

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA
FACULTAD DE RECURSOS NATURALES Y DEL AMBIENTE
DEPARTAMENTO DE MANEJO DE CUENCAS Y GESTION AMBIENTAL

TRABAJO DE DIPLOMA

**CARACTERIZACION DE LOS RECURSOS HIDRICOS Y EDAFICOS DE
LA SUB-CUENCA III DE LA CUENCA SUR DEL LAGO DE MANAGUA**



Presentado por: Br. Juan Velásquez
Asesores: Ing. Jannette Gutiérrez Barrera
Ing. Edmundo Umaña Gómez
Tutor: Ing. Ignacio Rodríguez Ibarra

Managua, Noviembre de 1999.

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA
FACULTAD DE RECURSOS NATURALES Y DEL AMBIENTE
DEPARTAMENTO DE MANEJO DE CUENCAS Y GEGCION AMBIENTAL

Trabajo de Diploma

**Caracterización de los Recursos Hídricos y Edáficos de la Subcuenca III
de la Cuenca Sur del Lago de Managua**

Autor: Br. Juan Alfredo Velásquez

Tutor: Ing. Ignacio Rodríguez Ibarra

**Asesores: Ing. Jeannette Gutiérrez
Ing. Edmundo Umaña**

Managua Noviembre, 1999

DEDICATORIA

Dedico el presente trabajo a la persona más abnegada de este mundo, que con su sacrificio, amor y cariño y la iluminación de Dios supo guiarme en el difícil camino de la formación profesional que hoy estoy concluyendo. La persona a quien me refiero es mi Madre Modesta Velásquez.

También dedico este trabajo a mi tía Margarita Velásquez que me apoyó incondicionalmente en el transcurso de mi formación profesional.

Así mismo a mi abuelita Catalina Velásquez (q.e.p.d.), a quien Dios la tendrá en buen lugar cuando traiga su reino y a toda mi familia que de una u otra manera aportaron en este proyecto que hoy estoy concluyendo.

AGRADECIMIENTOS

Le agradezco de gran manera al Program Science Plant (PSP) y al Organismo SAREC-ASDI de Suecia por haberme dado la oportunidad de realizar mi trabajo de Diploma en la Subcuenca JJJ apoyándome en la parte financiera.

Agradezco de manera muy especial y sincera a la Ing. Jeannette Gutiérrez por haberme dedicado gran parte de su tiempo y paciencia al presente trabajo y haber puesto mucho empeño para su finalización.

Agradezco también al Ing. Ignacio Rodríguez y al Ing. Edmundo Umaña por sus contribuciones y consejos en la realización de este trabajo.

No puede dejar de agradecer al Ing. Francisco Salmerón, un gran amigo y consejero, que sin tener participación activa en este trabajo nos apoyó facilitándonos computadora y material didáctico para finalizar el presente documento.

Agradezco sinceramente el apoyo brindado en la etapa de campo a Esmilse Obregón y Meyling Polanco.

Así mismo agradezco a personas que participaron de diferente manera en la realización del presente trabajo como el Ing. Carlos Zelaya, Ing. Efraín Acuña, Ing. Martha Orozco y la Sra Daysi Manzanares.

INDICE DE CONTENIDO

Pág.

I. INTRODUCCIÓN	1
II. OBJETIVOS	3
2.1 Objetivo general	3
2.2 Objetivos específicos.....	3
III REVISION DE LITERATURA.....	4
3.1 Trabajos realizados en la Subcuenca III antes del presente estudio.....	4
3.2 Provincias Fisiográficas que conforman la Subcuenca III.....	5
3.3 Conceptos y Definiciones Básicas.....	6
IV. DESCRIPCION DEL AREA DE ESTUDIO.....	14
4.1 Geología.....	14
4.2 Características socioeconómicas de la Subcuenca III.....	15
V. MATERIALES Y MÉTODOS	18
5.1 Materiales	18
5.2 Metodología.....	19
5.2.1 Metodología general en el levantamiento de suelos.....	19
5.2.2 Metodología utilizada para el cálculo de las características hidrológicas....	31
VI. RESULTADOS.....	44
6.1 Caracterización general de la Subcuenca III.....	44
6.2 Fisiografía	46
6.2.1 Paisajes geomorfológicos de la Subcuenca III.....	46
6.2.2 Rangos de pendientes de la subcuenca III.....	48
6.2.2 Rangos de pendientes de la subcuenca III.....	48
6.2.2 Rangos de pendientes de la subcuenca III.....	51
6.3 Tipos de Suelos de la Sub-cuenca III.....	52
6.3.1 Clasificación taxonómica de los suelos en la subcuenca III.....	54
6.3.1.1 Suelos del Orden Andisol.....	68
6.3.1.2 Suelos del Orden Molisol.....	70
6.3.2 No suelos.....	71
6.3.3 Uso actual de los suelos de la Subcuenca III.....	75
6.3.4 Clasificación por capacidad de uso de los suelos.....	75
6.3.5 Confrontación del uso actual de la tierra vs capacidad de uso de los suelos.....	79
6.4 Hidrología de la Sub-cuenca III.....	81
6.4.1 Características hidrológicas.....	81
6.4.2 Recursos hídricos superficiales.....	84
6.4.3 Balances hídricos.....	85

6.4.4	Escurremientos superficiales.....	88
6.4.5	Aguas subterráneas.....	90
6.4.6	Calidad del agua.....	92
6.5	Zonas de vida.....	94
6.6	Uso propuesto para la Subcuenca III.....	95
VII. CONCLUSIONES.....		100
VIII. RECOMENDACIONES.....		105
IX. BIBLIOGRAFIA.....		107
X. ANEXOS.....		111

INDICE DE CUADROS

	Pag
Cuadro 1. Clases de capacidad de uso y limitaciones para diferentes usos.....	25
Cuadro 2. Valoración del uso de la tierra según su capacidad de uso y uso actual.....	26
Cuadro 3. Propuesta de uso del suelo en función de sus clases de capacidad de uso.....	27
Cuadro 4. Parámetros para determinar la morfología de una cuenca.....	31
Cuadro 5. Parámetros standards de la calidad de agua para consumo humano (según ICAIII y OMS, 1990).....	43
Cuadro 6. Rangos de pendientes y superficie que cubren en la Subcuenca III.....	51
Cuadro 7. Clasificación taxonómica de los suelos de la Subcuenca III de la Cuenca Sur del Lago de Managua.....	54
Cuadro 8. Uso actual de la tierra en la Subcuenca III de la Cuenca Sur del Lago de Managua.	74
Cuadro 9. Capacidad de uso de los suelos de la Subcuenca III de la Subcuenca Sur del Lago de Managua.	79
Cuadro 10. Parámetros que determinan la forma de la Subcuenca III.....	81
Cuadro 11. Área que comprende cada microcuenca.....	82
Cuadro 12. Escorrentías de las microcuencas expresadas en láminas y volúmenes.....	88
Cuadro 13. Condiciones de la calidad del agua para consumo humano en la Subcuenca III.	93
Cuadro 14. Uso propuesto para la Subcuenca III de la Cuenca Sur del Lago de Managua...	99

