
- estructura del dosel
- tamaño, cantidad, colocación y agrupación de follaje
- cantidad, formas y especies de epifitas

El bosque reduce el impacto de la lluvia, a través de la intercepción que tienen las hojas y las ramas. En ecosistemas forestales con vegetaciones densas, con un estrato superior compuesto de árboles y uno menor constituido por herbáceas, la intercepción por mínima que parezca podría significar media pulgada o más de agua (DGC/AID, 1990).

El tipo de sombra que generan los árboles es fundamental para el desarrollo de fauna del suelo, aquellos que colaboran con la descomposición de la materia orgánica que luego se convierte en humus, siendo esta otra de las ventajas por la que es importante la interacción árbol-suelo-agua= cuenca. El humus es uno de los encargados de una cobertura de materia que no permitirá el arrastre superficial o partículas de suelo, y es por eso que hay un desarrollo poroso que incrementa al proceso de infiltración y la capacidad de almacenaje en el suelo y en la zona radicular (Stadmüller, 1987).

3. MATERIALES Y METODOS

3.1 ASPECTOS POLITICOS

3.1.1 Ubicación geográfica.

Geográficamente, la microcuenca está ubicada entre los 13° 48' 9" y los 13° 52' 23" N y entre los 86° 51' 23" y los 86° 56' 16" W, Honduras, Centro América. Políticamente, el área está situada en la porción Oeste del departamento de El Paraiso.

3.1.2 Límites.

La zona de estudio limita al Norte con la Microcuenca del Río La Pita, Al Sur con Subcuenca del Río Samayara. Al Este con el casco urbano del municipio de Oropolí Y Al Oeste con la Microcuenca de la Quebrada Capiro.

3.1.3 Tenencia y uso de la tierra.

Con base en reconocimientos de campo y desde el punto de vista del uso actual de la tierra, la microcuenca se pudo dividir en dos grandes bloques. En el primer bloque o zona baja, hasta la cota de los 1200 msnm aproximadamente, el principal uso de la tierra lo constituye la cubierta forestal de pino. Algunas porciones del bloque bajo, en donde las condiciones de suelo son más o menos apropiadas, se tiene agricultura de subsistencia a base de maíz y frijol. En el segundo bloque o zona alta de la microcuenca, de los 1200 msnm hacia arriba, la tierra está utilizada especialmente con cultivos hortícolas, granos básicos, ganadería extensiva, café y en menor proporción bosque de pino y hoja ancha.

3.2 ASPECTOS FISICOS

3.2.1 Superficie

La Microcuenca de la quebrada "El Rincón" se delimitó sobre las hojas cartográficas de Yuscaran y San Lucas, a escala 1:50,000, del Instituto Geográfico Nacional de Honduras. Sobre estos mapas la microcuenca tubo una superficie de 4161.24 ha.

3.2.2 Altitud

Según las hojas cartográficas, el área se extiende desde los 550 hasta los 1703 msnm aproximadamente.

3.2.3 Relieve

La mayor parte de las tierras de esta microcuenca tienen topografía accidentada y fuertes precipicios en las partes más bajas. Se encuentran unos pocos altiplanos, enclavados también de manera especial en las partes bajas de la cuenca. De manera ocasional ocurren pequeñas ondulaciones, localizadas principalmente en la porción media alta.

3.2.4 Clima

En las partes más bajas de la cuenca tienen temperaturas superiores a los 24 °C y una precipitación anual inferior a los 500 mm. En los sitios más altos la temperatura media anual es del orden de los 14 a 15°C y la precipitación anual supera los 2000 mm (Agudelo, 1999).

3.2.5 Geología y Suelos.

Las partes más bajas de la cuenca hasta más o menos los 1200 m de altitud presentan suelos pedregosos, superficiales y de baja fertilidad natural. En esta porción del área son frecuentes los afloramientos rocosos y los acantilados. El material parental está constituido básicamente por Ignimbrita. De los 1200 a los 1350 m aproximadamente los suelos se hacen más profundos, el contenido de materia orgánica se incrementa, lo mismo que la fertilidad natural. El material parental lo conforma una mezcla de Ignimbritas y basaltos, en diferentes estados de meteorización. Debido a la topografía del terreno, fuertemente quebrada y a un incremento en la precipitación, los suelos de esta porción de la cuenca son altamente vulnerables a erosión y desplazamientos. A partir de los 1350 m, el material parental lo constituye principalmente el Basalto y los suelos son profundos. Bajo condiciones de bosque natural, tales suelos presentan altos contenidos de materia orgánica y una aparente fertilidad natural para el establecimiento de cultivos agrícolas.

3.2.6 Vegetación.

Las partes más bajas y más secas de la cuenca están cubiertas con bosque latifoliado de segundo crecimiento y rodales mixtos degradados de *Pinus caribea*, especie que asciende hasta los más o menos 1200 msnm aproximadamente. La porción media alta y alta tiene una cobertura compuesta básicamente por *Pinus oocarpa*, *Liquidambar styraciflua*, *Pinus Maximinoe*, y varias especies de *Quercus*, estas últimas a nivel de zonas influenciadas por nubes y/o neblinas.

3.2.7 Hidrología.

Esta Microcuenca está conformada por la Microcuenca de la Quebrada el "Rincón" propiamente dicha, enclavada en la porción izquierda, y por la Microcuenca de la Quebrada de "La montaña" o Quebra Botija, la cual drena al margen derecho de la cuenca. La Quebrada "Quebra Botija", descarga sus aguas a la Quebrada "El Rincón" aproximadamente a los 600 m de altitud. El caudal de estas quebradas posteriormente

drenado al Río "Oropolí" a la altura de los 500 m aproximadamente. Finalmente, el Río Oropolí vierte sus aguas al Río "Choluteca" a la altura de los 320 m.

3.3 METODOLOGIA DE LEVANTAMIENTO

3.3.1 Procedimiento general de mapeo

Los mapas finales presentados a continuación fueron elaborados y procesados con ayuda de los Sistemas de Información Geográfica (SIG) en la unidad del mismo nombre en las instalaciones del departamento de Recursos Naturales en La Escuela Agrícola Panamericana "Zamorano".

Todos los mapas presentados a continuación conllevan la elaboración de un *Mapa Base*. Para la elaboración de éstos se utilizó una mesa digitalizadora y el programa Arc info. De esta forma se trasladaron los datos de forma manual a digital. Posteriormente se corrigieron los errores y se elaboró una tabla de atributos únicos en el programa Fox Pro. Esta detalla las características de área y perímetro, un identificador dado por el programa y uno asignado por la persona. Luego se llevo toda la información al programa Arc View, donde a la cobertura se le dio personalidades como texto, color, escala y orientación.

3.3.2 Delimitación de la microcuenca sobre mapas topográficos y/o fotografías

Aéreas.

La microcuenca se delimito sobre mapas topográficos a escala 1:50,000 y sobre fotografías aéreas a escala 1: 20000 del año 1995. La información de estos mapas topográficos se transfirió al mapa base.

3.3.3 Levantamiento del mapa ecológico de zonas de vida.

Con base en mapas topográficos, escala 1:50,000, en el diagrama de clasificación de zonas de vida de Holdridge y con ayuda de un altímetro marca Tommen, con lecturas cada 10 m, se recorrieron transectos de las partes más bajas hacia las más altas de la microcuenca. Este procedimiento permitió diferenciar los diferentes pisos térmicos y el reconocimiento, clasificación y levantamiento del mapa de ecosistemas o zonas de vida.

3.3.4 Delimitación de los grupos geológicos y series de suelos.

El área de estudio fue localizada en el mapa de series de suelos de Honduras a escala 1: 1000.000 (IGNH, 1978). Mediante reconocimientos terrestres se trazaron los límites de los grupos geológicos y de las series de suelos.

3.3.5 Estudio de flora por ecosistemas

Con ayuda del altímetro se hicieron recorridos intensivos por los diferentes pisos térmicos que caracterizan la cuenca. Para cada piso térmico se identificaron directamente las especies en el campo o se recolectó material vegetal, lo más completo posible en término de flores y/o frutos, para su identificación posterior en el herbario Paul C. Standley de Zamorano.

3.3.6 Levantamiento del mapa del uso actual de la tierra.

Mediante la interpretación de fotografías aéreas a escala 1:20,000 se delimitaron los diferentes usos de la tierra. Los usos identificados dependieron en gran parte de la resolución de las fotografías. Tales usos se verificaron a través de control terrestre y participación comunitaria. Para la interpretación de las fotografías se clasificaron los siguientes usos de la tierra: pasto, pino, pino/latifoliado (mixto), latifoliado, matorral.

3.3.7 Levantamiento del mapa de pendientes.

Con fundamento en los mapas topográficos, escala 1:50,000 del área, y un procedimiento manual, que utilizó las distancias entre curvas de nivel y la escala de los mapas (referencia) se levantó el mapa de pendientes.

3.3.8 Levantamiento del mapa de la red de drenaje.

La red de drenajes de la microcuenca se obtuvo por medio de las mapas topográficos escala 1:50,000, fotografías aéreas a escala 1:20,000 y reconocimientos terrestres. Se elaboró usando todas las técnicas de vaciado de información en el mapa base mencionado anteriormente.

3.3.9 Morfología de la cuenca.

Para caracterizar la morfología de la cuenca se utilizó el mapa digitalizado y sobre el mismo se determinaron las variables superficie, perímetro, longitud y anchura de la cuenca y longitud de cauces.

3.3.10 Incorporación de los habitantes locales en los levantamientos terrestres.

Se utilizó un proceso de inducción directa con las autoridades políticas y líderes de las comunidades beneficiadas del recurso agua. Tal proceso consistió en el reconocimiento y evaluación del estado actual de la microcuenca y su situación a futuro, desde el punto de vista de la sostenibilidad del recurso agua en cantidad y calidad suficientes. De igual manera, se trabajó con los líderes en el control terrestre del uso de la tierra. Finalmente, se incorporó a líderes externos de la microcuenca, pero beneficiarios directos de la

misma, en aspectos relacionados con el futuro manejo de esta zona desde el punto de vista de producción de agua.

3.3.11 Evaluación de recursos naturales dentro de la microcuenca y área de influencia.

Para evaluar el valor de los recursos naturales agua, suelo, flora y calidad ambiental se levantó una encuesta (ver anexo 2). La encuesta se utilizó también para diagnosticar la variables biofísicos y socioeconómicas de las comunidades.

3.3.12 Censo poblacional.

El censo de población se realizó por medio de un levantamiento de todas las casas y número de habitantes por casa, localizadas dentro de la microcuenca o beneficiada por el recurso agua. Para el estudio se contó con la colaboración directa de la alcaldía de Oropolí y de algunos líderes comunitarios.

3.4 METODOLOGIA DE EVALUACION

3.4.1 Delimitación de las zonas de recarga o de formación de acuíferos.

Con base en el mapa de zonas de vida y reconocimientos terrestres, se procedió a la delimitación de la gran zona de recarga de agua para toda la microcuenca y la identificación de zonas de recarga de menor tamaño en la porción media de la cuenca. Para la delimitación de la gran zona de recarga de agua se utiliza una superposición de los mapas de zonas de vida sobre mapas topográficos escalas 1:50,000. Las mini zonas de recarga de agua sólo se identificaron sobre mapas topográficos a la misma escala, mediante control terrestre con altímetro.

3.4.2 Conflictos en el uso de la tierra.

Los conflictos en el uso de la tierra se determinaron mediante una superposición de los mapas temáticos de zonas de vida, suelos, uso actual de la tierra y pendientes.

3.4.3 Composición florística por ecosistema.

Para aquellas especies vegetales cuya identificación fue imposible en el terreno, se recurrió a la técnica de identificación por comparación.

3.4.4 Parámetros de caracterización de la morfología de la cuenca.

Morfológicamente la cuenca fue caracterizada por medio de los siguientes parámetros:

3.4.4.1 Parámetros de forma.

La forma de la cuenca influye considerablemente sobre los escurrimientos, producto de las lluvias e intensidades de éstas.

