

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA**  
**FACULTAD DE RECURSOS NATURALES Y DEL AMBIENTE**

76

**Trabajo de Diploma**

*/"Diagnóstico Físico-Conservacionista  
de la Subcuenca III de la Cuenca Sur del Lago de  
Managua" /*

**Autor (as): Bra. Esmlisse Josefa Obregón Acevedo  
Bra. Mayling Eugenia Polanco Torrez**

**Asesor : Ing. Jairo Morales Mendoza**

**Managua, Nicaragua 1999**



**PANORAMICA DEL ESTRATO INFERIOR  
DE LA PARTE ALTA DE LA SUBCUENCA III DE LA CUENCA SUR  
DEL LAGO DE MANAGUA**

## INDICE GENERAL

	<b>Página</b>
Indice de cuadros .....	iv
Indice de figuras .....	vi
Indice de anexos .....	vi
Indice de mapas .....	vii
Resumen .....	viii
Summary .....	ix
Dedicatoria .....	x
Agradecimiento .....	xii

### CAPITULO

<b>I. INTRODUCCION</b> .....	1
<b>II. OBJETIVOS</b> .....	2
2.1. Objetivos Generales .....	2
2.2. Objetivos Específicos .....	2
<b>III. HIPOTESIS</b> .....	3
<b>IV. REVISION DE LITERATURA</b> .....	4
4.1. Concepto de cuenca hidrográfica .....	4
4.2. Degradación y rehabilitación de cuencas hidrográficas .....	4
4.3. Manejo de cuencas hidrográficas .....	5
4.4. Gestión ambiental para el manejo de cuencas .....	6
4.5. Plan de manejo de una cuenca .....	7
4.6. Entidad u organismo de gestión de cuenca .....	8
4.7. Estudios de cuencas realizados en Nicaragua .....	8
4.8. Degradación de suelos .....	10
4.8.1. Factores causantes de la Erosión de Suelos en los cultivos de Maíz y Piña .....	11
4.9. Diagnóstico Físico Conservacionista (DFC) .....	11
4.10. Metodología de levantamiento de erosión actual (fotointerpretación) .....	13

## **V. MATERIALES Y METODOS**

5.1. Descripción del área de estudio .....	15
5.1.1. Localización .....	15
5.1.2. Clima .....	17
5.1.3. Geología .....	18
5.1.4. Geomorfología .....	19
5.1.5. Suelos .....	19
5.1.6. Vegetación .....	20
5.1.7. Aspectos socioeconómicos .....	21
5.2. Metodología .....	23
5.2.1. Niveles y escalas .....	23
5.2.2. Fórmula descriptiva .....	24
5.2.3. Procedimiento para determinar los factores de la fórmula descriptiva .....	26
5.2.3.1. Factor climático (CO, E, S).....	26
5.2.3.2. Factor relieve (D).....	30
5.2.3.3. Factor geología (L, R, e) .....	31
5.2.3.4. Factor cobertura vegetal actual (V) .....	34
5.2.4. Interpretación de la fórmula descriptiva .....	37
<b>VI. RESULTADOS</b> .....	39
6.1. Factor climático .....	39
6.1.1. Cobertura vegetal original.....	39
6.1.2. Erosión potencial .....	41
6.2. Factor relieve .....	46
6.3. Factor geología .....	48
6.3.1. Tipo y disgregabilidad de la roca .....	49
6.3.2. Cobertura actual del proceso erosivo .....	50
6.4. Factor cobertura vegetal actual .....	53
6.5. Interpretación de la fórmula descriptiva .....	58
6.6. Curva representativa de la fórmula descriptiva .....	66
6.7. Orden de prioridad .....	67

<b>VII. DISCUSIONES Y CONCLUSIONES</b> .....	69
<b>VIII. RECOMENDACIONES</b> .....	73
<b>IX. BIBLIOGRAFÍA</b> .....	75
<b>X. ANEXOS</b> .....	79

## INDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Grado de semejanza existente entre la cobertura vegetal original y la cobertura vegetal actual.....	27
Cuadro 2. Clasificación de la degradación de suelos causada por erosión hídrica y símbolo de erosión potencial.....	29
Cuadro 3. Simbología utilizada para la caracterización del relieve.....	31
Cuadro Sinóptico 1. Clasificación de estructuras litológicas.....	32
Cuadro 4. Susceptibilidad a la erosión de las diferentes formaciones geológicas de la subcuenca.....	33
Cuadro 5. Simbología de porcentaje afectado por erosión.....	34
Cuadro 6. Símbolos utilizados para el índice de protección total que brinda la vegetación.....	35
Cuadro 7. Simbología e índice de protección para diferentes coberturas vegetales.....	36
Cuadro 8. Valores mínimos y máximos de los parámetros de la fórmula descriptiva.....	38
Cuadro 9. Resultados del parámetro cobertura vegetal original a nivel altitudinal y de microcuencas.....	40
Cuadro 10. Precipitación media anual y área de influencia de las estaciones meteorológicas ubicadas en la subcuenca III.....	41
Cuadro 11. Valor del coeficiente de Fournier para las tres estaciones meteorológicas que tienen influencia en la subcuenca III.....	42
Cuadro 12. Erosión potencial a nivel altitudinal y de microcuencas de la subcuenca III.....	43
Cuadro 13. Caracterización del relieve por rangos de pendientes a nivel altitudinal y de microcuencas.....	46
Cuadro 14. Tipo y erodabilidad de la roca a nivel altitudinal y de microcuencas.....	49
Cuadro 15. Porcentaje y formas del proceso de erosión actual a nivel altitudinal y de microcuencas.....	51

Cuadro 16. Cálculo del índice de protección total que brinda la cobertura vegetal a nivel altitudinal.....	54
Cuadro 17. Cálculo del índice de protección total que brinda la cobertura vegetal a nivel de microcuencas.....	55
Cuadro 18. Síntesis de los valores del índice de protección total que brinda la cobertura vegetal a nivel altitudinal y de microcuencas.....	56
Cuadro 19. Parámetros de la fórmula descriptiva del diagnóstico físico conservacionista a nivel altitudinal.....	61
Cuadro 20. Parámetros de la fórmula descriptiva del diagnóstico físico conservacionista a nivel de microcuencas.....	65
Cuadro 21. Valores críticos y de unidad de riesgo de erosión a nivel altitudinal y de microcuencas.....	67
Cuadro 22. Orden de prioridad a nivel altitudinal y de microcuencas.....	68

## INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Comportamiento del parámetro Cobertura Vegetal Original .....	40
Figura 2. Comportamiento del parámetro Cobertura Vegetal Original .....	41
Figura 3. Comportamiento del parámetro Erosión Potencial .....	44
Figura 4. Comportamiento del parámetro Erosión Potencial .....	44
Figura 5. Climadiagrama de la estación Augusto Cesar Sandino .....	45
Figura 6. Comportamiento del parámetro Relieve .....	47
Figura 7. Comportamiento del parámetro Relieve .....	47
Figura 8. Comportamiento del parámetro cobertura actual de erosión .....	52
Figura 9. Comportamiento del parámetro cobertura actual de erosión .....	52
Figura 10. Comportamiento del parámetro cobertura vegetal actual .....	57
Figura 11. Comportamiento del parámetro cobertura vegetal actual .....	57
Figura 12. Curva representativa de la fórmula descriptiva .....	66
Figura 13. Fournier degradación .....	82

## INDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Descripción de la cobertura vegetal original de la subcuenca III .....	79
Anexo 2. Cobertura Vegetal actual de la subcuenca III .....	80
Anexo 3. Promedio de precipitación mensual (mm), período de registro 10 años (86-95), utilizados para el cálculo del coeficiente de Fournier .....	81
Anexo 4. Figura 13. de Coeficiente de Fournier degradación .....	82
Anexo 5. Datos climáticos de la estación Augusto Cesar Sandino, utilizados para la confección del climadiagrama .....	83
Anexo 6. Datos del valor crítico y de unidad de riesgo para elaborar la curva representativa de la fórmula descriptiva .....	83
Anexo 7. Diagrama de integración de diagnósticos .....	84

## INDICE DE MAPAS

Mapa 1. Ubicación geográfica de la subcuenca III.....	16
Mapa 2. Zonas de vida de la subcuenca III.....	85
Mapa 3. Subdivisión altitudinal de la subcuenca III.....	86
Mapa 4. Microcuencas de la subcuenca III.....	87
Mapa 5. Subdivisión altitudinal de la subcuenca III con sus respectivas fórmulas descriptivas .....	88
Mapa 6. Microcuencas que conforman la subcuenca III con sus respectivas fórmulas descriptivas .....	89

## RESUMEN

La Universidad Nacional Agraria (UNA), seleccionó la subcuenca III de la cuenca sur del Lago de Managua para realizar un Diagnóstico Físico-Conservacionista (DFC), el cual forma parte de siete diagnósticos que conforman el Diagnóstico Institucional Integrado (DII); con el propósito de determinar el estado de conservación o degradación de cada uno de los dos niveles; altitudinal (parte alta, media y baja) y microcuenca (seis), para realizar este estudio y priorizar los niveles con mayor grado de deterioro comparativo. Los resultados sirven para proponer acciones conservacionistas que solucionen la problemática de degradación encontrada. La metodología utilizada para realizar este diagnóstico contempla el uso de una fórmula descriptiva, en la cual se evalúan los factores clima, relieve, geología y vegetación. Esta fórmula define el proceso de deterioro de la subcuenca como una función y no como una simple ecuación, y es directamente proporcional a los factores que definen el clima y el relieve e inversamente proporcional a los factores geología y cobertura vegetal. La fórmula obtenida para cada nivel refleja el aspecto cualitativo del grado de degradación o conservación en que se encuentra el área de estudio; por tratarse de un estudio complementario se utilizó la información generada por los diagnósticos de vegetación y suelos realizados en esta unidad hidrológica.

El estudio determinó que la subcuenca alta se encuentra moderadamente deteriorada asignándosele el primer orden de prioridad por poseer un mayor grado de deterioro comparativo y en ella con mayor degradación las microcuencas "a", "b", "d" y "e", debido al alto porcentaje de la cobertura actual del proceso de erosión hídrica (90%), el relieve escarpado, suelos volcánicos susceptibles a la erosión hídrica, presencia de talpetate en la superficie y la reducción drástica de la cobertura vegetal afectada por la deforestación antropológica y emisión de gases provenientes del volcán Santiago esto conlleva a que el grado de protección que brinda la cobertura vegetal al suelo sea moderado. En la subcuenca media la microcuenca "f" ocupa la mayor parte del área, la cual se encuentra moderadamente deteriorada, de acuerdo al valor total de unidades de riesgo de erosión que presenta (23) se le confiere el segundo orden de prioridad debido a que los terrenos presentan pendientes pronunciadas que favorecen el proceso de erosión hídrica, las características de los suelos (poco profundos, de origen volcánico con moderada susceptibilidad a la erosión), así como el mal manejo a que estos han sido sometidos y las altas tasas de deforestación hacen que el grado de semejanza entre la cobertura vegetal original y actual sea bajo, por lo que la protección que la cobertura vegetal brinda al suelo es baja y el porcentaje de cobertura actual del proceso de erosión hídrica estimado es de 50%.

Los resultados del diagnóstico recomiendan que la promoción de prácticas de conservación de suelos y agua en la subcuenca necesita de la participación de las comunidades para incorporar los aspectos socioeconómicos al proceso de transferencia.

## SUMMARY

National Agrarian University of Nicaragua selected the sub basin III of the Managua Lake South Watershed to carry out observationist Diagnostic (DFC). This is part of seven diagnostics, which conform the integrated institutional diagnostics (DII). The DFC objective is to determine the state of conservation o degradation in each one of the altitudinal levels (upper, medium, and low part) and of the six microbasins that comprise the sub basin.

This study aid to give priority to the levels with the highest degree of a comparative deterioration. The results serve to take conservationist actions to solve degradation problems. The methodology employed is a descriptive formula where are evaluated the followin factors: climate, topography, geology and vegetation. This formula defines the deterioration process of the sub basin as a function not as a simple equation, and it is directly proportional to the factors that determine the climate and the topography is inversel to the geological and vegetal coverage factors. T value on the formula obtaired for each altitudinal level and microbasin reflects the condition of the degradation or conservation on that particular área. Because this is part of the DII the data used in the DFC was generates for the vegetation and soil diagnostics developed on the sub basin too.

The study determined that the upper part of the sub basin has a moderate degree of deterioration although it is considered of highest piroity because comparatively is the most deteriorated. In rlation to the micro basins the "a", "b", "d" and "e" have the same degree of degradation. The high percentage of present soil erosion (90%), a steep topography, volcanic soils susceptibles to water erosion, presence of a compact layer on the surface and a drastic reduction of the vegetative coverage which it is affected by deforestation and emission of gasses coming from the volcano Santiago, all of this leads to a scarce vegetative coverage that gives a moderate protection to the soils. In the medium sub basin the microbasin "f" has the largest part of the área, which has a moderated deterioration according to he value of erosion risk units (23) gives it the second rank of priority. This is due to the steep topography, soil characteristics ( shallow, volcanic soils with moderate susceptibility to erosion, high deforestation rate that makes similarity between original vegetation and present vegetation very low), there fore vegetative coverage is low (50%).

The results recommend promote soil and water conservation practices in the sub basin through encouraging the community participation in the extension process and incorporating social and economic issues.

## DEDICATORIA

A nuestro señor Jesús por concederme vida, salud y perseverancia para cumplir mis metas en el transcurso de mi vida

A mis padres Francisco Obregón Baltodano y Judith Acevedo Rivera, fundamentales en mi formación personal y profesional; que con sus esfuerzos, cariño y apoyo impulsaron el deseo de culminar este trabajo

A mis hermanas Iveth e Imara Obregón Acevedo con quienes he compartido muchos momentos importantes e inolvidables en el transcurso de mi vida

A mi tío, Manuel de Jesús Obregón, del cual he recibido su apoyo incondicional en toda mi vida

A mi abuelita materna (q.e.p.d.) Angela Rosa Acevedo a quien le guardo un cariño muy especial en mi corazón, por haberme brindado formación personal y del colegio

A mis compañeros (as) de clase por su solidaridad y brindarme una amistad durante los años de estudio en la universidad

A las personas, que con su cariño, comprensión, confianza y el apoyo incondicional que me brindaron, estimularon así el entusiasmo para cumplir mi meta

Esmilsse Obregón Acevedo

## **DEDICATORIA**

Por todo el apoyo brindado para la coronación de mi carrera

A mis padres : Pánfilo Polanco Mendoza y mi estandarte, mi madre Aurora Torrez de Polanco

A mis amados hijos: Pablo Alejandro y Maylling Eugenia Canales Polanco

A mis queridos hermanos, Maria del pilar, y Ramón Antonio

Maylling Polanco Torrez

## AGRADECIMIENTO

Agradecemos profundamente a nuestro creador por darnos la vida y orientar nuestras ideas

A la organización SIDA-SAREC, por el auspicio de este trabajo de investigación.

A la Dirección de Planificación, Extensión y Postgrado (DIEP) de la UNA por brindarnos la oportunidad de realizar este trabajo de investigación y en especial el apoyo brindado por su Director Ing. MSc. Carlos Ruiz y el que antecedió su cargo el Ph.D. Víctor Blandón

Al Ph.D. Bill Schaller, especialista en conservación de suelos; por sus aportes valiosos y recomendaciones en este trabajo de tesis

Al Ph.D. Roberto Michelena por haber brindado sus valiosos aportes de asesoramiento y revisión preliminar de esta tesis

A la Facultad de Recursos Naturales y del Ambiente por formarnos en los aspectos técnicos y científicos del campo agropecuario y especialmente al equipo docente del departamento de uso y manejo de suelo, que colaboró en el desarrollo y culminación de este trabajo, especialmente al Ing. Agrónomo Jairo Morales Mendoza por brindarnos su asesoría y al Ing. Carlos Zelaya Martínez por la edición e impresión de mapas

Al departamento de servicios estudiantiles de la UNA que dirige la Lic. Idalia Casco por su apoyo en la asignación de nuestras becas

A todos los que sin mencionarse de una u de otra forma apoyaron este trabajo de investigación.

Esmilse Josefa Obregón Acevedo

Maylling Eugenia Polanco Torrez

## I. INTRODUCCION

La Sub-cuenca III de la cuenca sur del Lago de Managua ocupa una posición geográfica estratégica e importante para el país. En ella se localiza el Aeropuerto internacional "Las Mercedes", Las zonas francas industriales, dos de los principales Hoteles del país e importantes centros de educación; atravesada en el norte y sur por la carretera panamericana y privilegiada por tener en su territorio una de las pocas reservas del pacífico de Nicaragua (El Chocoyero) de importancia turística. Predominan los cultivos no tradicionales, café uno de los principales rubros de exportación, Piña, Pitahaya, además cultivos anuales perennes y semi-perennes.

Zona con características climáticas, topográficas, geodafológicas y vegetación bien definidas en la que se práctica una agricultura con tecnología tradicional, carente de prácticas de conservación de suelos y aguas en su mayor área; esta situación ocasiona deterioro acelerado y progresivo del recurso suelo por efecto del escurrimiento superficial, incrementando significativamente el proceso de erosión hídrica, afectando la morfología de la red de drenaje natural y los sistemas de drenaje pluvial, provocando frecuentes inundaciones en la parte baja, traduciéndose en un deterioro ambiental y repercutiendo en la calidad de vida de los habitantes de la cuenca.

La Universidad Nacional Agraria (UNA), seleccionó la subcuenca III para realizar un Diagnóstico Físico Conservacionista (DFC), con el objetivo de evaluar y correlacionar el efecto de los factores: clima, relieve, geología y vegetación, para determinar el grado de conservación o degradación en cada uno de los dos niveles en que se subdividió esta subcuenca.

Los resultados obtenidos en esta tesis complementarán el Diagnóstico Institucional Integrado (DII) que posteriormente será utilizado por las instituciones gubernamentales y organismos no gubernamentales involucrados en la planificación y manejo integral de esta subcuenca, permitiéndoles definir prioridades de manejo sostenible de los recursos naturales.

## **II. OBJETIVOS**

### **2.1. GENERAL**

- Determinar el estado cualitativo de conservación o degradación de la subcuenca III de la cuenca sur del Lago de Managua, considerando los factores del clima, relieve, geología y cobertura vegetal y sistematizarlos en una fórmula descriptiva para visualizar en forma rápida su estado de deterioro.

### **2.2. ESPECIFICOS**

- Comparar y evaluar la situación de conservación y deterioro de la subcuenca III a nivel altitudinal y de microcuenca
- Determinar los factores más determinantes que ocasionan el deterioro de cada uno de los niveles (altitudinal y de microcuenca) para la subcuenca III.
- Establecer áreas prioritarias donde se promuevan prácticas de conservación de suelos y agua a lo inmediato.
- Recomendar alternativas de manejo sostenible a nivel altitudinal y de microcuenca.
- Realizar una valoración general de la metodología del diagnóstico físico-conservacionista.

### **III. HIPOTESIS**

- Con la metodología del diagnóstico físico conservacionista se logra determinar los factores más relevantes que ocasionan el deterioro de la subcuenca III de la cuenca sur del Lago de Managu, a nivel altitudinal y de microcuenca.
- Esta metodología establece ordenes de prioridad de acuerdo al grado de deterioro de los niveles de la subcuenca III.
- Las microcuencas más deterioradas son aquellas que presentan menor protección de cobertura vegetal y relieve más pronunciado.

## **IV. REVISION DE LITERATURA**

### **4.1. Concepto de cuenca hidrográfrica**

El CATIE (1996), define una cuenca hidrográfrica como el espacio de terreno limitado por las partes más altas de las montañas, laderas y colinas, en la que se desarrolla un sistema de drenaje superficial que concentra sus aguas hacia un río principal el que se integra al mar, lago u otro río más grande. Este espacio contiene diversidad de recursos naturales y puede delimitarse en una carta altimétrica, siguiendo la divisoria de las aguas. De acuerdo al grado de concentración de la red de drenaje, una cuenca hidrográfrica se puede dividir en unidades hidrológicas menores denominadas: subcuencas y microcuencas.

Una subcuenca es toda área que desarrolla su drenaje directamente al curso principal de la cuenca, varias subcuencas pueden conformar una cuenca; mientras que una microcuenca es toda área que desarrolla su drenaje directamente al curso principal de una subcuenca, varias microcuencas pueden conformar una subcuenca.

La cuenca hidrográfrica tradicionalmente definida como el espacio fisicobiótico bajo el concepto energético, actúa como un operador sistémico extremadamente complejo y fluctuante, en donde se generan un conjunto de fenómenos que se procesan mediante flujos energéticos y cambios de materia realizados dentro de su propio espacio (FAO, 1996).

### **4.2. Degradación y rehabilitación de una cuenca hidrográfrica**

La FAO 1992, define la degradación de una cuenca hidrográfrica, como la pérdida de valor en el tiempo, incluyendo el potencial productivo de tierras y agua, acompañadas de cambios pronunciados en el comportamiento hidrológico de un sistema fluvial que se traduce en una peor calidad, cantidad y regularidad en el tiempo, del caudal hídrico; la cual procede de los efectos recíprocos, de las

características fisiográficas, clima y uso inadecuado de las tierras, (destrucción indiscriminada de los bosques, cultivos inadecuados, alteración de suelos y pendientes por la minería, sobrepastoreo, construcción de caminos y la desviación, almacenamiento, transporte y utilización sin control del agua); ocasionando degradación ecológica acelerada, menores oportunidades económicas y mayores problemas sociales.

La degradación ambiental de una cuenca hidrográfica se concibe como la acción del agua en su expresión hidrocínética al modificar el paisaje, porque la aparición de fenómenos erosivos resulta ser de tal magnitud, que provoca una degradación intensa de la tierra y produce una modificación sustancial del régimen hidrológico (FAO, 1996).

El CATIE 1996, conceptualiza la rehabilitación de cuencas hidrográficas como un proceso para superar el estado de degradación de los recursos naturales en las cuencas; mediante la cual se propicia la intervención técnica en el medio biofísico relacionando los factores socioeconómicos, con el objetivo de contribuir al mejoramiento de la calidad de vida del hombre, basado en un proceso de mejoramiento de la condición de los recursos naturales.

#### **4.3. Manejo de cuencas hidrográficas**

Las acciones de manejo de cuencas se han realizado desde que el hombre ha utilizado los recursos naturales en función del agua. El CATIE 1996, afirma que el manejo de cuencas es una ciencia o arte que trata de lograr el uso apropiado de los recursos naturales en función de la intervención humana, propiciando al mismo tiempo la sostenibilidad, calidad de vida, desarrollo y equilibrio medio ambiental.

El manejo de cuencas requiere de una movilización social para crear las condiciones de continuidad y sostenimiento, en otras palabras para crear el "poder social". En este sentido la finca es la unidad de intervención y manejo y la cuenca la unidad de análisis y planificación para ordenar, conocer las potencialidades y evaluar los impactos.

Para realizar esta actividad es preciso enmarcar las acciones de la cuenca dentro de los planes de desarrollo regional y zonal, contemplar la protección necesaria y los beneficios posibles a los pobladores que habitan en la parte baja, para ello es necesario tener en cuenta que el aprovechamiento deberá realizarse en función de las potencialidades y limitaciones impuestas por la fragilidad natural de los ecosistemas montañosos y valorar la importancia estratégica de sus corrientes hídricas, tratando de lograr un manejo productivo, en forma permanente, que garantice la seguridad social, la integración económica y política justa de la cuenca con la región y el país.

