

POTENCIAL HIDRICO DE LA MICROCUENCA
DE LA QUEBRADA SANTA INES

P O R

Brenda Yanira Garcia Ramos

TESIS

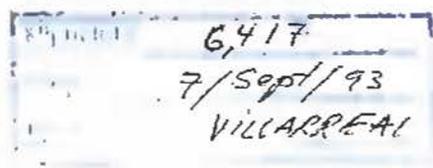
PRESENTADA A LA

ESCUELA AGRICOLA PANAMERICANA

COMO REQUISITO PREVIO A LA OBTENCION

DEL TITULO DE

INGENIERO AGRONOMO



BIBLIOTECA WILSON POPENOE
ESCUELA AGRICOLA PANAMERICANA
APARTADO 22
TEGUCIGALPA HONDURAS

EL ZAMORANO, HONDURAS

Abril, 1993

POTENCIAL HIDRICO DE LA MICROCUENCA
DE LA QUEBRADA SANTA INES

Por

Brenda Yanira García Ramos

El autor concede a la Escuela Agrícola Panamericana permiso para reproducir y distribuir copia de este trabajo para los usos que considere necesarios. Para otras personas y otros fines, se reservan los derechos de autor.



Brenda Yanira García R.

DEDICATORIA

A Dios Nuestro Señor, fuente divina de fortaleza y perseverancia, que me ha motivado a seguir siempre hacia adelante.

A mi país Honduras, esperando que este esfuerzo sea utilizado en beneficio de sus recursos naturales.

A mi familia, que siempre ha estado conmigo, acompañándome en cada paso del camino.

A mis amigos, porque representan un ejemplo de esfuerzo y superación.

A mis maestros, sin cuyas enseñanzas, no estaría finalizando esta etapa de mi vida.

A Rodolfo y a mi pequeño Ralph, por el cariño y la compañía compartidas.

AGRADECIMIENTOS

A la Escuela Agrícola Panamericana, por haber hecho posible la continuación de mis estudios a nivel superior y por las enseñanzas brindadas a lo largo de todos estos años.

Al Proyecto EAP/República Federal de Alemania y, en especial, al Dr. Alonso Moreno Díaz, por otorgar parte del financiamiento para mis estudios de Ingeniería Agronómica, en la modalidad estudio-trabajo.

A la Sección Forestal, del Departamento de Recursos Naturales y Conservación Biológica de la EAP, por asumir la responsabilidad técnica y económica de los levantamientos de campo que demandó la presente investigación.

A los Sres. José Manuel Rosales y Justo Emilio Cabrera, por su considerable aporte en los estudios geológico-edáficos y de evaluación socioeconómica, respectivamente.

Al Ing. José Francisco Abarca, Hidrólogo, por su asesoría en los aspectos hidrológicos de la microcuenca.

Al Sr. Miguel A. Velásquez, por su decidido apoyo en la parte cartográfica del estudio.

Al Dr. Leonardo Corral por su considerable esfuerzo en pro de mi ingreso al Programa de Ingeniería Agronómica.

Al Dr. Juan Carlos Rosas porque siempre estuvo dispuesto a colaborar conmigo para culminar esta etapa de mi vida.

A la Ing. Aracely Castro por su tiempo y colaboración en la reproducción final del documento.

A Alejandrina Carrasco, por su amistad y apoyo.

A Rodolfo Pérez Jaggi por su motivación permanente.

TABLA DE CONTENIDO

Título. i
Derecho de autor.	ii
Dedicatoriaiii
Agradecimientos	iv
Tabla de contenido.v
Indice de cuadros	vi
Indice de figurasvii
Indice de anexos.	viii
I. INTRODUCCION	1
II. REVISION DE LITERATURA	4
A. Conceptos de cuenca hidrográfrica, manejo y ordenación de cuencas.	4
1. Concepto de cuenca u hoya hidrográfrica	4
2. Concepto de manejo y ordenación de cuencas hidrográficas	6
B. Criterios para intervenir o manejar una cuenca hidrográfrica	8
C. Manejo de cuencas hidrográficas y el uso de la tierra	10
D. El manejo de cuencas a nivel centroamericano	12
III. MATERIALES Y METODOS	16
A. Descripción de la zona de estudio	16
1. Aspectos políticos	16
a. Ubicación geográfica	16
b. Límites	16
c. Tenencia y uso de la tierra	16
d. Reseña histórica de la zona	18
2. Aspectos Físicos	19
a. Superficie	19
b. Altitud	19
c. Relieve	19
d. Clima	20
e. Ecología	23
f. Vegetación	24
g. Geología y suelos	24
h. Hidrología	25
3. Aspectos socioeconómicos	25

B. Metodología de levantamiento	26
1. Mapa topográfico, escala 1:5,000	26
2. Levantamiento de cauces con flujo de agua permanente y temporal	27
3. Delimitación del uso actual de la tierra	28
4. Estudio de flora	29
5. Mapa ecológico de zonas de vida	29
6. Mapa de geología y suelos	30
7. Aforo de caudales	31
8. Encuesta socioeconómica	33
9. Características morfométricas de la microcuenca	33
a. Tamaño	33
b. Forma	34
c. Elevación media	34
d. Pendiente	35
e. Drenaje	36
C. Metodología de evaluación	36
1. Delimitación de una Reserva Biológica para la microcuenca	37
2. Conflictos en el uso de la tierra	37
3. Determinación de caudales	38
4. Procesamiento de datos	39
IV. RESULTADOS	40
A. Mapa topográfico y de cauces con flujo de agua permanente y temporal	40
B. Zonas de vida y vegetación natural	40
C. Geología y suelos	47
D. Uso actual de la tierra	51
E. Conflictos en el uso de la tierra	52
F. Características morfométricas de la microcuenca	55
1. Tamaño	55
2. Forma	55
3. Elevación	55
4. Pendiente	56
5. Drenaje	56
G. Caudal y calidad química del agua	57
1. Caudal	57
2. Calidad química del agua	60
H. Aspectos socioeconómicos	60
I. Reserva Biológica	62
V. DISCUSION	64
A. Limitaciones de tipo informativo y de infraestructura	64
1. Limitaciones de tipo informativo	64
2. Limitaciones de infraestructura	65
B. Influencia del uso actual de la tierra, en la producción, regulación y calidad del agua	66
1. Influencia general del uso actual de la tierra	66

INDICE DE CUADROS

Cuadro No.		Página
1	Especies forestales más abundantes y frecuentes, en el bosque húmedo subtropical, de la microcuenca de la Quebrada Santa Inés.	44
2.	Especies forestales más abundantes y frecuentes, en el bosque húmedo montano bajo subtropical, de la microcuenca de la Quebrada Santa Inés.	45
3	Especies forestales más abundantes y frecuentes, en el bosque muy húmedo montano bajo subtropical, de la microcuenca de la Quebradada Santa Inés.	46
4	Distribución por área y porcentual de los usos de la tierra, en la microcuenca de la Quebrada Santa Inés.	52
5	Caudales de la Quebrada Santa Inés, durante nueve meses de aforo.	58
6	Dureza, conductividad eléctrica, contenidos de sodio e hierro y pH, para el agua de la Quebrada Santa Inés.	60
7	Uso actual de la tierra, tipo de cultivo, insumos utilizados y actividad socioeconómica, para cinco sitios de la microcuenca de La Quebrada Santa Inés.	61

INDICE DE FIGURAS

Figura No.		Página
1	Ubicación de la zona de estudio en la República de Honduras.	17
2	Mapa de pendientes de la microcuenca de la Quebrada Santa Inés.	21
3	Climadiagrama del Valle de El Zamorano, según Walter y Lieth (1960)	22
4	Vista aérea y transversal de la estación de aforo en la Quebrada Santa Inés.	32
5	Mapa topográfico de la microcuenca de la Quebrada Santa Inés.	41
6	Red de drenaje de la microcuenca de la Quebrada Santa Inés.	42
7	Mapa ecológico de zonas de vida, de la microcuenca de la Quebrada Santa Inés.	43
8	Mapa de geología y suelos, de la microcuenca de la Quebrada Santa Inés.	48
9	Mapa de uso actual de la tierra, de la microcuenca de la Quebrada Santa Inés.	53
10	Mapa de conflictos en el uso de la tierra, en la microcuenca de la Quebrada Santa Inés.	54
11	Curva Hipsométrica de la Quebrada Santa Inés.	56
12	Hidrograma de la Quebrada Santa Inés	59
13	Curva de calibración de caudales medios de la Quebrada Santa Inés, para el período de Junio 92 - Febrero 93.	59

INDICE DE ANEXOS

Cuadro No.		Página
1	Cambios en el uso de la tierra en América Central, entre 1960 - 1980.	83
2	Drenaje superficial en América Central	84
3	Precipitación promedio (mm) mensual y anual, de la Estación El Zamorano, para 45 años.	85
4	Temperaturas promedio (°C) mensual y anual, de la Estación El Zamorano, para 25 años.	86
5	Temperaturas máximas promedio (°C) mensual y anual, de la Estación El Zamorano, para 20 años.	87
6	Temperaturas mínimas promedio (°C) mensual y anual, de la Estación El Zamorano, para 20 años.	88
7	Precipitación promedio (mm) mensual y anual, de la Estación Güinope, para 17 años.	89
8	Mediciones de caudales en la estación Santa Inés (Estudio Tecnológico).	90
9	Formato para el levantamiento de la encuesta socioeconómica.	91
10	Descripción de un perfil de los suelos Inceptisoles-Tropepts	92
11	Análisis físico-químico de los suelos Inceptisoles- Tropepts	93
12	Descripción de un perfil de los suelos Entisoles-Orthents	94
13	Análisis físico-químico de los suelos Entisoles-Orthents	95

INTRODUCCION

En muchos países de América Latina el uso de los recursos naturales renovables enfrenta situaciones de conflicto, por no haberse encontrado un equilibrio entre el desarrollo y la conservación del medio. Tal estado de cosas se refleja en un creciente deterioro del suelo, vegetación, agua y, consecuentemente, del nivel de vida de los habitantes de este amplio cinturón geográfico.

En los últimos años, en un esfuerzo por alcanzar una gestión apropiada de los recursos naturales y, al mismo tiempo, aumentar la producción y el nivel de vida, se han desarrollado los lineamientos básicos para incentivar el desarrollo sustentable a través del manejo de cuencas hidrográficas. Sin embargo, dicho manejo, a nivel centroamericano, ha tenido poco impacto en los recursos hídricos de la región, ya que enfrenta una fuerte problemática relacionada con factores políticos, institucionales, técnicos y financieros.

De ahí, entonces, que a pesar de la creación del Proyecto Regional de Manejo de Cuencas, todavía no se cuenta con una cuenca adecuadamente manejada, que sirva de modelo a nivel del istmo. En el caso específico de Honduras, la situación del manejo de cuencas es verdaderamente crítica, como se puede constatar en las hoyas de los Ríos Choluteca, en la zona Sur,

Cangrejal, en la Costa Atlántica, Humuya y Sulaco que abastecen la presa de El Cajón y aquellos responsables de alimentar el espejo del Lago de Yojoa. Ante hechos tan contundentes y en vista de que las microcuencas del Cerro Uyuca, constituyen un caso especial en el manejo de cuencas, ya que casi toda la producción de agua se obtiene a través del proceso de infiltración, se optó por utilizar como unidad de estudio la microcuenca de la Quebrada Santa Inés, la que se caracteriza por formar afluentes superficiales. Este hecho, se complementa con la importancia del área para la Escuela Agrícola Panamericana (EAP), como fuente de abastecimiento de agua para riego. Por otra parte, la institución ya tiene títulos de propiedad de casi el 50 por ciento de las tierras, en la parte baja, y está en proceso de adquirir más terrenos en la zona de recarga de agua.

Condiciones como las que anteceden, son particularmente apropiadas para iniciar el desarrollo de un modelo de manejo de cuencas, el que debiera tener carácter demostrativo a nivel de la región.

Con esta base, el presente trabajo pretendió alcanzar los siguientes objetivos:

1. Caracterizar en términos biofísicos y socioeconómicos la microcuenca de la Quebrada Santa Inés, como punto de partida para el diseño de un modelo de manejo de cuencas.

2. Evaluar el estado actual de la cobertura vegetal, suelos, uso de la tierra y potencial hídrico de la microhoya.
3. Identificar la problemática del uso actual de la tierra, con el objeto de dar recomendaciones al respecto.

II. REVISION DE LITERATURA

A. Conceptos de cuenca hidrográfica, manejo y ordenación de cuencas.

1. Concepto de cuenca u hoya hidrográfica

De acuerdo con la literatura referente a hidrología y manejo de cuencas, existe cierta desaveniencia en cuanto al significado de los términos cuenca y ordenación y manejo de las mismas. Metodológicamente, es conveniente establecer un marco conceptual sobre los términos y aspectos que se pretenden analizar en este trabajo.

Seminario (1985), define cuenca como el área en que converge el agua de precipitación para formar un curso principal. Rosales ¹ también concuerda mencionando que, "cuenca es una área geográfica donde todas las aguas drenan hacia un cauce común. Sin embargo, Agudelo ² proporciona una versión más amplia: " Una cuenca u hoya hidrográfica es un

¹/ ROSALES, J.M. 1993. Consideraciones sobre cuencas hidrográficas. Escuela Agrícola Panamericana. El Zamorano, Hond. (Comunicación personal)

²/ AGUDELO, N. 1991. Consideraciones generales sobre cuencas hidrográficas. Escuela Agrícola Panamericana. El Zamorano, Hond. (Comunicación Personal)

área de drenaje natural, que capta todas las aguas que caen sobre la misma; éstas aguas convergen normalmente a pequeños tributarios, quebradas o ríos".

Para Aguilar (1992), el concepto de cuenca hidrográfica se ha enfocado desde un punto de vista fisiográfico, lo que conlleva a concepciones erróneas respecto a su significado.

Según Mazuera (1980), cuenca hidrográfica es un sistema que emite y recibe acciones dentro del contexto de tres subsistemas: económico, social y biofísico.

Ahora bien, la cuenca vertiente o vertiente hidrográfica es una división territorial que combina las características de la cuenca, con las divisiones político-administrativas. Por lo general, el espacio es muy amplio, no permitiendo un nivel de detalle o precisión adecuados, para lograr planes de manejo concretos (Blair, 1988).

Desde un punto de vista integral podría definirse una cuenca como un sistema ecológico completo, integrado por varios componentes, incluyendo al hombre, los cuales interactúan, se influyen unos a otros y presenta un equilibrio dinámico (Aguilar, 1992).

En resumen, una cuenca hidrográfica se refiere al área drenada por un río, arroyo, quebrada ó curso de agua. En ella existen diferentes ecosistemas, naturales y artificiales, los cuales interaccionan generando actividades de producción, tendientes a mejorar la calidad de vida del hombre (Seminario, 1985).

2. Concepto de manejo y ordenación de cuencas hidrográficas

Con respecto al concepto de manejo de cuencas, se puede decir que éste comenzó a usarse en 1940 (Red Latinoamericana de Cooperación Técnica en Manejo de Cuencas Hidrográficas, s.f.) y enfatiza la planificación del recurso hídrico. Tal manejo se puede definir como : "El arte y la ciencia que maneja los recursos naturales de una cuenca, con el propósito de controlar la producción de agua en calidad, cantidad y tiempo de ocurrencia".

Si, por el contrario, el énfasis en el manejo de cuencas es el uso de la tierra, éste se define como: " El conjunto de técnicas aplicadas para el análisis, protección, rehabilitación, conservación y uso de las tierras de las cuencas hidrográficas, con el fin de controlar y conservar el recurso agua que proviene de las mismas" (Seminario, 1985).

Finalmente, una de las definiciones más recientes, es aquella que recalca la acción del hombre en el manejo de cuencas (Oyuela, 1992). Desde este punto de vista, dicho manejo se refiere a: " La gestión que el hombre realiza, a nivel de cuenca, para aprovechar y proteger los recursos naturales con el propósito de obtener una producción de agua, óptima y sostenida (Bauer, 1988). En realidad, este último concepto es el más integrador de los anteriores, ya que toma en cuenta al ser humano como elemento transformador y alterador del sistema. Además, en los enfoques anteriormente

expuestos, se está tratando de conciliar el desarrollo productivo con la conservación del medio natural, llevando a cabo acciones integradas en el manejo de cuencas (Red Latinoamericana de Cooperación Técnica en Manejo de Cuencas Hidrográficas, s.f.).

En lo que concierne a ordenación de cuencas, la FAO (1958) menciona que ésta se refiere a poner en práctica un plan concreto de actividades, con vistas a alcanzar objetivos predeterminados.

Según Bauer (1990), la ordenación de cuencas hidrográficas es un tipo de conservación de suelos, mientras que para Rosales 1/ es el acomodamiento de información de un área geofísica con el objeto de manejar adecuadamente los recursos presentes, entre ellos el hombre.

Ahora bien, para Mazuera (1980) la planificación de una cuenca hidrográfica ha evolucionado como respuesta a la necesidad de equilibrio entre los valores ambientales y los de desarrollo.

A manera de síntesis, el manejo de cuencas se refiere a ordenación y planificación del uso de los recursos naturales de un área de drenaje, para proteger, mantener o mejorar el rendimiento del agua, con el objeto de proporcionar de una manera sostenible, bienes y servicios a la población que se beneficia del recurso (Red Latinoamericana de Cooperación Técnica en Cuencas Hidrográficas, s.f.).

De acuerdo con este concepto es importante no olvidar que una cuenca puede dividirse en áreas menores, llamadas subcuencas o microcuencas, que tienen límites visuales, únicos y fáciles de detectar (Mojica, 1975). Para Faustino (1986), la existencia de éstas subdivisiones constituyen los pilares fundamentales del manejo de cuencas, porque ése es el punto de partida para todas las actividades orientadas a ordenar el recurso .

B. Criterios para intervenir o manejar una cuenca hidrográfica

Según Holy (1974), antes de proceder a intervenir o manejar una cuenca es necesario estudiar las condiciones que conducen a tomar dicha acción. Un adecuado manejo de una cuenca hidrográfica se fundamenta en un sólido conocimiento de sus características hidrológicas (FAO, 1958).

La ordenación o el manejo de cuencas parece una tarea descomunal, pero se basa en un principio sencillo: Toda cuenca está compuesta de minicuenas, por lo que una vez definido el plan de acción global, el trabajo se emprende a una escala menor, minicuenca tras minicuenca, hasta lograr el ordenamiento de la cuenca principal (Colombia, 1986).

Sin embargo, Abarca et al (1988) convienen en determinar que con el objeto de poner en práctica un plan de manejo, es necesario establecer un orden de prioridad de las subcuencas,

dentro de la cuenca mayor, y, después de una evaluación, determinar valores que permitan plantear un orden de prioridad.

La Comisión Nacional para el Manejo de Cuencas de Honduras (CONAMICH) (1989), establece que para diseñar un plan de manejo se deben tener en cuenta los problemas que presente el área, los cuales pueden enmarcarse en áreas temáticas diferentes, según sea la cuenca.

Según Mojica (1978), manejar una cuenca significa poner en práctica un plan concreto de actividades con el fin de obtener metas definidas. Muchas veces la obtención de algunos de éstos objetivos significa situaciones conflictivas en cuanto al uso del recurso.

El agua, los bosques, los terrenos aptos para agricultura y las posibilidades energéticas, también deben integrarse a los programas de manejo. Para lograr resultados efectivos, en una tarea tan amplia, se requiere un equipo interdisciplinario que abarque temas tan diversos como generación de energía hidroeléctrica, técnicas forestales y manejo comunitario (Colombia, INDERENA, 1986).