Para evaluar la forma de la cuenca se utilizo:

➤ *El Coeficiente de Gravelius*

Este coeficiente relaciona el perímetro de la cuenca con el de otra cuenca teórica circular que tiene la misma superficie.

Este índice obedece a la siguiente fórmula:

$$C_g = P / 2 \sqrt{\pi \times A} = 0,28 P / \sqrt{A}$$

Donde:

C_g : coeficiente de *Gravelius*

P: perímetro de la cuenca en Km

A: Superficie de la cuenca en Km²

Debe indicarse que C_g es siempre mayor que 1 y este valor aumenta según la irregularidad de la cuenca. Por lo tanto, se adopta la siguiente clasificación:

C_g	<i>Forma</i>
1.00 – 1.25	Redonda
1.25 – 1.50	Ovalada
1.50 – 1.75	Oblonga

TRAGSAG (Empresa de Transformación Agraria , 1994)

3.4.4.2 Parámetros de relieve.

El relieve de una cuenca tiene marcada influencia sobre los escurrimientos. A mayores pendientes en una cuenca corresponderán menores tiempos de duración de concentración de las aguas.

a) Parámetros de relieve en relación con la duración de concentración de las aguas.

➤ *Curva hipsométrica*

Esta curva, que caracteriza el relieve de la cuenca, es una representación gráfica de las cotas del terreno (en la ordenada) en función de las superficies correspondientes (en la abscisa).

➤ *Altura media*

Para estimar la altura media se utilizó el siguiente modelo matemático:

$$h^- = V / A$$

Donde:

- h^- : altura media (m)
- V : volumen de la cuenca (m³)
- A : superficie de la cuenca (m²)

La altura media (h^-) se hace más alta cuanto más se eleva el relieve de la cuenca por encima de la altitud mínima y es menor cuanto menores variaciones de altitud presenta el relieve.

b) Parámetros relativos a la red hidrológica

➤ *Densidad de drenaje*

Esta densidad se define como la longitud media de los cursos de agua por unidad de superficie y obedece a la fórmula:

$$D = \Sigma l_i / A$$

Donde:

- D : densidad de drenaje (Km²)
- Σl_i : suma de las longitudes de los cursos que se integran a la cuenca (Km)
- A: superficie de la cuenca (Km²)

➤ *Densidad de la red de los cauces*

Este índice obedece a la expresión :

$$D_r = N / A$$

Donde:

- D_r : densidad de la red de los cauces
- N: número de cauces
- A: superficie en km²

➤ *Pendiente media del cauce principal*

Esta pendiente se calcula por medio de la fórmula:

$$j = H_{\max} - H_{\min} / L \times 100$$

Donde:

- j: pendiente media del cauce (%)
- H_{\max} : altitud máxima del cauce (m)
- H_{\min} : altitud mínima del cauce (m)
- L_i : longitud del cauce (m)

➤ *Alejamiento medio*

Este coeficiente relaciona longitud del cauce más largo con la superficie de la cuenca y es de la forma:

$$a = L / \sqrt{A}$$

Donde:

- a : alejamiento medio
- L : longitud del curso de agua más largo (Km)
- A : superficie de la cuenca (Km²)

➤ *Tiempo de concentración*

Este se define como el tiempo que tardan las gotas de lluvia para llegar al punto de salida desde la porción hidrológicamente más alejada de la cuenca y obedece a la forma:

$$T_c = 0.3 (L^3 / J^3)^{0.76}$$

Donde:


- T_c : tiempo de concentración en horas
- L : longitud en km. del cauce principal de la cuenca
- H : diferencia de nivel, en m, entre la salida de la cuenca y el punto Hidráulicamente mas alejado.
- J : pendiente media del cauce principal (J=H / L)

4. RESULTADOS

4.1 ECOSISTEMAS MAYORES O ZONAS DE VIDA

Fue posible para esta microcuenca reconocer, clasificar y levantar cinco ecosistemas o zonas de vida (Figura 1), cuyas características climáticas, superficie y porcentaje de cobertura aparecen en el Cuadro 1. Los ecosistemas se presentan desde los más cálidos y secos hasta los más húmedos y fríos.

Cuadro 1. Características climáticas, superficie y porcentaje de cada ecosistema.

Zona de vida	Características		Area (ha)	Porcentaje
	Biotemperatura media anual °C	Precipitación promedio total anual (mm)		
me - S 	24	350 a 500	28.8	*
bs - S	18 -24	500 a 1000	566	13,6
bh - S	18 -24	1000 a 2000	2170	52,15
bh - MBS	12 a 18	1000 a 2000	599	14,4
bmh - MBS	12 a 18	2000 a 4000	826,24	19,85
Total			4161,24	100

*Se incluye la zona de vida monte espinoso subtropical, transición a tropical en la porción más baja de la cuenca debido a que allí descargan sus aguas todos los tributarios.

SIMBOLOGIA: me-S: Monte espinoso subtropical, transición a tropical. bs-S: Bosque seco subtropical. bh-S: Bosque húmedo subtropical. bh-MBS: Bosque húmedo montano bajo subtropical. bmh-MBS: Bosque muy húmedo montano bajo subtropical.

4.2 DELIMITACIÓN DE LA ZONA DE RECARGA

Para la totalidad de la cuenca la zona de recarga o de impacto de las nubes y/o neblinas coincide con la zona de vida bosque muy húmedo montano bajo subtropical. Por tanto, esta zona tiene una superficie de 826 ha equivalentes al 19,81 % de la superficie de la cuenca.

Sobre la margen izquierda, vista la cuenca desde la parte más baja hacia la más alta se reconoció e identificó una mini microcuenca con su correspondiente zona de recarga, a una altitud aproximada de 850 m. La presencia de esta zona de recarga obedece a distorsiones locales del patrón de vientos que moviliza las masas de vapor de agua de las partes más secas a las más frías y húmedas. La distorsión es provocada por factores

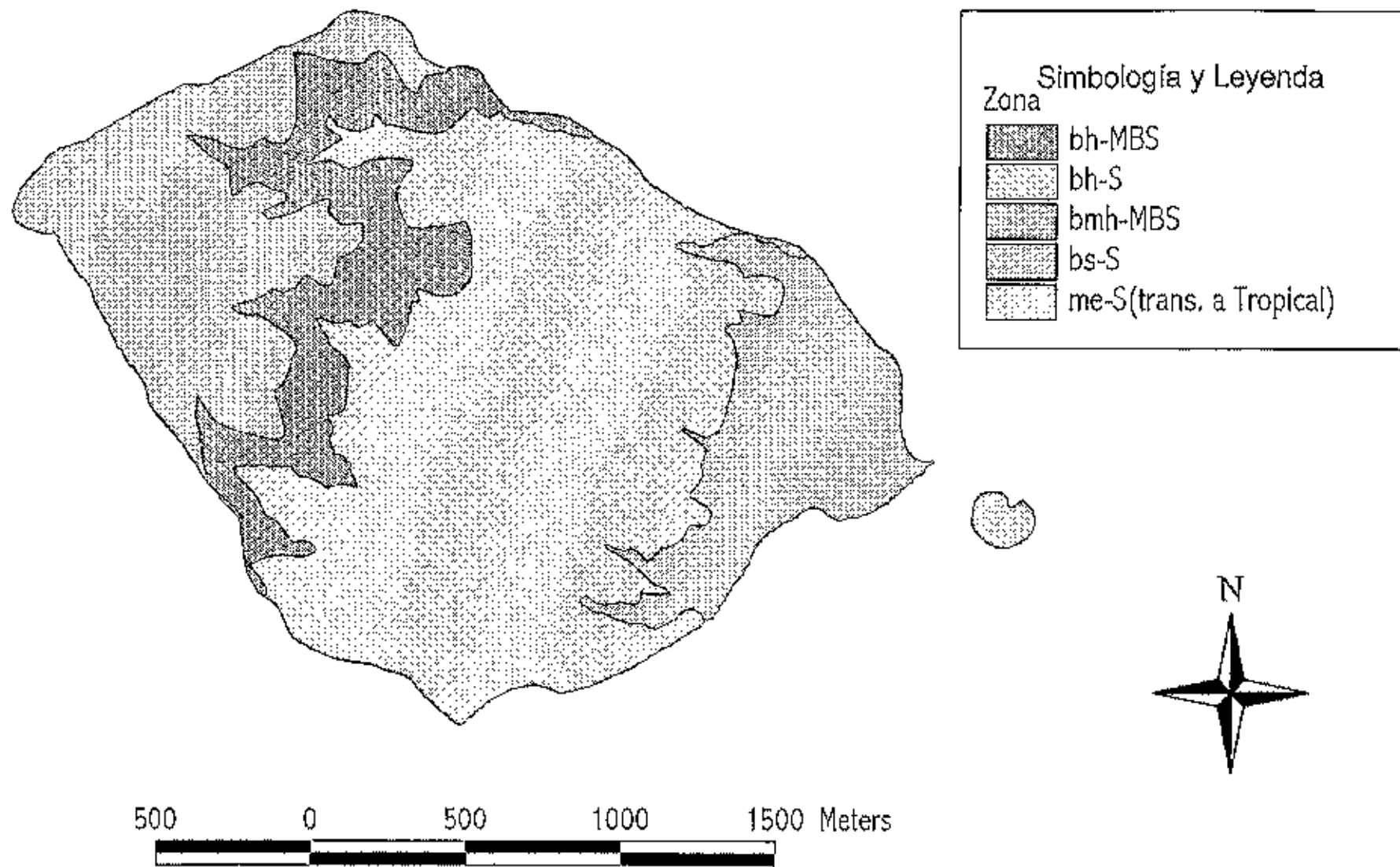


Figura 1 . Mapa de zonas de vida.

morfológicos de la cuenca. La delimitación de esta microcuenca sobre los mapas topográficos no fue posible debido a la escala de los mismos.

4.3 COMPOSICIÓN FLORÍSTICA POR ECOSISTEMAS

Una amplia diversidad de especies vegetales se encuentran en las tierras de esta microcuenca. Para una mayor comprensión de esta diversidad vegetal se presentan las especies por pisos térmicos, comenzando con el más cálido y seco y concluyendo con el más frío y húmedo.

4.3.1 Monte espinoso subtropical, transición a tropical

En este ecosistema, la vegetación existente es de tipo secundario. La mayoría de las especies son de tipo arbustivo y son deciduas durante la temporada de sequía. En el pasado, hubo en esta zona de vida grandes ejemplares de caoba del pacífico *Swietenia humilis*. A la fecha, es posible encontrar ejemplares aislados de la misma de tamaño pequeño o mediano. El Cuadro 2 muestra algunas de las especies que caracterizan este ecosistema.

Cuadro 2. Composición florística por nombre vulgar, nombre científico y por familia, para el monte espinoso subtropical, transición a tropical.

