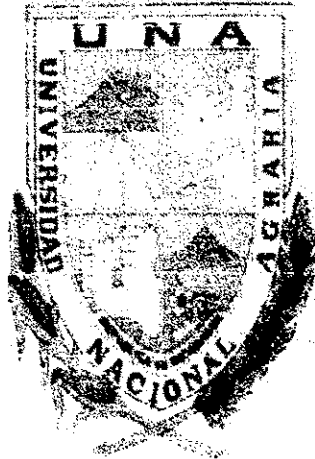


**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA  
FACULTAD DE RECURSOS NATURALES Y DEL AMBIENTE  
ESCUELA DE SUELOS Y AGUA**



**TRABAJO DE DIPLOMA**

***CARACTERIZACION DE LOS RECURSOS HÍDRICOS Y EDÁFICOS  
DE LA CUENCA DEL RÍO ACAYO, SANTA TERESA, CARAZO,  
NICARAGUA.***

**AUTOR: María Salomé Bermejo Castillo.**

**ASESORES: Ing. Martha Orozco I.**

**Ing. Efraín Acuña Espinal.**

**MANAGUA, JUNIO 1998**

<b>INDICE</b>	<b>Pág.</b>
<b>INDICE</b>	<b>i</b>
<b>INDICE DE CUADROS</b>	<b>iii</b>
<b>INDICE DE GRAFICOS</b>	<b>iv</b>
<b>INDICE DE ANEXOS</b>	<b>iv</b>
<b>INDICE DE MAPAS</b>	<b>iv</b>
<b>DEDICATORIA</b>	<b>v</b>
<b>AGRADECIMIENTO</b>	<b>vi</b>
<b>RESUMEN</b>	
<b>SUMARY</b>	
<b>I. INTRODUCCIÓN</b>	<b>1</b>
<b>II. OBJETIVOS</b>	<b>4</b>
1.1. Objetivo General	4
1.2. Objetivos Específicos	4
<b>III. DESCRIPCIÓN DEL AREA DE ESTUDIO</b>	<b>5</b>
3.1. Localización geográfica y extensión territorial	5
3.2. Información Bioclimática	5
3.2.1. Temperatura	5
3.2.2. Precipitación	5
3.2.3. Humedad Relativa	6
3.2.4. Evapotranspiración Potencial	6
3.3. Topografía	8
3.4. Altitud	8
3.5. Suelos	8
3.6. Agua	9
3.7. Vías de Acceso	9
<b>IV. REVISIÓN DE LITERATURA</b>	<b>10</b>
4.1. Recursos Naturales	10
4.2. Recursos Edáficos	13
4.3. Recursos Hídricos	16
4.4. Sistemas de Información Geográfica	21
<b>V. MATERIALES Y METODOS</b>	<b>24</b>
5.1. Materiales	24
5.1.1. Fase de Pre-campo	24
5.1.2. Fase de Campo	24
5.1.3. Fase de Post-campo	25
5.2. Metodología	25
5.2.1. Actividades por Etapas	26
5.2.2. Proceso Metodológico	27

5.2.2.1. Recursos Edáficos (Elaboración de Mapas)	28
5.2.2.2. Recursos Hídricos Superficiales	34
<b>VI. RESULTADOS</b>	<b>45</b>
6.1. Generalidades	45
6.2. Recursos Edáficos	46
6.2.1. Fisiografía	46
6.2.2. Pendiente	48
6.2.3. Geología y Geomorfología	50
6.2.4. Factores de Formación de Suelos	51
6.2.5. Procesos de Formación de Suelos	54
6.2.6. Clasificación Taxonómica de Suelos	56
6.2.7. Uso Actual de la Tierra	65
6.2.8. Clases de Capacidad de Uso de la Tierra	67
6.2.9. Confrontación del Uso de la Tierra	72
6.2.10. Uso Propuesto de la Tierra	73
6.2.11. Descripción de los Sistemas planteados en la Propuesta de Uso de la Tierra	74
6.2.12. Especies de plantas más adaptables	76
6.3. Recursos Hídricos	78
6.3.1. Zona de Vida	78
6.3.2. Red de Drenaje	78
6.3.3. Parámetros Estudiados	79
6.3.3.1. Morfología de la Cuenca	79
6.3.4. Balances Hídricos	82
6.3.5. Escurrimiento Superficial	83
6.3.6. Cálculo del Caudal	85
6.3.7. Fuentes de Agua	86
6.3.8. Calidad del Agua	86
<b>VII. CONCLUSIONES</b>	<b>90</b>
7.1. Recursos Edáficos	90
7.2. Recursos Hídricos	92
<b>VIII. RECOMENDACIONES</b>	<b>93</b>
<b>IX. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS</b>	<b>95</b>
<b>X. ANEXOS</b>	<b>98</b>

<b>INDICE DE CUADROS</b>	<b>Pág.</b>
<b>Cuadro No.</b>	
<b>1. Datos Climáticos. Promedios mensuales de los primeros elementos del clima registrados durante el período 1958-1994 en la Estación Meteorológica Nandaime (Xavier Guerra) (INETER, 1994)</b>	<b>7</b>
<b>2. Datos de Precipitación Promedio de las 7 Estaciones Meteorológicas.</b>	<b>7</b>
<b>3. Sistemas Terrestres que conforman la Fisiografía de la Cuenca del Río Acayo; Santa Teresa, Carazo.</b>	<b>47</b>
<b>4. Pendientes que componen la Cuenca del Río Acayo; Santa Teresa, Carazo.</b>	<b>49</b>
<b>5. Area y Porcentaje de los Suelos encontrados en la Cuenca del Río Acayo; Santa Teresa, Carazo.</b>	<b>62</b>
<b>6. Clasificación Taxonómica de Suelos 1971-1994</b>	<b>63</b>
<b>7. Características principales de los Ordenes de Suelos identificados en la Cuenca del Río Acayo; Santa Teresa, Carazo.</b>	<b>64</b>
<b>8. Uso Actual de los Suelos en la Cuenca del Río Acayo; Santa Teresa, Carazo.</b>	<b>66</b>
<b>9. Distribución de las Clases de Capacidad de Uso de la Tierra en la Cuenca del Río Acayo; Santa Teresa, Carazo.</b>	<b>71</b>
<b>10. Areas que ocupan el estado del Uso de la Capacidad de los Suelos en la Cuenca del Río Acayo; Santa Teresa, Carazo.</b>	<b>72</b>
<b>11. Areas que ocupan los sistemas de la Propuesta de Uso de la Tierra para la Cuenca del Río Acayo; Santa Teresa, Carazo.</b>	<b>76</b>
<b>12. Orden y Número de corrientes de la Red de Drenaje en la Cuenca del Río Acayo; Santa Teresa, Carazo.</b>	<b>81</b>
<b>13. Caudales máximos promedios para diferentes períodos de retorno en la Cuenca del Río Acayo; Santa Teresa, Carazo.</b>	<b>85</b>
<b>14. Resultados de Análisis de la Calidad del Agua para consumo humano en la Cuenca del Río Acayo; Santa Teresa, Carazo.</b>	<b>87</b>
<b>15. Resultados de Análisis de la Calidad del Agua para riego en la Cuenca del Río Acayo; Santa Teresa, Carazo.</b>	<b>88</b>



## **INDICE DE GRAFICOS**

<b>Gráfico No.</b>	<b>Pág.</b>
<b>1. Curva Hipsométrica de la Cuenca del Río Acayo; Santa Teresa, Carazo.</b>	<b>80</b>
<b>2. Balance Hídrico para el Perfil de Suelos No. 1 El Tendedero</b>	<b>82</b>
<b>3. Comportamiento del Escurrimiento Superficial para distintas condiciones de humedad.</b>	<b>84</b>

## **INDICE DE ANEXOS**

<b>Anexo No.</b>	<b>Pág.</b>
<b>1. Descripción de Perfiles.</b>	<b>98</b>
<b>2. Resultado de Análisis de Laboratorio de Suelos</b>	<b>108</b>
<b>3. Metodologías utilizadas en el laboratorio para el Análisis de Suelos.</b>	<b>109</b>
<b>4. Propuesta de Manejo del Uso Propuesto.</b>	<b>111</b>
<b>5. Balances Hídricos para cada perfil descrito.</b>	<b>113</b>
<b>6. Cuantificación de Hidrología Superficial.</b>	<b>116</b>
<b>6.1. Cálculo de escorrentías diarias reales.</b>	<b>119</b>
<b>7. Calidad del Agua.</b>	<b>122</b>
<b>7.1. Resultados de Análisis de Laboratorio de Agua.</b>	<b>122</b>
<b>7.2. Importancia de las variables medidas.</b>	<b>123</b>
<b>7.3. Calidad de las fuentes de agua.</b>	<b>123</b>
<b>8. Actividades del Proceso Metodológico.</b>	<b>124</b>

## **INDICE DE MAPAS**

<b>Mapa No.</b>	<b>Pág.</b>
<b>1. Mapa de Isoyetas de la Cuenca del Río Acayo</b>	<b>6a</b>
<b>2. Mapa Base de la Cuenca del Río Acayo.</b>	<b>45a</b>
<b>3. Mapa de Curvas de Nivel de la Cuenca del Río Acayo.</b>	<b>45b</b>
<b>4. Mapa Fisiográfico de la Cuenca del Río Acayo.</b>	<b>47a</b>
<b>5. Mapa de Pendientes de la Cuenca del Río Acayo.</b>	<b>49a</b>
<b>6. Mapa Geológico de la Cuenca del Río Acayo.</b>	<b>50a</b>
<b>7. Mapa de Suelos de la Cuenca del Río Acayo.</b>	<b>63a</b>
<b>8. Mapa de Uso Actual de la Tierra en la Cuenca del Río Acayo.</b>	<b>66a</b>
<b>9. Mapa de Capacidad de Uso de la Tierra de la Cuenca del Río Acayo.</b>	<b>71a</b>
<b>10. Mapa de Confrontación del Uso de la Tierra de la Cuenca del Río Acayo.</b>	<b>72a</b>
<b>11. Mapa de Uso Propuesto para la Cuenca del Río Acayo.</b>	<b>77a</b>
<b>12. Mapa de Red de Drenaje de la Cuenca del Río Acayo.</b>	<b>78a</b>

## DEDICATORIA

*Dedico el presente trabajo a:*

- *Dios Nuestro Señor*, por brindarme sabiduría, fortaleza y perseverancia a lo largo de mi vida y mi carrera, y principalmente para la culminación de éste trabajo.
  
- *Mis Padres Salomón Bermejo Ponce y Juana Castillo Campos, mi hermana Juana Estela*, y toda mi familia por su amor y apoyo constante en todos los momentos que he necesitado, contribuyendo así a lograr mis aspiraciones.
  
- *Mi Esposo Guillermo A. Martínez y mi Hija Leticia Alejandra* con todo mi amor, por ser los pilares sobre los cuales edificaré mi vida y el impulso a continuar dando lo mejor de mí cada día.

## AGRADECIMIENTO

- ✿ A *Dios Nuestro Señor* por la vida y las buenas oportunidades que me ha brindado durante mi existencia y las que están por venir, y a mi familia por su apoyo y confianza.
- ✿ A todos los maestros que durante los años de estudio tuvieron la paciencia y dedicación por transmitirme sus conocimientos, y a los que pusieron su granito de arena en este trabajo, muy especialmente a los Ingenieros *Martha Orozco y Efraín Acuña*, ya que fueron pilares fundamentales para impulsarme a desarrollar con éxito mi trabajo, GRACIAS por la confianza que depositaron en mí y brindarme su valiosa amistad y cariño, sin ustedes este trabajo no fuese realidad.
- ✿ A *Ing. Carlos Zelaya* por compartir la realización de éste proyecto, sin su ayuda hubiera sido más difícil el camino a mi meta, GRACIAS por transmitirme sus conocimientos y su amistad incondicional y desinteresada.
- ✿ A la *Facultad de Recursos Naturales y del Ambiente/Escuela de Suelos y Agua y al Programa UNA/SLU Ciencia de Las Plantas* por hacer posible éste proyecto y por la oportunidad que me brindaron, así también por la solidaridad demostrada a los estudiantes de ésta Universidad.
- ✿ A los compañeros *Juancín, Denis Bohórquez, Rodolfo Urtecho y Juan Maldonado* por el apoyo brindado y la experiencia compartida durante el desarrollo de éste trabajo.
- ✿ A todas las personas que directa e indirectamente contribuyeron a la realización de mi trabajo.
- ✿ A todos ellos mi infinito agradecimiento.

## RESUMEN

El presente estudio se realizó en la Cuenca del Río Acayo ubicada en el municipio de Santa Teresa, Carazo, Nicaragua; la cual ocupa un área de 34.73 km<sup>2</sup> aproximadamente. Dicho estudio forma parte del Diagnóstico Institucional Integrado (DII) como instrumento fundamental del plan ambiental a nivel de Cuencas Hidrográficas. La escasa y desactualizada información acerca del estado actual de los recursos naturales es lo que motiva la necesidad de este estudio que tiene como principal objetivo generar información básica actualizada sobre los recursos suelo y agua a través de una caracterización que sirva de base para la formulación de futuros proyectos e investigaciones con el fin de preservar los recursos y contribuir a mejorar las condiciones de vida de la población de la Cuenca. Se efectuó un estudio de reconocimiento de alta intensidad a escala 1:50,000 mediante fotointerpretación con muestreo libre en el campo utilizando la herramienta SIG en el procesamiento de la información y generación de mapas resultados. La Cuenca presenta un relieve escarpado con una fisiografía determinada por sistemas de laderas y pendientes que oscilan entre 15 y 45% principalmente. Suelos del Orden Alfisols que destacan su uso pastos, asociaciones de pastos con cultivos y tacotal ocupan más del 50% del área total de la Cuenca encontrando en menor área Mollisols, Inceptisols y Entisols. La presencia de piedras tanto en la superficie como dentro del perfil de todos los suelos constituye una de las mayores limitantes para la productividad lo que permite clasificar la capacidad de uso de la tierra principalmente en Clase VI ocupando un 49% de toda el área. Comparando el uso actual y la capacidad de uso de la tierra se observa que la cuenca esta siendo sobreutilizada hasta en un 88.40% de su área total, y de acuerdo a su capacidad de uso se afirma que la vocación de la cuenca es predominantemente FORESTAL. Por otro lado, la disponibilidad de agua en el río Acayo en época seca es de 38.78lts/s, caudal mínimo que se ve favorecido debido a que las corrientes que desembocan al cauce principal transportan agua solamente en época de invierno. La forma, el relieve, el uso actual y los suelos de la cuenca permiten el alto y rápido escurrimiento de las aguas superficiales, presentándose un alto déficit de humedad en los suelos principalmente en los meses de Noviembre a Abril. Se tomaron muestras de agua para analizar la calidad de la misma para consumo humano y para riego, únicamente en la parte baja (Bocana del Río) al agua no se le puede dar ninguno de los usos descritos anteriormente debido a los altos contenidos de cloruros, fluoruros, coliformes fecales y sales, no así en la parte media y alta de la cuenca donde los contenidos de estos elementos son menores y el agua puede ser utilizada para ambas necesidades, pero se deben tomar algunas medidas sanitarias para evitar mayor contaminación. Basándose en las características generales de la cuenca, se realizó una propuesta de uso de la tierra sustentada en sistemas agroforestales, silvopastoriles y de protección de la vida silvestre; ya que la cuenca se ubica en la zona de vida: Bosque Tropical Seco, y la variabilidad de especies adaptables a la zona se ve restringida.

## SUMMARY

This study was developed in the Acayo river watershed located in the municipio of Santa Teresa, Carazo, Nicaragua. It has an area of 34.73 km<sup>2</sup>. This study is part of the Integrated Institutional Diagnostic (IID) as a fundamental part of the environmental plan at the watershed level. The scarce and improper information about the current stages of the natural resources is the reason for this study. The main objective of this study is to update basic information about soil and water resources and improve the well-being of the population. The watershed has a steep relief and the physiography is formed by hillsides and slopes that range between 15 and 45 percent. The area has Alfisols soils and the current use is grassland, association of grassland and crops, and fallow land. Alfisols occupy 50 percent of the total area of the watershed. In addition, the watershed has Mollisols, Inceptisols and Entisols but in lower proportion. The presence of stone on the surface and throughout the soil profile is an important constraint to the productivity. The land use capacity is classified as class VI. This class has 49 percent of the total area of the watershed. Comparing the current use and the land use capacity, the watershed is being overused in 88.40 percent of the total area. According to the land use capacity, the watershed should be used mainly with forest. The availability of water during the dry season is 38.78 l/s. The minimal discharge is enhanced during the rainy season. The form, relief, current use, and the soils of the watershed allow a high and faster runoff. There is a high deficit of humidity in the soil from November to April. Water samples were analyzed to determine their quality, and determine whether they are suitable for drinking and use for irrigation purposes. In the lowland area, water is not suitable for drinking or irrigation purposes due to the high content of chlorine, fluorine, fecal coliforms, and salts. The water on the medium and upper part of the watershed can be used for those purposes but it is necessary to take some measures to avoid further contamination. Based on the general characteristics of the watershed, a land use proposal was developed applying some agroforestry systems, and the protection of the wild life. The life zone of the watershed is tropical dry forest.

## I. INTRODUCCIÓN

El estudio de los recursos hídricos y edáficos constituye un requisito previo para la gestión y aprovechamiento sostenible de los mismos, ya que sin una correcta y detallada evaluación es casi imposible planificar, concebir, operar y mantener debidamente los planes y proyectos de aprovechamiento de tan importantes recursos como son el suelo y el agua. Este estudio forma parte muy importante del Diagnóstico Institucional Integrado (DII) como instrumento fundamental del plan ambiental al nivel de Cuencas Hidrográficas.

En Nicaragua, la degradación de los recursos naturales lleva un ritmo acelerado, los bosques constituyen un gran atractivo como fuente de leña y madera, las fuentes de agua son manejadas incorrectamente, por consiguiente la erosión y desgaste de los suelos se hacen presente en sus diferentes formas, lo que despierta una gran preocupación por buscar alternativas que ayuden a conservar nuestros recursos.

Las grandes extensiones de suelos principalmente aquellos con vocación forestal, están siendo utilizados con fines agropecuarios o exclusivamente pecuarios, con la consecuente destrucción de los ecosistemas, agudizando así los problemas de compactación de los suelos por el constante pisoteo del ganado, erosión de los suelos que quedan sometidos a los efectos de la lluvia y el viento, entre otros.

La escasa y desactualizada información, así como la falta de seguimiento y registros, son factores que determinan la necesidad de un estudio de inventario y diagnóstico de los Recursos Naturales para conocer sus potencialidades y limitaciones con el fin de planificar un desarrollo y aprovechamiento sostenible de los mismos.

En 1984, nuestro país tenía 33,850 km<sup>2</sup> (28.4% del territorio nacional) con cuatro o más meses de sequía, porcentaje que se ha incrementado sensiblemente debido a la crisis ecológica planetaria (aumento de los niveles de CO<sub>2</sub> y gases con efecto invernadero, deterioro de la capa de ozono y disminución del área de bosques) y localmente el avance de la frontera agrícola y la tala de árboles para madera o leña, además del continuo desgaste de los suelos y la disminución de los potenciales de las fuentes de agua lo que va modificando el microclima.

Las características hidrológicas de una región están determinadas por su estructura geológica, geográfica, y en forma dominante por su clima. Nicaragua es el país de América Central que presenta una mayor superficie cubierta por zonas secas, sin embargo, la red de estaciones meteorológicas no es muy completa y no existen registros consistentes durante periodos prolongados lo que impide hacer delimitaciones precisas.

Como sabemos, el agua es un elemento esencial para casi todas las actividades del hombre y de la sociedad, por lo cual, en un enfoque global, una alta prioridad de significativa importancia por su propia naturaleza es la necesidad de satisfacer la demanda de agua para consumo humano sustentado en la búsqueda del bienestar de las poblaciones humanas y de su calidad de vida; es preocupación de todos disponer de agua en cantidad y calidad suficiente para satisfacer las necesidades del tipo que estas sean.

América Central posee características tropicales integradas a sistemas naturales de alta precipitación y escorrentía, logrando mantener importantes áreas bajo cobertura boscosa natural. El ciclo hidrológico presenta una precipitación con patrones variados de disponibilidad de agua hacia las vertientes del Atlántico y Pacífico.

Por otro lado, la demanda de los usuarios explica que la mayor concentración poblacional se ubica en la vertiente del Pacífico. En general, la cantidad promedio de agua no es problema en muchos lugares de la región, los conflictos mayores están ocurriendo por la alteración a la calidad, así como por el comportamiento irregular de la escorrentía, por intervención inadecuada del hombre en los sistemas de uso de la tierra, por la baja eficiencia de uso y falta de un ordenamiento y manejo de los sistemas hídricos en los diferentes aprovechamientos.

Lo anterior no considera situaciones climáticas a mayor escala que se están dando de forma imprevisible, como por ejemplo: el efecto invernadero y el fenómeno del Niño. Este escenario se agrava debido que históricamente se ha utilizado el agua de más fácil acceso y las nuevas fuentes u opciones generalmente traen consigo un costo mayor.

La importancia del estudio de los Recursos Hídricos y Edáficos en la Cuenca del Río Acayo, es de interés primordial para la población en general, así como para las autoridades municipales e instituciones con intereses particulares en la zona como la Universidad Nacional Agraria (U.N.A.) en su afán por generar toda la información básica necesaria para desarrollar acciones que conlleven al fortalecimiento de los conocimientos y fomentar con ello la conservación y protección de los suelos y las aguas superficiales y subterráneas, ya que parte del área de la cuenca pertenece a la Reserva Biológica Escalante Chococente (considerada como área de influencia de la U.N.A.). También es de interés contribuir a la formación profesional de Docentes, así como la integración de los estudiantes a trabajos con perfil investigativo.



## II. OBJETIVOS

### 2.1 Objetivo General:

Generar información básica actualizada sobre los recursos hídricos y edáficos determinando sus potencialidades y restricciones a través de una caracterización que sirva de base para la formulación de futuros proyectos e investigaciones, a fin de contribuir a mejorar las condiciones de vida de la población en la Cuenca del Río Acayo.

### 2.2 Objetivos Específicos:

1. Conocer el uso actual de la tierra para así formular propuestas que ayuden a hacer un aprovechamiento racional de acuerdo a su capacidad de uso.
2. Elaborar una propuesta de uso y manejo de la tierra considerando las características agroecológicas (Clima, Suelo, Relieve, Cultivos adaptables) basado en un aprovechamiento adecuado de los recursos naturales tomando en cuenta la conservación y recuperación de los mismos.
3. Identificar la Vocación Agrícola, Pecuaria, Forestal o de Protección de la Vida Silvestre de la zona en estudio de acuerdo a sus características de relieve, hídricas y edáficas.
4. Identificar los diferentes tipos de fuentes de agua y limitaciones de acuerdo a la calidad y cantidad del recurso superficial así como la disponibilidad de la misma para la comunidad, lo que permitirá caracterizar y estimar el potencial de los recursos hídricos superficiales, para evaluar el régimen hidrológico de la Cuenca.
5. Contar con una base de datos biofísicos de los recursos suelo y agua de la Cuenca del Río Acayo, para utilizar esa información en diferentes planes y proyectos de uso y manejo, así como el aprovechamiento para la protección y/o recuperación de dichos recursos.
6. Definir procedimientos para el procesamiento de información cartográfica digital.

### III. DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

#### 3.1.- Localización geográfica y extensión territorial

La cuenca del Río Acayo está ubicada en el municipio de Santa Teresa, al noroeste del Departamento de Carazo, Región IV, Nicaragua; entre los 11°33'14" y 11°39'43" Latitud Norte y entre los 86°09'29" y 86°13'42" Longitud Oeste, con una extensión territorial de aproximadamente 34.73 km<sup>2</sup>. (Ver Fig. 1.)

En la Cuenca se localizan las principales comunidades siguientes:

San José de los Remates.

La Pitilla.

Paso de La Solera.

Aguas Calientes de Acayo.

La Piñuela.

Veracruz de Acayo.

#### 3.2.- Información Bio-Climática:

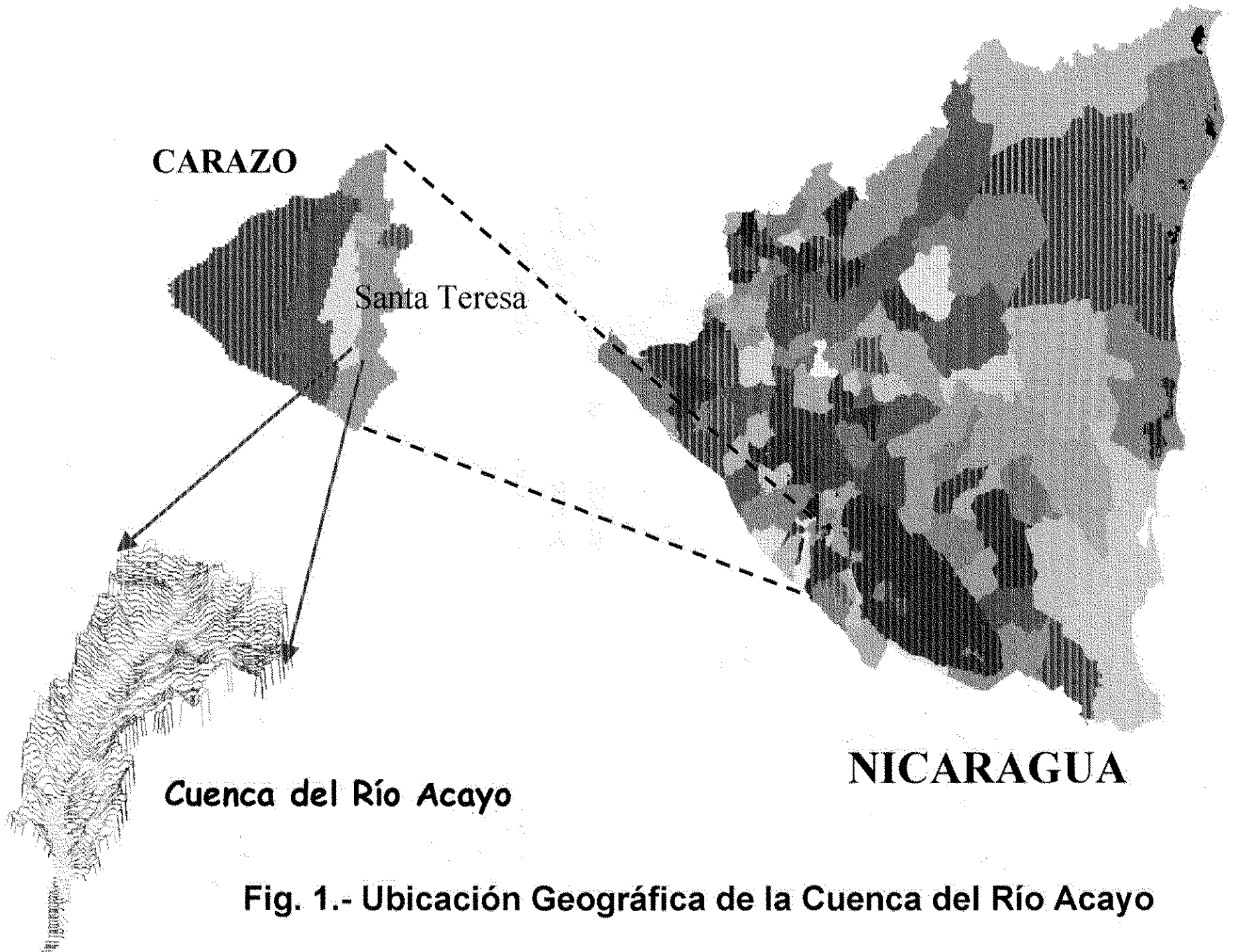
Los datos climáticos son reporte de la Estación Meteorológica de Nandaime (Xavier Guerra), Tipo AG; ubicada en los 11°43' latitud norte y 86°03' longitud oeste, con una elevación de 95 msnm, por un periodo de registro de 37 años (1958-1994). (Ver Cuadro No. 1)

##### 3.2.1. Temperatura:

La temperatura media anual registrada por la Estación Meteorológica de Nandaime (Xavier Guerra) para un periodo de 37 años (1958-1994) es de 26.6°C, presentando un máximo y un mínimo anual de 27.8°C y 25.5°C respectivamente (INETER, 1994)

##### 3.2.2. Precipitación:

La Estación Meteorológica reportó una precipitación promedio anual de 1405 mm, presentando las máximas precipitaciones en el año 1988 con 2271 mm y las mínimas en el año



**Fig. 1.- Ubicación Geográfica de la Cuenca del Río Acayo**

1976 con 811 mm. Registran las mayores precipitaciones en los meses de Septiembre y Octubre (285 y 295 mm), respectivamente y las menores en los meses de Enero, Febrero y Marzo (INETER, 1994).

### 3.2.3. Humedad Relativa:

En los años de registro 1958-1994, la Estación Meteorológica reportó que la humedad relativa media anual fue de 78%. Las humedades relativas más bajas se registraron en los meses de Marzo y Abril con 56% y las más altas de un 98% en el mes de Octubre (INETER, 1994).

### 3.2.4. Evapotranspiración Potencial (ETP):

La ETP de la zona de estudio fue determinada por la Estación Meteorológica de Nandaimé (Xavier Guerra) a través de la fórmula de Penman simplificada (utilizando AGROCLIM). Los rangos de evapotranspiración oscilan entre los 132 y 196 mm/mes, (Ver Cuadro No.1) alcanzando sus máximos valores en los meses de Marzo (196mm) y Abril (194mm), correspondiendo los valores mínimos a los meses de Septiembre (134mm) y Noviembre (132mm) (INETER, 1994).

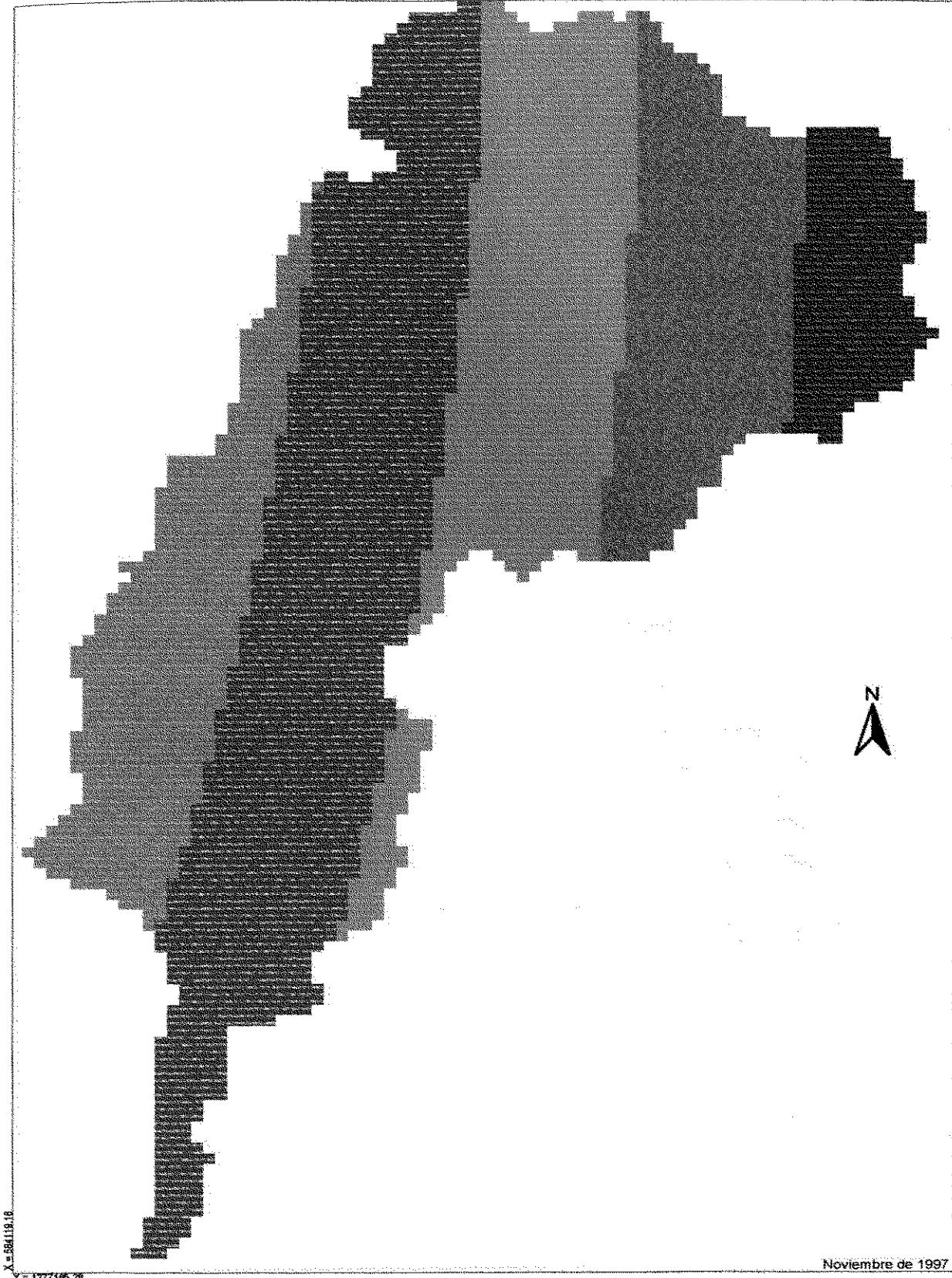
En el Cuadro No. 2 se observan las precipitaciones promedio de las siete estaciones meteorológicas que bordean la Cuenca del Río Acayo en los diferentes años de registro, así mismo ver el Mapa de Isoyetas que muestra las líneas de igual precipitación promedio para la zona de estudio.

# MAPA DE ISOYETAS DE LA CUENCA DEL RIO ACAYO

Departamento de Carazo

Y=1289209.14

X=1291331.14



X=1277185.28

Noviembre de 1997

## Legenda

- 1,220 (mm)
- 1,230 (mm)
- 1,240 (mm)
- 1,250 (mm)
- 1,260 (mm)

1:50000

Realizado por:  
Universidad Nacional Agraria  
Facultad de Recursos Naturales y el Ambiente

Diseño e impresión:  
Ing. Luis Valerio  
SIGMA/FARENA

Fuente de Información:  
INETER, 1994

Digitalización y procesamiento:  
Carlos Zelaya  
Salomé Bermejo

### Cuadro No.1 Datos Climáticos

Promedios mensuales de los principales elementos del clima, registrados durante el periodo 1958-1994 en la Estación Meteorológica Nandaimé (Xavier Guerra). (INETER, 1994).

MES	PARÁMETROS CLIMÁTICOS					
	Precipitación (mm)	Temperatura (°C)	Humedad Relativa (%)	Evaporación (mm)	Evapotranspiración (mm)	Velocidad del viento (m/s)
Enero	7	26.1	73	227	164	6.0
Febrero	2	26.6	72	250	161	5.5
Marzo	4	27.4	71	284	196	5.2
Abril	19	28.4	70	282	194	4.5
Mayo	209	28.3	76	239	175	3.7
Junio	250	26.9	83	165	141	3.2
Julio	142	26.8	82	175	147	3.9
Agosto	150	26.8	83	178	151	3.0
Septiembre	285	26.5	85	161	134	2.5
Octubre	290	26.1	85	158	137	2.6
Noviembre	71	26.1	81	165	132	3.4
Diciembre	16	26.2	77	206	142	4.7

### Cuadro No. 2 Datos de Precipitación Promedio de las 7 Estaciones Meteorológicas.

EST.	Precipitación (mm)/mes													
	MET	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	M. M
1	11	11	5	22	191	237	154	191	225	199	55	23	118	1419
2	0	2	2	14	130	173	94	125	279	219	51	15	91	1089
3	7	2	4	19	210	252	142	150	286	290	71	15	121	1448
4	8	5	5	10	181	221	151	183	273	224	83	33	115	1377
5	0	0	0	9	152	283	116	137	328	362	73	1	122	1461
6	12	2	4	12	132	215	161	164	273	357	107	33	123	1472
7	5	3	6	26	174	241	156	192	305	269	96	31	125	1504

## EST. MET.

- **Estaciones Meteorológicas:** M.M= Precipitación Media Mensual
- 1. Masatepe
- 2. Las Mercedes M.A= Precipitación Media Anual
- 3. Nandaime
- 4. Rivas
- 5. Montelimar
- 6. San Juan del Sur
- 7. Tola

### 3.3 Topografía:

La topografía de la zona es irregular y escarpada con pendientes de hasta un 75%, exceptuando las tierras aluviales y el curso inferior del Río Acayo que presenta un relieve de plano a inclinado con pendientes inferiores al 4%.