Para Mojica (1975), éste último punto es vital y está relacionado con el componente socioeconómico de la cuenca. Cualquier proyecto de desarrollo y manejo integral de una cuenca está condenado al fracaso, sino son involucrados sus habitantes. La capacitación permite que los usuarios de tierra se enteren del peligro que representa la pérdida de los

valiosos recursos naturales y las ventajas que supone evitarla.

Se puede concluir, entonces, que para manejar una cuenca es necesario un conocimiento profundo de sus características geofísicas y bióticas y el establecimiento de un orden de prioridades.

C. Manejo de cuencas hidrográficas y el uso de la tierra

El verdadero manejo u ordenación de una cuenca determinada implica el correcto uso de sus tierras. De ahí, entonces, que Zavaleta (1988), citado por Mendieta (1992), indique que la planificación del uso de la tierra es un proceso mediante el cual se pretende determinar usos óptimos de la tierra, en términos de sus requerimientos y cualidades, con relación a las inquietudes y necesidades de la población.

Ahora bien, Contreras (1988), mencionado también por Mendieta (1992), señala que el trabajo de planificación y manejo del uso de la tierra en una hoya hidrográfica, permite garantizar adecuada cobertura vegetal y regulación eficiente del ciclo hidrológico.

Por su parte, Faustino (1986) menciona que uno de los aspectos involucrados en el manejo de las cuencas es un programa de conservación de suelos y agua, el cual debe conllevar sus respectivas estrategias de desarrollo integral, para tratar de solucionar problemas que plantea el uso de la

tierra y el agua, tomando en cuenta la interacción del uso de éstos con otros recursos presentes.

De lo expuesto anteriormente, se deduce que el uso y la tenencia de la tierra son factores determinantes en el manejo de cuencas. De hecho, el uso de la tierra afecta la magnitud de las pérdidas y acentúa el deterioro de los procesos del ciclo del agua (FAO, 1962). Al respecto y a nivel de la región centroamericana, Leonard (1986) da a conocer que tanto la tierra como los recursos naturales están desigualmente distribuidos. En ésta misma región, se pueden verificar cambios dramáticos en el uso de la tierra, en donde la cantidad de ésta destinada a actividades agropecuarias, aumentó en forma drástica entre 1960 y 1980, mientras que el área bajo bosques disminuyó de manera significativa (Anexo 1) (Leonard, 1986). En estos momentos, la tasa anual de deforestación en el istmo es del orden de las 420,000 hectáreas (Bermudez et al, 1992). Las consecuencias de la destrucción de este recurso, aunque no han sido cuantificadas en términos económicos, si dejan entrever situaciones difíciles en los aspectos de estabilidad política, nivel social y deterioro del ambiente. En cuanto a manejo de aguas y suelos, en terrenos de cuencas hidrográficas, una apropiada cobertura vegetal es simplemente esencial para garantizar normalidad en el régimen hídrico (Abarca et al, 1988; FAO, 1962; Gutiérrez, 1988; Mojica, 1975).

De lo documentado se concluye que tanto la tenencia como el uso de la tierra son las variables más importantes a considerar en el manejo de cuencas, máxime en una región como la de centroamérica, en donde una dominante estructura agraria de minifundio, es responsable de una grave problemática de uso de la tierra a nivel de hoyas hidrográficas (Mojica, 1978).

D. El manejo de cuencas a nivel centroamericano

Las condiciones hidrológicas de gran parte de América Central varían de acuerdo a tres regiones fisiográficas: las cuencas del Caribe, las áreas de mesetas altas centrales y montañas y las cuencas del Pacífico (Leonard, 1986).

Los datos que se presentan en el Anexo 2, indican que el 70 por ciento del área de América Central drena hacia el Caribe (Leonard, 1986). Consecuentemente, la mayoría de los ríos más largos, con las cuencas hidrográficas más grandes, escurren al Oriente de la divisoria continental, con la excepción del río Usumacinta, que fluye desde el Norte de Guatemala hacia México y finalmente desemboca en el Golfo de México. Los cinco sistemas fluviales más grandes de América Central (medidos por el área de la cuenca), todos drenan a la región de la Mosquitia, en el Oriente de Honduras y Nicaragua (Leonard, 1986).

Muchas cuencas de Centroamérica tienen terrenos abruptos y son de corta extensión, especialmente en la vertiente del

Pacífico (Leonard, 1986). Los procesos geológicos en algunas zonas de la región han originado cuencas altamente fragmentadas y con fuertes pendientes (International participation for forestry development in Honduras, 1988).

Según Campanella et al (1982), casi todas las cuencas grandes de la región están sufriendo una drástica remoción de la cobertura vegetal que trae en consecuencia la erosión, con la cual se altera el ciclo hidrológico y se contribuye, en gran medida, con altas cargas de sedimentos a ríos y corrientes de agua. Este fenómeno está asociado íntimamente con una alta densidad de población en las partes altas de las hoyas hidrográficas (International participation for forestry development in Honduras, 1988).

Según Tschinkel (1978), la utilización inapropiada y destructiva de la tierra en las cuencas de zonas montañosas, constituye un serio problema para el desarrollo rural en toda América Central. Los valles fértiles y accesibles están ya ocupados y los campesinos se ven forzados a establecerse en las montañas. Laderas escarpadas son deforestadas para cultivos migratorios y pastos extensivos. Esta situación inestable es particularmente peligrosa en áreas montañosas frecuentadas por huracanes, tales como la Costa Norte de Honduras donde el Huracán Fifi, en 1974, ocasionó catastróficas inundaciones y deslizamientos de tierra (Honduras, SECPLAN, 1989).

Ahora bien, al pretender lograr una explotación racional de los recursos hídricos de América Central, ésta va a depender de las iniciativas para proteger las cuencas de la región, especialmente aquellas de los bosques montanos y nubosos, de las partes altas, con pendientes abruptas y de nacimientos de agua.

Por otra parte, en Centroamérica durante los últimos años se ha venido enfatizando las consecuencias que conlleva la eliminación de la cobertura y la mala utilización de los recursos agua y suelo en las cuencas hidrográficas (Mojica, 1978). Como resultado de ello, Aguilar (1992) manifiesta que los países del área ya han comprendido la importancia del concepto de cuenca hidrográfica en la planificación del desarrollo y han iniciado reformas administrativas y de regionalización. En este sentido, cada país cuenta con disposiciones legales sobre la protección y manejo de las cuencas, así como de instituciones encargadas del tema (Taller internacional sobre evaluación de programas y proyectos de manejo de cuencas hidrográficas en relación al Programa de Acción Forestal de los Trópicos, 1991).

Ante la problemática del manejo de cuencas en el Istmo y con una base conceptual desarrollada, en la década de los ochenta se creó el Proyecto Regional de Manejo de Cuencas (PMRC-CATIE), cuyo objetivo principal era mejorar la capacidad institucional para el manejo de los recursos naturales de las cuencas hidrográficas de la región (Losilla y Blair, 1988).

No debe dudarse que el Proyecto ha tenido sus logros; tampoco se pueden ignorar los esfuerzos técnicos y económicos que los países han hecho en beneficio del manejo de cuencas y microcuencas localizadas. A pesar todo ello y a sabiendas de que todos los territorios tienen metodologías de priorización de cuencas, en ningún caso, exceptuando Guatemala, se están ejecutando programas o planes de manejos efectivos en el campo (Taller internacional sobre evaluación de programas y proyectos de manejo de cuencas 1992). En Honduras la situación sigue la misma tendencia, existen muchos planes formulados pero ninguno implementado (Honduras, SECPLAN, 1989). Las causas que han propiciado esta situación son variadas, pero entre las principales se cuentan: los aspectos políticos, la ineficiencia de las instituciones responsables de la ejecución, carencia de personal calificado y la falta de apoyo financiero a dichos proyectos (Taller Internacional sobre evaluación de proyectos de manejo de cuencas, 1992).

III. MATERIALES Y METODOS

A. Descripción de la zona de estudio

1. Aspectos políticos

a. Ubicación geográfica

Geográficamente el área está localizada entre los 13° 56' 11" y 13° 58' 40" N y entre los 86° 54' 26" y 86° 58' 16" W, Honduras, Centro América.

Desde el punto de vista político, la zona pertenece a los Departamentos de Francisco Morazán y El Paraíso (Fig.1).

b. Límites

La zona limita al Norte con terrenos de la microcuenca de la Quebrada El Horno y la Montaña La Llorona; al Sur con tierras de la Quebrada La Jagua; al Este con las Montañas La Llorona y Granadillas y al Oeste con el Valle de El Zamorano.

c. Tenencia y uso de la tierra

Reconocimientos extensivos de campo muestran la siguiente panorámica: un poco más del 50 por ciento de las tierras de la microcuenca están cubiertos con pinares nativos jóvenes. En algunos de estos terrenos se tiene pastoreo con ganado vacuno.



Figura 1. Ubicación de la zona de estudio en la República de Honduras

En casi toda el área de pino, la tenencia de la tierra es de tipo ejidal.

En la porciones más elevadas de la zona, en dónde las condiciones climáticas y edáficas son mejores, la cubierta vegetal original fué removida casi en su totalidad. Hoy día, sólo quedan reducidos manchones de bosque latifoliado nublado en estado maduro. El uso predominante de la tierra son los cultivos agrícolas de maíz, frijol y hortalizas, en forma extensiva. La mayor parte de los habitantes de esta importante área de captación de agua, posee derechos de propiedad en proceso de legalización.

d. Reseña histórica de la zona

Entrevistas realizadas a habitantes de la zona indican que, hace más de 50 años, la apariencia física de la zona era bastante diferente a la que en la actualidad se observa. La riqueza en madera de pino era alta; incluso llegó a operar un aserradero durante más de veinte años. Todavía se observan las secuelas de dichas explotaciones.

En cuanto al bosque latifoliado, hay indicios de que su distribución comenzaba a elevaciones menores; sin embargo, la presión de la población por leña y terrenos para uso agropecuario, ha impactado de tal manera en el bosque nublado, que lo que aún permanece son remanentes del mismo en proceso de deterioro.

Intimamente asociado a este proceso destructivo se puede apreciar un desbalance en los caudales de agua, el que se manifiesta más claramente en la época de verano, además de un fuerte índice de erosión.

2. Aspectos Físicos

a. Superficie

La microcuenca se delimitó sobre la hoja cartográfica de Yuscarán, del Instituto Geográfico Nacional, a escala 1:50,000. De acuerdo con este procedimiento, la hoya tiene una superficie aproximada de 1,077.5 ha.

b. Altitud

Con base en el mapa anterior el área se extiende desde los 900 hasta los 1,775 metros sobre el nivel del mar (msnm).

c. Relieve

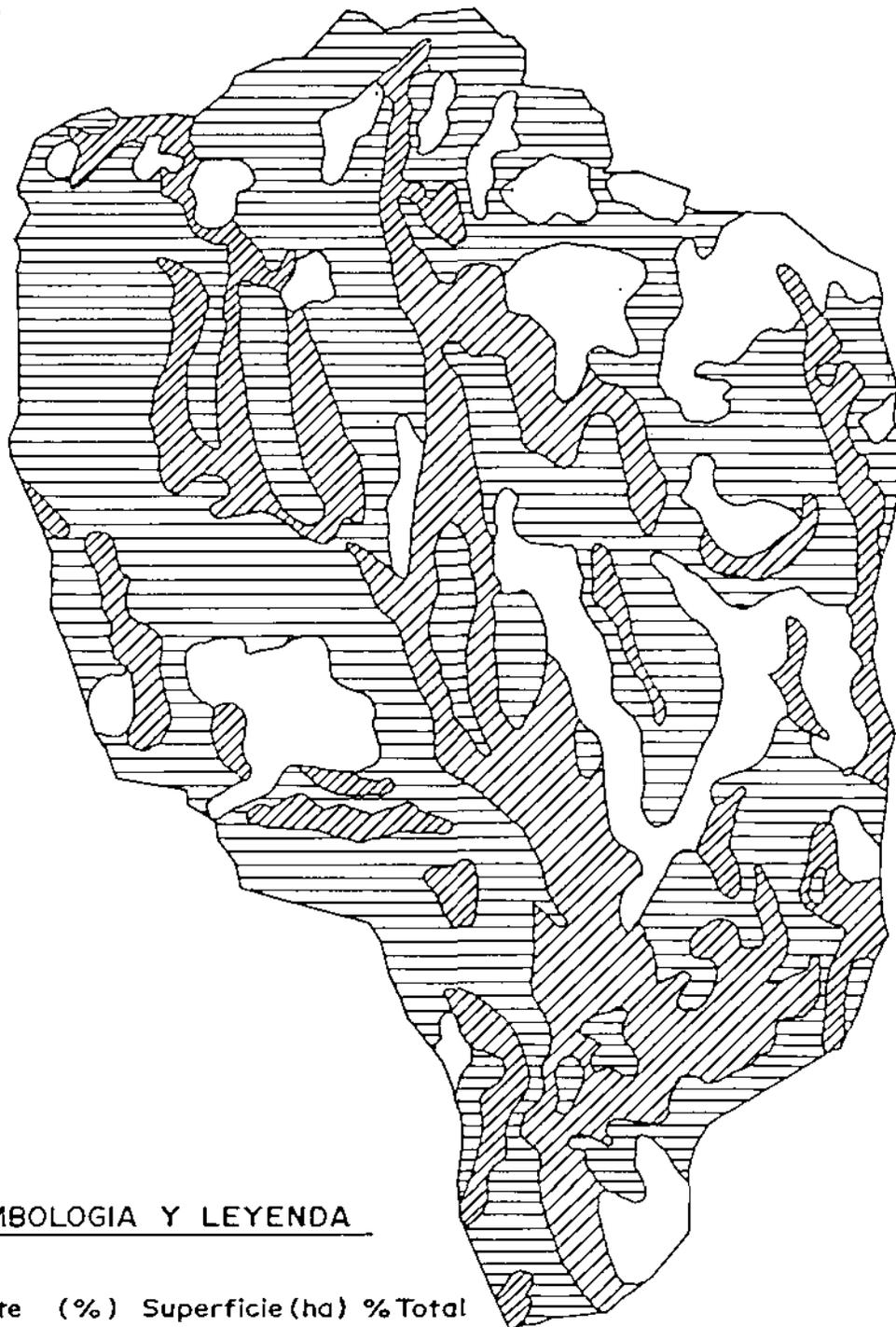
La parte superior de la microcuenca, la que está orientada de Este a Oeste, se caracteriza por ser alomada y fuertemente ondulada. Este tipo de relieve es representativo de las altiplanicies que se encuentran en la porción central y Suroeste del país, con altitudes de 900 a 2,500 msnm, como promedio.

La parte media y baja de la hoya, que también está orientada de Este a Oeste, es escarpada debido a fallas y fracturas que controlan los cursos de las corrientes que cortan el terreno. Las características precedentes de relieve se pueden apreciar en la Fig. 2.

d. Clima

Los datos de las estaciones climatológicas El Zamorano y Güinope, se utilizaron para caracterizar, en forma general, el clima de las partes bajas y media de la zona, no así el de las zonas más elevadas, que son típicas de un bosque nublado o ecosistema muy húmedo. Con base en los registros de la estación Zamorano (Anexo 3), en las porciones más bajas de la microcuenca la precipitación promedio total anual es de 933.5 mm (45 años de registro). Para 25 años de registro, la temperatura media anual es 23.2 °C, con diferencias de cuatro grados centígrados entre el mes más cálido (mayo) y el mes más frío (Enero) (Anexo 4, Figura 3). La temperatura máxima media anual es de 30.2 °C, para un período de 20 años (Anexo 5). La temperatura mínima media anual es de 16.4 °C, para 20 años de registro (Anexo 6).

De acuerdo con la estación Güinope, los terrenos de elevación media tienen una precipitación promedio total anual de 1,155.6 mm (16 años de registro), concentrados de manera notable en el período de mayo a noviembre; la estación de sequía se extiende de diciembre a abril (Anexo 7). La estación es sólo



SIMBOLOGIA Y LEYENDA

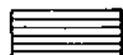
Pendiente (%) Superficie (ha) % Total



11-30

237.1

22



31-50

506.4

47



> 51

334

31

Superficie total 1077.5 100



Escala: 1:25000

Figura 2. Mapa de pendientes de la microcuenca de la Quebrada Santa Inés

El Zamorano (790 msnm) 23.2 °C 938 mm
[25 - 28]

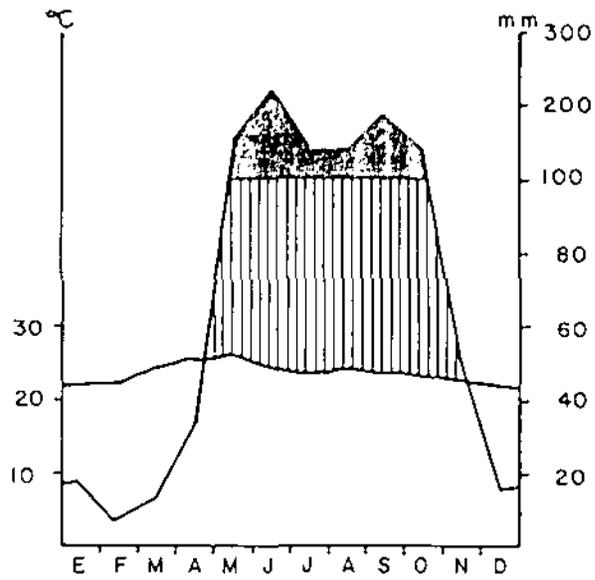


Figura 3. Climadiagrama del Zamorano Honduras.
según Walter y Lieth (1960)

pluviométrica, por lo tanto no se dispone de información sobre temperatura.

Las tierras más elevadas y frías carecen de registros climáticos. La estación más próxima es la del Cerro Uyuca, localizada a los 1,850 msnm, aproximadamente. Resultados preliminares de un estudio hidrológico, conducido en la Reserva Biológica del mismo nombre, muestran que el promedio total anual de precipitación supera los 2,000 mm (Agudelo /³)

e. Ecología

Levantamientos ecológicos hechos por Agudelo /⁴ , a finales de la década del 70, en el Departamento de Francisco Morazán, utilizando el sistema Holdridge (1987), indican la presencia de tres ecosistemas mayores o zonas de vida en el área: el bosque húmedo subtropical (bh-S), que comprende el rango de cotas entre los 900 y más o menos los 1,400 metros, el bosque húmedo montano bajo subtropical (bh- MBS), entre los 1,400 y 1,700 metros y el bosque muy húmedo montano bajo subtropical (bmh-MBS), de los 1,700 metros hacia arriba.

³/ AGUDELO, N. 1993. Determinación de la precipitación neta en el bosque latifoliado nublado del Cerro Uyuca con énfasis en la precipitación horizontal u oculta. Escuela Agrícola Panamericana, El Zamorano, Hond. (Comunicación personal)

⁴/ AGUDELO, N. 1993. Actualización del mapa ecológico de Honduras: primera etapa. Escuela Agrícola Panamericana. El Zamorano, Hond. (Comunicación personal)

f. Vegetación

Reconocimientos extensivos de la microcuenca establecen la presencia de dos grandes grupos de plantas: los pinares nativos y los bosques latifoliados. Los pinares conformando, por lo general, rodales densos se distribuyen desde los 900 hasta los 1,500 ó 1,600 metros. Dos especies de pino se encuentran presentes en el área: *Pinus occarpa*, desde los 900 hasta más o menos los 1,400 metros y *P. maximinoi*, a partir de los 1,400 metros hasta fusionarse con los remanentes de bosque latifoliado nublado. Los escasos manchones de bosque latifoliado de altura están dominados esencialmente por varias especies de *Quercus*, *Liquidambar styraciflua*, *Cornus disciflora* y varias lauráceas.

g. Geología y suelos

De acuerdo con Elvir (1974), la geología de la zona consiste básicamente de cenizas, ignimbritas, basaltos y otras rocas volcánicas afines, del Terciario.