INDICE DE FIGURAS

	Pag
Figura 1. Elevación media de la Subcuenca III.....	83
Figura 2. Balance Hídrico del perfil de Las Nubes.....	87
Figura 3. Representación gráfica de las precipitaciones y las láminas escurridas para un año seco húmedo y medio en la Subcuenca III.....	89

INDICE DE ANEXOS

I	Descripción de perfiles de suelos de la Sub- Cuenca III
II	Características relevantes de los perfiles descritos
III	Métodos de laboratorio y bibliografía utilizada para la clasificación de los suelos
IV	Pendientes de los segmentos en que se dividió el cauce principal.
V	Cálculos de capacidad de retención de humedad de los suelo
VI	Condiciones de humedad de los suelos tropicales según su textura.
VII	Medias anuales de precipitación y temperaturas en la Subcuenca III.
VIII	Variables climáticas utilizadas para el cálculo de la Evapotranspiración.
IX	Balances hídricos
X	Importancia de las variables medidas en el análisis de aguas(Según Estrada.1986). y Parámetros para el análisis de la calidad del agua (Según ICAITI y OMS.
XI	Especies adaptables según zonas de vidas

RESUMEN

El presente estudio se realizó a través de un levantamiento edafológico a nivel de "Reconocimiento de alta intensidad" (E = 1: 50000) y la caracterización de los recursos hídricos, con el objetivo de generar información básica actualizada sobre los recursos hídricos y edáficos de la Sub-Cuenca III de la cuenca sur del lago de Managua. Este nivel de levantamiento requiere de una intensidad de observaciones de 0.4-1 observación por km², y además servirá como instrumento principal para la posterior formulación de un plan de manejo del área estudiada. Se determinó que el área de la Sub-Cuenca es de 130 km² y presenta una forma alargada, con precipitaciones que varían desde 1100 – 1700 mm / año y temperaturas entre 21 y 27⁰ C dependiendo de la elevación y posición el relieve. Fisiográficamente en la parte alta predomina un sistema de laderas y cañadas; un pie de monte volcánico en la parte media y una planicie volcánica aluvial en la parte más baja. El uso actual es dominado por un bosque con café y un bosque bajo claro en la parte alta, cultivos semi-perennes en la parte media y en la parte baja cultivos anuales y pastos. Los suelos en su mayoría (98.89% del área total) pertenecen al orden Andisol, los cuales son suelos volcánicos de fertilidad moderada a alta y muy susceptibles a la erosión, con limitaciones específicas que condicionan su uso; además se encontró una pequeña área (0.55%) que corresponde al orden Mollisol y otra (0.11%) que no se clasificó taxonómicamente, denominándose "no suelo". Presentando capacidad de uso clasificada como clases VI, VII y VIII en la parte Alta, clase IV en la parte media y clases III y V en la parte baja. Al confrontar el uso actual con la capacidad de uso de los suelos se determinó que el 59.42 % se encuentra sobre-utilizado, el 16.28 % sub-utilizado y solamente un 24.3 % se corresponde con su capacidad de uso. Las fuentes de aguas superficiales de la Subcuenca ubicadas en El Crucero y el río El Chocoyero presentan un sistema de drenaje paralelo y además serias limitaciones para consumo humano lo que hace necesario su tratamiento para consumo humano. Con respecto a la calidad para uso agrícola la parte que presenta limitaciones moderadas es la parte baja debido a las altas concentraciones de sales que presenta, por lo que se recomiendan pastos tolerantes a las sales. La Sub-cuenca III presenta un déficit hídrico en los meses de Enero a Abril, alcanzando valores máximos en los meses de Abril y Marzo. Además presenta un gran potencial de aguas subterráneas. Determinándose finalmente que la Sub-cuenca presenta vocación agroforestal y de protección de la vida silvestre en la parte alta, agroforestal en la parte media y agroforestal y pecuario en la parte baja .

Abstract

The present study was carried out through an edaphic survey at a level of "Reconnaissance of high intensity" (E = 1: 50000) and the characterisation of the hydrological resources, with the objective of generating basic up to day information on the hydrological and edaphic resources of the Sub-basin III of the south basin of the lake of Managua. This level of survey requires an intensity of observations of 0.4-1 observations for km², and it will also serve like a principal instrument for the posterior formulation of a plan of management of the studied area. The area of the Sub-basin is of 130 km² with an elongated shape, with precipitations that varies from 1100-1700 mm/year and temperatures between 21°C and 27° C depending on the elevation and position of the landscapes. Physiographically in the high part prevails a system of hillsides and narrow canyons; a volcanic piedmont in the half part and a volcanic alluvial plain in the lowest part. The current use is dominated for a forest with coffee and a low clear forest in the highest part, semi-perennial crops in the half part and annual crops and grass in the lowest part. The soils in their majority (98.89% of the total area) belong to the Andisol order, that are volcanic soils of fertility moderated to high and very susceptible to the erosion, with specific limitations that condition their use; also was founded an small area (0.55%) of the Mollisol order and another (0.11%) that was not classified taxonomically, being denominated as: "No suelo". Showing capacity of use classified like classes VI, VII and VIII in the high part, class IV in the half part and classes III and V in the low part. Confronting the current use with the capacity of use of the soils it was determined that the 59.42% is over-utilised, the 16.28% sub-utilised and only a 24.3% go together with their capacity of use. The fountains of superficial waters of the sub-basin has been located in "El Crucero" and the river "El Chocoyero" show a system of parallel drainage and also serious limitations for human consumption. Concerning to its quality for agricultural use just the low part has moderate limitations due to the high concentrations of salts, thus tolerant grass to the salts are recommended. The Sub-basin III presents an hydrological deficit in the months of January to April, reaching maximum values in the months of April and March. The study area has a great potential for underground waters. Determining finally that the Sub-basin shows agro-forestry vocation and for protection of the wild life in the high part, agro-forestry in the half part while agro-forestry and cattle-breeding and forestry in the lowest part.

I INTRODUCCION

El Estudio de los recursos naturales de una región, Cuenca o Sub-cuenca a nivel de reconocimiento (caracterización), es importante para conocer sus características, así como el estado en que se encuentran dichos recursos. Además, éstos estudios constituyen el primer paso para realizar una evaluación y posterior planificación del uso y manejo de los recursos naturales, partiendo de sus potencialidades y limitaciones, de forma que conduzca a un aprovechamiento sostenible de los mismos.