### 3.4 Altitud:

De acuerdo a datos proporcionados por el Mapa Topográfico la Cuenca del Río Acayo se caracteriza por elevaciones que van desde los 0 msnm en la desembocadura del Río al mar, hasta los 580 msnm bordeando el parte aguas de la Cuenca en el Cerro La Piñilla, que es la parte más alta.

### 3.5 Suelos:

El 88% de los suelos del área son clasificados en su mayoría en Clase VI y VII (Clasificación USDA) presentan limitaciones serias para la agricultura (topografía, pedregosidad, drenaje, escasez de agua). Su textura es variable, desde franco arcillosos a areno-franco-gravosos, y de mediana a poca profundidad. El 12% restante (ríos, bosque de galería, y algunas zonas aluviales) presentan riesgos de inundación.

### **3.6 Agua:**

El potencial hídrico de la cuenca está representado por el curso principal del Río Acayo y sus tributarios, así como también por aguas subterráneas que afloran bajo la forma de vertientes y ojos de agua principalmente.

### **3.7 Vías de Acceso:**

La comunicación a la zona de estudio se realiza a través del Municipio de Santa Teresa hasta la comunidad Veracruz de Acayo. Así mismo por la Carretera Panamericana a la altura del puente Ochomogo se desvía hacia la derecha por camino de tierra con una distancia aproximada de 40 kms hacia la parte baja de la Cuenca, los caminos de acceso a la zona son transitables únicamente en período seco.



## IV. REVISION DE LITERATURA

### 4.1. Recursos Naturales

Los Recursos Naturales son producto de condiciones geológicas de sus suelos, de su climatología y ecologías tropicales. En este sentido un diagnóstico de sus recursos naturales tiene que enfocar factores tales como: fisiografía, clima, suelos, zonificación ecológica de los cultivos, hidrología, riego, vegetación y recursos forestales (CIERA, 1990) citado por Barreto, 1995).

Según Rodríguez, (1989) los recursos naturales son los elementos en interacción de los ecosistemas terrestres y acuáticos para sustentar la vida de cada sistema ecológico. Son los elementos abióticos y bióticos que conforman la biosfera (energía solar, clima, relieve, suelos y aguas con su flora y su fauna respectiva).

En toda Centroamérica, la evidencia agobiante es que las presiones de la creciente población y las economías de expansión están provocando que la gente y los gobiernos sobreexploten los recursos naturales a su disposición, a fin de satisfacer las necesidades diarias inmediatas, incrementar las oportunidades de empleo, incrementar los actuales ingresos y evitar las decisiones políticas difíciles como la redistribución de tierras productivas (Jeffrey, 1986).

La planificación del uso de la tierra debe basarse en una comprensión tanto del medio ambiente natural como de las clases de uso de la tierra previstas. Existen muchos ejemplos de daños a los recursos naturales y de iniciativas de uso de tierras, por no haberse tenido en cuenta las relaciones recíprocas entre la tierra y los usos a que se les dedica (FAO, 1976).

De manera general, el planificador tiene a su disposición varias unidades espaciales alternas de trabajo. La caracterización de cada una tiene diversos orígenes y es en estos en que se debe fundamentar su selección. Para el manejo de recursos naturales, se tiene diferentes alternativas, entre otras:

- Cuenca Hidrográfica
- Vertiente Hidrográfica
- División Política Administrativa
- División Regional en función de: Topografía, Clima, Zona de Vida, Actividad de Producción, Cultura, etc.

Cada una tiene su clara definición y origen y por ello su grado de utilidad en función de los objetivos. Es así como antes de seleccionar una unidad, se debe establecer con claridad lo que se pretende con el concepto de recursos naturales. Se define esta acción como: "La Planificación, Ordenamiento, Priorización y Coordinación de acciones y áreas para lograr la sostenibilidad del desarrollo, reconociendo el sin número de interacciones que existen entre los recursos naturales (suelo, agua, planta) (Blair, 1988).

#### **Cuenca Hidrográfica o Cuenca de Drenaje:**

Es toda área drenada por una corriente o por un sistema de corrientes, cuyas aguas concurren a un punto de salida; o sea es el área que contribuye al escurrimiento y que todo o parte del flujo de la corriente principal y sus corrientes tributarias. Es el área drenada por un río incluyendo los recursos naturales inscritos dentro de esta área (Faustino, 1996).

Según Thurow y Juo, (1985) la cuenca es la unidad de planificación lógica y natural para la investigación y desarrollo socioeconómico, agrícola y del medio ambiente debido a que la cuenca opera como un sistema definido. La cuenca como unidad de planificación toma en cuenta el costo de las obras de conservación de suelos y agua en las laderas y las integra con los beneficios que este tipo de programas trae a las zonas bajas, tal como la generación de energía y los proyectos de irrigación, teniendo por lo tanto influencia en el alcance y evaluación en las decisiones de inversión.

La cuenca hidrográfica concebida como un sistema dentro del Medio Ambiente, está compuesta por las interrelaciones de los siguientes subsistemas: Social, Económico, Demográfico y Biofísico (CATIE, 1996).

Una cuenca hidrográfica atendiendo al grado de concentración de la Red de Drenaje se divide en unidades menores como subcuencas y microcuencas.

**Subcuenca:** Es toda área que desarrolla su drenaje directamente al curso principal de la cuenca. Varias subcuencas forman una cuenca (Faustino, 1996).

**Microcuenca:** Es toda área que desarrolla su drenaje directamente al curso principal de una subcuenca. Varias microcuencas forman una subcuenca. (Faustino, 1996).

Esta clasificación no es única, existen otros criterios relacionados con el tamaño de la cuenca, número de orden de corrientes, etc.

### **Caracterización de Cuencas Hidrográficas:**

Está dirigida fundamentalmente a cuantificar las variables que tipifican a la cuenca con el fin de establecer las posibilidades y limitaciones de sus recursos naturales y las condiciones económicas de las comunidades económicas que la habitan. Esta es conocida como la fase de inventarios, evaluación e interpretación en la cual se adelantan los estudios básicos necesarios que constituyen el marco biofísico, social, económico y administrativo de todos los recursos de la cuenca (CATIE, 1996).

La caracterización también deberá identificar los problemas presentes y potenciales y las relaciones de causalidad que los determinan.

El Manejo Integral de Cuencas en su sentido más amplio, implica un conocimiento preciso de los aspectos físico biológicos, socio económicos e institucionales del área que generalmente se obtienen mediante los diagnósticos. El conocimiento de los problemas, las vías alternativas de solución y las posibles intervenciones, sirven de base para la planificación y permite usar racionalmente los recursos humanos y financieros disponibles. Dentro de este contexto, la extensión debe tener una dimensión exacta de los cambios y apoyar las actividades de diagnóstico y planificación (Ramakrishna, 1997).

### **Ordenamiento de Cuencas Hidrográficas:**

La priorización espacial de las actividades relacionadas con el ordenamiento y manejo de cuencas hidrográficas representa un elemento clave en el proceso de planificación del aprovechamiento racional de los Recursos Naturales.

La Ordenación de Cuencas Hidrográficas es el proceso de formulación y ejecución de un sistema de acción que incluye el manejo de los recursos naturales de la cuenca para la obtención de bienes y servicios, sin afectar negativamente los recursos suelo y agua (Ramakrishna, 1997).

### **Manejo de Cuencas:**

FAO, 1996 lo define como: Conjunto de acciones integradas, orientadas y coordinadas sobre los elementos variables del medio ambiente en una cuenca, tendientes a regular el funcionamiento de este ecosistema con propósitos de elevar la calidad de vida de la población inserta en ella.

### **Planificación de Cuencas Hidrográficas:**

Es la ordenación de los recursos naturales y la restauración de ecosistemas degradados, en función del mejoramiento del bienestar y de la calidad de vida de la comunidad. Por su parte, el **Plan de Ordenamiento y Manejo de Cuencas** consiste en recopilar la información biofísica y socioeconómica existente y complementarla con el levantamiento de campo necesario para tener un conocimiento íntimo de las interrelaciones entre los diferentes elementos del medio físico y humano con la cual se intenta alcanzar la rentabilidad máxima de la explotación de estos elementos (potencial biótico y abiótico) cuidándose de producir un riesgo mínimo de alteración de la cuenca (Morales, 1998).

## **4.2. Recursos Edáficos**

**Suelo:** Es un cuerpo tridimensional que ocupa la parte exterior de la corteza del planeta, con diferentes propiedades a las del material de piedra que está por debajo como resultado de las interacciones entre clima, organismos vivientes (inclusive el hombre), material parental y pendiente durante periodos determinados. Un suelo se distingue de otros según sus características internas, pendiente, microtopografía y pedregosidad de la superficie (Richters, 1995).

De todos los conceptos de suelo, el de mayor importancia para la población es aquel en el que se le considera como medio para el desarrollo de las plantas. Pero nosotros consideraremos al suelo como cualquier material no consolidado formado por partículas sólidas discretas con líquidos y gases que ocupan los espacios entre ellas, originados a partir de una "roca madre" (Foth, 1987).

Los hombres más antiguos deben haber considerado al suelo como el terreno que sostenía sus movimientos y su habitación, es indudable que la humanidad primitiva reconoció la capacidad variable de las diferentes áreas para producir plantas y animales.

**Perfil del Suelo:** Se refiere a un corte transversal hecho al suelo hasta alcanzar el material parental o la roca. El perfil expuesto muestra una serie de capas o bandas que se diferencian por características morfológicas, físicas y químicas que son llamadas horizontes. Los suelos expresan sus características particulares a través del perfil, las cuales se utilizan para clasificarlos y cuyo reconocimiento es de mucha importancia práctica.

Los suelos de la Región deben su origen y evolución a la influencia de factores y procesos de formación, siendo los factores en orden de importancia: el clima, el relieve, el material originario, la vegetación, el hombre y el tiempo; y los procesos: ganancias, transformaciones, redistribuciones y pérdidas. Geológicamente pertenecen a la Formación Brito. El nombre de Formación Brito fue asignado por Hayes en 1899 a una potente serie de rocas sedimentarias que él pudo encontrar sobre la costa del Pacífico de Nicaragua en Cabo Brito (latitud 11°20'N, longitud 86°W) en la cual se observan excelentes afloramientos.

La extensión geográfica de la Formación Brito aflora en los Departamentos de Rivas y Carazo en Nicaragua. El área de afloramiento posee una configuración alargada, en dirección noroeste-sureste pertenece al flanco suroeste del anticlinal de Rivas (Sprechman, 1994).

Los suelos presentes en la formación Brito son predominantemente de los ordenes: Alfisoles, Vertisoles, Mollisoles, Entisoles (CRN, 1971).

Los levantamientos de suelos generalmente son la base para la transferencia de tecnología y para la planificación nacional o regional (Bruin, 1992). Además los levantamientos de suelos permiten encontrar soluciones a los problemas de tipo específico. Los estudios detallados de suelos, se realizan en áreas donde el uso de la tierra es intensivo y se desea implementar proyectos parciales de riego, planificación agropecuaria, avalúos catastrales, etc. hasta la elaboración de anteproyectos de planificación (Forero, 1987).

Según Forero (1987), señala que hasta el momento el sistema más conocido de interpretación de estudios de suelos es el de clasificación por Capacidad de Uso del USDA (Klingebiel y Montgomery, 1961), sin embargo en América Latina, algunos países como Nicaragua han hecho sus respectivas adaptaciones de esta clasificación.

Según Richter (1995), destaca que la clasificación por Capacidad de Uso propuesta por Klingebiel y Montgomery, (1961), es un agrupamiento de interpretaciones que se hacen principalmente para fines agrícolas. Por otro lado esta clasificación distingue dos grupos de suelos:

a. **Los suelos arables**, los cuales se agrupan de acuerdo a su potencialidad y limitaciones para obtener una producción continua de los cultivos comunes que no requieren condiciones o tratamientos particulares.

b. **Los suelos no arables**, los cuales no son adecuados para una producción continua y de largo tiempo, se agrupan de acuerdo a sus potencialidades y limitaciones para la producción de vegetación permanente y de acuerdo con los riesgos de destrucción o daños si son mal manejados.

Esta clasificación fue diseñada para:

1. Ayudar a los usuarios de tierra y a otros en la interpretación y uso de los mapas de suelo.
2. Permitir ciertas generalizaciones con respecto a las potencialidades del suelo, limitaciones de uso y problemas de manejo.

La clasificación por capacidad, es una clasificación interpretativa basada en los efectos de combinación de clima y características permanentes de los suelos, sobre los riesgos de dañar el suelo, limitaciones en uso y capacidad de producción y requerimientos de manejo del suelo.

Sin embargo, el agrupamiento por capacidad no es un agrupamiento de suelo de acuerdo al uso más provechoso que se podrá hacer del terreno; por ejemplo, muchos suelos que han sido clasificados en clases III y IV, definidos como adecuados para cultivos, pueden ser más provechosamente usados para pastos y árboles que para cultivos. Es decir que los suelos que son adecuados para cultivos lo son también para otros usos como pastos, bosques y vida silvestre, etc.

La Clasificación de la Capacidad de Uso de la tierra, Manual 210 del USDA ha sufrido las siguientes adaptaciones propuestas por CRN, Octubre 1971, (citado por Eduardo Marín), el sistema contempla tres categorías:

- 1a. Clase de Capacidad:** Es la categoría más amplia del sistema y designada por números romanos del I al VIII que indican progresivamente mayores limitaciones.
- 2a. Subclase de Capacidad:** Grupos de limitaciones que presentan dentro de una clase como erosión y escurrimiento, deficiencias del suelo y exceso de humedad.
- 3a. Unidad de Capacidad (grupos de uso y manejo):** Son agrupaciones de fases de suelo con limitaciones comunes dentro de una misma subclase con aptitudes similares de producción y tratamientos de manejo parecidos.

El Uso Potencial se determina analizando las características edáficas y ecológicas de una región climática para determinar la ecología de la zona y establecer así la clase de Uso Potencial (CIERA, 1980).

#### **4.3. Recursos Hídricos**

La explotación de los Recursos Hídricos de América Central va a depender de las principales iniciativas de proteger las cuencas de la Región, especialmente los bosques montanos y nubosos en las partes altas, con pendientes abruptas y nacientes de ríos. Recientemente, los conceptos de planificación de la explotación y protección de los recursos hídricos con base en unidades de cuencas han estado incorporándose a la mayoría de los países de la Región (Jeffrey, 1986).

Faustino, (1996) define Cuenca Hidrográfica como: el espacio de terreno limitado por las partes más altas de las montañas, laderas y colinas, en el se desarrolla un sistema de drenaje superficial que concentra sus aguas en un río principal el cual se integra al mar, lago u otro río más grande. En ella se ubica los recursos naturales suelo, agua, vegetación, y otros, allí habita el hombre y en ella realiza todas sus actividades.

En una cuenca hidrográfica, se desencadenan una serie de procesos de degradación de la misma, cuando en ella se ponen en práctica proyectos mal planificados, sin formulación, trazado y ejecución de un plan, sobre todo sin tomar en cuenta la fragilidad del medio ambiente.

Por lo tanto el ordenamiento y manejo integral de Cuencas Hidrográficas es la optimización del uso de los recursos naturales, humanos y financieros a través de la coordinación de diferentes sectores o usuarios de estos recursos, para una explotación de forma sostenida.

Para investigar el recurso hídrico superficial se estudia la morfología de la cuenca y se realiza el cálculo de escurrimientos para conocer potencialmente las pérdidas de agua en la cuenca. La morfología de la cuenca se define por tres parámetros: forma, relieve y red hidrográfica.

a. **Forma:** La forma de la cuenca influye sobre los escurrimientos y sobre la marcha del hidrograma resultante de una precipitación dada. Así, en una cuenca de forma alargada el agua caída por la lluvia escurre en general por un solo cauce principal, mientras que en otra de forma ovalada los escurrimientos de agua recorren cauces secundarios hasta llegar a uno principal, por lo que la duración del escurrimiento es superior.

b. **Relieve:** La influencia sobre el hidrograma es aun más evidente. A una mayor pendiente corresponderá una menor duración de concentración del agua de escurrimiento en la red de drenaje y afluentes al curso principal, los parámetros mas utilizados para determinar el relieve son los siguientes:

1b. **Alejamiento Medio de la Cuenca:** Es un coeficiente que relaciona el curso de agua más largo con la superficie de la cuenca.

2b. **Curva Hipsométrica:** La curva hipsométrica permite caracterizar el relieve. Una pendiente fuerte en el origen hacia cotas inferiores indican llanuras y penillanuras; si la pendiente es muy fuerte hay peligro de inundación. Una pendiente muy débil en esa parte revela un valle encajonado. Una pendiente hacia la parte media indica una meseta.

c. **Red Hidrográfica:** Se denomina red hidrográfica al drenaje natural, permanente o temporal, por el que fluyen las aguas de los escurrimientos superficiales, subsuperficiales y subterráneos de la cuenca. Para estudiar el drenaje natural se analizaron los siguientes parámetros:



1c. Densidad de Drenaje: La densidad de drenaje para una cuenca dada, se refiere a la longitud media del curso de agua por unidad de superficie. Cuanto mayor sea la densidad de drenaje, más rápido será la respuesta de la cuenca frente a una tormenta, evacuando el agua en menor tiempo. Por lo tanto los hidrogramas en principio tendrán un tiempo de concentración corto.

2c. Pendiente Media de un Cauce: Se define como la pendiente que recorre el cauce principal desde el origen hasta la salida de la cuenca.

3c. Método del Numero de Curvas: No siempre es posible obtener hidrogramas, por lo que la escorrentía superficial se debe estimar a partir de otros métodos. Uno de ellos es el numero de curva. Este método fue elaborado por el Servicio de Conservación de Suelos USDA (1972) y se basa en la estimación directa de la escorrentía superficial de una lluvia aislada, a partir de las características del suelo, el uso del mismo y de la cobertura vegetal. El método supone que cada uno de los complejos suelo-vegetación se comporta de una misma forma frente a la infiltración (Rodríguez, 1981).

Un hidrograma unitario es la respuesta de una cuenca a una precipitación uniforme efectiva (es decir, lluvia que cae con igual intensidad en toda la cuenca y produce solo escorrentía rápida) y que además es de valor unitario (1 mm). El pico o máximo caudal del hidrograma, representa el valor máximo del caudal en la sección de salida de la cuenca (Linsley, 1985).

#### **Balance Hidrico:**

Entre los factores climáticos que más influyen sobre la producción agrícola esta el agua, la lluvia es el factor que más variabilidad presenta de un año a otro en una región determinada. El simple estudio de la distribución de las precipitaciones no permite razonar los problemas de la relación agua-cultivos. El suelo interviene de manera muy importante, ya que tiene la propiedad de almacenar y de restituirla a las plantas en función de lo que las mismas demandan. Esta realidad viene a complicar el dispositivo analítico y justificar que se haya buscado crear una herramienta que permita analizar en términos sintéticos el problema de la alimentación hídrica de los cultivos.

El balance hídrico es una representación teórica de los intercambios de agua entre las plantas, el suelo y la atmósfera que es bastante potente, de fácil modelización y sujeta a aplicarse por medio de simulaciones a toda clase de situaciones climáticas, edáficas y de cultivos.

**Aforo de corrientes:** De acuerdo con la secuencia del ciclo hidrológico, las fuentes de abastecimiento de las corrientes superficiales son las lluvias y los diferentes caminos que sigue el agua para agregarse a los cauces o corrientes principales constituyen sistemas de escurrimiento; en cualquier estudio hidrológico es importante conocer la magnitud de los escurrimientos, ya que el conocimiento de los gastos que escurren es factor determinante para definir el tipo de aprovechamiento recomendable para la corriente en estudio.

Para determinar la magnitud de los gastos o caudales que escurren por un cauce o canal se necesita conocer ciertas características del mismo como son: la sección hidráulica, la pendiente, el tipo de materiales existentes en el lecho del cauce, etc. con el fin de establecer correlaciones que los conjuguen con el gasto hidráulico y que permitan construir gráficos y/o determinar constantes para simplificar el cálculo de volúmenes que escurren (Rodríguez, 1981).

**Escurrecimiento:** Las aguas que enriquecen las corrientes superficiales, son conocidas como "escorrentia" y pueden alimentar las corrientes de forma permanente o temporal y lo pueden hacer superficialmente o en forma subterránea, es decir, las aguas que llegan a los cauces de drenaje a partir del parte aguas de una cuenca constituyen los volúmenes escurridos provenientes de la lluvia, pudiendo escurrir por vía subterránea o superficial (Rodríguez, 1981).

**Escurrecimiento Superficial:** Es el que viaja por la superficie del terreno hacia los cauces entendiéndose por cauce cualquier depresión del terreno por la que pueda fluir agua (con una longitud y capacidad variable) durante y después de ocurrida una precipitación (Rodríguez, 1981).

### **Calidad del Agua:**

FAO, (1987) definen la calidad del agua como "las características de las aguas que puedan afectar su adaptabilidad a un uso específico, en otras palabras, la relación entre la calidad del agua y las necesidades del usuario".

También la calidad del agua se puede definir por su contenido de sólidos y gases, ya sea que estén presentes en suspensión o solución. Sobre el particular es conveniente recordar que el agua es por naturaleza "el solvente universal", y que durante su travesía por la atmósfera y su

recorrido por la cuenca, recoge entre otros, trazas de gases, contaminantes atmosféricos, porciones de árboles y de otros tipos de vegetación, así como sedimentos y solutos del suelo (Caballero, 1990) citado por Mendoza, 1995).

Varios autores (Fair, et al 1979, FAO 1987) coinciden en que la calidad del agua se define por una o más características físicas, químicas o biológicas. Así mismo, Fair, et al 1979 indican que en la escala de calidad de aguas se encuentran la aptitud, los objetivos y normas para el logro de agua potable y buen sabor, aguas de balnearios, pesca, navegación, irrigación, etc. que también son muy importantes en el servicio de las comunidades y las industrias.

Villegas (1995) considera como parámetros de calidad de agua valores que miden la salud del ecosistema y los ha denominado indicadores de sostenibilidad entre otros: pH, conductividad, turbidez, DBO, QBO, sólidos totales, coliformes. Algunos indicadores son de gran valor descriptivo como los residuos de plaguicidas y los conteos de bacterias coliformes, pero su medición es muy difícil y los costos son muy elevados.

Aunado al control de la calidad y a las características geoquímicas del terreno, se debe tomar en cuenta el uso que se hace del suelo en la cuenca y las actividades del hombre.

De Zuane (1990) toma en cuenta también la influencia de varios factores entre los que están: el clima, precipitación, número de personas por unidad de área, condición económica de los consumidores, mes del año, hora del día, etc.

### **Contaminación del Agua:**

La contaminación es un problema grave de nuestro tiempo y en esa contaminación se encuentra el agua que posteriormente será destinada al consumo humano. Las necesidades de agua van siendo más difíciles de satisfacer a medida que la contaminación reduce la calidad de numerosas fuentes de agua. (Estrada, 1986).

Las actividades agrícolas y forestales intensivas, son actualmente reconocidas como fuente importante de la degradación de la calidad de las aguas. Los principales contaminantes provenientes de las regiones agrícolas, son los materiales que viajan en suspensión a

consecuencia de la erosión hídrica, sustancias trimentales (nitrógeno y fósforo) producto de las fertilizaciones agrícolas y los residuos fitosanitarios provenientes de los plaguicidas y herbicidas. (Oropeza, 1990) citado por Mendoza, 1995).

La misma carencia de agua provoca la utilización de fuentes no potables y contaminadas las que pueden hacer del agua un peligro para la salud pública. La contaminación se presenta en varios tipos, puede ser: de origen humano directo (contaminación fecal), de origen humano indirecto (fumigaciones con pesticidas en agricultura, aguas de desecho de establecimientos ganaderos o industriales, etc) o de origen natural (derrumbes, percolación por capas permeables con sustancias tóxicas, etc).

La clasificación de las contaminaciones por tipo nos ayuda a detectarlas, mientras que la clasificación de los contaminantes por su origen nos permite entender sus efectos.

#### **4.4. Sistemas de Información Geográfica**

El Sistema de Información Geográfica involucra una serie de operaciones que nos lleva desde la planificación de todo el proceso de obtención, almacenamiento y análisis de datos hasta la utilización de la información derivada de algún proceso de toma de decisiones.

Según Burrough (1988), los SIG son: "Un conjunto de herramientas para recoger, almacenar, buscar, transformar y desplegar datos espaciales del mundo real para unos determinados objetivos".

Aronoff (1989) más concreto lo considera un sistema informatizado que ofrece cuatro tipos de posibilidades para manejar datos georeferenciados:

1. Entrada de datos (Digitalización).
2. Manejo de datos (Almacenamiento y Búsqueda).
3. Manipulación y análisis.
4. Salida de datos.

En ambos casos, el objetivo principal de un SIG es el de ayudar y asistir durante la toma de decisiones espaciales para el manejo y conservación efectiva de los recursos naturales. El conocimiento básico sobre la localización, cantidad y disponibilidad de recursos naturales es indispensable para la planificación más racional y el desarrollo y explotación inteligente de los recursos.

Un SIG no es simplemente un sistema de computación para elaborar mapas, aunque pueda crearlos a diferentes escalas, en diferentes proyecciones y con diferentes colores. Un SIG es una herramienta de análisis y su mayor ventaja es que permite al usuario identificar las relaciones espaciales entre las características de los mapas.

## V. MATERIALES Y METODOS

### 5.1. Materiales:

Los materiales utilizados se detallan a continuación:

#### 5.1.1. Fase de Pre-Campo:

- a) Mapa Topográfico Escala 1:50,000 N° 2950 I Rio Escalante.
- b) 7 Fotografías Aéreas Escala 1:25,000 del año 1987.
- c) Mapa Geológico a Escala 1:50,000
- d) Estereoscopio de Espejo.
- e) Acetatos.
- f) Marcadores indelebles.
- g) Tape magic, masking tape.
- h) Alcohol.

#### 5.1.2. Fase de Campo:

- a) Vehículo de doble tracción.
- b) Clinómetro.
- c) Barreno.
- d) Palín.
- e) Martillo Geológico-Edafológico.
- f) Centímetro.
- g) Nivel de Ingeniero.
- h) Cámara Fotográfica.
- i) Cuchillo de Campo.
- j) Libreta de Campo.
- k) Formato para la descripción de perfiles.
- l) Etiquetas para la identificación de muestras.
- m) Bolsas plásticas para la toma de muestras de suelos.
- n) Recipientes de vidrio para toma de muestras de agua.
- o) Tabla de colores Munsell.
- p) Clave para la taxonomía de suelos (1994).

- q) Pizeta con agua.
- r) Manual FAO para la descripción de perfiles.

### 5.1.3. Fase de Post-Campo:

- a) Skecht Master.
- b) Pantógrafo.
- c) Planímetro.
- d) Estereoscopio de Espejo.
- e) Mesa de luz.
- f) Equipo de laboratorio para análisis químicos y físicos de suelos.
- g) Reactivos.
- h) Papel Tracing.
- i) Papel Bond.
- j) Marcadores indelebles finos.
- k) Lápices de colores.
- l) Masking tape, tape magic.
- m) Borradores de goma y corrector líquido.
- n) Computadora y Software para SIG.
- o) Tabla Digitalizadora.
- p) Impresora.
- q) Acetatos.
- r) Alcohol.

## 5.2. Metodología

El Diagnóstico de Suelos y Agua se llevó a cabo con la ejecución de las siguientes actividades en conjunto: Recopilación de Información Básica, Fotointerpretación, Levantamiento Edafológico, Comprobación de campo y Procesamiento y Síntesis de la Información.

Se seleccionaron transectos utilizando el mapa topográfico, información climática, geología y fotointerpretación para estudiar las combinaciones existentes de relieve, clima, geología, y así garantizar todo el conocimiento necesario de los recursos a caracterizar.

El nivel de detalle del estudio (Reconocimiento de Alta Intensidad), es una modificación de las normas del estudio de reconocimiento según American Soil Survey Staff (1962) a escala 1:50,000. Este nivel de reconocimiento de alta intensidad establece un rango de 0.4 a 1 observación por Km<sup>2</sup> (con muestreo libre).

Para su ejecución se dividen las actividades en las siguientes etapas:

### 5.2.1 Actividades por Etapas

#### **Etapas de Pre-campo:**

- a.- Redacción de Anteproyecto.
- b.- Recopilación de la Información.
- c.- Mapas:
  - Topográfico.
  - Geológico.
  - Suelos. (Fotomapa, CRN 1971)
  - Climático.
- d.- Fotografías Aéreas Escala 1:50,000 Año 1987.
- e.- Fotointerpretación preliminar.

#### **Etapas de Campo:**

- a.- Reconocimiento del área de estudio.
- b.- Comprobación de Fotointerpretación Preliminar.
- c.- Levantamiento de Información:
  - Fisiografía.
  - Suelos (Clasificación Tentativa).
  - Pendiente.
  - Uso Actual.
  - Identificación de fuentes de agua.
  - Aforo de corrientes de agua.
  - Red de Drenaje.
  - Toma de muestras de agua.



### **Etapas de Post-campo:**

- a.- Compilación y corrección de mapas.
- b.- Análisis de muestras de suelos y aguas en el Laboratorio.
- c.- Clasificación definitiva de suelos y de su capacidad de uso (Según los sistemas USDA).
- d.- Confrontación del Uso Actual de la Tierra con la Capacidad de Uso de la Tierra para las áreas de conflicto.
- e.- Determinación del Uso Propuesto de la Tierra sobre la base del potencial de los Recursos Naturales estudiados. (Se tomará como base la información reflejada en el mapa de Uso Potencial y el Mapa de Zonas de Vida).
- f.- Estimación de volúmenes de escurrimientos.
- g.- Balances Hídricos.
- f.- Redacción de Informe Final.

### **5.2.2. Proceso Metodológico:**

La metodología empleada en la Generación de Mapas para el estudio, se resume en el esquema que se presenta en la Figura 2.

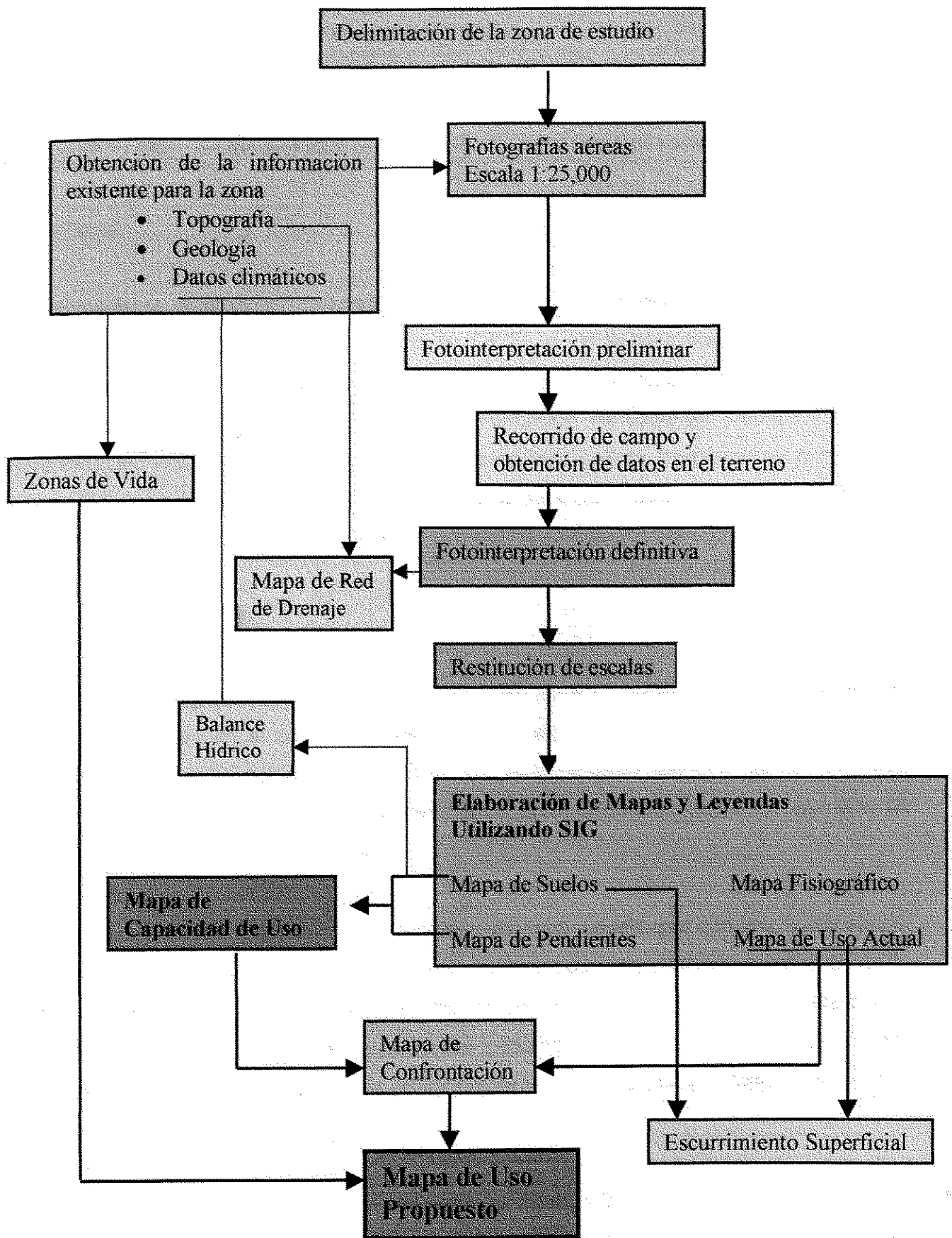


Fig. 2 Diagrama Ilustrativo de la Metodología

### 5.2.2.1. Recursos Edáficos. (Elaboración de Mapas)

Los mapas se elaboran con la aplicación de un SISTEMA DE INFORMACION GEOGRÁFICO (SIG), los detalles para la elaboración de cada mapa aparece a continuación:

#### a. Mapa Base

Basándose en el Mapa Topográfico se elabora un mapa base a Escala 1:50,000 el cual será digitalizado en TOSCA 212 y procesado en IDRISI, el mapa base contiene los puntos de referencia más importantes de la Cuenca como son: poblados, comunidades, ríos, quebradas, caminos, etc. Sobre éste mapa se montará la información de Sistemas Terrestres, Suelos, Pendientes, Uso Actual, Patrón de Drenaje y Zonas de Vida que se levantaron en la Etapa de Campo y los derivados de la sobreposición de algunos de éstos mapas como de Capacidad de Uso, Conflicto y Uso Propuesto.

#### b. Mapa Fisiográfico:

El mapa fisiográfico es elaborado por fotointerpretación preliminar en la Etapa de Pre-campo y comprobado en el campo, empleando el método fisiográfico propuesto por Ortiz y Cuanalo (1984), el cual puede ser considerado prácticamente como una subdivisión del paisaje. Este método cuenta a nivel regional con un sistema de clasificación muy simple, con dos tipos de unidades: La Faceta y El Sistema Terrestre.

La Faceta es una porción de la superficie terrestre, usualmente con una forma simple, sobre una misma roca y con un suelo y régimen de humedad que son uniformes o varían en forma simple y consistente. Una repetición de un conjunto de Facetas da un carácter particular a un paisaje; en otras palabras, reconocemos diferentes paisajes en donde hay un diferente conjunto de Facetas o donde los patrones de las relaciones entre Facetas difieren. Tales patrones son conocidos como Sistemas Terrestres.