Según el Mapa General de Suelos de la República de Honduras (Simmons y Castellanos, 1968), una sola serie de suelos se presenta en todos los terrenos de la microcuenca. Esta serie, denominada Ojojona, tiene suelos superficiales, bien drenados, con frecuentes afloramientos rocosos, localizados sobre pendientes escarpadas a altitudes superiores a los 600 metros. Los suelos de esta serie sostienen una vegetación natural de

pino (Castellanos, 1977). Estos se clasifican como Litosoles (Entisoles).

h. Hidrología

La microcuenca está formada por dos afluentes principales, la quebrada El Matahambre y la quebrada Los Anteojos.

Según datos de aforo del estudio de pre-factibilidad, realizado por Tecnoriego, en 1990 durante abril y mayo, el caudal promedio de la zona es de 60 litros por segundo (Tecnoriego, 1990) (Anexo 8).

El mismo documento asevera que las características hidrológicas de la cuenca son satisfactorias.

3. Aspectos socioeconómicos

Reconocimientos preliminares de campo muestran la presencia de varios asentamientos humanos. Probablemente exista una problemática socioeconómica en las partes más bajas de la microcuenca, donde la fertilidad natural de los suelos es relativamente baja, no así en las porciones más elevadas, donde las condiciones de clima y suelos son más favorables. De todas formas, dicha problemática será objeto de evaluación mediante una encuesta.

B. Metodología de levantamiento

1. Mapa topográfico, escala 1:5,000

Para obtener el mapa topográfico, a escala 1:5,000 del área, se utilizó el instrumento denominado restituidor fotogramétrico. El trabajo fué ejecutado en 1992, por personal técnico de la Dirección Ejecutiva del Catastro Nacional de Honduras (DEC). El levantamiento consiste en la obtención de medidas confiables de las características naturales o artificiales del terreno, a través de imágenes de fotografías aéreas.

Los materiales que se requieren para un estudio de esta naturaleza son:

- Dos fotografías aéreas con puntos de control geodésico
- Dos placas de diapositivas
- Una fotografía aérea clasificada de la zona a trabajar
- Mapas, planos, hojas cartográficas y todos los demás materiales que puedan enriquecer la información.

En forma breve, el procedimiento utilizado fué:

1. Control geodésico: Obtención de una poligonal cerrada que permite comprobar si los datos están dentro de un nivel de tolerancia establecido, de acuerdo con los rangos de las escalas con que se pretende reproducir el mapa.

2. Cálculos geodésicos: mediante procedimientos matemáticos (cálculos), se obtienen los valores de los puntos establecidos en el paso anterior: coordenadas y elevación.

3. Red de puntos: A partir del control y cálculo geodésicos se determina una red de puntos. Debe tenerse en cuenta que en fotografías aéreas se trabaja con modelos de cuatro puntos: tres puntos se utilizan para orientar el modelo, escalarlo y nivelarlo y un cuarto punto se usa para comprobar si los anteriores están en el rango de tolerancia, elevación, paralaje y escala.

4. Elaboración del mapa: se establece un orden de trabajo siguiendo el presente esquema de rotulación:

- a) se dibujan todos los detalles relacionados con agua (ríos, quebradas y afluentes menores)
- b) la planimetría, es decir, infraestructura.
- c) la topografía en sí (curvas a nivel, con espaciamientos preestablecidos).
- d) Bosques, finalmente.

Debe recalcar que en la etapa cuatro el mapa ya tiene una escala determinada.

2. Levantamiento de cauces con flujo de agua permanente y temporal

Sobre el terreno, se hizo un levantamiento de cauces, tanto de aquellos con flujo de agua permanente como temporal. Esta

actividad se inició en el punto de intersección de las Quebradas Los Zarciles y El Matambre, es decir, desde la parte más baja de la microcuenca y se continuó ascendiendo y avanzando hasta los tributarios de menor orden, en el mismo sentido de las manecillas del reloj. Para este trabajo se usó un tránsito electrónico Sokkisha, estadia wild de cuatro metros (escala 1:100), brújulas, plomadas, cintas métricas y otros materiales de topografía. El levantamiento estuvo a cargo de J.A. Avila /⁵.

3. Delimitación del uso actual de la tierra

Ante la difícil consecución de fotografías aéreas recientes de la zona, se decidió hacer un levantamiento de campo /⁵, de naturaleza topográfico-planimétrico, de los diferentes usos de la tierra. El área mínima a levantar fué de una hectárea. Se definieron las siguientes cinco categorías de uso:

- Maíz/ frijol: cultivo de maíz sólo o en asociación con frijol
- Huerta: cultivos de café sólo o en asociación con plátano
- Barbecho: bosque natural en estado de sucesión secundaria
- Bosque latifoliado maduro
- Pinar natural

⁵/ Topógrafo. Departamento de Recursos Naturales y Conservación Biológica. Escuela Agrícola Panamericana.

Para los trabajos se utilizó el siguiente equipo: tránsito electrónico marca Sokkisha, estadia, plomadas, brújula, cintas métricas y demás equipo topográfico.

4. Estudio de flora

El estudio de composición florística se hizo recorriendo la microcuenca desde la parte más baja a la más alta. Las especies se identificaron directamente en el terreno, por zona de vida.

5. Mapa ecológico de zonas de vida

Para el levantamiento del mapa ecológico de zonas de vida se determinaron dos transectos con orientación Este-Oeste. Los transectos recorrían la microcuenca desde las partes más bajas hasta las más altas, tratando de seguir el límite topográfico de la misma. Los transectos se recorrieron en carro y/o a pie y para definir los límites de cada piso altitudinal se utilizó un altímetro de precisión, con lecturas verticales cada dos metros. El nombre de cada ecosistema o zona de vida se determinó por observación directa de la vegetación natural. El reconocimiento, clasificación y levantamiento de zonas de vida estuvo a cargo de N. Agudelo /⁶.

6/ Silvicultor. Departamento de Recursos Naturales y Conservación Biológica. Escuela Agrícola Panamericana.

6. Mapa de geología y suelos

El levantamiento del mapa geológico se hizo con base en reconocimientos de campo. A través de ellos se observó la morfología superficial y naturaleza de los materiales depositados en el terreno. Esta información se comprobó con el mapa geológico de la República de Honduras, escala 1:500,000 (Elvir, 1974).

Para realizar el mapa de suelos, en algunos puntos se abrieron calicatas y cateos con palín y piocha. Cada perfil fué descrito siguiendo la guía de la FAO (FAO, 1968). Además se tomó una muestra de suelos de cada horizonte para el análisis físico-químico.

En el laboratorio de suelos de la Escuela Agrícola Panamericana, se hicieron las siguientes determinaciones: porcentaje de materia orgánica y nitrógeno por el método Kjendahl, contenido de fósforo (ppm), cobre, zinc, manganeso, calcio, magnesio, potasio y textura por el método Bouyucos. Los suelos fueron clasificados de acuerdo a la taxonomía de suelos del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos. El reconocimiento, clasificación y levantamiento de los mapas de geología y suelos estuvo a cargo de J.M. Rosales ^{7/}.

7/ Agrónomo, experto en suelos. Departamento de Recursos Naturales y Conservación Biológica. Escuela Agrícola Panamericana.

7. Aforo de caudales

Para determinar la cantidad de agua que la microcuenca produce, se realizaron aforos directos en el posible sitio de embalse de la Quebrada Santa Inés.

En primera instancia se hizo un reconocimiento de campo del lugar dónde se llevarían a cabo las mediciones. Luego, se acondicionó el sitio para mejorar la sección de la corriente, construyéndose un muro a ambos lados de la misma (Fig.4).

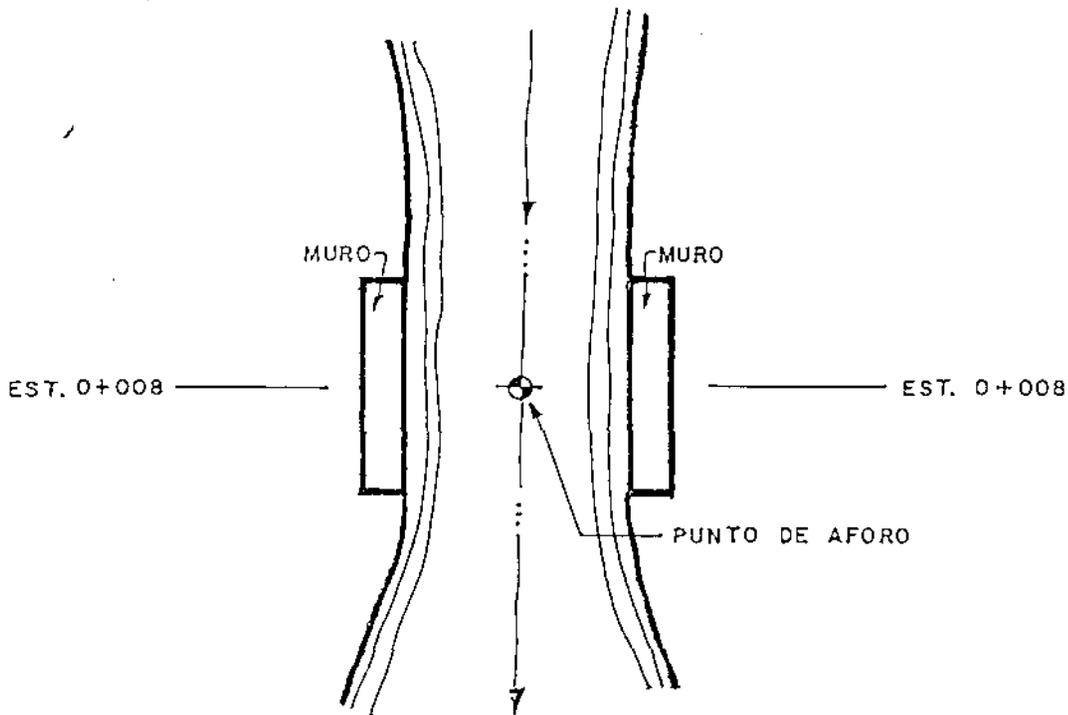
Tomando en cuenta el difícil acceso a la zona e inconvenientes de tipo académico, se determinó que la frecuencia de las mediciones sería de una vez por semana.

El equipo utilizado fué un molinete hidráulico tipo Pígnio, marca Gurley Brown, No.635.

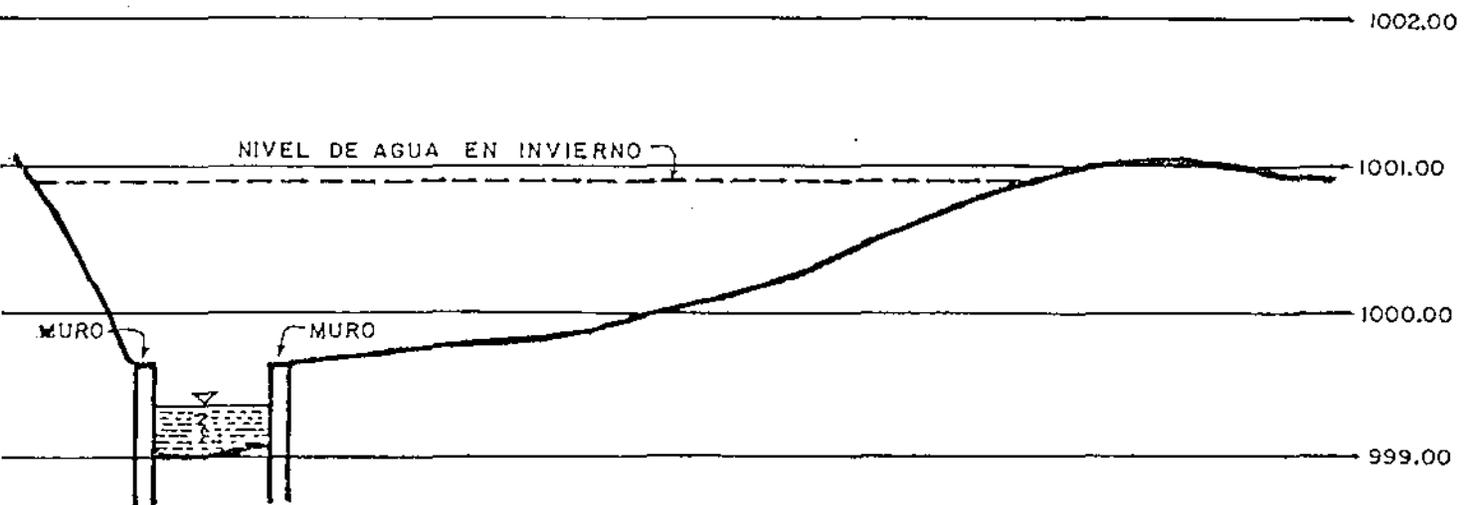
En la sección se estableció el ancho de la corriente y se dividió esa distancia en intervalos de 20 centímetros. La medición comenzó en la margen derecha.

A partir de esos puntos se midió la profundidad de la sección, utilizando el método de los tres puntos (Velocidad a 0.2, 0.6 y 0.8 de la profundidad total en cada intervalo), a fin de obtener mayor precisión en las medidas.

Como información adicional a los aforos, se hizo un análisis químico del agua de la quebrada, en el Laboratorio de Suelos de la EAP. Se hicieron las siguientes determinaciones: pH, dureza, conductividad eléctrica, contenido de hierro y sodio (ppm).



VISTA AEREA Escala: 1:50



SECCION TRANSVERSAL

Escala: H = 1:100

V = 1:50

Figura 4. Vista aérea y transversal de la estación de aforo en la Quebrada Santa Inés

8. Encuesta socioeconómica

Para determinar la estructura socioeconómica de la población, se llevó a cabo una encuesta. Para su levantamiento se utilizó el formato que se presenta en el Anexo 9.

Para la encuesta se seleccionaron cinco sitios y la estructura socioeconómica se evaluó a través de entrevista informales. Tales entrevistas se enfocaron en los siguientes aspectos: superficie cultivada o bajo barbecho, uso de la tierra y cultivos utilizados, empleo de insumos agrícolas (fertilización química) y fuente principal de ingresos.

9. Características morfométricas de la microcuenca

La morfometría de una cuenca hace referencia a sus características físicas. Su determinación es importante porque con frecuencia es necesario efectuar comparaciones con cuencas ya estudiadas o en las que se han llevado registros durante largo período de tiempo.

Según la Organización Meteorológica Mundial (1977), entre las principales características físicas están:

a. Tamaño

El tamaño indica la superficie de la zona drenada y se expresa, por lo general, en kilómetros cuadrados. En las cuencas que forman corrientes superficiales, el tamaño

comprende el área que se extiende desde los nacimientos de los tributarios de menor orden hasta donde se encuentra la estación de aforo que servirá de base para el estudio de la cuenca.

b. Forma

La forma de la cuenca se puede expresar por medio de un factor adimensional llamado Coeficiente de Compacticidad de Gravelius, que se define como sigue:

$$K = \frac{P}{2\sqrt{A}}$$

donde: P: Perímetro de la cuenca en kilómetros

A: Area drenada en kilómetros cuadrados

Gravelius también propone utilizar el término "Factor de Forma", siendo éste la relación entre el ancho promedio del área drenada y la longitud de la cuenca. La longitud se extiende desde el punto más remoto de la cuenca, hasta su salida. El ancho promedio se obtiene dividiendo el área drenada por su longitud.

El conocimiento de la forma de la cuenca es importante porque para una misma superficie y una misma intensidad de lluvia, el hidrograma de salida depende directamente de la forma.

c. Elevación media

La elevación de una hoya es un factor que afecta la temperatura y la precipitación. En cálculos hidrológicos, se acostumbra trabajar con la elevación media de la cuenca.

Para su determinación se usa un mapa topográfico con curvas a nivel definidas. Se marcan contornos de la cuenca con variaciones de elevación de 100 en 100 metros (por ejemplo); se mide el área entre éstos contornos y se calcula el porcentaje de esta superficie, con respecto al área total de la cuenca. Esta información se traslada a un gráfico que indica elevaciones (ordenada), contra porcentaje del área (abscisa). Este gráfico recibe el nombre de curva hipsométrica de la cuenca. La elevación media será aquella que corresponde al valor del 50 por ciento del área de drenaje, leyendo en la curva.

En términos numéricos, la elevación media también se puede calcular mediante la fórmula:

$$E = \frac{a*b}{A}$$

en donde:

- a: Area entre dos contornos
- b: Elevación media entre contornos
- A: Area total de la cuenca

d. Pendiente

La pendiente promedio de la cuenca es igual a la longitud total de los contornos, mutiplicada por el intervalo del contorno y dividida por el área total de la cuenca.

La pendiente de la cuenca de drenaje tiene mucha importancia en vista de que guarda estrecha relación con el grado de infiltración, escorrentía, humedad del suelo y contribución del agua subterránea a la corriente del cauce.

e. Drenaje

Por densidad de drenaje se entiende la mayor o menor facilidad que presenta la cuenca para evacuar las aguas que provenientes de las precipitaciones, quedan sobre la superficie de la tierra.

Existen dos índices que permiten medir el sistema de drenaje de una cuenca:

- La densidad de la red de los cauces (D_r) y
- La densidad de drenaje (D_d)

Los índices tienen la siguiente forma:

$$D_r = \frac{N}{A} \qquad D_d = \frac{L}{A}$$

donde:

N: Número de cauces en la cuenca, incluyendo los intermitentes y efímeros.

- L: Longitud total de los cursos de agua en kilómetros, incluyendo intermitentes y efímeros.
- A: Area de drenaje en kilómetros cuadrados

C. Metodología de evaluación

1. Delimitación de una Reserva Biológica para la microcuenca

En el caso concreto de la microcuenca de la Quebrada Santa Inés, es necesario redefinir los límites del núcleo de una zona que se deberá proteger a perpetuidad (Reserva Biológica), en vista de que el Decreto No. 87-87, del Congreso Nacional de la República, excluye la preservación de las partes más altas del área que son, en esencia, zonas de recarga de agua.

Para tal efecto, el núcleo de esta Reserva se delimitó mediante una superposición de los mapas de zonas de vida y suelos. Los confines de la Zona de Amortiguamiento o Zona Forestal Protegida se obtendrán a partir de los mapas de zona de vida, suelos y topografía del terreno.

2. Conflictos en el uso de la tierra

La delimitación de los conflictos en el uso de la tierra, se logró a través de la superposición de cuatro mapas: zonas de vida, suelos, uso actual de la tierra y pendientes.

3. Determinación de caudales

Para calcular el caudal promedio de la corriente se aplicó la ecuación de continuidad ($Q=a*v$), en la que el caudal es un producto del área por la velocidad de la corriente, en un momento dado.

Puesto que la sección transversal, en el sitio de aforo, se dividió a intervalos equidistantes, la velocidad media para cada vertical, en cada porción de la sección, se calculó, con el fin de obtener valores ponderados, por medio de la siguiente fórmula:

$$V_m = \frac{2V_{0.2} + V_{0.6} + 2V_{0.8}}{5}$$

La velocidad media de cada porción de la sección multiplicada por su profundidad, es el caudal medio parcial de la sección. La sumatoria de los caudales parciales da como resultado el caudal medio de la sección, en el momento de aforo.

Con el fin de referenciar los caudales obtenidos con la variación de los niveles de agua de la quebrada, se seleccionó un punto de la sección. De esta relación (caudal-altura) se obtuvo la curva de caudales medios de la zona durante el período de estudio.