Nombre Vulgar	Nombre Científico	Familia
Bolsa o volador	<i>Gyrocarpus americanus</i>	Hernandiaceae
Espino verde	<i>Prosopis juliflora</i>	Mimosaceae
Guaje	<i>Leucaena shannonii</i>	Mimosaceae
Nacascolo	<i>Caesalpinia coriaria</i>	Mimosaceae
Laurel blanco	<i>Cordia alliodora</i>	Boraginaceae
Vaina espada	<i>Machaerium biovulatum</i>	Papilionaceae
Jicaro	<i>Crescentia alata</i>	Bignoniaceae
Ceiba	<i>Ceiba pentandra</i>	Bombacaceae
Zorra o tambor	<i>Alvaradoa amorphoides</i>	Simaroubaceae
Roble	<i>Eucida</i>	Combretaceae
Pescadillo	<i>Thounidium decandrum</i>	Sapindaceae
Banbayan, palillo	<i>Rehdera trinervis</i>	Verbenaceae
Guacuco	<i>Eugenia hondurensis</i>	Myrtaceae
	<i>Zanthoxylum culantrillo</i>	Rutaceae
Bun Bun	<i>Dyospiros nicaraguensis</i>	Ebenaceae
Guayabilla	<i>Psidium sartorianum</i>	Myrtaceae
	<i>Helicteres baruensis</i>	Sterculiaceae
	<i>Randia cookii</i>	Rubiaceae
	<i>Acasia farnesiana</i>	Mimosaceae
	<i>Tabebuia ochraceae</i>	Bignoniaceae
	<i>Bursera permollis</i>	Burseraceae
	<i>Caliptrantes hondurensis</i>	Myrtaceae
	<i>Godmania aesculifolia</i>	Bignoniaceae
	<i>Croton ciliato glandulosas</i>	Euphorbiaceae

En los bosques de galería que se localizan a lo largo y ancho del valle de Oropoli se encuentran individuos de buen tamaño, por lo general siempre verdes, algunos de ellos productores de madera de gran valor económico. En estas asociaciones sobresalen las especies que se mencionan en el Cuadro 3.

Cuadro 3. Composición florística por nombre vulgar, nombre científico y familia para los bosques de galería del monte espinoso subtropical, transición a tropical.

Nombre Vulgar	Nombre Científico	Familia
	<i>Styrax argenteus</i> Presl.	Styrcaracaceae
Esconde panal	<i>Licania arborea</i> Seem.	Rosaceae
Casquillo	<i>Hauya elegans</i> ssp. <i>lucida</i>	Onagraceae
Guacuco	<i>Eugenia hondurensis</i>	Myrtaceae
	<i>Clethra macrophylla</i>	Clethraceae
	<i>Guetharda combssi</i>	Rubiaceae
	<i>Zanthoxylum culantrillo</i>	Rutaceae
	<i>Trichilia americana</i>	Meliaceae
	<i>Caliandra molinae</i>	Mimosaceae
	<i>Tephrosia nicaraguensis</i>	Papilionaceae
	<i>Acosmium panamense</i>	Papilionaceae
Tilte o Coray	<i>Licania arborea</i>	Rosaceae
Pochote o Pochota	<i>Ceiba aesculifolia</i>	Bombacaceae
Ron-Ron	<i>Astronium graveolens</i>	Anacardeaceae
Guapinol	<i>Hymenaea courbaril</i>	Caesalpenae
Guanacaste negro	<i>Enterolobium cyclocarpum</i>	Mimosaseae
Carreto negro	<i>Albizia saman</i>	Mimosaseae
Almendra de río	<i>Andira inermis</i>	Papilionaceae
Chicamate	<i>Ficus insipida</i>	Moraceae
Flor azul o barrabas	<i>Vitex gaumeri</i>	Verbenaceae
Cedro real	<i>Cedrela odorata</i>	Meliaceae

4.3.2 Bosque seco subtropical

La mayor parte de las tierras de esta zona de vida están cubiertas con bosque mixto de *Pinus caribaea*. En algunos sitios la especie forma rodales puros, con individuos de buen fenotipo, pero en la mayoría de los casos el pino costanero se asocia con quebracho *Lysima spp.*, nance *Byrsonima crassifolia* y chaparro *Curatella americana*. El sotobosque de los pinares está constituido por un pasto nativo conocido como Zacatuste *Digitaria insularis*. Asociado a este pasto se encuentra *Tephrosia nicaraguensis*, especie arbustiva poco frecuente y abundante. En el Cuadro 4, se dan a conocer algunas de las especies de esta zona de vida.

Cuadro 4. Composición florística por nombre vulgar, nombre científico y familia para el bosque seco subtropical.

Nombre Vulgar	Nombre Científico	Familia
Bun Bun	<i>Dyospiros nicaraguensis</i>	Ebenaceae
Guayabilla	<i>Psidium sartorianum</i>	Myrtaceae
	<i>Helicteres baruensis</i>	Sterculiaceae
	<i>Randia cookii</i>	Rubiaceae
	<i>Acacia farnesiana</i>	Mimosaceae
	<i>Tabebuia ochraceae</i>	Bignoniaceae
	<i>Bursera permollis</i>	Burseraceae
	<i>Caliptrantes hondurensis</i>	Myrtaceae
	<i>Godmania aesculifolia</i>	Bignoniaceae
	<i>Leucaena shannoni</i>	Mimosaceae
	<i>Croton ciliato glandulosas</i>	Euphorbiaceae
	<i>Acacia costarricensis</i>	Mimosaceae
Tiguilote	<i>Cordia dentata</i>	Boraginaceae
Cornizuelo	<i>Acacia costarricensis</i>	Mimosaceae
	<i>Bursera permollis</i>	Burseraceae
Zarza	<i>Mimosa zacapana</i>	Mimosaceae
Quiebra muela	<i>Trevelia ovata</i>	Apocynaceae
Flor amarilla	<i>Senna emarginata</i>	Caesalpinaceae
Banbayan	<i>Rehdera trinervis</i>	Verbenaceae

Los bosques de galería que se encuentran distribuidos dentro de los pinares contienen especies diferentes, alguna de las cuales se citan en el Cuadro 5.

Cuadro 5. Composición florística por nombre vulgar, nombre científico y familia para los bosques de galería del Bosque seco subtropical.

Nombre Vulgar	Nombre Científico	Familia
	<i>Styrax argentus</i> Presl.	Stycaracaceae
Esconde panal	<i>Licania arborea</i> Seem.	Rosaceae
Casquillo	<i>Hauya elegans</i> ssp. <i>Lucida</i>	Onagraceae
Guacuco	<i>Eugenia hondurensis</i>	Myrtaceae
	<i>Clethra macrophylla</i>	Clethraceae
	<i>Guetiarda combosi</i>	Rubiaceae
	<i>Zanthoxylum culantrillo</i>	Rutaceae
	<i>Trichilia americana</i>	Meliaceae
	<i>Calliandra molinae</i>	Mimosaceae

4.3.3 Bosque húmedo subtropical

En este ecosistema la vegetación natural está conformada básicamente por bosques secundarios de ocote *Pinus oocarpa*, puros o mezclados con álamo blanco *Clethra macrophylla*, encino *Quercus sapotaefolia* y matasano *Casimiroa edulis*.

4.3.4 Bosque húmedo montano bajo subtropical

La vegetación natural de este ecosistema está constituida por rodales puros de *Pinus maximinoi* o una asociación de esta especie con *Liquidambar styraciflua*, robles y encinos *Quercus spp.*, Álamo blanco *C. Macrophylla*, Cera vegetal *Myrica cerifica* y hoja blanca *Vernonia letocarpa*.

4.3.5 Bosque muy húmedo montano bajo subtropical

El bosque original de esta zona fue totalmente destruido. A la fecha, se encuentran pequeños remanentes de bosque secundario, con individuos de gran biomasa. Algunas de las especies todavía presentes se ilustran en el Cuadro 6.

Cuadro 6. Composición florística por nombre vulgar, nombre científico y familia para los bosques de galería del Bosque húmedo montano bajo subtropical.

Nombre Vulgar	Nombre Científico	Familia
Cedrillo	<i>Brunellia mexicana</i>	Brunelliaceae
Limoncillo	<i>Cleyera theaoides</i>	Theaceae
Piñuela	<i>Hedyosmun mexicanum</i>	Chloranthaceae
Manzanote	<i>Olmidiella betschleriana</i>	Flacourtiaceae
Roble	<i>Quercus peduncularis</i>	Fagaceae
	<i>Rapanea mayricoides</i>	Myrcinaceae

4.4 Geología y suelos

En la Figura 2, se ilustran los grupos geológicos y las series de suelos de las microcuencas. La descripción de las características de cada serie se detallan a continuación.

4.4.1 Suelos Cocona

“Los suelos Cocona son suelos bien drenados, poco profundos desarrollados sobre ignimbritas de grano grueso. Ocupan un relieve escarpado o muy escarpado, la mayoría de laderas tienen un 30 a 60 % de pendiente en las partes meridional y occidental de Honduras. Están asociados con los suelos Ojojona a los que se parecen, pero de los que se distinguen porque la roca madre de los suelos Cocona es de grano grueso, tiene granos visibles de cuarzo y los suelos resultantes son franco arenosos, mientras los suelos Ojojona se forman sobre rocas de grano fino, con poco o ningún grano de cuarzo visible y la textura de la superficie es franco-arenosa fina a franco-limosa.

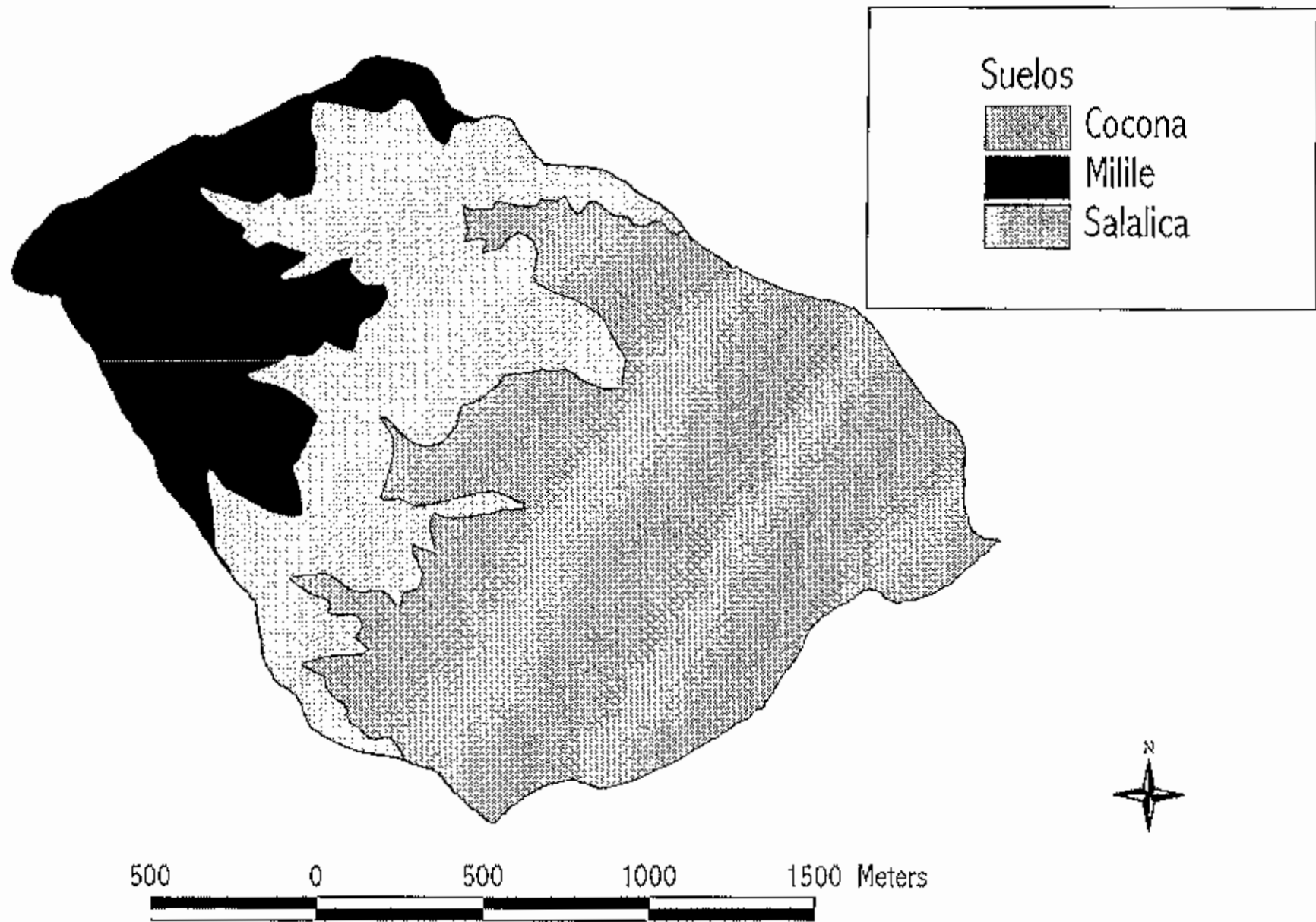


Figura 2. Mapa de geología y suelos.