Manejar una cuenca, significa actuar en forma coordinada sobre los recursos naturales de la misma con el fin de recuperarlos, protegerlos y en general conservarlos y a la vez ejercer un control sobre la descarga de agua captada por la cuenca en cantidad, calidad y tiempo.

Una cuenca está bien manejada si el agua de escorrentía de la misma viene, en promedio, sin un exceso de sedimentos con relación a las características geológicas de la cuenca y el cauce, y con relación a las actividades del hombre, si hay una buena filtración y flujo base y si el agua es en general de buena calidad y con regímenes normales de descarga para el tipo de cuenca que se trate. Esto se complementa si en la cuenca se establece claramente zonas de riesgo para el hombre y se toman medidas para prevenir, mitigar o evitar las situaciones negativas cuando su origen sea natural o inducida por el hombre.

#### **4.4. Gestión ambiental para el manejo de cuencas**

En todas las cuencas hidrográficas el hombre ejecuta diariamente miles de acciones. El hecho que ejecute dichas acciones no implica que se constituyan automáticamente en parte de un proceso de gestión a nivel de cuencas y menos que sean integradas. Para que formen parte de un proceso de gestión de cuencas deben ser previamente coordinadas entre sí considerando su efecto conjunto en la dinámica de la cuenca y en sus pobladores.

Para que el proceso de gestión a nivel de cuenca sea integrado deben ejecutarse acciones que permitan obtener beneficios tanto en el aspecto productivo como en el aspecto ambiental considerando el comportamiento de la cuenca. Además es necesario que el sistema de gestión permita que los usuarios participen en las decisiones con el fin de tender a la equidad.

La gestión de una cuenca se sustenta en la conjugación de dos grupos de acciones complementarias: un grupo de acciones orientadas a aprovechar los recursos naturales (usarlos, transformarlos, consumirlos) presentes en la cuenca para asistir al crecimiento económico, y otro grupo de acciones orientadas a manejarlos (conservarlos, recuperarlos, protegerlos) con el fin de tratar de asegurar una sustentabilidad del ambiente. Estos dos grupos de acciones deben ejecutarse con la participación de los actores, habitantes o con intereses en la cuenca, con el fin de tender hacia la equidad (Dourojeanni, 1994).

#### **4.5. Plan de manejo de una cuenca**

El plan de manejo de una cuenca hidrográfica es el resultado de un proceso de planificación que se traduce en un documento técnico en el que se plantean los problemas más significativos del área y el objetivo principal que se busca alcanzar con el ordenamiento y manejo de la misma, también se plasman los objetivos intermedios y las acciones necesarias a realizar para alcanzar el objetivo principal; la factibilidad económica, social, ambiental e institucional, el sistema de monitoreo y evaluación que garantizará el seguimiento y valoración permanente del avance de las acciones del proyecto; este deberá ser asumido en forma consciente y responsable por los gerentes, el personal operativo del proyecto y la población involucrada (FAO, 1993).

#### **4.6. Entidad u organismo de gestión de cuenca**

La dirección o gestión de acciones para alcanzar metas de diversos tipos dentro de una cuenca se realiza mediante entidades que adoptan nombres de corporaciones, agencias, asociaciones, comités u otros. El alcance de sus funciones depende de los objetivos que se le asignen: de desarrollo y gestión integral, de gestión de todos los recursos naturales o sólo de la gestión del agua.

Independientemente del nivel de cobertura que tenga la entidad deben abarcar tres aspectos fundamentales: ambiental, social y económico. Una entidad de cuenca, es un órgano de carácter institucional capaz de conducir ordenadamente acciones que tiendan a la gestión ambiental participativa de la misma.

La estructuración de una entidad de cuencas debe responder a las demandas de gestión que existan en cada cuenca en particular para prevenir o solucionar conflictos entre los usuarios, para el aprovechamiento del agua en forma compartida, así como para evitar o mitigar los efectos de fenómenos extremos.

#### **4.7. Estudios de cuencas realizados en Nicaragua**

En la década de los ochenta en el país se realizaron diferentes esfuerzos por ordenar el territorio nacional en consonancia con el desarrollo económico planificado, el marco de referencia utilizado fue la cuenca hidrográfica y el marco conceptual fue el ordenamiento y manejo de las mismas. La heterogeneidad en cuanto a la distribución espacial de las cuencas nacionales sumado al deterioro ambiental que las mismas presentaban dio origen a la priorización para definir cuales serian los primeros territorios a estudiar, para establecer las prioridades se regionalizó el país siguiendo criterios fundamentalmente hidrográficos y se identificaron 5 regiones y 33 cuencas hidrográficas operativas, los casos estudiados en orden cronológicos fueron: ordenamiento territorial integral en la microcuenca Monimbó, plan de ordenamiento y manejo de la cuenca sur del Lago de Managua, plan de ordenamiento y manejo de la cuenca alta y media del río Malacatoya y estudio de rehabilitación de la microcuenca Miramar (IRENA, 1983).

Los estudios de cuencas efectuados en Nicaragua cubren aproximadamente el 25% de la superficie del país y los planes de ordenamiento formulados hacen énfasis en la conservación de los recursos naturales como una estrategia para el desarrollo sostenible pero con la participación organizada en tiempo y espacio de todas las instituciones con intereses dentro de tales áreas. Sin embargo, dentro de las mismas y en la totalidad del territorio nacional, los esfuerzos que para el manejo integral de cuencas hacen las instituciones, son insuficientes, desintegrados y en muchos casos inexistentes.

Casi la totalidad de los estudios de cuencas, no han trascendido de su propia condición de planes hacia la ejecución de las propuestas, es decir no han tenido una repercusión práctica en el aprovechamiento racional de los recursos naturales, solamente en el caso del plan de ordenamiento y manejo de la cuenca sur del Lago de Managua, se han implementado algunas acciones puntuales en las microcuencas prioritarias, pero estas no cubren áreas significativas dentro de la misma.

En todos los estudios de cuencas, los planes se orientaron hacia la eficiencia económica general. La gestión se generó y ejecutó a través de una autoridad central que tomaba las decisiones principales con escasa participación de las comunidades hasta la década de los ochenta a diferencia de la siguiente donde existe una participación activa de comunidades y entidades que han ejecutado proyectos con enfoque de cuencas entre las que figuran: El proyecto tamabú, monitoreado por el (FIDER), Proyecto CARE-PITAL la cuarta región y el proyecto cuencas en Matagalpa.

Castillo (1988), menciona las limitantes que ha tenido la aplicación metodológica del estudio de manejo de cuencas hidrográficas en nuestro país, señalando las siguientes:

- Los estudios realizados no tuvieron una definición clara del rol del manejo de cuencas en relación con la planificación regional o con respecto a los intereses o competencia de los gobiernos municipales.

- Falta de coherencia y coordinación inter-institucional tanto en la formulación de los planes como en su implementación
- Las acciones de manejo de cuencas no deben ser asumidas por una sola institución si no por la acción concertadas de varias instituciones
- La planificación se realizó con el objetivo de responder a problemas no sentidos por la base social y productiva de los territorios, en todos los casos prevaleció un enfoque institucional de arriba hacia abajo (vertical) con escasa participación de las organizaciones comunales
- La mayoría de las experiencias nacionales en manejo de cuencas no consideraron el requerimiento metodológico (pronóstico), lo que impidió contar con una imagen anticipada de una versión particular del futuro

#### **4.8. Degradación de suelos**

La degradación de suelos ha sido definida como un descenso en su habilidad para cumplir sus funciones como medio para el crecimiento de las plantas, regulador del régimen hídrico y como filtro ambiental, por causas naturales o inducidas por el hombre. En ella, alteraciones desfavorables de las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo conducen a efectos negativos en la productividad vegetal y en la calidad ambiental. La degradación de tierras es el resultado de uno o más procesos que ocasionan la pérdida total o parcial de su productividad (FAO, 1996).

Los procesos de degradación del suelo generalmente se inician con descensos en los niveles de materia orgánica y actividad biológica, con efectos desfavorables en la estructura del suelo, y especialmente sobre los atributos funcionales de los poros para transmitir y retener agua, y para facilitar el desarrollo de las raíces.

El deterioro de estos atributos se manifiesta a través de problemas interrelacionados de sellado superficial, compactación de suelos, limitado desarrollo radicular, pobre drenaje, sequías frecuentes, excesivas escorrentías y erosión acelerada (Pla, 1994).

#### **4.8.1. Factores causantes de erosión de suelos en los cultivos de maíz (*Zea mays* L.) y Piña (*Ananas comosus* L) en Ticuantepe , Nicaragua:**

La metodología de parcelas de escurrimiento seleccionada como la herramienta mas apropiada para colección de datos de pérdida de suelos de origen volcánico, con una pendiente media de 31 %, cuantificando el proceso de erosión hidrica. En 1990 las tasas de suelo erodado medidas desde Agosto-Diciembre (suelos desnudos) fue 79.5 t/ha, en este primer periodo de colección de datos en tratamiento con Piña (15 t/ha) tuvo mayor perdida de suelo que el tratamiento con Maíz (5.54 t/ha), mientras los correspondientes a suelos desnudos fueron (157.3 t/ha). (Rivas, 1990).

#### **4.9. Diagnóstico Físico-Conservacionista (D.F.C.)**

El Diagnóstico Físico Conservacionista (DFC) se define como la relación que existe entre el grado de erosión o degradación física de una cuenca hidrográfica y el tipo de clima, relieve, geología y vegetación; que nos permite comparar la misma situación de conservación ó deterioro de dos ó más cuencas y determinar criterios de priorización y manejo. Este diagnóstico forma parte del Diagnóstico Institucional Integrado (DII); el cual, es un proceso de tipo técnico y científico, en donde se integran un conjunto de diagnósticos de los elementos: suelos, agua, vegetación, fauna, socioeconómico y contaminación ambiental con el objetivo de determinar el estado de conservación ó degradación en que se encuentra determinada Cuenca Hidrográfica y poder determinar los problemas prioritarios y proponer un plan de ordenamiento y manejo (Hidalgo, 1993).

La metodología utilizada para realizar el diagnóstico físico-conservacionista, es una adaptación realizada por el Ministerio del Ambiente y Recursos Naturales Renovables (MARNR, Venezuela 1978) y por el Centro Interamericano de Desarrollo Integral de Aguas y Tierras (CIDIAT, Venezuela, 1981). Posteriormente, Pedro Hidalgo colaboró en la adaptación de esta metodología en el estado de Santa Catarina (1990), Brasil y a la realidad del estado de Sao Paulo del mismo país (1992).

Gran parte de las cuencas altas de América Latina están sufriendo graves procesos de degradación de sus recursos naturales renovables. Estos procesos están en gran parte vinculados a la gran penetración campesina en las tierras de altas pendientes y al uso irracional de las tierras agrícolas y a la deforestación.

Estos fenómenos de degradación producen efectos tales como: sedimentación, inundación, destrucción de infraestructura y pérdida de la capacidad productiva de las tierras. Para solucionar estos problemas de degradación de las tierras, se deben efectuar las siguientes etapas:

- **Inventario:** se debe efectuar el inventario del recurso (suelo, vegetación, agua) con el propósito de establecer su cantidad, calidad y distribución espacial, entre otros.
- **Diagnóstico:** es necesario realizar el diagnóstico del recurso para explicar los procesos y mecanismos que actúan y conocer cuáles son las causas de su degradación, mediante esta actividad es posible encontrar soluciones adecuadas.
- **Propuesta de alternativas de prácticas de conservación:** es esta etapa se establecen de acuerdo al inventario-diagnóstico, las diferentes prácticas alternativas de manejo y conservación que aseguren la sustentabilidad del recurso.

Para aplicar estas etapas en una cuenca hidrográfica, es necesario establecer una metodología que permita determinar los estados de degradación o conservación de las diferentes subcuencas o microcuencas que la integran. Esto último permitirá establecer áreas críticas y prioridades en la aplicación de prácticas de conservación y recuperación de áreas degradadas.

La Dirección de Manejo de Cuencas del Ministerio del Ambiente y de los Recursos Naturales (MARNR) de Venezuela elaboró una metodología de diagnóstico conservacionista, por adaptación de la metodología para el análisis cualitativo de cuencas torrenciales elaborada por Filiberto López Cárdenas del Llano (CIDIAT, 1981).

Esta metodología permite sintetizar todo el conocimiento de una cuenca en una fórmula descriptiva, para visualizar en forma rápida su estado de conservación o deterioro; permite comparar la problemática de degradación en las diferentes cuencas, subcuencas y microcuencas, estableciendo las áreas prioritarias donde se aplicarán las prácticas y tratamientos de conservación de tierras.

#### **4.10. Metodología de el levantamiento de la erosión actual mediante Fotointerpretación**

**Fotointerpretación:** Es la determinación de la naturaleza de los objetos es decir identificarlas, reconocerlas en base a tonalidades, sombras y textura.

**Erosión del suelo para un analista e interprete:** La observación de erosión es importante porque identifica el tipo de la misma, debiendo reconocer las causas, determinar el significado de estos hechos y alertarse por la inestabilidad.

Basicamente la forma de erosión esta relacionada a Textura, propiedades físicas y químicas de los suelos, profundidad de la capa sub-prayacente de la rocas u otras capas de materiales de diferentes características de suelos, pendiente del terreno y clima.

La erosión laminar se observa en la fotografía con un cambio de color en el suelo debido a la remoción del horizonte más superficial, la erosión en surco se caracteriza por numerosos arroyos paralelos formando un patrón de drenaje dendritico. Caracterizandose por numerosos arroyos paralelos ó cárcavas incipientes. Una cárcava se observa como una excavación definida en el paisaje.

## **V. MATERIALES Y METODOS**

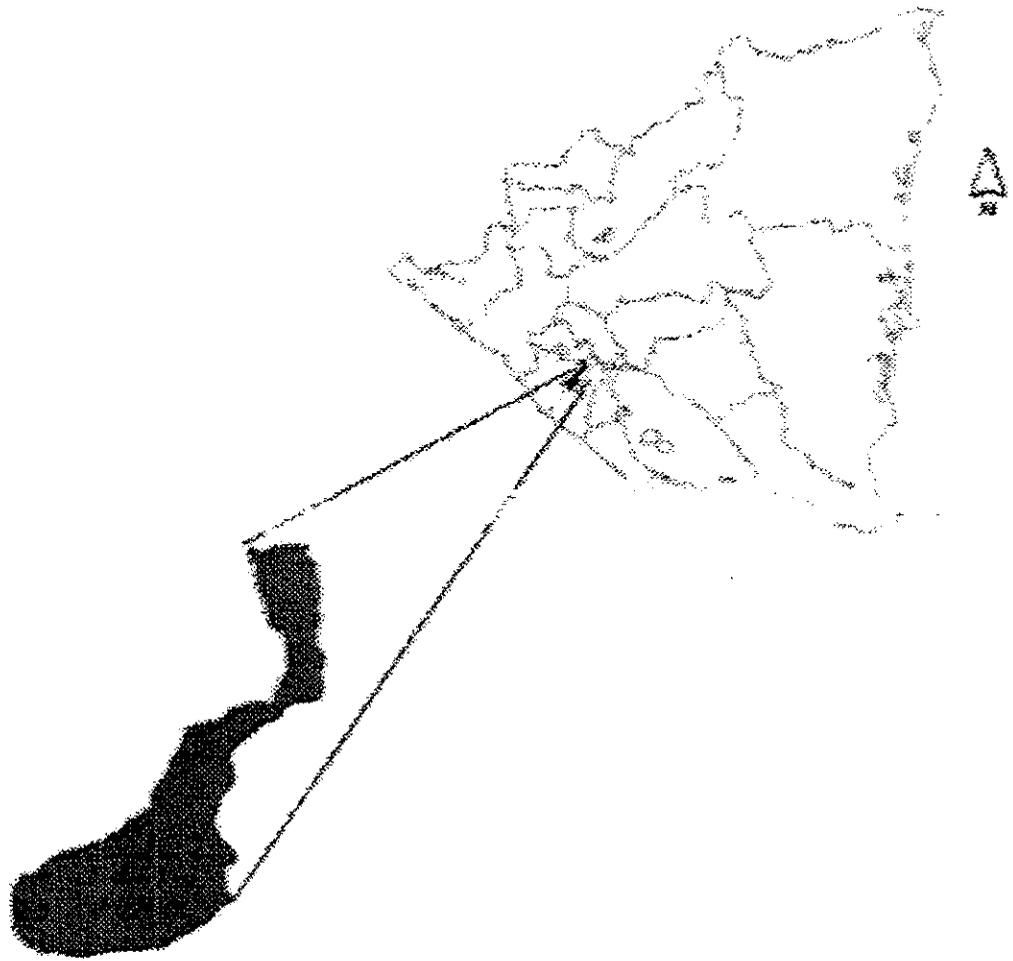
### **5.1. Descripción del área de estudio**

#### **5.1.1. Localización**

La subcuenca III forma parte de la cuenca sur del Lago de Managua, localizada en la Vertiente Lacustre; abarca parte de la región III y IV, tiene un área de 130 kilómetros cuadrados, es la de menor tamaño ya que representa solamente el 17% del área total.

Geográficamente esta comprendida entre las coordenadas 11°57'17" y 12°10'28" de Latitud Norte y 86°08'58" y 86°18'40" de Longitud Oeste. Se ubica en el ámbito rural y abarca los municipios de La Concepción, Ticuantepe y El Crucero, también comprende los poblados de Esquipulas, Las Jaguitas, Veracruz, Sabana Grande y Monte Fresco. Con una elevación aproximada de 40 a 250 msnm (IRENA, 1983).

Tiene forma de un gran abanico fluvial que nace en el parte aguas del Crucero y Las Nubes por el sur y se desprende hacia el norte por un sistema de cañadas, cuevas, crestas, taludes, lechos de inundación y sedimentación, cárcavas y planicies hasta desembocar en el Lago de Managua o Xolotlán. De acuerdo al sistema de drenaje y conducción final, esta cuenca lacustre se clasifica como endorreica CATIE (1996). Ver Mapa 1.



11. Ubicación Geográfica de la Subcuenca III de la Cuenca Sur del lago de Managua, Nicaragua.

### 5.1.2. Clima

De acuerdo a Holdridge (1987), el área de estudio corresponde a las zonas de vida del bosque seco tropical (BsT) y bosque húmedo sub-tropical premontano (BhSTp). (ver Mapa 2)

El bosque seco tropical (BsT), comprende las áreas desde la costa del lago, el Aeropuerto Internacional Augusto Cesar Sandino, Sabana grande, Veracruz, Ticuantepe, La Borgoña y parte de San Ignacio. Según (Abt Associates Inc, 1995), la vegetación predominante en esta zona es típica de un bosque decíduo estacional, en esta zona predominan temperaturas que fluctúan de 24 a 27°C, con un régimen de precipitación entre 850 y 1250 mm/añual y una altitud de 0-500 msnm.

En cambio el bosque húmedo subtropical premontano (BhSTPm), comprende la parte alta desde el talud de la meseta de Carazo (que sirve de límite al sur y sur oeste) hasta el límite entre el pie de monte y el sistema de laderas. La vegetación corresponde a un bosque semiperennifolio. predominan temperaturas entre 21 y 24 °C, precipitación entre 1400 y 1680 mm/añual y altitud de 500-1000 msnm.

La precipitación promedio anual de la zona es de 1140 milímetros; correspondiendo el valor máximo a 2057 mm y el mínimo 669 mm. La estación lluviosa normalmente inicia en el mes de Mayo y concluye en Octubre; durante este periodo ocurre del 85% al 97% de la precipitación anual. Un periodo seco relativamente corto (aproximadamente de un mes) llamado "Canícula", este corta el periodo lluvioso y se inicia el 15 de Julio y finaliza aproximadamente el 15 de Agosto (IRENA, 1983).

La estación seca se caracteriza por la presencia de vientos turbulentos y fuertes que soplan desde el Este a una altura promedio de 8 metros, la velocidad del viento correspondiente al periodo de Diciembre a Abril alcanza un promedio anual de 54 km/h.

La velocidad del viento promedio del área de Ticuantepe es de 3.4 m/s (12 k/h). Los meses en los cuales se presentan vientos de mayor y menor velocidad corresponden a Marzo (17 k/h) y Octubre (7 km/hr) respectivamente.

La temperatura se mantiene más o menos constante durante todos los meses, registrándose promedios de 26°C y 29°C en la época lluviosa y seca respectivamente. El período más caliente y frío se presenta en el mes de Abril (29.8°C) y Diciembre (25°C). La temperatura promedio anual es de 27.5°C. La evapotranspiración potencial promedio es de 2300 mm en el área de Ticuantepe. En el mes Abril la evaporación es más alta (312 mm), en cambio en Octubre se registran valores más bajos (132 mm); la humedad relativa promedio oscila entre 67.9% (Marzo) y 85.9% (Octubre) (SUWAR, 1991).

Se encuentran localizadas tres estaciones meteorológicas de las cuales proporcionan información agroclimática, estas son: Aeropuerto Internacional Augusto Cesar Sandino, El Crucero y Ticuantepe.

### **5.1.3. Geología**

En esta subcuenca se aprecian los efectos de un recién pasado vulcanismo y tectonismo, por esta razón los materiales que predominan en el área son: coladas de lava, piroclastos, cenizas, lapillis, pómez, talpetate, tobas, sedimentos aluviales, coluviales, coluvio-aluviales y fluvi-lacustre que corresponden a la formación geológica las Sierras (QTs) y Cuaternario Aluvial (Qa); la presencia de estos materiales contribuyen a la fragilidad de estos suelos. Producto del tectonismo el área se encuentra fracturada por una gran cantidad de fallas paralelas con orientación sur-norte, responsables de los frecuentes sismos que se producen en el área.

#### 5.1.4. Geomorfología

Las formas del relieve y los pisos altitudinales de la subcuenca han originado tres tipos de paisajes: Montañas, Pie de Monte y Planicie de Managua, ocho sub paisajes que son: crestas, cañadas, cuestras, colinas, cárcavas, planicies (específicas), taludes y valles.

#### 5.1.5. Suelos

Según Catastro (1971), en la subcuenca III existen cinco series de suelos: La Calera (LCA), Sabana Grande (SG), Esquipulas (ES), Nindirí (ND) y San Ignacio (SI).

Los resultados del diagnóstico de suelos realizados en 1997, demuestran que existe una estrecha relación entre la naturaleza de los materiales iniciales y los suelos formados; aproximadamente el 99.3% de los suelos evidencian su formación a partir de materiales volcánicos, éstos fueron clasificados como Andisoles, que son suelos que se forman en las primeras etapas de desarrollo por la descomposición de materiales volcánicos, las características físicas (densidad aparente, textura, consistencia) y químicas (pH, saturación de bases, contenido de nutrientes, etc.) guardan una estrecha relación con el tipo de materiales que los ha originado (Velásquez, 1998).

También es posible establecer una relación secuencial entre los suelos de la zona y su posición en el relieve. En la parte alta hay una tendencia a la pérdida de materiales producto de la erosión influenciada por la pendiente en que se encuentran localizados los suelos, en esta zona altitudinal la textura del suelo varían de media a gruesa y el drenaje tiende a ser más rápido por la influencia de pendientes escarpadas.

En la parte media existe una tendencia a la recepción de materiales y formación "*in situ*" de los suelos, en esta zona las características de los suelos están dominadas por la naturaleza de los materiales depositados y en la parte más baja los materiales que conforman el suelo son de textura

medias a fina y las características de drenaje cambian debido a la acumulación de éstos materiales que han sido depositados por las aguas provenientes de la parte alta, es común observar la presencia de materiales calcáreos, los que están asociados a sedimentos lacustres (Lago Xolotlán) que han ascendido por capilaridad a través del perfil.