En Nicaragua los mayores problemas en cuanto al deterioro de los recursos naturales se presentan en la región del pacífico, producto de una inadecuada implementación de las actividades agrícolas y de una alta densidad poblacional comparado con otras zonas del país, lo cual tiene como consecuencia la reducción del potencial natural que presentan los suelos y fuentes de aguas, así como su contaminación, produciéndose el deterioro de éstos recursos naturales. La cuenca Sur del Lago de Managua y la Sub-Cuenca III de esta misma cuenca son ejemplos claros de esta degradación.

La caracterización de los recursos hídricos y edáficos de la **Sub-cuenca III de la Cuenca Sur del Lago de Managua** adquiere gran interés debido a que se encuentra en un área de gran variabilidad geográfica y climática, por otra parte los suelos de esta zona presentan alto riesgo de erosión, igualmente muestran condiciones difíciles para producir, debido al relieve en que se ubican estos recursos y el riesgo de deterioro que presentan los mismos. Además cabe destacar que los últimos estudios de suelos realizados en esta zona datan desde los años 70's. La situación crítica que presentan éstos recursos debe estimular la participación de los gobiernos municipales, instituciones gubernamentales y no gubernamentales, y de la comunidad en general para realizar acciones que permitan el equilibrio y sostenibilidad de los recursos naturales de la zona.

El presente estudio de los recursos suelos y aguas de la Subcuenca III de la Cuenca Sur del lago de Managua, se realizó a través de un "Levantamiento de Reconocimiento de alta Intensidad" el cual exige una intensidad de 0.4' – 1 observación por km² y permite la presentación del estudio en una escala de 1:50 000 hasta 1:250 000.

Es importante señalar que este tipo de estudio se convierte en importante herramienta para la protección, conservación y planificación de los recursos suelos y aguas de la Sub-Cuenca III.

Los resultados de este estudio permitirán la planificación (integración de diferentes diagnósticos, de Fauna, Vegetación mayor y menor, Socioeconómico y de contaminación, realizados en la Sub-cuenca) y desarrollo de futuras investigaciones y proyectos que en la zona puedan realizarse, contando con suficiente información que permita enfocar mejor sus temáticas y objetivos, de manera que se puedan evitar impactos ambientales negativos en la zona.

II. OBJETIVOS

2.1 Objetivo general

Generar información básica actualizada sobre los recursos Hídricos y edáficos de la Sub-cuenca III de la Cuenca Sur del Lago de Managua, determinando sus potencialidades y restricciones a través un Estudio de Reconocimiento de Alta Intensidad y la caracterización de los recursos hídricos.

2.2 Objetivos específicos

2.2.1 Obtener información actualizada sobre los recursos Hídricos y edáficos de la Sub-cuenca III.

2.2.2 Determinar las limitaciones y potencialidades de los suelos de la Sub-cuenca III.

2.2.3 Definir las áreas en que los suelos estén siendo bien utilizados, sobre-utilizados y sub-utilizados de acuerdo a su capacidad de uso.

2.2.4 Identificar y estimar las principales características de los recursos hídricos superficiales y subterráneos para evaluar el comportamiento del régimen hidrológico en la Sub-Cuenca III.

2.2.5 Presentar una propuesta de Uso de los recursos hídricos y edáficos de la Sub-cuenca III de la Cuenca Sur del Lago de Managua.

III REVISION DE LITERATURA

3.1 Trabajos realizados en la Subcuenca III antes del presente estudio

La Sub Cuenca III no ha sido objeto de estudio específico como Sub-cuenca. Entre los estudios más significativos realizados en la zona se encuentran: El Levantamiento edafológico de la región del pacífico de Nicaragua (CATASTRO, 1971), el Plan de ordenamiento y manejo de la Cuenca sur del Lago de Managua, (IRENA, 1982) y El Estudio Hidrogeológico de la región III (JICA - INAA, 1993).

El levantamiento edafológico de la región del pacífico fue realizado por técnicos de CATASTRO 1971. Uno de los objetivos de este estudio fue realizar un inventario de los Suelos de Nicaragua, lo cual se cumplió en parte puesto que hasta la fecha todavía existe un área en la zona nor-central del país que aún no ha sido cartografiada. Como parte de la revisión de este estudio se encontró que los suelos de la Sub-cuenca III de la Cuenca Sur del Lago de Managua, estaba conformada por suelos del tipo Typic Durandepts en las Nubes, Typic Eutrandepts en La Borgoña y Ticuantepe, Mollic Vitrandepts en San Ignacio, Veracruz y Sabana Grande, Typic Haplaquolls en el barrio El Rodeo, Aquic Haplustolls en las costas del lago de Managua.

El Plan de ordenamiento y manejo de la Cuenca Sur del lago de Managua, realizado en el año 1982 por un equipo técnico del Instituto de Recursos Naturales y del Ambiente (IRENA, 1982). Este trabajo tenía como objetivo crear un plan de ordenamiento y manejo de la cuenca sur del Lago de Managua, partiendo de información ya existente y algunas actividades de campo.

- De acuerdo con este estudio la Sub-cuenca III tenía para el año 1982 un 30% de su área total utilizada por encima de su capacidad, un 12% por debajo de su capacidad y un 55% estaba siendo bien utilizada.

- De 1954 al año 1982 el área boscosa de la cuenca sur de Managua sufrió una reducción del 17% al 12% con respecto al área total. Hasta el año 1982 el cultivo del café ocupaba de manera exclusiva la parte alta de la Sub-cuenca III.

Según este mismo estudio, en relación al recurso agua, casi en su totalidad los pozos excavados eran utilizados para pequeños suministros doméstico y limpieza del ganado. Las aguas superficiales no se estaban utilizando de acuerdo a su potencial, tampoco estaban siendo tratadas para consumo humano.

3.2 Provincias fisiográficas que conforman la Sub-cuenca III

El área de la Sub-cuenca se encuentra dentro de las Provincias fisiográficas: Cordillera Volcánica del Pacífico y la Provincia de la Depresión Nicaragüense (Fenzl, 1989), por lo que referiremos los rasgos más importantes de ambas provincias.

Cordillera Volcánica del Pacífico

Los rasgos de esta provincia se evidencian en la parte alta de la Sub-cuenca. Esta provincia está formada por una cadena de volcanes y elevaciones del cuaternario reciente, con dirección noroeste-sureste y 300 km de longitud; extendiéndose desde el Volcán Cosiguina al Norte (Chinandega) hasta el volcán Maderas al sureste.

Dentro de la Cordillera volcánica del pacífico se ubican los paisajes Meseta disectada, y en la Depresión Nicaragüense el sistema de laderas y cañadas altas y bajas y pie de monte volcánico coluvial, que forman parte de Sub-cuenca III de la Cuenca Sur del Lago de Managua.