4. Procesamiento de datos

Para el procesamiento de datos se utilizaron los programas Wordperfect 5.1, Lotus 123 y Harvard Grafics. Para esta actividad se emplearon las computadoras del Centro de Cómputo Académico de la EAP.

IV. RESULTADOS

A. Mapa topográfico y de cauces con flujo de agua permanente y temporal

En la Fig.5 se presenta el mapa topográfico de la microcuenca, con curvas a nivel cada 20 metros. En la Fig.6 se muestra la red de drenaje, pudiéndose apreciar en ella la existencia de tres Quebradas principales: El Guayabo, Gualiqueme , Los Anteojos y numerosos tributarios.

Para fines de manejo la escala del mapa será de 1:5,000. Para el presente estudio la escala será de 1:25,000. El original del mapa, escala 1:5,000, se conserva en las oficinas del Departamento de Planificación y Desarrollo de la EAP.

B. Zonas de vida y vegetación natural

En el área se reconocieron, identificaron y mapearon tres zonas de vida o ecosistemas de primer orden: bosque húmedo subtropical (bh-S), bosque húmedo montano bajo subtropical (bh-MBS) y bosque muy húmedo montano bajo subtropical (bmh-MBS) (Fig.7).

El bh-S extiende, aproximadamente, desde los 900 hasta los 1,200 metros de elevación y tiene una superficie de 175 ha.

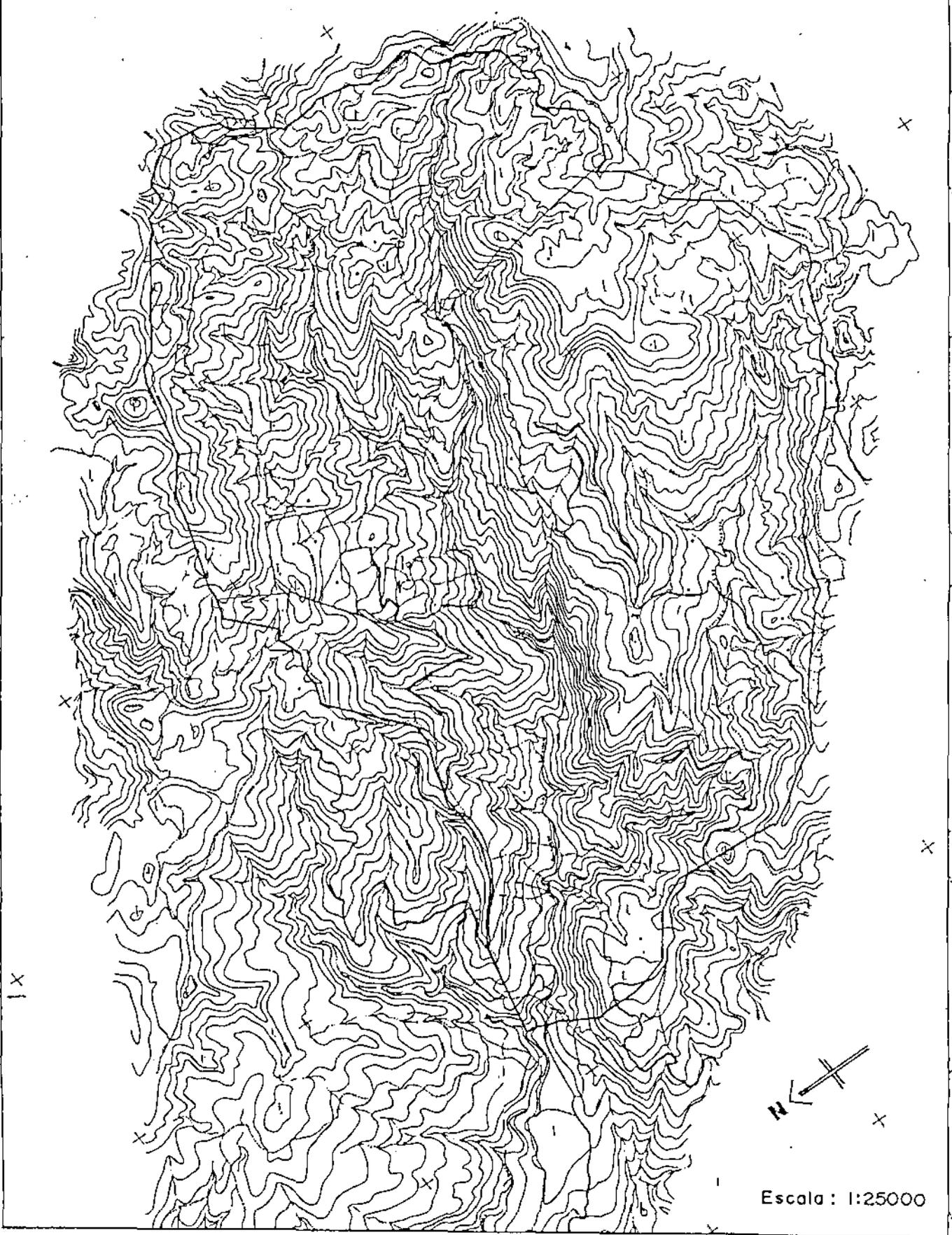
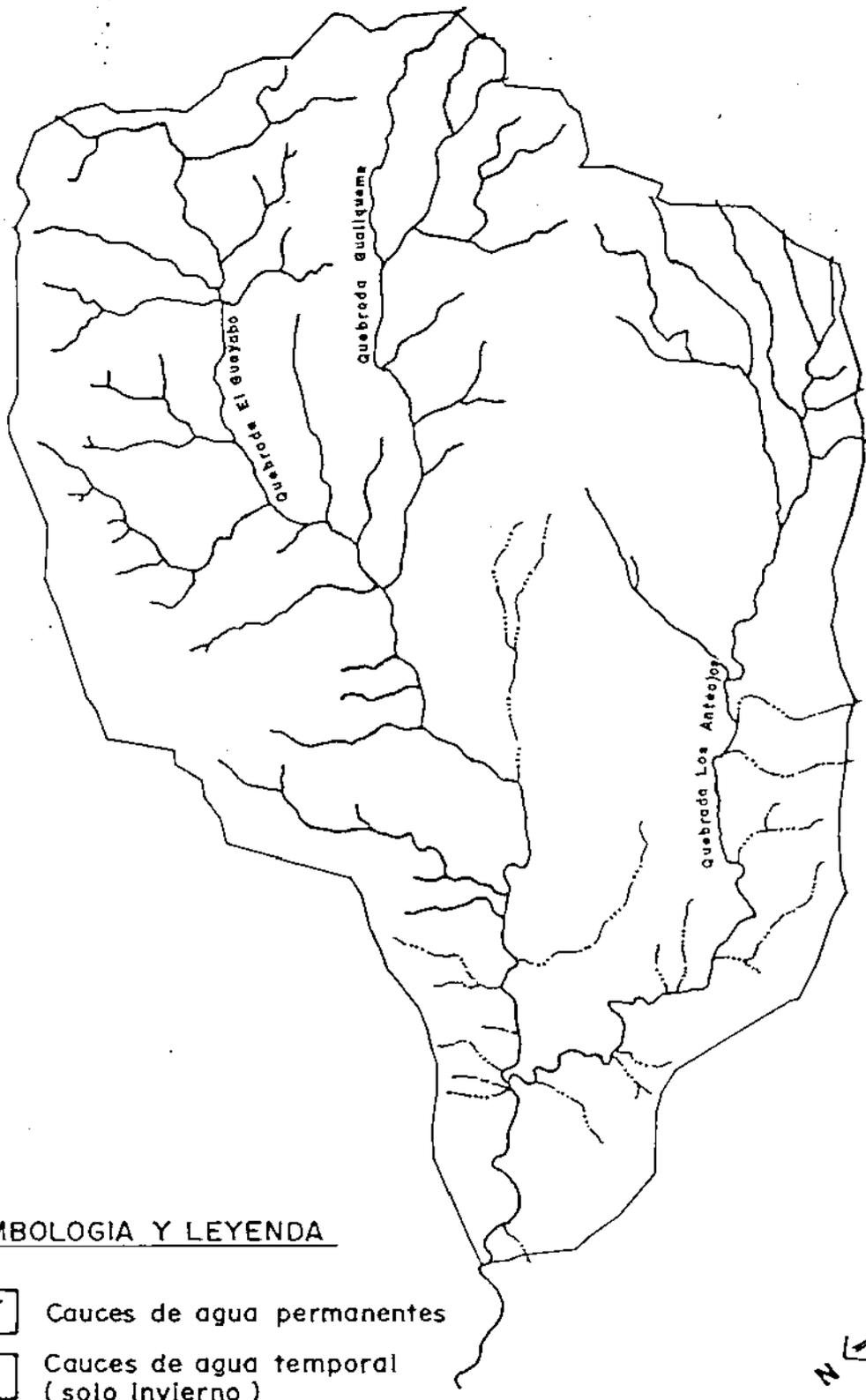
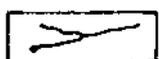


Figura 5. Mapa topográfico de la microcuenca de la Quebrada Santa Inés



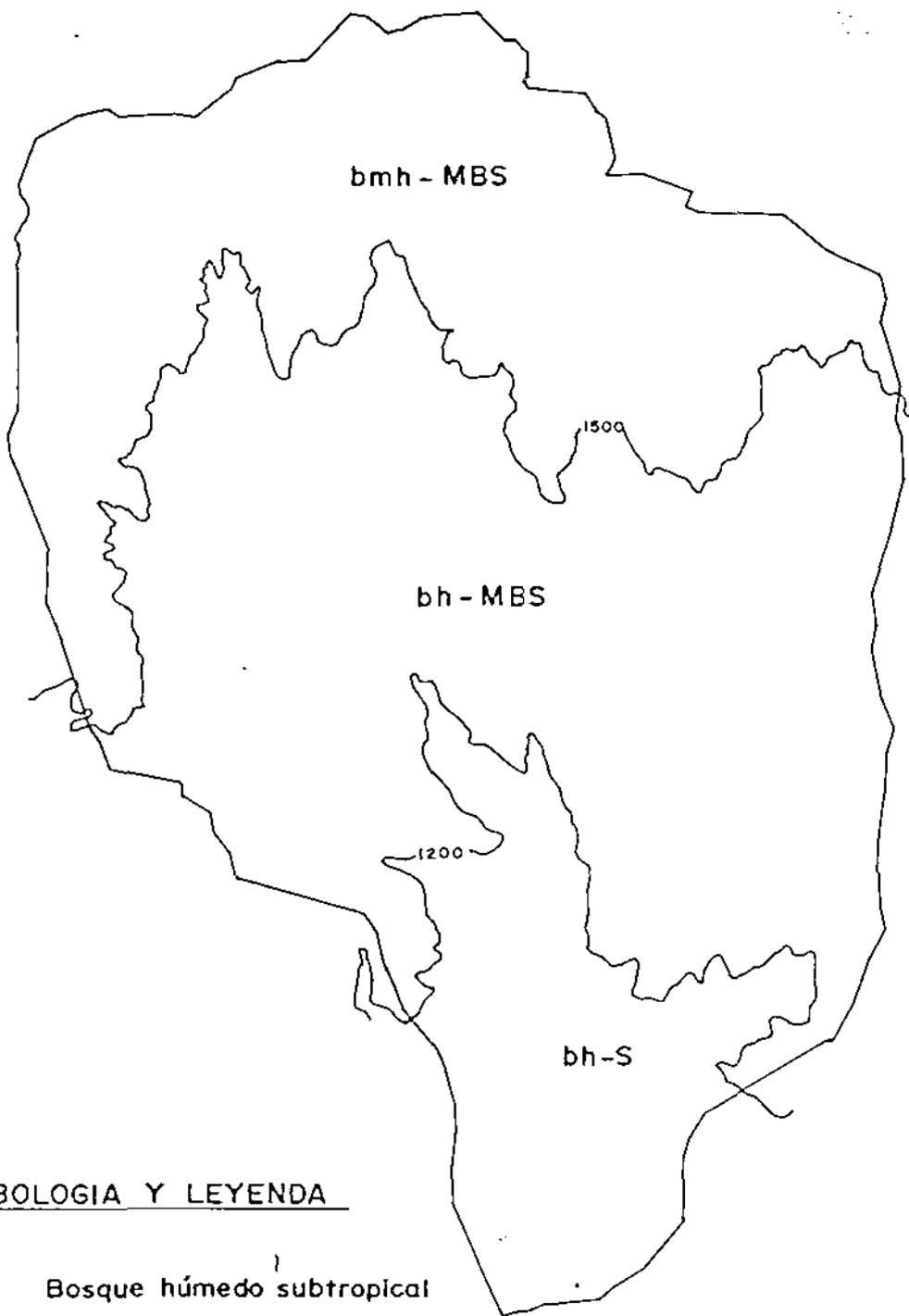
SIMBOLOGIA Y LEYENDA

-  Cauces de agua permanentes
-  Cauces de agua temporal (solo invierno)



Escala : 1:25000

Figura 6. Red de drenaje de la microcuenca de la Quebrada Santa Inés



SIMBOLOGIA Y LEYENDA

- | | |
|---------|--|
| bh-S | Bosque húmedo subtropical |
| bh-MBS | Bosque húmedo montano bajo subtropical |
| bmh-MBS | Bosque muy húmedo montano bajo subtropical |



Escala : 1:25000

Figura 7. Mapa ecológico de zonas de vida de la microcuenca de la Quebrada Santa Inés

Con base en el diagrama para la clasificación de zonas de vida, este ecosistema tiene una biotemperatura media anual entre más o menos 18 °C y 24 °C; una precipitación promedio total anual entre 1,000 y 2,000 mm; la relación de la evapotranspiración potencial varía entre 1.0 y 2.0.

Las especies forestales más importantes del bh-S, se presentan en el Cuadro 1.

Cuadro 1. Especies forestales más abundantes y frecuentes, en el bosque húmedo subtropical, de la microcuenca de la Quebrada Santa Inés.

Nombre científico	Familia	Nombre común
<i>Byrsonima crassifolia</i>	Malpighiaceae	Nance
<i>Diospyros nicaraguensis</i>	Ebenaceae	-
<i>Dodonaea viscosa</i>	Sapindaceae	Malacatillo
<i>Persea caerulea</i>	Lauraceae	Aguacatillo
<i>Pinus oocarpa</i>	Pinaceae	Ocote
<i>Quercus oleoides</i>	Fagaceae	Encino
<i>Quercus peduncularis</i>	Fagaceae	Roble

El bh-MBS comprende una pequeña faja entre 1,200 a 1,450 metros de altitud, con una área de 375 ha. De acuerdo con el diagrama de clasificación de zonas de vida, este ecosistema tiene una biotemperatura media anual entre 12 °C y más o menos 18 °C, un precipitación promedio total anual entre 1,000 y 2,000 mm; la relación de evapotranspiración potencial oscila entre 0.5 y 1.0.

En el Cuadro 2 se presentan las especies forestales más frecuentes en el bh-MBS.

Cuadro 2. Especies forestales más abundantes y frecuentes, en el bosque húmedo montano bajo subtropical, de la microcuenca de la Quebrada Santa Inés.

Nombre científico	Familia	Nombre común
<i>Acacia angustissima</i>	Mimosaceae	-
<i>Inga spp</i>	Mimosaceae	Guajiniquil
<i>Leucaena guatemalensis</i>	Mimosaceae	Guaje
<i>Liquidambar styraciflua</i>	Hamamelidaceae	Liquidambar
<i>Myrica cerifera</i>	Myricaceae	Cera vegetal
<i>Oreopanax lacnocephalus</i>	Araliaceae	-
<i>Pinus maximinoi</i>	Pinaceae	Pinabete
<i>Pinus oocarpa</i>	Pinaceae	Ocote
<i>P.oocarpa X P.maximinoi</i>	Pinaceae	Híbrido
<i>Vernonia leiocarpa</i>	Compositae	Hoja blanca
<i>Vismia mexicana</i>	Guttiferae	Achiotillo

La vegetación natural de esta zona de vida ha sido severamente alterada, hasta tal extremo que sólo se encuentran pequeños manchones de pinares nativos.

El **bmh-MBS** se extiende desde los 1,500 a los 1,775 metros, en la parte más alta de la microcuenca; comprende una superficie de alrededor de 525 ha. Según el diagrama de clasificación de zonas de vida, el ecosistema tiene un biotemperatura media anual entre 12 °C y 18 °C, una precipitación promedio total anual entre 2,000 y 4,000 mm; la relación de

evapotranspiración oscila entre 0.25 y 0.5. Las especies más frecuentes del bmh-MBS se presentan en el Cuadro 3.

Cuadro 3. Especies forestales más abundantes y frecuentes, en el bosque muy húmedo montano bajo subtropical, de la microcuenca de la Quebrada Santa Inés.

Nombre científico	Familia	Nombre común
<i>Brunellia mexicana</i>	Brunelliaceae	Cedrillo
<i>Cleyera theaeoides</i>	Theaceae	Limoncillo
<i>Clusia salvinii</i>	Guttiferae	-
<i>Cornus disciflora</i>	Cornaceae	-
<i>Eugenia axillaris</i>	Myrtaceae	-
<i>Hedyosmun mexicanum</i>	Chloranthaceae	Piñuela
<i>Inga nubigena</i>	Mimosaceae	Guajiniquil
<i>Liquidambar styraciflua</i>	Hamamelidaceae	Liquidambar
<i>Miconia theaezans</i>	Melastomaceae	Uvilla
<i>Olmediella betschleriana</i>	Flacourtiaceae	Manzanote
<i>Oreopanax xalapensis</i>	Araliaceae	Olotillo
<i>Palicourea galeottiana</i>	Rubiaceae	-
<i>Parathesis vulgata</i>	Myrcinaceae	Zarcil
<i>Perymenium nicaraguense</i>	Compositae	Tatascán
<i>Phoebe helicterifolia</i>	Lauraceae	-
<i>Persea americana</i>	Lauraceae	Aguacate
<i>Pinus maximinoi</i>	Pinaceae	Pinabete
<i>Quercus peduncularis</i>	Fagaceae	Roble
<i>Quercus skinneri</i>	Fagaceae	Encino
<i>Quercus trichodonta</i>	Fagaceae	Encino
<i>Rapanea myricoides</i>	Myrcinaceae	-
<i>Satyria warszewiczii</i>	Ericaceae	-
<i>Symplocos vernicosa</i>	Symplocaceae	-
<i>Styrax argenteus</i>	Styracaceae	-
<i>Trema micrantha</i>	Ulmaceae	Capulín
<i>Vaccinium poasanum</i>	Ericaceae	-
<i>Vernonia leiocarpa</i>	Compositae	Hoja blanca
<i>Vernonia deppeana</i>	Compositae	-
<i>Viburnum hondurense</i>	Caprifoliaceae	-
<i>Xylosma flexuosum</i>	Flacourtiaceae	-
<i>Zinowiewia integerrima</i>	Celastraceae	-