#### 5.1.6. Vegetación

Las formaciones vegetales (natural y actual) en la sub cuenca han sido reemplazadas en su mayoría por vegetación secundaria que incluye tierras cultivadas, pastos y sabanas antropógenicas (Abt .Associates, 1995).

La cobertura vegetal actual corresponde a : Cultivos semiperennes sin terrazas (5b), Pastos naturales (3a), Pastos sucios, Pastos mejorados sin mantenimiento, Bosque bajo claro con erosión (1c), Bosque con café Bosque claro sin erosión (1b), matorrales degradados (2b), matorrales no degradados (2a), Terrenos planos o casi planos (8). El bosque bajo claro esta conformado por una asociación de especies arbóreas, arbustivas y herbáceas; las especies arbóreas cubren menos del 30% del área total, los cultivos anuales ocupan un área de 5.39Km<sup>2</sup>, los cultivos perennes se encuentran distribuidos en la parte media y baja, comprenden un área pequeña (4.88Km<sup>2</sup>); son importantes porque disminuyen el riesgo de erosión de los suelos ya que no requieren de mucho laboreo como los cultivos anuales (Sirias y Gutiérrez, 1998).

Las áreas de matorral se encuentra en la parte media, cerca de las elevaciones del volcán Masaya al sur-este de la subcuenca , los pastos naturales se localizan en la parte media al este del poblado de San Ignacio, parte de esta vegetación ocasionalmente es afectada por los gases del volcán, según referencias de los pobladores de la zona.

### **5.1.7. Aspectos socioeconómicos**

Catín (1997), señala algunos aspectos socioeconómicos y de infraestructura que prevalecen en la subcuenca III; los que se resumen a continuación:

#### **5.1.7.1. Aspectos Demográficos**

La distribución de la población de la subcuenca corresponde a un modelo lineal definido según la distribución de la red vial, lo que determina la gran movilidad de la población hacia los poblados, caserío y comarcas que lo conforman.

La zona alta con una extensión de 65.8 Km<sup>2</sup> comprende la parte de las Nubes, El Crucero y las comunidades de San José de los ríos el Edén, las Enramadas, San Ignacio, El Panamá y Palo Solo (municipios de Ticuantepe; su población es de 16,231 habitantes (76.01% es población urbana), con una densidad poblacional de 184 hab/ Km<sup>2</sup> (urbana y rural).

Con una extensión de 34.86 Km<sup>2</sup>, la zona media presenta una población de 12,577 habitantes de la cual el 78.12% corresponde a la población urbana. Tiene una densidad poblacional de 260 hab/ Km<sup>2</sup>, distribuidas en el área rural y urbana.

En la zona baja se encuentra una población de 4,621 habitantes en una superficie de 26.26 Km<sup>2</sup>, tiene una densidad poblacional de 462.1 hab/ Km<sup>2</sup>, registrándose 849 familias con un promedio de 5.6 personas por familia.

#### **5.1.7.2. Aspectos organizativos**

En la subcuenca existen diversas formas organizativas como comités comarcales, asociaciones de productores y cooperativas. En la zona alta existe una organización de productores (cooperativa la Prusia). En la zona media los grupos de organizaciones son más sólidas con un amplio desarrollo comunitario estos comités están formados por productores, cooperados, individuales y privados.

predominando el minifundio en la mayor parte del area de estudio de productores individuales y colectivos.

En la zona baja existen cooperativas con poca solidez organizacional predominando el trabajo individual entre los cooperados en función de su desarrollo individual. El número de productores privados es considerable ; En esta zona existe una cooperativa (Juan Ramón Robles), ubicada en la comunidad de el Rodeo, con una extensión de 31.62 ha es la única de las cooperativas con la particularidad que desarrollan trabajo comunitario y presentan una sólida base organizacional.

Entre las instituciones y organismos no gubernamentales que promueven conservación de suelos y agua en la subcuenca son las siguientes: Centro Inter-eclesial de Estudios Teológicos y Sociales (CIEETS), Centro Nacional para el Desarrollo (CENADE), Fundación Augusto Cesar Sandino (FACS), Manejo Integrado de Plagas del Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (MIP-CATIE), Instituto Nicaraguense de Tecnología Agropecuario (INTA), Proyecto de Patio con Enfoque de Género (NACAWE), Instituto de Promoción Humana (IMPRHU) Y LA Unión Nacional de Ganaderos (UNAG); con mayor presencia en la parte media de la subcuenca.

### **5.1.7.3. Aspecto económico**

En la subcuenca existen 3 rubros importantes para la economía: café (*Coffea arabiga* L), piña (*Anana comosus* R), pitahaya (*Hylocereus undatus* L) , se pueden diferenciar dos tipos de actividades agrícolas; una para el comercio (café, piña, pitahaya) y ajonjolí (*Sesamum indicum* L) y otra de subsistencia ó autoconsumo, ocurriendo esta última principalmente en la época de postrera (Agosto a Noviembre).

## 5.2. METODOLOGIA

El diagnóstico físico-conservacionista forma parte de siete diagnósticos que conforman el Diagnóstico Institucional Integrado (DII); de los cuales el diagnóstico de suelo, agua y vegetación brindan la información básica necesaria como: Mapas digitalizados en Sistemas de Información Geográfica (escala 1:105,000); inventario de vegetación y mapa geológico, para determinar los parámetros de la fórmula descriptiva del DFC, como: Cobertura original, Vegetación actual, Litología y erodabilidad de la roca. Posteriormente los resultados serán para complementar el Diagnóstico Institucional Integrado.

Para aplicar la metodología del diagnóstico físico -consevacionista se inició con una fase de pre-gabinete que consistió en la recopilación de información básica (mapas topográficos, geológico, zonas de vida, datos climáticos y fotografías aéreas). Una segunda fase de fotointerpretación preliminar de las huellas de erosión hídrica, con su respectiva verificación de campo, mediante el levantamiento de suelos del area de estudio y fotointerpretación definitiva. Finalizando con la tercera fase que consistió en la determinación de los factores de las fórmulas descriptivas, análisis de ésta, priorización de los niveles estudiados y ubicación en un mapa base digitalizado con sistemas de información geográfica (SIG), las fórmulas descriptivas en los diferentes niveles.

### 5.2.1. Niveles y escala

Para realizar el presente estudio la sub-cuenca se dividió en dos niveles, denominados: Microcuenca, el cual se designo por letras del alfabeto (a, b, c,... f.) y por cotas topográficas: parte alta (940-400 msnm), parte media (400-100 msnm) y parte baja (100-40 msnm) (Ver Mapas 3 y 4).

Este diagnóstico se realizó a una escala de 1:50,000 (escala en el terreno) y 1:105,000 (escala de publicación).

### 5.2.2. Fórmula descriptiva

Para realizar el Diagnóstico Físico-conservacionista se utiliza la siguiente fórmula descriptiva:

$$D(f) = (\text{Clima})(\text{Relieve})/(\text{Geología}) (\text{Vegetación}) \quad (1)$$

Al emplear la fórmula (1), se analiza que el proceso de erosión de la subcuenca III es directamente proporcional a los factores que definen el clima, relieve e inversamente proporcional a los factores de geología y el tipo de cobertura vegetal; cada uno de ellos posee una clasificación particular, con sus respectivas variables y su propia simbología, esta fórmula define este como una función y no como una simple ecuación.

Los parámetros que conforman cada uno de los factores de la fórmula descriptiva son los siguientes:

$$E(f) = (\text{CO, E, S}) (D) / (\text{L, R, e}) (V) \quad (2)$$

Donde:

E (f) :Proceso de erosión en función de

CO : Cobertura original

E : Degradación específica (Erosión Potencial)

S : Sedimentación medida

D : Pendiente media

L : Litología de la roca

R : Erodabilidad de la roca

e : Cobertura del proceso actual de erosión

V : Vegetación

El procedimiento que se utiliza para aplicar correctamente la fórmula (2), es el siguiente:

- Dividir el área de la Subcuenca III en dos niveles (altitudinal y microcuenca)
- Caracterizar cada nivel por un grupo de símbolos con sus respectivos sub-índices cuya expresión definitiva es la fórmula descriptiva (2), lo cual refleja el aspecto cualitativo del grado de degradación o conservación en que se encuentra cada nivel de la subcuenca III.
- Trasladar a dos mapas digitalizados en Sistema de información geográfico de la universidad nacional agraria cada una de las fórmulas descriptivas, con el fin de tener una imagen general del grado de degradación de la subcuenca, tanto a nivel altitudinal como de microcuencas.
- Priorizar los niveles que presentan mayor grado de deterioro comparativo, sumando los sub-índices de valores mínimos y máximos obtenidos en la fórmula (2)
- Elaborar una curva representativa de la fórmula (2) para cada nivel, para esto se establece un sistema de coordenadas en el cual (X) representa las unidades de riesgo y (Y) las unidades del valor crítico de erosión de la subcuenca III
- Analizar cada una de las fórmulas obtenidas, identificando los factores determinantes en el deterioro de la subcuenca

### **5.2.3. Procedimiento para determinar los factores de la fórmula descriptiva**

#### **5.2.3.1. Factor climático (CO, E, S)**

El factor climático en la fórmula descriptiva lo conforman tres parámetros:

##### **5.2.3.1.1. Cobertura vegetal original (CO) basada en la clasificación de zonas de vida de L. Holdridge**

Una zona de vida (Zv) se define como la unidad climática natural en la que se agrupan diferentes asociaciones, correspondientes a determinados ámbitos de temperatura, precipitación y humedad. Esta clasificación se basa en determinar el tipo de vegetación que debería de existir, siempre y cuando estén dadas determinadas condiciones de biotemperatura, precipitación y humedad. (MARNR, 1983)

Para determinar la zona de vida de cada uno de los niveles (altitudinal y microcuenca) de esta subcuenca, se utilizó el mapa de zonas de vida de Holdridge, utilizado en el diagnóstico de suelos. Al determinar las zonas de vida en cada nivel, se elaboró un cuadro que resume las características más importantes de cada zona y el nombre de las especies vegetales adaptadas a cada una de ellas (Ver anexo 1).

A cada zona de vida se le asignó un número romano con el objetivo de facilitar su ubicación; las especies vegetales adaptadas a cada zona de vida corresponden a la cobertura vegetal original, en una misma cuenca hidrográfica generalmente existen varios tipos de cobertura vegetal original, por este motivo se tomó en cuenta la de mayor predominancia en el área de estudio.

La cobertura vegetal actual de la subcuenca se obtuvo de los resultados del diagnóstico de vegetación realizado en esta unidad hidrológica (Ver anexo 2).

Identificadas ambas coberturas vegetales se procede a determinar el porcentaje de similitud entre la cobertura vegetal original y la cobertura vegetal actual, con el propósito de establecer un símbolo con su respectivo subíndice mediante la utilización del cuadro 1.

**Cuadro 1. Grado de semejanza existente entre la cobertura vegetal original y la cobertura vegetal actual**

Grado de semejanza	Índice	Símbolo
81-100	CO <sub>1</sub>	Altamente Semejante
61-80	CO <sub>2</sub>	Semejante
41-60	CO <sub>3</sub>	Medianamente Semejante
21-40	CO <sub>4</sub>	Baja Semejanza
01-20	CO <sub>5</sub>	Ninguna Semejanza

Fuente: Hidalgo, 1993

#### 5.2.3.1.2. Degradación Específica (Erosión Potencial)

La degradación específica se define como la cantidad de suelo que se pierde por erosión, esta se expresa en ton/ha/año, este dato representa la erosión potencial (erosión teórica) de la sub-cuenca. En cambio la erosión actual se define como la situación actual con respecto a las pérdidas de suelo causados por efecto de los agentes erosivos viento y agua (erosión) en las parcelas, siendo el resultado de la erosión en el pasado.

Fournier, en 1960, entre otros autores, comprobó a través de una relación entre la lluvia, la pendiente media de la cuenca y el tipo de clima característico con el grado de erosión del suelo; la cual recibe el nombre de "Coeficiente de Fournier".

Para determinar la degradación específica se utiliza la fórmula para determinar el Coeficiente de Fournier (CF), cuyo procedimiento de cálculo se describe a continuación:

- Dividir la subcuenca en dos niveles (altitudinal y microcuenca)
- Plotear las estaciones pluviométricas que se encuentran dentro de la subcuenca
- Localizar la estación pluviométrica que tiene mayor influencia dentro del área de estudio
- Determinar la precipitación media anual utilizando el método de polígonos de Thiessen, mediante la aplicación de la siguiente fórmula:

$$PM = 1/AT \sum A_i P_i$$

Donde:

PM: Precipitación media (mm)

AT: Area total (Km<sup>2</sup>)

A<sub>i</sub>: Area de influencia por estación (Km<sup>2</sup>)

P<sub>i</sub>: Precipitación media registrada por estación (mm)

- Determinar el coeficiente de Fournier para cada uno de los niveles, mediante la aplicación de la siguiente fórmula:

$$F = P^2/p$$

Donde:

F : Coeficiente de Fournier (mm)

P<sup>2</sup>: Precipitación del mes de máxima pluviosidad en (mm), registrada por una estación meteorológica ubicada en el área de estudio

p : Precipitación media anual en mm

- Después de determinar el valor del coeficiente de Fournier se utiliza el Gráfico Fournier-Degradación (Ver anexo 3), para ello es necesario establecer el tipo general de relieve y de zona para cada uno de los niveles en los que se subdividió la subcuenca. Este valor nos permite utilizar el cuadro 2 para poder asignar el respectivo símbolo con su subíndice a esta variable del factor climático.

**Cuadro 2. Clasificación de la degradación de suelos causada por erosión hídrica y símbolo de erosión potencial**

Clasificación del Tipo de Erosión	Erosión ton/ha/año	Símbolo
Erosión Geológica	< 3	E <sub>1</sub>
Erosión leve	3 – 9	E <sub>2</sub>
Erosión Media	10 – 50	E <sub>3</sub>
Erosión Fuerte	50 – 200	E <sub>4</sub>
Erosión Excesiva	> 200	E <sub>5</sub>

Fuente: FAO, 1980

- También es necesario elaborar un climadiagrama, con el propósito de tener una idea general del comportamiento del clima de la zona de estudio, esta información no se incluye en la fórmula descriptiva. Para configurar el climadiagrama, los valores promedios mensuales de precipitación y de temperatura de la subcuenca se sitúan sobre los meses del año (Enero a Diciembre). Estos puntos se unen en una curva de precipitación y otra de temperatura. En este gráfico se debe incluir la siguiente información de la estación metereológica: nombre, altitud, precipitación y temperatura media mensual.

Experimentalmente se ha constatado que cuando la curva de precipitación pasa por debajo de la curva de temperatura se trata de un periodo seco y árido. Por el contrario, si la curva de precipitación pasa sobre la curva de temperatura corresponde a un periodo húmedo (Walter y Lieht, 1960).

La temperatura y la precipitación no son los únicos elementos climáticos que determinan el desarrollo de la vegetación, pero son los mas importantes; su importancia radica en la estrecha relación que guardan con otros elementos, por ejemplo, la temperatura nos da una idea de la radiación y de la evapotranspiración imperante, lo que unido al dato de precipitación nos permite formarnos una imagen bastante clara de la disponibilidad de agua y de la vegetación potencial existente. Ambos elementos son fáciles de medir y de representar en un gráfico (climadiagrama).

### 5.2.3.13. Sedimentos (S)

Desafortunadamente en la zona de estudio no se cuenta con estaciones medidoras de sedimentos, que permitan estimar pérdidas de suelo por erosión, debido a esto este parámetro del factor climático no forma parte de la fórmula descriptiva.

### 5.2.3.2. Factor relieve (D)

Para determinar la configuración topográfica, se emplea un coeficiente capaz de caracterizar el relieve de la misma (pendiente media). Para esto se utiliza el mapa de curvas a nivel generado por el diagnóstico de suelos.

El valor de la pendiente media para cada nivel se obtiene aplicando el método de Horton, mediante la siguiente ecuación:

$$S.M. = (N) (D) / (L) * 100$$

Donde:

S.M. : Pendiente media de la subcuenca (%)

N : Numero total de intersecciones y tangencias de las líneas de la malla en la dirección (x, y) en las curvas de nivel dentro de la subcuenca

D : Espaciamiento o desnivel constante entre curvas de nivel en km

L : Longitud total de las líneas de la malla en la dirección (x, y) en km., dentro de la subcuenca

La determinación de este valor (pendiente media) para cada nivel nos sirve para utilizar el cuadro 3 y asignar el símbolo y subíndice correspondiente a este factor de la fórmula descriptiva.

**Cuadro 3. Simbología utilizada para la caracterización del relieve**

Pendiente media (%)	Relieve	Símbolo
< 12	Suave	D <sub>1</sub>
12 - 25	Moderado	D <sub>2</sub>
25 - 35	Moderadamente Pronunciada	D <sub>3</sub>
35 - 50	Pronunciada	D <sub>4</sub>
50-75	Escarpada	D <sub>5</sub>
> 75	Muy escarpada	D <sub>6</sub>

Fuente: Hidalgo, 1993

### 5.2.3.3. Factor geología (L,R, e)

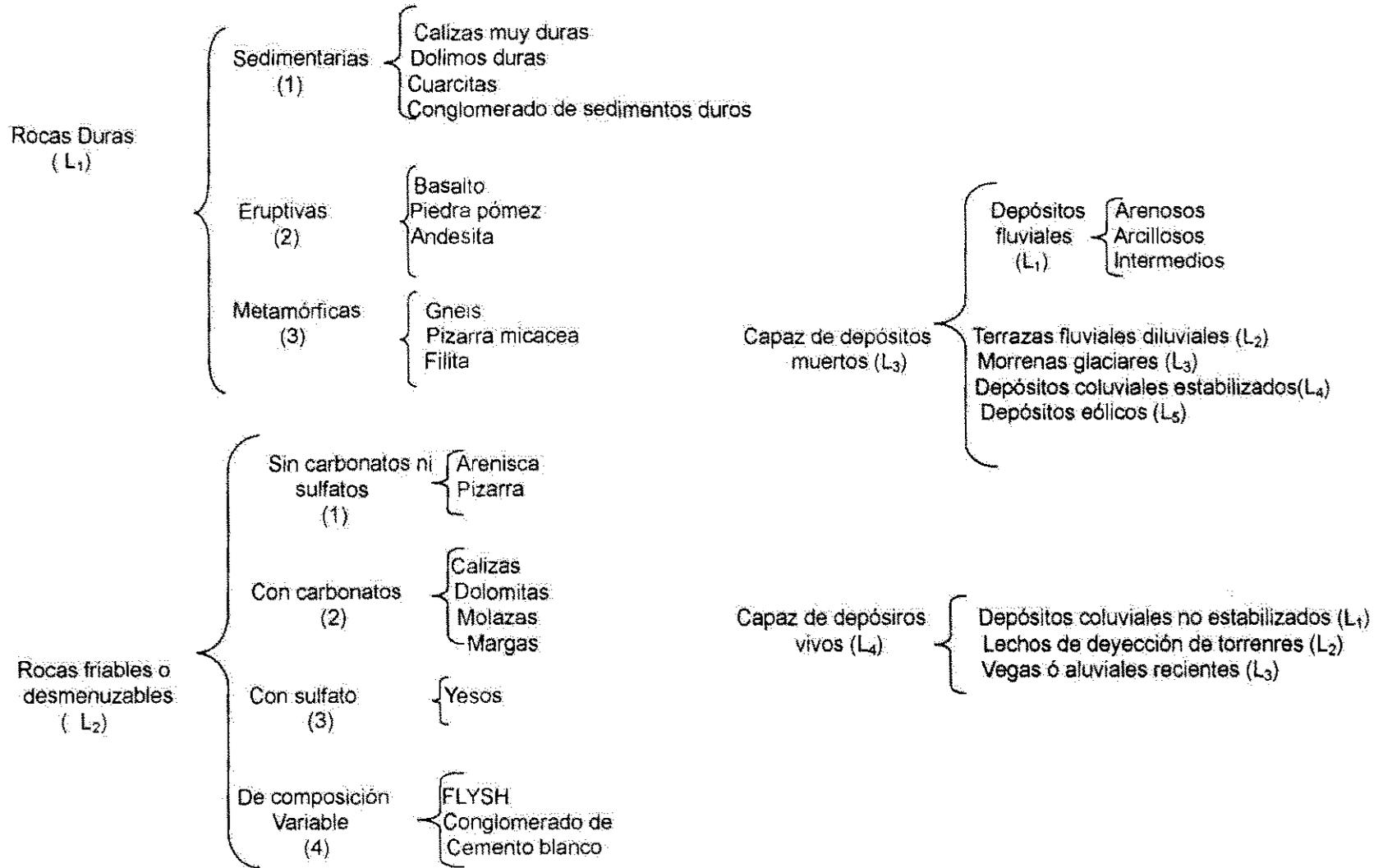
El factor geología en la fórmula descriptiva está conformado por tres parámetros: litología de la roca, erodabilidad de la roca y cobertura del proceso actual de erosión.

#### 5.2.3.3.1. Erodabilidad y tipo de roca (L,R)

La naturaleza de la roca madre y su resistencia a la erosión constituyen un elemento clave en la génesis del proceso erosivo y torrencial. La erodabilidad se define como la resistencia que tiene el suelo a ser erosionado.

Para determinar este parámetro se utiliza el mapa geológico del área de estudio, mediante el cual se localizan y describen las diferentes formaciones geológicas existentes, con esta información se consulta el léxico estratigráfico del cuadro sinóptico 1 con el propósito de conocer cuál es la roca predominante en la formación de los suelos, esto nos permite mediante la utilización del cuadro 4. determinar la susceptibilidad de la roca a la erosión; ambas informaciones (estructura litológica de la zona y erodabilidad de la roca) se expresan mediante símbolos con sus respectivos índices, los que se incluyen en la fórmula descriptiva.

### Cuadro Sinóptico 1. Clasificación de Estructuras Litológicas



Fuente: Hidalgo, 1993

**Cuadro 4. Susceptibilidad a la erosión de las diferentes formaciones geológicas de la subcuenca**

Rocas ígneas	Textura de los suelos originados	Susceptibilidad a la erosión		
		R <sub>1</sub>	R <sub>2</sub>	R <sub>3</sub>
Andesita	Arenoso	x		
Brechas	Arcillosos			x
Basalto	Arcilloso	x		
Ceniza volcánica	Arcilloso			x
Tobas	Arcilloso			x
Tarquina	Arenoso arcilloso	x		
Riolita	Limoso arcilloso		x	
Silícito ó cálcareo	Arenoso		x	
Piedra pómez	Arenoso			x
Lapillis	Arenoso			x
Tufa	Arcilloso			x

Fuente: Hidalgo, 1993

Clave:

R<sub>1</sub> : Poco susceptible a la erosión

R<sub>2</sub> : Moderadamente susceptible a la erosión.

R<sub>3</sub> : Altamente susceptible a la erosión

#### 5.2.3.3.2. Cobertura actual del proceso erosivo (e)

La cobertura actual del proceso erosivo, se determina mediante fotointerpretación, para esto se utilizaron: fotografías aéreas a escala (1:25,000, 1986) y (1:40,000, 1996), el mapa de red de drenaje, uso actual y vegetación, con el propósito de realizar la confrontación de estos y determinar el porcentaje del área afectada por erosión (laminar, surco y cárcava). Esto nos permite tener una idea general y subjetiva del porcentaje de la subcuenca afectada por el fenómeno de erosión hídrica, después se procede a su respectivo chequeo en el campo. Ubicamos puntos de referencia en las aerofotografías y auxiliándonos de la observación de campo (levantamiento de suelo) y mapas, inferimos para estimar los porcentajes de áreas de la subcuenca afectadas por el proceso de erosión hídrica.