Provincia de la Depresión Nicaragüense

Las principales Sub-provincias geomorfológicas de la Depresión Nicaragüense son:

La falla noroeste-suroeste de la depresión Nicaragüense, esta falla forma parte de la Sub-cuenca III en su parte alta con la que limita al suroeste.

Planicie inter-lacustre de la Depresión Nicaragüense es un tapón volcánico que separó la antigua unión de los lagos Xolotlán y Cocibolca, está representada en la Sub-cuenca III por la planicie de inundación fluvio-volcánica y lacustre.

Las Sierras de Managua, que comprenden un relieve muy escarpado y disectado del labio levantado de la falla austral de la Depresión Nicaragüense modificado por el apilamiento de piroclastos arrojados por los volcanes Masaya y Santiago.

La Meseta de Carazo es resultado de un apilamiento formado de talpetate y piroclastos.

3.3 Conceptos y Definiciones básicas

Levantamiento edafológico: Comprende todas aquellas investigaciones necesarias para:

- Determinar las características más importantes de los suelos.
- Clasificar los suelos.
- Delimitar y presentar en un mapa las clases de suelos.
- Interpretar los suelos desde el punto de vista de su aptitud de uso.
- Predecir el comportamiento y su productividad bajo diferentes sistemas de manejo (USDA, 1965 & Benavides, 1977) citados por (IGAC, 1987).

Los levantamientos a nivel de reconocimiento se realizan con una intensidad de observaciones relativamente baja (0.4 - 1 por Km²), ya sea en zonas planas, inclinadas u onduladas.

El fin del levantamiento es realizar el inventario general de la fisiografía y suelos en áreas bajo explotación agropecuaria extensiva a semi-intensiva, o bajo explotación forestal intensiva, para proporcionar datos para catastro, etc. (IGAC, 1987).

Estos levantamientos son antecesores de levantamientos posteriores más detallados.

Factores y procesos que intervienen en la formación de suelos

Los suelos son el producto de la interacción de diversos factores formadores como son la roca madre, el clima, los organismos, el relieve y el tiempo y se puede expresar en función de uno o de varios factores dependientes entre sí.

Partiendo de lo anterior, se puede explicar la formación de los suelos de la zona en estudio como el producto de un complejo de interacciones destacándose dentro de éstas la influencia de los materiales parentales (en su mayoría de origen volcánico), la posición en el terreno o relieve y el clima (Boul, Hole & Mckracken, 1983).

Según CATASTRO, 1971; la mayoría de los suelos de la zona corresponden al suborden Andepts y en menor cantidad en el Aquolls, por lo que a continuación se muestran los principales procesos de formación de suelos asociados a éstos suelos y actualizado a 1994 en donde los suelos Andepts se corresponden al orden Andisoles.

Procesos de formación en suelos Andisoles

Meteorización alofánica

Proceso que da lugar a la síntesis de compuestos amorfos (alófana) mediante una serie de reacciones físico-químicas sobre materiales volcánicos. La presencia de alófanas en suelos que conforman la Sub-cuenca III fue evidenciada colorimétricamente.

Oscurecimiento o melanización

Es un proceso que da lugar a la acumulación de materia orgánica, con la consecuente coloración oscura. Se considera a este proceso responsable de la formación de epipedones melánicos y móllicos.

Gleyzación

Conlleva a la formación de rasgos redúximórficos en condiciones de drenaje pobre y condiciones anaeróbicas (ocurre en zonas con drenaje pobre).

Se evidenciaron procesos redúximórficos en suelos ubicados en la parte baja de la Sub-cuenca, donde la cercanía del nivel freático afecta la formación de suelos.

Translocación de Carbonatos de Calcio

Permite la formación de horizontes cálcicos, es influenciado por las condiciones climáticas en la parte baja de la Sub-cuenca, la cercanía del lago (acumulación de CaCO_3) y la tabla freática alta.

Translocación y cementación de Carbonatos de Calcio

Este proceso es similar al anterior, ocurre en condiciones de saturación estacional de agua, seguido por una desecación, da lugar a la formación de horizontes petrocálcicos.

Procesos de formación en suelos Mollisoles

En la génesis de los mollisoles participan una serie de procesos edafogénicos, dentro de los más importantes se mencionan la melanización, la eluviación-iluviación y la infiltración.

Proceso de Melanización

Se caracteriza por el oscurecimiento de los suelos debido a la adición de materia orgánica, este es el proceso predominante en la génesis de los mollisoles. La melanización en los mollisoles está asociada a otros procesos más específicos, tales como la introducción de raíces al interior del perfil, la descomposición parcial de los

materiales orgánicos produciendo compuestos oscuros y muy estables, la conformación de mezclas y complejos de materia orgánica). Este proceso da origen a la formación del epipedón mólico, típico de los mollisoles.

Proceso de eluviación-iluviación

La eluviación-iluviación se expresa en la translocación de coloides orgánicos, junto con coloides minerales (sucede en las grietas entre bloques cuya superficie se recubre con cutanes oscuros), de esta forma se realiza el movimiento descendente y la precipitación de la arcilla con materiales orgánicos y óxidos de hierro en los horizontes subyacentes al epipedón mólico, donde la arcilla tiende a acumularse.

Suelos

Suelo es un medio continuo, dinámico y en perpetua evolución; en el que suceden transformaciones y transferencia permanente o temporal de materias sólidas, líquidas, gaseosas y biológicas (Horstom 1985).

Una colección de cuerpos naturales organizados que se encuentran sobre la superficie de la corteza terrestre, conteniendo materia viva y soportando o siendo capaz de soportar plantas, se define como **SUELO** (Soil Survey Staff, y Ortiz Cuánalo; mencionado por Ortiz-Villanueva, 1987).

Capacidad de Uso de los Suelos

Para la clasificación por capacidad de uso del suelo es necesario tener información que provenga de investigaciones, observaciones y experiencias locales. En aquellas áreas donde no se disponga de datos acerca de las respuestas de los suelos a prácticas de manejo, los suelos pueden ser agrupados de acuerdo a la interpretación que se haga de sus características y cualidades, y principios generales de uso y manejo desarrollados en suelos de otros lugares, clasificándose en ocho diferentes clases de capacidad de uso enumeradas en números romanos. (USDA, 1965, citado por IGAC, 1987).

La clasificación por capacidad de uso se basa en los efectos de la combinación de clima y características permanentes del suelo, sobre los riesgos que presenta de ser dañado; así como limitaciones para su uso y manejo. Las unidades de capacidad de uso son el resultado de analizar los factores antes mencionados, los cuales determinan el uso y manejo más apropiado que se les debe dar siguiendo un propósito agrícola.

Uso Actual

Las cantidades de alimentos necesarios para satisfacer a una población siempre creciente son enormes, mientras que las tierras disponibles disminuyen bajo la presión demográfica con todas las infraestructuras que la acompañan, lo cual hace necesario desarrollar nuevas estrategias para usar de manera adecuada el recurso suelo y así amortiguar la creciente demanda de alimentos (FAO, 1990).