Las unidades encontradas son digitalizadas en TOSCA 212 como arcos, luego se crean los polígonos. En IDRISI se rasterizan. Cada polígono tiene una leyenda para cada unidad descrita.

### c. Mapa de Pendientes:

Para obtener el Mapa de Pendientes, se digitalizan las curvas de nivel cada 20 metros conforme al mapa topográfico a escala 1:50,000. En IDRISI se convierten las curvas digitalizadas del Sistema Vector al Sistema Raster (cuadrícula), a partir del cual se crea una imagen: **Modelo de Elevación Digital del Terreno**, que es un mapa de entrada que permitirá calcular las pendientes.

El mapa de pendientes, pasará por un proceso de filtros con el objetivo de suavizar las superficies del terreno y luego agruparlas hasta lograr una mejor uniformidad en los rangos establecidos para su clasificación.

Para la clasificación se utiliza una escala de orden alfabético con sus respectivos porcentajes según la inclinación de la pendiente. Los rangos varían desde 0% hasta mayores del 45% que corresponde al máximo valor para la pendiente, indicando que los valores más bajos corresponden a terrenos planos a casi planos hasta llegar a los más accidentados o escarpados.

Los rangos de pendientes se detallan a continuación:

A	0-2%	Plano a casi plano
B	2-4%	Suavemente inclinado
C	4-8%	Inclinado
D	8-15%	Moderadamente escarpado
E	15-30%	Escarpado
F	30-45%	Muy escarpado
G	>45%	Extremadamente escarpado

### d. Mapa de Suelos

Se elabora en el Levantamiento de Suelos al nivel de Reconocimiento de Alta Intensidad siguiendo la metodología propuesta por American Soil Survey Staff (1962) a través de barrenadas y descripción de perfiles representativos (observaciones

georeferenciadas), se obtendrán muestras de suelos de cada horizonte descrito para su posterior análisis en el laboratorio.

Los límites de las unidades de suelos por fotointerpretación se corregirán basándose en las observaciones de campo, para luego proceder a la restitución de la información de la fotografía aérea al mapa base. Con los resultados de los análisis del laboratorio se elaborará la clasificación definitiva de los suelos en las categorías de Orden, Sub orden, Gran grupo y Sub grupos taxonómicos respectivamente según la Soil Survey Staff (1994).

Luego de georeferenciadas las observaciones se crea una base de datos de suelos, después se digitalizan las unidades de suelos encontradas en TOSCA 212 y se relacionan con la base de datos; para la elaboración del mapa final se realizará el mismo procedimiento a través del SIG que se utiliza para elaborar el mapa fisiográfico.

#### **e. Mapa de Uso Actual**

El Uso Actual de la Tierra se realiza a través de fotointerpretación preliminar y se comprobará en el campo donde se observará el uso mayor de la tierra; las áreas de cultivos anuales, de pastos, las que están cubiertas por bosques, o tengan otro uso.

Para la elaboración de éste mapa se procede a digitalizar las unidades de uso actual encontradas. El proceso de la información se ejecuta de la misma manera que se procede al elaborar el mapa de suelos.

#### **f. Mapa de Zonas de Vida**

El mapa de Zonas de Vida se obtiene de la aplicación del Triángulo de Zonas de Vida de Holdridge que mostrará las diferentes zonas que caracterizan al área de estudio a partir de datos como: altitud, precipitación, temperatura, evapotranspiración, y sirve para seleccionar los cultivos adaptables a las condiciones agroclimáticas de la zona.

#### **g. Mapa de Capacidad de Uso**

El mapa de Capacidad de Uso es obtenido por sobreposición de los mapas de Suelos y de Pendientes, delimitando las clases de capacidad de acuerdo a las limitaciones que presentan las diferentes unidades de suelos así como el grado de inclinación de la pendiente. Las limitaciones de los suelos se podrán determinar por medio de las descripciones de perfiles realizadas en la etapa de campo, las cuales mostrarán las características esenciales para determinar la capacidad del mismo:

- Profundidad efectiva
- Textura superficial y del subsuelo
- Drenaje
- Pendiente
- Presencia de rocas en la superficie y en el perfil
- Evidencias de erosión
- Fertilidad natural.

Con esta información se elaborará una matriz expresando las características del suelo y sus limitaciones, el resultado es un valor que en escala ascendente identifica la Clase I a la Clase VIII, basado en la Clasificación de Capacidad de la Tierra diseñada por Klingebiel y Montgomery (1961).

#### **h. Mapa de Confrontación del Uso de la Tierra**

Este mapa se elabora mediante la sobreposición del mapa de Uso Actual de la Tierra con el mapa de Capacidad de Uso de la Tierra. El uso actual representa como se está aprovechando el recurso suelo, mientras que la capacidad de uso nos indica el nivel de soporte físico que el suelo puede permitir con prácticas de manejo específicas.

Las áreas son valoradas únicamente por su uso y no por su manejo, o sea los usos actuales que están de conformidad o inconformidad con la capacidad de uso de la tierra.

De esta forma se clasifica el suelo en áreas:

- Bien utilizadas (Bu)
- Sobre utilizadas (So)
- Sub utilizadas (Sub)

## Valoración de los Usos Actuales según la Capacidad de Uso.

<i>Uso vs Capacidad</i>	<i>Bien Utilizada</i>	<i>Sub Utilizada</i>	<i>Sobre Utilizada</i>
I, II, III	A	P, P+Bt, BE	Urbanismo
IV	P, P+Bt	BE o PVS	A
V, VI	P, BE, P+Bt	PVS	A
VII	BE	PVS	P+A
VIII	PVS		P+Bt, P, A, BE

(Barreto, 1996)

### Simbología:

A : Agricultura con conservación de suelos (excepto en clase I).

P : Pasto

P+Bt : Pasto más Bosque bajo secundario (tacotal)

BE : Bosque de explotación

PVS : Protección de vida silvestre.

Urbanismo

### i. Mapa de Uso Propuesto

El mapa de Uso y Manejo Propuesto es elaborado basándose en la Capacidad de Uso de la Tierra y a la información climática que se desprende del mapa de Zonas de Vida. Correlacionando toda la información que brindan estos mapas se elabora una matriz de propuestas de uso para cada unidad homogénea de tierra, procurando que esta propuesta de uso sea la más adecuada en el sentido que conlleve a la protección y/o recuperación de aquellos recursos que se encuentren degradados; así mismo se selecciona una gama de cultivos adaptables a condiciones edafoclimáticas específicas para cada sistema agroecológico propuesto.

A los suelos se les propondrá su uso mediante la siguiente tabla:

Clase de Capacidad de Uso	Propuesta de Uso
I	A
II y III	AF1
IV	AF2/G/GF1
V	AF3/GF1/GF2
VI	AF3/GF2/F
VII	AF3/F
VIII	PVS

(Según Rodríguez, 1990 modificada por Barreto, 1995).

### Simbología:

A : Agricultura Intensiva (Cultivos anuales asociados)

AF : Sistema Agroforestal

GF : Sistema Silvopastoril (forestal-ganado)

G : Ganadería

F : Uso Forestal

PVS : Protección de la Vida Silvestre.

**A :** Corresponde al tipo de agricultura intensiva como asociados, en el cual se combinan especies gramíneas y leguminosas y otros cultivos anuales, es decir se elimina el uso de monocultivos.

En los sistemas agroforestales hay varios tipos:

**AF1 :** Cultivos anuales, cultivos semiperennes, cultivos perennes, especies forestales.

**AF2 :** Cultivos semiperennes, cultivos perennes, especies forestales

**AF3 :** Cultivos perennes, especies forestales.

En los sistemas silvopastoriles se plantean:

**GF1 :** Pastos de gramíneas, forraje (leguminosas, arboles, arbustos).

**GF2 :** Forraje (leguminosas, arboles, arbustos), especies forestales.



El sistema forestal y de protección contempla:

**F** : El uso forestal contempla especies forestales con valor energético y maderable además de arboles frutales.

**PVS** : Areas donde prácticas de agricultura producen degradación del medio físico y su uso más beneficioso es el de recuperación para fines especiales como el ecoturismo, recreación, abastecimiento de agua, banco de germoplasma, y protección de especies en extinción tanto de flora como de fauna.

#### **j. Mapa de Red de Drenaje**

Para elaborar este mapa se delimita la cuenca con la delineación del parte aguas en el mapa topográfico. En fotointerpretación serán delimitadas las partes fundamentales de la cuenca, como son las diferentes corrientes (permanentes o intermitentes) que van a desembocar al cauce principal (Río Acayo).

Después se hace una restitución de escala, en donde se transcribe toda la información obtenida para luego digitalizar el mapa en TOSCA 212 y procesarlo en Idrisi.

#### **5.2.2.2. Recursos Hídricos Superficiales**

Para investigar el recurso hídrico superficial se estudia la morfología de la cuenca, la cual está definida por tres parámetros fundamentales:

- a. Forma
- b. Relieve
- c. Red Hidrográfica

##### **a. Forma:**

La forma de la cuenca tiene fundamental importancia en la cantidad de escorrentía para una misma área y una misma intensidad de lluvia, el hidrograma de salida depende directamente de la forma de la hoya, la cual puede expresarse por un factor  $C_g$  adimensional llamado Coeficiente de Compactidad de Gravelius y se define como sigue:

$$C_g = \frac{P}{2(3.1416 \cdot A)^{0.6}}$$

Donde: Cg= Coeficiente de Gravelius.

P= Perimetro de la cuenca en km.

A= Area de la cuenca en km<sup>2</sup>

Cg	Forma
1.00-1.25	Redonda
1.25-1.50	Ovalada
1.50-1.75	Oblonga
> 1.75	Alargada

### Pendiente Media de la Cuenca:

Se utilizará el método de Horton, el cual calcula la pendiente media en dos direcciones en el sentido de eje X y el eje Y para posteriormente determinar la pendiente media general de la cuenca, dicha pendiente se determina haciendo uso de las siguientes ecuaciones:

$$S_x = \frac{IV \cdot N(x)}{L(x)}$$

$$S_y = \frac{IV \cdot N(y)}{L_y}$$

$$S_c = \frac{S_x + S_y}{2}$$

Donde: Sc = Pendiente media general de la cuenca.

Sx = Pendiente media en X

Sy = Pendiente media en Y

IV = Intervalo Vertical entre curvas de nivel.

N(x), (y) = Número de intersecciones en el eje X, Y

L(x), (y) = Longitud de las intersecciones en el eje X, Y

### Pendiente media del Cauce Principal:

Se dividirá el cauce principal en tramos de igual longitud desde el curso de agua más largo hasta la desembocadura del río. calculando la pendiente para cada tramo la que será

igual a la relación que existe entre el intervalo vertical que comprenden los puntos extremos y la longitud horizontal entre los puntos multiplicado por cien,

$$s = (IV/L) \cdot 100$$

luego obtenemos un promedio sumando las pendientes de cada tramo y dividiendo entre el número de tramos realizados;

$$S_m = s_1 + s_2 + s_3 + \dots + s_n / n$$

Donde:  $S_m$  = Pendiente media del cauce.

$s_n$  = Sumatoria de las pendientes de cada tramo.

$n$  = Número de tramos en que se dividió el cauce principal.

b. **Relieve:** Los parámetros más utilizados para determinar el relieve son los siguientes:

**1.b Alejamiento medio de la Cuenca:** Es un coeficiente que relaciona el curso de agua más largo con la superficie de la cuenca, esta dado por:

$$a = \frac{L}{A^{0.5}}$$

Donde:  $a$  = Alejamiento medio de la cuenca.

$L$  = Longitud del curso de agua más largo en km

$A$  = Area total de la cuenca en  $\text{km}^2$

**2.b Curva Hipsométrica:**

Es frecuente definir el relieve por la curva hipsométrica de la cuenca, que representa gráficamente cotas del terreno en función de las superficies correspondientes. Con el mapa topográfico a escala 1:50,000 se construye el gráfico que representa la curva en donde la altitud se representa en las ordenadas y la superficie de la cuenca expresada en porcentaje en las abscisas. Es decir, la curva hipsométrica es una curva que representa las superficies dominadas por encima de cada cota y por tanto caracteriza en cierta forma el relieve.

### c. Red Hidrográfica:

Se refiere al drenaje natural, permanente o temporal, por el que fluyen las aguas de los escuimientos de la cuenca. Para estudiar el drenaje natural nos auxiliaremos del mapa de red de drenaje y se toman en cuenta los siguientes parámetros:

#### Número de orden de un cauce:

Horton sugirió la clasificación de cauces de acuerdo al número de orden de un río como una medida de la ramificación del cauce principal en una cuenca hidrográfica. Un río de primer orden es un tributario pequeño sin ramificaciones, uno de segundo orden es el que posee únicamente ramificaciones de primer orden. Un río de tercer orden es uno que posee solamente ramificaciones de primer y segundo orden. El orden de una cuenca hidrográfica está dado por el número de orden del cauce principal.

#### Densidad de Corrientes:

La relación entre el número de corrientes y el área drenada, proporciona una medida de la eficiencia del drenaje. Nos indica el total de corrientes que pueden existir en una cuenca y está dada por:

$$Dc = \frac{Nc}{A}$$

Donde: Dc= Densidad de corrientes.

Nc= Total de número de corrientes en la cuenca.

A= Area total de la cuenca en km<sup>2</sup>

#### Densidad de Drenaje:

Se entiende como la mayor o menor facilidad que presenta una cuenca hidrográfica para evacuar las aguas que provienen de las precipitaciones que quedan sobre la superficie de la tierra, debido al grado de saturación de las capas del subsuelo. Nos da idea de la permeabilidad de los suelos y de la vegetación, ya que mientras más baja es la densidad, mayores son éstos factores.

Para el cálculo de la densidad de drenaje se utiliza la fórmula siguiente:

$$Dd = \frac{Lc}{A}$$

Donde: Dd= Densidad de drenaje.

Lc= Longitud total de las corrientes en km

A= Area total de la cuenca en km<sup>2</sup>

### **Cálculo de la Precipitación:**

El cálculo de la precipitación media para el sitio de estudio se hará por el método de la isoyeta, considerando 7 estaciones meteorológicas existentes cercanas a la zona de estudio, ya que no existen estaciones meteorológicas dentro de la cuenca.

Las isoyetas son el lugar geométrico de los puntos de igual precipitación y su trazado se determina interpolando de acuerdo con los valores registrados en las estaciones, pero teniendo en cuenta también la influencia de factores condicionantes de ese relieve pluviométrico como son la altitud, orientación frente a vientos húmedos; los datos se procesarán en IDRISI y se obtendrán las isoyetas promedios para la zona.

### **Cálculo de la Evapotranspiración:**

El cálculo de la Evapotranspiración se realiza por medio del Programa AGROCLIM (Análisis de Datos Climáticos), este paquete permite determinar la evapotranspiración según la fórmula de Penman simplificada.

Se evalúan únicamente cuatro parámetros para determinar la ETP diaria, por décadas o mensual según se desee; los datos son proporcionados por los archivos meteorológicos diarios del lugar considerado:

1. La temperatura promedio diaria, en °C.
2. La humedad relativa promedio diaria, en % (o directamente la tensión de vapor del aire).
3. La insolación (brillo solar) diaria, en horas y décimas.
4. La velocidad promedio del viento en m/s.

### **Balances Hídricos:**

Los balances hídricos se realizan en la zona para conocer la variación del régimen hídrico en el suelo a lo largo del año y determinar cuando existe exceso o déficit del recurso. El balance se realizará a partir de los datos meteorológicos disponibles en cada perfil representativo de los suelos identificados en el levantamiento de suelos, considerando sus características físicas como textura, profundidad, densidad aparente, y las condiciones climáticas de la zona de estudio como precipitación, evapotranspiración, y capacidad de retención de humedad.

Los elementos que intervienen en dicho cálculo y que es preciso determinar son los siguientes:

- a. Capacidad de almacenamiento de la zona radicular susceptibles de ETP.
- b. ETP determinada por Penman simplificado.
- c. Precipitación media mensual.
- d. Pérdidas o adiciones potenciales de la humedad del suelo.
- e. Pérdida potencial acumulada.
- f. Agua almacenada en el suelo.
- g. Cambio de la humedad acumulada en el suelo.
- h. Evapotranspiración Real.
- i. Déficit de humedad
- j. Exceso de humedad.
- k. Escorrentía total

### **Cálculo de Escurrimientos Superficiales:**

Se realizará por el método del número de curvas propuesto por USDA que se basa en la estimación directa de la escorrentía superficial de una lluvia aislada a partir de las características del suelo y la cobertura. El método supone que cada uno de los complejos suelo-vegetación se comporta de una misma forma frente a la infiltración.

Rojas, (1986) afirma que en un complejo suelo-vegetación totalmente impermeable toda la precipitación se convierte en escorrentía superficial. Por el contrario en un complejo totalmente permeable no daría escorrentía fuera cual fuera el valor de la precipitación. A cada tipo de

complejo suelo-vegetación se le asigna un valor, llamado número de curva o número hidrológico.

Los suelos según este método son clasificados de la siguiente manera:

**GRUPO A:** Es el que ofrece menor escorrentía, incluye suelos que presentan mayor permeabilidad, suelos profundos, y suelos bien drenados.

**GRUPO B:** Suelos de moderada permeabilidad, son menos profundos que el grupo A.

**GRUPO C:** Incluye suelos que presentan poca permeabilidad, son menos profundos que los del grupo B, su textura es franco arcillosa, poseen estratos impermeables.

**GRUPO D:** Ofrece mayor escorrentía, incluye los suelos con gran impermeabilidad, arcillosos y aquellos con subsuelos impermeables próximos a la superficie.

En cuanto a la cubierta vegetal se establecen distintas clases en sus condiciones hidrológicas con gradaciones de pobres a buenas para la infiltración. Cuanto más denso es el cultivo mejor es su condición hidrológica para la infiltración y menor es el número de curva representativo.

Con respecto al laboreo del terreno se establece una clasificación considerando que dichas labores influyen sobre la escorrentía:

**R:** Cuando las labores se realizan sin tomar en cuenta la pendiente del terreno o sea sin medidas de conservación.

**C:** Cuando se cultiva a curva de nivel o manejo conservacionistas.

**C.T.:** Cuando se cultiva a curva de nivel y existen terrazas abiertas (con desagüe) para la conservación del suelo.

**POBRES:** Cuando son pastados, pero presentan un sobre pastoreo y tienen un área con cubierta vegetal menor del 50% de la superficie del terreno.

**REGULARES:** Aquellos cuya cubierta vegetal alcanza entre un 50% y un 75% son moderadamente pastados.

**BUENOS:** Los que su cubierta vegetal supera el 75% de la superficie del terreno.

Con los datos del número de curva y las precipitaciones diarias de los registros existentes se estimarán los volúmenes de escorrentía procesando los datos utilizando Sistemas de Información Geográfica.

Para efecto de comparación de los diferentes volúmenes de agua escurridos se elaboraron los cálculos de escorrentía para tres situaciones diferentes:

**CASO I:** Es el más desfavorable a efectos de escorrentía (año seco).

**CASO II:** Favorable a efectos de escorrentía (año húmedo).

**CASO III:** Intermedio entre los dos anteriores, o sea es un año de mediana precipitación (año medio).

#### **Cálculo del Caudal Mínimo del Cauce Principal:**

La determinación del caudal del cauce principal consiste en conocer el área de la sección transversal de la corriente, medir la velocidad media del agua y de la multiplicación de esos elementos se obtiene el valor del gasto de la corriente.

Para realizar el aforo utilizaremos el Método de Sección y Velocidad, la sección transversal queda limitada en la parte superior por la superficie del agua que es prácticamente recta y horizontal y por las paredes del cauce que forman los lados y el fondo, la velocidad la determinaremos mediante el uso de un dispositivo mecánico (Molinete Modelo 625), ubicado en dirección del escurrimiento, el mecanismo que gira con el impulso de la corriente traslada su movimiento de un contador mecánico a un sistema eléctrico que emite llamadas al cerrarse un circuito cada cierto número de vueltas del molinete, cuanto mayor sea la velocidad de la corriente, tanto más giran las aspas del molinete. (Rodríguez, 1981).

Conociendo el número de vueltas del molinete y el tiempo que tarda en darlas, se puede conocer la velocidad del agua con ayuda de una tabla calculada al efecto para cada molinete.

#### **Cálculo del Caudal Máximo:**

Para obtener el caudal máximo que puede presentar el cauce principal de la cuenca utilizaremos el Método Racional el cual describe una fórmula que interrelaciona las variables Tiempo de Concentración y Escorrentía superficial (por el método del Número de Curva), así como el área de la cuenca respectivamente:

$$Q = 2.97 \frac{S^r A}{T_c}$$



Donde:  $Q$  = Gasto o caudal máximo ( $m^3/s$ ).

$S_r$  = Escorrentía superficial (mm).

$A$  = Area total de la cuenca (ha).

$T_c$  = Tiempo de concentración (hr).

El Método Racional supone que el caudal máximo en la salida debe esperarse para una tormenta cuya duración sea igual al tiempo de concentración el cual se define como: ( $T_c$ ) Intervalo entre el comienzo de la lluvia en el momento en que la escorrentía procedente del punto de la cuenca más alejado de la salida contribuye al caudal que fluye por la misma. El  $T_c$  también puede definirse como el tiempo requerido para que el nivel del agua en la salida se eleve desde el nivel más bajo al más alto (Ramser, 1929).

Si la duración de la tormenta es menor que el tiempo de concentración solamente parte de la cuenca contribuye al caudal en la salida, si es superior toda la cuenca participa, pero la intensidad de la tormenta suele disminuir con el tiempo. El  $T_c$  depende de la distancia del movimiento del agua y de su velocidad en cada tramo de la red. Para calcular el  $T_c$  utilizaremos la fórmula californiana de Kirpich en función de la longitud del cauce ( $L$ ) y el desnivel de la cuenca ( $H$ ), se expresa como:

$$T_c = \left\{ \frac{0.87L^3}{H} \right\}^{0.385}$$

Donde:  $L$  = Longitud en km del cauce de agua más largo.

$H$  = Diferencia de elevación en metros.

$T_c$  = Tiempo de concentración en horas.

#### Método del Número de Curva:

Este método fue desarrollado por el SCS (Soil Conservation Service, 1972) para la determinación de la escorrentía superficial producida por una precipitación y del hidrograma de la descarga específica de una cuenca. Para calcular el caudal máximo de avenida en el punto de salida de la cuenca el método consta de tres fases: en primer lugar se calcula la lámina de escorrentía a partir de la precipitación y de las características de la cuenca; a continuación, a partir

de la escorrentia se determina el hidrograma de la cuenca mediante la aplicación de un hidrograma adimensional, en este hidrograma se determina el coeficiente de drenaje, que posteriormente se utiliza para el cálculo del caudal, en función de la superficie de la cuenca.

El método se basa conceptualmente en la interpretación del proceso hidrológico que ocurre durante un período de lluvia. En la fase inicial de este proceso no se produce escorrentia mientras que el agua de lluvia es interceptada por la vegetación y se infiltra en el suelo ( $I_a$ ). Si la cantidad de lluvia registrada excede este valor, comienza a producirse escorrentia hasta llegar a un límite en que toda la precipitación se convierte en escorrentia superficial.

De las características de la cuenca y del contenido de humedad del suelo, antes de iniciarse la precipitación depende la máxima retención potencial o capacidad de recarga ( $s$ ).

Suponiendo que el valor de ( $s$ ) es constante durante una tormenta y que la interceptación inicial es aproximadamente el 20% de la máxima potencial ( $I_a=0.2s$ ). La escorrentia es entonces función solamente de la precipitación y de la máxima retención potencial:

$$Sr = \frac{(P-0.2s)^2}{P+0.8s}$$

Donde:  $Sr$  = Esorrentia superficial (mm).

$s$  = Infiltración potencial (mm).

$P$  = Precipitación (mm).

El número de curva se relaciona con la máxima retención potencial de la siguiente forma:

$$NC = \frac{1000}{10+s/25.4}$$

Donde:  $NC$  = Número de Curva.

$s$  = Infiltración potencial (mm).

Despejando (s) y sustituyéndolo en la ecuación anterior se obtiene una expresión que permite el cálculo de la esorrentía en función exclusivamente de la precipitación y del número de curva.

#### **Calidad del agua en la cuenca:**

Se tomaron muestras representativas en diferentes sitios de la Cuenca, parte alta (San José de los Remates), media (Cerro El Jarro y Aguas Calientes) y baja (Bocana del Río Acayo), entre pozos y cuerpos de agua superficiales, los que serán analizados para establecer su calidad tanto para el riego como su potabilidad utilizando los parámetros establecidos por la FAO para el agua para riego y los establecidos por la OMS para el agua potable.

Los análisis que se les realizarán a las muestras son:

Conductividad Hidráulica	- Sodio (Na)
PH	- Plomo (Pb)
Dureza	- Aluminio (Al)
Calcio (Ca)	- Sólidos totales
Magnesio (Mg)	- Turbidez
Cloruros	- DBO
Sulfatos	- Coliformes fecales
Nitratos	- Coliformes totales
Nitritos	- Nitrógeno
Hierro (Fe)	- Determinación de residuos de Plaguicidas.

## VI. RESULTADOS

### 6.1 Generalidades:

La Cuenca del Río Acayo fue dividida en:

1. **Parte Baja (0-100msnm)** en donde se localizan las comunidades de Pancasán, El Tendedero, Veracruz de Acayo.
2. **Parte Media (100-300msnm)** en ella se encuentran ubicadas las comunidades de Paso La Solera, Aguas Calientes, La Piñuela.
3. **Parte Alta (300-580msnm)** que comprende principalmente las comunidades de San Jorge, San José de los Remates, La Chonca, La Pitilla.

En la Cuenca existen 5 Escuelas de Educación Primaria (1<sup>ro</sup> a 4<sup>to</sup> grado), distribuidas en toda la Cuenca, los pobladores cuentan con un Puesto de Salud ubicado en Paso La Solera que atiende a todos los habitantes de la cuenca y de las comunidades vecinas, 3 Comedores Infantiles así como la existencia de una Casa Base.

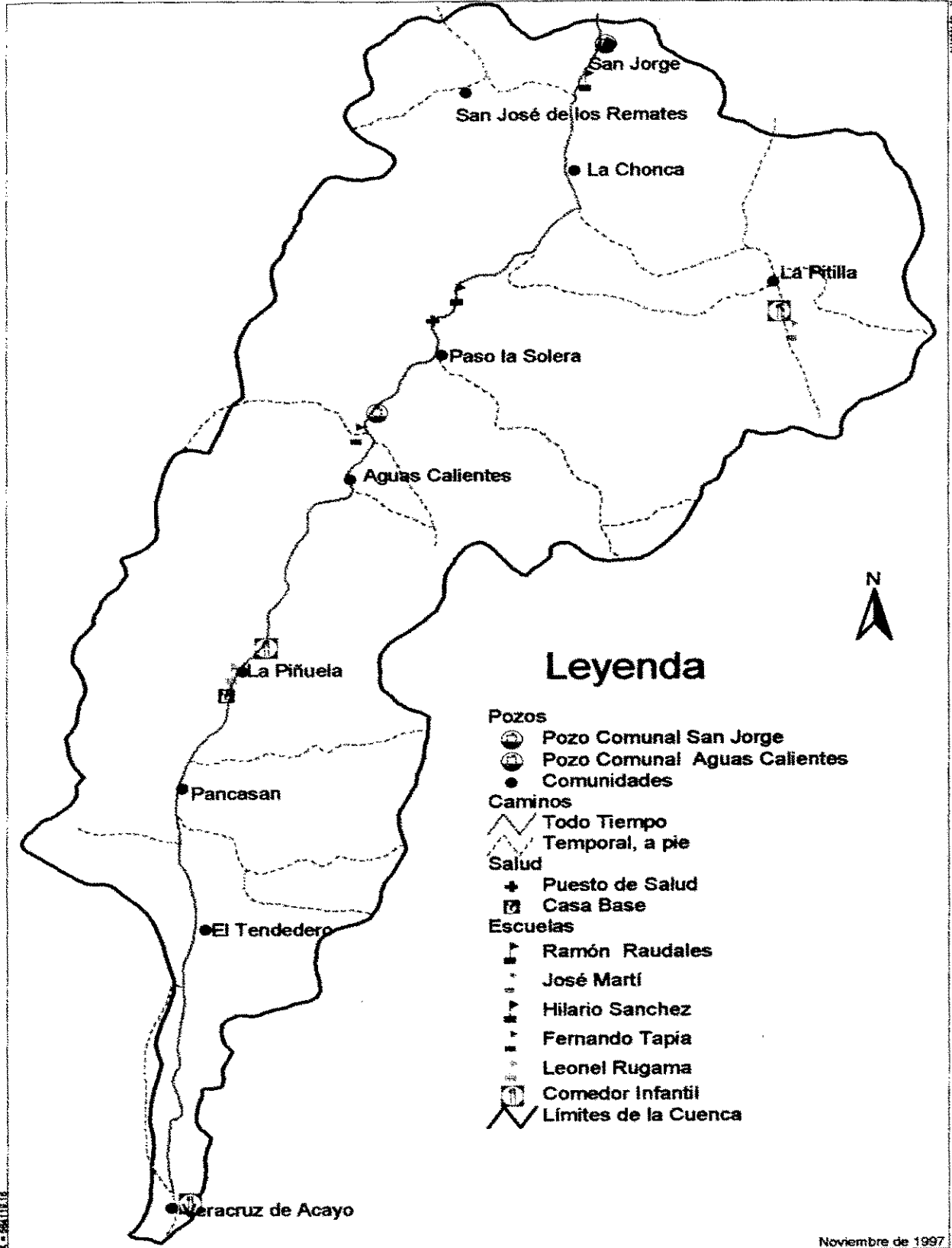
Por otro lado existen solamente 2 Pozos Comunales situados en las comunidades de San Jorge y Aguas Calientes, que abastecen de agua a los pobladores del lugar. (Ver Mapa Base)

El transporte urbano es accesible solamente hasta la comunidad de San José de los Remates, siguiendo el camino principal (de tierra) que permite el acceso hasta la parte más baja de la cuenca, comunidad de Veracruz de Acayo, existiendo caminos a pie que permiten llegar a las demás comunidades durante la época seca; el acceso a la cuenca y sus diferentes comunidades se ve obstaculizado en la época lluviosa.

# MAPA BASE DE LA CUENCA DEL RIO ACAYO

## Departamento de Carazo

Y = 1286208.14



Realizado por:  
 Universidad Nacional Agraria  
 Facultad de Recursos Naturales y el Ambiente

Diseño e impresión:  
 Ing. Luis Valero  
 SIGMA/FARENA

1:50000

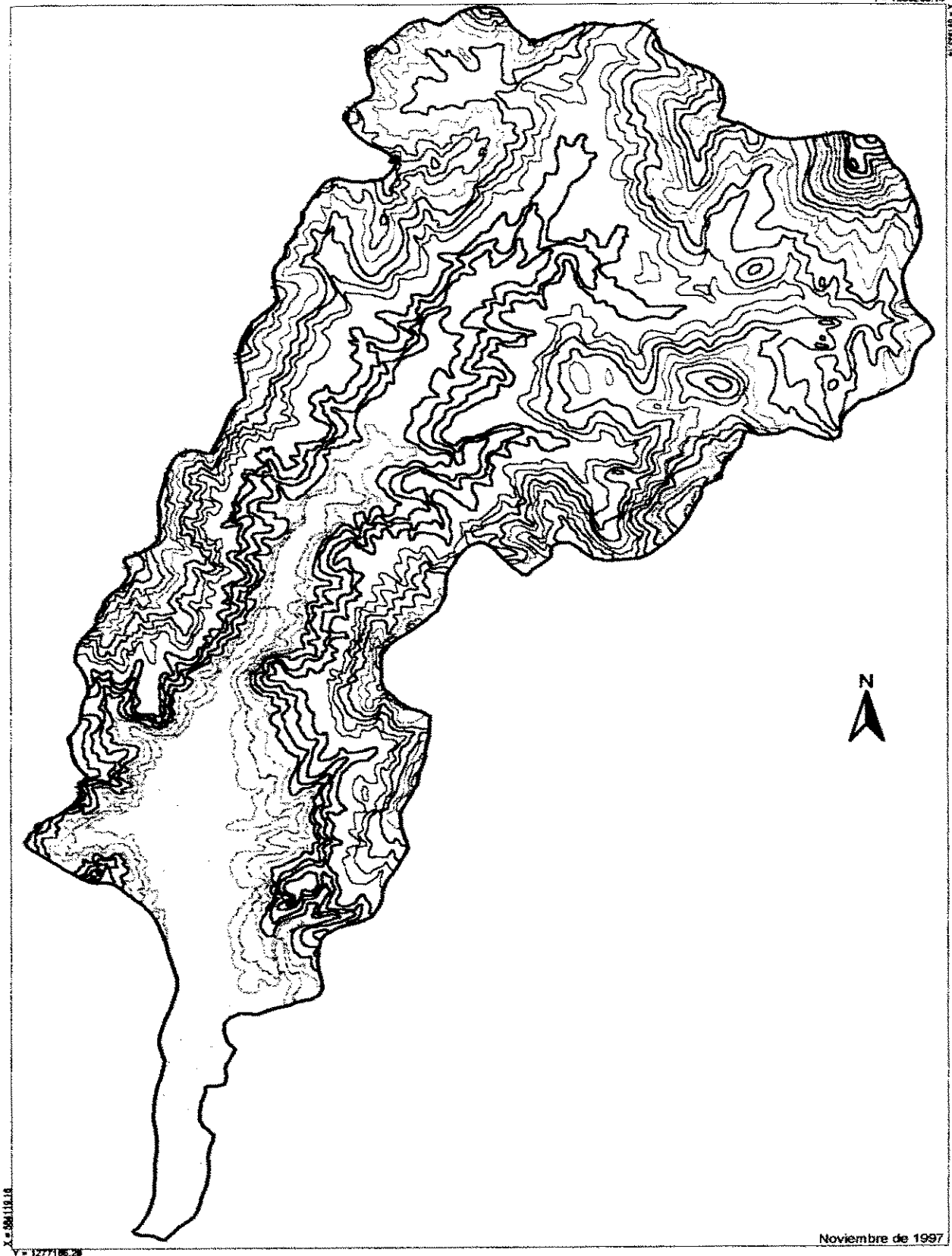
Fuente: Mapa Topográfico 1988 INETER,  
 Diagnostico Socioeconomico 1997, UNA

Digitalización y procesamiento:  
 Salomé Bermejo  
 Martha Orozco

# MAPA DE CURVAS DE NIVEL DE LA CUENCA DEL RIO ACAYO

Departamento de Carazo

Y = 1266200.14



Noviembre de 1997

## Leyenda

Elevación (msnm)

□	0 - 100
■	120 - 200
■	220 - 300
■	320 - 400
■	420 - 580

Realizado por:  
Universidad Nacional Agraria  
Facultad de Recursos Naturales y el Ambiente

Diseño e impresión:  
Ing. Luis Valerio  
SIGMA/FARENA

1:50000

Fuente: INETER, 1988

Digitalización y procesamiento:  
Carlos Zelaya  
Salomé Bermejo

## 6.2 RECURSOS EDAFICOS

### 6.2.1 Fisiografía

Fisiográficamente la zona de estudio está ubicada dentro de la Provincia Costanera del Pacífico enmarcada en la sub provincia Cordillera de Brito. Esta sub provincia es la continuación de la Cordillera del Pacífico, solo que tiene por lo general buzamientos más inclinados alcanzando elevaciones cercanas a los 600 msnm. En la Cuenca del Río Acayo se delimitaron los siguientes sistemas terrestre o unidades fisiográficas, (Ver Mapa Fisiográfico).