Perfil del suelo : Franco-arenoso Cocona

El perfil siguiente se examinó en un corte reciente de la carretera de Tegucigalpa a San Pedro Sula, 5 km al oeste de Zambrano. Altitud, 1400 m. El lugar era próximo a la cima de una colina con una pendiente del 12%, que, sin embargo, a una distancia de menos de 50 m llegaba a 50 %. El perfil es representativo del suelo que se forma en pendientes moderadas.

0 - 4 cm	Franco-arenoso café muy oscuro (10YR 2/2 en húmedo). Contenido moderado de materia orgánica, friable, mucha grava. pH 5.0.
A	
1	
4- 18 cm	Arenoso-franco, café grisáceo (10YR 5/2 en húmedo), friable en húmedo duro en seco. pH 5.0.
A	
2	
18 - 40 cm	Arenoso-franco, café claro (7.5YR 6/4 húmedo), friable en húmedo, duro en seco. pH .
C	
1	
40 - 50 cm	Arenoso - franco, gris claro (10YR 7/2 en húmedo), ignimbrita, parcialmente meteorizada (Saprolítico), pH 5.8
C	
2	
R.	Debajo hay ignimbrita dura. (En la mayor parte de los lugares no se ven los horizontes 3 y 4 pero puede haber una delgada capa -1 a 2cm- de material moteado con vetas pardo amarillentas donde rezuma agua en la parte superior de la roca dura. La ignimbrita tiene una dureza variable de un lugar a otro. En algunas partes ha sido fracturada por movimientos orogénicos).

Características

La mayor parte de las áreas de suelos Cocona son pedregosas y con frecuentes afloramientos de roca. Mas de la mitad del área presenta pendientes superiores a 40% y son frecuentes los precipicios. Incluidas en ellas hay muchas áreas, en su mayoría pequeñas, aunque algunas con mas de 1 km², de terreno casi horizontal, donde se han acumulado materiales aluviales. En esas áreas se ha formado un planosol. Cuando tienen suficiente superficie Figuran en los mapas como suelos de los valles. Cuando las cimas son anchas, el suelo puede tener un metro de espesor y puede haberse formado un horizonte-B pardo amarillento. Como la mayor parte de estas áreas se presentan altitudes mayores de 1200 m, es probable que haya habido alguna influencia de cenizas volcánicas y, si el área es lo bastante y la presencia de cenizas clara, se representan en el mapa suelos Múñe. En los lugares protegidos, como las cabeceras de los cursos de agua, la superficie es franco-arenosa o franca de color pardo muy oscuro que puede llegar a 30 cm de grosor y el subsuelo es franco pardo grisáceo hasta una profundidad de 40 o mas centímetros.

Utilización de la tierra y prácticas de explotación

Los suelos Cocona están cubiertos normalmente de pinos (*pinus occarpa*) y puede utilizarse para pastos. En gran parte del área se han cortado los pinos y se hacen quemas con frecuencia con la esperanza de mejorar los pastos. Esta practica no parece ser razonable desde el punto de vista económico y esta prohibida por la ley. La capacidad de apacentamiento de los pastos es muy baja y para cada animal se necesitan varias hectáreas. Los pastos pueden utilizarse únicamente durante la estación lluviosa. En realidad se han observado muy pocos animales en estas partes quizás como la consecuencia de la escasez de agua. Las quemas continuas matan las plantitas de pino, impidiendo así la regeneración del pinar, pero, donde no se hacen quemas, la repoblación natural es rápida. No se dispone de datos sobre el valor del crecimiento anual de los pinos comparado con el de la producción de carne. Los lugares protegidos en las cabeceras de los cursos de agua pueden utilizarse para la producción de café.

Clasificación

Los suelos Cocona se clasifican como Litosoles y Entisoles. En la séptima aproximación revisada con Xerortents Líticos.

Los Entisoles hay de dos tipos: Lithic Xerortents
Lithic Ustorthents

Capacidad Agrológica

Clase VII "

4.4.2 Suelos Salalica

"Los suelos Salalica son suelos bien drenados, relativamente profundos, formados sobre rocas maficas e ignimbritas asociadas y sobre ignimbritas con un elevado contenido de minerales maficos. Ocupan un relieve muy ondulado a colinoso y con ellos es bastante frecuentes las pendientes mayores de 25% . Están asociados con suelos Yauyupe, Ojojona y Milile. Se distinguen de los suelos Yauyupe por el relieve, la profundidad y el color del suelo. Los suelos Yauyupe se presentan en terrenos ondulados, son poco profundos y no tienen el subsuelo rojo. Se distinguen de los suelos Ojojona, que son también poco profundos y no tienen el subsuelo de arcillas rojas características del subsuelo Salalica, porque ocupan un terreno escarpado y se forman sobre ignimbritas claras. En cuanto a los Milile son suelos profundos formados sobre cenizas volcánicas y la diferenciación se basa en la textura densa del subsuelo de los suelos Salalica y pocas veces tienen un espesor de 1 metro. Además, una característica de los suelos Salalica es la presencia de piedras sobre la superficie y en su masa.

Perfil de suelo: Franco Arcilloso Salalica

El perfil siguiente se examino en un corte reciente de carretera 21 km al noroeste de Tegucigalpa, en la carretera Tegucigalpa – San Pedro Sula. Resulta ideal como muestra de la serie, pero es mas profundo que en la mayoría de las partes. El punto se encuentra casi al pie de una colina en la que la pendiente es de 15%,aproximadamente. La cima de la colina es un afloramiento de basalto. La altitud es de 1200 m.

0 – 20 cm A 1	Franco arcilloso, café rojizo oscuro (5YR 3/3 en seco), friable, adherente y plástico en mojado, ligeramente duro en seco. Estructura medianamente migajosa. Raíces abundantes. pH 6.0
20 – 50 cm B 21	Arcilla friable, carne rojiza oscura (2.5YR 3/4 en seco) adherente y plástico en mojado. Estructura subangular media. Algunas películas de arcilla; agregados oscuros en la superficie. pH 5.5
50 – 80 cm B 22	Arcilla friable rojo oscura (2.5 YR 3/6 en seco), muy adherente y plástica en mojado y dura en seco, estructura en bloque finos, algunas películas de arcilla; agregados oscuros en la superficie. pH 5.5
80 – 100 cm C	Arcilla con muchos fragmentos de roca y algunas inclusiones de roca dura moteada de rojo (2.5 YR 4/6 en seco) y pardo amarillento (10 YR 5/8 en seco), la arcilla es muy adherente y plástica en húmedo y dura en seco. Vetas oscuras en el suelo y muchas concreaciones de 3 a 4 mm de diámetro. pH 5.5
>100 cm R	Roca Basáltica .

Características

Las áreas de suelos Salalica que se indican en el mapa varían considerablemente en sus características y no más de 30 % de ellas poseen las características que acaban de describirse. En algunos lugares, el suelo es delgado y la superficie franco arcillosa se apoya directamente en la capa rocosa. En la mayor parte de las áreas son frecuentes las piedras y en muchos lugares hay afloramientos rocosos. En algunas partes, por ejemplo, al sudoeste de Zamorano, la roca básica es una ignimbrita con un elevado contenido de minerales maficos. Hay muchas áreas de suelos Yaurupe de forma irregular que ocupan pendientes inferiores a 10%.

Utilización de la tierra y prácticas de explotación

La mayor parte del área de suelos Salalica se utiliza para la producción de cultivos de subsistencia, como: maíz, frijol, y sorgo, por métodos de cultivo primitivos y aperos manuales o arrastradas por bueyes. Una gran parte se utiliza para pastos naturales, la mayor parte de ellos con malezas. Las áreas que no son demasiado pendientes o pedregosas pueden utilizarse para pastos naturales. Por lo general, los suelos Salalica son fértiles y si las piedras no son muy abundantes, pueden con buenas prácticas de explotación, incluido el uso de abonos, resultar económicamente productivos.

Clasificación

Los suelos Salalica son suelos pardos no cálcicos. En la séptima aproximación revisada son Haplustalfes Udicos. Alfisols – Ustalts – Aplustaltsfs- Lidia Hoplustalts.

Capacidad Agrológica

Clase IV y VI*

4.4.3 Suelos Milile

“Los Milile son suelos profundos bien drenados, desarrollados sobre cenizas volcánicas. Ocupan un relieve fuertemente ondulado o alomado, con pendientes que, por la mayor parte son inferiores a 30 %. Se presentan con frecuencia en amplias cimas montañosas, a altitudes de más de 1400 m. Las temperaturas son relativamente bajas a tal altura y a menudo se forman nubes. La humedad que se condensa de esas nubes se impide que el suelo se seque pero no es probable que haya precipitaciones notablemente superiores a las que se registran a altitudes inferiores. Los suelos Milile están asociados y limitan corrientemente con áreas de suelo Ojojona y Salalica, pero se distinguen fácilmente de estos por el mayor grosor del suelo, la falta de consolidación del material de partida y la ausencia de piedras.

Perfil del suelo: Franco limoso Milile

El siguiente perfil se examinó en un corte reciente de carretera de 15 km al oeste de Siguatepeque. La altitud es de 1450 m. El lugar está muy cerca de la divisoria. Las zonas adyacentes están cultivadas, principalmente con maíz.

0 – 15 cm A 11	Café oscuro limoso (10 YR 3/3 en húmedo). Estructura regular, firme y fina, friable, no plástico, no adherente, pH 6.0
15 – 25 cm A 12	Café amarillento oscuro (10 YR 4/4 en húmedo), franco limoso a franco arcilloso. Estructura granular fina y firme; friable, ligeramente adherente y plástico. pH 5.8
25 – 40 cm B 1	Café amarillento oscuro (10 YR 5/4 en húmedo), franco arcilloso a franco arcilloso limoso, firme estructura en bloque finos; friable pero bastante adherente y plástico en mojado, películas de arcilla en la mayor parte de la superficie, pH 4.5
40 – 60 cm B 21	Arcilla café amarillenta (10YR 5/6 en húmedo). Firme estructura en bloque finos; friable pero adherente y plástico en mojado, Películas de arcillas muy prominentes. pH 4.5
60 – 90 cm B 22	Similar al anterior, pero con una estructura más firmemente desarrollada y mayores agregados (promedio – 1 cm en una cara). Películas de arcillas prominentes, pH 4.5
90 – 160 cm B 3	Arcilla café amarillenta (10YR 5/8 en húmedo), moteada de rojo (2.5YR 4/6) y pardo grisáceo (10YR 5/2). Adherencia y plasticidad medianas. Películas de arcilla prominentes, pH 4.5.

- 160 – 200 cm Arcilla moteada de gris cafésaceo claro (10YR 6/2 en húmedo) y pardo
 II C amarillenta clara (10YR 6/4).Tobas, ignimbritas volcánicas parcialmente meteorizadas. pH 4.5
- 200 – 300 cm Toba o ignimbrita moderadamente dura gris clara (N 7/0). (Se aprovecha
 II R como material de limpieza por frotamiento).

Características

En muchos lugares, especialmente en las partes mas elevadas, el suelo superficial es mas grueso y mas rico en materia orgánica. A altitudes superiores a 1700 m es algo cenagoso. En muchas partes, el subsuelo es una arcilla café rojiza (2.5YR 3/6 en húmedo). La roca básica observada en este perfil no se presenta con frecuencia, pero a profundidades mayores de 1.5 m puede encontrarse una arcilla roja moteada reticularmente y gris clara.