La calidad del entorno físico dado principalmente por el clima y la edafología indican que la intervención del hombre en la naturaleza con miras a su aprovechamiento tiene que ajustarse a la capacidad y potencial de los recursos naturales. La revisión de los antecedentes al respecto revelan que hay tanta sobre utilización como subutilización de los recursos suelos, aguas y bosques (Rodríguez, 1981).

Conflictos de Usos

Se denomina Conflicto de Uso aquella superficie de suelo que se está utilizando en forma inadecuada y que por lo tanto puede generar serios problemas de erosión o desertificación, y se mide en porcentaje de suelo sub-utilizado y sobre utilizado o en conflicto (FAO/ PNUMA, 1996).

Cuenca hidrográfica

El espacio limitado por las partes más altas de una región como montañas, laderas y colinas, en el que se desarrolla un sistema de drenaje superficial que concentra sus aguas en un río principal, el cual se integra al mar, lago u otros ríos más grandes es llamado **Cuenca Hidrográfica** (Faustino, 1992).

El área en la que el agua y los sedimentos drenan hacia un punto en común se denomina **Cuenca Hidrográfica**. La cuenca está delimitada por una línea imaginaria denominada parteaguas que es el lugar geométrico de todos los puntos de mayor nivel topográfico que divide el escurrimiento entre cuencas adyacentes. Este espacio se puede delimitar en una carta altimétrica, siguiendo las partes más altas (de mayor elevación) de la zona en estudio, fácilmente perceptibles en fotografías aéreas, lo cual se denomina **parteaguas** (divisorias de las aguas).

Características hidrológicas de una cuenca

Las características de una cuenca o Sub-cuenca que mayor influencia presentan sobre el comportamiento de las precipitaciones son: la forma, el relieve y la red hidrográfica (Rodríguez, 1982).

a) Forma de la cuenca

Esta influye sobre el escurrimiento y sobre la forma del hidrograma resultante de una precipitación dada, de esta manera en una cuenca de forma alargada el agua producto de un evento lluvioso fluye en general por un solo cauce y tarda más tiempo en llegar a su destino, por lo que el efecto erosivo es mayor. En cambio en una cuenca de forma ovalada u oblonga los escurrimientos se desplazan por un sistema de drenaje muy ramificado hasta llegar a un punto en común y no se concentran en un sólo cauce, además, el tiempo de concentración es menor.

b) El relieve

Ejerce una acción determinante en la escorrentía de una cuenca o Sub-cuenca, a mayor pendiente el tiempo de concentración será menor y viceversa. Los parámetros que tienen mayor incidencia en el relieve son:

- a) Alejamiento medio de la cuenca o Sub-cuenca.
- a) Pendiente media
- c) Curva Hipsométrica.

c) Red hidrográfica

Se denomina al drenaje natural permanente o temporal por el que fluyen las aguas de escurrimiento superficial, subsuperficial y subterráneo producto de las precipitaciones.

Un área que desarrolla su sistema de drenaje directamente al curso principal de la cuenca se define como **Sub-Cuenca**; Varias Sub-cuencas forman una cuenca.

Microcuenca Es toda área que desarrolla su drenaje directamente al curso principal de una Sub-Cuenca, varias microcuencas forman una Sub-Cuenca.

Recurso de flujo es el recurso que presenta en el espacio y el tiempo una oferta natural presente, no constante por unidad de tiempo (Ej. Los caudales, precipitación, vientos, etc.). La conformación del recurso flujo obliga a que su utilización deba efectuarse en el tiempo de su presencia, ya que al tiempo siguiente, este recurso ha cambiado de espacio físico, para dar lugar a una nueva oferta del recurso, diferente a la oferta del instante anterior (FAO / PNUMA, 1996).

El espacio de la cuenca hidrográfica donde se operacionaliza el flujo hídrico, el cual está condicionado al flujo de precipitaciones y al efecto de las Características generales de la zona, es lo que se conoce como **red de drenaje**.

Curva hipsométrica

Es un valor característico, el cual se expresa en una curva que presenta las superficies dominadas por cada cota y, por tanto, caracteriza en cierta forma el relieve. También se utiliza la Curva de distribución de frecuencias, es decir, la proporción en porcentaje (%) de la superficie total de la cuenca comprendida entre cotas de diferentes elevaciones. Es una curva que presenta las superficies dominadas por encima de cada cota y, por tanto, caracteriza en cierta forma el relieve de la cuenca (Ayestas, 1994).

El agua proveniente de las precipitaciones que circula sobre o bajo la superficie terrestre y que llega a una corriente para finalmente ser drenada hasta la salida de la cuenca forma lo que se llama **Escurrimiento superficial** (Ayestas, 1994).

Escurrimiento superficial es el volúmen de agua que fluye (avanza) sobre la superficie de la tierra hasta alcanzar un cauce o estructura que lo pueda soportar y conducir, o sea, cualquier depresión que pueda transportar una corriente de agua con flujo turbulento durante una lluvia y durante un período corto después de terminada la lluvia.

Sistemas de Información Geográficas (SIG)

Según Aronoff (1989), se define como Sistemas de Información Geográfica (SIG), a un Sistema de información que ofrece cuatro tipos de posibilidades para manejar datos georeferenciado:

- 1) Entrada de datos
- 2) Manejo de datos (almacenamiento y búsqueda)
- 3) Manipulación y análisis
- 4) Salida de datos.

SIG es un conjunto de programas utilizados como herramientas en la recopilación, almacenamiento, búsqueda, transformación y para desplegar información espacial de una región, permitiendo el análisis y manejo rápido de esta información. Los **SIG** han demostrado ser herramientas muy útiles en el procesamiento y manipulación de información georeferenciada, según los objetivos del estudio

IV DESCRIPCION DEL AREA DE ESTUDIO

La Sub-cuenca III de la Cuenca Sur del Lago de Managua se encuentra entre los $11^{\circ} 57'$ y $12^{\circ} 11'$ de latitud norte, y los $86^{\circ} 8'$ y $86^{\circ} 19'$ de longitud oeste. Ubicándose en las hojas topográficas:

Managua	#2952 III
Nindirí	#2952 -II
Masaya	#2951- I
San Rafael	#2951- IV
Tipitapa	#2952 -V