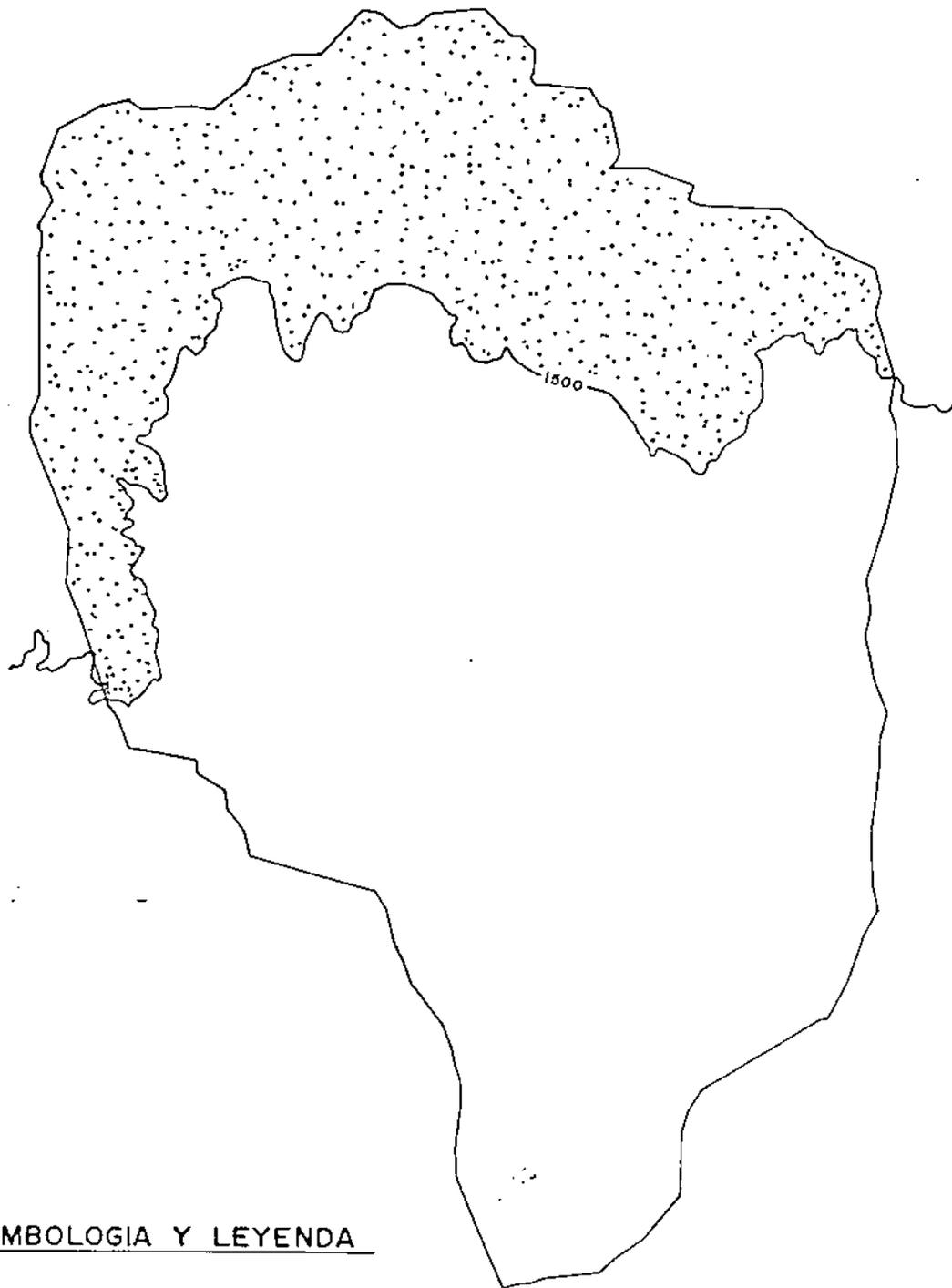
El bosque natural latifoliado nublado de esta zona de vida ha sido prácticamente destruido. Únicamente quedan pequeños remanentes de este ecosistema, en la zona de recarga de la microcuenca.

C. Geología y suelos

Geología. Dos unidades geológicas caracterizan los terrenos de la microcuenca, como se puede apreciar en la Fig.8

La unidad Matagalpa se encuentra en la parte superior de la microcuenca, entre los 1,500 y 1,750 metros de elevación. Está constituida por cenizas, lavas andesíticas y basálticas, así como por rocas piroclásticas de volcanes que precedieron a las voluminosas erupciones de ignimbritas sílicas del Mioceno, tanto de América Central como en algunas partes de México. Esta unidad corresponde a la formación Matagalpa de H. Williams y A.R. McBirney (1969), quienes le asignan una edad Oligoceno-Mioceno, de la era Terciaria.

La unidad Padre Miguel abarca la parte media de la zona; según Williams y McBirney (1969) corresponde a la secuencia principal de Ignimbritas (Grupo Padre Miguel de Bukart), la que tiene una edad del Mioceno Medio. Las ignimbritas del Grupo Padre Miguel, en Honduras, son principalmente de composición riolítica.



SIMBOLOGIA Y LEYENDA

-  Unidad geologica Matagalpa y Serie de suelos Lloró
-  Unidad geológica Padre Miguel y Serie de suelos Mulule



Escala: 1:25000

Figura 8. Mapa de Geología y Suelos de la microcuenca de la Quebrada Santa Inés

Suelos. Como también se puede observar en la Fig.8, dos series de suelos fueron reconocidas, clasificadas y mapeadas.

Serie Lloró (Llo): Los suelos de esta serie ocupan un relieve fuertemente ondulado o alomado, con pendientes entre 30 y 35 por ciento, son profundos, bien drenados, ácidos, desarrollados sobre cenizas volcánicas. La textura es franco arenosa en los dos primeros horizontes y arcillo arenosa en los demás. El color, en seco, varía entre café rojizo oscuro (5YR 2.5/1) para el horizonte 1, café rojizo oscuro (5YR 3/4) para el horizonte 2, rojo amarillento (5YR 4/69) para el horizonte 3, rojo amarillento (5YR 4/6) para el horizonte 4, café rojizo oscuro (5YR 3/4) para el horizonte 5 y café rojizo oscuro (5YR 3/3) para el horizonte 6. El material parental está constituido por cenizas volcánicas (Anexo 10). Algunas propiedades físico-químicas de estos suelos se pueden apreciar en el Anexo 11.

Los suelos Lloró se presentan en la amplia cima montañosa a altitudes de más de los 1,400 metros. Las temperaturas son relativamente bajas a tal altura y a menudo se presenta una elevada nubosidad. La humedad que se condensa de esas nubes impide que el suelo se seque. Se diferencia de otras unidades del mismo origen, por el mayor grosor, la falta de consolidación del material de partida y la ausencia de piedras.

En algunos sitios, especialmente en los más elevados, el suelo superficial es más grueso y rico en materia orgánica; a altitudes mayores de 1,700 metros, es algo cenagoso.

Por su profundidad es un suelo muy apetecido para la producción de maíz y frijoles y para pastoreo de ganado, cuando esta en barbecho.

Existen lugares donde aún quedan algunos rodales de frondosas. Las áreas que no tienen cultivos, están cubiertas con un guamil bajo donde abundan las zarzamoras. Dichos remanentes de bosque natural son sitios excepcionales para el almacenamiento de agua; ésa es su principal función, pues son los acuíferos o áreas de recarga de importantes riachuelos.

Los suelos de esta serie se clasifican en el Orden de los Inceptisoles y en Suborden Tropepts. Capacidad Agrológica: Clase III - VII.

Serie Mulule (Mu): La serie Mulule se caracteriza por presentar un relieve con pendientes desde 30 hasta 65 por ciento y suelos poco profundos, bien drenados, moderadamente ácidos. La textura es franco arenosa. El color, en seco, varía entre gris (10YR 5/1) para el horizonte 1, café pálido (10YR 6/3) para el horizonte 2 y café muy pálido (10YR 7/4) para el horizonte 3. El material parental está constituido por ignimbritas riolíticas (Anexo 12). Como la mayor parte de estas áreas se presentan a altitudes mayores de los 1,200

metros, es probable que haya habido alguna influencia de cenizas volcánicas.

La mayoría de los suelos de esta unidad tiene muchas piedras en la superficie y son frecuentes los afloramientos rocosos y los precipicios.

Las partes planas al pie de monte y aledaño a las corrientes de agua están severamente intervenidas con cultivos de maíz y últimamente de repollo, sin ninguna medida de conservación, lo que está exponiendo al suelo a erosión acelerada.

Casi la totalidad del area está cubierta por bosques de pino (*Pinus oocarpa*) y esta es su vocación, ya que cumplen su función como reguladores del flujo hídrico. Algunas características físico-químicas de éstos suelos se pueden observar en el Anexo 13.

Estos suelos se clasifican en el Orden Entisoles y Suborden Orthents. Capacidad Agrológica: Clase VII.

D. Uso actual de la tierra

Cinco usos principales de la tierra fueron reconocidos, clasificados y mapeados en los terrenos de la microcuenca, como se puede observar en el Cuadro 4 y en la Fig.9.

Cuadro 4. Distribución por área y porcentual de los usos de la tierra, en la microcuenca de la Quebrada Santa Inés.

Uso de la tierra	Area (ha)	Porcentaje
Maíz/frijol	13	1.2
Barbecho	344	32
Huerta	14.6	1.3
Pinar natural	636.5	59
Bosque Latifoliado	69.4	6.5
TOTAL	1077.5	100

E. Conflictos en el uso de la tierra

La superposición de los mapas de zonas de vida, geología, suelos, uso actual de la tierra, pendientes y red de drenaje, demuestran la existencia de fuertes conflictos en el uso de la tierra, principalmente en la zona de recarga de agua.

Como se puede apreciar en la Fig.10, en casi el 50 por ciento de la zona de recarga (porción izquierda), la cobertura forestal original fué totalmente destruída. En ésta área, las características de los suelos y la pendiente, combinados con una alta pluviosidad, la convierten en una zona de alto peligro de erosión; por tanto, su uso actual es inapropiado. Claramente se observa que la Quebrada El Guayabo, con todos sus tributarios, perdió su bosque de captación de vapor de agua atmosférico; en términos hidrológicos, ésto se traduce en una reducción del potencial de producción de agua. La mayor

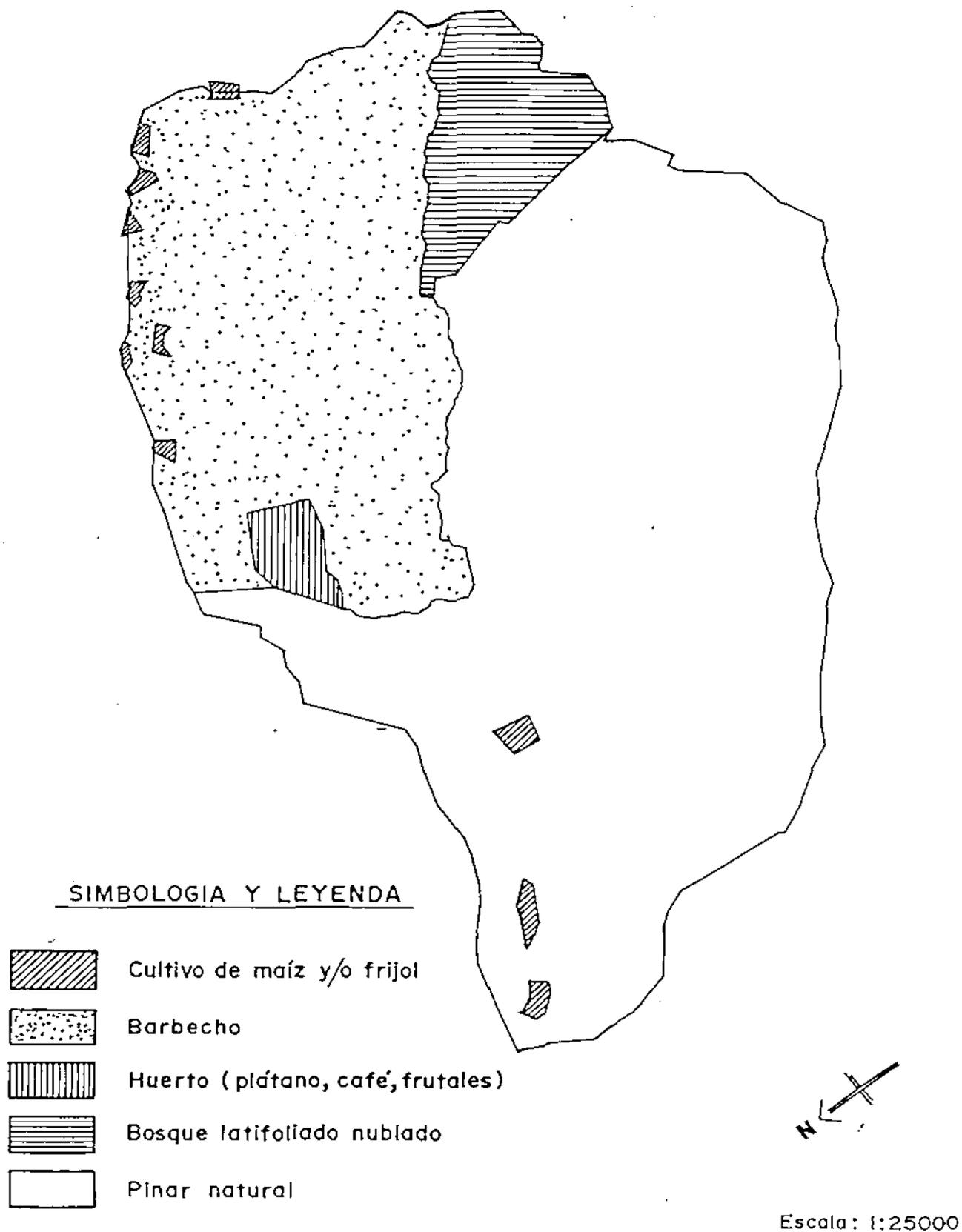
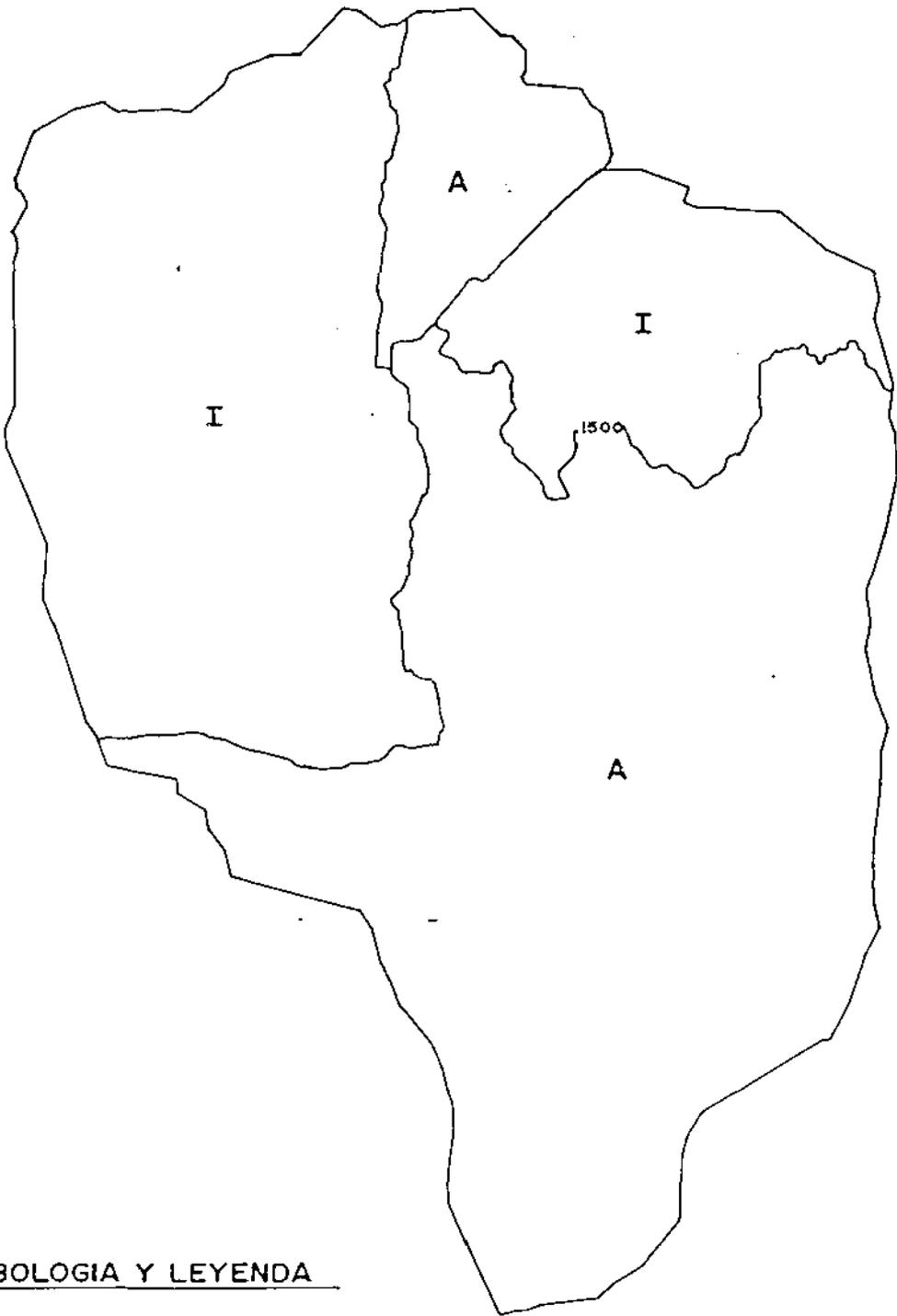


Figura 9. Mapa de uso actual de la tierra, de la microcuenca de la Quebrada Santa Inés



SIMBOLOGIA Y LEYENDA

A	Adecuado
I	Inadecuado



Escala: 1:25000

Figura 10. Mapa de conflictos en el uso de la tierra en la microcuenca de la Quebrada Santa Inés

parte del área deforestada está bajo barbecho, en diferentes etapas de sucesión natural, y una porción menor con cultivos agrícolas. Estos usos son contraproducentes e inapropiados para desarrollar cualquier proyecto hídrico en las partes bajas de la zona, y, por lo tanto, deben revertirse.

Casi el 50 por ciento de la cuenca está bajo pinar, ésto es adecuado, pero a pesar de ello, de la cota de 1,500 hacia arriba, ésta cobertura no sería la más apropiada porque según evidencias, el mejor uso sería el bosque latifoliado.

F. Características morfométricas de la microcuenca

1. Tamaño

El tamaño de la cuenca, estimado sobre hojas cartográficas, es de aproximadamente de 10.7 km², es decir, 1077.5 ha.

2. Forma

El coeficiente de Gravelius, obtenido mediante fórmulas, es de 1.15.

3. Elevación

Con base en la curva hipsométrica (Fig.11), la elevación media de la cuenca es aproximadamente de 1,385 metros.

4. Pendiente

La microcuenca tiene una pendiente media aproximada de 35 por ciento.

5. Drenaje

Densidad de la red de cauces (Dr): 0.28 cauces/km²

Densidad de drenaje (Dd): 1.4 km/km²

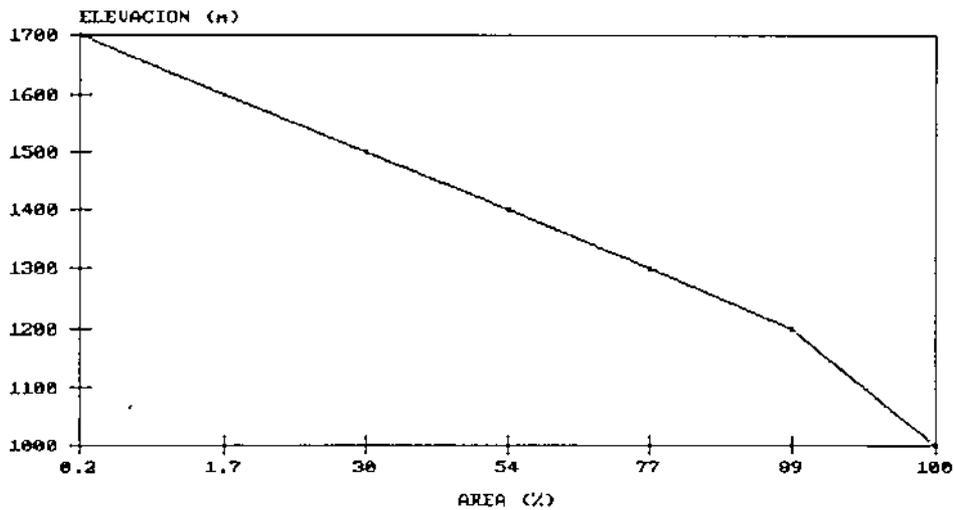


Figura 11. Curva Hipsométrica de la Quebrada Santa Inés

G. Caudal y calidad química del agua

1. Caudal

En el Cuadro 5 se presentan los caudales que se obtuvieron de nueve meses de aforo, en la parte baja de la microcuenca, cerca al sitio de la posible presa. De acuerdo con estos datos el caudal (Q) medio mensual es de 0.083 m³/seg.