Utilización de la tierra y prácticas de cultivo

La mayor parte del área del suelo milile ha sido desbrozada y utilizada para la producción de maíz y frijol o para pastos. Las prácticas agrícolas son primitivas y el cultivo es manual o con arados de madera arrastrados por bueyes. Normalmente no se utilizan abonos y los rendimientos son bajos. Estos suelos son porosos y la erosión no es muy grave. Los pastos no son mejorados pero tienen capacidad de apacentamiento moderada. Se observa el pino en algunas partes, pero en general, estos suelos soportan una masa densa de frondosas y un sotobosque de malezas donde no se los ha desbrozado para el cultivo. Hay helechos y zarzamoras en los terrenos dejados sin cultivar. Estos suelos se explotan fácilmente y pueden cultivarse con mayor intensidad. Parecen estar bien adaptadas las zarzamoras y otras bayas de arbustos y cañas, por lo que se recomienda su cultivo. Estos suelos resultan aptos también para la producción de papas. Puede aumentarse también la producción de vacunos para carne y para leche.

Clasificación

Los suelos Milile se clasifican como Andisoles, En la séptima aproximación revisada son Eutroptes Ándicos. Inceptisols-Andic Eutropies
 Tropets – Eutropets – Andic Eutropets

Capacidad Agrológica

Clases III y IV^m

Cuadro 7. presenta las series de suelos, superficie y correspondiente porcentaje

Suelo	Altitud	Area (ha)	Porcentaje
Cocona	550-1100	2232,06	54
Salalica	110-1350	1086,15	26,1
Milile	1350 y más	822,79	19,77

4.5 RED DE DRENAJES

La Figura 3, muestra la red de drenaje de la cuenca y en el Cuadro 8, se presenta la longitud de los cauces de las diferentes quebradas.

Cuadro 8. Longitud de quebradas de la cuenca.

Quebradas	km
Q. Botija	8.43
El Guayabo	1.42
Casa Vieja	4.20
Poza Bruja	3.42
Cacalotes	3.05
Q. Rincón	3.45
Total	23.97

4.6 MAPA DE PENDIENTES

La Figura 4, muestra el mapa de pendientes y en el Cuadro 9, se presentan los rangos de pendientes con su correspondiente porcentaje.

Cuadro 9. Rangos de pendientes encontrados en la cuenca

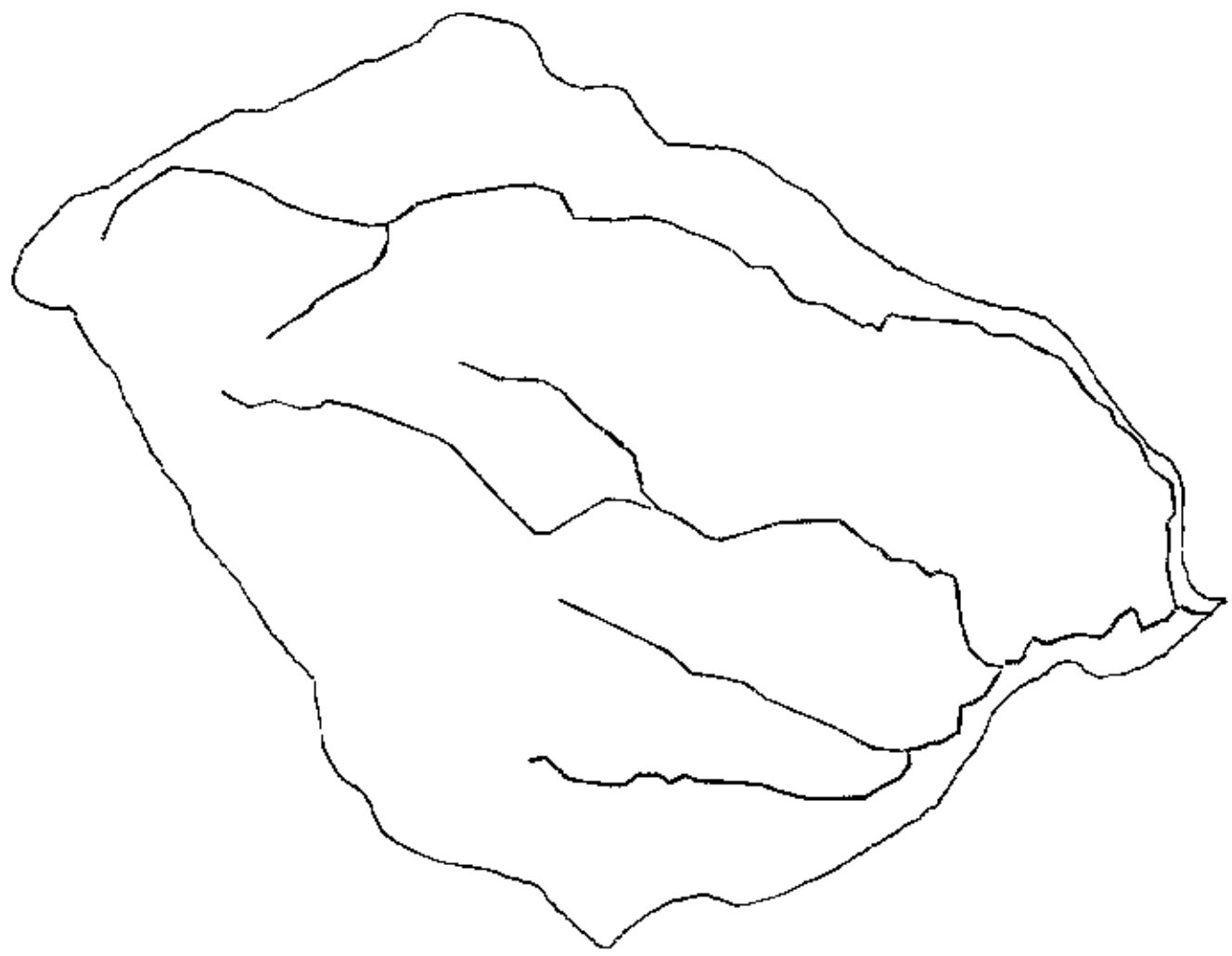
Pendientes	Area (ha)	%
10-20	171	5
20-30	100	10
30-40	900	21
40 y más	2990	64
Total	4161	100

4.7 USO ACTUAL DE LA TIERRA

En la Figura 5, se plasma el uso actual de la tierra y en el Cuadro 10, se detalla la superficie de cada uso y su porcentaje.

Cuadro 10. Superficie del uso actual de la tierra en la microcuenca.

Uso de la tierra	Area (ha)	%
Latifoliado	298.59	7.18
Agricultura	1077	25.9
Matorral	245.84	5.91
Mixto	222	5.29
Pasto	266.8	6.42
Pino	2050.1	49.29
Total	4161	100



Simbología y Leyenda

▭ Limite

Redes

- ∩ Qda. de la Casa Vieja
- ∩ Qda. de la Poza Bruja
- ∩ Qda. de los Cacalotes
- ∩ Qda. El Guayabo
- ∩ Qda. El Rincón
- ∩ Qda. Queibra Botija
- ∩ Rio Oropolí

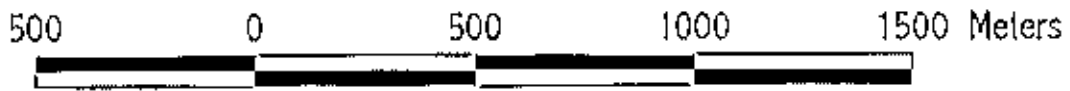
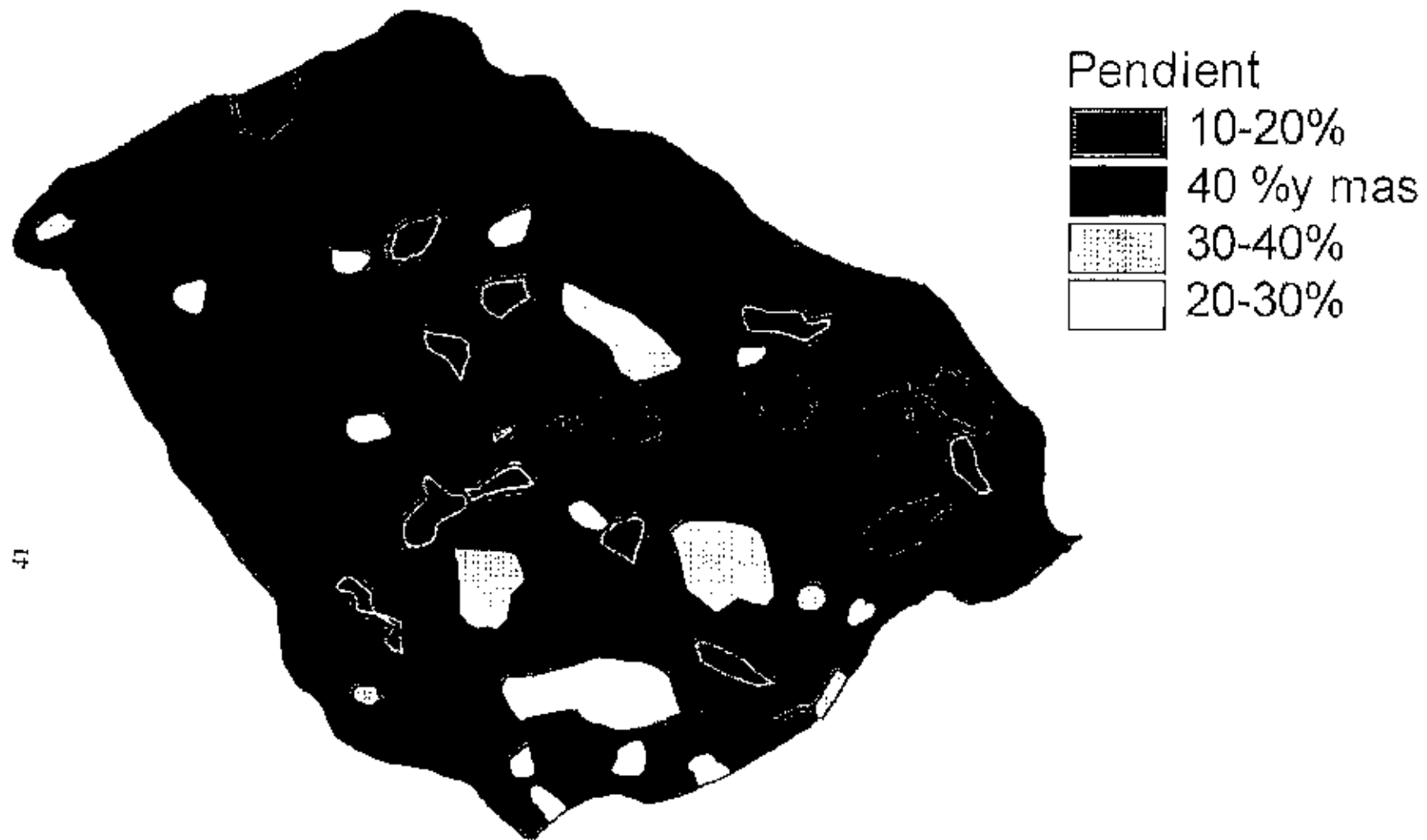


Figura 3 . Mapa de red de drenaje.