- **a.- Sistema de Terraza fluvio-marina (STfm):** Este sistema es producto de la acumulación de sedimentos fluviales combinados con los sedimentos de alta y baja marea, está presente en la parte baja de la cuenca, ocupa 0.15 km<sup>2</sup> para un 0.43% del área total de la misma.
- **b.- Sistemas de Terrazas Fluviales (Stf):** Estos sistemas se han formado por la acumulación constante de sedimentos arrastrados por corrientes que desaguan su curso al cauce principal y depositados en las partes bajas en forma de terraza. Este sistema ocupa un área de 2.74 km<sup>2</sup> para un 7.88% del área total distribuido a lo largo del cauce principal.
- **c.- Sistema de Terraza Coluvio-aluvial (Stca):** Este sistema se caracteriza por la acumulación de materiales depositados en la parte media de la Cuenca, producto de la erosión y el arrastre de suelos y materiales gruesos (de la parte alta) en forma de lodo (coluviación) así como materiales en estado de suspensión (proceso aluvial) en diversos ciclos. En la Cuenca del Río Acayo representa un área de 1.38 km<sup>2</sup>, que significa un 3.97% del área total, distribuida en la parte media y baja de la Cuenca, aproximadamente en las localidades de Aguas Calientes de Acayo, Pancasán y El Tendedero.
- **d.- Sistema de Colinas (Sc) :** Se caracterizan por formar un conjunto de cerros de forma redondeada, de mediana altura y con pendientes que oscilan entre los 15 y 30%, se trata de elevaciones menores que las montañas, rodeada por algunas planicies y que se encuentran en avanzado estado de erosión. Este sistema ocupa un área de 6.74 km<sup>2</sup>, para un 19.40% del área total, distribuidas en las partes alta, media y baja de la Cuenca aproximadamente en las comunidades de La Pitilla, Pancasán, Veracruz de Acayo.

- e.- **Sistema de Laderas (SL):** Ocupa las zonas inclinadas de la Cuenca, con pendientes promedios entre 15 - 30%, es el sistema que ocupa mayor área en la Cuenca con un 16.94 km<sup>2</sup> para un 48.77% del área total en las comunidades de San José de los Remates, Aguas Calientes, Cerro Huiste.
- f.- **Sistema de Ladera moderadamente escarpada (Slme):** Ocupa las zonas más inclinadas de la Cuenca con pendientes que van desde los 30 hasta mayores de 45%, están presentes en un área de 5.4 km<sup>2</sup> para un 15.08% del área total.
- g.- **Sistema de Cumbres (Sc):** Corresponde a las zonas más elevadas del área de estudio con pendientes que van desde 15% hasta mayores de 45%, ocupa un área de 1.54 km<sup>2</sup> lo que equivale a un 4.43% del área total de la Cuenca.

Los diferentes sistemas terrestres que integran la fisiografía de la Cuenca se muestran en el Cuadro 3.

**Cuadro No. 3 Sistemas Terrestres que conforman la Fisiografía de la Cuenca del Río Acayo.**

<b>SISTEMAS TERRESTRES</b>	<b>Área (km<sup>2</sup>)</b>	<b>Area (%)</b>
<b>Sistemas de Laderas</b>	<b>16.94</b>	<b>48.77</b>
Sistemas de Colinas	6.74	19.41
Sist. de Laderas moderadamente escarpadas	5.24	15.08
Sistema de Terrazas Fluvialescv	2.74	7.88
Sistema de Cumbres	1.54	4.43
Sistema de Terraza Coluvio-aluvial	1.38	3.97
Sistema de Terraza Fluvio-marina	0.15	0.43
<b>TOTAL</b>	<b>34.73</b>	<b>100.0</b>



# MAPA FISIOGRAFICO DE LA CUENCA DEL RIO ACAYO

Departamento de Carazo

Y = 1289209.14

X = 691031.4










X = 694119.19

Y = 1277186.26

Noviembre de 1997

## Leyenda

-  Sistema de Colinas (SC)
-  Sistema de Terrazas Fluviales (STf)
-  Sistema de Cumbres (SCu)
-  Sistema de Laderas moderadamente escarpado (SLme)
-  Sistema de Laderas (SL)
-  Sistema de Terrazas Coluvio Aluvial (STc.a)
-  Sistema de Terrazas Fluvio-marina (STf.m)

1:50000

Realizado por:  
Universidad Nacional Agraria  
Facultad de Recursos Naturales y el Ambiente

Diseño e impresión:  
Ing. Luis Valerio  
SIGMA/FARENA

Participantes  
Trabajo de campo:  
Salomé Bermejo  
Martha Orozco  
Efraín Acuña

Digitalización y procesamiento:  
Carlos Zelaya  
Salomé Bermejo

### 6.2.2. Pendiente

La topografía del área se caracteriza por ser muy irregular y escarpada, las lomas y colinas están entrecruzadas por cauces secos de pequeñas corrientes y quebradas que solo están activos en la estación lluviosa. Las partes planas que descienden de la zona escarpada se extienden hasta la playa formando pequeños valles aluviales en la desembocadura del Río Acayo y estero. (Ver Mapa de Pendientes).

De acuerdo a la metodología empleada se encontraron los siguientes rangos de pendientes:

**Pendientes "A" (0 - 2%):** Plano a casi plano, están ubicadas a lo largo de la ribera del río y en la parte más baja de la Cuenca bordeando su desembocadura, es decir, en la terraza fluvio - marina principalmente, ocupan un área de 1.97 km<sup>2</sup> lo que representa 5.67% del área total de la Cuenca.

**Pendientes "B" (2- 4%):** Suavemente inclinado, este rango de pendientes es característico del sistema de terrazas fluviales y ocupan una pequeña área de 0.34 km<sup>2</sup> para un 0.98% del área total.

**Pendientes "C" (4 - 8%):** Inclinado, están ubicadas en cierta parte de los sistemas de terrazas fluviales y terraza coluvio-aluvial ya que son terrenos formados por la acumulación de sedimentos provenientes de las partes altas, ocupando 1.71 km<sup>2</sup> del área, que con respecto al área total de la Cuenca equivale a un 4.92%.

**Pendientes "D" (8 - 15%):** Moderadamente escarpado, estas pendientes son inclinadas y se encuentran distribuidas en la Cuenca (parte alta) en pequeñas áreas, en los sistemas de colinas y laderas, ocupando 4.91 km<sup>2</sup> del área total de la Cuenca para un 14.14% de la misma.

**Pendientes "E" (15 - 30%):** Escarpado, representan la mayor parte del área de la Cuenca con 16.04 km<sup>2</sup>, distribuidas principalmente en los sistemas de colinas y laderas, ocupando un 46.18% del área total de la Cuenca.

**Pendientes "F" (30 - 45%):** Muy escarpado, se presentan en relieves escarpados, específicamente en sistemas de laderas, laderas moderadamente escarpadas y cumbres, ocupan 7.87 km<sup>2</sup> para un 22.66% del área total de la Cuenca.

**Pendientes "G" (> 45%):** Extremadamente escarpado, características de relieves muy escarpados ocupan un área de 1.89 km<sup>2</sup> que corresponde a 5.45% del área total de la Cuenca.

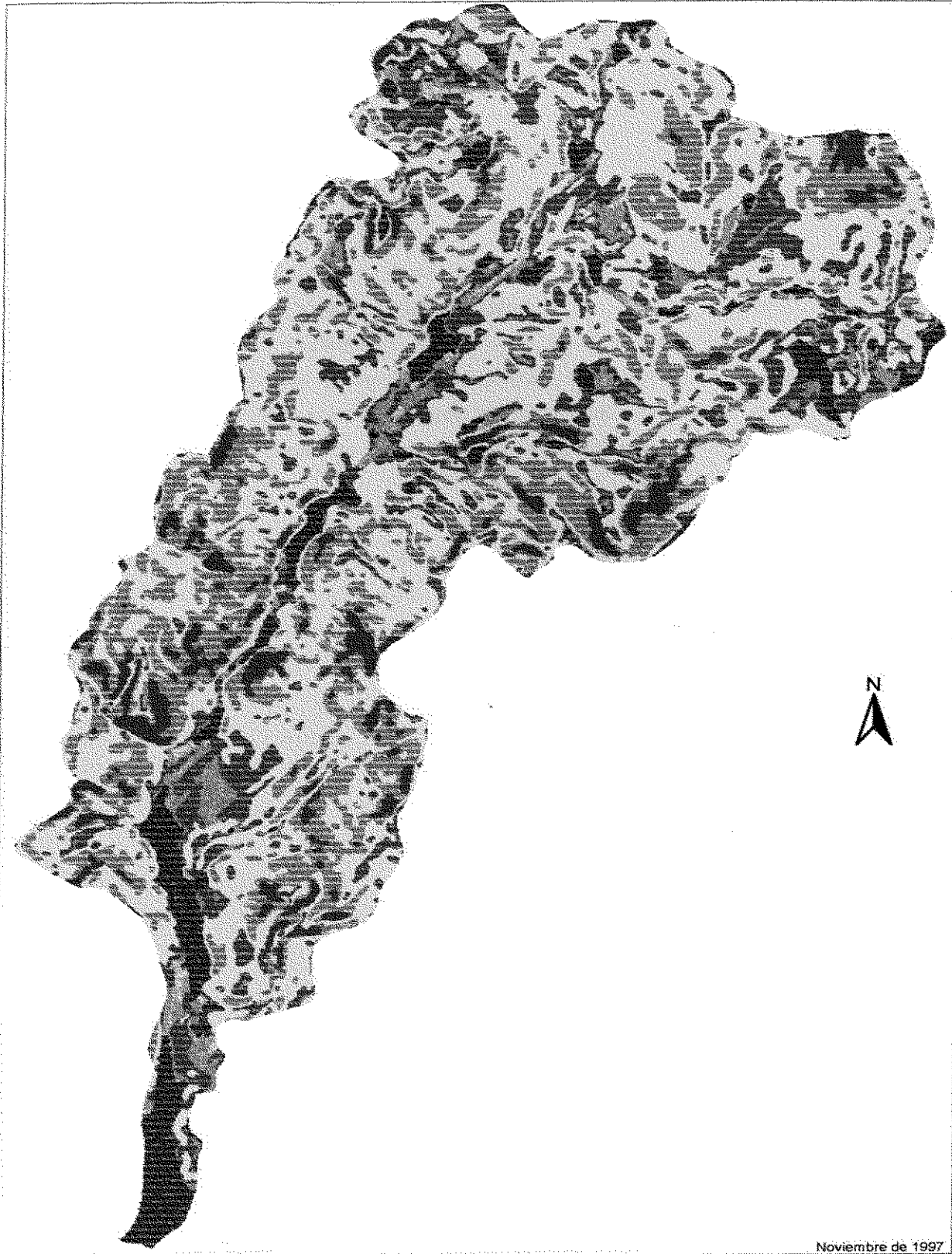
En el Cuadro 4 se presentan las pendientes encontradas en la cuenca:

**Cuadro No. 4 Pendientes que componen la Cuenca del Río Acayo.**

RANGO DE PENDIENTE	Area (km <sup>2</sup> )	Area (%)
A (0 - 2%)	1.97	5.67
B (2 - 4%)	0.34	0.98
C (4 - 8%)	1.71	4.92
D (8 - 15%)	4.91	14.14
<b>E (15 - 30%)</b>	<b>16.04</b>	<b>46.18</b>
F (30 - 45%)	7.87	22.66
G (> 45%)	1.89	5.45
<b>TOTAL</b>	<b>34.73</b>	<b>100.0</b>

MAPA DE PENDIENTES DE LA CUENCA DEL RIO ACAYO  
Departamento de Carazo

Y = 1269208.14



Noviembre de 1997

Leyenda

CLASE	AREA (KM <sup>2</sup> )
A 0 - 2 %	1.97
B 2 - 4 %	0.34
C 4 - 8 %	1.71
D 8 - 15 %	4.91
E 15 - 30 %	16.04
F 30 - 45 %	7.87
G > 45 %	1.89

Realizado por:  
Universidad Nacional Agraria  
Facultad de Recursos Naturales y el Ambiente

Diseño e impresión:  
Ing. Luis Valerio  
SIGMA/FARENA

1:50000

Fuente: Mapa Topográfico 1988, INETER

Digitalización y procesamiento:  
Carlos Zelaya  
Salomé Bermejo

### 6.2.3. Geología y Geomorfología

Los suelos del Bosque Seco Tropical de Chococente pertenecen a la unidad geomorfológica Escarpes de la Serranía de Brito. Esta formación geológica corresponde al periodo del Eoceno Medio Superior (Dengo, 1982 citado por Sprechman 1984).

Presentan una amplia distribución en la mayor parte del Pacífico, la superficie de ésta unidad está constituida por areniscas, limolitas y lutitas tobáceas. Existe una variabilidad de materiales originales sobre los cuales se desarrollan estos suelos, los más importantes son tobas, brechas volcánicas, sedimentos aluviales y depósitos lacustres. Su espesor es de aproximadamente 3,000m. Los suelos que se desarrollan de lutitas tobáceas que predominan en la superficie de la formación son Alfisoles de régimen de humedad ústico (Haplustalfs) (CRN, 1978 citado por Marín 1990).

**Formación Brito:** La formación Brito del Eoceno aflora en la subprovincia de Cordillera de Brito. Los lechos inferiores expuestos se encuentran en el lado suroeste de la falla de La Cuesta, y son conglomerados gruesos. Sobre éstos descansan arenisca calcárea, caliza organógena lenticular, arenisca y lutita. La abundancia de carbonatos disminuye hacia arriba en la sección y los lechos más jóvenes a lo largo de la Costa del Pacífico, consiste de conglomerados calizos gruesos, areniscas tobáceas y limolitas.

En la Cuenca del Río Acayo se pueden identificar los siguientes grupos geológicos:

\*. **Terciario intrusivo intermedio:** que consiste principalmente de rocas dioritas de mineralogía mica biotita, hornblenda y plagioclasa sódica (Eoceno 40 millones de años aproximadamente).

\*. **Formación Brito:** Corresponde al periodo de Paleoceno 65 millones de años aproximadamente que consiste principalmente de areniscas, areniscas finas calcáreas, tobas y areniscas tobáceas, presenta una amplia distribución en la Cordillera del Pacífico.

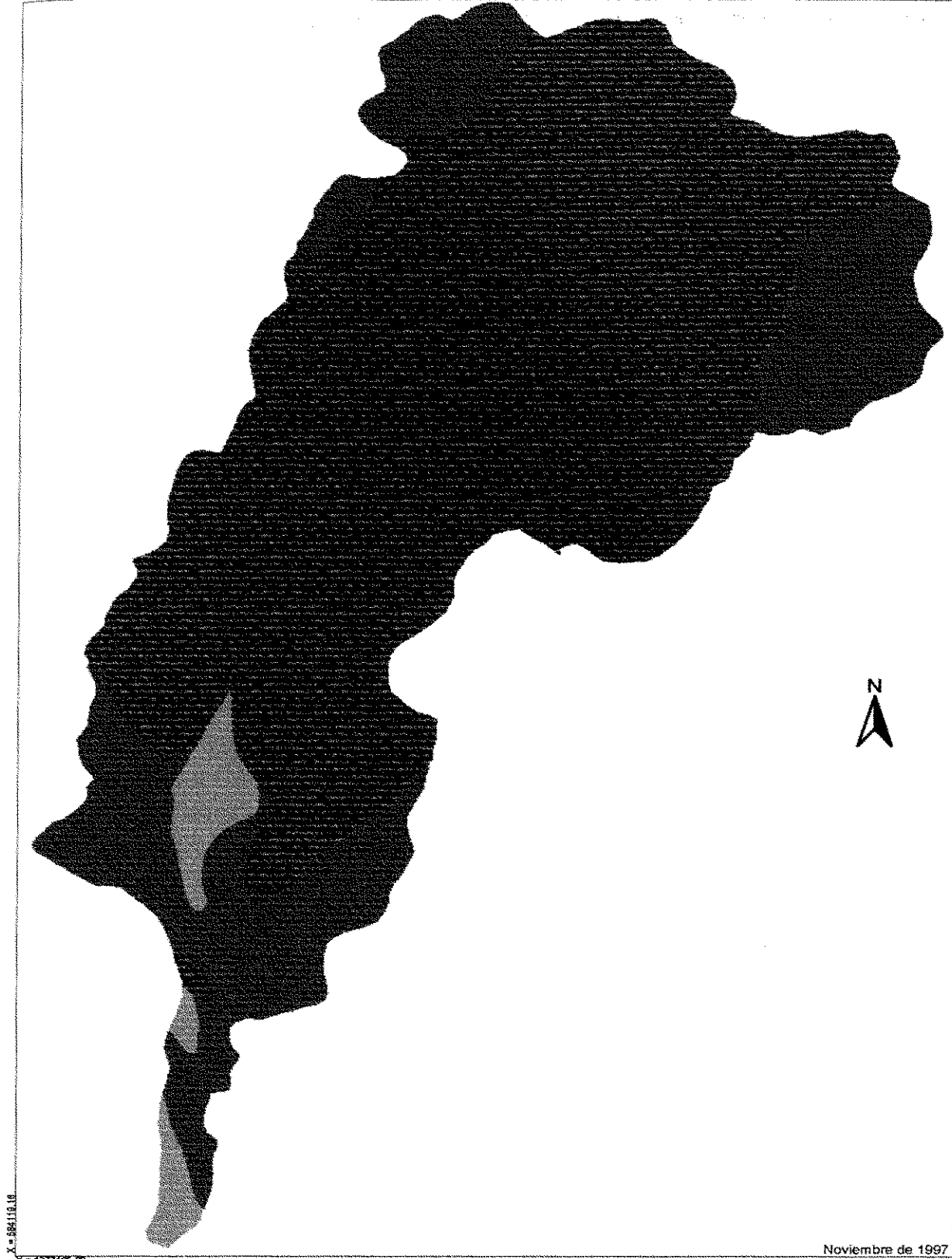
\*. **Cuaternario aluvial:** Las terrazas fluviales, coluvio-aluvial y fluvio-marina descansan sobre sedimentos más recientes originados de la meteorización de las rocas, corresponden a arenas guijarros, suelos arenosos y arcillas. (Ver Mapa Geológico)

# MAPA GEOLOGICO DE LA CUENCA DEL RIO ACAYO

Departamento de Carazo

Y = 1269208.14

X = 695303






X = 695110.10

Y = 1277185.26

Noviembre de 1997

## Leyenda

-  Terciario intrusivo intermedio (Tsi),  
rocas dioritas
-  Cuaternario aluvial (Ca),  
sedimentos recientes
-  Formación Brito (Teb),  
rocas areniscas

1:50000

Realizado por:  
Universidad Nacional Agraria  
Facultad de Recursos Naturales y el Ambiente

Diseño e impresión:  
Ing. Luis Valerio  
SIGMA/FARENA

Fuente de Información:  
Mapa Geológico 1:50000  
IGN, 1971

Digitalización y procesamiento:  
Efraín Acuña E  
Salomé Bermejo

#### 6.2.4. Factores de Formación de Suelos

Los suelos se forman por la acción de los procesos de formación sobre el material parental residual o depositado por agua y/o viento. Las características del suelo en cualquier localidad particular se deben al efecto combinado de los siguientes factores:

- La naturaleza física y composición mineralógica del material parental.
- El clima bajo el cual se ha desarrollado el suelo.
- La actividad de los organismos vegetales y animales sobre y en el suelo.
- La posición fisiográfica o relieve donde se ha desarrollado el suelo.
- El tiempo durante el cual han actuado los otros factores de formación (CRN, Octubre 1971 Citado por Jenny, 1941).

Todos estos factores no actúan de forma aislada, sino que se relacionan para dar lugar a la formación del suelo, actuando cada uno de ellos en dependencia de las condiciones que se presentan.

**a. Material Parental:** Es el material de roca no consolidada o parcialmente meteorizada del cual se desarrolla el suelo. Algunos materiales parentales se derivan del lecho rocoso y otros han sido transportados por distancias relativamente cortas por el viento y el agua. Rocas sedimentarias formadas por lutitas y areniscas constituyen el material parental en un área extensiva de la Cordillera de Brito que forma una subdivisión de la Provincia Costanera del Pacífico.

**b. Clima:** El clima es el principal factor que determina la tasa y tipo de formaciones de suelos, así como, el principal agente que determina la distribución de la vegetación y el tipo de procesos geomorfológicos que forman la base de muchas clasificaciones naturales que forman los suelos. Los componentes de mayor importancia para la formación de suelos son la Temperatura y la Precipitación. Los efectos principales de la temperatura en la formación de suelos son:

- Acelera la velocidad de las reacciones químicas.
- Acelera la velocidad de descomposición de la materia orgánica.
- Aumenta la cantidad de agua que se evapora.

La Cuenca del Río Acayo presenta temperaturas que varían desde 23°C en las partes más altas hasta 27°C en las zonas más bajas. Las precipitaciones no tienen una distribución uniforme y se presenta una marcada estación seca. Sin embargo la precipitación promedio anual de siete

estaciones meteorológicas (Masatepe, Las Mercedes, Nandaime, Rivas, Montelimar, San Juan del Sur y Tola) es de 1200mm, y no se cuenta con una estación meteorológica en el área de estudio.

Presenta una escasa vegetación de clima seco que en combinación con las lluvias de intensidades altas y de relieve predominantemente escarpado provocan un proceso continuo de rejuvenecimiento del material parental como resultado de la erosión severa a que se ven sometidos los suelos de esta zona.

En la Cuenca del Río Acayo es posible identificar una Zona de Vida de acuerdo con la clasificación de L.R. Holdridge: **BOSQUE SECO TROPICAL** comprendido entre los 0 y los 500 msnm.

**c. Actividad Biológica:** La actividad biológica incluye la contribución a la formación del suelo por plantas y animales que forman la materia orgánica del mismo. La actividad de plantas y animales y la descomposición de sus residuos orgánicos tienen una marcada influencia sobre el desarrollo del suelo. En la formación de suelos se lleva a cabo un ciclo biológico de los materiales, que ocurre como resultado de la actividad vital de las plantas, animales, microorganismos, según el siguiente esquema:

Suelo ===== Plantas, Animales ===== Microorganismos ===== Suelo

Las plantas o vegetación influyen la formación del suelo al controlar 1. el tipo, cantidad y distribución de la materia orgánica en el suelo; 2. la circulación de nutrientes en el suelo (las plantas de raíces profundas traen los nutrientes que están profundos a la superficie o cerca de ellas donde pueden ser usados por otras plantas) y 3. el grado de protección que se da a la superficie del suelo. Además las raíces de las plantas y la percolación del agua de lluvia a través de la materia orgánica contribuyen a la descomposición de los minerales del suelo.

Los organismos se desarrollan bajo determinadas condiciones de clima y suelo, pero al mismo tiempo actúan como modificadores de las influencias climáticas en una región dada, creando un microclima.

Los microorganismos ayudan a descomponer la materia orgánica a combinar el nitrógeno libre en formas que pueden ser usados por las plantas y a liberar el nitrógeno y otros nutrientes que son componentes de la materia orgánica.



La contribución del hombre al usar las tierras es principalmente destructiva y ha resultado en cambios significativos en algunas partes del área del Pacífico, labores o usos inapropiadas de la tierra han acelerado la erosión en algunos lugares.

**d. Relieve:** En el área del Pacífico las pendientes varían de planas a muy escarpadas, con gradientes de más de 75 por ciento. El relieve influye sobre el desarrollo del suelo por sus efectos en el escurrimiento superficial, erosión, encharcamiento, profundidad de la tabla de agua y la acumulación de materia del suelo. Las áreas casi planas o depresionales están frecuentemente húmedas o tienen una tabla de agua fluctuante debido a la filtración o inundación con agua proveniente de las áreas adyacentes más altas.

La Cuenca del Río Acayo presenta variaciones de altitud que van desde los 0 msnm cercana a la Comunidad de Veracruz de Acayo hasta los 580 msnm en las partes más altas como Cerro La Pitilla. Los cerros más altos de la Cuenca son La Pitilla con 580 m, Cerro Loma de Viento con 483 m, Cerro El Jarro con 435 m, Cerro El Tambor con 420 m, y Cerro Huiste 400 m.

Las pendientes que predominan son pendientes desde escarpadas hasta muy escarpadas (15-45%), representan el 68.84% del área total, pendientes de moderadamente escarpadas (8-15%) representando un 14.14% del área total y la zona más plana (0-2%) representa únicamente el 5.67%.

**e. Tiempo:** El tiempo es causa de muchas diferencias entre los suelos. Generalmente mientras más tiempo ha actuado el clima y la vida animal y vegetal sobre el material de suelo, más definidos son los horizontes que se forman.

La formación de suelos es un proceso muy lento, que puede durar miles y hasta millones de años. Los materiales parentales corresponden a la edad del Paleoceno (areniscas, areniscas tobáceas), y del Eoceno (rocas dioritas). En general, el tiempo requerido para que un suelo desarrolle diferentes capas (horizontes) depende sobretodo de las interrelaciones de todos los demás factores (clima, relieve, organismos, material parental).

### 6.2.5. Procesos de Formación de Suelos

Los procesos de formación de suelos son una secuencia de sucesos que incluyen reacciones químicas, físicas (redistribuciones de la materia) y biológicas cuya síntesis determina el grado de desarrollo y evolución de los suelos.

La meteorización e intemperización es un proceso precursor de la formación del suelo, realizándose éste con la intervención de agentes climáticos (temperatura y precipitación) y organismos vivos (plantas y animales). Este proceso es una transformación gradual de los minerales primarios de las rocas que le confieren al suelo características que lo distinguen del material original.

La importancia que tiene el conocimiento de la génesis de los suelos radica en que permite entender sus características e interpretar sus relaciones causa-efecto. Además facilita las tareas de reconocimiento y clasificación taxonómica de los suelos.

En la Cuenca del Río Acayo los factores y procesos de formación de suelos han dado origen a los siguientes suelos:

\* Suelos jóvenes con muy poco o ningún desarrollo evolutivo y sin diferenciación de horizontes superficiales con afloramientos rocosos: **ORDEN ENTISOLS**

Entre estos suelos se encuentran suelos con desarrollo genético reciente o joven y que por lo tanto no han sufrido efectos evolutivos significativos.

Los procesos de formación que más influyen en éstos suelos son:

La transformación del material rocoso y la ganancia de materia orgánica seguidos por procesos de erosión intensa.

\* Suelos con cierto grado de desarrollo pero que se consideren jóvenes: **ORDEN INCEPTISOLS**.

En estos suelos el desarrollo de horizontes genéticos es incipiente, pero se les considera más viejos que los Entisoles. Comúnmente tienen un epipedón óchrico, un horizonte cámbico y pueden tener otros horizontes de diagnóstico, pero presenta pocas muestras de eluviación o iluviación (pérdidas y acumulación de materiales finos dentro del perfil de suelos) no existiendo signos de intemperización extrema (altos contenidos de arcilla).



**A:** Horizontes minerales que consisten de (1) horizontes con materia orgánica acumulada formados o formándose en o adyacentes a la superficie; (2) horizontes que tienen pérdidas de arcilla, hierro o aluminio, con una concentración resultante de cuarzo u otros minerales residentes del tamaño de arena o limos; y (3) horizontes dominados por el 1 ó 2 anteriores, pero transicionales a un B y C subyacentes.

**Bw:** Horizonte que se ha formado debajo de un horizonte A caracterizado por el desarrollo del color o la estructura o ambos, con poca o ninguna acumulación aparente de material iluvial.

**Bt:** Horizonte que se ha formado debajo de un horizonte A caracterizado por el desarrollo del color o la estructura o ambos y por la concentración iluvial de arcilla silicatada.

### **6.2.6. Clasificación Taxonómica de los Suelos**

Según Catastro de Recursos Naturales en el Levantamiento de suelos de la Región Pacífica de Nicaragua realizado en el año 1971, los suelos del área de estudio fueron clasificados de la siguiente manera:

#### **Serie San Rafael (SR):**

La Serie San Rafael consiste principalmente de suelos moderadamente profundos a moderadamente superficiales bien drenados, arcillosos rojizos que se derivan de estratos de poco espesor de lutita tobácea.

#### **Tierras Coluviales (TC):**

Este tipo de tierra consiste de suelos que no están clasificados como series, pero que son diferenciados de acuerdo a la textura y profundidad. Se encuentran en las partes más bajas de las pendientes de las lomas y en la base de pendientes escarpadas. Tienen pendientes que varían de 4 a 15%. (En valles muy estrechos también incluye suelos aluviales). Tienen algo de grava en la superficie y por todo el perfil, suelos superficiales, permeabilidad moderada, escumamiento superficial rápido a muy rápido, capacidad de humedad disponible moderada a moderadamente alta, y una zona radicular moderadamente superficial. Los suelos son más aptos para pastos y bosques.

### **Suelos Aluviales (TX):**

Los suelos aluviales consisten de depósitos de materiales estratificados recientes lavados de las tierras altas adyacentes de ceniza volcánica, basalto, tobas y areniscas y que son depositados por los ríos en las tierras bajas. Estos suelos generalmente se encuentran en áreas angostas y alargadas, y tienen mucha variación en drenaje y textura en distancias cortas. Algunos de los suelos aluviales se encuentran en terrazas bajas. Debido a la falta de uniformidad de los perfiles no se han establecido series, los suelos se han diferenciado de acuerdo a textura, drenaje y pendiente.

### **Cárcavas (CV):**

Este tipo de tierras comprende drenes escarpados o cañones, e incluye suelos aluviales en los valles angostos y suelos coluviales en la base de pendientes escarpadas. Ambos suelos son muy pequeños para ser mostrados separadamente a la escala de mapeo. Los bordes y las pendientes de las cárcavas, lo mismo que su fondo angosto, caracteriza esta unidad y la diferencia de otras áreas de tierras moderadamente escarpadas y escarpadas.

Estas áreas tienen pendientes que varían en su mayoría de 25 a más de 75%. Muchas áreas conservan su vegetación natural que los protege contra la erosión severa. Donde las pendientes exceden a 75 por ciento, el escurrimiento superficial es rápido y los suelos son generalmente superficiales y erosionados.

### **Tierras Escarpadas (Qf):**

Este tipo de tierras incluye suelos con pendientes de 30 a 75% que no han sido clasificados en series por falta de suficiente estudio o por carecer de uniformidad en sus características. El tipo de tierra ha sido clasificado por profundidad, textura del suelo superficial y del subsuelo, y el grado de pedregosidad en las zonas de mapeo.

Los suelos no son aptos para cultivos de surco debido al alto riesgo de erosión, y son más aptos para pastos y bosques. Los suelos de este tipo de tierra tienen permeabilidad moderada, capacidad de humedad disponible moderada y una zona radicular moderadamente superficial a profunda. Se encuentran en todas las zonas de vida que han sido reconocidas en el área del Pacífico. La mayoría de este tipo de tierra es usado para pastos y este es su mejor uso. Pequeñas áreas aisladas están cultivadas, pero el riesgo de erosión es muy grande para este propósito.

### **Tierras moderadamente escarpadas (Qe):**

Este tipo incluye suelos con pendientes de 15 a 30 por ciento, que no han sido clasificadas en series por carecer de uniformidad de perfiles por distancias considerables. Sin embargo, este tipo de tierras ha sido clasificado en diferentes unidades de mapeo por profundidad, textura superficial y del subsuelo, y por pedregosidad.

Los suelos tienen baja adaptabilidad para cultivos de surco debido al alto riesgo de erosión, y son mejor adaptados para pastos.

Una vez obtenidos los resultados del análisis a las muestras de suelos del Laboratorio. (Ver Anexo 2) los suelos de la Cuenca del Río Acayo fueron clasificados en las siguientes categorías: Orden, Sub orden, Gran grupo y Sub grupo, según la Clave para la Taxonomía de Suelos (1994) de Soil Survey Staff, (Ver Cuadro No. 5).

En la Cuenca se encuentran suelos con diferente grado de evolución, desde suelos con desarrollo incipiente como es el caso de los Entisoles, hasta suelos con avanzado estado de desarrollo como los Alfisoles. (Ver Mapa de Suelos).

**Orden ENTISOL:** Son suelos típicos de superficies geomórficas muy recientes, por lo general con pendientes muy escarpadas que están sujetas a la erosión activa y en planicies aluviales donde se han encontrado materiales recién depositados. Los suelos de éste orden tienen muy poca o ninguna evidencia de desarrollo de horizontes pedogenéticos, y solamente tienen un epipedón Ochrico generalmente de color pálido y de poco espesor

En la Cuenca se encuentran distribuidos en los sistemas de laderas, laderas moderadamente escarpadas y cumbre, en áreas con pendientes pronunciadas (25%) y que han estado sometidas a la sobre explotación agrícola o al sobrepastoreo.

Los Entisoles ocupan un área de 7.41 km<sup>2</sup> lo que representa un 21.35% del área total de la Cuenca y se encuentran ubicados en la parte media y baja de la cuenca y a lo largo de la ribera del río. Para este orden de suelo se encontró la clasificación siguiente:

## ORDEN: ENTISOL

**SUB ORDEN:** **Orthents**, no presentan ninguna característica de diagnóstico.

**GRAN GRUPO:** **Ustorthents**, por que presenta un régimen de humedad ústico, ya que se mantiene seco por más de 90 días acumulativos en la mayoría de los años, pero la sección de control de humedad está húmeda por 180 días acumulativos.

**SUB GRUPO:** **Lithic ustorthents**, son suelos superficiales, tienen un contacto lítico dentro de los 50 cm de la superficie del suelo mineral.

**SUB ORDEN:** **Fluents**, Entisoles que no tienen un contacto lítico o paralítico dentro de los 25 cm de la superficie del suelo mineral y tienen pendientes menores de 25% y contenido de carbono orgánico que decrece irregularmente con la profundidad o permanece arriba de 0.2% a una profundidad de 125 cm.

**GRAN GRUPO:** **Ustifluents**, Fluents que tienen un régimen de humedad ústico.

**SUB GRUPO:** **Typic ustifluents**, son los más comunes o no reúnen características para otros subgrupos.

**ORDEN INCEPTISOL** Son suelos con una diferenciación de horizontes incipiente, pueden presentar un epipedón óchrico y un horizonte cámbico con poca acumulación de arcilla y pobre desarrollo de estructura, es decir, no presentan desarrollo suficiente para poseer otros horizontes.

En la Cuenca del Río Acayo se encuentran distribuidos en los sistemas de colinas, laderas y terraza fluvial, en terrenos con pendientes muy variadas que van desde planos hasta muy escarpados (>45%), en las localidades de La Chonca, Cerro Huiste y Veracruz de Acayo y ocupan un área de 1.35 km<sup>2</sup> lo que representa un 3.88% del área total.

Los Inceptisoles se clasificaron de la siguiente manera:

**SUB ORDEN:** **Ochrepts**, por presentar un epipedón óchrico aquí se ubican todos los demás inceptisoles que no sean descritos en otros subordenes

**GRAN GRUPO:** **Eutrochrepts**, tienen una saturación de bases mayor de 60% en los primeros 75cm de profundidad

**SUB GRUPO:** **Fluventic eutrochrepts**, tienen una pendiente menor de 25%.

**SUB ORDEN:** **Tropepts**, inceptisoles que tienen un régimen de temperatura isomésico o un iso más caliente.

**GRAN GRUPO:** **Ustropepts** presentan un régimen de humedad ústico y una saturación de bases mayor de 50% o más en todos los horizontes.

**SUB GRUPO:** **Typic ustropepts**, otros ustropets, (simples).

## **ORDEN: ALFISOL**

Son suelos maduros bien desarrollados, fértiles. Estos suelos han sufrido un proceso de descomposición de su material madre más intenso producto de la actuación de los factores y procesos en el período de su formación, presentando una horizonación clara, así como la pérdida y ganancia de minerales (arcilla, materia orgánica y nutrientes) caracterizando el color pálido del horizonte superficial y el enriquecimiento del horizonte subyacente llamado horizonte argílico.

Los principales procesos que actúan en la formación de este orden de suelos son la traslocación de la arcilla, lixiviación tanto de arcilla como de nutrientes de un horizonte a otro más bajo.

La alta saturación de bases que presentan significa que el suelo está liberando bases casi con la misma rapidez con que esas bases son lixiviadas del suelo.



Para la agricultura los Alfisoles son considerados ligeramente inferiores a los Mollisoles.

Los Alfisoles representan el mayor porcentaje de área (67.98%) ocupando 23.61 km<sup>2</sup> del área total, y están presentes en los sistemas de cumbre, colinas, laderas y laderas moderadamente escarpadas, distribuidos en la parte baja, media y alta de la cuenca con pendientes que van desde 2% hasta >45%.