El cálculo de este valor se utiliza para designar mediante la utilización del cuadro 5 la simbología e índice correspondiente a este factor de la fórmula descriptiva, el cual se incluye en la misma.

**Cuadro 5. Simbología de porcentaje afectado por erosión**

Porcentaje de la subcuenca afectado por erosión (%)	Símbolo
01 - 20	e1
21 - 40	e2
41 - 60	e3
61 - 80	e4
81 - 100	e5

Fuente: Hidalgo, 1993

#### 5.2.3.4. Factor cobertura vegetal actual ( $\bar{V}$ )

Para realizar el análisis de este factor de la fórmula descriptiva se utiliza el mapa de vegetación actual de la subcuenca (escala 1:50 000) generado en el diagnóstico de vegetación de la misma, con el propósito de conocer los tipos de vegetación existente y posteriormente determinar el índice de protección total que brinda al suelo la cobertura vegetal, para ello se procede de la siguiente manera:

- Clasificar la cobertura vegetal de acuerdo al mapa de vegetación actual
- Utilizar la información contenida en el Cuadro 7 con el objetivo de determinar el símbolo correspondiente a cada tipo de cobertura vegetal predominante en la subcuenca y el respectivo índice de protección que brinda al suelo cada una de ellas.
- Este valor oscila entre (0 y 1), el valor de 0 corresponde a suelos totalmente erosionados ó desnudos y el valor de 1 para bosques densos
- Calcular el área (ha) para cada tipo de cobertura vegetal existente, en los dos niveles en que se subdividió la subcuenca (altitudinal y microcuenca), la sumatoria de todas las áreas parciales de cada cobertura vegetal para cada uno de los niveles tiene que ser igual al área total de la subcuenca

- Determinar el índice de protección (IP), para cada tipo de cobertura vegetal
- Multiplicar cada una de las áreas por el correspondiente índice de protección de las diferentes formas de cobertura vegetal existentes en los dos niveles en que se subdividió la subcuenca, estos valores parciales posteriormente se suman
- Dividir el valor obtenido en el paso anterior entre el valor del área correspondiente a cada nivel, el resultado que se obtiene es el IPT(Índice de Protección Total) para cada nivel respectivo
- Seleccionar un símbolo con su respectivo índice de acuerdo al valor de índice de protección total calculado para cada uno de los dos niveles, utilizando la simbología que contiene el cuadro 6, la cual se expresa en la fórmula descriptiva

**Cuadro 6. Símbolos utilizados para el índice de protección total que brinda la vegetación**

Índice de protección total	Símbolo	Interpretación
1	V <sub>1</sub>	Alta protección
0.8-0.99	V <sub>2</sub>	Alta protección
0.6-0.79	V <sub>3</sub>	Alta protección
0.4-0.59	V <sub>4</sub>	Moderada protección
0.2-0.39	V <sub>5</sub>	Baja protección
0.00-0.19	V <sub>6</sub>	Baja protección
0.0	V <sub>7</sub>	Baja protección

Fuente: Hidalgo, 1993

**Cuadro 7. Simbología e índice de protección para diferentes coberturas vegetales**

Símbolo	Tipos de Coberturas Vegetal	Índice de Protección
1a	Vegetación Leñosa Bosques densos (sin erosión del suelo)	1.0
1b	Bosques claros (densidad 0.3-0.7) con sustrato herbáceo denso	0.8-0.9
1c	Bosques claros con sustrato herbáceo degradado y erosión importante	0.4-0.6
2a	Matorral (Monte bajo) sin erosión del suelo	0.8-0.9
2b	Matorral degradado, con erosión aparente del suelo	0.4-0.5
3a	Vegetación herbácea Pastizales completos de plantas viváceas sin erosión del suelo	0.8-0.9
3b	Pastizales degradados de plantas viváceas con erosión aparente	0.4-0.5
3c	Pastizales anuales completos con indicios de erosión aparente	
3d	Pastizales anuales degradados, con erosión patente	0.3-0.4
4	Terrenos totalmente erosionados, desnudos	0.0
5a	Tierras cultivadas cultivos anuales sobre terrazas	0.7-0.8
5b	Cultivos anuales sin terrazas	0.2-0.4
6	Cultivos de plantas leguminosas forrajeras	0.6-0.8
7a	Huerto sobre terrazas	0.8-0.9
7b	Huertos sin terrazas	0.5-0.6
8	Terrenos planos o casi planos	1.0

Fuente: Hidalgo, 1993

#### 5.2.4. Interpretación de la fórmula descriptiva

El análisis del proceso metodológico, antes descrito permite establecer una expresión que sintetiza mediante una simbología adecuada, el estado de conservación o degradación en que se encuentran los dos niveles en que se subdividió la subcuenca para realizar este diagnóstico.

Mediante la interpretación de cada una de las fórmulas descriptivas se identifican los factores más determinantes de deterioro en los dos niveles en los que se realizó este estudio y se priorizan los que presentan mayor grado de degradación. También se proponen alternativas tecnológicas de conservación de suelos y agua que conlleven a la solución de la problemática diagnosticada, lo que sirve de insumo para formular un programa de conservación de suelos y agua a nivel de la subcuenca; el cual debe formar parte del plan de gestión ambiental que se proponga para el manejo y uso sostenible de los recursos naturales en esta unidad hidrológica.

La priorización de los niveles con mayor grado de deterioro comparativo se realiza sumando el valor de los subíndices (valores mínimos y máximos) en cada una de las fórmulas descriptivas correspondientes tanto a nivel altitudinal como de microcuencas.

La sumatoria correspondiente a los subíndices mínimos equivale a 7 puntos, el valor de este resultado nos indica una cuenca en excelentes condiciones con respecto a la erosión y la de los subíndices máximos es igual a 35 puntos; este valor representa una cuenca en condiciones de degradación con respecto al fenómeno de erosión.

El cuadro 8 contiene el dato correspondiente, a los valores mínimos y máximos de los siete parámetros utilizados para la realización del diagnóstico físico conservacionista de esta subcuenca.

**Cuadro 8. Valores mínimos y máximos de los parámetros de la fórmula descriptiva**

Parámetros	Símbolo	Valores Mínimos	Valores Máximos
Cobertura vegetal original	CO	CO <sub>1</sub>	CO <sub>5</sub>
Erosión potencial	E	E <sub>1</sub>	E <sub>5</sub>
Relieve	D	D <sub>1</sub>	D <sub>6</sub>
Litología	L	L <sub>1</sub>	L <sub>4</sub>
Erodabilidad	R	R <sub>1</sub>	R <sub>3</sub>
Erosión actual	e	e <sub>1</sub>	e <sub>5</sub>
Cobertura vegetal actual	V	V <sub>1</sub>	V <sub>7</sub>
Total		7	35

- También es preciso elaborar una curva representativa de la fórmula descriptiva; para ello se utilizan los valores mínimo y máximo correspondientes a 7 y 35 respectivamente los que representan unidades de riesgos naturales del proceso de erosión, se establece con estos valores un sistema de coordenadas (x, y), donde la ordenada (x) representa las unidades de riesgos y la abcisa (y) las unidades del valor crítico de erosión de la cuenca. El valor crítico de erosión se determina mediante la aplicación de la siguiente fórmula:

$$Y_1 = ax_1 + b = 0 = a7 + b$$

$$Y_2 = ax_2 + b = 100 = a35 + b$$

$$Y = ax + b$$

$$Y = 3.571 (x) - 25 \quad (3)$$

## **VI. RESULTADOS**

### **6.1. Factor climático**

#### **6.1.1. Cobertura vegetal original (CO)**

Evaluando el parámetro cobertura vegetal original, se determino que en la parte alta y media de la subcuenca III se presenta un bajo porcentaje de semejanza entre ambas coberturas vegetales, debido a la alta tasa de deforestación a que han sido sometidas las áreas de bosques en la zona, presencia de una capa de talpetate que limita el crecimiento radicular y la emanación de gases provenientes del volcán Santiag, esto conlleva a que el Índice de protección total que la cobertura vegetal brinda al suelo sea moderado.

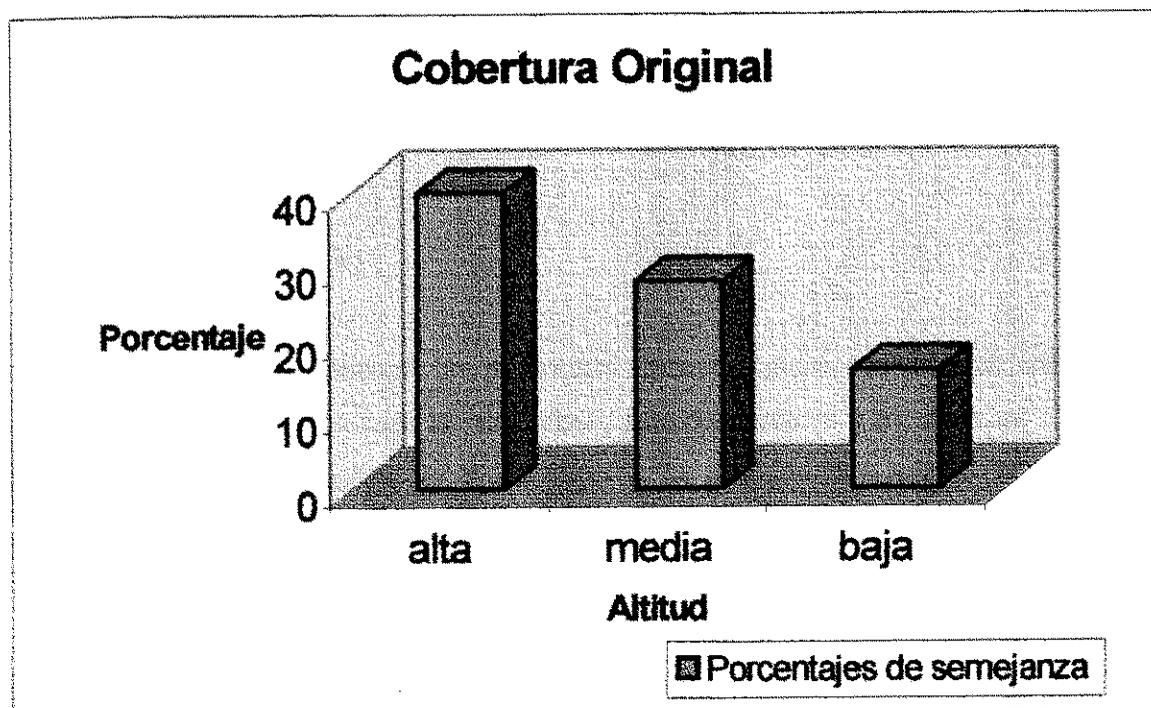
En la parte media este resultado se debe a que la vegetación original ha sido reemplazada por la producción en pequeña escala de cultivos anuales como granos básicos, hortalizas y cultivos no tradicionales (piña, Pitahaya), esto ha provocado una extrema reducción de la cobertura vegetal original resultando un Índice de protección total moderado, por que el relieve es menos acentuado que en la parte alta.

En la parte baja no existe ninguna semejanza entre ambas coberturas vegetales debido a la urbanización y presencia de infraestructuras lo que provocó una reducción de la cobertura vegetal original; pero a la vez existen áreas de pastizales que proporcionan un alto Índice de protección total al suelo, también las características del relieve (suave) favorecen este resultado.

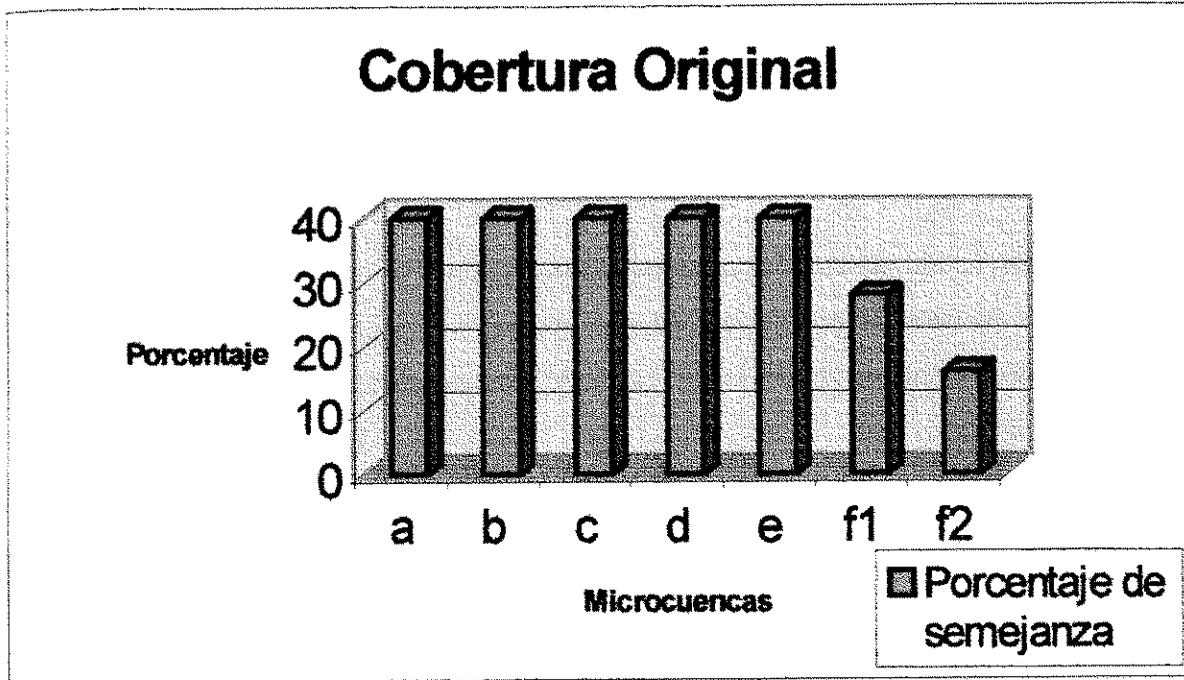
En el cuadro 9 se resumen los resultados del parámetro cobertura vegetal original a nivel altitudinal y de microcuencas y en las Figuras (1, 2) se presenta el comportamiento del parámetro en ambos niveles.

**Cuadro 9. Resumen de los resultados del parámetro cobertura vegetal original a nivel altitudinal y de microcuena**

Altitudinal	Microcuena	Número de especies vegetales actuales	Número de especies vegetales originales	Porcentaje (%)	Semejanza	Símbolo
Alta	(a, b, c, d, e)	18	45	40	Baja	CO4
Media	f	16	56	28	Baja	CO4
Baja	f	9	56	16	Ninguna	CO5



**Figura. 1 . Comportamiento del parámetro Cobertura Original a nivel altitudinal.**



**Figura. 2 . Comportamiento del parámetro Cobertura Original a nivel de Microcuencas.**

#### 6.1.2. Erosión potencial (E)

Al aplicar el método de Thiessen las estaciones meteorológicas con área de influencia en la subcuenca fueron: Casa Colorada la parte alta y microcuencas (c y e), Augusto Cesar Sandino tiene como área de influencia la parte baja, y la estación Ticuantepe la parte media y microcuencas (a, b, y d); Se puede observar en el cuadro 10 que la estación Casa colorada registra la mayor precipitación.

**Cuadro 10. Precipitación media anual y área de influencia de las estaciones meteorológicas ubicadas en la subcuenca III**

Estación	Precipitación promedio en 10 años (mm)	Area de influencia	Km <sub>2</sub>
Casa Colorada	1659.0	Parte alta y microcuenca (c y e)	31.54
A.C.Sandino	1064.4	Parte baja	30.07
Ticuantepe	1265.61	Parte (alta , media) y microcuencas (a,b,d)	68.52

$$P_m = 1/130 \text{ km}^2 \Sigma (1659 \text{ mm}) (31.54 \text{ Km}^2) (1064.4 \text{ mm}) (30.07 \text{ Km}^2) (1265.61 \text{ mm}) \\ (68.52 \text{ km}^2) (30 \text{ Km}^2)$$

$$PM = 1351.78 \text{ mm}$$

Es evidente que Octubre es el mes de mayor precipitación anual para las tres estaciones y el mes de máxima pluviosidad. El valor de Fournier más alto lo registra la estación Augusto Cesar Sandino, los datos climáticos corresponden a 10 años (1986-1995) presentandose en le Anexo 4.

El cuadro 11 contiene la información del valor del coeficiente de Fournier calculado para las tres estaciones meteorológicas que tienen influencia en la subcuenca III.

**Cuadro 11. Valor del coeficiente de Fournier para las tres estaciones meteorológicas que tienen influencia en la subcuenca III**

Estación	P <sup>2</sup> (mm)	P (mm)	Fórmula	F (mm)
A. C. Sandino	(231.2) <sup>2</sup>	1315.78	F = P <sup>2</sup> /P	40.62
Ticuantepe	(180.9) <sup>2</sup>	1315.78	F = P <sup>2</sup> /P	24.87
Casa Colorada	(200.5) <sup>2</sup>	1315.78	F = P <sup>2</sup> /P	30.55

Se utilizo la recta "C" del gráfico Fournier-Degradación para los valores de 24.87 y 30.55 y la recta B para el valor de 40.62; estimando así el valor de erosión potencial.

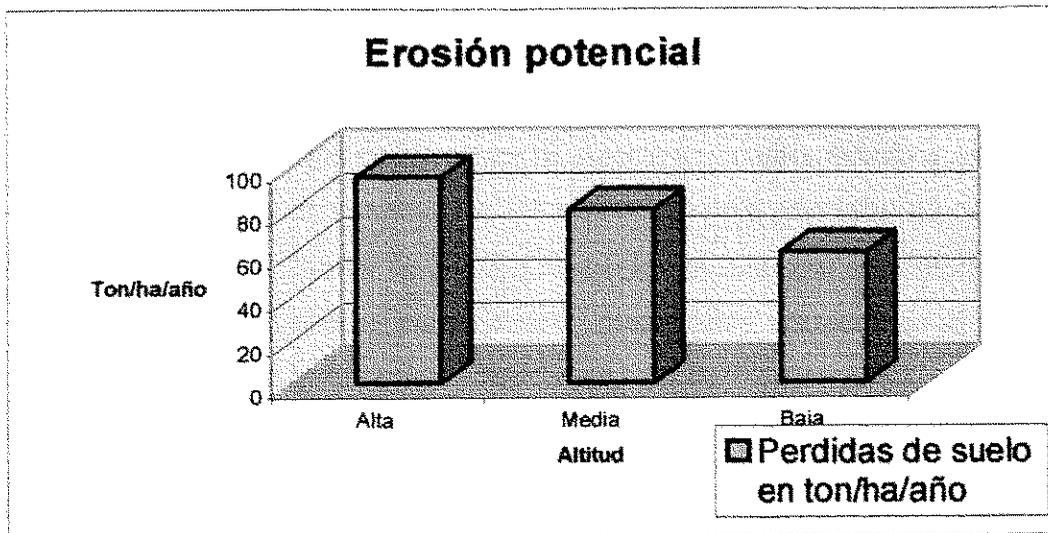
El análisis de la erosión potencial en la parte alta y media de la subcuenca tiene un fundamento lógico basado en los resultados de perdidas de suelo en parcelas de escorrentía de Ticuantepe; en 1990 las tasas de suelo erodado medidas desde Agosto-Diciembre fue 79.5 t/ha, mientras los correspondientes a suelos desnudos fueron (157.3 t/ha). (Rivas, 1990), por la influencia de las características del relieve, geología y el tipo de cobertura vegetal presentando coherencia en relación a cada factor por ej. A mayor pendiente media, mayor cobertura vegetal actual con

precipitaciones menos intensas con mayor frecuencia resulta mayor cantidad de suelo erosionado. En la parte baja con menor pendiente, ocupada en su mayor área por pastos con precipitaciones intensas con menor frecuencia es menor cantidad de suelo erosionado.

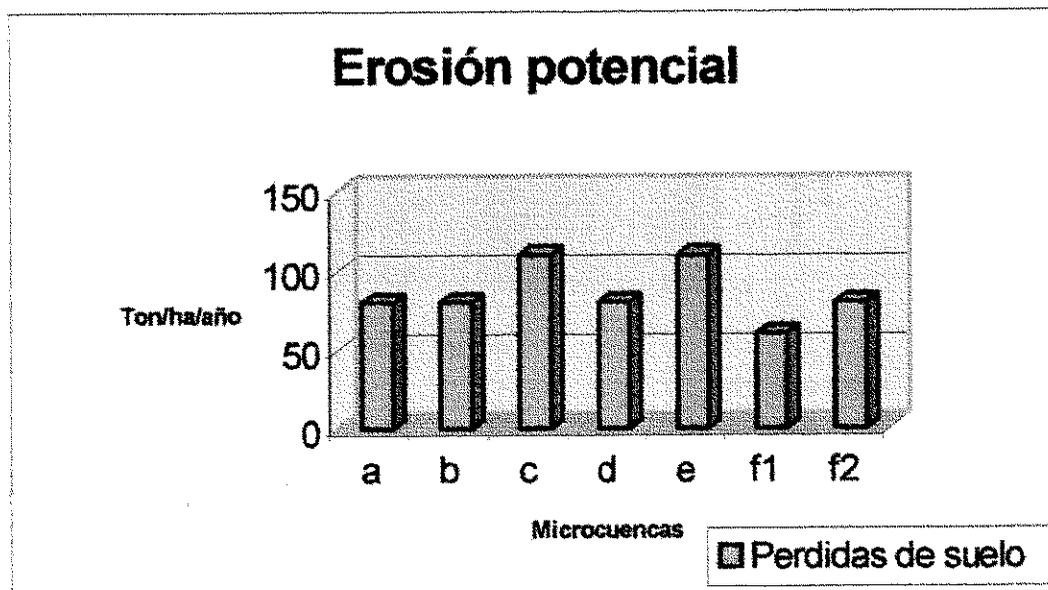
En el cuadro 12 se presenta el resumen de la estimación de la erosión potencial y en las Figuras 3 y 4 el comportamiento de la erosión potencial tanto a nivel altitudinal como de microcuencas.