40



41

Figura 4. Pendientes



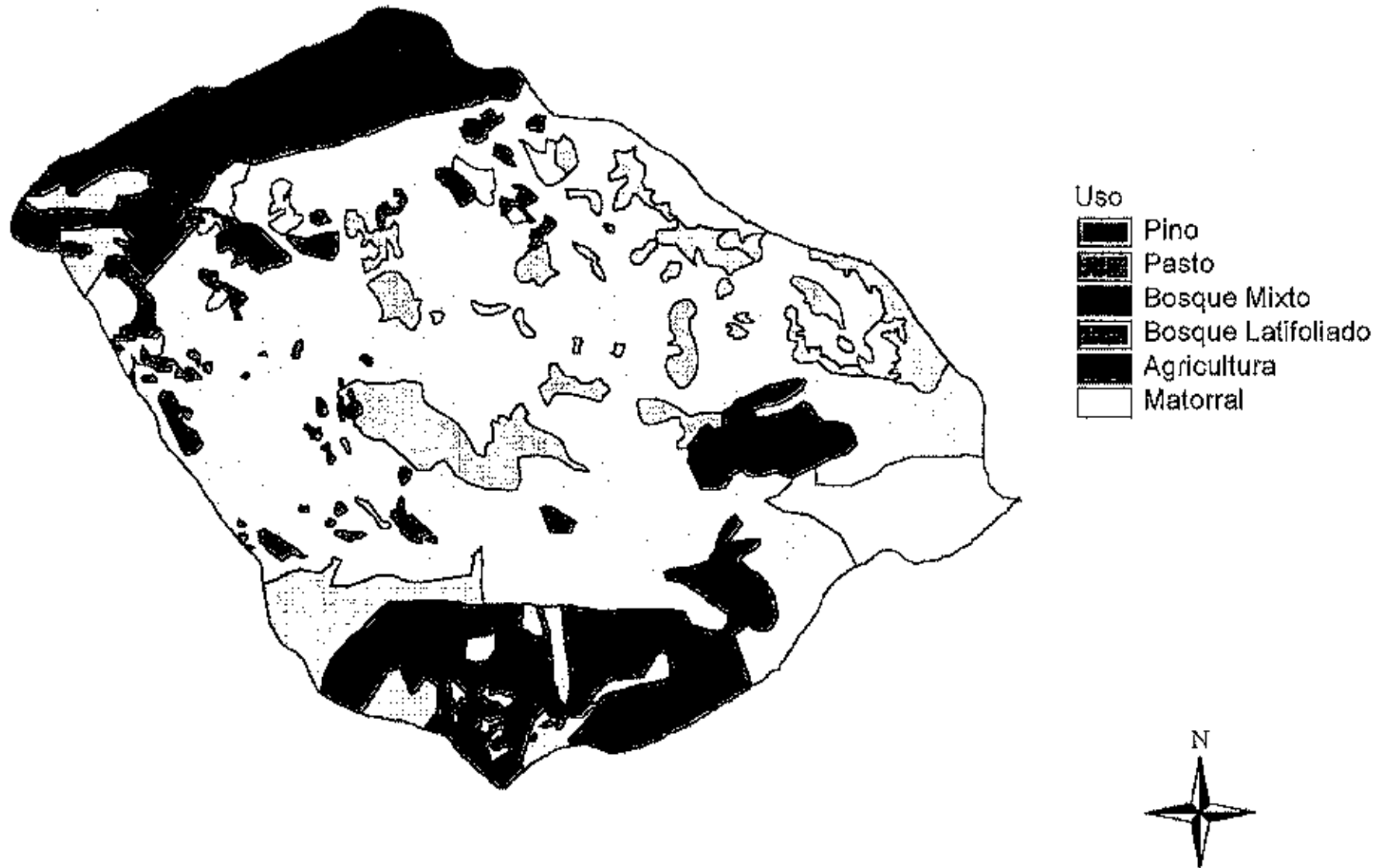


Figura 6. Mapa del uso actual de la tierra

4.8 CONFLICTOS EN EL USO DE LA TIERRA

En la Figura 6 se ilustra los conflictos en el uso de la tierra desde el punto estrictamente hidrológico y en el cuadro 11 se detalla los conflictos en el uso de la tierra.

Cuadro 11. Superficie de los conflictos actuales en el uso de la tierra en la Microcuenca.

Conflicto	Area (ha)	%
Apropiado	2795,16	67
Inapropiado	1090,9	26
Permisible	275	7
Total	4161	100

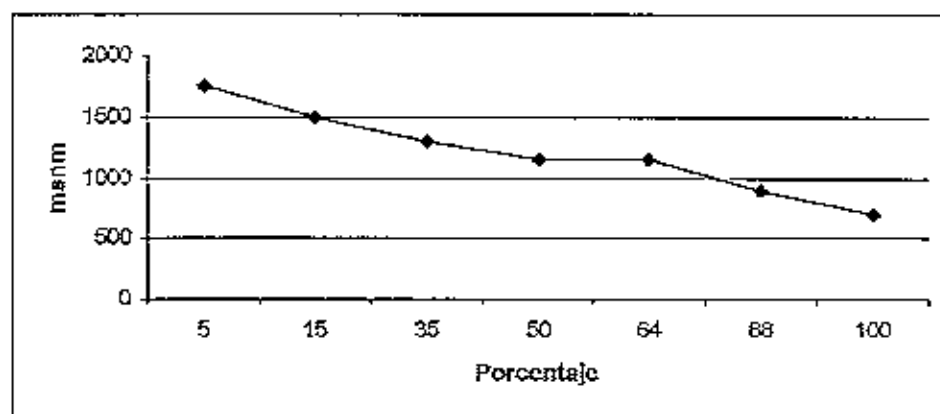
4.9 MORFOLOGIA DE LA CUENCA

4.9.1 Parámetros de forma

➤ Coeficiente de Gravelius: 1.16 Lo que indica que la cuenca es de *forma redonda*.

4.9.2 Parametros de relieve

➤ Curva hipsométrica:



* Curva hipsométrica para la Quebrada "El Rincón"

➤ Altura media: 1152 m Fundamentado en la curva hipsométrica.

4.9.3 Parámetros en relación a la red hidrológica

➤ Densidad de drenaje: 0.006 km / km² ó 0.06 m / ha

➤ Densidad de la red de cauces: 0.0017 cauces / km²

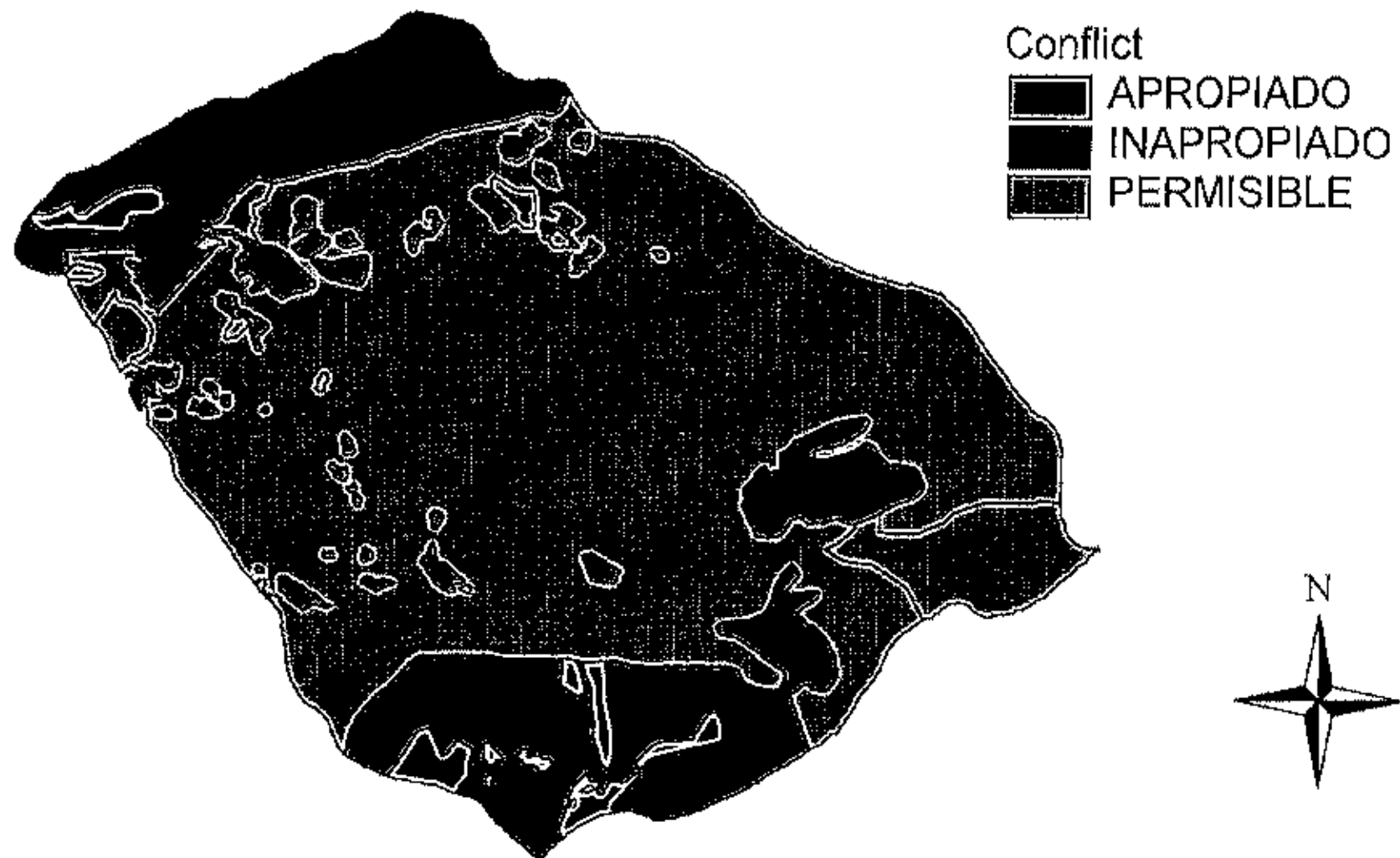


Figura 6. Mapa de Conflictos

- Pendiente media del cauce principal: 0.13 %
- Alejamiento medio: 0.13
- Tiempo de concentración: 136.8 hr. ó 5.7 días

4.10 ASPECTOS SOCIALES Y ECONÓMICOS

La encuesta (Anexo 1), arrojó resultados que nos sirvieron para darnos una idea de donde estabamos realmente aquí los resultados mas importantes:

Los habitantes del valle de Oropolí y sus alrededores en su mayoría se dedican a la agricultura y en menor escala a la crianza de ganado vacuno, caballar, aznal, porcinos y además se cultivan frutas como; mangos, frutas, aguacates y cocos.

La producción agropecuaria del municipio es la siguiente: frijoles, hortalizas, mangos, aguacates. Los tipos de cultivos sembrados dependen de la zona de la cuenca en la que se habita siendo así la población del casco poblacional que siembra maiz, maicillo, frijoles, caña y mango.

El recurso agua como recurso natural tiene un 95% de importancia para los habitantes. Existen cooperativas organizadas así como una sucursal de ahorro y crédito. El índice de analfabetismo es de un 20% de la población, aunque se trabaja intensamente para su erradicación. Así como también solo el 35 % de la población llega a sexto grado de escuela.

Las formas de abastecimiento de agua en la comunidad son deficientes y el sistema de purificación es a base de cloro el cual se coloca en los despachos designados. Las enfermedades ocasionadas por aguas insalubres fueron la diarrea e infecciones intestinales. Hay un 60 % de asistencia a los centro de salud, con un 80% de asistencia alas campañas de vacunación.

Tenemos alrededor de 64 habitantes por km² teniendo en su población fija del 70% y unos flotantes del 30%.

Promedio de tres hijos por familia.

Un deterioro de ecosistemas de mas del 45% en los últimos 15 años.

Alrededor de un 30 % es población de mas de 20 años.