Para los Alfisoles encontramos únicamente la siguiente clasificación:

- SUB ORDEN:** Ustalf suelos que tienen un régimen de humedad ústico, o sea que permanecen secos por más de 90 días acumulativos durante el año.
- GRAN GRUPO:** Haplustalfs, porque no reúne características para otros grandes grupos.
- SUB GRUPO:** Udic haplustalfs, régimen de temperatura del suelo mésico o térmico y no presenta capa de calcio secundaria.

## **ORDEN: MOLISOLS**

De mollis; que significa suave, son suelos profundos, oscuros, bien drenados, relativamente fértiles, presentan un epipedón mólico o sea un horizonte superficial mineral con una saturación de bases mayor del 50%.

Tienen una estructura fuerte formada por la acumulación de descomposición de residuos orgánicos y la depositación de materiales aluviales en las partes bajas aunque algunas veces se pueden formar depósitos de materiales coluvio-aluvial.

Están presentes en los sistemas de terrazas coluviales y colinas, en la parte media de la cuenca con pendientes que van desde 2% hasta 15% y ocupan un área de 2.36 km<sup>2</sup> para un 6.79% del área total.

**SUB ORDEN:** Ustolls, Molisoles que tienen un régimen de humedad ústico, permanecen secos más de 90 días, pero no 60 días consecutivos.

**GRAN GRUPO:** Haplustolls, otros ustolls, suelos que no presentan características y propiedades para otros grandes grupos.

**SUB GRUPO:** Typic haplustolls, otros haplustolls (simples).

**SUB ORDEN:** Ustolls, Molisolls que tienen un régimen de humedad ústico, permanecen secos más de 90 días, pero no 60 días acumulativos.

**GRAN GRUPO:** Argiustolls, otros ustolls que tienen un horizonte argílico, con horizonte arcilloso más delgado que el de los Paleustolls.

**SUB GRUPO:** Udic argiustolls, régimen de temperatura méxico o térmico y no presenta capa de calcio secundaria.

**Cuadro No. 5 Área y Porcentaje de los Suelos encontrados en la Cuenca del Río Acayo; Santa Teresa, Carazo.**

ORDEN	NOMBRE	SUBGRUPO	AREA	
			km <sup>2</sup>	%
ENTISOL	Typic ustifluvents	Etuf	1.93	5.58
	Lithic ustorthents	Eluo	5.48	15.77
<b>Sub total</b>			<b>7.41</b>	<b>21.35</b>
INCEPTISOL	Typic ustropepts	Itut	1.30	3.74
	Fluventic eutrochrepts	lfeo	0.05	0.14
<b>Sub total</b>			<b>1.35</b>	<b>3.88</b>
ALFISOL	Udic haplustalfs	Athu	23.61	67.98
	<b>Sub total</b>			<b>23.61</b>
MOLISOL	Typic haplustolls	Mthu	0.61	1.76
	Udic argiustolls	Mtau	1.75	5.03
<b>Sub total</b>			<b>2.36</b>	<b>6.79</b>
<b>TOTAL</b>			<b>34.73</b>	<b>100</b>

En el Anexo 1 se encuentra la descripción de cada uno de los perfiles de suelos que se seleccionaron y describieron de acuerdo a las características encontradas, según los diferentes ordenes de suelos.

Para hacer una comparación entre la Clasificación de Suelos realizada por Catastro de Recursos Naturales en el año 1971 y la realizada por la Soil Taxonomy en 1994 se observará el Cuadro No. 6

**Cuadro No. 6 Clasificación Taxonómica de Suelos 1971 -1994**

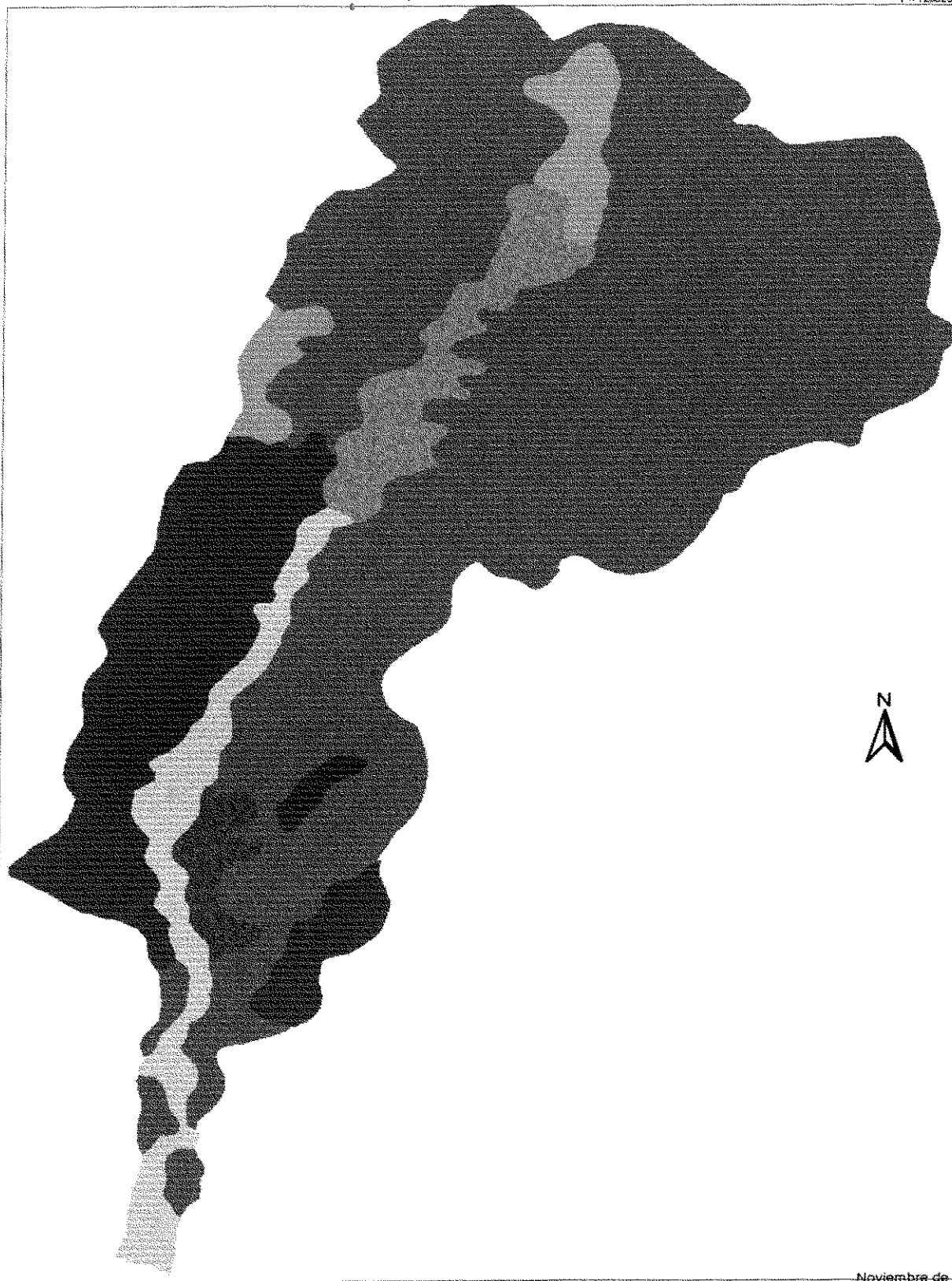
Catastro de Recursos Naturales 1971	Clave Taxonómica (Soil Survey Staff) 1994
Suelos Aluviales	Typic ustifluvents (Entisols e Inceptisols) Fluventic eutrochrepts
Tierras Coluviales	Typic haplustalfs (Alfisols y Mollisols) Udic argiustolls
Serie San Rafael	Udic haplustalfs (Alfisols)
Cárcavas	Typic ustifluvents (Entisols y Mollisols) Udic argiustolls
Tierras misceláneas quebradas (escarpadas y moderadamente escarpadas)	Udic haplustalfs (Alfisols, Entisols, Mollisols e Inceptisols) Lithic ustorthents Udic argiustolls Typic ustropepts

# MAPA DE SUELOS DE LA CUENCA DEL RIO ACAYO

## Departamento de Carazo

Y = 1289209.14

X = 981833.14



X = 984119.16

Y = 1277165.28

Noviembre de 1997

### Leyenda

Subgrupo Taxonómico	AREA (Km 2)
Fluentic Eutrochrepts (Ifeo)	0.05
Typic Ustifluvents (EtuF)	1.93
Typic Haplustolls (Athu)	23.61
Lithic Ustorthents (Eluo)	5.48
Typic Ustropepts (Itut)	1.30
Typic Argiustolls (Mtau)	1.75
Typic Haplustolls (Mthu)	0.61

1:50000

Realizado por:  
Universidad Nacional Agraria  
Facultad de Recursos Naturales y el Ambiente

Diseño e impresión:  
Ing. Luis Valerio  
SIGMA/FARENA

Participantes  
Trabajo de campo:  
Salomé Bermejo  
Martha Orozco  
Efraín Acuña

Digitalización y procesamiento:  
Carlos Zelaya  
Salomé Bermejo

**Cuadro No. 7 Características principales de los Ordenes de Suelos identificados en la Cuenca del Río Acayo; Santa Teresa, Carazo.**

ORDEN	CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES	AREA	
		km	%
ENTISOL	Son suelos delgados que no tienen una capa de suelo suficiente para ser cultivados, presentan rocas en la superficie que limitan el desarrollo de las plantas, están siendo utilizados para pastos y tacotales.	7.41	21.35
INCEPTISOL	Son suelos de mediana a alta fertilidad, se presentan con pendientes entre rangos de 4 - 30%, son profundos. Están siendo utilizados para pastos, agricultura temporal y tacotal.	1.35	3.88
ALFISOL	Son suelos de moderada fertilidad, con cierto grado de desarrollo, presenta un perfil con horizontes bien diferenciados, con un alto porcentaje de piedras dentro del perfil que limitan su uso para la agricultura, se caracterizan porque presentan colores claros, su uso está destinado principalmente a pastos, pastos asociados con cultivos y tacotales.	23.61	67.98
MOLLISOL	Son suelos oscuros que tienen una fertilidad natural alta, presentan buenas condiciones para el laboreo, con buen drenaje natural y los productores los clasifican como los mejores suelos para la agricultura. A pesar de estas condiciones su uso en la cuenca esta determinado por agricultura en las partes bajas y Pastos en las partes altas.	2.36	6.79
<b>TOTAL</b>		<b>34.73</b>	<b>100.0</b>

### 6.2.7. Uso Actual de la Tierra

La mayor parte de la Cuenca presenta bajo potencial agrícola debido a que las pendientes pronunciadas que existen así como la falta de prácticas de conservación de los suelos hacen que estos sean susceptibles a la erosión. Las pequeñas áreas agrícolas de la Cuenca están dedicadas a la producción de cultivos principalmente destinados al autoconsumo, tales como maíz, frijol, sorgo, chagüite, entre otros.

Cabe señalar que la mayor parte de la superficie de la Cuenca está cubierta por pastos y tacotales, así como asociaciones de los mismos. (Ver Cuadro No.8 y Mapa de Uso Actual)).

Los usos actuales de la tierra identificados en la Cuenca del Río Acayo son los siguientes:

**Pastos ( $P_3$ ):** Los pastos con 80% de malezas distribuidos en la parte alta y media de la Cuenca, ocupan un área de 7.01 km<sup>2</sup> del total para un 20.18% de toda el área de la Cuenca.

**Pasto + Tacotal ( $P_3 + Bt$ ):** Este tipo de uso está distribuido ocupando un área de 7.93km<sup>2</sup> lo que equivale a un 22.83% del área total, y se encuentra principalmente en la parte alta y media de la Cuenca.

**Pasto + Cultivo ( $P_3 + H$ ):** En ésta asociación predomina los pastos combinados con pequeñas áreas de cultivos agrícolas, está presente en mayor área en comparación con los demás usos en la parte alta de la Cuenca ocupando un área de 9.84 km<sup>2</sup> para un 28.33% del total del área en estudio.

**Bosque bajo claro (Bbc):** Presenta un area mínima de 0.05 km<sup>2</sup> cubierta por una baja densidad de árboles que alcanzan alturas máximas de 20 m. Este tipo de vegetación se encuentra ubicado en la parte alta de la Cuenca, representando 1.46% del área total.

**Tacotal (Bt):** Este tipo de vegetación formada principalmente por arbustos con alturas máximas de 7 m, ocupando un área de 6.22 km<sup>2</sup>, es decir, 17.92% del área total, localizados en la parte media y baja de la Cuenca.

**Bosque de Galería (Bg):** Lo encontramos distribuido a lo largo del curso del cauce principal del Río Acayo y algunos tributarios de la parte alta, con vegetación abundante ocupando 3.22 km<sup>2</sup> del área total que corresponde a un 9.27% de la misma.

**Cuadro No. 8 Uso Actual de los suelos en la Cuenca del Río Acayo; Santa Teresa, Carazo.**

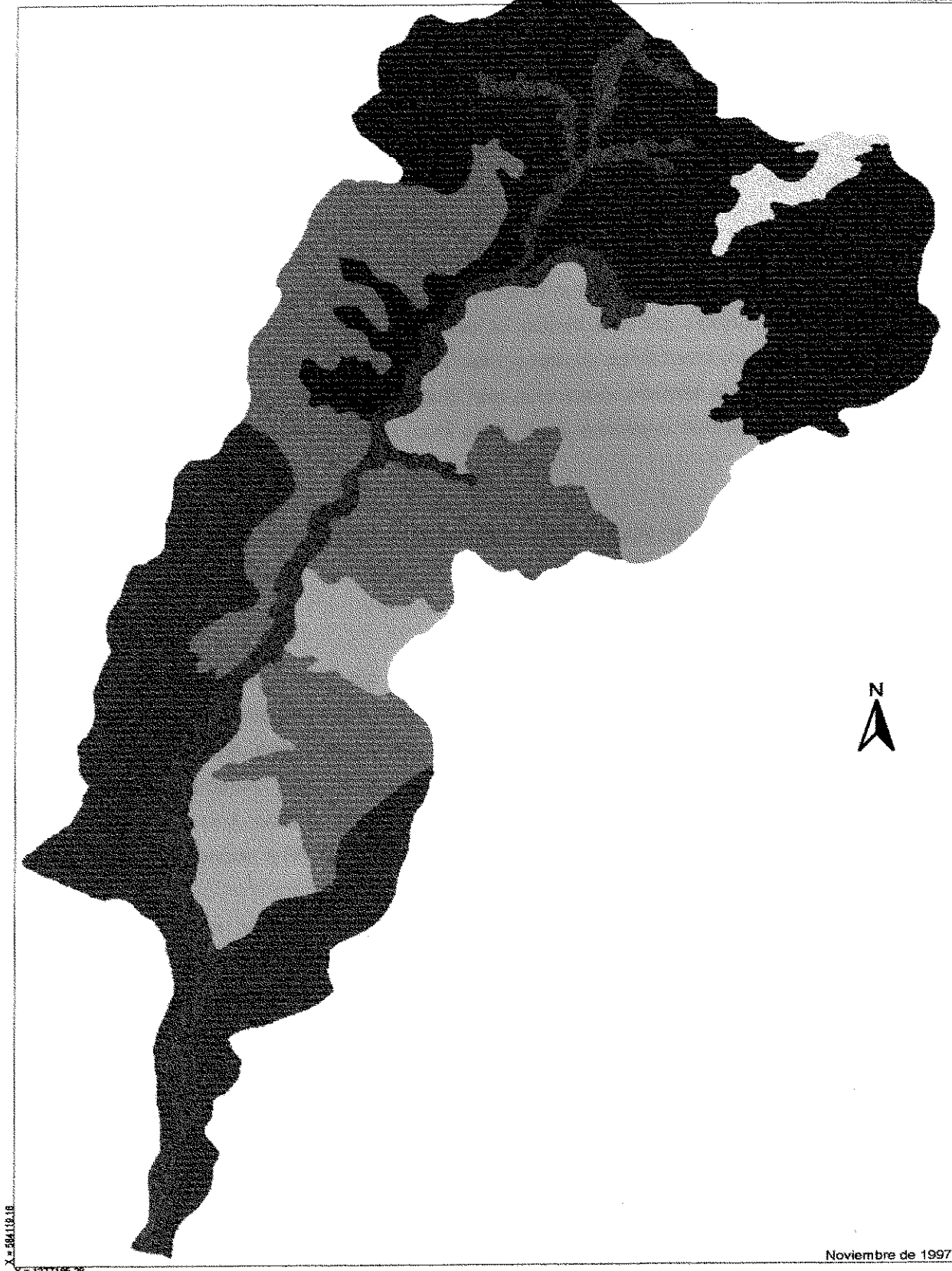
TIPO DE USO	AREA	
	km <sup>2</sup>	%
Pasto + Cultivo (P <sub>3</sub> +H)	9.84	28.33
Bosque bajo claro (Bbc)	0.51	1.46
Pasto (P <sub>3</sub> )	7.01	20.18
Pasto + Tacotal (P <sub>3</sub> +Bt)	7.93	22.83
Bosque de Galería (Bg)	3.22	9.27
Tacotal (Bt)	6.22	17.92
<b>TOTAL</b>	<b>34.73</b>	<b>100.0</b>

# MAPA DE USO ACTUAL DE LA TIERRA EN LA CUENCA DEL RIO ACAYO

Departamento de Carazo

Y = 1299209.14

X = 581333.16



Noviembre de 1997

## Leyenda

Clases de Uso	Area Km2
Pasto + Cultivos	9.84
Bosque bajo	0.51
Pastos	7.01
Tacotal + Pastos	7.93
Tacotal	6.22
Bosque de Galería	3.22

1:50000

Realizado por:  
Universidad Nacional Agraria  
Facultad de Recursos Naturales y el Ambiente

Diseño e impresión:  
Ing. Luis Valerio  
SIGMA/FARENA

Participantes  
Trabajo de campo:  
Salomé Bermejo  
Martha Orozco  
Efraín Acuña

Digitalización y procesamiento:  
Carlos Zelaya  
Salomé Bermejo



### 6.2.8. Clases de Capacidad de Uso de la Tierra

El Sistema de Clasificación de Capacidad de Uso de la Tierra (USDA Handbook 210) determina ocho clases de capacidad de uso denominadas por números romanos del I al VIII basados en las características físico-químicas de los suelos de las que se originan limitaciones o restricciones al uso que afectan la productividad, conservación y rentabilidad económica de los suelos así como también al universo de adaptabilidad de los cultivos.

La Capacidad de Uso de los suelos se define según las limitaciones edafoclimáticas que presenten, las cuales indican su vocación a determinado(s) uso(s) de cada subgrupo taxonómico de suelo. Para establecer sus categorías se consideran cuatro factores básicos: ecología, suelos, topografía y drenabilidad, que son determinantes en el establecimiento del uso apropiado de los suelos ya sean para agricultura, pecuario, forestal y/o protección de la vida silvestre.

Para la Cuenca del Río Acayo se determinaron las siguientes Clases de Capacidad de acuerdo a las limitaciones que se describen (Ver Cuadro No. 9 y Mapa de Clases de Capacidad de Uso):

**Clase I:** Los suelos de Clase I no tienen limitaciones que restrinjan su uso. Son adecuados para un amplio grupo de plantas y pueden ser usados con toda seguridad para toda clase de cultivos agronómicos, pastos, bosques y vida silvestre. Los suelos son planos y no existen problemas de erosión. Son suelos profundos, generalmente bien drenados y fáciles de trabajar, tienen una buena capacidad de retención de agua, están bien provistos de nutrientes y responden a los fertilizantes.

Suelos del Orden Mollisol como los subgrupos taxonómicos Typic haplustolls y Udic argiustolls por presentar pendientes suaves, se ubican dentro de esta clase y ocupan un área de 0.28 km<sup>2</sup> representando 0.81% del área total de la Cuenca.

**Clase II:** Los suelos de la Clase II tienen algunas limitaciones que reducen la elección de plantas o requieren prácticas cuidadosas de manejo, incluyendo prácticas de conservación para prevenir deterioro o para mejorar las relaciones agua - aire. Las limitaciones son pocas y las prácticas son fáciles de aplicar.

En la Cuenca del Río Acayo, los suelos de esta clase presentan las siguientes limitaciones:

- Susceptibilidad moderada a la erosión por el agua o efectos adversos moderados causados por la erosión pasada.
- Daños ocasionales por inundaciones en la parte baja.
- Suelos del Orden Alfisols como el subgrupo Udic haplustalfs se encuentran en esta clase (con pendientes de 0 - 4 %). Esta clase ocupa un área de 0.98 km<sup>2</sup> para un 2.82% del área total de la Cuenca.

Los suelos pueden ser utilizados para cultivos agronómicos, pastos, pastoreo, bosque o vida silvestre.

**Clase III:** Estos suelos tienen más restricciones de uso que aquellos en la Clase II, presentan severas limitaciones que reducen la elección de plantas y/o requiere prácticas especiales de conservación y manejo. Sin embargo pueden ser utilizados para cultivos agronómicos, pastos, lotes de árboles, pastoreo extensivo y vida silvestre.

Las restricciones que presentan los suelos de esta Clase son:

Pendientes moderadamente inclinadas.

Susceptibilidad a la erosión por el agua o efectos severos de pasadas erosiones.

Los suelos Typic haplustolls y Udic argiustolls del Orden Molisolls, y Udic haplustalfs del Orden Alfisols se ubican en esta clase con pendientes de 4 a 8% Esta clase ocupa un área de 0.64 km<sup>2</sup> representando el 1.85% del área total.

Las limitaciones de los suelos en esta clase restringen la elección de cultivos, épocas de siembra, laboreo y cosecha, cantidad de cultivos mixtos.

**Clase IV:** Son suelos con limitaciones muy severas que restringen la elección de cultivos y requieren un laboreo muy cuidadoso. Las restricciones en el uso, para los suelos de la Clase IV son mayores que para los suelos de la Clase III, lo mismo que para la elección de plantas que puedan ser cultivadas.

Limitaciones:

Pendientes pronunciadas.

Susceptibilidad severa a la erosión por el agua.

Severos efectos de pasadas erosiones.

Suelos superficiales.

Baja capacidad de retención de humedad.

Piedras en la superficie y dentro del perfil.

Estos suelos pueden ser utilizados para cultivos agronómicos, pastos, bosque y vida silvestre. Presentan pendientes de inclinadas. Los suelos del Orden Entisols (Lithic ustorthents con pendientes de 15 - 30 y Typic ustifluvents con pendientes de 0 - 2%) y del Orden Alfisols (Udic haplustalfs) con pendientes de 15 a 30% se ubican en esta clase de capacidad. Están distribuidos en 2.54 km<sup>2</sup> del área, esto equivale a un 7.31% del área total de la Cuenca.

**Clase VI:** Esta clase incluye terrenos con severas limitaciones para cultivos agronómicos, pero que son posibles de aprovechar con pastos, bosques y vida silvestre. Algunos de los suelos de esta clase pueden ser utilizados para ciertos cultivos a través de la implementación de prácticas de manejo poco comunes o para cultivos que se adapten o demanden condiciones diferentes a las más comunes.

Las limitaciones que se presentan en esta clase son las siguientes:

Pendientes escarpadas generalmente de 15 a 30%.

Peligro de erosión severa.

Presencia de piedras en la superficie y dentro del perfil.

Esta clase es la más predominante sobre las otras clases ya que ocupa un área de 17.02 km<sup>2</sup> lo que representa casi la mitad del área con un 49% del total, la mayoría del área de esta clase la cubren los suelos del orden Alfisol como el subgrupo taxonómico Udic haplustalfs.

**Clase VII:** Son terrenos que poseen limitaciones muy severas que los hace no aptos para cultivos y restringen su uso principalmente a pastos y/o bosques y a vida silvestre.

Presentan las siguientes limitaciones:

Pendientes muy escarpadas (30-45%)

Peligro de erosión severa.

Pedregosidad en la superficie y dentro del perfil.

Algunos suelos en esta clase pueden ser usados para cultivos especiales bajo practicas de manejo muy especiales principalmente con sistemas silvopastoriles. Suelos del Orden Alfisols, (subgrupo taxonómico Udic haplustalfs) ocupan un área de 5.94 km<sup>2</sup> para un 17.10% del área total.

**Clase VIII:** Los suelos de la Clase VIII no tienen la capacidad de dar respuesta significativa aún con la aplicación de buenas prácticas de manejo en cultivos, pastos o árboles. Es posible conseguir beneficios regionales de su uso como refugio de la fauna, fuentes de abastecimientos de agua, centros recreativos. En general estos terrenos no producen retornos económicos, aunque pueden justificar ciertas prácticas de manejo con el fin de preservar las cuencas y así proteger terrenos más valiosos o la obtención de otros beneficios ambientales.

En la Cuenca del Río Acayo los suelos de esta clase presentan las siguientes limitaciones:

Tierras muy escarpadas con pendientes mayores de 45%.

Presencia de piedras en la superficie y dentro del perfil.

Suelos superficiales.

Los suelos del Orden Entisols (Lithic ustorthents) y del Orden Alfisols (Udic haplustalfs) están ubicados en esta clase por presentar pendientes mayores de 45% lo que implica un alto riesgo de erosión y por ser suelos superficiales el desarrollo radicular de las especies vegetales se ve muy limitado así como también la marcada presencia de piedras dentro del perfil.

Ocupan un área de 7.33 km<sup>2</sup> representando un área de 21.11% del área total de la Cuenca del Río Acayo.

**Cuadro No.9 Distribución de Clases de Capacidad de Uso de la Tierra en la Cuenca del Río Acayo; Santa Teresa, Carazo.**

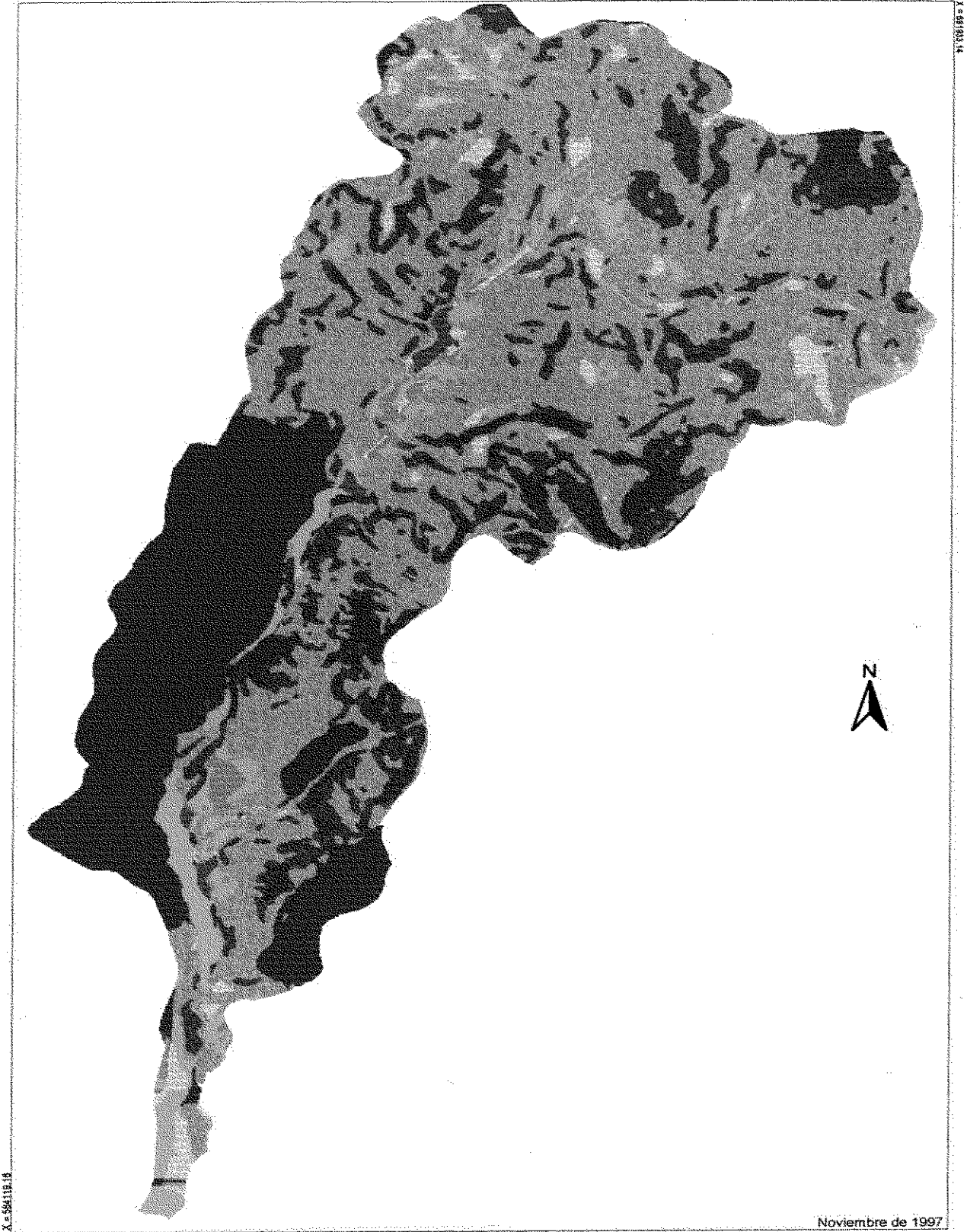
CLASES DE CAPACIDAD	AREA	
	km <sup>2</sup>	%
Clase I	0.28	0.81
Clase II	0.98	2.82
Clase III	0.64	1.85
Clase IV	2.54	7.31
Clase VI	17.02	49.00
Clase VII	5.94	17.10
Clase VIII	7.33	21.11
<b>TOTAL</b>	<b>34.73</b>	<b>100.0</b>

# MAPA DE CAPACIDAD DE USO DE LA TIERRA EN LA CUENCA DEL RIO ACAYO

Departamento de Carazo

Y = 1289209.14

X = 584119.16



X = 584119.16

Y = 1277146.28

Noviembre de 1997

## Leyenda

	Area
Clase I	0.28 km <sup>2</sup>
Clase II	0.98 km <sup>2</sup>
Clase III	0.64 km <sup>2</sup>
Clase IV	2.54 km <sup>2</sup>
Clase VI	17.02 km <sup>2</sup>
Clase VII	5.94 km <sup>2</sup>
Clase VIII	7.33 km <sup>2</sup>

1:50000

Realizado por:  
Universidad Nacional Agraria  
Facultad de Recursos Naturales y el Ambiente

Diseño e impresión:  
Ing. Luis Valerio  
SIGMA/FARENA

Participantes  
Trabajo de campo:  
Salomé Bermejo  
Martha Orozco  
Efraín Acuña

Digitalización y procesamiento:  
Carlos Zelaya  
Salomé Bermejo

### 6.2.9. Confrontación del Uso de la Tierra

La confrontación del uso es el resultado de la sobreposición del Mapa de Capacidad de Uso con el Mapa de Uso Actual de la Tierra, por medio de la cual se identifican en conformidad con la aptitud del suelo, las áreas **sobreutilizadas**, es decir, que el uso actual está por encima de la capacidad del uso de la tierra, las áreas **bien utilizadas** son las que están siendo usadas a capacidad y las **subutilizadas**, usadas por debajo de la capacidad del suelo.

Las áreas consideradas como **sobreutilizadas**, son las que han sufrido degradación a causa del mal uso al que han estado sometido, esta degradación se debe principalmente a la erosión causada por el agua provocada por el arrastre del suelo en las corrientes y con ello la pérdida de la capa fértil.

En la Cuenca del Río Acayo el mayor porcentaje de la tierra esta siendo **sobreutilizada** con 30.70 km<sup>2</sup> lo que equivale a un 88.40% del área total. (Ver Cuadro No. 10) Los suelos usados a capacidad (**bien utilizados**) comprenden un área de 1.73 km<sup>2</sup> que representa un 4.98% del área total. Los suelos **subutilizados** comprenden 2.30 km<sup>2</sup> para un 6.62% del área total. (Ver Mapa de Confrontación del Uso de la Tierra).

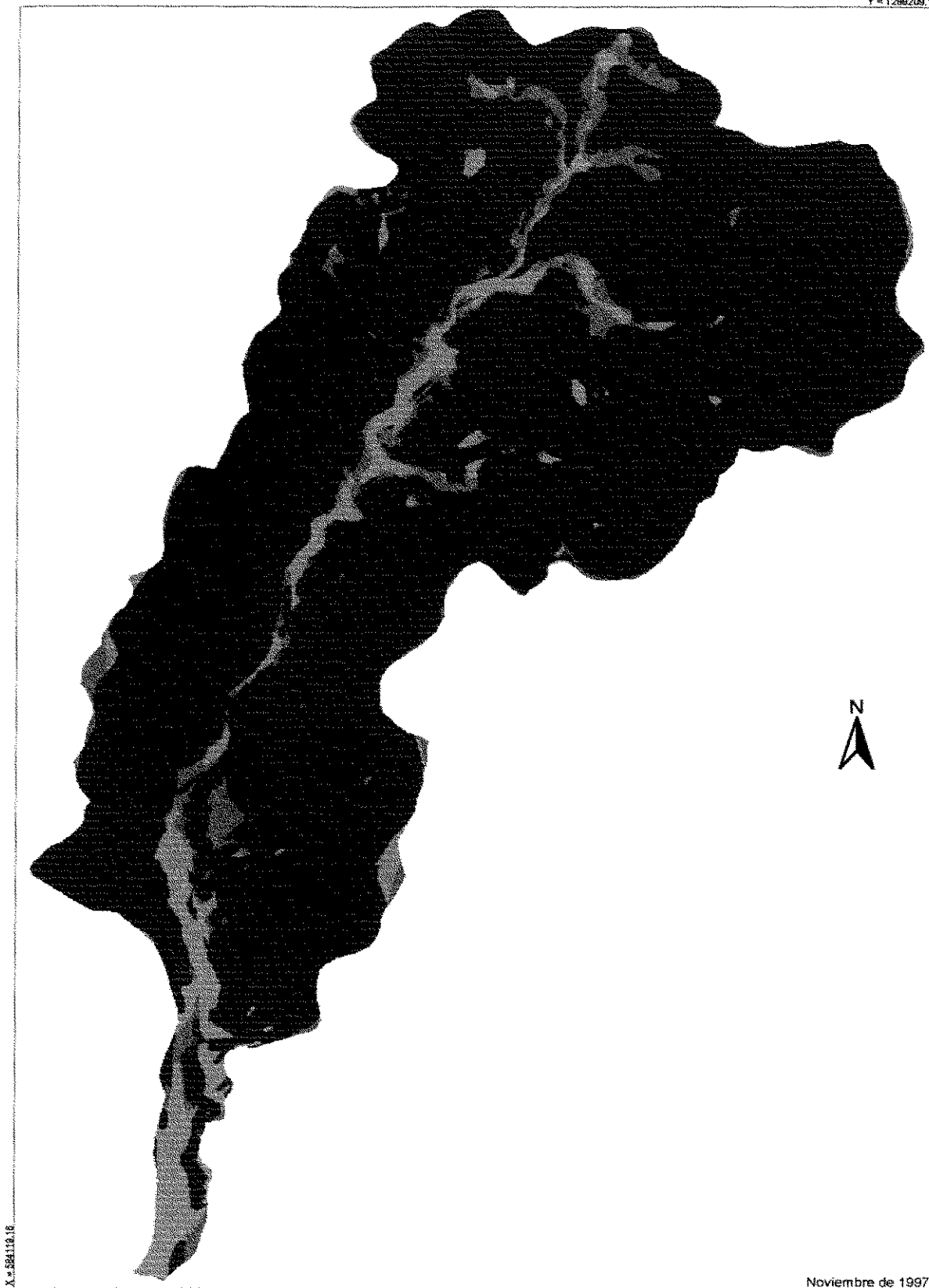
**Cuadro No. 10 Áreas que ocupan el estado del Uso de la Capacidad de los Suelos de la Cuenca del Río Acayo; Santa Teresa, Carazo.**

ESTADO	Área (km <sup>2</sup> )	Área (%)
Bien Utilizada	1.73	4.98
Sub Utilizada	2.30	6.62
Sobre Utilizada	30.70	88.40
<b>TOTAL</b>	<b>34.73</b>	<b>100.0</b>

# MAPA DE CONFRONTACION DE USO DE LA TIERRA PARA LA CUENCA DEL RIO ACAYO Departamento de Carazo




Y = 1299209.14

X = 1031931.66



Noviembre de 1997

## Leyenda

	Area
 Bien utilizado	1.73 km <sup>2</sup>
 Sobre utilizado	30.70 km <sup>2</sup>
 Sub utilizado	2.30 km <sup>2</sup>

1:50000

Realizado por:  
Universidad Nacional Agraria  
Facultad de Recursos Naturales y el Ambiente

Diseño e impresión:  
Ing. Luis Valerio  
SIGMA/FARENA

Participantes  
Trabajo de campo:  
Salomé Bermejo  
Martha Orozco  
Efraín Acuña

Digitalización y procesamiento:  
Carlos Zelaya  
Salomé Bermejo



## **Degradación de los Recursos Naturales**

La falta de ordenamiento y planificación del uso y manejo de los Recursos Naturales en la Cuenca del Río Acayo, ha repercutido principalmente en los recursos suelos y bosques debido a que se han explotado por encima de capacidad de uso y sometido a manejo inadecuado.