**Cuadro 12. Erosión potencial a nivel altitudinal y de microcuena de la subcuena III**

Altitudinal	Clasificación del tipo de erosión	Erosión (ton/ha/año)	Símbolo
Parte alta	Erosión fuerte	95	E <sub>4</sub>
Parte media	Erosión fuerte	80	E <sub>4</sub>
Parte baja	Erosión fuerte	60	E <sub>4</sub>
Microcuena	Clasificación del tipo de erosión	Erosión (ton/ha/año)	Símbolo
a, b, d	Erosión fuerte	80	E <sub>4</sub>
c, e	Erosión fuerte	110	E <sub>4</sub>
f <sub>1</sub>	Erosión fuerte	60	E <sub>4</sub>
f <sub>2</sub>		80	

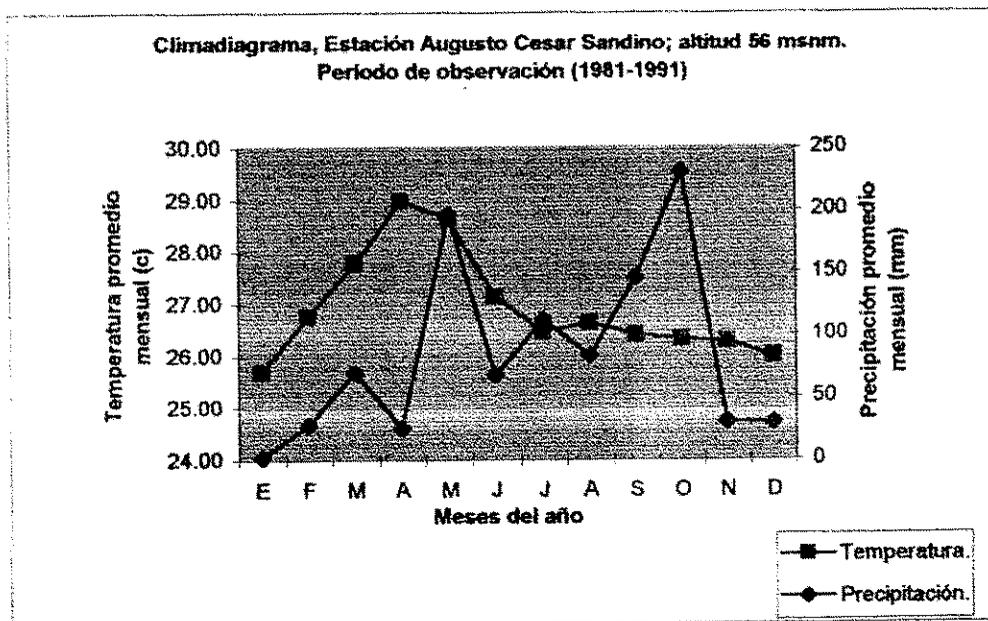


**Figura. 3. Comportamiento del parámetro Erosión Potencial a nivel altitudinal.**



**Figura. 4. Comportamiento del parámetro Erosión Potencial a nivel de Microcuencas**

El siguiente climadiagrama (ver Figura 5) corresponde al de la estación meteorológica Augusto Cesar Sandino, de acuerdo a este el comportamiento del clima en esta área es el siguiente: se presenta una época seca en los meses de Enero a Abril y de Noviembre a Diciembre porque la curva de precipitación queda por debajo de la curva de temperatura; una época húmeda correspondiente a los meses de Mayo a Julio y un período de canícula a mediados del mes de Julio, continuando la época húmeda en los meses de Agosto a Octubre debido a que la curva de precipitación excede a la curva de temperatura. El mes de máxima precipitación es Octubre y el de mínima Enero ; siendo los meses de Abril y Enero los de máxima y mínima temperatura respectivamente. Los datos climáticos para elaborar este gráfico aparecen en el anexo 5. La carencia de datos climáticos de las estaciones meteorológicas de Ticuantepe y Casa Colorada, no permitieron elaborar los correspondientes Climadiagramas.



**Figura 5. Climadiagrama de la estación meteorológica Aeropuerto Internacional Augusto Cesar Sandino actualmente "Las Mercedes"**

## 6.2. Factor relieve

Las pendientes medias calculadas a nivel altitudinal, corresponden en la parte alta a 48%, la parte media 31% y la parte baja 6%; lo que caracteriza un relieve contemplado de pronunciado, moderadamente pronunciado a suave. El nivel de microcuencas caracteriza un relieve escarpado para las microcuencas ("a", "b", "c", "d") y muy escarpado para la microcuenca "e".

La microcuenca "f" corresponde a la parte media y baja de la subcuenca con una pendiente media de 42%, caracterizado un relieve pronunciado; El cálculo de la pendiente media presenta mayor precisión a nivel de microcuenca por la disminución de la variación estadística en unidades hidrológicas geográficamente más pequeñas.

El siguiente cuadro (13) contiene los resultados de la caracterización del relieve con el respectivo valor de pendiente media, el símbolo e índice correspondiente; y las figuras (6,7) el comportamiento del parámetro a nivel altitudinal y de microcuencas.

**Cuadro 13. Caracterización del relieve por rangos de pendientes a nivel altitudinal y de microcuencas**

<b>Altitudinal</b>	<b>Pendiente media (%)</b>	<b>Relieve</b>	<b>Símbolo</b>
Parte alta	48	Pronunciada	D <sub>4</sub>
Parte media	31	Moderadamente pronunciada	D <sub>3</sub>
Parte baja	6	Suave	D <sub>1</sub>
<b>Microcuenca</b>	<b>Pendiente media (%)</b>	<b>Relieve</b>	<b>Símbolo</b>
a	56	Escarpada	D <sub>5</sub>
b	68	Escarpada	D <sub>5</sub>
c	61	Escarpada	D <sub>5</sub>
d	69	Escarpada	D <sub>5</sub>
e	91	Muy escarpada	D <sub>6</sub>
f	42	Pronunciada	D <sub>4</sub>

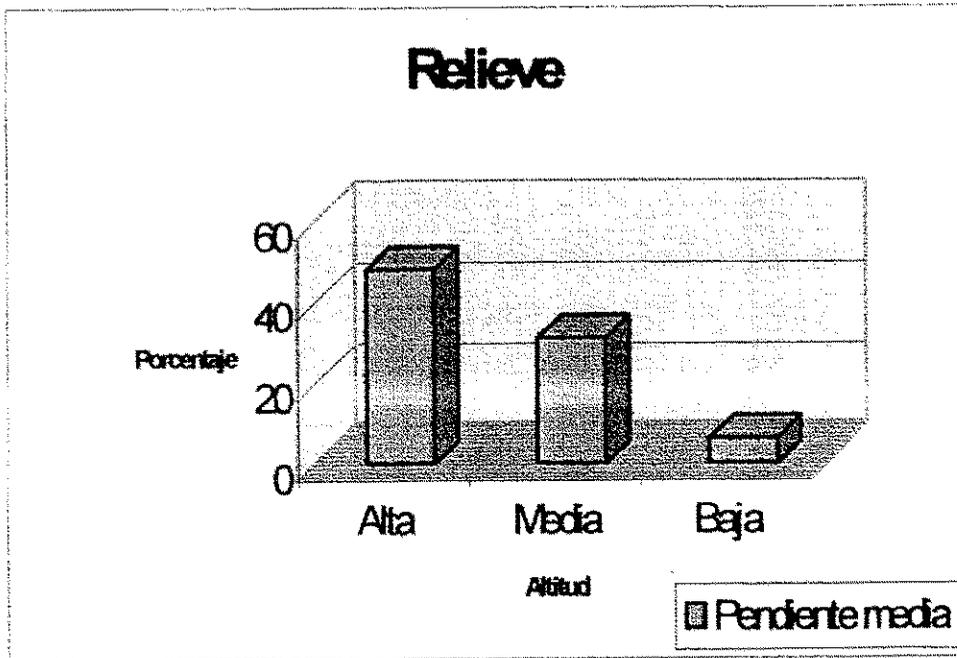


Figura. 6. Comportamiento del parámetro Relieve a nivel altitudinal

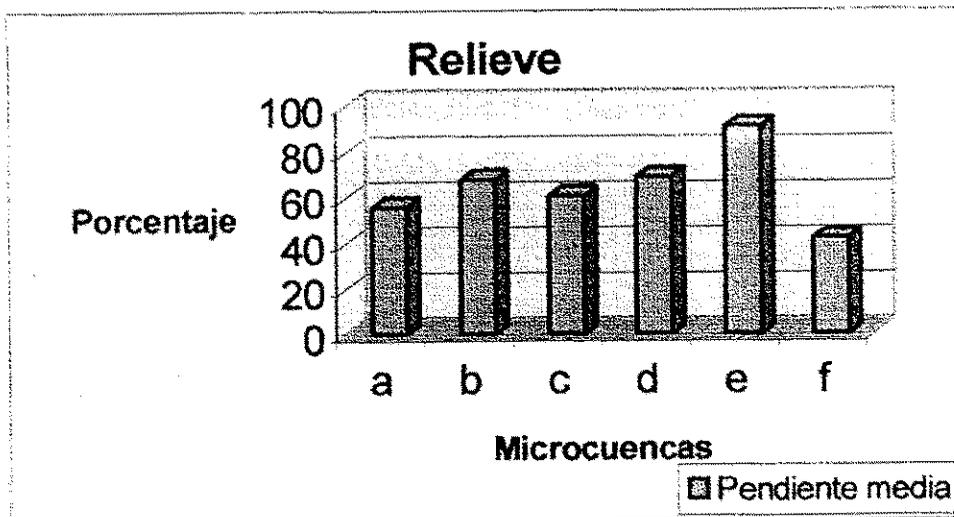


Figura. 7. Comportamiento del parámetro Relieve a nivel de Microcuencas

### 6.3. Factor geología

De acuerdo al mapa geológico y consultando el léxico estratigráfico se determino que el tipo de roca predominante en la subcuenca corresponde a rocas eruptivas, identificándola con el símbolo e índice (L<sub>13</sub>). Este mapa nos dice que la formación a la que pertenece la zona de estudio es la "Las Sierras" y grupo volcánico "Masaya". Las rocas mas abundantes son: basalto, andesita, piedra pómez, lápillis, materiales piroclásticos, brechas, cenizas volcánicas y toba (ver cuadro 14); analizando el cuadro 4 de susceptibilidad a la erosión clasificamos estas rocas como moderadamente susceptibles a la erosión; designándole el símbolo e índice (R<sub>3</sub>).

Indicando esto que el tipo y erodabilidad de la roca por ser de origen volcánico constituyen un elemento clave en la susceptibilidad de los suelos a ser erosionados influyendo directamente en los valores de erosión potencial estimads y en el porcentaje de cobertura actual del proceso de erosión hídrica de la subcuenca.

En el cuadro 14 se presentan los resultados correspondientes al tipo y disgregabilidad de la roca a nivel altitudinal y de microcuencas para la subcuenca III. Debido a que el comportamiento de este parámetro es el mismo para toda la subcuenca no se elaboraron las correspondientes figuras.

6.3.1. Cuadro 14. Tipo y disgregabilidad de la roca a nivel altitudinal y de microcuencas

Altitudinal	Microcuenca	Material Original	Material Presente	Símbolo
Parte alta	a, b, c, d, e	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Flujos y depósitos piroclásticos caídos y lavas</li> <li>● Aglomerado basáltico andesítico compacto, brechas tobacea, toba</li> <li>● Colada de lava, piroclastos gruesos, escorias o lapillis</li> </ul>	Aflorante o mezclado con suelo, moderadamente susceptible a la erosión	L <sub>1</sub> R <sub>3</sub>
Parte media	f	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Flujos piroclásticos y depósitos piroclásticos caídos y lavas</li> <li>● Aglomerado basáltico andesítico, toba brecha tobacea</li> <li>● Lavas basálticas andesíticas</li> <li>● Colada de lava, piroclastos medios</li> </ul>	Cenizas volcánicas, mezclado, moderadamente susceptible a la erosión	L <sub>1</sub> R <sub>3</sub>
Parte baja	f	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Flujos piroclásticos y depósitos piroclásticos caídos y lavas</li> <li>● Sedimentos de arena y arcilla, materia piroclásticos y depósitos de escombros</li> <li>● Lavas basálticas andesíticas</li> <li>● Piroclastos finos, sedimentos volcánicos no consolidados</li> </ul>	Suelo, arcilla y limo, moderadamente susceptible a la erosión	L <sub>1</sub> R <sub>3</sub>

Fuente: INAA & JICA, 1993

### 6.3.2. Cobertura actual del proceso erosivo (e)

El análisis de la foto interpretación permitió elaborar un mapa de red de drenaje para estimar el porcentaje de erosión hídrica en cárcavas y un mapa de uso actual de la tierra para estimar erosión hídrica laminar y en surco.

La observación de campo en la parte alta de la sub-cuenca muestra un paisaje severamente degradado por erosión hídrica (laminar, surco y cárcava) debido a las características del relieve (pronunciado). En la parte media y baja se considera menos afectación por este fenómeno debido a la disminución de pendientes.

Los resultados obtenidos de los porcentajes estimados de cobertura de erosión hídrica a nivel altitudinal, muestran la parte alta afectada en un 90% siendo considerable la erosión en cárcavas (30%), la parte media y baja con un (50 y 30%) respectivamente., de este los porcentajes de erosión se encuentran distribuidos equitativamente.

El resultado del porcentaje de cobertura de erosión hídrica de las microcuencas "a", "b", "d", "e" es de 90%; considerando en un alto porcentaje la erosión en cárcava, según el uso actual existe un área mayoritaria de cultivos semi-perennes sin terrazas, por ello los porcentajes estimados de erosión laminar y en surco es alto, las características del relieve confirman el resultado obtenido.

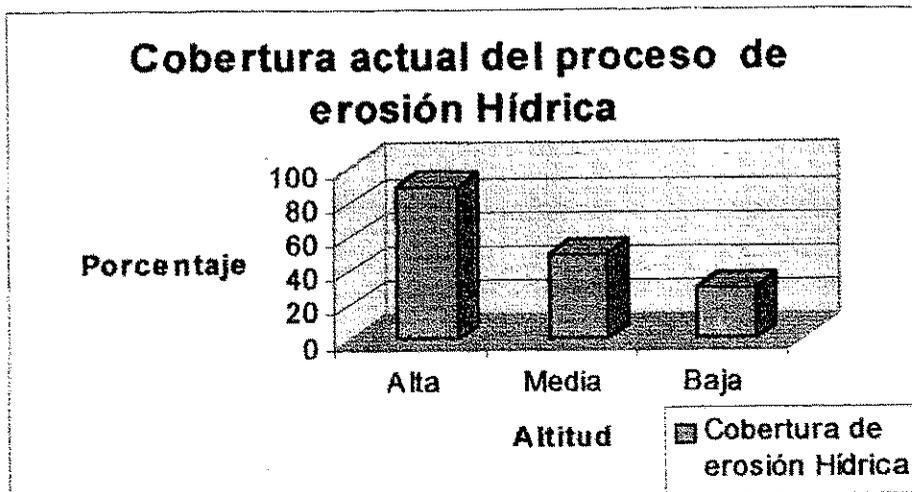
La microcuenca "c" con un relieve pronunciado pero su uso ocupado en su mayor área por bosque claro con un índice de protección total moderado se estima un menor porcentaje de erosión (80%), del cuál predomina la erosión laminar y surco debido al uso de la tierra en la parte media (cultivos semi-perennes sin terrazas), y un menor porcentaje de erosión en cárcava debido a un relieve suave y un alto índice de protección total en la parte baja de la subcuenca.

Los porcentajes de cobertura de erosión actual estimados para la sub-cuenca reflejan la relación directa y la influencia de la vegetación, pendiente media y geología donde concuerdan la clasificación de las formas de erosión con los tipos de uso actual del suelo; Coincidiendo con los resultados de erosión potencial estimada, con el porcentaje del proceso de erosión hídrica de la parte alta y los valores menores de erosión potencial se asemejan con el menor porcentaje de cobertura actual del proceso de erosión hídrica en la subcuenca.

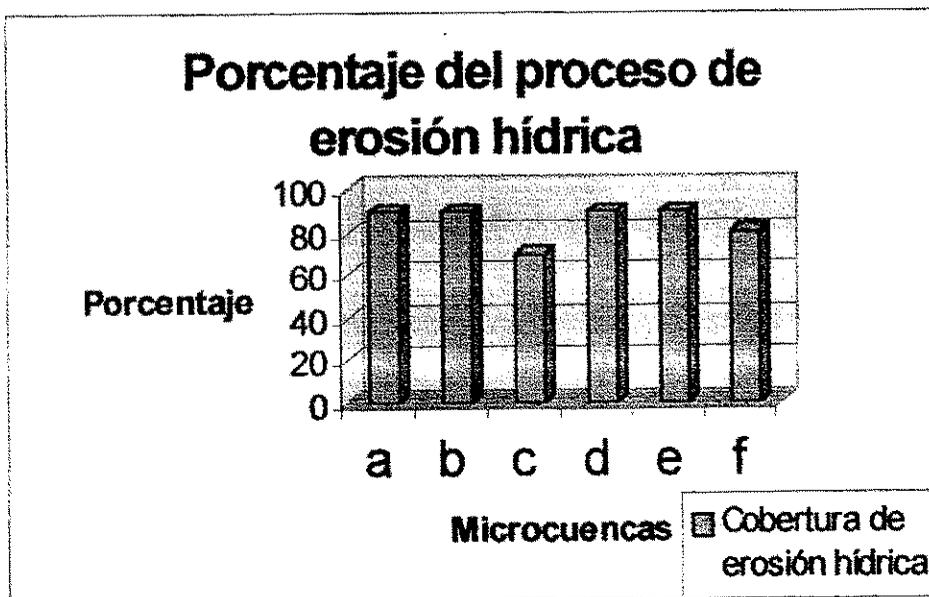
El cuadro 15 y contiene la información correspondiente a los resultados de la estimación del porcentaje actual del proceso de erosión hídrica y las figuras (8,9) del comportamiento de este parámetro a nivel altitudinal como de microcuencas de la subcuenca III.

**Cuadro 15. Porcentaje y forma del proceso de erosión actual a nivel altitudinal y de microcuenca**

<b>Porcentaje de erosión</b>					
<b>Altitudinal</b>	<b>Laminar</b>	<b>Surcos</b>	<b>Cárcavas</b>	<b>Total</b>	<b>Símbolo</b>
Parte alta	20	53	30	90	e5
Parte media	15	25	10	50	e3
Parte baja	5	5	20	30	e2
<b>Microcuenca</b>	<b>Laminar</b>	<b>Surcos</b>	<b>Cárcavas</b>	<b>Total</b>	<b>Símbolo</b>
a	23	47	20	90	e5
b	20	45	25	90	e5
c	15	35	20	70	e4
d	15	50	25	90	e5
e	23	47	20	90	e5
f	20	30	30	80	e4



**Figura 8. Comportamiento del parámetro cobertura actual del proceso de erosión hídrica a nivel altitudinal.**



**Figura 9. Comportamiento del parámetro cobertura actual del proceso de erosión hídrica a nivel de Microcuencas**

#### 6.4. Factor cobertura vegetal actual

A nivel altitudinal la parte alta de la subcuenca tiene un índice de protección total moderado debido a un mayor área de cobertura vegetal de bosques y cultivos semiperennes sin terrazas, lo contrario de la parte media ya que el grado de protección que la cobertura vegetal brinda al suelo es bajo, ocupada en su mayor área por cultivos semiperennes sin terrazaas, matorrales y pastizales degradados; influyendo las características del relieve en la zona (moderadamente pronunciado) aumentando el porcentaje de cobertura del proceso de erosión hídrica.

El uso actual de la mayor área de la parte baja es pastizales, que atribuyendo un relieve suave da como resultado un alto índice de protección en la zona.

Las microcuencas "a", "b" y "d" presentan un bajo índice de protección total, con un relieve escarpado, debido a esto resultan las microcuencas con mayor grado de deterioro comparativo; el índice de protección total de las microcuencas "c", "e" y "f" es moderado, priorizando de estas la microcuenca "e" por tener relieve más acentuado respecto a las demás.

Los cuadros 16 y 17 contienen la información completa del proceso de cálculo que conlleva a la determinación del índice de protección total que brinda la cobertura vegetal al suelo a nivel altitudinal y de microcuencas en la subcuenca III.

**Cuadro 16. Cálculo del índice de protección total que brinda la cobertura vegetal al suelo a nivel altitudinal**

	Símbolo	Tipo de cobertura vegetal actual	A(ha)	IP	SR	IPT
Parte alta	1c	Bosque claro con erosión	80.56	0.5	40.28	
	2b	Matorral degradado	93.15	0.45	41.25	
	5b	C. semiperennes sin terrazas	186.3	0.3	55.89	
	1c	Bosque claro con erosión	30.188	0.5	15.094	
	2b	Matorral degradado	108.25	0.45	48.7125	
	5b	Cultivos semiperennes sin terrazas	506.03	0.3	151.809	
	1c	Bosque claro con erosión	1349.43	0.5	674.71	
	1B	Bosque sin erosión	438.06	0.85	372.35	
	5b	Cultivos semiperennes sin terrazas	1110.25	0.3	333.07	
	2b	Matorral degradado	15.10	0.45	6.795	
	1c	Bosque claro con erosión	183.78	0.5	91.89	
	2b	Matorral degradado	188.82	0.45	84.96	
	5b	Cultivos semiperennes sin terrazas	1019.63	0.3	305.88	
	1c	Bosque claro con erosión	611.78	0.85	520.013	
	5b	Cultivos semiperennes sin terrazas	659.62	0.3	197.89	
		Total		6580.95		2727.14
Parte media	1c	Bosque claro con erosión	70.49	0.5	35.25	
	2a	Matorral no degradado	156.09	0.85	132.68	
	3b	Pastizales, degradados con erosión aparente	579.05	0.45	837.234	
	5b	Cultivos semiperennes sin terrazas	3200.33	0.3	844.41	
	8	Terrenos planos o casi planos	166.16	1.0	166.16	
		Total		4355.91		1602.199
Parte baja	3a	Pastizales, degradados con erosión aparente	1545.82	0.85	1313.94	
	5b	Cultivos semiperennes sin terrazas	518.63	0.3	155.58	
	8	Terrenos planos o casi planos	650	1.0	650	
		Total		3242.63		2029.37

**Cuadro 17. Cálculo del índice de protección total que brinda la cobertura vegetal al suelo a nivel de microcuenca**

	<b>Símbolo</b>	<b>Tipo de Cobertura Vegetal Actual</b>	<b>A (ha)</b>	<b>IP</b>	<b>SR</b>	<b>IPT</b>
a	1c	Bosque claro con erosión	80.56	0.5	40.28	
	2b	Matorral degradado	93.15	0.45	41.25	
	5b	Cultivos semiperennes sin terrazas	186.3	0.3	55.89	
	<b>Total</b>			<b>360.01</b>		<b>138.08</b>
b	1c	Bosque claro con erosión	30.188	0.5	15.094	
	2b	Matorral degradado	108.25	0.45	48.7125	
	5b	Cultivos semiperennes sin terrazas	506.03	0.3	151.809	
	<b>Total</b>			<b>644.47</b>		<b>215.61</b>
c	1c	Bosque claro con erosión	1349.43	0.5	674.71	
	1b	Bosque sin erosión	438.06	0.85	372.35	
	5b	Cultivos semiperennes sin terrazas	1110.25	0.3	333.07	
	2b	Matorral degradado	15.10	0.45	6.795	
	<b>Total</b>			<b>2912.84</b>		<b>1386.93</b>
d	1c	Bosque claro con erosión	183.78	0.5	91.89	
	2b	Matorral degradado	188.82	0.45	84.96	
	5b	Cultivos semiperennes sin terrazas	1019.63	0.3	305.88	
	<b>Total</b>			<b>1392.23</b>		<b>492.4</b>
e	1c	Bosque claro con erosión	611.78	0.85	520.013	
	5b	Cultivos semiperennes sin terrazas	659.62	0.3	197.89	
	<b>Total</b>			<b>1271.40</b>		<b>717.20</b>
f	1c	Bosque claro con erosión	70.49	0.5	35.25	
	2a	Matorral no degradado	156.09	0.85	132.68	
	3a	Pastizales	1860.52	0.45	837.234	
	5b	Cultivos semiperennes sin terrazas	2814.7	0.3	844.41	
	8	Terrenos planos o casi planos	1344.34	1.0	1344.34	
	2b	Matorral degradado	183.79	0.45	82.71	
	<b>Total</b>			<b>6429.93</b>		<b>3276.624</b>

**Clave:**

V<sub>4</sub> : Medianamente protegida

IPT : Índice de protección total

V<sub>5</sub> : Baja protección

SR : Superficie reducida

A : Área de cada microcuenca en Ha

IP : Índice de protección

En general la parte alta presenta un índice de protección total moderado, la parte media bajo y la parte baja alto, esto se atribuye al uso particular de cada una de las áreas y a las características del relieve.