5.DISCUSION

Ante la amplitud y diversidad de los resultados, estos se agrupan para fines de discusión en los siguientes temas:

5.1 IMPORTANCIA SOCIAL Y ECONÓMICA DE LA MICROCUENCA.

La Microcuenca de la Quebrada "El Rincón", con una superficie de 4161 ha, abastece de agua potable una población estimada de 5500 personas. Aunque no se dispone de datos de caudales para esta Microcuenca, es evidente que el volumen de agua es más que suficiente para abastecer las demandas de agua para toda la población beneficiada. Ahora bien, el principal problema a nivel de aguas en esta cuenca radica en su calidad. La destrucción de la cubierta vegetal en las porciones más elevadas de la cuenca, asociada a una agricultura de subsistencia en los márgenes de pequeñas Quebradas en las partes altas y a un uso indiscriminado de fertilizantes químicos y de plaguicidas, son factores que permanentemente degradan la calidad del agua. Por otro lado, las fuertes pendientes de la cuenca, combinadas con altos índices de erosión y arrastre de sedimentos deterioran aun más la calidad de este líquido. En síntesis las poblaciones enclavadas aguas debajo de la cuenca utilizan como agua potable, un líquido turbio y altamente contaminado.

5.2 PROBLEMÁTICA DEL USO DE LA TIERRA

De las 4161 ha que tiene la cuenca el 67% (2795 ha) corresponden a un uso apropiado de la tierra. Sólo el 26% del área (109 ha) se catalogan como uso inapropiado. Esto a primera vista parece indicar que esta Microcuenca no tiene problemas en el uso de la tierra. Sin embargo, un examen minucioso del mapa de conflictos en el uso de la tierra demuestra claramente la grave situación que presentó esta superficie de drenaje. Aunque en termino generales se puede afirmar que el 80% de la cuenca tiene una cobertura vegetal apropiada o permisible desde el punto de vista hidrológico, el impacto de esta cubierta aguas abajo es apenas perceptible en términos de cantidad de agua producida. La función más importante de este gran macizo forestal consiste en regular la cantidad de precipitación que cae sobre el área y en mantener bajas tasas de erosión de suelos. Esto ultimo puede afirmarse por la presencia de ignimbritas en el 54% de los terrenos de la cuenca, considerada ésta de abajo hacia arriba. Si bien es cierto que la zona de recarga únicamente cubre el 20% de la cuenca (826 ha), el bosque natural estable o maduro, vital para el proceso de la precipitación horizontal oculta, fue destruido. Como si fuese poco la zona de recarga esta enclavada sobre suelos volcánicos, con fuertes pendientes y, por lo tanto, altamente susceptibles a erosión. La restauración y el manejo de la zona de recarga es determinante a futuro, si se quieren evitar desastres naturales y si se desea mantener un flujo sostenible de agua.

6. CONCLUSIONES

Los resultados de este estudio permiten emitir las siguientes conclusiones:

1. El impacto de la Microcuenca de la Quebrada "El Rincón" desde una óptica social y económica es considerablemente fuerte. Las 4161 has, con su diversidad de ecosistemas y sistemas de drenaje son responsables de abastecer la demanda de agua potable y riego para una población de 5500 personas. A la fecha, esta cuenca constituye la única opción para el abastecimiento de agua para el casco urbano y de Oropolí y comunidades aledañas.
2. Desde una óptica general, la cuenca aparentemente no tiene problemas en términos de cobertura vegetal. No obstante, las porciones mas altas y húmedas de la cuenca, vitales para la producción de agua han perdido su cobertura de bosque natural maduro. Esto ha provocado, con toda seguridad, la disminución de caudales, especialmente en temporadas de sequía, y ha propiciado los altos índices de sedimentación y erosión aguas abajo.
3. Ante la crítica situación de la calidad de agua en las porciones media y baja de la cuenca y en vista de la complejidad del manejo para una superficie tan grande de drenaje, se identificó una opción potencial para el abastecimiento de agua para Oropolí y comunidades aledañas, en la parte media de la microcuenca. Mas detalles sobre este aspecto aparecen en el plan de manejo.

7. RECOMENDACIONES

1. Antes del paso de la Tormenta Tropical Mitch por territorio hondureño, los habitantes del casco urbano de Oropolí y poblaciones aledañas se abastecían de agua de la Microcuenca de la Quebrada "La Lona". La tormenta deterioro por completo esta Microcuenca y todo el sistema de captación de agua. Por motivos de fuerza mayor, la municipalidad de Oropolí tuvo que recurrir como única alternativa para el abastecimiento de agua a la Microcuenca de la Quebrada "El Rincón", a sabiendas de su pésima calidad. En este sentido, se recomienda a las autoridades departamental y municipal realizar los esfuerzos técnicos y económicos que sean necesarios para mejorar no tanto la cantidad pero si la calidad de agua de esta microcuenca. Estas autoridades tienen que entender que esta microcuenca es la única opción que tiene para suministro de agua las comunidades de las tierras bajas de la microcuenca.
2. Diseñar e implementar un esquema de manejo, practico y sencillo, con vigencia de un quinquenio (Anexo 2).

8. BIBLIOGRAFIA

- BROWN, M. AND VALLEJO, A. 1996. La influencia de la precipitación horizontal y el efecto de la deforestación sobre la producción hídrica en el Parque Nacional Cucuso. San Pedro Sula, Honduras. 62 p.
- BUDOWSKI, G. Y ZADROGA, F. 1976. Solicitud de financiamiento para proyecto de investigación. Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Tecnológicas. 47 p.
- DGC/AID. 1990. Manejo de cuencas hidrográficas. Gua. C.A. 200 p.
- HARR, R. D. 1982. Fog drip in the bull run municipal water shed, Oregon. Water Resources Bulletin. 18:785-789.
- HOLDRIDGE, L. 1987. Ecología basada en zonas de vida. Servicio editorial IICA, San José, C. R. 216 p.
- Mc CULLOCH, J. S. G. 1965. Hidrological aspects of protection forestry in East Africa. East African Agricultural and Forestry Journal. 130 (1), 39-397.
- MEJA, D. Y HAWKINS, T. 1993. Los bosques nublados de Honduras. Serie miscelánea de CONSEFORH. Número 43-24/93. Siguatepeque, Honduras: COHDEFOR-ODA-ESNACIFOR.
- MOURAILLE, C.; PORRAS, I.; AYLWARD, B. 1996. La protección de cuencas hidrográficas: una bibliografía anotada de hidrología, valoración económica e incentivos económicos. Centro Científico Tropical (CCT), Centro Internacional de Política Económica (CINPE), International Institute for Environment and Development (IIED). San José, C. R. 130 p.
- NAGEL, J. F. 1956. Fog precipitation on Table Mountain. Quaterly Journal of the Royal Meteorologic Society. N°. 82:425-460.
- PNUMA-ONU. 1990. Cuidar el agua. Capman, Bounford and Associates. Nairobi, Kenia. N°6.
- STADMÜLLER, T and AGUDELO, N. 1990. Amount and variability of cloud moisture input in a tropical cloud forest. Intern. Assoc. of Hyd. Sci. Pub. 93:25-32.

- STADMÜLLER, T. 1987. Los bosques nublados en el trópico húmedo. Turrialba, C.R., Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, CATIE. 85 p.
- STADMÜLLER, T. 1994. Impacto hidrológico del manejo forestal de bosques naturales tropicales medidos para mitigarlo. Turrialba, C. R., Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, CATIE. 62 p.
- SZÖLLOSI-NAGY, A. 1998. Evaluación de los recursos mundiales de agua dulce. La naturaleza y sus recursos. UNESCO. Vol. 34, Nº 1; 10-20.
- UNESCO/CIFCA. 1980. Ecosistemas de los bosques tropicales. Madrid, España. 771 p.
- WEAVER, P. L. 1972. Cloud moisture interception in the Luquillo Mountains of Puerto Rico. *Carib. J. Sci.* 12(3-4): 129-144.
- WICHT, C. L. 1961. Volumetric determination of rainfall in hydrological research. In *Intern. African Conference on Hydrology*. Nairobi. Commission for technical cooperation in Africa South of the Sahara. 94-99 p.
- WORLD RESOURCES: La guía global del medio ambiente. 1996. El agua. Ecoespaña. Madrid, España. 10:207-398.
- ZADROGA, F. 1981. The Hydrological importance of a montane cloud forest area of Costa Rica. In La I R. and Russel E.W. (Eds) *Tropical Agricultural Hydrology*. John Wiley & Sons Ltd. Pp. 59-73.

9. ANEXOS

Anexo 1.

ENCUESTA SOBRE EL RECURSO AGUA COMUNIDADES BENEFICIADAS POR LA MICROCUENCA DE LA QUEBRADA "EL RINCÓN", OROPOLI, EL PARAÍSO

Fecha: _____ Comunidad: _____

Entrevistador: _____

Variables Biofísicas

Nombre del entrevistado _____ Edad _____

Sexo M ___ F ___

Tiempo de vivir en la comunidad _____

Número de personas que viven en su casa _____

Ocupación _____

Vive y cultiva dentro de la cuenca _____ Solo vive _____ Solo cultiva _____ Otros _____

Variables Socioeconómicas

Salud.-

Tienen problemas con enfermedades digestivas o respiratorias?

Si ___ No ___ Quiénes? Adultos _____ Niños _____

Tienen programas de vacunación para niños? Si ___ No ___

Poseen agua potable? Si ___ No ___

Poseen letrinas? Si ___ No ___

Recursos Naturales de la Microcuenca y su Zona de Influencia

Agua.-

• El agua como recurso natural tiene para Ud. un valor:

Alto ___ Medio ___ Bajo ___ Ninguno ___

Por qué _____

• El bosque de la microcuenca tiene para Ud. un valor:

Alto ___ Medio ___ Bajo ___ Ninguno ___

Por qué _____

• Tiene Ud. conocimiento de dónde procede el agua que utiliza? Si ___ No ___

• Qué importancia tiene para Ud. la conservación de los nacimientos de agua:

• Considera que es recomendable tener ganadería y cultivos en aquellas zonas de la cuenca en donde se encuentran los nacimientos de agua o en sus alrededores? Si ___ No ___

Por qué: _____

• Ha observado Ud. en los últimos 5-10 años una disminución en la cantidad de agua que utiliza? Si ___ No ___

• Si ha habido disminución en el suministro de agua, qué piensa Ud. que ha sucedido en la cuenca? _____

- El agua que Ud. utiliza para consumo en su casa es de calidad:
buena ___ regular ___ mala ___
- Hierven el agua en su casa antes de tomarla? Si ___ No ___

Vegetación.-

La cobertura vegetal a nivel de la cuenca es importante para Ud. porque:

- Garantiza la producción de agua ___
- Mantiene buenas poblaciones de animales ___
- Mantiene estable los suelos ___
- Es una fuente para satisfacer las necesidades de leña ___
- Mantiene buena calidad ambiental ___

La preparación de alimentos en su casa se hace con:

leña ___, carbón vegetal ___, cocina a gas ___

Para la preparación de los alimentos se usa un horno: convencional ___ mejorado ___

Las especies preferidas para leña son: _____

Tales especies se prefieren porque:

- Queman lentamente y producen buena brasa ___
- No producen mucho humo ___
- No emanan olores desagradables ___
- Queman rápidamente y producen buen calor ___
- Son fáciles de conseguir ___

Cuál es su principal fuente de leña: _____

Cuántas cargas de leña consume a la semana? _____

Cuántos leños contiene cada carga _____, el largo de los leños es de _____

Cuanto tiempo requiere para la conservación de la leña que consume su hogar en una semana

Cual es la distancia promedio que Ud. debe recorrer para conseguir leña _____

Quiénes colaboran en la recolección de la leña _____

Existe escasez de leña en su comunidad: Si ___ No ___

Suelos.-

Los suelos que Ud. cultiva, según su experiencia, tiene fertilidad natural:

Alta _____, Media _____, Baja _____

Utilizan prácticas de conservación de suelos: Si ___ No ___

Cuales: _____

Aplica a los suelos fertilizantes químicos _____ o abonos orgánicos _____

Que tipo de insumos químicos u orgánicos emplea: _____

Realiza control de plagas y enfermedades a sus cultivos: Si ___ No ___

Para el control usa: Insecticidas _____ Fungicidas _____ Nematicidas _____ Herbicidas _____

Se protege Ud. en el momento de la aplicación: Si ___ No ___

Tenencia y uso de la tierra

Tiene Ud. tierra propia: Si ___ No ___ Tiene huerto casero: Si ___ No ___

Estas tierras están dentro ___ o fuera ___ de la microcuenca?