Las fluctuaciones de los caudales durante el tiempo que duró el aforo aparecen en la Fig.12.

La figura 13, muestra la curva de calibración de caudales medios, válida para el período que duraron las mediciones.

Cuadro 5. Caudales de la Quebrada Santa Inés, durante nueve meses de aforo.

Fecha	Caudal (m ³ /seg)
05/06/92	0.049
26/06/92	0.149
06/07/92	0.180
18/07/92	0.190
31/08/92	0.191
07/08/92	0.106
17/08/92	0.109
28/08/92	0.075
04/09/92	0.074
19/09/92	0.099
25/09/92	0.260
05/10/92	0.353
17/10/92	0.058
22/10/92	0.047
30/10/92	0.052
10/11/92	0.041
23/11/92	0.034
27/11/92	0.029
05/12/92	0.037
10/12/92	0.026
16/12/92	0.022
22/12/92	0.024
28/12/92	0.026
08/01/93	0.016
14/01/93	0.030
20/01/93	0.021
03/02/93	0.010
16/02/93	0.012
27/02/93	0.008

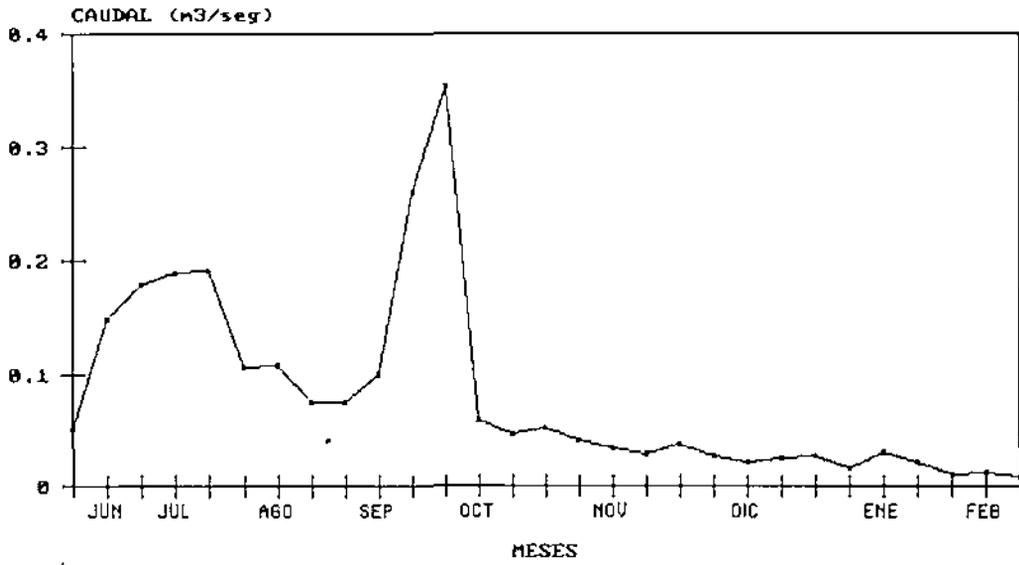


Figura 12. Hidrograma de la Quebrada Santa Inés.

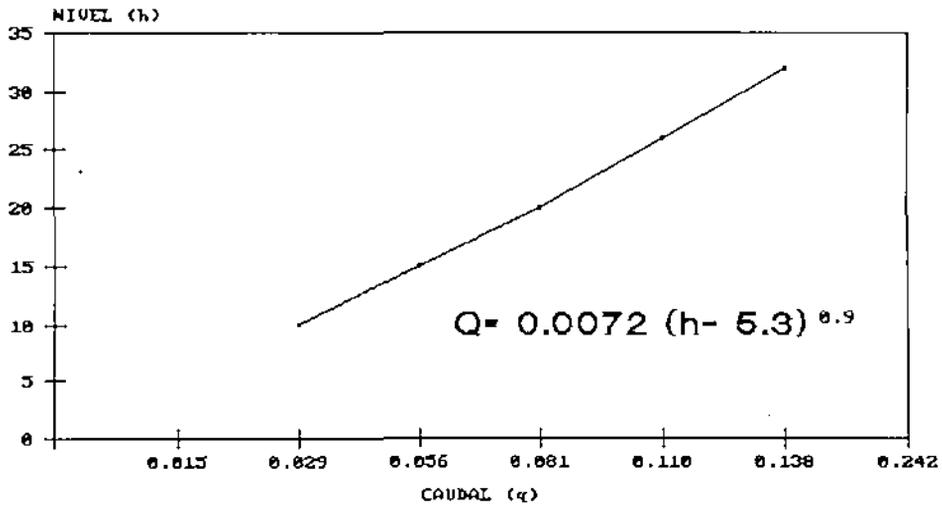


Figura 13. Curva de calibración de caudales medios de la Quebrada Santa Inés

2. Calidad química del agua

Los valores de dureza, conductividad eléctrica, contenidos de sodio e hierro y pH, aparecen en el Cuadro 6.

Cuadro 6. Dureza, conductividad eléctrica, contenidos de sodio e hierro y pH, para el agua de la Quebrada Santa Inés.

Propiedades químicas	Valor en ppm
Dureza (CaCO ₃)	3.8
Conductividad eléctrica	0.4
Contenido de Sodio (Na)	4.4
Contenido de Hierro (Fe)	0.25
pH =	6.67

H. Aspectos socioeconómicos

En el Cuadro 7 se dan a conocer los resultados de la encuesta. El análisis de los datos indica que los asentamientos humanos ocupan alrededor del seis al siete por ciento del área total de la microcuenca.

Más o menos un 70 por ciento de esta superficie se encuentra bajo producción agrícola. Las técnicas de cultivo son rudimentarias y se utilizan con preferencia variedades criollas. El suelo recibe adiciones periódicas de

Cuadro 7 Uso actual de la tierra, tipo de cultivo, insumos utilizados y actividad socioeconómica para cinco sitios de la microcuenca de la Quebrada Santa Inés.

SITIO	MUESTRA	USO TIERRA	CULTIVOS	INSUMOS	A.SOCIOECON
Los Lirios	No. casas: 5 Persona/casa: 8.2 Area total: 9.5mz Area prom/casa: 2mz	100% Explotación Agrícola	- Caña - Milpa - Huerta mixta: café, frutales, plátano	- Urea - 12-24-12	40% trabaja terreno propio 60% empleado en fincas cercanas
El Matambre	No. casas: 7 Persona/casa: 6.7 Area total: 20 mz Area prom/casa: 2.8 mz	50% Expl. Agrícola 50% Bosque y barbechos	- Hortalizas - Maíz-frijol - Huerta mixta	- Urea - Abonera orgánica - Malathión	71.4% trabaja parcela propia 28.6% empleado en fincas cercanas
El Hondable	No. casas: 6 Persona/casa: 5.8 Area total: 39.5 mz Area prom/casa: 6.6 mz	70% Cultivos agrícolas 30% Bosque y otros	- Maíz-frijol - Hortalizas - Huerta mixta	- Urea - 12-24-12 - Dithane - Ridomil	67% trabaja terreno propio 33% empleados otras fincas
Gualiqueme	No. casas: 1 Persona/casa: 5 Area total: 6 mz	17% Expl. agrícola 83% Bosque y barbecho	- Papa - Maíz-frijol - Caña	- Urea - 12-24-12 - Tamarón - Ridomil	100% trabaja terreno propio
El Guayabo	No. casas: 5 Persona/casa: 6.2 Area total: 16 mz Area prom/casa: 3.2 mz	100% Explotación agrícola	- Maíz-frijol - Papa, ajos, chile verde - Huerta mixta	- Urea - 12-24-12 - Tamarón - Dithane - Monitor	100% trabaja parcela propia

fertilizantes químicos y en algunas ocasiones se emplea abono orgánico. Sólo en los casos en que la cosecha es comercializable, se justifica el uso de plaguicidas de alta toxicidad y residualidad; su aplicación está casi completamente restringida a cultivos alimenticios. Este tipo de tendencia es notable en las zonas altas de la cuenca donde la fertilidad de los suelos es mejor y el clima es propicio para cultivos de alto retorno económico.

En los períodos en que los terrenos no son utilizados en actividades agrícolas, se dejan en reposo o barbecho.

En los caseríos ubicados cerca a las vías de acceso, aproximadamente, el 40 por ciento de los agricultores se emplean como fuerza de trabajo temporal en fincas cercanas.

I. Reserva Biológica

La superposición de los mapas de zonas de vida, geología y suelos indica que la parte alta de la microcuenca, a partir de la cota de los 1,500 metros, debe ser el núcleo de una Reserva Biológica. Esta área es vital para la producción continua y sostenible de agua, en las partes bajas de la microcuenca, porque constituye su zona de recarga.

Toda la superficie que comprende el bh-MBS, entre las cotas de 1,200 y 1,500 metros, con una área de 375 ha, será considerada como la Zona de Amortiguamiento o Zona Forestal Protegida de esta Reserva. Esta porción de terreno es esencial para

garantizar la preservación de los pocos rodales de bosque latifoliado nublado y para poder proceder, en un futuro inmediato, a la recuperación de las áreas de recarga deforestadas.

V. DISCUSION

La presente discusión trata, en primera instancia, de analizar las limitaciones que en materia de información e infraestructura se tuvieron durante el desarrollo del presente trabajo. En segundo término, se discute la influencia que ha tenido y seguirá teniendo el uso de la tierra sobre la producción continua y sostenible de agua y sobre su calidad. En la fase final, se presenta un diagnóstico general de las condiciones actuales de la microcuenca.

A. Limitaciones de tipo informativo y de infraestructura

1. Limitaciones de tipo informativo

Para la ejecución del presente trabajo la información básica mínima requerida era inexistente. El único mapa topográfico disponible del área fue la hoja cartográfica Yuscarán, escala 1:50,000. Para propósitos de información general esta escala era apropiada, no así, para fines de evaluación y manejo.

La microcuenca carece de estaciones meteorológicas e hidrométricas; por tanto, la caracterización climática de la zona se hizo con base en la información de dos estaciones cercanas: El Zamorano y Güinope.

Aunque existen fotografías aéreas de la zona, limitaciones de tiempo dificultó la consecución de las mismas. Por ello, se recurrió a levantamientos topográficos para los trabajos de uso actual de la tierra y cauces.

2. Limitaciones de infraestructura

Desde el punto de vista vial la microcuenca tiene, en su porción más baja y hasta la cota de más o menos los 1,200 metros, una red de caminos forestales, probablemente construida para explotación maderera. La margen izquierda externa del área contiene también un camino forestal que asciende hasta la cresta de la Montaña Granadillas. La red, en su totalidad, fué construida sin ningún lineamiento técnico y sin estudios de impacto ambiental. En estos momentos, las vías de acceso a la parte baja no pueden utilizarse debido a la falta de mantenimiento y a la necesidad de corregir algunas curvas verticales y horizontales.

De lo anteriormente expuesto se colige que el acceso a las partes medias y altas de la zona es en extremo difícil. Esta situación limitará cualquier proyecto de manejo de la microcuenca.

B. Influencia del uso actual de la tierra, en la producción, regulación y calidad del agua

1. Influencia general del uso actual de la tierra

En la microcuenca de la Quebrada Santa Inés, como en todas las cuencas del país, no ha existido una clara definición del uso adecuado de sus tierras; es obvio, que tal determinación debería fundamentarse en criterios ecológicos, sociales, técnicos y económicos. En el caso específico de esta hoya, el uso que actualmente se tiene de la tierra ha influido y seguirá influyendo, en forma negativa, en la producción de agua y en su calidad.

Con toda seguridad, los terrenos de esta microhoya estuvieron cubiertos con bosques naturales. En la actualidad, únicamente el 65.5 por ciento de las tierras tienen este tipo de cobertura, dominando el paisaje los pinares naturales (59 por ciento del área total). Los bosques de pino han sido severamente degradados, en términos genéticos y económicos, a causa de explotaciones selectivas y mal ejecutadas. Tal degeneración ha sido complementada con la extracción clandestina de leña y la ocurrencia periódica de incendios forestales de alta intensidad y duración. Estos pinares nativos desempeñan un importante papel en el ciclo del agua, ya que actúan como reguladores de la precipitación vertical.

Las tierras en descanso o bajo barbecho, cubren 344 ha (32 por ciento de la superficie total). El bosque que fuera destruido para dar cabida a este uso de la tierra, ocupaba una posición estratégica dentro de la microcuenca. En las partes más altas y frías (bmh-MBS), el bosque eliminado cumplía funciones de producción de agua, además de las de regulación; en la parte media de la hoya (bh-MBS), éste ecosistema era esencial en el proceso de regulación de las aguas.

Sólo 27.6 ha (2.5 por ciento del área total) están siendo utilizadas en explotaciones agrícolas. Aunque esta superficie parece insignificante, los efectos de este uso de la tierra son en extremo nocivos. La mayor parte de los terrenos agrícolas están localizados en la zona de recarga y en las riberas de las quebradas. Las actividades de cultivo se realizan sin ninguna obra de conservación de suelos y con la aplicación de grandes cantidades de insumos químicos. Bajo tales circunstancias, se favorecen altas tasas de erosión y sedimentación y elevados índices de contaminación de las fuentes de agua.

2. Influencia del uso actual de la tierra en la zona de recarga

La zona de recarga o bosque muy húmedo montano bajo subtropical, con una superficie de 525 ha, debería estar totalmente cubierta con bosque latifoliado maduro. Este bosque

es imprescindible dentro del proceso de la precipitación horizontal u oculta o lluvia del bosque. Dicha zona, quizás la más importante de la microcuenca, cubre 69.4 ha (6.5 por ciento del área total y 13 por ciento de la de recarga) de bosque natural latifoliado en estado relativamente maduro. Tal situación es funesta desde el punto de vista hidrológico, ya que el vapor de agua cargado de humedad, posiblemente se traslade a otros lugares al no encontrar la barrera mecánica de árboles grandes y viejos del bosque natural. Ello se traduce simplemente en una reducción en la producción de agua, en las porciones más bajas de la cuenca.

C. Diagnóstico general de la microcuenca

A pesar de que el bosque natural fué eliminado en una porción significativa, las partes media y baja de la cuenca tienen una cubierta vegetal relativamente satisfactoria, desde el punto de vista hidrológico, aunque no necesariamente dasométrico. La verdadera problemática se presenta en la denominada zona de recarga de agua o área de formación de acuíferos. De las 525 ha que conforman ésta zona, 455.6 ha (86.8 por ciento de su área) perdieron su bosque natural original. Es incuestionable que tal destrucción ha provocado descensos considerables en la producción continua y sostenible de agua.

VI. CONCLUSIONES

Los resultados del presente estudio conducen a emitir las siguientes conclusiones:

1. Ecológicamente, tres zonas de vida dominan el paisaje de la microhoya: bh-S, bh-MBS y bmh- MBS. Con esta base, la temperatura media anual varía entre 6 °C, en las partes más altas, y más de 24 °C en las más bajas. La precipitación promedio total anual oscila entre más o menos los 1,000 mm, en las porciones más bajas de la hoya, y alrededor de los 4,000 mm, en las más altas.
2. De las 1077.5 ha que cubren el área de la microcuenca, 705.9 ha (65.5 por ciento del total) tienen todavía bosque natural. Desafortunadamente, la zona más importante de la microcuenca, que es la de recarga de agua, perdió casi por completo su bosque natural de intercepción del vapor de agua atmosférico. Remanentes de este ecosistema cubren 69.4 ha (6.5 por ciento del total del área), de las 525 ha que originalmente tenían este uso de la tierra.
3. Dos series de suelos fueron reconocidas, mapeadas y clasificadas: Lloró y Mulule. La serie Lloró, concentrada

esencialmente en la zona de recarga, tiene suelos profundos y de alta fertilidad bajo condiciones naturales. Tal situación fué determinante para provocar la destrucción de los bosques latifoliados maduros. A pesar de sus aparentes cualidades, estos suelos son de inminente vocación forestal.

4. Existen evidentes conflictos en el uso actual de la tierra. Los terrenos bajo barbecho deberían estar con bosque natural de pino y/o latifoliadas. Las actividades agrícolas están concentradas bajo sitios inapropiados, desde el punto de vista ecológico e hidrológico.
5. El análisis de los datos de nueve meses de aforo, de la Quebrada Santa Inés, a la altura aproximada de los 1,100 m, arrojó un caudal medio mensual de $0.083 \text{ m}^3/\text{seg}$, equivalente a 83 l/seg. La calidad del agua es apropiada para fines de riego.
6. En estos momentos, existe en la microcuenca una serie de asentamientos humanos, ejerciendo presión sobre sus recursos naturales, principalmente el bosque. Este mismo grupo de personas es el responsable de propiciar erosión del suelo y contaminación del agua.

VII. RECOMENDACIONES

De tipo político:

1. Ante la importancia que tiene la microcuenca de la Quebrada Santa Inés, para el abastecimiento continuo y sostenible de agua de riego para la EAP, se insta a las autoridades de la misma a la toma de decisiones inmediatas, relacionadas con la adquisición de todos los terrenos de la zona. En este sentido, se recomienda que el proceso de compra de tales tierras se ejecute desde las partes más altas hacia las más bajas. De esta manera se garantizará dominio pleno sobre la zona de recarga y el éxito de cualquier proyecto de inversión, que con fines de riego, implemente la institución aguas abajo.
2. Ante la ambigüedad que representa el Decreto 87-87, del Congreso Nacional de la República, sobre la protección de los bosques nublados, la EAP deberá gestionar, en el menor tiempo posible, el refrendamiento de este decreto tomando como base los nuevos límites de la Reserva Biológica y su correspondiente Zona Forestal Protegida o Zona de Amortiguamiento, que se proponen en el presente estudio.

De tipo técnico:

1. Se recomienda que cualquier estudio posterior sobre ésta microcuenca tome en consideración los resultados del presente trabajo. Se es consciente de que la investigación se hizo a nivel de reconocimiento, pero aún así la información que proporciona será de gran ayuda para el desarrollo de un verdadero modelo de manejo de cuencas hidrográficas.
2. Diseñar e implementar, a la brevedad que el caso amerita, un plan de manejo para la microhoya, el que debiera tener una vigencia de cinco años, ante el hecho de que el área nunca ha sido manejada.
3. Independientemente del plan de manejo, se sugiere que se realice una planificación de la red de caminos forestales para la microcuenca, la que debe tomar en consideración las vías existentes, con el objeto de minimizar costos. Dicha planificación debe sustentarse en la búsqueda del uso múltiple de los recursos naturales y en criterios ecológicos, sociales, técnicos y económicos.

De tipo social:

1. Independientemente también del plan de manejo, se debe proceder, de manera inmediata, a la formulación de un amplio y sólido programa de extensión forestal, enfocado

de manera especial a la Aldea de Los Lavanderos y comunidades adyacentes. Tales poblaciones están, en estos momentos, ejerciendo una fuerte presión sobre los recursos naturales de la hoya.