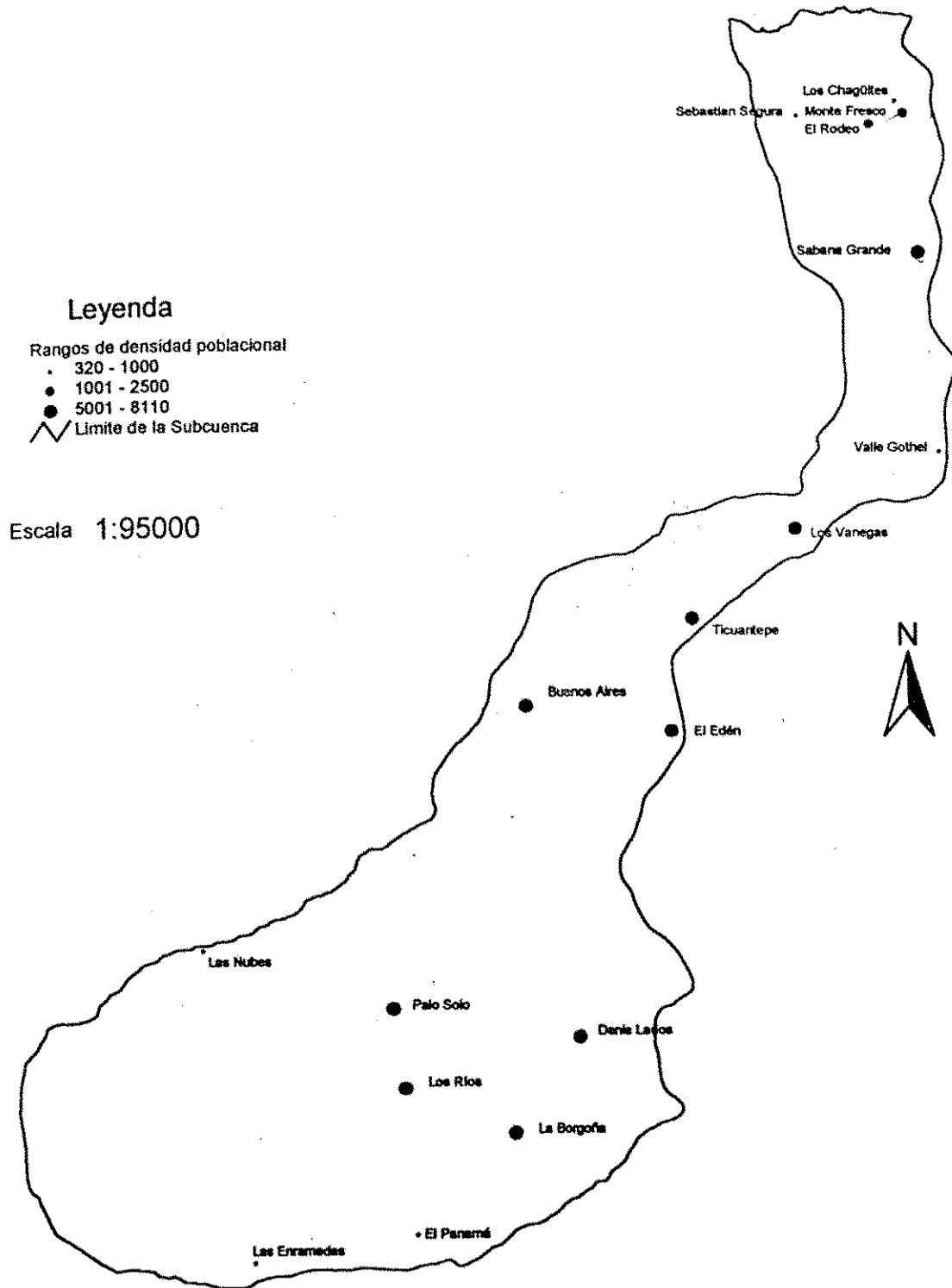
Esta Sub-Cuenca comprende el área ubicada entre la meseta de El Crucero (que sirve de límite al suroeste) y el extremo oeste del volcán Santiago, extendiéndose en dirección noreste por los poblados de Ticuantepe, Veracruz, Sabana grande, El Aeropuerto Internacional de Managua, La Universidad Nacional Agraria, El Rodeo y finalizando en la desembocadura del Río El Borbollón en las costas del Lago Xolotlán (ver mapa demográfico de la Sub-cuenca III). Comprende un área aproximada de 130 Km^2 (130,000 Ha), que corresponde al 15.7% del área total de la Cuenca Sur del Lago de Managua, esta Sub-cuenca es la de menor tamaño de dicha Cuenca.

Presenta precipitaciones promedio de 1108 mm/año en la parte baja (Sabana Grande - Lago Xolotlán) hasta 1700 mm/año en la parte alta (El Crucero), el régimen térmico promedio varía desde los 28°C en la parte baja alcanzando los 21°C en la parte alta de la Sub-Cuenca. Presentándose una humedad relativa de 63% en la parte baja y de 85% en el Crucero (INETER, 1997).

3.2 Geología (Según JICA - INAA 1993)

La Sub-cuenca III de la Cuenca Sur del Lago de Managua, se encuentra suprayacente a piroclastos y sedimentos de la región volcánica del cuaternario y la región aluvial del cuaternario reciente u Holocénico.

MAPA DEMOGRAFICO DE LA SUBCUENCA III DE LA CUENCA SUR DEL LAGO DE MANAGUA
Noviembre de 1997



Elaborado por:
Universidad Nacional Agraria
Facultad de Recursos Naturales y del Ambiente