Tales tierras son de propiedad: Privada _____ Municipal _____ Nacional _____ Otros _____

Tamaño de la propiedad:

Superficie total _____

Cuanto tiene en producción de cultivos _____

Cuanta superficie de bosque tiene _____, de pino _____ o de hoja ancha _____

Cuanta superficie tiene con uso ganadero _____

Los principales cultivos establecidos son: hortalizas _____, maíz _____, frijol _____, café con sombra _____, café sin sombra _____, frutales _____

Anexo 2. PLAN DE MANEJO: Quinquenio 2000 - 2004

1. CONSIDERACIONES GENERALES

La Microcuenca de la Quebrada " El Rincón" constituye, a la fecha, la única fuente de abastecimiento para una población estimada de 5500 personas. Aunque el caudal de agua es suficiente, incluso en temporada de sequía, para satisfacer la demanda, su calidad es pésima en términos de contaminación y arrastre de sedimentos. Durante el paso de la Tormenta Tropical "Mitch" por territorio hondureño, la descarga de agua, piedras, arboles y otros materiales por parte de esta Microcuenca, al Río Oropoli fueron de tal magnitud, que las vegas de este río otrora cubiertas con plantaciones de mango y ganadería quedaron totalmente destruidas. Incluso, el casco urbano de Oropoli se vio fuertemente amenazado.

La importancia real de esta cuenca para los pobladores locales, complementada con la fuerte degradación de la cobertura vegetal original en las porciones más altas de la misma y con sus usos de la tierra no amigables del todo con el medio, son factores que permitieron proponer un esquema de manejo para los recursos naturales de esta zona de drenaje. Se trata de un esquema sencillo y práctico, en términos de ejecución y control.

El plan de manejo permite visualizar dos grandes situaciones: Primero, el manejo de la cuenca en su totalidad y segundo, el manejo de una pequeña Microcuenca, toda ella constituida en zona de recarga dentro de la gran Microcuenca. Sobre este enfoque se prepara el siguiente esquema.

2. PLAN DE MANEJO PARA LA CUENCA EN SU TOTALIDAD

El manejo de una cuenca de 4161 ha es una empresa ardua y costosa. En esta Microcuenca prácticamente toda la zona de recarga de agua o de formación de acuíferos fue destruida. Aguas abajo, esta zona constituye el pulmón de agua esta debería ser la responsable de capturar, precipitar e infiltrar la mayor proporción de vapor de agua atmosférico transformado en precipitación horizontal u oculta o lluvia del bosque. En este sentido, el manejo deberá hacerse de las partes más altas a las más bajas de la cuenca.

2.1 Zona de recarga o de formación de acuíferos

Esta zona corresponde al ecosistema denominado bosque muy húmedo montano bajo subtropical, con una superficie de 826,24 ha. Ante la ausencia de bosque natural estable o maduro en el ecosistema, en vista también de las fuertes pendientes predominantes en el mismo, complementadas con suelos altamente erosionables, se proponen los siguientes planes concretos de acción:

2.1.1 Plan hidrológico-forestal

Desde el punto de vista hidrológico, el bosque natural estable o maduro multicstratificado debería de ser el uso mas adecuado de la tierra en la zona de recarga. Al respecto se proponen tres alternativas:

➤ Restauración total

Reconvertir todos los actuales usos de la tierra en bosque, utilizando para ello especies autóctonas aun disponibles en el área o introduciéndolas de ecosistemas similares. Las plantaciones deben establecerse siguiendo un patrón de mezcla de especies, nunca bloques puros de especies, que combine especies nómadas de rápido crecimiento con aquellas oportunistas y de temperamento esclíofito o tolerantes a la sombra.

➤ Restauración parcial

Si la restauración total no fue posible, por razones de tipo social y/o económico, debería procederse a la restauración de los bosques de galería, incluyendo las zonas de manantiales (nacimientos u ojos de agua). Tal restauración, a nivel de cauces, deberá extenderse a 100m a lado y lado de los mismos. En el caso de ojos de agua, tendrá que identificarse en el terreno el área de influencia de los mismos. Utilizar en la restauración una mezcla de especies autóctonas o exóticas adaptables a las condiciones de cada sitio. En el área, establecer cultivos como el café bajo sombra y en el caso de cultivos limpios, como las hortalizas, aplicar practicas de conservación de suelos.

➤ Continuar con el esquema actual de uso de la tierra

Si no fuese posible implementar ninguna de las actividades precedentes, la zona de recarga continuara experimentando los efectos de los actuales esquemas de uso de la tierra. Bajo tales condiciones los problemas aguas abajo, a nivel de usuarios, serán cada vez mayores en términos de inundaciones y calidad de agua.

2.1.2 Plan de control de torrentes y estabilización de cauces

Los deslizamientos masivos de terreno y las elevadas tasas de erosión en la zona de recarga son realmente impresionantes. Finalmente, los cauces de las Quebradas y ríos son los responsables de transportar aguas abajo estas inmensas cargas de sedimentos. Para reducir el impacto de esta sobrecarga se propone la construcción de muros de piedra a distancias determinadas, dependiendo de la pendiente hidráulica del cauce, que permita el control de torrentes y la estabilización de cauces.

2.1.3 Plan de estabilización de zonas bajo deslizamientos

Para aquellas áreas que sufrieron desplazamientos de terreno se propone los siguientes tratamientos al suelo:

➤ Eliminación de sobrepeso en los bordes de los deslizamientos

Cortar todos los árboles grandes que se encuentran en las orillas de los deslizamientos para reducir presión sobre los mismos.

➤ Obras mecánicas

Construir obras físicas a base de piedra o madera o una combinación de ambos para evitar que continúen los desplazamientos. El emplazamiento de las obras deberá tratar de seguir las curvas a nivel.

➤ Barreras vivas

Establecer barreras vivas en base a Valeriana, bambú u otra especie vegetal de raíz profunda entre las obras mecánicas, siguiendo las curvas a nivel.

2.1.4 Plan de educación y capacitación

Iniciar de inmediato un programa de educación ambiental que incorpore los aspectos hidrológicos y la importancia de la cobertura forestal en estado maduro para la producción de agua en sitios influenciados permanente o temporalmente por nubes y/o neblinas.

Utilizar una metodología participativa que busque y logre la integración de los usuarios de los terrenos en la parte alta de la cuenca, con los beneficiarios en las porciones bajas de la misma. El proceso de integración deberá contemplar los recursos agua, suelo y la contaminación.

Capacitar a los líderes de las comunidades locales en los aspectos de restauración, control de torrentes y manejo de recursos en cuencas hidrográficas.

2.2 Plan de manejo para el resto de la cuenca

2.2.1 Plan hidrológico – forestal

En la mayor parte de la porción de esta cuenca el bosque ejerce principalmente funciones de regulación del agua lluvia. No obstante, por distorsiones locales del patrón de vientos se presentan pequeñas zonas de recarga, cuya destrucción de la cubierta vegetal es evidente. Fundamentado en estos supuestos se propone el siguiente esquema de manejo:

➤ Restauración de las mini-zonas de recarga

Sería recomendable proceder a restaurar estas pequeñas zonas de recarga, siguiendo la técnica descrita para restauración parcial en el apartado 2.1.1.

➤ Bosques SABO

Para restaurar las riberas de las Quebradas, se recomienda establecer bosques sabo a lo largo de los márgenes. Estos bosques que, deben localizarse desde las partes altas hacia las bajas, se instala con el fin de prevenir y mitigar los daños causados por inundaciones y

sedimentos. Para su establecimiento se deben utilizar varias especies de bambú, a esparcimientos cortos. A orillas del río Oropolí se pueden mezclar los bambú con sauce e higo-*ficus insípida*.

2.2.2 Plan forestal

El presenta plan es valido para los bosques de *Pinus caribaeae*.

➤ Protección contra incendios

Diseñar un plan de quemas controladas y una red de contrafuegos muertos con el propósito de reducir el efecto de los incendios forestales e incrementar la regeneración natural. Ello permitirá a largo plazo, mejorar la cobertura de copas y reducir las fuertes tasas de erosión en los sitios cubiertos con pinares nativos.

Constituir brigadas de prevención y combate de incendios.

➤ Protección contra cortes clandestinos de madera

Crear mecanismos de control que permiten reducir el corte ilegal de arboles, en beneficio de una mayor cubierta vegetal.

2.2.3 Plan de uso de la tierra

Implementar prácticas de conservación de suelos que estabilicen y mejoren el suelo, tales como: terrazas, barreras vivas, abonos verdes, cultivo en contornos.

Introducir e implementar otros modelos de control de plagas y enfermedades para reducir el impacto de la contaminación.

Eliminar si es posible, los cultivos establecidos en las riberas de la pequeñas Quebradas. La escala de estos cultivos en términos de área es reducida pero su impacto por contaminación es demasiado alto.

2.2.4 Plan de educación y capacitación

Tomar como referencia el apartado 2.1.4

2.2.5 Plan de investigación

Esta cuenca no sólo es importante para el abastecimiento de agua potable, si no que tiene un alto potencial, debido a su caudal, para riego a nivel del valle de Oropolí. En este sentido, deberá investigarse:

➤ Caudal en la parte baja, antes de la descarga de agua al Río Oropolí

Calidad de agua para consumo humano

➤ Volumen o carga de sedimentos

3. Plan de investigación

Esta pequeña zona de recarga está enclavada en la margen izquierda de la Quebrada Quebra Botija, a la altura de los 850, vista la cuenca de abajo hacia arriba. Aledaña a esta pequeña Microcuenca por su porción izquierda existe una serie de chagüites o nacimientos de agua. Todo este complejo deberá ser considerado a futuro como fuente potencial de agua potable para el casco urbano de Oropoli y comunidades adyacentes.

Si esta reducida porción de la cuenca es manejada con criterios hidrológicos, Oropoli podría disponer de agua potable de excelente calidad. Esto puede afirmarse porque esta zona estaría fuera de la influencia de pesticida y su tamaño es manejable a un bajo costo y toda la conducción de agua sería por gravedad a un tanque de almacenamiento que debería localizarse en la parte alta del casco urbano.

Con tales antecedentes, se propone el siguiente esquema de manejo:

3.1 Plan de investigación

Es menester, a la mayor brevedad posible, proceder a:

- Levantar un mapa, topográfico, a esta mini-zona de recarga y nacimientos aledaños.
- Determina de caudales
- Determina calidad de agua
- Evaluar condiciones hidrológicas de la zona
- Realizar un estudio de prefactibilidad del proyecto.
- En caso de viabilidad del proyecto, produce la búsqueda de financiamiento

3.2 Plan legal

Si el caudal es deficiente durante la época de sequía para abastecer la demanda aguas abajo, se deben realizar todos los tramites legales para lograr declarar la Microcuenca como zona de reserva para la producción de agua potable.

3.1 Plan hidrológico forestal

Si la zona es elegida como fuente de agua potable se debe proceder de inmediato a :

- La restauración de los bosques de galería, incluyendo los nacimientos de la pequeña Quebrada
- La restauración de bosques con una mezcla de especies latifoliadas, en el área de nacimiento de agua o chagüites aledaños a la Microcuenca
- Incrementar la superficie de área foliar en el resto de la Microcuenca y actualmente cubierto con *pinus caribaea*

3.2 Plan de uso de la tierra

Eliminar por completo el actual uso de la tierra en las riveras del cauce de esta pequeña Quebrada.

3.3 Plan de administración

Conformar un equipo constituido por un número mínimo de personas, que sea responsable de darle seguimiento a los planes anteriores y al manejo futuro de la zona.