VIII. RESUMEN

En estos momentos, el mundo experimenta una fuerte degradación de sus recursos naturales básicos, debido a que todavía no ha sido posible encontrar el equilibrio entre la gestión de estos recursos y su conservación. Tal situación es mucho más crítica en los países del Tercer Mundo, en donde el futuro de tales recursos está, por lo general, en manos de decisiones políticas y no necesariamente técnicas. Las cuencas hidrográficas y sus recursos asociados sufren degradaciones sin precedentes a causa de leyes y reglamentos inapropiados relativos al uso de la tierra. A nivel de microcuenca, la eliminación del bosque natural maduro en la zona de formación de acuíferos o área de recarga, constituye el mayor problema que enfrentan los países de América Central, en particular, y Latinoamérica, en general.

Ante una situación tan dramática, se seleccionó una microcuenca con problemas en el uso y tenencia de la tierra, con el propósito de caracterizarla biofísica y socioeconómicamente, evaluarla en términos de sus recursos naturales e identificar la problemática inherente a la gestión de los mismos.

Para tal efecto la microcuenca se delimitó sobre mapas topográficos, escala 1:50,000 y 1:5,000, se hicieron

levantamientos del uso actual de la tierra, ecología, vegetación, geología y suelos. Se determinó en forma directa el potencial de producción del sistema (caudal), por medio de molinete hidráulico.

El análisis de la información precedente permitió ubicar la hoya entre los 900 y 1,775 metros de elevación. Tres zonas de vida dominan el paisaje: bh-S, bh-MBS y bmh-MBS. Dos unidades geológicas se reconocieron: Matagalpa, en la parte alta y Padre Miguel en la parte baja. Se identificaron dos series de suelos: Lloró y Mulule. El 65% de las tierras están con bosque natural, localizado en las partes media y baja. En la zona de recarga, sólo queda el 13.2% con bosque natural maduro (69 de las 525 ha totales). El caudal medio mensual fué de 83 lts/seg y las características químicas del agua la hacen apropiada para riego.

La microhoya presenta un estado precario de sus condiciones hidrológicas, debido a la destrucción del bosque de captación de vapor de agua atmosférico. Lo anterior se agudiza con prácticas agrícolas inapropiadas. Aunque aparentemente la cobertura vegetal es apropiada, lo es en sí para aquella zona cuya función primordial es la regulación de aguas lluvias.

La EAP deberá tomar acciones inmediatas encaminadas a formular e implementar un plan de manejo, si del área se pretenden obtener bienes y servicios en forma continua y sostenible.

IX. LITERATURA CITADA

- ABARCA, F. et al. 1988. Selección de una cuenca piloto en la zona sur de Honduras utilizando metodología de priorización ad hoc. Tegucigalpa, Hond. 24 p.
- AGUILAR, J.R. 1992. Conceptos generales sobre el desarrollo integral de cuencas hidrográficas. In Seminario Manejo de Cuencas Hidrográficas en Honduras. (1992, La Ceiba, Hond.). [Memoria]. La Ceiba, Hond. s.p.
- BAUER, G. 1990. Información general sobre manejo de cuencas hidrográficas e hidrología. In Curso Corto sobre Manejo de Cuencas Hidrográficas, (1990, Guatemala). [Manual de Capacitación]. Guatemala. p. 2-11
- BERMUDEZ, K.; RODRIGUEZ, G.; CACERES, D.; ARREOLA, E. 1992. Cuarenta y ocho hectáreas de bosque mueren cada hora. In Panorama Internacional: Revista semanal centroamericana (Hond.) (133): 24-26
- BLAIR, J. 1988. La cuenca como unidad de planificación. In Planificación del Uso de la Tierra en el Manejo de Cuencas. (1988, Turrialba, C.R). Turrialba, C.R. p. irr.
- CAMPANELLA, P. et al. 1982. Perfil ambiental de Honduras: un estudio de campo. Trad. por Ana Capurro. Virginia, EE.UU. 201 p.

- CASTELLANOS, V. 1977. Descripción de las principales series de suelos de Honduras. Tegucigalpa, Hond. 40 p.
- COLOMBIA. INSTITUTO NACIONAL DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES (INDERENA)-PROCAM. 1986. La cuenca hidrográfica. Bogotá, Col. p. 10-11
- ELVIR, R. 1974. Geología de Honduras. Tegucigalpa, Hond. Ministerio de Recursos Naturales. 48 p. (Publicación No.1)
- FAO (ITALIA). 1958. Introducción a la ordenación de cuencas hidrográficas. Roma, Italia. 60 p. (Informe FAO No. 703)
- FAO (ITALIA). 1962. Forest influences: an introduction to ecological forestry. FAO, Roma (Italia). 283 p. (FAO Forestry Series No.9)
- FAO (ITALIA). 1968. Guía para la descripción de perfiles de suelo. Roma, Italia. 60 p.
- FAUSTINO, J. 1986. Metodología para priorización de subcuencas y zonas de tratamiento con fines de conservación de suelos y aguas. In Tercer Seminario Nacional de Manejo de Cuencas Hidrográficas. [Memoria]. La Ceiba, Hond. p. irr.
- GUTIERREZ, C. 1988. Potencialidad hídrica y el uso de la tierra. In Planificación del Uso de la Tierra en el Manejo de Cuencas (1988, Turrialba, C.R.). [Resúmenes]. Turrialba, C.R. p. irr.

- HOLDRIDGE, L. 1987. Ecología basada en zonas de vida. Servicio Editorial IICA. San José, C.R. 216 p.
(Colección libros y materiales educativos No.83)
- HOLY, M. 1974. El agua y el medio ambiente. FAO Roma, Italia. 66 p. (Estudio FAO: Riego y Drenaje)
- HONDURAS. COMISION NACIONAL PARA EL MANEJO DE CUENCAS DE HONDURAS. 1989. La cuenca prioritaria modelo de Honduras: marco lógico para la elaboración del plan de manejo. Tegucigalpa, Hond. 44 p.
- HONDURAS. SECRETARIA DE PLANIFICACION COORDINACION Y PRESUPUESTO (SECPLAN). 1989. Perfil ambiental de Honduras. Tegucigalpa, Hond. 346 p.
- INTERNATIONAL PARTICIPATION FOR FORESTRY DEVELOPMENT IN HONDURAS. (1988, Tegucigalpa, Hond.). 1988.
[Resúmenes]. Tegucigalpa, Hond. 202 p.
- LEONARD, H.J. 1986. Recursos naturales y desarrollo económico en América Central: un perfil ambiental regional. Trad. del inglés por G. Budowski y T. Maldonado. CATIE, Turrialba, C.R. 268 p.
(Informe Técnico CATIE No.127)
- LOSILLA, M. y BLAIR, E. 1988. Situación institucional del manejo de cuencas en Centroamérica y Panamá y acciones del PRMC-CATIE. In Curso Corto sobre Planificación del Uso de la Tierra en el Manejo de Cuencas. (Turrialba, C.R.) Turrialba, C.R.

- MAZUERA GONZALEZ, O.E. 1980. Cuencas hidrográficas en Colombia: criterios generales de planeación y desarrollo. In Seminario Nacional sobre la preservación y aprovechamiento del bosque como recurso natural renovable en Colombia. (1980, Bogotá, Col.) Bogotá, Col. 46 p.
- MENDIETA, M. 1992. Conceptos básicos sobre la planificación y uso de las tierras. In Seminario Manejo de Cuencas Hidrográficas en Honduras. (1992, La Ceiba, Hond.). [Memoria]. La Ceiba, Hond. s.p.
- MOJICA, I.H. 1975. Mejoramiento y mantenimiento de cuencas hidrográficas. Papel presentado al Ministerio de Recursos Naturales. Departamento de Ciencias Forestales. CATIE, Turrialba, C.R. 29 p.
- _____. 1978. Las cuencas hidrográficas como unidades geo-económicas. In Seminario sobre Planificación y Uso de Cuencas Hidrográficas. (1978, Siguatepeque, Hond.). [Conferencias]. Siguatepeque, Hond. pp.A1-A2
- _____. 1978. Conflictos culturales en el manejo de cuencas hidrográficas en el Istmo Centroamericano. CATIE, Turrialba, C.R. 8 p.
- ORGANIZACION METEOROLOGICA MUNDIAL. 1977. Estudios hidrológicos: manual de instrucciones. Proyecto Hidrometeorológico Centramericano. Managua, Nic. 511 p. Publicación No.140

- OYUELA, O. 1992. Resumen del Manejo de Cuencas en Honduras. In Taller Internacional sobre Evaluación de Programas y Proyectos de Manejo de Cuencas Hidrográficas en Relación al Programa de Acción Forestal de los Trópicos, (1991, Tegucigalpa, Hond.). [Informe]. Santiago, Chile. p. 59-67
- RED LATINOAMERICANA DE COOPERACION TECNICA EN MANEJO DE CUENCAS HIDROGRAFICAS. s.f. Manejo integrado de cuencas hidrográficas en América Latina. FAO, Roma, Italia. 31 p.
- SEMINARIO, E. 1985. El manejo de cuencas. In Tercer Seminario Nacional de Manejo de Cuencas Hidrográficas. [Memoria]. La Ceiba, Hond. p. 3-14
- SIMMONS, C.; CASTELLANOS, V. 1968. Mapa general de suelos de la República de Honduras. Tegucigalpa, Hond. Instituto Geográfico Nacional. Esc. 1:1,000,000.
- TALLER INTERNACIONAL SOBRE EVALUACION DE PROGRAMAS Y PROYECTOS DE MANEJO DE CUENCAS HIDROGRAFICAS EN RELACION AL PROGRAMA DE ACCION FORESTAL DE LOS TROPICOS. (1991, Tegucigalpa, Hond.). 1992. [Informe]. Santiago, Chile. 86 p.
- TECNORIEGO. 1990. Estudio de prefactibilidad: embalse quebrada Los Lirios con fines de irrigación en terrenos de la Escuela Agrícola Panamericana. San Pedro Sula, Hond. 27 p.

- TSCHINKEL, H. 1978. Planificación y ejecución de la corrección de las cuencas afectadas por el Huracán Fifi. In Seminario sobre Ordenación y Planificación. (1978, Siguatepeque, Hond.). [Conferencias]. Siguatepeque, Hond. p. irr.
- WILLIAMS, H.; MCBIRNEY, A.R. 1969. Volcanic history of Honduras. University of California Press. Los Angeles, California, EEUU. 101 p.

Anexo 1. Cambios en el uso de la tierra en América Central,
1960-1980

País	Uso de la tierra (%)					
	Bosque		Cultivos		Pastizal	
	1960	1980	1960	1980	1960	1980
Guatemala	77	42	14	17	10	8
Belice	ND	44	ND	3	ND	2
El Salvador	11	7	32	35	29	29
Honduras	63	36	13	16	18	30
Nicaragua	54	38	10	13	14	29
Costa Rica	56	36	9	10	19	31
Panamá	59	55	7	8	12	15
Total Región	61	40	11	13	15	22

Anexo 2. Drenaje superficial en América Central
(miles de Km²)

PAIS	CARIBE		PACIFICO	
	AREA	PORCENTAJE	AREA	PORCENTAJE
Nicaragua	117	90	13	10
Honduras	92	82	20	18
Guatemala ¹	86	79	23	21
Panamá	24	31	53	69
Costa Rica	24	47	27	53
Belice	23	100	--	--
El Salvador	--	--	21	100
TOTAL	366	70	157	30

^{1/} Incluye el Golfo de México

Anexo 3. Precipitación promedio (mm) mensual y anual de la Estación El Zamorano para 45 años.

ANO	E	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
1944	+	8.6	5.6	0.0	22.4	86.4	424.7	179.8	203.7	182.6	42.2	38.4	4.6	1199.0
1945	+	9.9	4.1	11.4	14.0	156.7	222.0	78.2	187.7					684.0 i
1946	+											56.1	11.7	67.8 i
1947	+	21.2	13.0	7.4	2.5	28.4	162.6		177.0	146.1	194.6	118.1	34.5	305.5 i
1948	+	13.0	10.4	4.1	6.6	164.3	363.7	184.4	77.0	188.2	175.5	42.2	13.0	1242.4
1956	+					181.6	309.1	137.2	56.1	269.5	87.6	48.5		1089.6 i
1957	+	25.4	0.0	0.0	83.3	253.7	257.0	112.3	102.4					834.1 i
1959	+	26.4		1.0		125.7	141.7	57.4	122.7	38.6	140.5	3.6	0.0	657.6 i
1960	+	43.4	0.0		186.7	343.7	221.0	95.0	211.1	193.0	202.4	87.1	13.7	1597.1 i
1961	+	22.1	20.8	2.5	15.0	21.6	237.2	192.3	93.2	95.8	100.3	65.8	27.2	893.8
1962	+	7.4	0.0	0.3	6.6	13.0	236.5	133.6	79.5	100.3	95.3	27.7	0.0	700.2
1963	+	26.2	11.7	16.3	11.2	47.2	139.4	173.7	105.9	120.7	196.9	102.9	0.3	952.4
1964	+	4.8	12.2	0.3	58.9	92.5	268.2	173.2	182.4	215.1	59.4	62.5	8.1	1137.6
1965	+	6.4	26.2	6.1	20.6	212.3	198.7	127.0	93.2	191.0	102.4	41.1	14.7	1030.7
1966	+	4.6	1.8	73.4	48.8	165.6	205.7	166.9	129.3	189.2	186.7	20.1	9.4	1201.5
1967	+	9.9	7.6	59.2	83.6	7.4	216.4	158.5	102.4	164.8	39.4	28.2	18.3	859.7
1968	+	20.8	6.9	0.8	4.1	251.7	160.8	80.8	118.4	140.7	107.4	47.8	21.8	962.0
1969	+	20.1	4.3	54.1	4.6	303.0	280.2	139.2	313.2	333.6	289.3	50.5	13.5	1805.6
1970	+	9.4	5.8	0.8	47.5	164.6	124.2	209.8	192.5	224.8	127.3	38.6	5.3	1150.6
1971	+	7.9	7.6	1.5	0.0	199.9	75.9	112.8	147.6	184.7	203.5	25.1	33.5	1000.0
1972	+	13.0	3.3	1.5	1.0	167.6	102.9	99.1	101.6	91.4	100.1			681.5 i
1973	+	13.0											6.4	19.4 i
1974	+	31.2	6.4	15.2	12.7	117.6	234.7	147.3	135.4	199.6	84.6	13.0		997.7 i
1975	+	68.1	1.0	17.0	7.1	192.0	38.6	141.7	148.2	353.0	237.7	131.3		1327.7 i
1976	+		2.8	0.3	3.6	88.4	317.2	91.4	67.8	97.3	221.2	53.6		943.6 i
1977	+		0.0	0.0	25.4					306.1	48.3			379.8 i
1979	+	4.8	15.7	14.5	102.1	137.4	360.7	161.0		206.8		88.6	57.2	1148.8 i
1980	+	1.5	5.3	3.6	48.3	317.2	248.9		115.8			17.5		758.1 i
1981	+	2.4	0.0	0.0	0.0	166.2	262.3	108.7	343.2	117.1	119.8	15.6	40.1	1175.4
1982	+	7.1	10.8	4.1	1.1		222.7	103.2	72.1	187.3	101.4	22.8	8.6	741.2 i
1983	+	2.8	12.8	7.8	26.3	44.1	146.0	165.1	177.8	237.9	78.6	70.0	20.1	989.3
1984	+	15.1	2.6	5.3	10.4	156.0	217.6	171.3	226.9	230.4	162.8	15.5	15.5	1229.4
1985	+	5.4	6.1	7.0	126.9	99.5	40.8	85.2	92.2	138.1	192.3	16.2	46.0	855.7
1986	+	12.9	4.8	0.0	4.4	212.4	87.6	142.0	80.5	230.0	85.0	97.2	10.9	967.7
1987	+	0.7	0.0	94.5	7.6	73.0	160.5	196.7	133.9	220.4	49.1	9.1	10.0	955.5
1988	+			47.4	84.0	115.0			311.7	261.9		13.3	4.7	838.0 i
1989	+	16.3	8.2	1.7	2.7	128.6	140.2	110.9	150.8	360.2	94.4	47.7	11.5	1073.2
1990	+	24.2	7.7	4.3	3.8	111.4	131.8	67.7	166.1	278.2	85.2	184.9	14.7	1080.0
1991	+	11.3	8.5	1.0	1.8	106.8	67.0	57.7	84.5	171.6	117.6	11.3	16.5	655.6
1992	+	6.7	5.1	8.9	121.8	204.4	222.9	135.7	55.9	238.4	111.5	23.2	26.5	1161.0
Promedio		15.0	6.8	13.1	33.5	146.0	201.3	132.3	143.3	197.3	128.5	49.6	16.7	933.7
Máximo		68.1	26.2	94.5	186.7	343.7	424.7	209.8	343.2	360.2	289.3	184.9	57.2	1805.6
Mínimo		0.7	0.0	0.0	0.0	7.4	38.6	57.4	55.9	38.6	39.4	3.6	0.0	19.4
N		35.0	35.0	36.0	36.0	36.0	36.0	34.0	36.0	35.0	33.0	35.0	31.0	40.0

+ Revisados

i incompleto

{Fuente: Servicio Meteorológico Nacional, Honduras, 1986; Registros EAP, 1993}

ANEXO 4. Temperaturas promedio (°C) mensual y anual de la Estación El Zamorano para 25 años.

Años	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	Prom
59-60	23.3	22.6	20.5	21.3	21.5	21.2	21.0	20.2	20.7	21.6	22.6	24.2	21.7
60-61	25.0	24.4	23.9	23.8	24.0	23.8	22.0	20.3	21.2	21.8	23.3	25.1	23.2
61-62	25.6	23.6	20.4	23.5	23.0	20.3	21.8	21.3	20.9	19.1	22.2	22.3	22.0
62-63	21.7	24.7	22.0	21.9	23.8	23.1	21.8	19.7	20.1	21.1	22.9	23.5	22.2
63-64	24.1	23.2	22.3	22.8	22.9	22.3	21.2	20.6	19.9	21.7	21.7	23.6	22.2
64-65	29.7	21.3	21.7	22.5	22.3	21.4	20.6	20.3	18.6	21.2	21.7	22.7	21.5
65-66	23.9	22.8	22.1	21.5	21.6	21.3	21.6	21.3	21.7	23.5	24.3	24.5	22.5
66-67	25.1	23.9	23.8	23.6	23.6	23.1	20.3	19.6	20.7	21.8	22.1	23.4	22.6
67-68	24.2	23.6	22.6	23.7	23.1	22.7	21.5	21.0	20.5	20.1	21.5	23.3	22.3
68-69	23.8	22.6	22.2	22.6	22.6	21.9	20.9	20.3	20.1	20.9	23.2	24.3	22.1
69-70	25.0	23.6	23.1	23.1	23.1	23.2	21.5	20.8	20.8	21.1	23.4	24.1	22.7
70-71	24.0	23.6	23.0	23.3	22.9	23.3	20.4	20.2	19.9	20.8	21.8	22.9	22.1
71-72	24.5	23.2	22.4	22.4	22.8	22.7	21.1	20.4	20.2	21.1	22.1	23.8	22.3
72-73	24.2	23.2	23.0	23.3	22.9	23.1	21.0	20.2	21.3	18.9			22.0
73-74	26.8	25.0	24.3	24.4	24.0	23.2	23.2	19.2	18.9	19.8	21.9	23.4	22.8
74-75	23.8	22.9	22.1	22.6	22.2	21.4				21.9	25.0		22.7
75-76													
76-77							22.6	22.7		23.6		27.1	
77-78			25.1	25.5	25.7	24.9	22.6	22.7	23.0	24.2	26.2	27.6	24.8
78-79	27.6	25.6	24.7	24.3	24.0	24.0	23.9	22.9	22.7	23.5	25.3	27.0	24.6
79-80	27.2	24.7	25.5	25.0	24.8	25.0	23.8	23.6	24.2	23.1	27.1	27.9	25.2
80-81	28.3	25.6	25.7	25.4	25.6	25.1	24.2	22.6	23.2	24.2	26.7		25.2
81-82	27.5	25.7	25.6	25.8	25.8	25.9	24.7	24.8	24.5	25.2	26.5	28.1	25.8
82-83	27.0	26.3	26.0	24.1	24.0	23.4	22.8	22.3	23.2	24.3	26.2	26.8	24.7
83-84	28.3	25.5	24.1	24.4	24.3	24.0	23.4	22.5	21.9	22.4	26.8	27.0	24.6
84-85	27.1	24.6	23.8	23.7	24.0	23.7	22.0	21.9	21.6	22.5	25.0	26.3	23.9
85-86	26.0	25.1	24.1	24.6	24.8	24.0	32.2	22.4	21.5	23.3	24.1	26.5	24.1
86-87	26.0	24.3	23.7	24.0									
Promedio	25.3	24.1	23.4	23.6	23.6	23.1	22.1	21.4	21.3	22.0	23.9	25.0	23.2

(Fuente: Dirección Ejecutiva del Catastro, Honduras, 1987)

Anexo 5. Temperaturas máximas promedio (oC) mensual y anual de la Estación El Zamorano para 20 años.