Digitalización y procesamiento en IDRISI
Diseño e impresión en ArcView

Diseño e impresión:
Ing. Luis Valerio

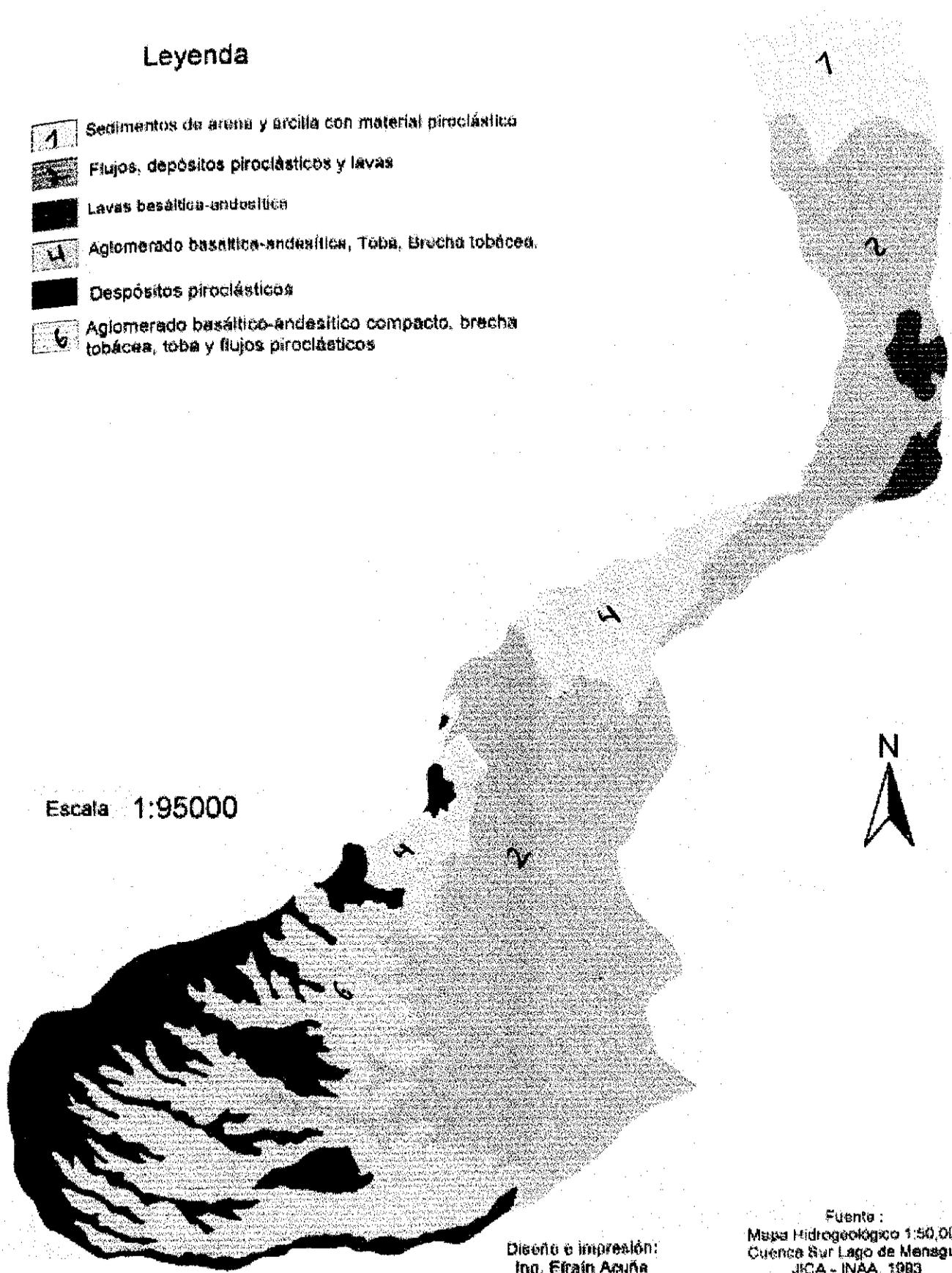
Elaborado en:
SIGMA / FARENA

Fuente de información:
INEC
MAG

Digitalización y procesamiento
Luis Catín
Carlos Zelaya

Leyenda

-  Sedimentos de arena y arcilla con material piroclástico
-  Flujos, depósitos piroclásticos y lavas
-  Lavas basáltica-andesítica
-  Aglomerado basáltica-andesítico, Toba, Brecha tobácea.
-  Depósitos piroclásticos
-  Aglomerado basáltico-andesítico compacto, brecha tobácea, toba y flujos piroclásticos



Escala 1:95000



Elaborado por:
Universidad Nacional Agraria
Facultad de Recursos Naturales y del Ambiente

Diseño e impresión:
Ing. Efraín Acuña
Ing. Martha Orozco

Elaborado en:
SIGMA / FARENA

Fuente :
Mapa Hidrogeológico 1:50,000
Cuenca Sur Lago de Managua
JICA - INAA, 1983

Digitalización y Procesamiento:
Juan Valdequiza
Carlos Zelaya

La edad de los materiales geológicos que conforman la Sub-cuenca en estudio data del Plio-pleistoceno al Holoceno reciente (2.5×10^6 años a menos de 500,000 años).

La mayor parte de la Sub-cuenca III, se encuentra inmersa dentro de la Provincia geológica conocida como Provincia de la Depresión Nicaragüense o Graben Nicaragüense, pero, además, la parte sureste de la Sub-cuenca abarca una pequeña área de la Provincia Volcánica del Pacífico de Nicaragua (Fenzl, 1989).

La Provincia Geológica de la Costa del Pacífico aflora en varias áreas de la Sub-cuenca, ésta se encuentra representada en la Sub-cuenca por el Grupo Las Sierras que se extiende entre Ticuantepe y el Crucero, como parte del sistema de laderas y cañadas. El grupo Las Sierras esta conformado por materiales piroclásticos gruesos, poco meteorizados y con cierta compactación, presenta, además, otros materiales como lapilli, pómez, tobas líticas blancas y tobas aglomeradas. La edad de los materiales que conforman este grupo datan del Plio-Pleistoceno (2.5×10^6 años).

En el mapa geológico de la Sub-cuenca III, se muestran los principales materiales geológicos que conforman la zona y el área cubierta por cada uno de ellos. La información reflejada fue tomada del mapa Hidrogeológico de la Cuenca Sur del Lago de Managua, editado por JICA -INAA, 1993.

4.2 Características Socio-Económicas de la Su-Cuenca III

Vías de comunicación

Las principales vías de comunicación son las siguientes: El Aeropuerto Internacional de Managua, ubicado entre los 10 y 13 Km carretera norte. La carretera norte (Panamericana) que comunica a la Sub-cuenca con Managua (la capital) y por el norte con Tipitapa. Una carretera intermunicipal pavimentada, pasando por Ticuantepe y El Crucero. La parte alta está delimitada por la carretera Panamericana, existiendo, además, una gran cantidad de caminos transitables en verano sin revestimiento, algunos de los cuales presentan dificultades para el acceso a la parte

alta durante el invierno. Ubicándose en una posición estratégica con acceso a importantes ciudades del país lo cual favorece su desarrollo (Catín, 1997).

Economía

Los principales rubros son: el Café (*Coffea arabica*), Piña (*Ananas comosus*) y la Pitahaya (*Hylocereus undatus*); debido a que el cultivo y manejo de estos rubros demandan gran cantidad de empleos, sobre todo las labores culturales y cosecha, incrementan la generación de empleos hasta en un 40% en los meses de noviembre, diciembre, enero y febrero. Además, en la Sub-cuenca III se encuentran importantes industrias como: Café El Mejor, Tricotextil, Zonas Francas y El Aeropuerto Internacional de Managua.

Salud y Educación

En la Sub-cuenca III se ubican ocho centros de educación primaria distribuidos en toda la Sub cuenca, seis centros de educación secundaria y un centro de educación superior que es la Universidad Nacional Agraria. Además, presenta seis centros de salud, los cuales no cuentan con equipo, ni el personal necesario para atender la demanda de la población. Las principales enfermedades que afectan a la población son desnutrición, anemia aguda y las enfermedades respiratorias. La mortalidad de ocho personas/año y una natalidad de un 12% anual. (Catín, 1997).