La degradación del bosque se ha acelerado al incrementar las necesidades de tierra para la producción pecuaria y agrícola, quedando únicamente un bosque bajo secundario (tacotal) con un área de 17.92% de áreas forestales en las partes alta y media de la Cuenca, cuya cobertura no protege los suelos superficiales que la caracterizan, repercutiendo en forma negativa en la parte baja de la misma.

De los resultados de este trabajo y basándose en el Mapa de Uso Actual se observa que aproximadamente el 80% de sus tierras es de Vocación Forestal presentándose un sobreuso de los suelos en un 88.40% del área. El sobreuso a que están sometidos estos suelos ha repercutido en toda la Cuenca ya que el cauce principal ha disminuido la capacidad de transportar agua durante todo el año provocando un desequilibrio en el régimen hidrológico de la Cuenca.

Por la falta de planificación del uso de la tierra el ciclo hidrológico ha sido afectado provocando la disminución del caudal del Río, contaminación de las fuentes de agua, así como la deforestación y desaparición de especies valiosas tanto de flora como de fauna sin obviar la devastadora erosión de los suelos.

Como resultado de esta problemática es necesario elaborar una **Propuesta de Uso** que contribuya a la recuperación y conservación de los recursos naturales de la Cuenca del Río Acayo.

### **6.2.10. Uso Propuesto de la Tierra**

Suelos sobre los cuales descansa la producción agropecuaria de la zona, son suelos de alta fertilidad (Mollisols) que ocupan aproximadamente un 2.36% del área y suelos de mediana fertilidad como los Alfisols que ocupan la mayor área con un 67.98%, sin embargo

son suelos bastante frágiles o susceptibles a procesos de degradación por lo que requieren prácticas de recuperación y manejo adecuadas. Los suelos del Orden Entisols también son muy susceptibles a ser degradados por estar ubicados sobre pendientes escarpadas, actualmente se encuentran sobreutilizados.

En la Cuenca del Río Acayo la propuesta de uso esta basada en la implementación de **sistemas agroforestales, silvopastoriles y zonas de protección de vida silvestre**, cuya principal función es recuperar los sistemas degradados y el aprovechamiento de la tierra tomando en cuenta la capacidad de uso del suelo, condiciones climáticas y especies de plantas adaptables a esas condiciones. Por presentar un relieve variado desde terrazas fluvio-marinas en la parte baja hasta cumbres en la parte más alta así como las condiciones del clima seco, la propuesta de uso se elaboró considerando estos parámetros. (Ver Mapa de Uso Propuesto).

#### **6.2.11. Descripción de los sistemas planteados en la Propuesta de Uso de la tierra.**

Los Sistemas Agroforestales son formas de uso y manejo de los recursos naturales en la agricultura, en los cuales especies leñosas son utilizadas en asociación con cultivos agrícolas o con animales en el mismo terreno de manera simultánea o en secuencia temporal.

Los objetivos de establecer estos sistemas agroforestales son los siguientes:

1. Aumentar la productividad vegetal (agrícola y forestal) y animal con el mínimo deterioro ambiental.
2. Asegurar la sostenibilidad a través de la intensificación apropiada en el uso de la tierra.
3. Diversificar la producción de alimentos.
4. Disminuir los riesgos en la producción del agricultor.
5. Mitigar los efectos perjudiciales del viento, el sol y la lluvia sobre los suelos.

6. Minimizar la escorrentía y la pérdida de suelo.
7. Combinar lo mejor del conocimiento tradicional con los conocimientos científicos.

### **Sistemas agroforestales propuestos:**

Basado en las condiciones edafoclimáticas determinadas en la cuenca del Río Acayo, se hace la siguiente propuesta de uso de la tierra que a continuación se describe:

**A** :Corresponde a asociaciones de cultivos anuales eliminando la implementación del monocultivo priorizando las zonas más bajas o implementando obras de conservación de suelos para las áreas donde se presenten limitaciones.

**AF2** : Sistemas agroforestales de cultivos anuales, semiperennes y perennes, en suelos moderadamente profundos, fertilidad media, ubicados en pendientes de 0 - 15%.

**AF3**: Sistemas de cultivos perennes y especies forestales en sistemas de laderas con pendientes escarpadas.

**GF1** : Sistemas silvopastoriles de forrajes de gramíneas, arbustos de leguminosas y especies de árboles para forraje, leña, aserrar, adaptables a suelos de textura arcillosa poco profundos, de mediana fertilidad y pendientes de 0-30%.

**GF2** : Sistemas silvopastoriles de especies forrajeras leguminosas y arboles para aserrar y para leña, adaptables a suelos de fertilidad natural media, en pendientes de 15 - 45% aproximadamente.

**F** : Sistema forestal de especies de arboles para leña y para aserrar y arboles frutales, adaptables a suelos que presentan limitaciones de profundidad en pendientes de 30-45%.

**PVS**: Bosque de protección, bosque de regeneración o áreas de reforestación, destinados a la protección de Cuencas o del refugio de la vida silvestre, reserva biológica, parque nacional, ecoturismo o investigación, con especies de plantas adaptables a condiciones de suelos de baja fertilidad con pendientes desde 2% hasta mayores de 45%.

En el siguiente cuadro se observan las áreas que ocuparían cada uno de los diferentes sistemas propuestos.

**Cuadro No. 11 Áreas que ocupan los sistemas de la Propuesta de Uso de la Tierra para la Cuenca del Río Acayo; Santa Teresa, Carazo.**

USO PROPUESTO	Área (Km <sup>2</sup> )	Area (%)
A	0.24	0.69
AF2	1.84	5.30
GF1	0.92	2.65
GF2	5.79	16.67
F	1.56	4.49
PVS	9.95	28.65
AF3/GF2	8.22	23.67
GF2/F	6.21	17.88
<b>TOTAL</b>	<b>34.73</b>	<b>100.0</b>

#### 6.2.12. Especies de plantas más adaptables:

Las especies de plantas adaptables a altitudes de 0-500 msnm y zona de vida Bosque Seco Tropical (bs-T) con temperatura media anual de 24°C - 27 C y precipitación media anual de 1200 mm, se describen a continuación:

**Cultivos anuales:** Sorgo, millón, maíz, ajonjolí, frijol de costa, Hortalizas (tomate, chiltoma, ayote, melón, pipián, pepino, calabacín)

**Cultivos Semiperennes:** Pitahaya, henequén, granadilla, melocotón, uva, higuera arbustiva.

**Cultivos Perennes:** Icaco, coco, jocote, marañón, nancite, guayaba, tamarindo, mango, limón agrio, naranja agria, grape frute, toronja, jícara sabanero.

**Pastos:** Jaragua, buffel, guinea, bermuda, angletón, gamba.

**Forrajes no gramíneas:** Verdolín, jícara sabanero, capulín, palo verde, genizaro, tamarindo, tempisque, guayaba, caupi, gualiqueme, guanacaste negro, leucaena, madero negro, carbón, gandul, nacascolo, casuarina, guácimo de temero.

**Forestal para leña:** Gavilán, barbasco, meleró, cachito, chaperno, quebracho, brasil, madroño, madero negro, espino de playa, guabillo, guácimo de molenillo, ojoche, tempisque, capulín, chaperno, aromo, casuarina, guanacaste, michiguiste, amarguito, neem.

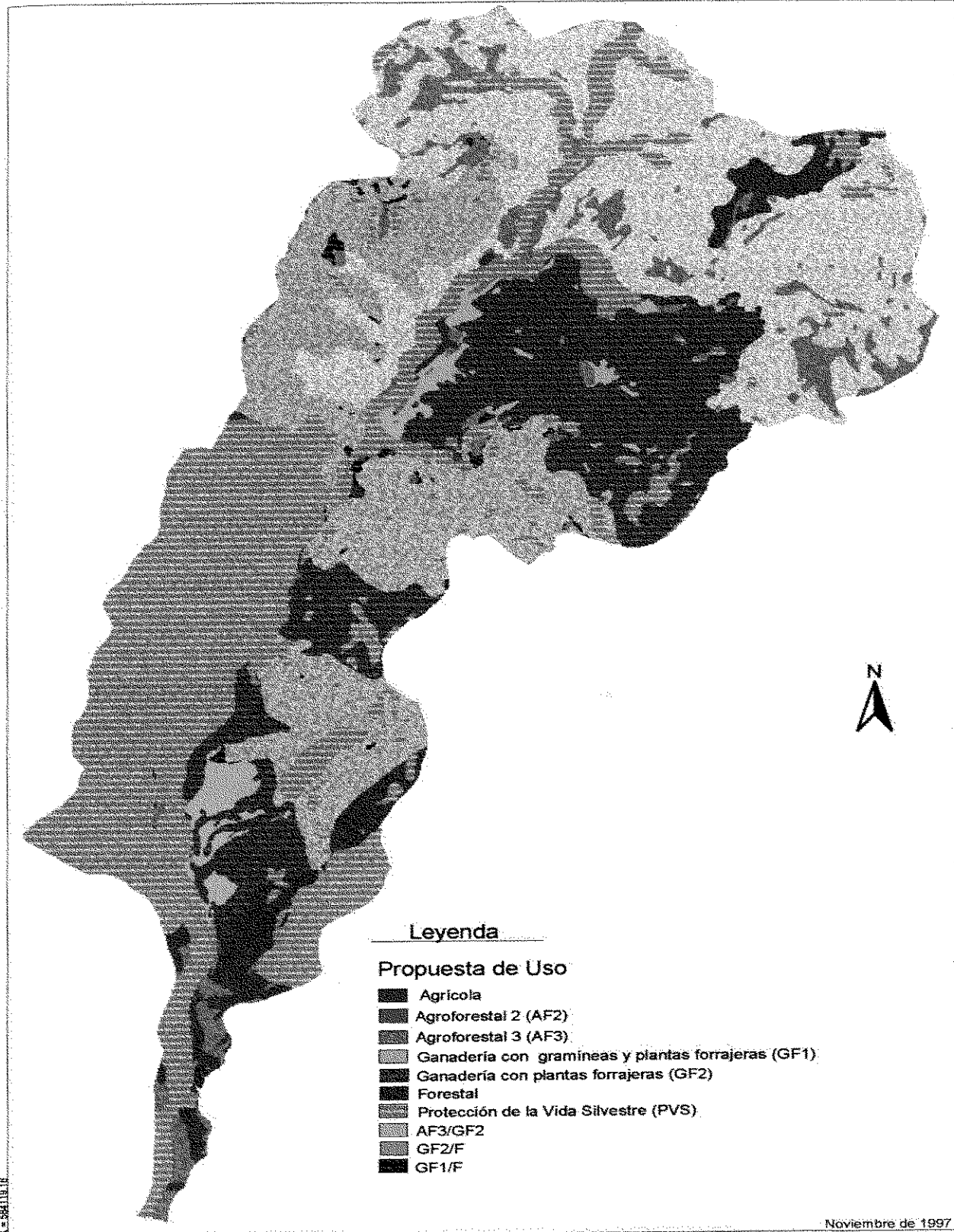
**Forestales para aserrar:** Pochote, caoba, guayacán, cedro, laurel, acetuno, ñambar, ceiba, neem, almendro del río, nispero, genízaro.

# MAPA DE USO PROPUESTO PARA LA CUENCA DEL RIO ACAYO

Departamento de Carazo











Y = 1289209.14

X = 691933.14



## Leyenda

### Propuesta de Uso

-  Agrícola
-  Agroforestal 2 (AF2)
-  Agroforestal 3 (AF3)
-  Ganadería con gramíneas y plantas forrajeras (GF1)
-  Ganadería con plantas forrajeras (GF2)
-  Forestal
-  Protección de la Vida Silvestre (PVS)
-  AF3/GF2
-  GF2/F
-  GF1/F

Noviembre de 1997

Realizado por:  
Universidad Nacional Agraria  
Facultad de Recursos Naturales y el Ambiente

Diseño e impresión:  
Ing. Luis Valerio  
SIGMA/FARENA

1:50000

Participantes  
Trabajo de campo:  
Salomé Bermejo  
Martha Orozco  
Efraín Acuña

Digitalización y  
procesamiento:  
Carlos Zelaya  
Salomé Bermejo

X = 594119.16

Y = 1277186.38

### 6.3. RECURSOS HÍDRICOS

#### 6.3.1. Zonas de Vida:

De acuerdo a Holdridge la Cuenca del Río Acayo pertenece únicamente a la zona de vida **Bosque Tropical Seco** con una temperatura anual promedio de 27°C, presentando precipitaciones promedio de 1200 mm/año, con un periodo canicular severo de más de 30 días entre los meses de Julio y Agosto (Ver Mapa de Zona de Vida).

Según Lamprecht, (1990) se describen como bosques tropicales secos aquellos que presentan las siguientes características: bosques que van de densos a ralos, en alta proporción xerofítica, en la época seca no tienen follaje, presentan uno o dos pisos, son relativamente pobres en su composición florística, están localizados en las regiones tropicales con una época seca de 5 a 7 meses de duración y con una precipitación anual aproximadamente de 700 a 1000 mm que excepcionalmente puede ser mayor. Según Dulin 1982 citado por Lamprecht, su rango altitudinal van de los 0 a 1000 msnm, temperaturas medias anuales por encima de 20°C y una estación seca de 4 a 7 meses con menos de 50 mm de lluvia.

Cabe señalar que este año el período canicular y toda la estación lluviosa se vio afectada por una prolongada sequía consecuencia del fenómeno del Niño.

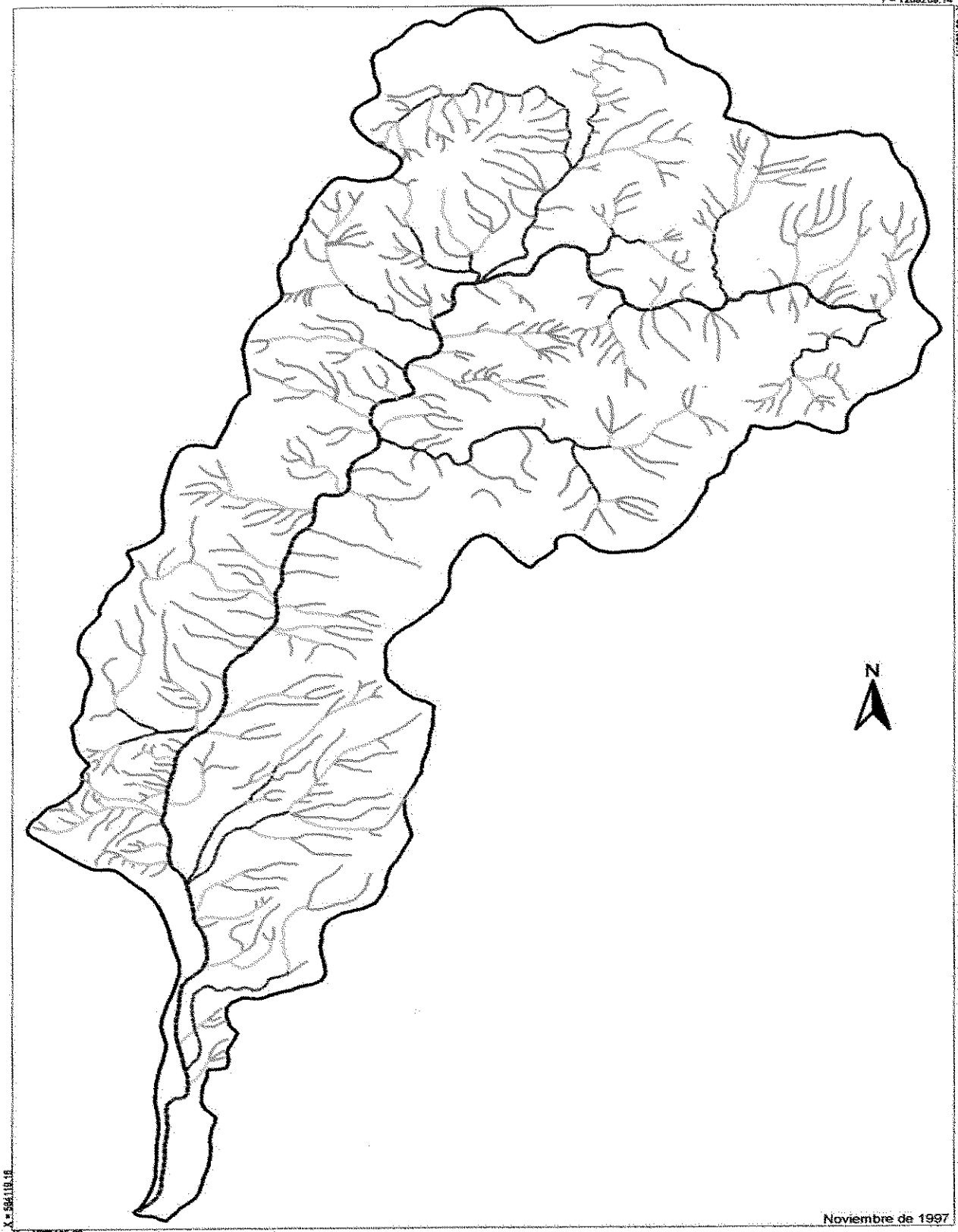
#### 6.3.2. Red de Drenaje

El Río Acayo presenta un caudal es estacional, presentando su mínimo valor en los meses más secos del año (Enero-Abril), existen pequeñas corrientes permanentes e intermitentes como quebradas, ojos de agua que también aportan al bajo caudal del río, al igual que las cárcavas que favorecen el proceso de escorrentía.

Esta cuenca se encuentra en estado avanzado de degradación debido al mal uso al que ha sido expuesta, tal como se demuestra en el mapa de Uso Actual de la Tierra y el mapa de Confrontación de Uso de la Tierra donde el mayor porcentaje del área total de la cuenca esta siendo sobreutilizada, sus bosques originales han desaparecido producto del despale convirtiéndose en pastizales y tacotales. En el Mapa de Red de Drenaje podemos observar como está formada la red hidrográfica de la Cuenca.

MAPA DE RED DE DRENAJE DE LA CUENCA DEL RIO ACAYO  
Departamento de Carazo

Y = 1289208.14



Noviembre de 1997

**Leyenda**

- Red de Drenaje
- Primer orden
- Segundo orden
- Tercer orden
- Cuarto orden
- Cauce Principal
- Límites de la Cuenca

Realizado por:  
Universidad Nacional Agraria  
Facultad de Recursos Naturales y el Ambiente

Diseño e impresión:  
Ing. Luis Valerio  
SIGMA/FARENA

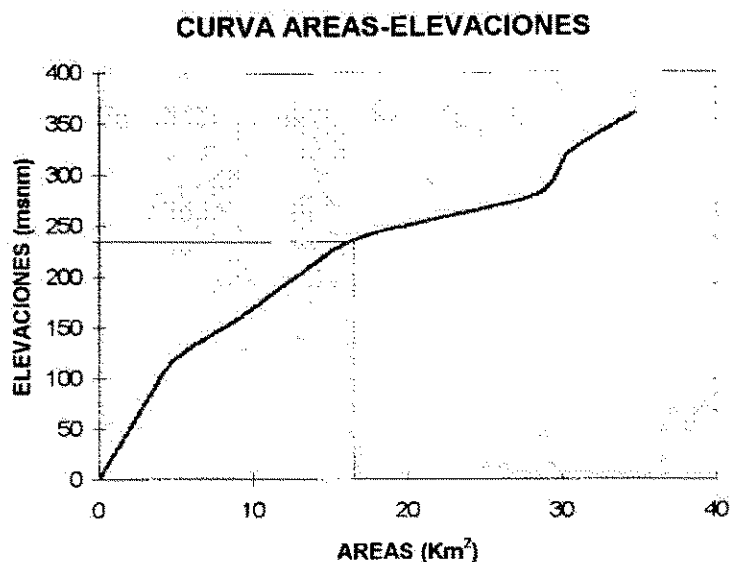
Fuente: Fotografías Aéreas INETER, 1987

Digitalización y procesamiento:  
Carlos Zelaya  
Saiomé Bermejo

1:50000



Gráfico No. 1 Curva Hipsométrica de la Cuenca del Río Acayo.



#### Pendiente Media de la Cuenca:

La pendiente media de la cuenca del Río Acayo es de **17%**, lo que se corresponde con su fisiografía al presentar mayormente pendientes "E" (15-30%) ubicados en sistemas de colinas y laderas.

#### Pendiente Media del Cauce Principal:

El cauce principal del Río Acayo tiene una pendiente media de **2.08%**, lo que indica que el río presenta su mayor recorrido en la parte baja de la cuenca.

#### Longitud del Cauce Principal:

La longitud del cauce principal es de **17.5 km**, tomando como referencia el punto más alejado de la cuenca Cerro La Pitilla hasta su desembocadura al mar, es decir, a los 0 msnm.

### **6.3.3. Parámetros Estudiados**

#### **6.3.3.1. Morfología de la Cuenca:**

##### **a. Forma:**

La forma de la cuenca influye sobre los escurrimientos y la respuesta a los eventos lluviosos, así como para la conservación del agua. De acuerdo al coeficiente de Gravelius de 2.18 la cuenca del Río Acayo presenta una forma alargada.

##### **b. Relieve:**

El relieve de la cuenca va de escarpado a muy escarpado, en colinas y laderas moderadamente escarpadas con valores de pendientes que van de 15 - 30% (Pendientes E) y de 45% a más.

##### **1b. Alejamiento medio de la Cuenca:**

El alejamiento medio de la cuenca fue calculado relacionando la longitud del punto más alejado de la cuenca con el área que ocupa la misma, resultando de 2.96 km.

##### **2b. Elevación Media de la Cuenca:**

La elevación media de la cuenca nos proporciona información sobre la relación que existe entre el área que ocupa la cuenca y las elevaciones de dichas áreas de tal manera que la elevación media es importante para saber cuales son las alturas promedios a las que se encuentra la cuenca.

Esto nos permite planificar el uso de la tierra en función de la elevación a la que se encuentra dicha cuenca, ya que existe una relación muy estrecha entre la elevación del terreno y las condiciones climáticas de tal manera que las especies de plantas responden a esas condiciones. Para la Cuenca del Río Acayo la elevación media es de 230.7 msnm.

En el siguiente gráfico se muestran las intersecciones áreas-elevaciones que nos permite visualizar la media de elevación que presenta la cuenca.

### c. Red Hidrográfica:

#### 1c. Patrón de Drenaje:

La Cuenca del Río Acayo presenta un patrón de drenaje de tipo paralelo y subparalelo, presentando muchas cárcavas y criques además de los principales tributarios (Ver Mapa de Red de Drenaje).

#### 2c. Orden de Corrientes:

El orden de corrientes se refiere a la cantidad de ramales o tributarios que desembocan al cauce principal, para la Cuenca del Río Acayo el orden de corrientes es "5" lo que indica un alto grado de bifurcación del río, el cual tiene abundantes ramales que drenan al cauce principal, que por presentar la cuenca una forma alargada, permite el escurrimiento rápido de los eventos lluviosos.

En el siguiente cuadro se observa como está distribuida la red de drenaje en orden, cantidad y longitud de las diferentes corrientes en la cuenca:

**Cuadro No. 12 Orden y Número de corrientes de la Red de Drenaje en la Cuenca del Río Acayo; Santa Teresa, Carazo. \_**

ORDEN	NUMERO	LONGITUD (km)
1	378	19.3
2	84	8.67
3	19	3.07
4	5	1
5	1	3.07

#### 3c. Densidad de Corrientes:

La Cuenca del Río Acayo presenta una densidad de corrientes alta, obteniéndose un valor de 13.99 corrientes/km<sup>2</sup> lo que influye en la respuesta rápida a los eventos lluviosos en la cuenca.

#### 4c. Densidad de Drenaje:

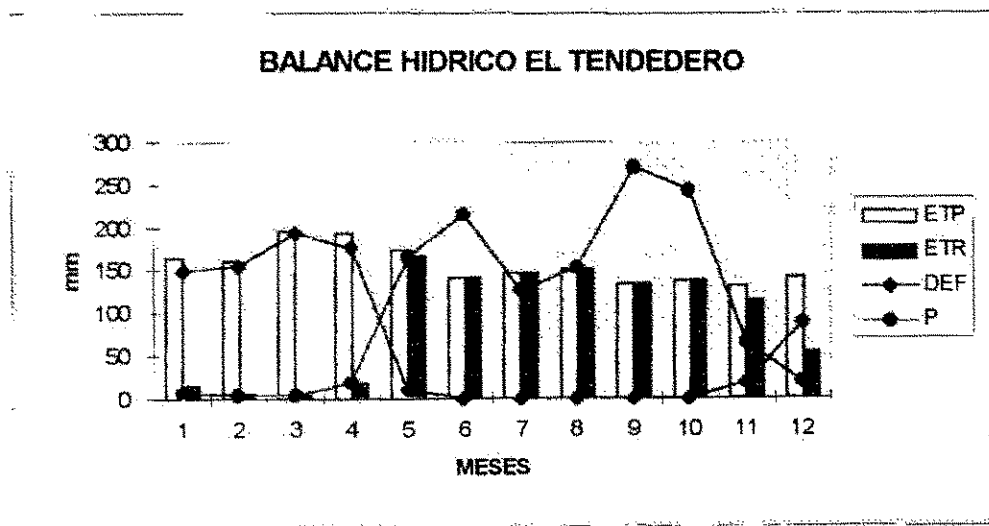
La densidad de drenaje nos proporciona información para conocer la respuesta de la cuenca a los eventos lluviosos, ya que en una alta densidad de drenaje la cuenca responde rápido a las precipitaciones caídas con picos de escorrentías altos y avanzados, el Río Acayo presenta una alta densidad de drenaje siendo esta de  $1.03\text{km}/\text{km}^2$

#### 6.3.4. Balances Hídricos:

Con los datos de precipitación, evapotranspiración y capacidad de retención de humedad se obtuvieron los diferentes Balances Hídricos para cada tipo de suelo.

En el siguiente gráfico se muestra el Balance Hídrico calculado para el perfil de suelos No. 1 El Tendedero.

**Gráfico No. 2 Balance Hídrico para el Perfil No. 1 El Tendedero (Typic haplustolls).**



De las gráficas de los balances hídricos (Ver Anexo 5) se puede observar que en los meses noviembre, diciembre, enero, febrero, marzo y abril, el déficit de humedad, alcanza su máximo valor (192.5 mm) marzo, siendo un periodo muy seco en la zona, donde las precipitaciones son nulas. También podemos observar que la Evapotranspiración Potencial sufre incrementos en esos meses, pero sin embargo la Evapotranspiración Real es mínima debido a escasez de precipitación.

La reserva de humedad en los suelos aumenta a partir del mes de Junio, disminuyendo a partir de Noviembre y Diciembre; en algunos suelos este valor es prácticamente nulo, iniciándose en este período el déficit de humedad. Los mayores contenidos de agua en el suelo se dan en los meses más lluviosos como Septiembre y Octubre logrando alcanzar la capacidad de retención de humedad en cada suelo estudiado en la Cuenca.

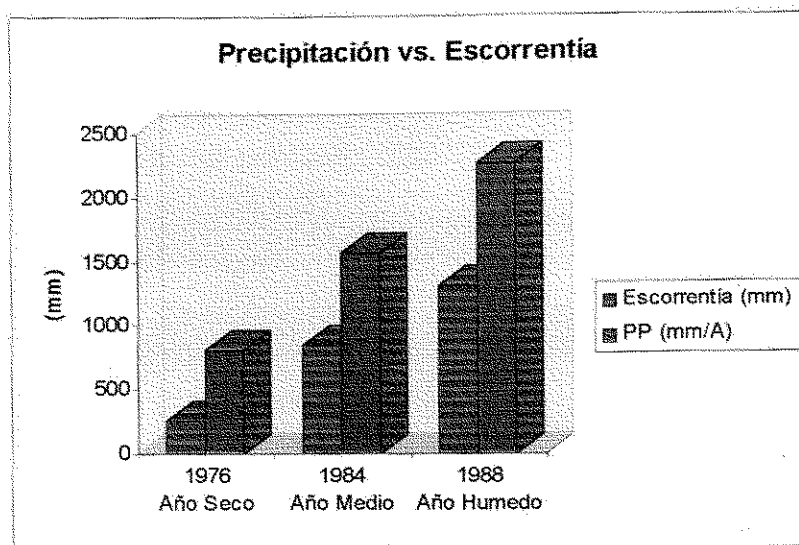
### 6.3.5. Escurrimiento Superficial

El escurrimiento superficial se determinó con el método del número de curva, del Servicio de Conservación de los EEUU. Para la Cuenca se determinó que el número de curva es de 85 (rango 0 - 100), lo cual indica que el área de estudio presenta un alto índice de escorrentía. Si la cubierta vegetal fuera más densa, mejor es su condición hidrológica para la infiltración y menor el número de curva.

En el gráfico No. 3 se observa el escurrimiento que presenta la Cuenca tomando como referencia los datos pluviométricos de la estación meteorológica de Nandaime:

Condición de Humedad	Año	Escorrentía (mm)	Precipitación (mm/A)	% de Escurrimiento
Año Seco	1976	260.8	811	32.16
Año Medio	1984	853.9	1565	54.56
Año Húmedo	1988	1315.2	2271	57.91

Gráfico No. 3. Comportamiento del escurrimiento para distintas condiciones de humedad.



La gráfica nos muestra que para el año seco 1976 precipitaron 811 mm, de los cuales se perdieron por escurrimiento superficial 260.8 mm que representa un 32.16% del total de precipitaciones ocurridas en este periodo. Para el año medio 1984 se perdieron 853.9 mm de un total de 1565 mm, es decir el 54.56% del total de precipitaciones caídas. En el año húmedo escurrieron 1315.2 mm de un total de 2271 mm precipitados en el año 1988, lo que representa el 57.91%. (ver anexos 6.1)

Todas las condiciones anteriores indican que el porcentaje de pérdidas por escurrimiento es **alto**, debido a que el uso actual de la tierra está representado por pastos y tacotales de baja densidad lo cual favorece la degradación de los suelos y por tanto se afecta el ciclo hidrológico en la cuenca

Es posible que el escurrimiento para dichos años sería menor si se contara con información sobre uso actual de la tierra para cada uno de los años seleccionados. Quizás la zona de estudio para esos periodos no presentaba en condiciones tan degradantes como en la actualidad.

### 6.3.6. Cálculo del Caudal del Río Acayo.

#### a. Caudal Mínimo del Cauce Principal:

Con la realización del aforo, determinamos la cantidad de agua que pasa en una sección dada en una unidad de tiempo en el Río Acayo en época de estiaje el cual presentó un caudal de 38.78 lt/s o sea 0.0387m<sup>3</sup>/s. Cabe señalar que este año el fenómeno del Niño afectó grandemente en que el río presentara su curso con pequeñas corrientes intermitentes que aportan al bajo caudal del cauce principal.

#### b. Caudal Máximo del Cauce Principal:

El caudal máximo del cauce principal de la cuenca del Río Acayo para distintos periodos de retomo presentan en el siguiente cuadro:

**Cuadro No. 13 Caudales máximos promedio para diferentes periodos de retomo en la Cuenca del Río Acayo; Santa Teresa, Carazo.**

PR (años)	Pp (mm)	S (mm)	Sr (mm)	Q (lt/s)	Q (m <sup>3</sup> /s)
2	72.8	108.857	16.28	61309.6	61.30
5	95.3	108.857	29.64	111580.6	111.58
10	110.2	108.857	39.63	149210.8	149.21
15	118.6	108.857	45.58	171857.2	171.58
25	129.1	108.857	53.28	200574.1	200.57
50	143.0	108.857	63.87	240440.47	240.44
100	156.9	108.857	74.84	281737.3	281.73

Donde: PR = Período de Retorno (años)

Pp = Precipitación (mm)

S = Infiltración Potencial (mm)

Sr = Escorrentía Superficial

Q = Gasto o Caudal (lt/s , m<sup>3</sup>/s)

### **6.3.7. Fuentes de Agua:**

En la cuenca del río Acayo, las fuentes de aguas superficiales y subterráneas identificadas fueron las siguientes:

- - 10 Pozos comunales (con bombas de mecatres) distribuidos así:  
Paso la Solera 3, Aguas Calientes 2, La Piñuela 3, La Pitilla 2 (MINSA Santa Teresa, 1997);
- - 21 Pozos de cielo abiertos (Diagnóstico Socioeconómico UNA, 1997)
- - Ojos de agua (vertiente) La Piñuela y El jarro.
- - Criques o quebradas.

Los pobladores de las diferentes comunidades hacen uso de las fuentes abastecedoras de agua para consumo y satisfacción de sus necesidades principales, aunque la lavandería la realizan directamente en el río.

### **6.3.8. Calidad del Agua**

Se tomaron 4 muestras en diferentes puntos de la cuenca (parte alta, media y baja), las cuales fueron llevadas al laboratorio del Centro de Investigación de Recursos Acuáticos (CIRA) para su análisis físico, químico y bacteriológico, el cual nos permitirá evaluar la calidad de la misma tanto para consumo humano como para riego. Los resultados de los análisis se muestran en el Anexo 7.1

#### **a. Agua para consumo humano**

Los resultados obtenidos de los análisis de calidad de agua para consumo humano se muestran en el siguiente cuadro:



**Cuadro No. 14 Resultados de análisis de calidad del agua para consumo humano en la Cuenca del Río Acayo; Santa Teresa, Carazo.**

Puntos de Muestreo	Cloruros mg/l	Fluoruros mg/l	Coliformes fecales (en 100ml)
Bocana del Río Acayo	704.65	0.33	4300
Aguas Calientes	4.90	0.22	1600
San José de los Remates	12.76	0.19	900
Cerro El Jarro	16.19	0.36	240

Las variables seleccionadas son las utilizadas para medir la calidad del agua potable, siguiendo las recomendaciones de algunos autores como: Cordero, (1977); Estrada, (1986); Feliciani, (1987); Villegas, (1995); y principalmente por la American Society of Civil Engineers (1969), comparados con standares y criterios recomendados por la Legislación Técnico Sanitaria Española (1986) y la O.M.S. Citado por Mendoza, 1996. (Ver Anexo 7.3)

De acuerdo al contenido de Cloruros, las muestras tomadas en las comunidades de Aguas Calientes, Cerro El Jarro y San José de los Remates (parte media y alta de la cuenca) presenta valores que no alcanzan el límite máximo permisible, clasificando el agua de estos sitios como Excelente (<50), lo que no la exime de cualquier riesgo de contaminación.

Respecto al contenido de Fluoruros el agua tomada en los sitios de muestreo en toda la cuenca, presenta valores que hacen clasificar el agua como Excelente (<1.5) lo que indica que hasta el momento no hay contaminación por altos contenidos de Fluoruros.