El índice de protección total que la cobertura vegetal da al suelo en las microcuencas "a", "b" y "d" es bajo con un relieve escarpado, a diferencia de las microcuencas "c" y "e" el que es moderado; presentando la microcuenca "e" un mayor grado de deterioro comparativo por presentar un relieve muy escarpado.

La microcuenca "f" tiene como resultado un moderado índice de protección total, que con un relieve pronunciado disminuye el proceso de erosión hídrica respecto a las demás

En el cuadro 18 se muestra el consolidado de los índices de protección total de la vegetación con sus respectivos símbolos y subíndices y el comportamiento del parámetro en las figuras (10,11) a nivel altitudinal y de microcuencas.

**Cuadro 18. Síntesis de los valores del índice de protección total que brinda la cobertura vegetal a nivel altitudinal y de microcuenca**

Nivel		IPT	Símbolo
Altitudinal	Alta	0.41	V <sub>4</sub>
	Media	0.36	V <sub>5</sub>
	Baja	0.78	V <sub>3</sub>
Microcuencas	a	0.38	V <sub>5</sub>
	b	0.33	V <sub>5</sub>
	c	0.48	V <sub>4</sub>
	d	0.35	V <sub>3</sub>
	e	0.56	V <sub>4</sub>
	f	0.50	V <sub>4</sub>

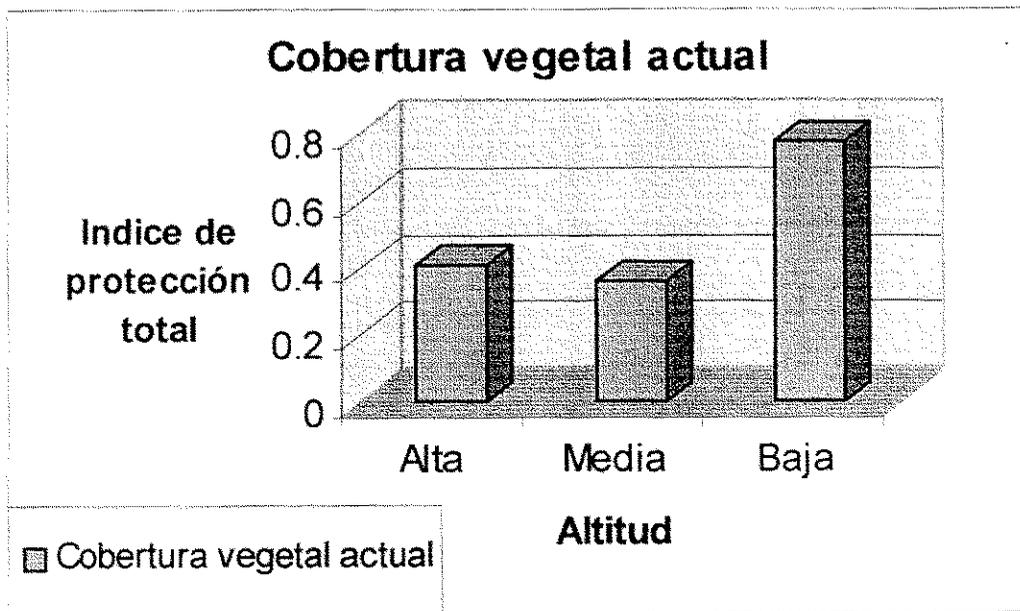


Figura 10. Comportamiento del parámetro Cobertura vegetal actual a nivel altitudinal.

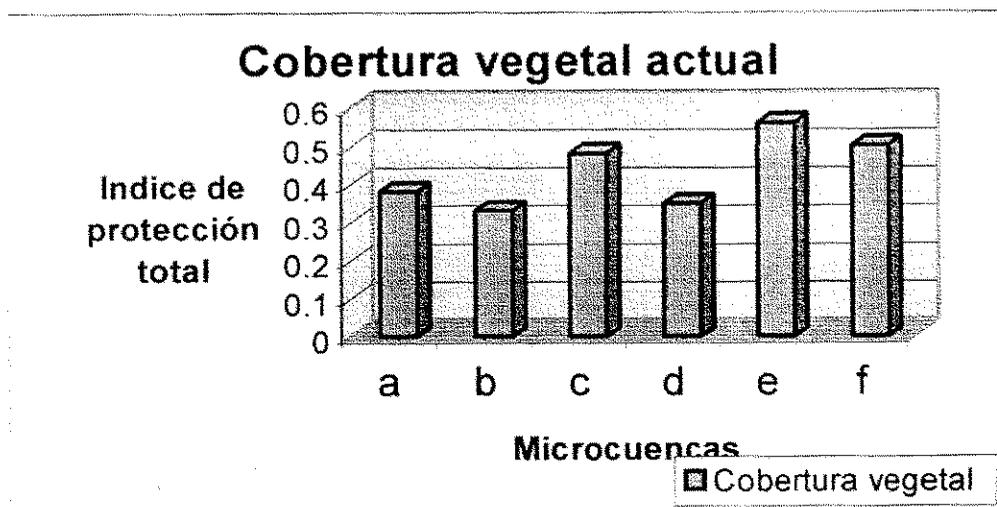


Figura. 11. Comportamiento del parámetro Cobertura vegetal actual a nivel de Microcuencas.

## 6.5. Interpretación de las fórmulas descriptivas a nivel altitudinal y de microcuencas

A continuación se presentan y describen cada una de las fórmulas descriptivas correspondientes a nivel altitudinal de la subcuenca III.

### 6.5.1. Nivel altitudinal

#### 6.5.1.1. Subcuenca alta

- El grado de semejanza de la cobertura vegetal original con respecto a la vegetación actual es bajo, este corresponde a 40%
- El valor estimado de erosión potencial es de 95 ton/ha/año, el que corresponde a una degradación específica que se clasifica como fuerte
- La pendiente media por su parte es pronunciada (48%)
- La litología de esta zona está conformada por un tipo de rocas duras eruptivas y material de origen mezclado, este tipo de roca generalmente tiende a originar suelos de texturas finas (tufas, brechas) a gruesa (piedra pomez), muy plásticos y fácilmente disgregables por la escorrentía superficial (Velásquez 1997), debido a esto presentan una alta erodabilidad
- 90% del área esta afectada por erosión hídrica, del cual el 20% corresponde a erosión laminar, un 40% a erosión en surco y un 30% a erosión en cárcavas
- La protección que brinda la cobertura vegetal al suelo es moderada, con un valor de índice de protección correspondiente a 0.41

### 6.5.1.2. Subcuenca media

- Existe una baja semejanza entre la cobertura vegetal original y la cobertura vegetal actual (29%)
- La erosión potencial estimada corresponde a 80 ton/ha/año, clasificada como erosión fuerte
- La pendiente media es de 31%, este valor corresponde a un relieve moderadamente pronunciado
- La litología de esta zona está conformada por un tipo de rocas duras eruptivas (basalto, andesita, piedra pomez, brechas, tobas, lapillis) material de origen mezclado, este tipo de roca generalmente tiende a originar suelos de texturas franco franco-arenoso, franco-arcillo-limoso, plásticos y fácilmente disgregables por la escorrentía superficial (Velásquez 1997), debido a esto presentan erodabilidad alta
- La cobertura del proceso de erosión hídrica es de 50%; del cual 15% corresponde a erosión laminar, 25% a erosión en surcos y 10% a erosión en cárcavas
- La protección que la cobertura vegetal brinda al suelo es baja, con un índice de protección de 0.36

### 6.5.1.3. Subcuenca baja

$CO_5 \ E_4 \ D_1 / L_1 \ R_3 \ e_4 \ V_3$

- Debido a la presencia de áreas urbanas en esta zona no existe ninguna semejanza entre la cobertura vegetal original y la actual, el porcentaje de semejanza corresponde a 16%
- La erosión potencial es fuerte con un valor estimado de 60 ton/ha/año
- El relieve es suave, presenta una pendiente media de 6%
- La litología de esta zona está conformada por un tipo de rocas duras eruptivas (lavas, basalto, andesita, tufas, brecha tobácea y material de origen mezclado (sedimentos de arena y arcilla, material piroclásticos finos depósitos de escombros, sedimentos volcánicos no consolidados), este tipo de roca generalmente tiende a originar suelos de texturas finas (arcillo-limoso) muy plásticos y fácilmente disgregables por la escorrenría superficial (Velásquez 1997), debido a esto presentan erodabilidad alta
- 30% de esta área esta afectada por el proceso de erosión hídrica; de este el 5% es erosión laminar, el 5% erosión en surco y el 20% erosión en cárcavas
- El índice de protección total que brinda la cobertura vegetal al suelo es alto, esta corresponde a 0.78

El cuadro 19 contiene un resumen de los parámetros de la fórmula descriptiva con sus respectivos símbolos y subíndices utilizados para realizar el diagnóstico físico-conservacionista de la subcuenca III a nivel altitudinal. (ver Mapa 5).

**Cuadro 19. Parámetros de la fórmula descriptiva del diagnóstico físico-conservacionista a nivel altitudinal**

Parámetros	Subcuenca alta	Subcuenca media	Subcuenca baja
Cobertura original (CO)	CO <sub>3</sub>	CO <sub>4</sub>	CO <sub>5</sub>
Erosión potencial (E)	E <sub>4</sub>	E <sub>4</sub>	E <sub>4</sub>
Pendiente media (D)	D <sub>4</sub>	D <sub>2</sub>	D <sub>1</sub>
Litología (L)	L <sub>1</sub>	L <sub>1</sub>	L <sub>1</sub>
Erodabilidad (R)	R <sub>3</sub>	R <sub>3</sub>	R <sub>3</sub>
Erosión actual (e)	e <sub>3</sub>	e <sub>4</sub>	e <sub>4</sub>
Cobertura vegetal (V)	V <sub>4</sub>	V <sub>5</sub>	V <sub>3</sub>
Puntaje	24	23	19

## 6.5.2. Microcuencas

### 6.5.2.1. Microcuenca (a)

CO <sub>4</sub> E <sub>4</sub> D <sub>5</sub> / L <sub>1</sub> R <sub>3</sub> e <sub>5</sub> V <sub>5</sub>
---

- La semejanza entre la cobertura vegetal original con la actual es baja, esta corresponde a un porcentaje de 40%
- La degradación específica es fuerte, con un valor estimado en 80 ton/ha/año
- El relieve es escarpado, con un valor de pendiente media correspondiente a 56%
- La litología de esta zona está conformada por un tipo de rocas duras eruptivas y material de origen mezclado, este tipo de roca generalmente tiende a originar suelos de texturas finas (tufas, brechas) a gruesa (piedra pomez), muy plásticos y fácilmente disgregables por la escorrentía superficial (Velásquez 1997), debido a esto presentan erodabilidad alta
- La cobertura del proceso de erosión hídrica es de 90%; del cual 23% esta representado por erosión laminar, 47% por erosión en surcos y el 20% por erosión en cárcavas
- La protección que la cobertura vegetal brinda al suelo es baja, con un valor de índice de protección correspondiente a 0.38

### 6.5.2.2. Microcuenca (b)

$CO_4 E_4 D_5 / L_1 R_3 e_5 V_5$

- 40% representa el grado de semejanza entre la cobertura vegetal original con la actual, este valor nos representa un índice de protección bajo
- La erosión potencial estimada es fuerte, correspondiendo a 80 ton /ha/año
- La pendiente media es de 68%, este valor corresponde a un relieve escarpado
- La litología de esta zona está conformada por un tipo de rocas duras eruptivas y material de origen mezclado, este tipo de roca generalmente tiende a originar suelos de texturas finas (tufas, brechas) a gruesa (piedra pomez), muy plásticos y fácilmente disgregables por la escorrentía superficial (Velásquez 1997), debido a esto presentan erodabilidad alta
- La cobertura del proceso de erosión hídrica se distribuye en 20% para erosión laminar, 45% para erosión en surco y 25% para erosión en cárcavas, lo que totaliza 90%
- El valor calculado del índice de protección total que brinda la cobertura vegetal al suelo es de 0.33, este corresponde a una protección baja

### 6.5.2.3. Microcuenca (c)

$CO_4 E_4 D_5 / L_1 R_3 e_5 V_4$

- El grado de semejanza entre la cobertura vegetal actual y original es baja; (40%)
- 110 ton/ha/año es el valor estimado de degradación específica para esta microcuenca, el que corresponde a una erosión fuerte
- La pendiente media es de 61%, este valor corresponde a un relieve escarpado

- La litología de esta zona está conformada por un tipo de rocas duras eruptivas y material de origen mezclado, este tipo de roca generalmente tiende a originar suelos de texturas finas (tufas, brechas) a gruesa (piedra pomez), muy plásticos y fácilmente disgregables por la escorrentía superficial (Velásquez 1997), debido a esto presentan erodabilidad alta.
- La cobertura del proceso de erosión hídrica es de 70%, del cual el 15% es erosión laminar, el 35% erosión en surco y el 20% erosión en cárcavas
- 0.48 representa el valor calculado del índice de protección total que la vegetación ofrece al suelo, interpretándose como una moderada protección

#### 6.5.2.4. Microcuenca (d)

CO<sub>4</sub> E<sub>4</sub> D<sub>5</sub> / L<sub>1</sub> R<sub>3</sub> e<sub>5</sub> V<sub>5</sub>

- En esta microcuenca existe baja semejanza entre la cobertura vegetal original con la actual (40%)
- La erosión potencial se clasifica como fuerte, debido a que el valor estimado corresponde a 80 ton/ha/año
- Presenta relieve escarpado con una pendiente media de 69%
- La litología de esta zona está conformada por un tipo de rocas duras eruptivas y material de origen mezclado, este tipo de roca generalmente tiende a originar suelos de texturas finas (tufas, brechas) a gruesa (piedra pomez), muy plásticos y fácilmente disgregables por la escorrentía superficial (Velásquez 1997), debido a esto presentan erodabilidad alta
- La cobertura del proceso de erosión hídrica es de 90% del que el 15% es erosión laminar, 50% erosión en surco, y 25% erosión en cárcavas
- El grado de protección que la cobertura vegetal brinda al suelo es bajo, 0.35 es el valor del índice de protección total calculado

#### 6.5.2.5. Microcuenca (e)

$CO_4 E_4 D_6 / L_1 R_3 e_5 V_4$

- La semejanza que existe entre la cobertura vegetal original con la actual es baja (40%)
- La degradación específica estimada es de 110 ton/ha/año, clasificada como erosión fuerte
- La pendiente media es de 91%, lo que corresponde a un relieve muy escarpado
- La litología de esta zona está conformada por un tipo de rocas duras eruptivas y material de origen mezclado, este tipo de roca generalmente tiende a originar suelos de texturas finas (tufas, brechas) a gruesa (piedra pómez), muy plásticos y fácilmente disgregables por la escorrentía superficial (Velásquez 1997), debido a esto presentan alta erodabilidad
- La cobertura del proceso de erosión hídrica se distribuye en erosión laminar, en surco y en cárcavas, con porcentajes de 23, 47 y 20% respectivamente para un total de 90% de cubrimiento
- 0.56 representa el valor calculado del índice de protección total que la vegetación ofrece al suelo, esto significa que la protección que brinda al suelo la cobertura vegetal es moderada

#### 6.5.2.6. Microcuenca (f)

$CO_4 E_4 D_4 / L_1 R_3 e_4 V_4$

- El porcentaje de semejanza entre la cobertura vegetal original con la actual corresponde a 22%, interpretándose como un grado de semejanza bajo

- La degradación potencial se clasifica fuerte, debido a que el valor estimado corresponde en la parte media 80 ton/ha/año y en la parte baja 60 ton/ha/año
- El relieve es pronunciado, debido a el valor de pendiente media que presenta (42%)
- La litología de esta zona está conformada por un tipo de rocas duras eruptivas (lavas, basalto, andesita, piedra pomez, tufas, brechas, tobas, lapillis) material de origen mezclado (sedimentos de arena y arcilla, material piroclasticos finos depósitos de escombros, sedimentos volcánicos no consolidados), este tipo de roca generalmente tiende a originar suelos de texturas franco franco-arenoso, franco-arcillo-limoso, (arcillo-limoso), plásticos y fácilmente disgregables por la escorrentía superficial (Velásquez 1997), debido a esto presentan erodabilidad alta
- El 80% del área de esta microcuenca se encuentra afectada por el proceso de erosión hídrica, (erosión laminar, en surcos y en cárcavas); distribuidos en 20, 30 y 30% respectivamente
- La protección que la cobertura vegetal brinda al suelo es baja, porque el índice de protección total calculado es de 0.50

El cuadro 20 contiene la información correspondiente a los parámetros de la fórmula descriptiva utilizada para realizar el diagnóstico físico-conservacionista a nivel de microcuencas, cada una con su respectivo símbolo y valor del subíndice. (ver Mapa 6).

**Cuadro 20. Parámetros de la fórmula descriptiva del diagnóstico físico-conservacionista a nivel de microcuenca**

Parámetros	Microcuencas					
	a	b	C	d	e	f
Cobertura original (CO)	CO <sub>4</sub>					
Erosión potencial (E)	E <sub>4</sub>					
Pendientes (D)	D <sub>5</sub>	D <sub>5</sub>	D <sub>5</sub>	D <sub>5</sub>	D <sub>6</sub>	D <sub>4</sub>
Litología (L)	L <sub>1</sub>					
Erodabilidad (R)	R <sub>3</sub>					
Erosión actual (e)	e <sub>5</sub>	e <sub>4</sub>				
Cobertura vegetal (V)	V <sub>5</sub>	V <sub>5</sub>	V <sub>4</sub>	V <sub>5</sub>	V <sub>4</sub>	V <sub>4</sub>
Puntaje	27	27	25	27	27	24

## 6.6. Curva representativa de la fórmula descriptiva

En el siguiente gráfico se presenta la curva representativa de la fórmula descriptiva utilizada para realizar el diagnóstico físico-conservacionista de la subcuenca III, con sus respectivas unidades de riesgo y valores críticos de erosión. El anexo 6 contiene la información correspondiente que facilita la elaboración de esta figura 12.

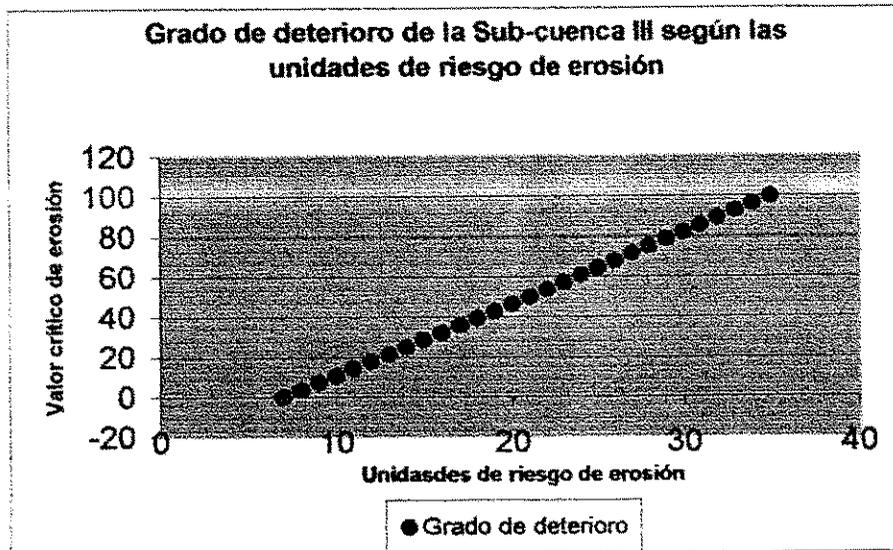


Figura 12. Curva representativa de la fórmula descriptiva del diagnóstico físico-conservacionista de la subcuenca III

La interpretación de las fórmulas descriptivas para cada uno de los niveles de acuerdo a la curva representativa es el siguiente: A nivel altitudinal el valor crítico de erosión oscila entre 42.8 - 60.7; en cambio a nivel de microcuencas corresponde a 60.4 - 71.4 respectivamente. La parte alta presenta un valor de unidad de riesgo de erosión de 24, la parte media de 23 y la parte baja de 19. Las microcuencas "a", "b", "d", y "e" tienen el mismo valor de unidad de riesgo de erosión, este corresponde a 27; la microcuenca "c" de 25 y la microcuenca "f" de 24.

Esto nos indica que el grado de deterioro de la subcuenca es medio, ya que a mayor valor de unidad de riesgo de erosión, mayor es el valor crítico de erosión, siendo directamente proporcionales. Los valores críticos de erosión correspondientes a cada uno de los niveles en que se subdividió la subcuenca se obtuvieron a través de la fórmula (3) que se presenta en el acápite 5.2.4. de este documento, estos se presentan en el cuadro 21 con sus respectivos valores de unidad de riesgo de erosión.

**Cuadro 21. Valores críticos y de unidad de riesgo de erosión a nivel altitudinal y de microcuencas**

<b>Altitudinal</b>	<b>Unidad de riesgo de erosión</b>	<b>Valor crítico de erosión</b>
Alta	24	60.7
Media	23	57.1
Baja	19	42.8
<b>Microcuencas</b>	<b>Unidad de riesgo de erosión</b>	<b>Valor crítico de erosión</b>
a	27	71.4
b	27	71.45
c	25	64.3
d	27	71.4
e	27	71.4
f	24	60.7

## 6.7. Orden de prioridad

El análisis de cada una de las fórmulas descriptivas nos permite priorizar áreas tanto a nivel altitudinal como de microcuencas, en función del nivel de deterioro comparativo que presentan.

En el cuadro 22 se presenta el orden de prioridad para cada uno de los dos niveles en los que se subdividió la subcuenca III; el primer orden corresponde a la zona alta en la cual se encuentran localizadas cuatro microcuencas, en esta zona es donde se deben implementar a lo inmediato medidas de protección, mejoramiento y rehabilitación de suelos y agua a través de un programa, de conservación de suelos y agua, después se deben continuar realizando acciones y obras en la subcuenca media y finalmente en la baja.

Esto se corresponde con el principio de que la ordenación de una cuenca hidrográfica debe empezar por la parte alta, descendiendo gradualmente por las laderas y a lo largo de los pequeños tributarios, hasta llegar a las tierras bajas ubicadas en el valle.

**Cuadro 22. Orden de prioridad a nivel altitudinal y de microcuencas**

Altitudinal	Microcuencas	Orden de prioridad
Zona alta	(a, b, d, e)	Primero
Zona media	(c)	Segundo
Zona baja	(f)	Tercero

## **VII. DISCUSIONES Y CONCLUSIONES**

### **7.1. Subcuenca alta**

- Esta subcuenca se encuentra moderadamente deteriorada, porque posee un mayor grado de deterioro comparativo.
- Los factores que contribuyen a este deterioro son el moderado índice de protección total, el relieve y el alto porcentaje de cobertura actual del proceso de erosión hídrica.
- El porcentaje de semejanza de la cobertura vegetal original con la actual es bajo (40%), a esto se debe el moderado índice de protección que la cobertura vegetal brinda al suelo 0.41
- La erosión potencial estimada es fuerte (95 ton/ha/año), predominando las tres formas de erosión hídrica.
- El proceso de erosión hídrica es favorecido por las características del relieve (pronunciado a escarpado), con una pendiente media calculada de 48%
- El material parental predominante son rocas duras eruptivas de origen volcánico que presentan alta disgregabilidad
- El alto porcentaje de cobertura actual del proceso de erosión hídrica (90%), esta influenciado por la baja protección que la cobertura vegetal da al suelo y la alta susceptibilidad de los suelos a la erosión hídrica.