Años	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	Prom
73-74	31.4	29.7	28.4	29.6	28.9	28.1	26.8			28.2	30.1	30.8	29.2
74-75	30.3	28.6	27.7			26.7	26.0		28.8	30.6			28.4
75-76											29.8	31.3	30.6
76-77	32.3	28.6	28.2	29.3		28.8	26.7	29.6	28.4	29.5	32.1	31.7	29.6
77-78			28.9	29.8	30.0	29.0	27.8	27.3	27.6	29.8	31.1	32.2	29.4
78-79	32.0	28.7	28.1	28.7	28.5	28.8	28.4	27.8	28.9	29.1	30.7	31.5	29.3
79-80	31.0	28.4	29.3	28.6	28.2	28.4	27.4	26.9	28.2	29.4	31.7	21.1	29.1
80-81	32.5	29.2	28.6	28.3	28.7	28.4	27.4	26.6	28.0	28.4	31.8		28.9
81-82	31.4	28.6	28.9								32.5	32.1	30.7
82-83	30.2	29.0	27.9	28.4	28.6	27.6	27.4	27.5	28.8	30.4	32.8	32.7	29.3
83-84	33.4	30.7	28.2	28.7	28.7	28.3	28.0	27.3	27.1	27.8	32.3	33.2	29.5
84-85	32.3	28.8	29.0	27.7	28.2	27.9	26.9	26.6	27.1	27.7	30.4	31.3	28.7
85-86	31.3	29.6	29.1	29.2	29.9	28.3	27.6	26.7	26.3	29.9	30.1	32.4	29.2
86-87	30.8	28.2	27.2	28.7									28.7
87-88	33.6	33.5	29.8	29.9	31.8	32.0	31.6	32.8	31.6	34.0	36.4	36.6	32.8
88-89	34.2		31.4	30.8	30.0	29.8	30.9	28.5			35.0	34.6	31.7
89-90	35.2	32.8	30.6	32.9	32.2	30.2	30.6	28.6	29.0	32.0	33.3	33.8	31.8
90-91	34.5	31.6	32.2	32.6	30.9	31.2	30.0	27.6	29.5	31.2	34.2	32.3	31.5
91-92	34.4	31.8	31.7	31.7	33.5	31.3	29.5	29.0	29.2	31.5	34.9	35.9	32.0
92-93	33.5	33.5	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0	33.0	34.1	36.0	35.0	32.1
Promedio	32.5	30.1	29.2	29.7	29.9	27.5	28.4	28.2	28.8	30.2	32.5	32.3	30.1

(Fuente: Dirección Ejecutiva del Catastro, Honduras, 1987)

Anexo 6. Temperaturas mínimas promedio (oC) mensual y anual de la Estación El Zamorano para 20 años.

Anos	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	Prom
73-74	21.0	19.6	19.1	18.4	18.7	19.3	17.5			14.3	15.3	15.2	18.1
74-75	19.5	19.2	18.2			17.7	15.5		11.5	14.4			15.6
75-76											16.4	17.4	15.9
76-77	17.4	17.5	17.2	17.5		16.5	15.9	15.2	13.4	16.2	16.5	15.5	15.6
77-78			19.1	19.3	19.2	18.0	17.3	15.9	14.8	15.6	16.8	17.6	17.4
78-79	19.6	18.6	17.8	18.6	18.5	17.7	17.9	15.7	13.7	14.6	17.0	15.4	17.4
79-80	19.6	20.0	19.8	19.9	19.3	18.5	17.1	16.3	16.8	15.6	16.7	17.8	18.1
80-81	20.7	20.1	19.6	19.0	18.2	19.3	17.5	14.9	13.2	14.9	16.2		17.6
81-82	19.3	19.7	18.8	19.0	18.9	18.6	15.9	16.3	15.8	16.7	16.5	15.3	17.8
82-83	20.0	19.8	18.3	19.1	18.5	17.9	16.4	15.0	16.2	17.1	17.5	15.8	18.0
83-84	20.7	20.7	19.9	19.5	19.4	18.9	17.8	16.4	15.2	15.8	17.3	15.0	18.3
84-85	19.4	18.9	18.3	18.0	18.4	18.0	15.4	15.6	13.4	15.0	17.1	15.1	17.1
85-86	18.0	18.3	17.9	18.0	17.6	17.7	16.8	16.5	14.5	13.4	13.7	15.2	15.6
86-87	20.5	19.8	19.1	19.5									15.7
87-88	17.1	17.8	18.2	16.3	16.8	12.8	11.5	12.0	6.5	11.5	13.0	13	15.9
88-89	13.5		18.0	17.0	16.0	17.5	12.5	15.0			12.0	15.5	15.2
89-90	18.0	15.2	16.5	16.5	16.7	16.3	15.0	9.0	11.0	10.0	10.5	15.8	14.2
90-91	15.0	18.7	17.7	15.2	16.0	11.3	13.2	10.8	11.0	12.0	13.0	15.9	14.5
91-92	16.2	17.0	13.5	14.7	14.3	12.3	10.5	13.0	10.8	8.5	9.7	15.5	15.8
92-93	16.9	12.0	12.0	12.0	11.4	11.7	10.5	12.0	10.5	10.3	12.7	15.4	15.4
Promedio	18.5	16.4	17.9	17.6	17.4	16.7	15.2	14.4	13.0	13.9	14.9	17.30	15.40

(Fuente: Dirección Ejecutiva del Catastro, Honduras, 1987)

Anexo 7. Precipitación promedio (mm) mensual y anual de la Estación Guinope para 17 años.

ANO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
1972	1.3	0.0	0.0	0.0	244.6	14.9	88.1	91.1	106.7	108.6	8.5	1.8	665.6
1973	0.0	0.0	0.0	1.1	183.3	204.9	175.5	192.9	140.0	260.9	3.0	0.2	1161.8
1974	21.1	0.4	1.2	0.4	321.6	180.2	79.8	86.9	311.9	125.8	3.4	1.8	1134.5
1975	10.3	13.0	0.3	0.0	179.9	11.8	95.8	140.2	323.0	292.7	71.1	8.7	1146.8
1976	11.9	0.1	0.1	2.6	76.6	311.7	38.3	63.5	60.7	207.5	38.6	4.1	815.7
1977	0.0	5.6	0.0	27.9	249.3	191.5	38.7	59.9	111.9	25.8	61.8	0.2	773.6
1978	11.4	6.3	11.3	2.1	137.5	69.8	19.5	71.4	152.3	93.1	24.7	10.7	670.2
1979	1.3	21.9	11.3	73.5	76.3	335.4	198.7	210.2	346.2	146.3	45.3		1466.4 i
1980	0.0	5.2	1.6	100.3	497.8	431.1	196.7	117.7	377.6	378.0	16.7	9.6	2132.3
1981	5.0	25.1	8.0	17.1	214.9	354.8	117.6	288.5	150.7	164.4	13.1	11.6	1370.8
1982	1.0	5.8	4.3	17.8	146.8	247.8	114.4	60.7	336.0	107.1	42.2	0.7	1084.6
1983	1.0	5.4	10.5	12.7	117.6	297.0	112.1	269.3	278.4	200.1	60.0	11.0	1375.1
1984	5.4	10.1	21.3	8.6	144.0	168.8	130.0	248.2	322.1	98.5	4.2	2.3	1163.5
1985	4.7	5.2	1.2	137.0	45.0	66.8	96.7	146.0	81.9	140.2	47.0	24.0	795.7
1986	29.6	19.4	0.3	4.9	230.2	57.9	41.0	49.6	146.2	69.8	38.2	8.6	695.7
1987	10.5	0.0	19.3	23.5	145.1	178.6	140.1	81.4	172.0	27.0	11.0	10.5	819.0
1988	4.2	21.5	27.7	29.5	136.2	150.7	68.7	324.5	304.3	109.4	27.6	15.1	1219.4
Promedio	7.0	8.6	7.0	27.0	185.1	192.6	103.0	147.2	218.9	150.3	30.4	7.6	1087.7
Máximo	29.6	25.1	27.7	137.0	497.8	431.1	198.7	324.5	377.6	378.0	71.1	24.0	2132.3
Mínimo	0.0	0.0	0.0	0.0	45.0	11.8	19.6	49.6	60.7	25.8	3.0	0.2	665.6
N	17.0	17.0	17.0	17.0	17.0	17.0	17.0	17.0	17.0	17.0	17.0	16.0	17.0

i incompleto

Anexo 8. Mediciones de caudales en la estación Santa Inés (Estudio Tecnológico)

Order Number	Date	Ratin	Stage (m)	Velocity (m/s)	Area (sq m)	Discharge (cumecs)	---Comparison--- Diff./Rat. Plot
1	20 Apr 1990	?	0.260	0.135	0.480	0.065	
2	23 Apr 1990	?	0.260	0.140	0.480	0.067	
3	23 Apr 1990	?	0.260	0.133	0.480	0.064	
4	24 Apr 1990	?	0.260	0.133	0.480	0.064	
5	24 Apr 1990	?	0.260	0.131	0.480	0.063	
6	25 Apr 1990	?	0.260	0.135	0.480	0.065	
7	25 Apr 1990	?	0.260	0.131	0.470	0.062	
8	26 Apr 1990	?	0.260	0.138	0.480	0.066	
9	26 Apr 1990	?	0.260	0.140	0.480	0.067	
10	27 Apr 1990	?	0.260	0.133	0.480	0.064	
11	27 Apr 1990	?	0.260	0.133	0.480	0.064	
12	28 Apr 1990	?	0.260	0.132	0.480	0.063	
13	28 Apr 1990	?	0.260	0.135	0.480	0.065	
14	30 Apr 1990	?	0.260	0.131	0.480	0.063	
15	30 Apr 1990	?	0.260	0.135	0.480	0.065	
16	02 May 1990	?	0.260	0.131	0.480	0.063	
17	02 May 1990	?	0.260	0.142	0.480	0.068	
18	03 May 1990	?	0.260	0.130	0.480	0.062	
19	03 May 1990	?	0.250	0.130	0.470	0.061	
20	04 May 1990	?	0.250	0.125	0.470	0.059	
21	04 May 1990	?	0.250	0.128	0.470	0.060	
22	05 May 1990	?	0.260	0.128	0.480	0.061	
23	05 May 1990	?	0.250	0.124	0.470	0.058	
24	07 May 1990	?	0.260	0.128	0.480	0.061	
25	07 May 1990	?	0.260	0.119	0.480	0.057	
26	08 May 1990	?	0.260	0.130	0.480	0.062	
27	08 May 1990	?	0.260	0.129	0.470	0.061	
28	09 May 1990	?	0.260	0.124	0.480	0.059	
29	09 May 1990	?	0.260	0.131	0.480	0.063	
30	10 May 1990	?	0.260	0.130	0.480	0.062	
31	10 May 1990	?	0.260	0.130	0.480	0.062	
32	11 May 1990	?	0.260	0.126	0.480	0.060	
33	11 May 1990	?	0.250	0.125	0.470	0.059	
34	12 May 1990	?	0.250	0.121	0.470	0.057	
35	12 May 1990	?	0.250	0.125	0.470	0.059	
36	14 May 1990	?	0.250	0.120	0.470	0.056	
37	14 May 1990	?	0.250	0.122	0.470	0.057	
38	15 May 1990	?	0.250	0.118	0.470	0.055	
39	15 May 1990	?	0.250	0.118	0.470	0.055	
40	16 May 1990	?	0.250	0.121	0.470	0.057	
41	16 May 1990	?	0.250	0.123	0.470	0.058	
42	17 May 1990	?	0.250	0.123	0.470	0.058	
43	17 May 1990	?	0.250	0.123	0.470	0.058	
44	18 May 1990	?	0.270	0.144	0.490	0.071	
45	18 May 1990	?	0.260	0.139	0.480	0.067	

Total Number of gaugings = 45

Anexo 9. Formato para el levantamiento de la encuesta socioeconómica.

1. Lugar_____ Fecha_____ Elevación_____

Encuestador_____

2. Agricultor_____

3. Número de personas que viven en la casa_____

4. Tiempo de permanencia en el lugar_____

5. Uso y Método de obtención de agua:

Agua Potable_____

Letrina: SI_____ NO_____ Porqué?_____

6. Area ocupada y Superficie cultivada:

a) Agricultura: Cultivos Area Rmto Insumo

b) Ganadería: Area_____ Ganado_____

c) Bosque: Area_____ Tipo_____

d) Otras: _____

7. Tenencia de la Tierra:_____

8. Obtención de la Leña:_____

9. Extracción de Madera: Autorizada_____

Furtiva_____

10. Observaciones:

Anexo 10. Descripción de un perfil de los suelos Inceptisoles-Tropepts

Clasificación taxonómica	:	Or.Inceptisoles Subor.Tropepts
Agrupación morfológica	:	Materiales piroclásticos y viejas fumarolas
Serie de suelo	:	Lloró
Número de perfil	:	Santa Inés #2
Coordenadas geográficas	:	07 ^o y 40 ⁸ Hoja Yuscarán # 2857 IV
Coordenadas U.T.M.	:	
Localización	:	Montaña Granadillas
Vegetación y uso	:	Guamil
Pendiente y forma del terreno	:	65% ladera
Drenaje y permeabilidad	:	Bien drenado
Material parental	:	Cenizas volcánicas
Zona de vida	:	bmh-MBS
Elevación	:	1580 msnm
Descrito y colectado por	:	José Manuel Rosales S.

0 - 15 cm	Café rojizo oscuro (5YR 2.5/1); franco limoso; estructura migajosa muy fina; muy friable; no adherente ni plástico; con muchos poros finos; muchas raíces finas.
15 - 30 cm	Café rojizo oscuro (5YR 3/4); franco limoso; estructura débil; migajosa; muy friable; no adherente ni plástico; poros muchos finos; raíces finas muchas.
30 - 62 cm	Rojo amarillento (5YR 4/6); franco arcillo limoso; estructura débil prismática fina; friable; adherente; ligeramente plástico; poros muchos muy finos; raíces finas y medianas muchas.
62 - 100 cm	Rojo amarillento (5YR 4/6); arcilla; moderada bloque angular; mediana; friable; adherente y plástica.
100 - 123 cm	Café rojizo oscuro (5YR 3/4); arcilla; sin estructura; aglomerado; friable; adherente y plástica.
123 - 162 cm	Café rojizo oscuro (5YR 3/3); arcilla; sin estructura; friable; adherente y plástica.

Anexo 11. Análisis físico-químico de los suelos Inceptisoles Tropepts.

Prof. cm	Granulometría				Ph	Elementos mayores (ppm)				Elementos menores (ppm)				M.O. %	% N tot.
	Are	L	A	Tex		H2O	Ca	Mg	P	K	Mn	Zn	Cu		
0-15	46	48	6	FA	5.7	2813	407	0.2	360	21.4	4.2	0.5	3.8	18.8	0.73
15-30	58	30	12	FA	5.35	197	62	0.1	108	11.6	1.3	1.2	6.3	8.2	0.3
30-62	52	12	36	AA	5.09	439	101	0.08	91	5.8	1.2	4.3	63	3.6	0.16
62-100	44	12	44	A	5.16	379	80	0.0	91	9.1	1.7	4.6	59	2.3	0.11
100-123	36	16	48	A	5.01	266	81	0.08	67	11.9	2.5	3.0	36	1.0	0.06
123-162	24	26	50	A	4.84	312	111	0.0	73	618	3.5	2.4	50	0.64	0.04

L = limo
A = arcilla
FA = franco arenoso
AA = arcillo arenoso
A = arcilloso

Anexo 12. Descripción de un perfil de los suelos Entisoles Orthents

Clasificación taxonómica	:	Or.Entisoles, Subor.Orthents
Agrupación morfológica	:	Materiales piroclásticos fragmentados o
Serie de suelo	:	Mulule
Número de perfil	:	Santa Inés #1
Coordenadas geográficas	:	06 ^s y 42 ^s Hoja Yuscarán #2857 IV
Coordenadas U.T.M.	:	
Localización	:	El Hondable
Vegetación y uso	:	Bosque pinar
Pendiente y forma del terreno	:	65% ladera
Drenaje y permeabilidad	:	Bien drenado a rápido
Material parental	:	Ignimbritas
Zona de vida	:	bh-S
Elevación	:	1380 msnm
Descrito y colectado por	:	José Manuel Rosales S.

0 - 10 cm	Gris (10YR 5/1); franco arenoso; estructura migajosa mediana; seco suelto; húmedo friable; con 5% de fragmentos de roca angulares.
10 - 25 cm	Café pálido (10YR 6/3); franco arenoso; sin estructura; seco ligeramente duro; con 10-50% de fragmentos de roca angulares (grava).
26 - 65 cm	Café muy pálido (10YR 7/4); franco arenoso; sin estructura; seco ligeramente duro; friable; no adherente ni plástico.
65 y más	Material madre; ignimbritas riolíticas.

Anexo 13. Análisis físico-químico de los suelos Entisoles Orthents.

Prof. cm	Granulometría				Ph	Elementos mayores (ppm)				Elementos menores (ppm)				M.O. %	% N tot.
	Are	L	A	Tex		H2O	Ca	Mg	P	K	Mn	Zn	Cu		
0-10	58	24	18	FA	5.59	1314	186	0.9	130	46	1.8	0.37	16	7.4	0.13
10-25	62	20	18	FA	5.55	455	120	0.0	66	15	0.41	0.62	0	2.48	0.04
25-65	58	22	20	FA	5.63	373	133	0.2	80	4.6	0.16	0.62	14	0.58	0.01

L = limo
A = arcilla
FA = franco arenoso

DATOS BIOGRAFICOS DEL AUTOR

Nombre: Brenda Yanira García Ramos
Fecha de Nacimiento: 30 de septiembre de 1968
Lugar de Nacimiento: San Esteban, Olancho, Honduras
Estado Civil: Soltera
Dirección: Colonia Rio Grande, Tegucigalpa.
Tel. 33-5232

EDUCACION

Universitaria Agrónomo. Escuela Agrícola
Panamericana, El Zamorano, Honduras.
1988

Secundaria Bachiller en Ciencias y Letras.
Instituto Sagrado Corazón (Liceo
Hondureño). 1985