Por otro lado, la American Society of Civil Engineers (ASCE) clasifica las concentraciones de coliformes fecales para aguas crudas o potables en Excelente (0-100), Buena (100-5000), Mala (5000-20000) y Rechazable (>20000), citado por Mendoza, 1996.

Ninguna de las muestras tomadas en la Cuenca arroja valores que clasifiquen el agua para consumo humano como Excelente, sin embargo, el análisis realizado a las muestras tomadas de la parte alta y media de la cuenca (comunidades de San José de

los Remates, Cerro El Jarro y Aguas Calientes), presenta valores que nos permite incluirla en la categoría Buena (100-5000). Por su parte la muestra tomada en la parte más baja de la cuenca (Bocana del río) presenta un alto contenido de coliformes fecales (4300 en 100ml), cercano a la categoría Mala, lo que nos hace inferir que el agua de éste sitio no puede ser utilizada para consumo humano ni para uso recreacional que incluya un contacto primario con las aguas sin un tratamiento previo.

Aunque no determinamos exactamente los focos de contaminación directa de las aguas del Río Acayo, podemos decir que existen factores que favorecen dicha contaminación tales como: la carencia del servicio de agua potable, alcantarillas, la depositación de excrementos tanto humano como animal al aire libre o directamente en el agua, ya que existe la falta de letrinas así como un servicio de educación ambiental a los habitantes de las diferentes comunidades, entre otros.

#### **b. Agua para Riego:**

La calidad de agua para riego está determinada por la cantidad y composición de los sólidos y constituyentes disueltos, expresada a través de la Relación de Adsorción de Sodio (RAS) y la Conductividad Eléctrica utilizando el diagrama de Riverside. Es importante conocer la calidad del agua para así comprender la influencia que puedan ejercer sobre el suelo y el cultivo, ya que como sabemos, el sodio es un elemento altamente soluble en el agua, por lo que fácilmente puede ser introducido al sistema mediante el escurrimiento superficial.

De acuerdo a estos parámetros se obtuvieron los resultados siguientes:

**Cuadro No. 15. Resultados de análisis de calidad del agua para riego en la Cuenca del Río Acayo; Santa Teresa, Carazo.**

<b>PUNTO DE MUESTREO</b>	<b>RAS</b>	<b>CONDUCTIVIDAD</b>	<b>SODIO</b>
<b>Bocana del Río Acayo</b>	12.8507	C <sub>4</sub>	S <sub>3</sub>
<b>Aguas Calientes</b>	1.111	C <sub>2</sub>	S <sub>1</sub>
<b>Cerro El Jarro</b>	1.086	C <sub>2</sub>	S <sub>1</sub>
<b>San José de los Remates</b>	2.221	C <sub>2</sub>	S <sub>1</sub>

Según los resultados, el agua de la Bocana del Río Acayo es muy altamente salina por lo que no es apropiada para riego bajo condiciones ordinarias. Puede usarse ocasionalmente en circunstancias muy especiales en suelos permeables y en drenaje adecuado, debiendo aplicarse exceso de agua para lograr un buen lavado; en este caso se debe seleccionar cultivos altamente tolerante a sales. Además puede producir niveles tóxicos de sodio intercambiable en la mayor parte de los suelos, por lo que estos necesitarán prácticas especiales de manejo, buen drenaje, fácil lavado y adiciones de materia orgánica.

Las muestras tomadas en Aguas Calientes, El Jarro y San José de los Remates presentan salinidad media, las cuales pueden usarse siempre que haya un cierto grado de lavado. En casi todos los casos y sin necesidad de practicas especiales de control de la salinidad se pueden cultivar plantas moderadamente tolerantes a las sales; por otro lado son aguas bajas en Sodio y pueden usarse para el riego en la mayoría de los suelos con poca probabilidad de alcanzar niveles peligrosos de sodio intercambiable. No obstante los cultivos sensibles como algunos frutales (aguacate), pueden acumular cantidades perjudiciales de sodio.

Los resultados nos presentan que el agua de las fuentes encontradas puede ser utilizadas para uso agrícola, tomando en cuenta algunas medidas para evitar mayor contaminación.

## VII. CONCLUSIONES

### 7.1. RECURSOS EDÁFICOS

- La fisiografía de la Cuenca está determinada principalmente por los sistemas de laderas, laderas moderadamente escarpadas y colinas, lo que indica que la cuenca presenta un relieve **escarpado** hasta en un 83.26 % del área total y que los paisajes planos a ligeramente planos se presentan en un mínimo de 16.74% del área total.
- La Cuenca del Río Acayo presenta un relieve muy variado con pendientes que van desde 0% en la desembocadura del Río al mar hasta pendientes mayores de 45% en las partes más altas. Las pendientes predominantes en la cuenca corresponden a los rangos comprendidos de 15 a 30% (E) moderadamente escarpado, con 46.18 % del área total y entre 30 a 45% (F) pendientes escarpadas con 22.66% del área total.
- Los suelos encontrados en la Cuenca del Río Acayo fueron clasificados de acuerdo a sus características y propiedades en los siguientes ordenes: **Alfisols** (67.98%) **Entisols** (21.35%), **Mollisols** (6.79%), e **Inceptisols** (3.88%).
- El uso actual que se encontró en la zona son asociaciones de pastos con cultivos (28.33%), pastos con **tacotal** (22.83%), **tacotales** (bosque secundario de porte más bajo) en un 20.18% y dos tipos de bosques, **bosque bajo claro** y **bosque de galería** con un 10.73%. Dichos usos están sobre suelos superficiales, lo que favorece los procesos de erosión y degradación de los suelos.
- La relación entre el uso actual de la tierra y la capacidad de uso de la tierra permitió conocer como es utilizado el recurso suelo, en la Cuenca del Río Acayo los suelos están siendo utilizados por encima de su capacidad, es decir, **sobreutilizados en un 88.40%** del área total de la cuenca.
- Los suelos del área estudiada varían por su capacidad de uso desde la **Clase I** hasta la **Clase IV** con pocas restricciones para la agricultura, ubicados en pendientes suaves (0-8%), principalmente en los sistemas de terraza fluvial y fluvio-marina; y desde la **Clase VI** hasta la **Clase VIII** presentando limitaciones agrícolas, ubicándose en pendientes que

van desde 8% hasta mayores de 45% principalmente en los sistemas de colinas, cumbres y laderas.

- En la cuenca se encontró que la clase de capacidad predominante es la Clase VI en un 49% del área total seguida de las Clases VII y VIII con 17.10 y 21.11% del área total respectivamente, que son suelos con muchas limitaciones para la agricultura, pero adecuados para uso forestal, PVS y otros.
- De acuerdo a la caracterización de la Cuenca se puede afirmar que más del 85% del área es de Vocación Forestal según la capacidad de uso de la tierra ya que por su utilización la mayor parte de la Cuenca está siendo usada por encima de su capacidad (sobreutilizada).
- Se definieron los procedimientos en S.I.G. para la obtención de cada uno de los mapas digitales con sus correspondientes bases de datos.

## 7.2. RECURSOS HIDRICOS

- La Cuenca del Río Acayo presenta únicamente la zona de vida: **Bosque Seco Tropical**, lo que restringe la variabilidad de especies adaptables a la zona.
- Afluentes que desembocan en el Río Acayo solamente transportan agua en época de invierno, permaneciendo secos en verano, aunque existen algunos criques y ojos de agua que son utilizados como fuente abastecedora de agua, esto es debido a condiciones de mal manejo de los recursos en toda la zona de estudio.
- Por la forma, el relieve, las pendientes, cambio del uso de la tierra y los suelos que presenta la zona de estudio se favorece el rápido el escurrimiento superficial de las aguas, lo que provoca una fuerte erosión en los suelos de la parte alta y media de la cuenca.
- En la parte baja (Bocana del Río Acayo) el agua no puede ser utilizada para consumo humano ni para riego por los altos contenidos de cloruros, fluoruros, coliformes fecales y sales. En la parte media y alta (Aguas Calientes, Cerro El Jarro, San José de los Remates) el agua puede ser utilizada para ambas necesidades tomando en cuenta algunas medidas sanitarias para evitar mayor contaminación.
- En el período crítico la disponibilidad de agua en el río es de **38.78 lt/s (615 GPM)** lo cual puede ser aprovechable para riego por el área agrícola propuesta.
- De acuerdo al balance hídrico el déficit de humedad en los suelos se presenta en los meses de Noviembre a Abril, alcanzando su máximo valor en el mes de Marzo de **193 mm**; (Perfil No. 2 Suelos Entisoles, muy superficiales) debido a la baja capacidad de retención de humedad y la escasa cobertura vegetal de los suelos, lo que da lugar a los altos escurrimientos.
- No se cuenta con información hidrogeológica en la zona de estudio que facilite tener un mayor conocimiento de la distribución, uso y manejo del recurso hídrico, lo que limita conocer el potencial de las aguas subterráneas para su aprovechamiento.

## VIII.- RECOMENDACIONES

- A partir de la información obtenida en este estudio se hace necesario tomar medidas para frenar la degradación de los Recursos Naturales para tal fin hacemos las siguientes recomendaciones:
- Elaborar planes de reforestación con especies nativas priorizando las áreas que están deforestadas (parte alta y media de la Cuenca), estableciendo bosques energéticos y de protección dentro y fuera del área de la Cuenca, así como también a lo largo del curso principal del Río.
- Diseñar una planificación del uso y manejo integral de la producción agropecuaria y forestal de la Cuenca tomando en cuenta la Propuesta de Uso elaborada con el fin de hacer un aprovechamiento y explotación racional de los recursos.
- Establecer sistemas agrotorestales y silvopastoriles para lograr la diversificación de la agricultura y contribuir a la recuperación de los suelos degradados y las áreas deforestadas.
- Tomar medidas que contribuyan a la conservación de la Cuenca dado que parte de ella está declarada como Reserva Biológica coordinando esfuerzos con diferentes proyectos, instituciones, organismos y asociaciones que trabajan en el área, en conjunto con el Gobierno Local y líderes comunales.
- Capacitar a la comunidad el establecimiento de obras de conservación de suelos y agua para así disminuir la degradación de los mismos, los efectos de erosión (hídrica principalmente) y la deforestación, así como formular proyectos de obras estructurales para la construcción de diques de contención, reservorios de infiltración, obras simples, etc., en la que participen las comunidades, gobiernos locales e instituciones gubernamentales y no gubernamentales.
- Desarrollar programas de monitoreo de la calidad del agua con el fin de conocer los posibles medios de contaminación y su fluctuación en el tiempo para tomar las medidas

correspondientes que permita hacer un mejor uso del agua tanto para riego como para consumo humano.

- Desarrollar pequeños proyectos de riego para el aprovechamiento del agua en las áreas agrícolas propuestas, que contribuyan a la implementación y/o diversificación de cultivos así como a la comercialización local.
- Desarrollar programas de educación ambiental a las comunidades, sobre el manejo de los recursos naturales y que de ésta manera contribuyan a la recuperación y protección de los recursos en la cuenca.
- Establecer una red pluviométrica y fononómica para contar con registros bioclimáticos propios de la zona, para analizar mejor el efecto de los mismos en el área de estudio.
- Realizar estudios hidrogeológicos para determinar áreas con posible potencial de aprovechamiento de las aguas subterráneas en la zona.



## **IX. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.**

- Barreto C. Gherda 1996. Estudio de Reconocimiento y Caracterización de los Recursos Hídricos, Edáficos y Forestales del Municipio de El Sauce, León, Nicaragua. Trabajo de Diploma. UNA. Managua, Nicaragua.**
- Bosque Sendra, Joaquín. 1992. Sistemas de Información Geográfica. 1ed. España. 451 pág.**
- Buol S W, Hole. F D, Mckracken R J. 1983. Génesis y Clasificación de Suelos. México. D.F. Trillas. 417 pág.**
- Catastro e Inventario de Recursos Naturales de Nicaragua. 1971. Levantamientos de Suelos de la Región del Pacífico de Nicaragua. Parte No. II y III Descripción de Suelos y Génesis y Clasificación de Suelos. Managua, Nicaragua. 312 pág.**
- Chuvieco, Emilio. 1990. Fundamentos de Teledetección Espacial. 1ed. España. 452 pág.**
- Estrada, P. 1986. Manual de control analítico de la potabilidad de las aguas de consumo humano. Madrid, Díaz de Santos. 350 pág.**
- FAO, 1987. La calidad del agua en la agricultura. Estudio FAO Riego y Drenaje. No. 29, rev 1. 174 pág.**
- FAO, 1996. Planificación y Manejo Integrado de Cuencas Hidrográficas en zonas áridas y semiáridas de América Latina. Santiago, Chile.**
- Faustino, Jorge. 1996. Gestión Ambiental para el Manejo de Cuencas Municipales. CATIE. Turrialba, Costa Rica. 137 pág.**
- Feliciani, F. Lo Giudine, M. 1987. La calidad de las aguas de uso potable: sugerencias para el desarrollo sanitario. Roma, Italia. Universidad Católica de Occidente, Instituto de Desarrollo Rural de Santa Ana. El Salvador.**

- Forero, M.C. 1987. **Metodología para Levantamientos Edafológicos**. Bogotá, CIAF. 98 pág.
- Foth, Henry D. 1987. **Fundamentos de la Ciencia del Suelo**. México. 3ed. 433 pág
- Holdridge L.R. 1987. **Ecología basada en Zonas de Vida**. Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas (IICA), C.R. 216 p.
- Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales INETER.1997. **Fotografías aéreas (7) Escala 1:25,000 Año 1987**.
- Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales. 1990. **Mapa Topográfico. Escala 1:50,000. Hoja No. 2950-I Río Escalante**.
- Linsley, J.R. Ray, K. 1985.**Hidrología para Ingenieros**. México 2 ed. 386 pág.
- Martínez, M.M. **Estimación de Escurremientos en Cuencas Pequeñas**. U.A.CH. Chapingo, México.
- Martínez C., José A. 1997. **Prácticas de SIG y Teledetección**. 2 de Marzo 1997. Universitat de Lleida. España. 110 pág.
- Mendoza A., M.E. 1996. **Impacto del uso de la tierra sobre la calidad del agua en la microcuenca del Río Sábalo, Cuenca del Río San Juan, Nicaragua**. Tesis Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica. CATIE. 81 pag.
- Montagnini, F. et al. 1992. **Sistemas Agroforestales y Aplicación en los Trópicos**. O.E.T. San José, Costa Rica.
- Morales M., Jairo 1998. **Curso Taller de Planificación y Manejo Integral de Cuencas Hidrográficas**. U.N.A. Managua, Nicaragua.
- Moreno Ayestas, Sandra. 1994. **Apuntes de Hidrología de Superficie**. Universidad Nacional de Ingeniería, UNI. Managua, Nicaragua.

Munsell Soil Color Charts. s.f. Maryland EE.UU Munsell Color co. S.p.

Ortiz C y Cuanalo H. 1984. **Metodología del Levantamiento Fisiográfico**. Colegio de Postgrados, Chapingo, México. 2ed. 325 pág.

Poch, R.M. 1993. **Tecniques de Conservació dels Sòls**. Edicions de la Universitat de Lleida. España. 82 pág.

Ramakrishna., B. 1997. **Estrategias de Extensión para el Manejo Integrado de Cuencas Hidrográficas: Conceptos y Experiencias**. San José, Costa Rica. GTZ. IICA.

Richters, E.J. 1995. **Manejo del Uso de la Tierra en América Central**. Edit. IICA. San José, Costa Rica.

Rodríguez, T. F. 1981. **Elementos del Esgurrimiento Superficial**. PATENA A.C. G. Chapingo, México. 225 pág.

Rojas, R.M. 1986. **Hidrología de Tierras Agrícolas**. CIDIAT. 3<sup>ra</sup> ed.

Salas, G. 1987. **Suelos y Ecosistemas Forestales, con énfasis en América Tropical**. Editorial IICA. San José, Costa Rica.

Soil Survey Staff. 1994. **Keys to Soil Taxonomy**, traducido al español. Colegio de Postgraduados, México.

Sprechmann, P. 1984. **Manual de Geología de Costa Rica**. Vol. I Estratigrafía. Editorial Universal de Costa Rica. San José, Costa Rica. 320 pág.

## **X. ANEXOS**

### **Anexo 1. DESCRIPCION DE PERFILES**

#### **PERFIL 1**

##### **Información acerca del sitio de la muestra**

- a. Número de Perfil: #1
- b. Nombre del Suelo: El Tendedero
- c. Clasificación a nivel de generalización amplia: **Typic haplustolls**
- d. Fecha de la observación: 16-04-97
- e. Autores: Salomé Bermejo, Martha Orozco, Efraín Acuña, Rodolfo Urtecho, Juan Maldonado, Denis Bohorquez.
- f. Ubicación: Comunidad El Tendedero.
- g. Altitud: 40 msnm
- h. Forma del terreno: Planicie
- i. Pendiente donde está situado el perfil: 3%
- j. Uso de la tierra: Pasto
- h. Clima: Tropical de Sabana

##### **Información general acerca del suelo**

- a. Material originario: Sedimentos
- b. Drenaje: Bien drenado
- c. Condiciones de humedad en el perfil: Seco
- d. Profundidad a la capa freática: mayor de 2m.
- e. Presencia de piedras en la superficie o afloramientos rocosos: Moderadamente pedregoso, sin rocas.
- f. Evidencias de erosión: Moderada
- g. Presencia de sales o álcalis: No
- h. Influencia humana: Ninguna

**Breve descripción del perfil**

- A (0-19cm) Café muy oscuro (10 YR 2/2) en húmedo, textura franco, estructura en bloques angulares, mediana, ligeramente adherente y ligeramente plástico, con muchos poros finos y gruesos, pocas raíces finas, límite neto y plano.
- Bt<sub>1</sub> (19 - 44cm) Café grisáceo muy oscuro (10 YR 3/2) en húmedo textura franco arcilloso, estructura moderada en bloques angulares, mediana, ligeramente adherente y plástico, muchos poros finos y muy finos, pocas raíces medianas y gruesas, límite neto y plano.
- Bt<sub>2</sub> (44 - 69cm) Café grisáceo muy oscuro(10 YR 3/2) en húmedo, textura arcillosa, estructura moderada en bloques angulares, mediana, ligeramente adherente y ligeramente plástico, muchos poros finos y muy finos, pocas raíces finas, límite gradual y ondulado.
- C (69cm +) Café amarillento (10 YR 5/6) en húmedo, textura franco-arcillo-arenosa, estructura fuerte en bloques angulares, mediana, ligeramente adherente y no plástico, muchos poros finos y muy finos, pocas raíces muy finas.

**PERFIL 2****Información acerca del sitio de la muestra**

- a. Número del perfil: #2
- b. Nombre del suelo: El Jicarito
- c. Clasificación a nivel de generalización amplia: **Lithic ustorthents**
- d. Fecha de la observación: 16-04-97
- e. Autores: Salomé Bermejo, Martha Orozco, Efraín Acuña, Rodolfo Urtecho, Juan Maldonado, Denis Bohorquez.
- f. Ubicación: Comunidad Pancasán
- g. Altitud: 180 msnm
- h. Forma del terreno: Colinado
- i. Pendiente donde el perfil está situado: 25%
- j. Uso de la tierra: Tacotal
- k. Clima: Tropical de Sabana

**Información general acerca del suelo**

- a. Material originario: Arenisca
- b. Drenaje: Bien drenado
- c. Condiciones de humedad en el perfil: seco
- d. Profundidad de la capa freática: mayor de 2m.
- e. Presencia de piedras en la superficie o afloramientos rocosos: moderadamente pedregoso, sin rocas.
- f. Evidencia de erosión: Severa
- g. Presencia de sales o álcalis: No
- h. Influencia humana: Ninguna

**Breve descripción del perfil**

- A (0 - 10cm) Café oscuro (10 YR 3/3) en húmedo textura arcillosa, estructura moderada en bloques angulares, fina o delgada, ligeramente adherente y ligeramente plástico, muchos poros finos, pocas raíces finas y medianas, límite brusco y ondulado.
- R (10cm+)

**PERFIL 3****Información acerca del sitio de la muestra**

- a. Número del perfil: #3
- b. Nombre del suelo: La Chonca
- c. Clasificación a nivel de generalización amplia: **Typic ustropepts**
- d. Fecha de la observación: 17-04-97
- e. Autores: Salomé Bermejo, Martha Orozco, Efraín Acuña, Rodolfo Urtecho, Juan Maldonado, Denis Bohorquez.
- f. Ubicación: Comunidad La Chonca
- g. Altitud: 200 msnm
- h. Forma del terreno: Colinado
- i. Pendiente donde el perfil está situado: 28%
- j. Uso de la tierra: Cultivo (sorgo, millón)
- k. Clima: Tropical de Sabana

**Información general acerca del suelo**

- a. Material originario: Intrusiva
- b. Drenaje: Bien drenado
- c. Condiciones de humedad en el perfil: Seco
- d. Profundidad a la capa freática: mayor de 2m
- e. Presencia de piedras en la superficie o afloramientos rocosos: Pedregoso, sin rocas
- f. Evidencia de erosión: Moderada
- g. Presencia de sales o álcalis: No
- h. Influencia humana: Ninguna

**Breve descripción del perfil**

- A (0 - 30cm)      Café muy oscuro (10 YR 2/2) en húmedo, textura franco arenoso, estructura moderada en bloques angulares, ligeramente adherente y ligeramente plástico, muchos poros finos y medianos, pocas raíces muy finas, límite neto y plano.
- Bs (30 -55cm)      Café (7.5 YR 4/4) en húmedo, textura franco arenoso, estructura fuerte en bloques angulares, ligeramente adherente y ligeramente plástico, muchos poros finos y medianos, pocas raíces muy finas, límite neto y plano.
- BC (55 - 82cm)      Café oscuro amarillento(10 YR 4/6) en húmedo, textura franco arenoso, estructura moderada en bloques angulares, mediana, ligeramente adherente y ligeramente plástico, muchos poros medianos, finos y muy finos, muy pocas raíces muy finas, límite neto y plano.
- C (82 - 116cm)      Café amarillento(10 YR 5/8) en húmedo, textura arenoso, estructura débil en bloques angulares medianos, no adherente y no plástico, frecuentes poros finos y medianos, muy pocas raíces muy finas, límite neto y plano.
- R (116cm +)



## **PERFIL 4**

### **Información acerca del sitio de la muestra**

- a. Número del perfil: #4
- b. Nombre del perfil: Paso La Solera
- c. Clasificación a nivel de generalización amplia: **Udic argiustolls**
- d. Fecha de la observación: 17-04-97
- e. Autores: Salomé Bermejo, Martha Orozco, Efraín Acuña, Rodolfo Urtecho, Juan Maldonado, Denis Bohorquez.
- f. Ubicación: Comunidad Paso La Solera
- g. Altitud: 140 msnm
- h. Forma del terreno: Terraza fluvial
- i. Pendiente donde el perfil está situado: 3%
- j. Uso de la tierra: Cultivo (rastrajo de maíz)
- k. Clima: Tropical de Sabana

### **Información general acerca del suelo**

- a. Material originario: Sedimentarias
- b. Drenaje: Bien drenado
- c. Condiciones de humedad en el perfil: Seco
- d. Profundidad a la capa freática: mayor de 2m
- e. Presencia de piedras en la superficie o afloramientos rocosos: Pedregoso, sin rocas
- f. Evidencia de erosión: Leve
- g. Presencia de sales o álcalis: No
- h. Influencia humana: Ninguna

### Breve descripción del perfil

- A (0 - 38cm) Negro (10 YR 2/1) en húmedo, textura franco arcilloso, estructura fuerte en bloques angulares, mediana, ligeramente adherente y ligeramente plástico, muchos poros finos y medianos, pocas raíces finas y medianas, límite neto y plano.
- Bt<sub>1</sub> (38 - 70cm) Café oscuro (7.5 YR 3/4) en húmedo, textura arcilloso, estructura fuerte en bloques angulares, mediana, adherente y plástico, muchos poros finos y muy finos, muy pocas raíces muy finas, límite neto y plano.
- Bt<sub>2</sub> (70 - 100cm) Café (7.5 YR 4/4) en húmedo, textura franco arcilloso, estructura fuerte en bloques angulares, mediana, adherente y plástico, muchos poros finos y muy finos, muy pocas raíces muy finas, límite neto y plano.
- C (100cm +)

### PERFIL 5

#### Información acerca del sitio de la muestra

- a. Número del perfil: #5
- b. Nombre del perfil: Veracruz de Acayo
- c. Clasificación a nivel de generalización amplia: **Fluventic eutrochrepts**
- d. Fecha de la observación: 18-04-97
- e. Autores: Salomé Bermejo, Martha Orozco, Efraín Acuña, Rodolfo Urtecho, Juan Maldonado, Denis Bohorquez
- f. Ubicación: Comunidad Veracruz de Acayo
- g. Altitud: 8 msnm
- h. Forma del terreno: Terraza fluvial
- i. Pendiente donde el perfil está situado: 2%
- j. Uso de la tierra: Bosque de galería
- k. Clima: Tropical de Sabana

### Información general acerca del suelo

- a. Material originario: Sedimentos fluviales
- b. Drenaje: Bien drenado
- c. Condiciones de humedad en el perfil: Húmedo
- d. Profundidad a la capa freática: mayor de 2m
- e. Presencia de piedras en la superficie o afloramientos rocosos: No
- f. Evidencia de erosión: Leve
- g. Presencia de sales o álcalis: No
- h. Influencia humana: Ninguna

### Breve descripción del perfil

- A (0 - 12cm)** Negro (10 YR 2/1) en húmedo, textura franco arcillosa, estructura débil en bloques angulares, mediana, ligeramente adherente y ligeramente plástico, muchos poros finos y medianos, raíces comunes finas y medianas, límite neto y plano.
- Bw<sub>1</sub> (12 - 50cm)** Café oscuro (10 YR 3/3) en húmedo, textura franco arenoso, estructura moderada en bloques angulares, mediana, ligeramente adherente y ligeramente plástico, muchos poros medianos finos y muy finos, pocas raíces finas, medianas y gruesas, límite neto y plano.
- Bw<sub>2</sub> (50 - 80cm)** Café grisáceo muy oscuro (10 YR 3/2) en húmedo, textura franco-arcillo-arenoso, estructura débil en bloques angulares, mediana, ligeramente adherente y ligeramente plástico, muchos poros medianos y muy finos, pocas raíces gruesas y medianas, límite neto y plano.
- C<sub>1</sub> (80 - 100cm)** Café oscuro (10 YR 3/3) en húmedo, textura franco arenoso, estructura débil en bloques angulares, mediana, ligeramente adherente y ligeramente plástico, muchos poros finos y muy finos, pocas raíces finas y muy finas, límite neto y plano.
- C<sub>2</sub> (100cm +)**

## PERFIL 6

### Información acerca del sitio de la muestra:

- a. Número de Perfil: #6
- b. Nombre del Suelo: Pancasán
- c. Clasificación a nivel de generalización amplia: Udic haplustalfs
- d. Fecha de la Observación: 18-07-97
- e. Autores: Salomé Bermejo, Martha Orozco, Efraín Acuña, Rodolfo Urtecho, Juan Maldonado, Denis Bohorquez.
- f. Ubicación: Comunidad Pancasán
- g. Altitud: 80 msnm
- h. Forma del terreno: Colinado
- i. Pendiente donde está situado el perfil: 5%
- j. Uso de la tierra: Tacotal
- k. Clima: Tropical de Sabana

### Información general acerca del suelo

- a. Material originario: Intrusivas (siénitas)
- b. Drenaje: Bien drenado
- c. Condiciones de humedad en el perfil: Seco
- d. Profundidad de la capa freática: mayor de 2m.
- e. Presencia de piedras en la superficie o afloramientos rocosos: Pedregoso, sin rocas.
- f. Evidencias de erosión: Moderada
- g. Presencia de sales o álcalis: No
- h. Influencia humana: Ninguna

**Breve descripción del perfil**

- A (0-27cm)**      Café grisáceo muy oscuro (10 YR 3/2) en húmedo textura arcillosa, estructura fuerte en bloques angulares, mediana, adherente y ligeramente plástico, muchos micro poros y poros muy finos, abundantes raíces finas, muy finas y medianas, límite neto y plano.
- Bt<sub>1</sub> (27-45cm)**      Café oscuro (7.5 YR 3/4 ) en húmedo, textura arcillosa, estructura fuerte en bloques angulares, mediana, adherente y plástico, frecuentes poros finos y muy finos, raíces finas y muy finas comunes, límite neto y plano.
- Bt<sub>2</sub> (45-77cm)**      Café muy oscuro (10 YR 3/4) en húmedo, textura limosa, estructura moderada en bloques angulares, mediana, adherente y plástico, frecuentes poros muy finos, muy pocas raíces muy finas, límite neto y plano.
- C (77cm +)**      (2.5 YR 4/4) en húmedo, textura arcillo arenosa, estructura moderada en bloques angulares, mediana, frecuentes poros muy finos, muy pocas raíces muy finas, límite neto y plano.



### Anexo 3 Metodologías utilizadas en el Laboratorio para el Análisis de Suelos.

Para la realización de los análisis de las muestras de suelos en el laboratorio se utilizó la metodología planteada por la Internacional Soil Reference and Information Center (ISRIC), 1994.

A las muestras se les realizaron los siguientes análisis:

#### a. Textura del suelo:

La textura del suelo se realizó por el método de la Pipeta de Robinson, el cual se basa en la relación existente entre la velocidad de precipitación de las partículas del suelo y su tamaño de acuerdo a la ley de Stokes. Después de un tiempo calculado, se saca con una pipeta una parte alícuota desde una profundidad definida por debajo de la superficie y se evapora a sequedad, el residuo se seca al horno y se pesa, determinándose las tres partículas fundamentales del suelo: arena, limo y arcilla.

#### b. pH del suelo:

La determinación del pH del suelo se realizó en agua destilada con una relación sólido-líquido de 1:2.5; las muestras se agitaron durante dos horas, se dejó reposar durante cinco minutos y se procedió a efectuar las lecturas en el peachimetro calibrado con soluciones buffer de pH 4,7 y 9.

#### c. Materia Orgánica:

Para la determinación de materia orgánica se utilizó el procedimiento de Walkley y Black. Este procedimiento involucra la combustión húmeda de la materia orgánica con una mezcla de dicromato de potasio ( $K_2Cr_2O_7$ ) y ácido sulfúrico.

#### d. Nitrógeno:

Se utilizó el procedimiento Kjeldahl. La muestra es digerada en ácido sulfúrico y peróxido de hidrógeno, la solución es alcalina y se destila el amonio. El proceso determina todo el nitrógeno del suelo (incluyendo el amonio adsorbido) excepto los nitratos.

Para el cálculo del % de nitrógeno se utilizó la siguiente fórmula:

$$\%N = \frac{a-b}{M} * 1.4 \text{ mcf}$$

Donde : a = ml HCL requeridos para la muestra titulada.

b = ml HCL requeridos para el blanco titulado.

s = muestra del suelo seco al aire pesada en gramos.

$M = 14 \cdot 10^{-3} \cdot 100$  (14 = peso atómico del nitrógeno).

mcf = factor de corrección de la humedad.

**e. Fósforo:**

Se utilizó la solución extractora de Olsen Modificado ( $\text{NaHCO}_3$  0.5N pH 8.5) y se analizó por fotocolorimetría con una longitud de onda de 680 nm y filtro rojo.

**f. Potasio:**

Se determinó por solución extractora Olsen Modificado y con espectrofotómetro de absorción atómica.

**g. Calcio:**

Se determinó por medio de acetato de amonio como solución extractora 1 N y se midió por espectrofotómetro de absorción atómica.

**h. Magnesio:**

Por medio de acetato de amonio 1 N como solución extractora y determinado por espectrofotómetro de absorción atómica.



#### **Anexo 4. Propuesta de Manejo del Uso Propuesto**

##### **a. Manejo en Sistemas Agroforestales**

- Preparación del terreno con laboreo mínimo o cero labranza.
- Siembra de cultivos en franjas y en curvas a nivel.
- Cultivos intercalados gramíneas con leguminosas.
- Cultivos asociados de especies anuales y semiperennes con cultivos perennes.
- Manejo de la cobertura del suelo.
- Incorporación de rastrojos.
- Uso de cultivos de coberturas (leguminosas).
- Canales y surcos de riego en curvas a nivel para disminuir la erosión.
- Manejo Integrado de Plagas y Enfermedades.
- Eliminación de las practicas de quema.
- Mejoramiento de la fertilidad del suelo mediante el uso del mulch obtenidos de las podas de arboles perennes y forestales, aplicados entre los surcos de los cultivos perennes semiperennes y anuales.
- Barreras vivas de arboles para frenar la escorrentía en los cultivos anuales y semiperennes.
- Practicas mecánicas si es necesario en lugares con pendientes fuertes o en suelos susceptibles a la erosión (terrazas y acequias de laderas, cubas o tinas ciegas, etc.) en las zonas secas pueden utilizarse para conservar el agua.
- Reforestación de cauces y cárcavas y su control mediante barreras vivas o con diques de contención de piedras.
- Manejo forestal (eliminación de arboles mal formados, raleo, aclareo, selección de arboles de semillas).
- Practicas culturales como: Injertos, podas, selección de padrotes, cosechas escalonadas, control de incendios, etc.

##### **b. Manejo en Sistemas Silvopastoriles o Agrosilvopastoriles:**

- Control de la carga animal por unidad de superficie.
- Rotación adecuada de potreros.
- Siembra de especies forrajeras o especies de leguminosas para el suplemento de la alimentación del ganado, así como para la protección de la erosión.

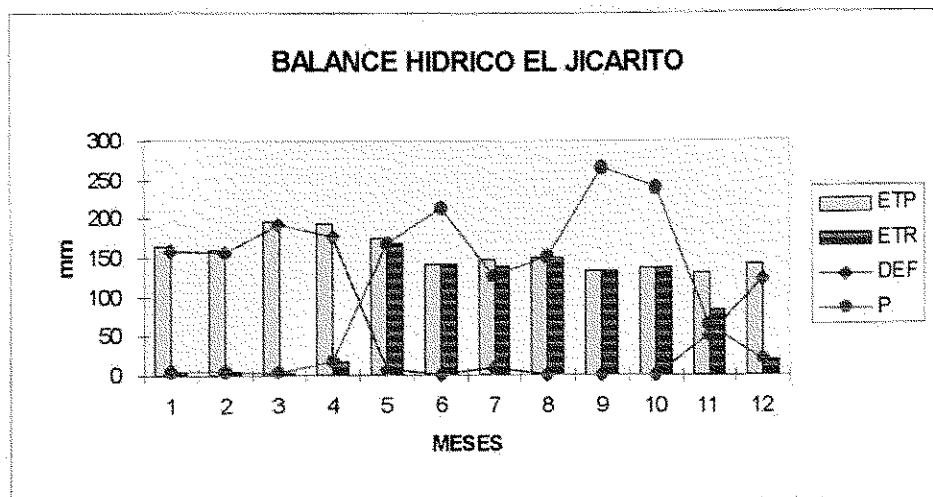
- Distribución de comederos y abrevaderos.
- Control de torrentes o zanjones mediante reforestación o diques de contención.
- Eliminación de la práctica de quema de potreros.
- Reforestación de los aguaderos naturales.