### **7.2. Subcuenca media**

- La parte media se encuentra moderadamente deteriorada de acuerdo al valor de unidades de riesgo de erosión (23), debido a esto se le confiere el segundo orden de prioridad; los factores que más contribuyen a este deterioro es un bajo índice de protección total que la cobertura vegetal brinda al suelo (0.36) y el relieve (moderadamente pronunciado) con una pendiente media de 31%.
- El porcentaje de semejanza entre cobertura vegetal original y actual es bajo (28%)

- El valor estimado de erosión potencial corresponde a 80 ton/ha/año , predominando la erosión laminar y surco por el tipo de uso actual de la tierra.
- Las rocas predominantes son duras eruptivas de origen volcánico, con alta susceptibilidad a la erosión hídrica.
- El moderado porcentaje de cobertura actual del proceso de erosión hídrica (50%), esta influenciado por la baja protección que la cobertura vegetal da al suelo, las pendientes y la alta susceptibilidad de los suelos a la erosión hídrica.

### **7.3. Subcuenca baja**

- La subcuenca baja se encuentra con menor grado de deterioro comparativo respecto a los demás niveles de la subcuenca., debido a al tipo de relieve (suave) con una pendiente media de 6% y al alto índice de protección total que brinda la cobertura vegetal al suelo (0.78) esto por las áreas de pasto; asignandole por ello el tercer orden de prioridad
- No existe ninguna semejanza entre cobertura vegetal original y actual, debido al uso actual que presenta (pastizales) y a la presencia de áreas urbanas e infraestructuras
- La erosión potencial es fuerte, pero en menor cantidad de suelo erosionado respecto al resto del área de la subcuenca (60 ton/ha/año), estimado el porcentaje de la cobertura del proceso de erosión hídrica del 30%, predominando la erosión en cárcavas
- Las rocas predominantes son duras eruptivas presentando alta susceptibilidad a la erosión hídrica

### **7.4. Microcuencas**

- Las microcuencas "a", "b" y "d" tienen bajo índice de protección y las microcuencas "c" y "e" moderado, con un relieve más pronunciado la microcuenca "e", debido a esto se han priorizado en primer orden

- La microcuenca "c" es la menos deteriorada de la parte alta por presentar un índice de protección total moderado, asignándole el segundo orden de prioridad
- La microcuenca "f" conformado por la parte media en su mayor área presenta un índice de protección total bajo y por la parte baja que presenta un alto índice de protección total resultando un índice de protección total moderado para toda la microcuenca "f" que con una marcada diferencia de relieve (moderadamente pronunciado-suave), se determina un menor valor estimado de erosión potencial y porcentaje de cobertura de erosión hídrica (80%), respecto al resto de la subcuenca.
- Se priorizan en primer orden cuatro microcuencas ("a", "b", "d" y "e") ubicadas en la parte alta de la subcuenca donde se aplicaran prácticas de conservación de suelos y agua a lo inmediato
- En segundo y tercer orden se priorizan las microcuencas "c" y "f" respectivamente, para promover prácticas conservacionistas posteriormente.

## VIII. RECOMENDACIONES

1. En la parte alta se necesita de un proceso de reforestación incluyendo en áreas agrícolas prácticas que proporcionen al suelo mayor protección de cobertura vegetal
2. En la parte media donde el uso es casi totalmente agrícola, urge la promoción de cultivos de cobertura, uso de abono orgánica y apropiadas rotaciones y asociaciones de cultivos para proteger el suelo
3. Debido al relieve escarpado en la parte alta se necesita promover prácticas mecánicas que logren reducir la velocidad de los escurrimientos y acortar la longitud de la gradiente de las pendientes
4. En la parte media con un relieve pronunciado de ladera, las área agrícolas necesitan de combinación de prácticas mecánicas y agro-vegetativas
5. En la parte baja es necesario promover prácticas de protección de cárcavas
6. La promoción de prácticas de conservación de suelos y agua en la subcuenca necesita de la participación de las comunidades para incorporar los aspectos socio-económicos al proceso de transferencia
7. Al evaluar los niveles altitudinal y microcuencas considerar la precisión de acuerdo al tamaño de sus respectivas áreas; para un adecuado desarrollo de prácticas de conservación de suelos y agua
8. El Diagnóstico Físico Conservacionista se puede realizar en otras cuencas del país para priorizar las áreas más deterioradas, ya que contamos con suficiente información para realizar el mismo.

9. Es indispensable aplicar una planificación participativa de conservación de suelos y agua en los niveles para llevar a cabo el objetivo de implementar una agricultura conservacionista
10. Impulsar programas educativos a largo plazo dirigido a los productores, con el propósito de lograr su formación y cambios de actitud que conlleven a la conservación de suelos y agua; manteniendo una producción sostenible en la subcuenca
11. Que las entidades que ejecuten proyectos en las áreas orienten como objetivo establecer una microcuenca modelo; con el propósito de mostrar el efecto de las prácticas de conservación de suelos y agua en las comunidades

## **IX. BIBLIOGRAFIA**

- CATIE (Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza). 1996. Gestión Ambiental para el manejo de cuencas hidrográficas. 137 pág. San José, Costa Rica.
- CASTILLO, R. 1988. Formulación de acciones y estrategias para mejorar la coordinación interinstitucional en el manejo de cuencas hidrográficas en Nicaragua. Tesis de maestría. Turrialba, Costa Rica.
- CIDIAT (Centro Interamericano de Desarrollo Integral de Aguas y Tierras). 1981. Planificación y manejo de cuencas hidrográficas, diagnóstico físico-conservacionista. 57 pág. Ministerio de Recursos Naturales Renovables. Mérida, Venezuela.
- CATASTRO Y RECURSOS NATURALES. 1971. Levantamiento de los suelos del pacífico. Tomo 1: Descripción de los suelos, Tomo 3: Génesis y clasificación de suelos. Managua, Nicaragua.
- CATIN, L. 1997. Diagnóstico agrosocioeconómico de la subcuenca III de la cuenca sur del Lago de Managua. Tesis de pre-grado. Universidad Nacional Agraria (UNA). Escuela de suelos y aguas (ESA). Managua, Nicaragua.
- BELCHER, D. 1978. "Fotointerpretación". Universidad de Cornell. Pág. 59. Ithaca, N.Y. Estados Unidos
- DOUROJEANNI, A. 1990. Procedimientos de gestión para el desarrollo sustentable aplicados a microregiones y cuencas hidrográficas. ILPES (Instituto Latinoamericano y del caribe de Planificación económico y social). 452 pág. Santiago, Chile.

- 1994. Políticas públicas para el desarrollo sustentable: La gestión integrada de cuencas. CEPAL (comisión económica para América Latina y el Caribe). 221 pág. Santiago, Chile.
- 1998. II Taller de gerentes de organismos de cuencas en América latina y el Caribe. Guía para la creación de entidades de gestión de cuencas. CEPAL (comisión económica para América Latina y el Caribe). 78 pág. Buenos Aires, Argentina.
- DRESSER & MCKEE Inc. 1995. Estudio de factibilidad del programa del manejo de la cuenca del lago Xolotlán, Managua. Preparado por Abt. Associates Inc CISCONCO. Documento no publicado.
- FAUSTINO, J. 1996. Gestión ambiental para el manejo de cuencas municipales. Curso corto. CATIE ( Centro Agronomico Tropical de Investigación y enseñanza). Managua, Nicaragua.
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación). 1993. Monitoreo y evaluación de logros en proyectos de ordenación de cuencas hidrográficas. 160 pág. Roma, Italia.
- 1996. Planificación y manejo integrado de cuencas hidrográficas en zonas áridas y semiáridas de América Latina. 322 pág. Santiago, Chile.
- 1996. Desarrollo de cuencas hidrográficas y conservación de suelos y aguas. Boletín N° 44. Roma, Italia.
- 1994. Erosión de suelos en América Latina. Santiago de Chile.
- 1992. Manual de campo para la ordenación de cuencas hidrográficas. Estudio y planificación de cuencas hidrográficas. 185 pág. Roma, Italia.

- , 1979. A provisional methodology for soil degradation assessment. 85 pág. Roma, Italia.
- Walter & Lieth. 1960. Citado por HEUVELDOP, J. 1986. Agroclimatología tropical. 394 pág. San José, Costa Rica.
- HEUVELDOP, J. 1986. Agroclimatología tropical. 394 Pág. San José, Costa Rica.
- HIDALGO, P. 1993. Primer seminario de la planificación ambiental participativa para el manejo de cuencas hidrográficas. 54 pág. Santiago, Chile.
- , 1993. Metodología de plan ambiental. CONAF. Santiago, Chile.
- Holdridge, L. R. 1987. Life Zone Ecology Tropical Science Centre. 206 pág. San José, Costa Rica.
- IRENA (Instituto Nicaragüense de Recursos Naturales y del Ambiente). 1983. Ordenamiento, manejo y conservación de cuencas hidrográficas. 183 pág. Managua, Nicaragua.
- INAA (Instituto Nicaragüense de Acueductos y Alcantarillados) & JICA (Agencia de cooperación internacional del Japón). 1993. Mapa geohidrológico, proyecto de abastecimiento de agua de Managua. Managua, Nicaragua.
- MORALES, J. 1996. Conservación de suelos y aguas. UNA/FARENA. TOMO I. Managua, Nicaragua
- MARNR (Ministerio del Ambiente y de los Recursos Naturales Renovables). 1993. Diagnóstico Físico Conservacionista: Curso sobre planificación de los Recursos Naturales Renovables. Mérida, Venezuela.

- LINSLEY, P. 1992. Hidrología para ingenieros. Segunda edición. 386 pág. Atlacomulco, México.
- López, F. 1981. Ensayo de clasificación cualitativa de cuencas torrenciales. No 84. Escuela de ingeniería forestal, UAI. Mérida, Venezuela.
- Pla & Lobo. 1987. Soil and Water conservation in Venezuela. Through asphalt muching. In "Soil conservation and profuctivity". 481-495 pág. Caracas, Venezuela.
- Pla, I. 1994. La materia organica y la degradación y erosión de suelos en el trópico. VII congreso Colombiano de la ciencia del suelo. Bucaramanga, Colombia ( en prensa).
- Rivas, D. 1990. Factores causantes de erosión de suelos en los cultivos de maiz (*Zea mays* L) Y piña (*Ananas comosus* L) en Ticuantepe. Universidad Nacional Agraria. Managua, Nicaragua. Documento no publicado.
- SALAS, J. 1993. Arboles de Nicaragua. Sección de ecología forestal del servicio forestal nacional. Instituto de recursos naturales y del ambiente. 390 pág. Managua, Nicaragua.
- SUWAR (Sustainable Use of Water Resources Program). 1992. Primer simposio sobre la protección de los recursos hídricos. Memorias. Managua, Nicaragua.
- Sirias & Gutiérrez. 1998. Diagnostico de vegetación de la sub-cuenca III de la cuenca sur del lago de Managua. Tesis de pre-grado. Universidad Nacional Agraria. ECFOR ( Escuela de Forestales). Managua, Nicaragua.
- Velásquez, J. 1998. Caracterización hídrica y edáfica de la sub-cuenca III de la cuenca sur del lago de Managua. Tesis de pre-grado. Universidad Nacional Agraria. Escuela de suelos y aguas (ESA). Managua, Nicaragua.

## X. ANEXOS

### Anexo 1. Descripción de la Cobertura Vegetal Original (CO) de la Subcuenca III.

LEYENDA	TIPO DE VEGETACION ORIGINAL	SIMBOLO
BsT	<p>Arboles de los bosques bajos o medianos caducifolios de zonas cálidas y secas, con una precipitación de 750-1250mm/año, con una temperatura de 26-29°C, con una altitud de 0-500 msnm y llueve de mayo a octubre. Las especies adaptadas a esta zona son las siguientes: Gavilán, Pinta cordel, Falso endurece maiz, Guanacaste de oreja, Genízaro, Guacimo, Ojoche, Pochote, Cedro, Romrón, Mora, Ceiba, Chilamate, Higuerón, Tololo, Guanquero, Guapinol, Hoja tostada, Sapotillo, Tempisque, Acetuno, Talchocote, Panamá, Guayabón rurio, Madroño, Talalate, Jaboncillo, Polanco, Tiguilote, Jobo lagarte, Jocote jobo, Guachipilin, Madero negro, Chiquirin, Chocoyito, Anona de redecillas, Chaperno negro, Capulin, Espavel, Almendro de rio, Hule de cachito, Balsa, Espino blanco, Manzana de playa, Javillo, Poroporo, Guarumo, Papaturo, Palo obero, Roble macuelizo, Guayabón, Matapalo, Palbonito, Pellejo de toro.</p>	I
BhSTPm	<p>Bosque medianos o altos perennifolios de zonas muy frescas y húmedas, (zonas templadas húmedas), con una precipitación de 800-1800mm/año, con una temperatura de 22-24°C, con una altitud de 300-1150 msnm, en esta zona llueve de mayo a diciembre. Las especies adaptadas a esta zona son las siguientes: Guanacaste blanco, Coyoleorozo, Chaperno, Zorrillo, Tapabotija, peine de mico, Tepozanto, Manzanita de monte, Matasano silvestre, Palo de hule, Guarumo de altura, Ceiba, Pochote, Cagalera sin espinas, Copey, panchil, Guataco, Matapalo, Cativi, Guatemala, Guacimo, Quebracho, Carillo, Capinote casoso, Zopilote, Jicarillo, Ceibón, Guayabo de monte, Capulin negro, Balona, madero negro, Guacimo, Chilamate, Tempisque, Cedro, Romrón, Acetuno, Genizaro, sardinillo, Talalate, Jiñocuabo, Panamá Higuerón, Laurel negro, Caobo.</p>	II

Fuente: Salas E, J.B. 1993

## Anexo 2. Cobertura vegetal actual de la subcuenca III

Niveles	Especies arbóreas predominantes
Parte alta y microcuencas a, b, c, d, y e	Madero negro, Guarumo, Chilamate, Tempisque, Cedro, ronrón, acetuno, Genizaro, Guanacaste, Talalate, Jifocuabo, Inga, Cuasquito, Ciprés, Coyolillo y Guayabón.
Parte media y microcuenca f	Ceibo, Laurel, Chilamate, Nancite, Matapalo, Tiguilote, Espino negro, Bledo, Guacaste blanco, Laurel, Pochote, Genizaro, Eucalipto, Sardinillo, Lirios y Ciprés.
Parte baja y microcuenca f	Quelite montero, Nim, Madero negro, laurel, Arbol de espino, Guanacaste, Guácimo, Pastizal estrella, coyolillo y Guayaba.

Fuente: Diagnóstico de vegetación, 1997.

**Anexo 3. Promedio de precipitación mensual (mm), periodo de registro 10 años (86-95); para el cálculo del coeficiente de Fournier**

Estación	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
A.C. Sandino	1.7	27.9	69.7	2.8	196.7	67.5	112.1	834	15.8	231.2	30	29.8
Casa colorada	152	200.5	87.7	76.6	124.9	105.3	73.2	111.3	169.2	137.3	107.3	35.5
Ticuantepe	11.5	2.3	35.5	42.8	97.5	55.9	63.9	108.2	137.9	180.9	38.9	55.5

Fuente: Instituto Nacional de Estudios Territoriales (INETER, 1997).

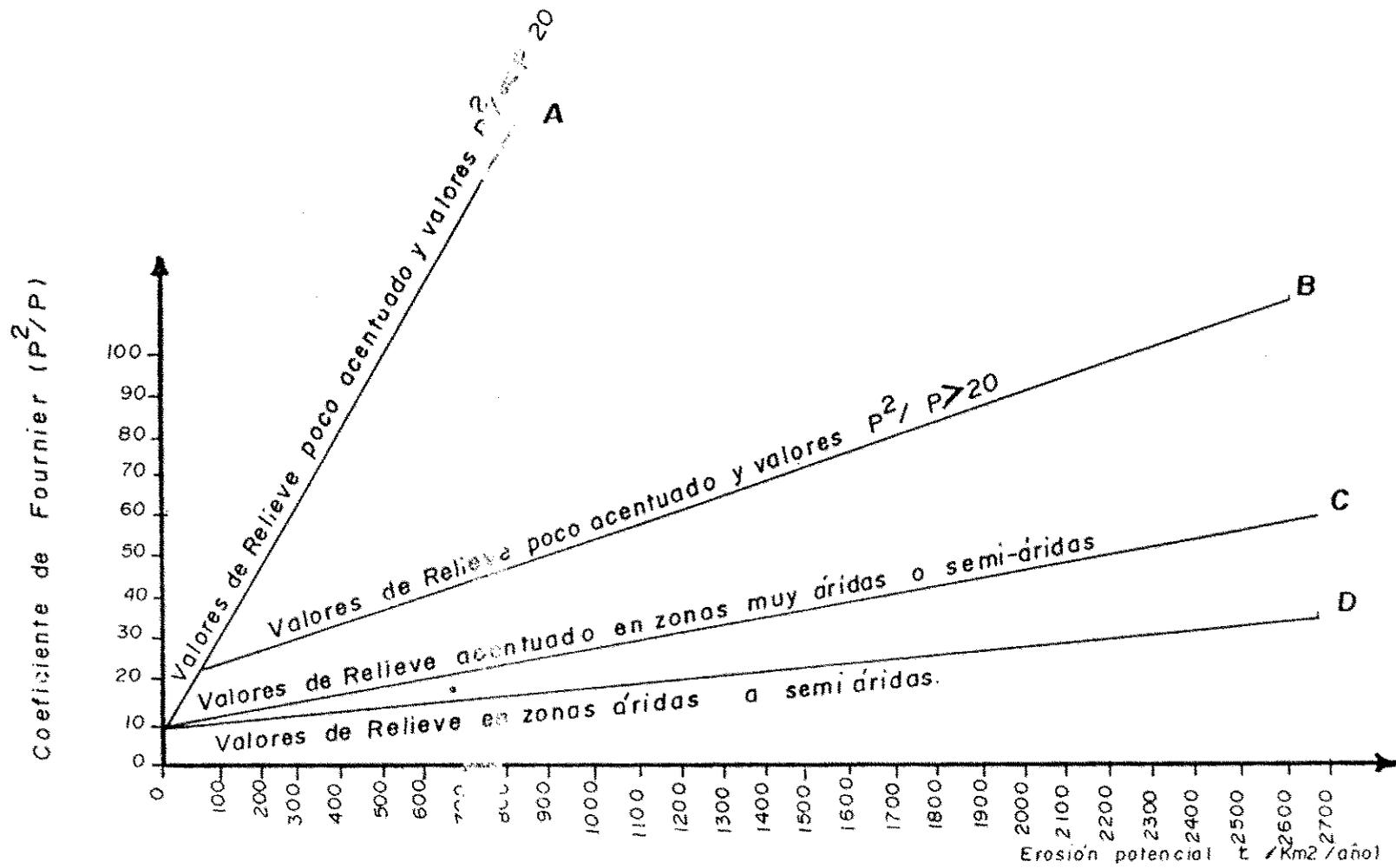


FIGURA 13 COEFICIENTE DE FOURNIER

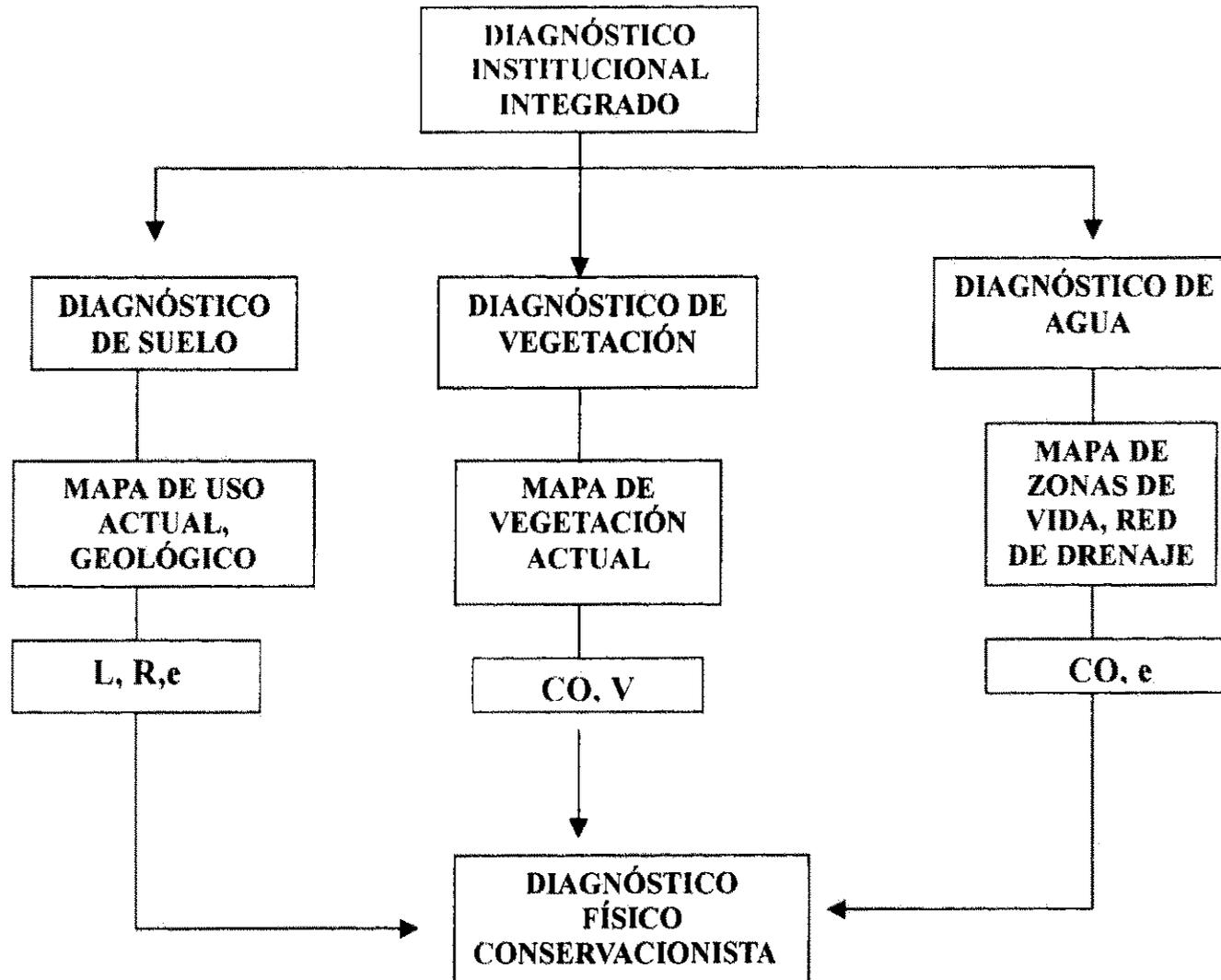
**Anexo 5. Datos climáticos de la estación Augusto Cesar Sandino utilizados para la confección del climadiagrama**