**c. Manejo de las áreas de Protección de la Vida Silvestre:**

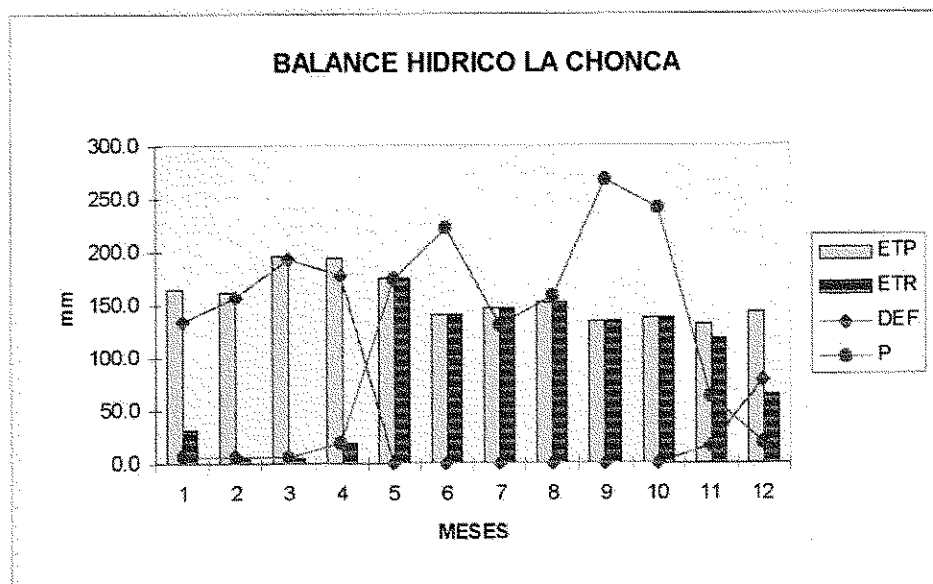
- Selección de especies a reforestar.
- Construcción de viveros.
- Siembra de los árboles en época lluviosa.
- Aclareo del rodal (bosque).
- Protección contra incendios.
- Resguardo para la no extracción de madera.
- Investigaciones científicas para el manejo y reproducción de especies vegetales y animales.
- Elaboración de programas, planes y proyectos de manejo y conservación de las especies del área protegida.
- Desarrollo de bancos de genética y reproducción de germoplasma.
- Formulación de proyectos de ecoturismo.

Anexo 5. Balances Hídricos para cada perfil de suelos descrito.

5a. Perfil No. 2 El Jicarito (Lithic ustorthents) Orden Entisols



5b. Perfil No. 3 La Chonca (Typic ustropepts) Orden Inceptisols



## BALANCE HIDRICO. PERFIL N. 1

El Tendedero

CRAD = 97.8 mm

	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	ANUAL
P	5.0	4.0	3.0	17.0	166.0	214.0	126.0	153.0	271.0	243.0	63.0	19.0	1284.0
ETP	164.0	161.0	196.0	194.0	175.0	141.0	147.0	151.0	134.0	137.0	132.0	142.0	1874.0
P-ETP	-159.0	-157.0	-193.0	-177.0	-9.0	73.0	-21.0	2.0	137.0	106.0	-69.0	-123.0	-590.0
PPA	-351.0	-508.0	-701.0	-878.0	-887.0	0.0	-21.0	0.0	0.0	0.0	-69.0	-192.0	
RES	2.4	0.4	0.1	0.0	0.0	73.0	52.0	54.0	97.8	97.8	47.1	12.8	
VRES	-10.4	-1.9	-0.4	0.0	0.0	73.0	-21.0	2.0	43.8	0.0	-50.7	-34.3	
ETR	15.4	5.9	3.4	17.0	166.0	141.0	147.0	151.0	134.0	137.0	113.7	53.3	1284.0
DEF	148.6	155.1	192.6	177.0	9.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	18.3	88.7	789.2
EXC	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	93.2	106.0	0.0	0.0	199.2
DRE	9.5	4.8	2.4	1.2	0.6	0.3	0.1	0.1	46.6	76.3	38.2	19.1	199.2

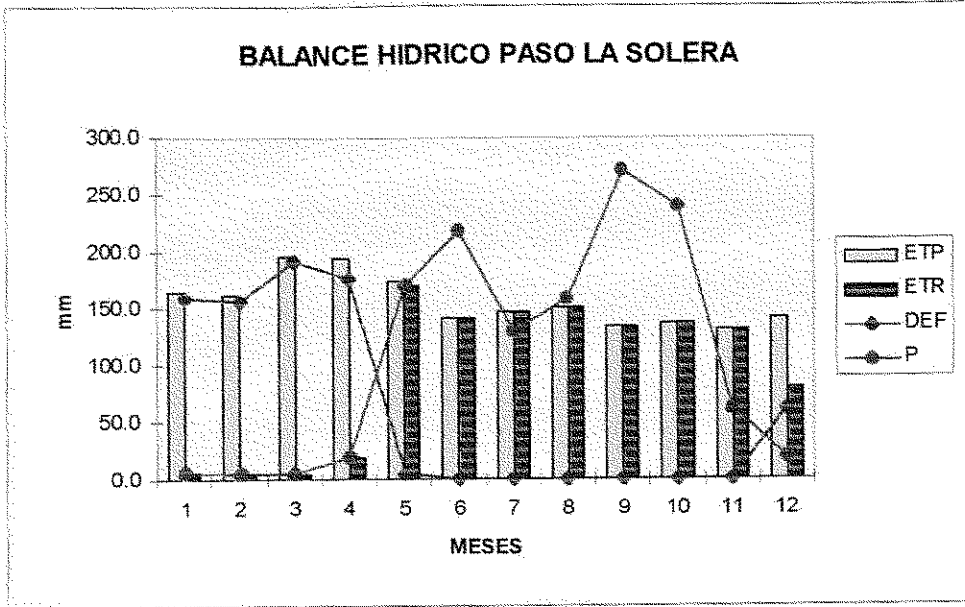
## BALANCE HIDRICO. PERFIL N. 2

El Jicarito

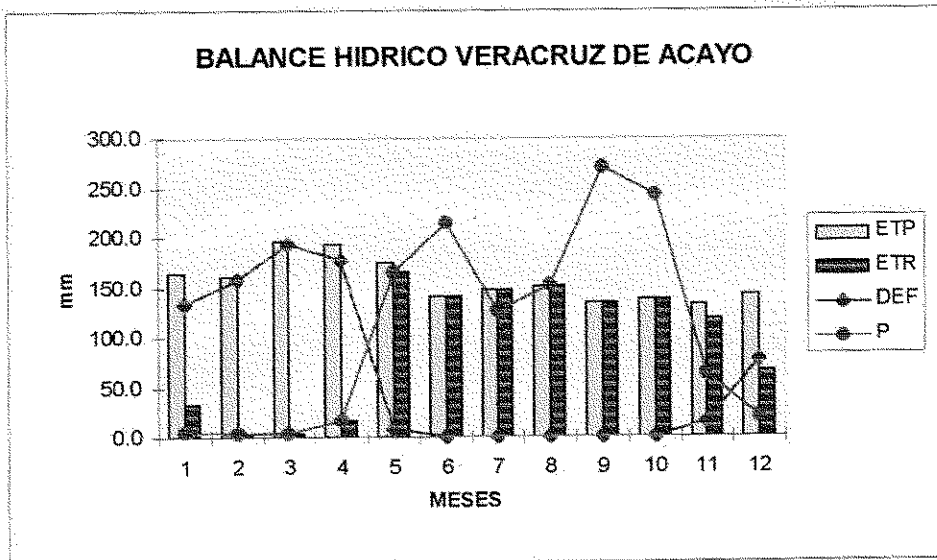
CRAD = 19.2 mm

	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	ANUAL
P	5.0	4.0	3.0	17.0	169.0	214.0	126.0	153.0	267.0	240.0	63.0	18.0	1279.0
ETP	164.0	161.0	196.0	194.0	175.0	141.0	147.0	151.0	134.0	137.0	132.0	142.0	1874.0
P-ETP	-159.0	-157.0	-193.0	-177.0	-6.0	73.0	-21.0	2.0	133.0	103.0	-69.0	-124.0	-595.0
PPA	-352.0	-509.0	-702.0	-879.0	-885.0	0.0	-21.0	0.0	0.0	0.0	-69.0	-193.0	
RES	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	19.2	6.2	8.2	19.2	19.2	0.5	0.0	
VRES	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	19.2	-13.0	2.0	11.0	0.0	-18.7	-0.5	
ETR	5.0	4.0	3.0	17.0	169.0	141.0	139.0	151.0	134.0	137.0	81.7	18.5	1000.2
DEF	159.0	157.0	193.0	177.0	6.0	0.0	8.0	0.0	0.0	0.0	50.3	123.5	873.8
EXC	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	53.8	0.0	0.0	122.0	103.0	0.0	0.0	278.8
DRE	10.5	5.2	2.6	1.3	0.7	27.2	13.6	6.8	64.4	83.7	41.8	20.9	278.8

5c. Perfil No. 4 Paso La Solera (Udic argiustolls) Orden Mollisols



5d. Perfil No. 5 Veracruz de Acayo (Fluventic eutrocrepts) Orden Inceptisols



## BALANCE HIDRICO. PERFIL N. 3

La Chonca

CRAD = 125.8 mm

	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D ANUAL	
P	6.0	5.0	4.0	18.0	174.0	222.0	130.0	158.0	267.0	240.0	62.0	19.0	1305.0
ETP	164.0	161.0	196.0	194.0	175.0	141.0	147.0	151.0	134.0	137.0	132.0	142.0	1874.0
P-ETP	-158.0	-156.0	-192.0	-176.0	-1.0	81.0	-17.0	7.0	133.0	103.0	-70.0	-123.0	-569.0
PPA	-351.0	-507.0	-699.0	-875.0	0.0	81.0	0.0	7.0	140.0	243.0	-70.0	-193.0	
RES	0.0	0.0	0.0	0.0	-1.0	80.0	63.0	70.0	125.8	125.8	70.7	25.7	
VRES	-25.7	0.0	0.0	0.0	-1.0	81.0	-17.0	7.0	55.8	0.0	-55.1	-45.0	
ETR	31.7	5.0	4.0	18.0	175.0	141.0	147.0	151.0	134.0	137.0	117.1	64.0	1124.8
DEF	132.3	156.0	192.0	176.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	14.9	78.0	749.2
EXC	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	77.2	103.0	0.0	0.0	180.2
DRE	8.9	4.4	2.2	1.1	0.6	0.3	0.1	0.1	38.6	70.8	35.4	17.7	180.2

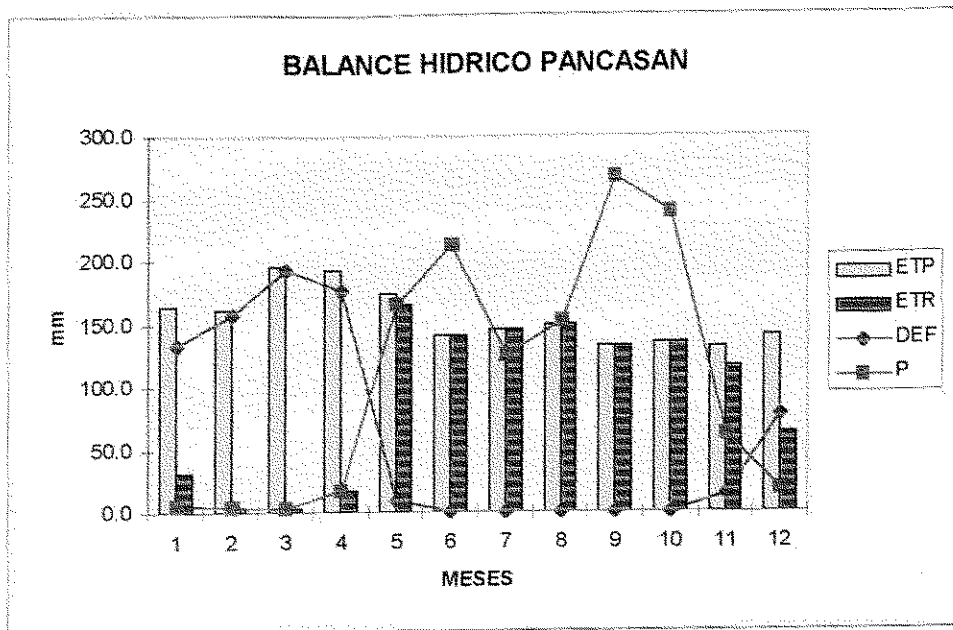
## BALANCE HIDRICO. PERFIL N.4

Paso La Solera

CRAD = 131.8 mm

	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D ANUAL	
P	6.0	5.0	4.0	18.0	170.0	218.0	130.0	158.0	271.0	240.0	62.0	19.0	1301.0
ETP	164.0	161.0	196.0	194.0	175.0	141.0	147.0	151.0	134.0	137.0	132.0	142.0	1874.0
P-ETP	-158.0	-156.0	-192.0	-176.0	-5.0	77.0	-17.0	7.0	137.0	103.0	-70.0	-123.0	-573.0
PPA	-351.0	-507.0	-699.0	-875.0	-880.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-70.0	-193.0	
RES	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	77.0	60.0	67.0	131.8	131.8	61.0	0.0	
VRES	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	77.0	-17.0	7.0	64.8	0.1	-70.8	-61.0	
ETR	6.0	5.0	4.0	18.0	170.0	141.0	147.0	151.0	134.0	137.0	132.0	80.0	1125.0
DEF	158.0	156.0	192.0	176.0	5.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	62.0	749.0
EXC	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	72.3	103.0	0.0	0.0	175.2
DRE	8.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	36.1	69.5	34.8	17.4	166.5

## 5e. Perfil No. 6 Pancasán (Udic haplustalf) Orden Alfisols



## BALANCE HIDRICO. PERFIL N. 5

Veracruz de Acayo

CRAD = 127.9 mm

	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D ANUAL	
P	5.0	4.0	3.0	17.0	166.0	214.0	126.0	153.0	271.0	243.0	63.0	19.0	1284.0
ETP	164.0	161.0	196.0	194.0	175.0	141.0	147.0	151.0	134.0	137.0	132.0	142.0	1874.0
P-ETP	-159.0	-157.0	-193.0	-177.0	-9.0	73.0	-21.0	2.0	137.0	106.0	-69.0	-123.0	-590.0
PPA	-351.0	-508.0	-701.0	-878.0	-887.0	0.0	-21.0	0.0	0.0	0.0	-69.0	-192.0	
RES	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	73.0	52.0	54.0	127.9	127.9	73.1	27.0	
VRES	-27.0	0.0	0.0	0.0	0.0	73.0	-21.0	2.0	73.9	0.0	-54.8	-46.1	
ETR	32.0	4.0	3.0	17.0	166.0	141.0	147.0	151.0	134.0	137.0	117.8	65.1	1114.9
DEF	132.0	157.0	193.0	177.0	9.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	14.2	76.9	759.2
EXC	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	63.2	106.0	0.0	0.0	169.2
DRE	8.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	31.6	68.8	34.4	17.2	160.6

## BALANCE HIDRICO. PERFIL N. 6

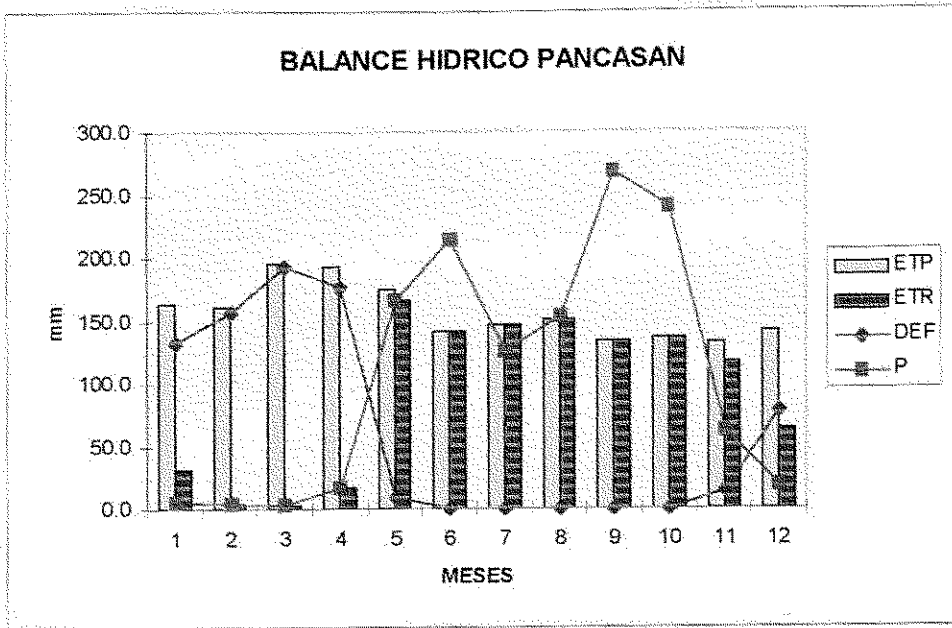
Pancasan

CRAD = 120.9 mm

	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D ANUAL	
P	5.0	4.0	3.0	17.0	166.0	214.0	126.0	153.0	267.0	240.0	62.0	18.0	1275.0
ETP	164.0	161.0	196.0	194.0	175.0	141.0	147.0	151.0	134.0	137.0	132.0	142.0	1874.0
P-ETP	-159.0	-157.0	-193.0	-177.0	-9.0	73.0	-21.0	2.0	133.0	103.0	-70.0	-124.0	-599.0
PPA	-353.0	-510.0	-703.0	-880.0	-889.0	0.0	-21.0	0.0	0.0	0.0	-70.0	-194.0	
RES	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	73.0	52.0	54.0	127.9	127.9	72.5	26.5	
VRES	-26.5	0.0	0.0	0.0	0.0	73.0	-21.0	2.0	73.9	0.0	-55.4	-46.0	
ETR	31.5	4.0	3.0	17.0	166.0	141.0	147.0	151.0	134.0	137.0	117.4	64.0	1112.9
DEF	132.5	157.0	193.0	177.0	9.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	14.6	78.0	761.2
EXC	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	59.2	103.0	0.0	0.0	162.2
DRE	8.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	29.6	66.3	33.1	16.6	153.9



5e. Perfil No. 6 Pancasán (Udic haplustalf) Orden Alfisols



## BALANCE HIDRICO. PERFIL N. 5

Veracruz de Acayo

CRAD = 127.9 mm

	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D ANUAL	
P	5.0	4.0	3.0	17.0	166.0	214.0	126.0	153.0	271.0	243.0	63.0	19.0	1284.0
ETP	164.0	161.0	196.0	194.0	175.0	141.0	147.0	151.0	134.0	137.0	132.0	142.0	1874.0
P-ETP	-159.0	-157.0	-193.0	-177.0	-9.0	73.0	-21.0	2.0	137.0	106.0	-69.0	-123.0	-590.0
PPA	-351.0	-508.0	-701.0	-878.0	-887.0	0.0	-21.0	0.0	0.0	0.0	-69.0	-192.0	
RES	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	73.0	52.0	54.0	127.9	127.9	73.1	27.0	
VRES	-27.0	0.0	0.0	0.0	0.0	73.0	-21.0	2.0	73.9	0.0	-54.8	-46.1	
ETR	32.0	4.0	3.0	17.0	166.0	141.0	147.0	151.0	134.0	137.0	117.8	65.1	1114.9
DEF	132.0	157.0	193.0	177.0	9.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	14.2	76.9	759.2
EXC	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	63.2	106.0	0.0	0.0	169.2
DRE	8.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	31.6	68.8	34.4	17.2	160.6

## BALANCE HIDRICO. PERFIL N. 6

Pancasan

CRAD = 120.9 mm

	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D ANUAL	
P	5.0	4.0	3.0	17.0	166.0	214.0	126.0	153.0	267.0	240.0	62.0	19.0	1275.0
ETP	164.0	161.0	196.0	194.0	175.0	141.0	147.0	151.0	134.0	137.0	132.0	142.0	1874.0
P-ETP	-159.0	-157.0	-193.0	-177.0	-9.0	73.0	-21.0	2.0	133.0	103.0	-70.0	-124.0	-599.0
PPA	-353.0	-510.0	-703.0	-880.0	-889.0	0.0	-21.0	0.0	0.0	0.0	-70.0	-194.0	
RES	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	73.0	52.0	54.0	127.9	127.9	72.5	26.5	
VRES	-26.5	0.0	0.0	0.0	0.0	73.0	-21.0	2.0	73.9	0.0	-55.4	-46.0	
ETR	31.5	4.0	3.0	17.0	166.0	141.0	147.0	151.0	134.0	137.0	117.4	64.0	1112.9
DEF	132.5	157.0	193.0	177.0	9.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	14.6	78.0	761.2
EXC	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	59.2	103.0	0.0	0.0	162.2
DRE	8.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	29.6	66.3	33.1	16.6	153.9

## Anexo 6. Cuantificación de Hidrología Superficial

ESTACION: NANDAIME  
 CALCULO DE PRECIPITACIONES MAXIMAS

	p max	X-AVG		p max	N/M+1
	104.1	-17.282	1	63.8	0.0263
	63.8	-45.727	2	64.3	0.0526
	145.8	36.273	3	66.5	0.0789
	101.6	-7.927	4	66.8	0.1053
	90.2	-19.327	5	66.8	0.1316
	132.1	22.573	6	78.5	0.1579
	66.8	-42.727	7	78.6	0.1842
	103.9	-5.627	8	80.0	0.2105
	66.8	-42.727	9	87.5	0.2368
	106.2	-3.327	10	89.9	0.2632
	89.9	-19.627	11	90.2	0.2895
	130.3	20.773	12	90.5	0.3158
	119.5	9.97297	13	94.6	0.3421
	120.2	10.673	14	96.1	0.3684
	106	-3.527	15	98.9	0.3947
	96.1	-13.427	16	101.6	0.4211
	94.6	-14.927	17	103.9	0.4474
	243.7	134.173	18	103.9	0.4737
	66.5	-43.027	19	104.1	0.5000
	78.6	-30.927	20	104.8	0.5263
	64.3	-45.227	21	106.0	0.5526
	117.3	7.77297	22	106.2	0.5789
	98.9	-10.627	23	107.2	0.6053
	117	7.47297	24	107.6	0.6316
	80	-29.527	25	117.0	0.6579
	107.2	-2.327	26	117.3	0.6842
	127	17.473	27	119.5	0.7105
	87.5	-22.027	28	120.2	0.7368
	134.7	25.173	29	127.0	0.7632
	201.7	92.173	30	130.3	0.7895
	78.5	-31.027	31	132.1	0.8158
	107.6	-1.927	32	134.7	0.8421
	103.9	-5.627	33	144.6	0.8684
	104.8	-4.727	34	145.8	0.8947
	160.3	50.773	35	160.3	0.9211
	144.6	35.073	36	201.7	0.9474
	90.5	-19.027	37	243.7	0.9737
MEDIA	109.527	-1666.2			
DESVTIP	36.2403	-0.0014	COEFASIM		

PARAMETROS GUMBEL		F(X)	T(Años)	y	X(mm/24h)	INT(mm/h)
ALFA =	28.2584	0.5000	2.0	0.4	103.6	4.3
U =	93.2175	0.8000	5.0	1.5	135.6	5.7
		0.9000	10.0	2.3	156.8	6.5
		0.9333	15.0	2.7	168.8	7.0
		0.9600	25.0	3.2	183.6	7.6
		0.9800	50.0	3.9	203.5	8.5
		0.9900	100.0	4.6	223.2	9.3

### INTENSIDADES PARA DURACIONES MENORES DE 24 HORAS

T (AÑOS)	(mm/h)								
	24H	12H	6H	5H	4H	3H	2H	1H	0.5H
2.0	4.3	7.3	12.1	13.9	16.3	20.1	27.1	44.9	74.4
5.0	5.7	9.6	15.9	18.1	21.4	26.4	35.4	58.8	97.5
10.0	6.5	11.1	18.4	21.0	24.7	30.5	41.0	67.9	112.7
15.0	7.0	11.9	19.8	22.6	26.6	32.8	44.1	73.1	121.3
25.0	7.7	13.0	21.5	24.6	28.9	35.7	48.0	79.6	132.0
50.0	8.5	14.4	23.8	27.2	32.0	39.5	53.2	88.2	146.2
100.0	9.3	15.8	26.1	29.9	35.2	43.4	58.3	96.7	160.4

### PRECIPITACIONES TOTALES PARA DISTINTAS DURACIONES(mm)

T (AÑOS)	DURACIONES(mm)								
	24H	12H	6H	5H	4H	3H	2H	1H	0.5H
2.0	103.6	87.8	72.8	69.3	65.3	60.4	54.1	44.9	37.2
5.0	135.6	114.9	95.3	90.7	85.4	79.1	70.9	58.8	48.7
10.0	156.8	132.9	110.2	104.9	98.8	91.4	81.9	67.9	56.4
15.0	168.8	143.1	118.6	112.9	106.3	98.4	88.2	73.1	60.7
25.0	183.6	155.8	129.1	122.9	115.7	107.0	95.9	79.6	66.0
50.0	203.5	172.5	143.0	136.2	128.2	118.6	106.3	88.2	73.1
100.0	223.2	189.2	156.9	149.4	140.6	130.1	116.6	96.7	80.2

## AGUACEROS DE CALCULO

### Precipitación acumulada para distintos periodos de retorno (mm)

T(años)	Duración del aguacero (h)					
	1	2	3	4	5	6
2	4.1	10.3	55.2	64.4	69.3	72.8
5	5.3	13.5	72.3	84.4	90.7	95.3
10	6.1	15.6	83.6	97.5	104.9	110.2
15	6.6	16.8	89.9	105.0	112.9	118.6
25	7.2	18.3	97.8	114.2	122.9	129.1
50	8.0	20.3	108.4	126.6	136.2	143.0
100	8.7	22.2	118.9	138.9	149.4	156.9

### Precipitación en cada intervalo para distintos periodos de retorno (mm)

T(años)	Duración del aguacero (h)					
	1	2	3	4	5	6
2	4.1	6.3	44.9	9.2	4.9	3.5
5	5.3	8.2	58.8	12.1	6.4	4.6
10	6.1	9.5	67.9	14.0	7.4	5.3
15	6.6	10.2	73.1	15.1	7.9	5.7
25	7.2	11.1	79.6	16.4	8.6	6.2
50	8.0	12.3	88.2	18.1	9.6	6.9
100	8.7	13.5	96.7	19.9	10.5	7.5

## Anexo 6.1 Cálculo de Escorrentías Diarias Reales.

**CUENCA:** Río ACAYO **Superficie** 34.73 km<sup>2</sup>

Hum.Ant.	NC	S' (mm)	0.2 S' (mm)
I	70.0	108.9	21.8
II	85.0	44.8	9.0
III	97.0	7.9	1.6

**Año Húmedo**

**1988** **ESCORRENTIA TOTAL = 1315.2 mm = 45678287 m<sup>3</sup>**

Fecha	Hum.Ant.	S' (mm)	P (mm)	ESC (mm)
17-May	II	44.8	69.0	34.4
19-May	III	7.9	20.0	12.9
28-May	III	7.9	122.7	113.8
29-May	III	7.9	19.4	12.4
31-May	III	7.9	12.1	6.0
11-Jun	II	44.8	51.0	20.3
12-Jun	III	7.9	49.8	41.5
13-Jun	III	7.9	44.9	36.7
14-Jun	III	7.9	18.9	11.9
18-Jun	III	7.9	44.5	36.3
19-Jun	III	7.9	25.8	18.3
20-Jun	III	7.9	36.2	28.2
22-Jun	III	7.9	17.8	10.9
24-Jun	III	7.9	98.0	89.2
25-Jun	III	7.9	34.4	26.5
26-Jun	III	7.9	12.7	6.5
27-Jun	III	7.9	3.2	0.3
5-Jul	III	7.9	35.0	27.1
6-Jul	III	7.9	13.8	7.4
7-Jul	III	7.9	9.3	3.8
14-Jul	II	44.8	15.9	0.9
24-Jul	II	44.8	11.1	0.1
25-Jul	I	44.8	1.0	1.7
2-Aug	II	44.8	29.2	6.3
11-Aug	II	44.8	28.3	5.8
15-Aug	III	7.9	37.2	29.2
21-Aug	II	44.8	14.3	0.6
22-Aug	III	7.9	34.5	26.6
24-Aug	III	7.9	9.8	4.2
25-Aug	III	7.9	40.9	32.8

26-	Aug	III	7.9	27.1	19.5
27-	Aug	III	7.9	36.0	28.0
10-	Sep	III	7.9	26.8	19.2
11-	Sep	III	7.9	25.8	18.3
12-	Sep	III	7.9	11.9	5.9
13-	Sep	III	7.9	40.1	32.0
14-	Sep	III	7.9	32.9	25.0
19-	Sep	III	7.9	9.7	4.1
20-	Sep	III	7.9	43.9	35.7
22-	Sep	III	7.9	40.1	32.0
26-	Sep	II	44.8	27.1	5.2
27-	Sep	III	7.9	36.0	28.0
28-	Sep	III	7.9	74.0	65.3
1-	Oct	III	7.9	62.2	53.7
2-	Oct	III	7.9	11.4	5.5
3-	Oct	III	7.9	47.1	38.8
4-	Oct	III	7.9	17.4	10.6
5-	Oct	III	7.9	19.4	12.4
9-	Oct	III	7.9	11.6	5.6
9-	Oct	III	7.9	12.7	6.5
10-	Oct	III	7.9	201.7	192.6
11-	Oct	II	44.8	48.5	18.5
12-	Oct				
16-	Nov				

Año seco:

1976 ESCORRENTIA TOTAL 260.8 mm = 9057067 m3

Fecha	Hum. Ant.	S' (mm)	P (mm)	ESC (mm)
8- Jun	II	44.8	29.0	6.2
10- Jun	III	7.9	14.5	8.0
11- Jun	III	7.9	34.8	26.9
12- Jun	III	7.9	15.9	9.3
26- Jun	III	7.9	36.7	28.7
4- Jul	III	7.9	66.5	57.9
27- Sep	II	44.8	36.1	10.2
10- Oct	III	7.9	34.4	26.5
12- Oct	III	7.9	9.0	3.6
16- Oct	III	7.9	44.3	36.1
30- Oct	III	7.9	55.8	47.4

Año Medio:

1984

ESCORRENTIA TOTAL = 853.9 mm = 29657311 m3

Fecha	Hum.Ant.	S' (mm)	P(mm)	R(mm)
23-May	II	44.8	26.4	4.9
26-May	III	7.9	21.1	13.9
27-May	III	7.9	58.5	50.0
28-May	III	7.9	76.2	67.5
31-May	III	7.9	12.4	6.3
2-Jun	III	7.9	27.1	19.5
3-Jun	III	7.9	42.1	33.9
4-Jun	III	7.9	11.9	5.9
12-Jun	III	7.9	12.8	6.6
13-Jun	III	7.9	52.9	44.5
16-Jun	III	7.9	3.4	0.3
17-Jun	III	7.9	58.0	49.5
5-Jul	I	108.9	7.7	2.1
6-Jul	II	44.8	86.2	48.9
10-Jul	III	7.9	2.4	0.1
21-Jul	III	7.9	49.6	41.3
22-Jul	III	7.9	47.3	39.0
31-Jul	III	7.9	11.7	5.7
1-Aug	III	7.9	59.2	50.7
19-Aug	III	7.9	20.0	12.9
20-Aug	III	7.9	4.9	1.0
21-Aug	III	7.9	24.0	16.6
22-Aug	III	7.9	10.2	4.5
28-Aug	III	7.9	27.5	19.9
1-Sep	III	7.9	23.8	16.4
7-Sep	III	7.9	35.1	27.2
8-Sep	III	7.9	12.1	6.0
10-Sep	III	7.9	10.0	4.4
11-Sep	III	7.9	17.1	10.3
14-Sep	III	7.9	18.3	11.4
15-Sep	III	7.9	33.7	25.8
21-Sep	III	7.9	11.9	5.9
22-Sep	I	108.9	1.5	4.6
24-Sep	III	7.9	107.2	98.3
25-Sep	III	7.9	15.7	9.1
4-Oct	III	7.9	47.9	39.6
5-Oct	III	7.9	23.1	15.8
27-Oct	III	7.9	25.3	17.8
28-Oct	III	7.9	14.4	8.0
1-Nov	III	7.9	14.1	7.7



## Anexo 7 Calidad del Agua.

## 7.1. RESULTADOS DE ANÁLISIS DE LABORATORIO DE AGUA

VARIABLES	PUNTOS DE MUESTREOS			
	Cerro El Jarro	San José de los Remates	Aguas Calientes	Veracruz
<b>Físicas</b>				
pH	8.17	8.65	8.57	8.43
Turbidez	<1.0 UNT	<1.0 UNT	1.30 UNT	2.10 UNT
Sólidos totales disueltos	342.8mg/l	400.2mg/l	385.3mg/l	1706.5mg/l
<b>Químicas</b>				
Calcio	30.46mg/l	38.07mg/l	48.74mg/l	59.39mg/l
Magnesio	15.69	27.24	18.47	66.02
Sodio	42.80	25.40	25.40	428.00
Potasio	0.60	1.10	1.70	18.00
Nitratos	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05
Sulfatos	16.24	8.57	3.11	98.03
Cloruros	16.19	12.77	14.91	704.65
Fluoruros	0.38	0.19	0.22	0.33
Carbonatos	19.2	30.72	24.96	34.56
Bicarbonatos	201.12	255.79	247.01	296.8
Balance Ionico	0.40%	4.30%	2.50%	0.80%
Dureza total	140.5	103.5	1.97	419.8
Alcalinidad total	196.75	260.7	243.93	300.7
Nitritos	0.003	0.006	0.009	0.006
Sílice	94.09	57.94	71.09	49.64
Hierro total	0.08	0.37	0.36	0.33
Fósforo total	0.05	0.16	0.32	0.26
Nitrógeno		0.028	0.141	0.192
<b>Bacteriológicas</b>				
Coliformes fecales	900	240	1600	4300
<b>NMP/100ml</b>				
Número Más Probable en 100ml de muestra.				

## 7.2. Importancia de las variables medidas. (Estrada, 1986)

Variable	Importancia
DBO	Es una medida de oxígeno requerido para la estabilización biológica de la materia orgánica en un intervalo de tiempo.
FOSFATOS	Influye sobre los procesos de productividad acuática.
Cloruros	Un alto contenido de Cloruros hace indispensable el uso del agua para fines domésticos.
Sodio	Es un indicador de la mineralización.
Nitrato	Altas concentraciones de este elemento puede ser nocivo para la salud.
Nitrito	Puede tener un efecto perjudicial sobre la salud, sobretodo si se trata de niños.
Amonio	Indica una degradación incompleta de la materia orgánica.
PH	Mide la acidez o alcalinidad del agua.
Temperatura	Influye en el proceso de autodepuración del agua.
Conductividad	Nos permite conocer de una forma rápida y global la mineralización del agua.
Turbidez	Es el índice óptico del sedimento en suspensión y presencia de bacterias.
Sólidos totales	Concentración de minerales disueltos en el agua (limo, arena, arcilla)
Coliformes fecales	Tiene una relación directa con la contaminación de aguas por materiales fecales.
Coliformes totales	fecales.

## 7.3. Calidad de las Fuentes de Agua

Promedios	Excelente	Buena	Mala	Rechazable
DBO mg/l	0.75 a 1.5	1.5 a 2.5	2.5 a 4	>4
Coliformes 100 ml	50 a 100	100 a 5000	5000 a 20,000	>20,000
PH	6.5 a 8.5	5 a 6 8.5 a 9	3.8 a 5 9 a 10.3	<3.8 >10.3
Cloruros (mg/l)	<50	50 a 250	250 a 600	>600
Fluoruros (mg/l)	<1.5	1.5 a 3	>3	-

Según FAO, O.M.S (1992) citado por Mendoza (1996).

## Anexo 8 Actividades del Proceso Metodológico

ACTIVIDADES	DESCRIPCIÓN	TIEMPO DE EJECUCIÓN
Pre-campo		
Recopilación de información básica	Recopilación de informes y mapas de estudios anteriores relacionados con la Cuenca del Río Acayo suelos, clima, topografía, zonas de vida, etc.	30 días
Fotointerpretación	Interpretación de los diferentes elementos de las fotografías aéreas. Preparación de mapas a partir de fotointerpretación de unidades fisiográficas, suelos, uso actual.	15 días
Trabajo de campo	Trazado de transectos en el área de estudio. Comprobación de fotointerpretación. Chequeo de campo mediante observaciones detalladas de barrenadas y perfiles de los suelos del área. Comprobación del uso de la tierra. Descripción de perfiles representativos y recolección de muestras de suelos.	20 días
Trabajo de Post-campo	Restitución de la información Revisión de mapas e integración de nuevos elementos. Procesamiento de imágenes en SIG. Edición de Mapas e Informe Preliminar.	60 días