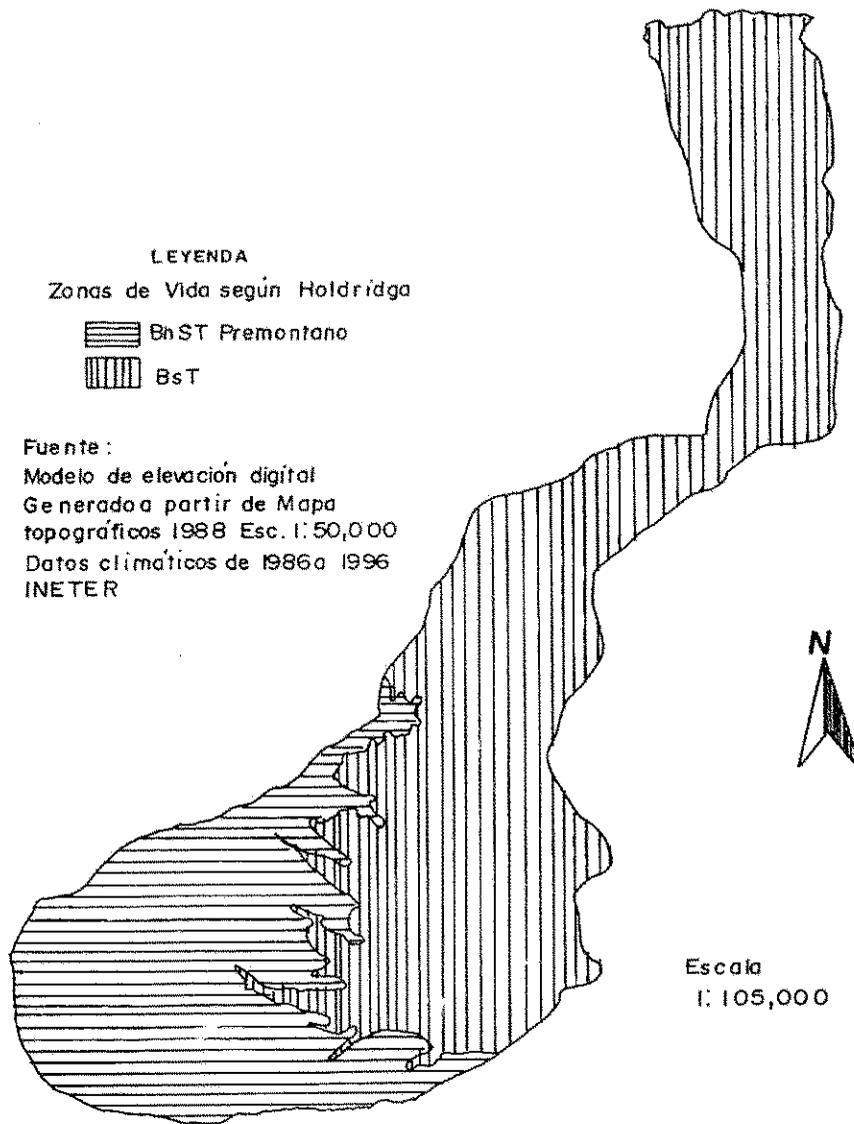
Meses	Temp.prom.mensual (°c)	Precipitación promedio mensual (mm)
E	25.7	1.7
F	26.75	27.9
M	27.77	69.7
A	28.98	24.8
M	28.65	196.7
J	27.15	67.5
J	26.45	112.1
A	26.63	83.4
S	26.4	145.8
O	26.32	231.2
N	26.27	30
D	25.99	29.8

**Anexo 6. Cuadro de datos del valor critico y unidades de riesgo de erosión para elaborar la curva representativa de la formula descriptiva**

Valor (x)	Valor (y)	Valor (x)	Valor (y)
7	-0.003	22	53.6
8	3.6	23	57.1
9	7.1	24	60.7
10	10.7	25	64.3
11	14.3	26	67.8
12	17.8	27	71.4
13	21.4	28	74.9
14	24.9	29	78.6
15	28.6	30	82.1
16	32.1	31	85.7
17	35.7	32	89.3
18	39.3	33	92.8
19	42.8	34	96.4
20	46.4	35	99.9
21	49.9		

# Anexo 7. DIAGRAMA DE INTEGRACIÓN DE DIAGNÓSTICOS



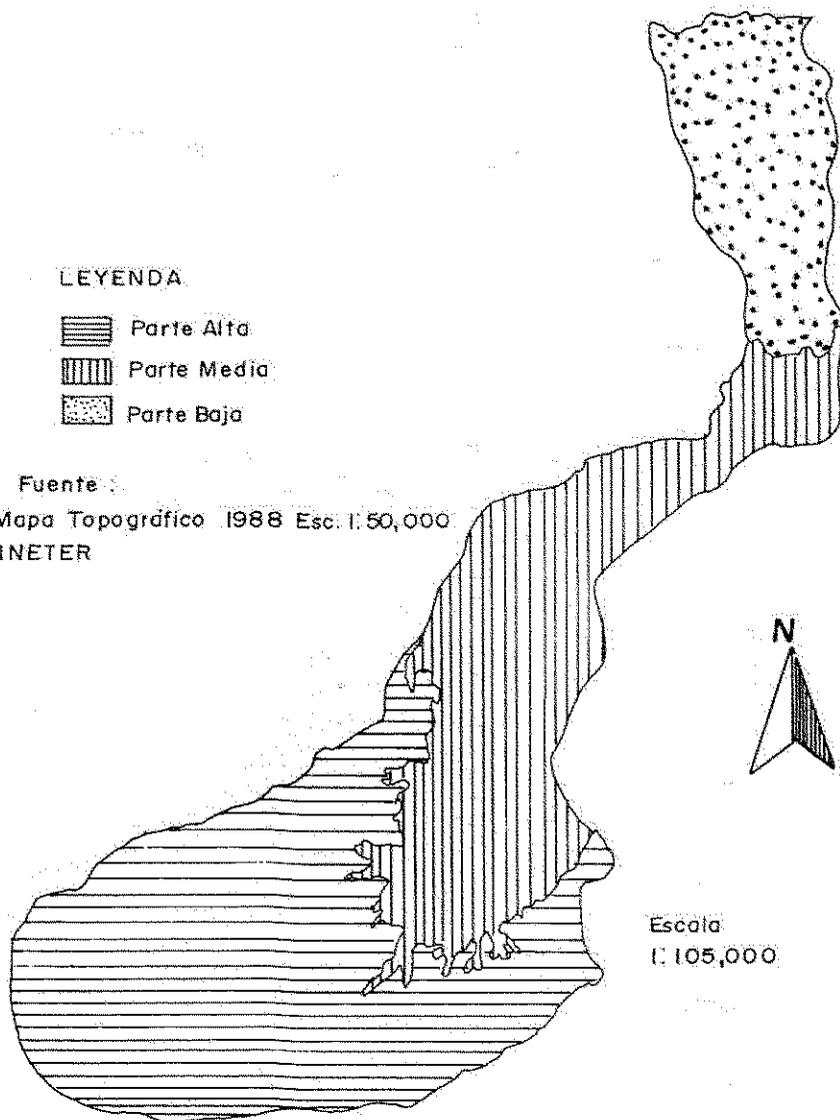


**Mapa 2. Zonas de Vida de la Subcuenca III, de la Cuenca Sur del lago de Managua.**

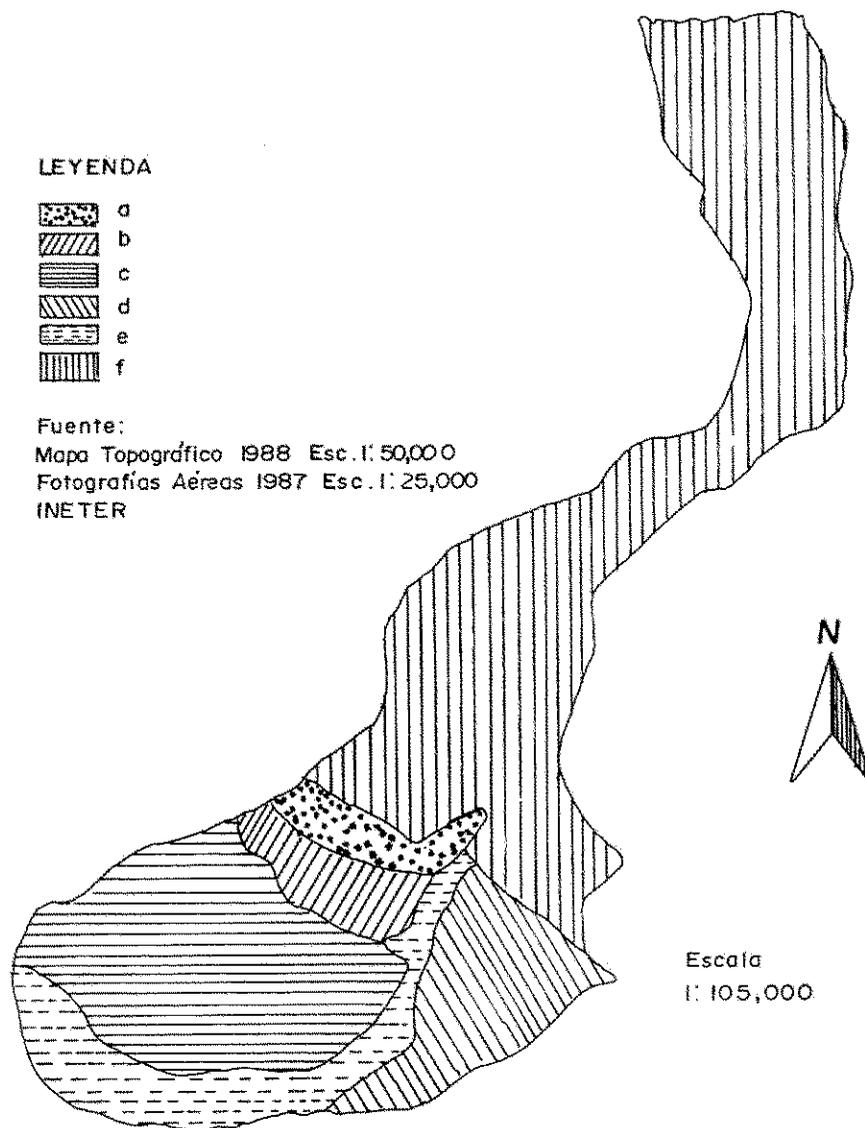
LEYENDA

-  Parte Alta
-  Parte Media
-  Parte Baja

Fuente :  
Mapa Topográfico 1988 Esc. 1:50,000  
INETER



Mapa 3. Subdivisiones Altitudinal de la Subcuenca III, de la Cuenca Sur del lago de Managua.

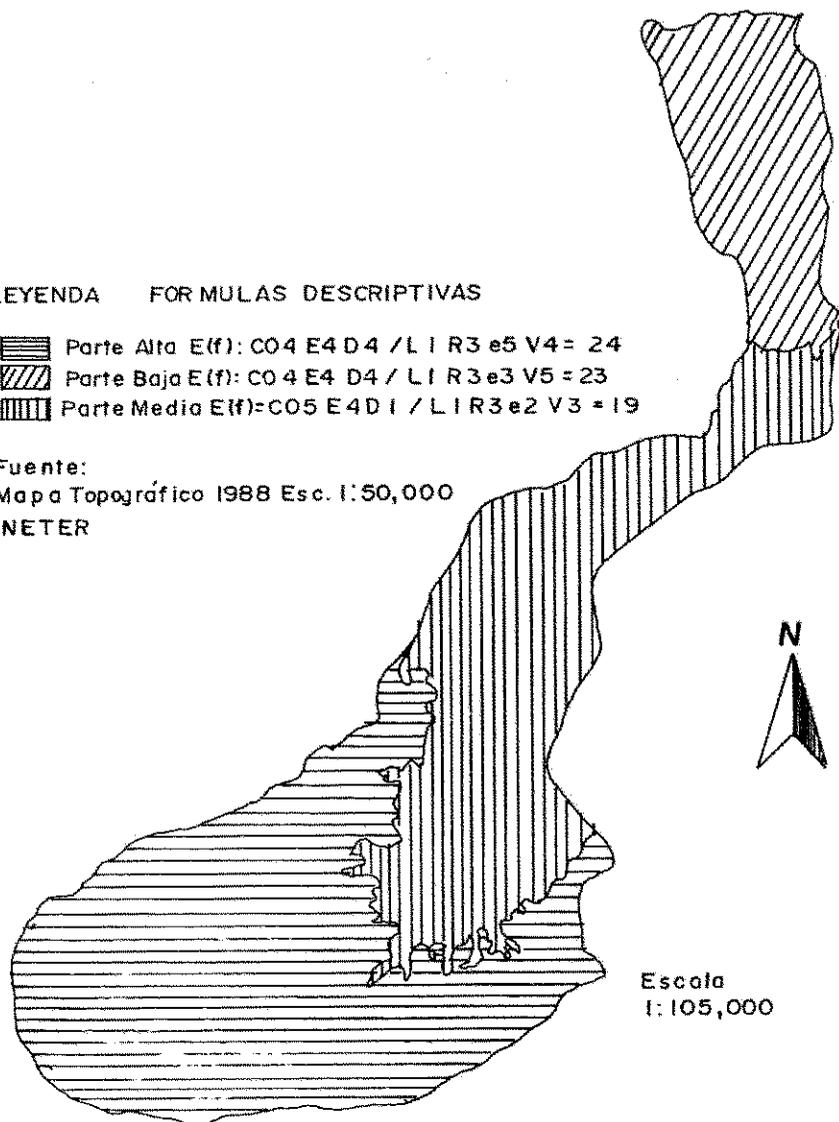


**Mapa 4. Microcuencas de la Subcuenca, III, de la Cuenca Sur del lago de Managua.**

LEYENDA FORMULAS DESCRIPTIVAS

-  Parte Alta E(f): C04 E4 D4 / L I R3 e5 V4 = 24
-  Parte Baja E(f): C04 E4 D4 / L I R3 e3 V5 = 23
-  Parte Media E(f) = C05 E4 D I / L I R3 e2 V3 = 19

Fuente:  
Mapa Topográfico 1988 Esc. 1:50,000  
INETER



Mapa 5. Subdivisión Altitudinal, de la Subcuenca III de la Cuenca Sur del lago de Managua.

LEYENDA

Microcuencas

FORMULAS DESCRIPTIVAS

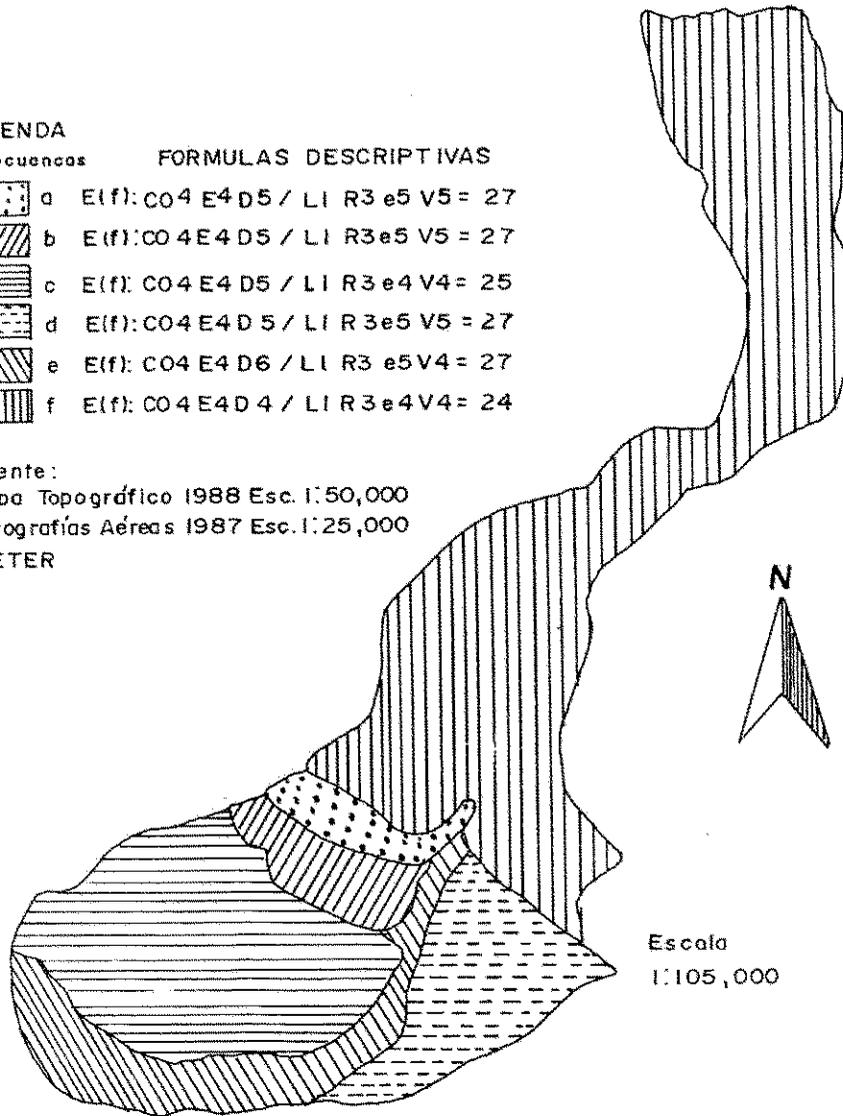
	a	$E(f): C04 E4 D5 / LI R3 e5 V5 = 27$
	b	$E(f): C04 E4 D5 / LI R3 e5 V5 = 27$
	c	$E(f): C04 E4 D5 / LI R3 e4 V4 = 25$
	d	$E(f): C04 E4 D5 / LI R3 e5 V5 = 27$
	e	$E(f): C04 E4 D6 / LI R3 e5 V4 = 27$
	f	$E(f): C04 E4 D4 / LI R3 e4 V4 = 24$

Fuente:

Mapa Topográfico 1988 Esc. 1:50,000

Fotografías Aéreas 1987 Esc. 1:25,000

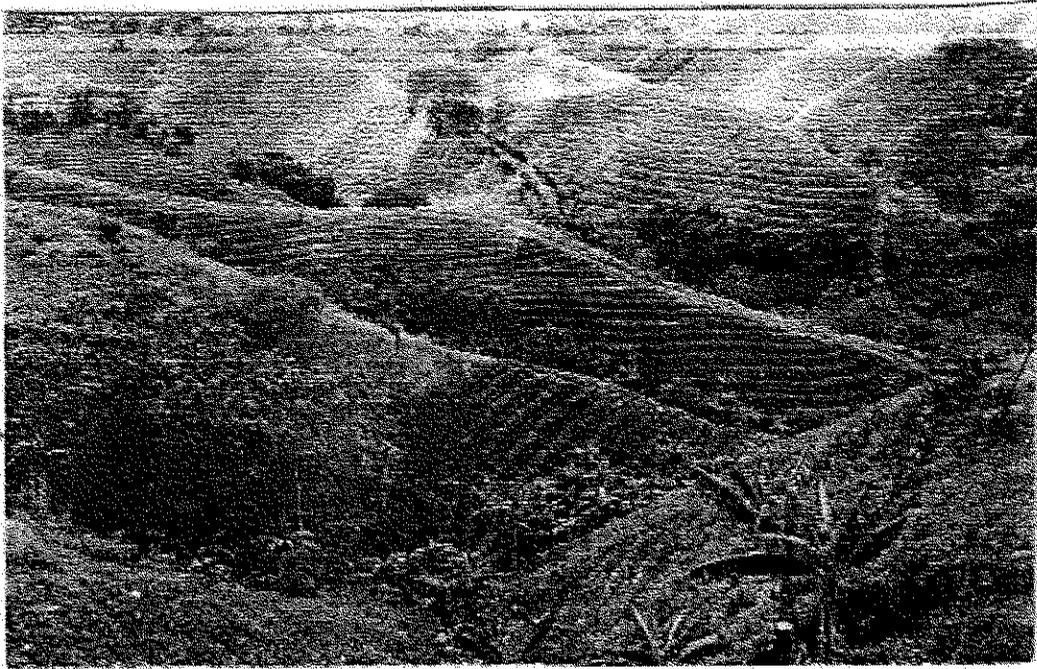
INETER



Mapa 6. Microcuencas de la Subcuenca III, de la Cuenca Sur del lago de Managua.



PANORAMICA DEL ESTRATO INFERIOR  
DE LA PARTE ALTA DE LA SUBCUENCA III DE LA CUENCA SUR  
DEL LAGO DE MANAGUA



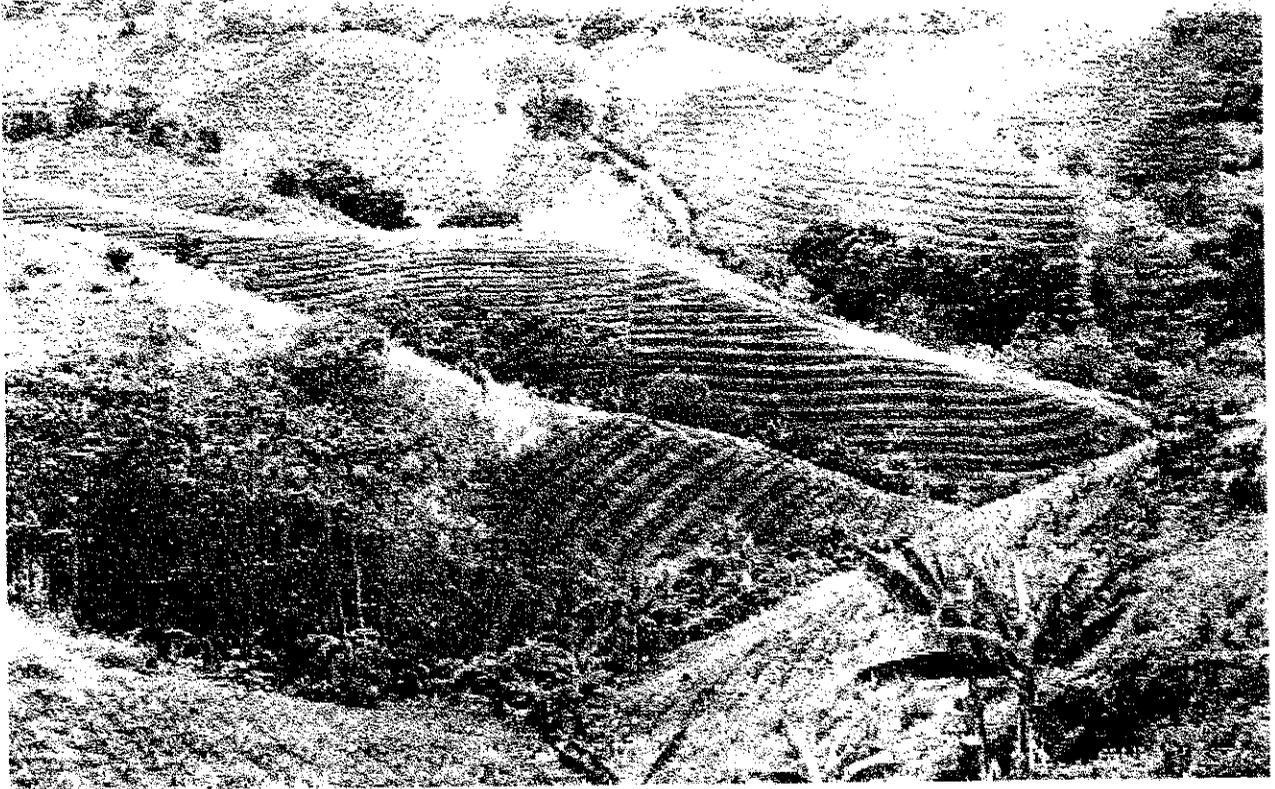
PANORAMICA DEL ESTRATO INFERIOR  
DE LA PARTE ALTA DE LA SUBCUENCA III DE LA CUENCA SUR  
DEL LAGO DE MANAGUA



PANORAMICA DEL ESTRATO INFERIOR  
DE LA PARTE ALTA DE LA SUBCUENCA III DE LA CUENCA SUR  
DEL LAGO DE MANAGUA



PANORAMICA DEL ESTRATO INFERIOR  
DE LA PARTE ALTA DE LA SUBCUENCA III DE LA CUENCA SUR  
DEL LAGO DE MANAGUA



**PANORAMICA DEL ESTRATO INFERIOR  
DE LA PARTE ALTA DE LA SUBCUENCA III DE LA CUENCA SUR  
DEL LAGO DE MANAGUA**