Servicios

La disponibilidad del agua en la parte alta depende en gran parte de las corrientes superficiales El Chocoyero y El Brujo que son utilizadas para el uso doméstico, no obstante el acceso a este servicio es muy difícil para algunos pobladores, en la parte media el agua utilizada para uso doméstico es suplida por pozos perforados por INAA y una parte por las corrientes de El Chocoyero y El Brujo. En la parte baja se utiliza 100% agua sumistrada por INAA.

La energía eléctrica está bien distribuida en la parte urbana excepto en el área rural de la parte alta presentando serias limitaciones, en la parte media este servicio es eficiente, abasteciendo algunas comunidades y en la parte baja presenta un servicio muy eficiente y buena distribución. (Catín, 1997).

Tenencia de la tierra

La forma de tenencia de la tierra en la Sub-cuenca III corresponde un 8% del área propiedad de los trabajadores, 36% trabaja tierras prestadas, un 5.3% es propietario de las tierras que trabaja, el restante corresponde a otros tipos de tenencia. (Catín, 1997).

Instituciones y organismos de desarrollo presentes en la zona

Fundación Augusto César Sandino (FACS)

Centro de Acción y Apoyo al Desarrollo Rural (CENADE)

Instituto Nicaragüense de Tecnología Agropecuaria (INTA)

Unión Nacional de Productores Agropecuarios (UNAG)

Proyecto de la Diosa Madre de todos los Dioses (NAKAWÉ)

Instituto Nicaragüense de Fomento Municipal (INIFOM)

Instituto de Promoción Humana (INPRHU)

Universidad Nacional Agraria (UNA)

Centro Inter eclesiástico de Estudios Territoriales y Sociales (CIEETS).

V. MATERIALES Y METODOS

5.1 Materiales

Los materiales necesarios para la realización de la caracterización de los recursos suelos y aguas, se presentan a continuación en correspondencia con las fases metodológicas aplicadas en el estudio, siendo éstas Fase de pre-campo, Fase de campo y Fase de post-campo.

5.1.1 Fase de pre-campo

- a) Mapas topográficos escala 1:50000 (1988)
- b) Fotografías aéreas escala 1:40000 (1996) y 1:25000 (1986)
- c) Mapas geológicos escala 1:50000
- d) Estereoscopio de espejos
- e) Papel Bond (pliegos #40)
- f) Acetatos no fotocopiables (para fotointerpretación)
- g) Marcadores indelebles.
- h) Tape mágico, Masking tape
- i) Datos sobre variables climáticas de las estaciones meteorológicas

5.1.2 Fase de campo

- a) Vehículo de doble tracción
- b) Clinómetro
- c) Barrenos (para muestreo de suelos y densidad aparente)
- d) Palines
- e) Martillo geológico-edafológico
- f) Cinta métrica
- g) Cámara fotográfica + Rollos de películas 135 mm + revelado
- h) Cuchillo de campo
- i) Libreta de campo
- j) Tarjetas para descripción de perfiles de suelos y registro de observaciones detalladas
- k) Etiquetas para identificación de muestras
- l) Bolsas plásticas para toma de muestra
- m) Tabla de colores Mounsell
- n) Pizetas (para reactivos de campo)
- o) Manual FAO para descripción de perfiles
- p) Clave para taxonomía de suelos 1994
- q) Estereoscopios de bolsillo
- r) Reactivos de campo (HCl, H₂O₂, NaF, H₂O y Fenolftaleína)
- s) Mapas topográficos

- t) Mapa base de la zona
- u) Envases para recolección de muestras de aguas

5.1.3. Fase de post-campo

- a) Mesa de Luz
- b) Juego de Leroy
- c) Skecht Master
- d) Pantógrafo
- e) Planímetro
- f) Estereoscópio de espejo
- g) Acetatos fotocopiables y no fotocopiables
- h) Papel tracing
- i) Papel Bond # 40 (tamaño carta y pliegos)
- j) Marcadores indelebles punta fina
- k) Lápices de colores
- l) Masking tape, Tape mágico
- m) Borradores de goma y corrector líquido
- n) Computadora y Software para SIG
- o) Impresora
- p) Tabla Digitalizadora

5.2 Metodología

5.2.1 Metodología general en el levantamiento de suelo

Para la realización de la caracterización del recurso suelo se utilizó la metodología que el Departamento de Uso y Manejo de suelos de la Universidad Nacional Agraria ha venido aplicando para levantamientos de suelos al nivel de Reconocimiento de alta intensidad (modificación del nivel de reconocimiento que el CATASTRO empleó en 1971), el cual precisa de una escala de publicación 1:50,000 – 1:250000 y comprende una densidad de observaciones entre 0.4 y 1 observación por Km².

La metodología empleada permite, identificar el uso (cubierta vegetal) que presenta el suelo en el momento del levantamiento, clasificar los tipos de suelos encontrados de acuerdo a sus características particulares, definir su capacidad de uso de los suelos y las áreas en conflicto de usos, para realizar una propuesta de uso según su capacidad de uso y el conflicto de uso que presenten.

Este tipo de levantamiento se realiza con ayuda de fotografías aéreas y mapas

topográficos con los que se definen transectos de acuerdo al relieve y vegetación lo que puede influir en posibles cambios en el tipo de suelos, además del clima. Una vez seleccionados los transectos se procede a realizar las observaciones, considerando los cambios en el relieve y la distancia de acuerdo a la densidad antes mencionada. Para el muestreo de suelos, se seleccionan transectos con el auxilio de fotointerpretación y de información generada por hojas topográficas, información climática y geológica, de forma que sean consideradas durante el estudio, las principales combinaciones existentes de relieve, clima y geología que puedan influenciar la variabilidad de los suelos.

El proceso general para la caracterización de los recursos suelos y aguas de la Subcuenca III se realizó en tres etapas (Etapa de pre-campo, Etapa de Campo y Etapa de Post-campo). En algunos casos los mapas se obtuvieron por sobreposición de la información generada en mapas obtenidos previamente, tal es el caso del Mapa de Capacidad de Uso, conflictos de Uso y Uso Propuesto, empleando en este proceso herramientas modernas para la cartografía de suelos y clima, como son los Sistemas de Información Geográfica (SIG).

A continuación se detallan las principales actividades desarrolladas en cada una de las etapas del estudio.

5.2.1.1 Actividades por etapas

Etapa de Precampo

- a) Delimitación del área de estudio.
- b) Recopilación de información básica sobre estudios previos y datos climáticos de la zona.
- c) Recopilación de mapas topográficos, geológico, Fotografías aéreas 1996 a escala 1:40,000 y 1:25,000 año 1986.

- d) Fotointerpretación preliminar (Delimitación del área de estudio, mapa fisiográfico y de uso actual).

Etapa de Campo

- a) Reconocimiento del área a estudiar a través de un recorrido con ayuda del mapa base.
- b) Comprobación de fotointerpretación preliminar (Fisiografía y Uso Actual).
- c) Levantamiento de información en el campo sobre:
 - Suelos (observaciones detalladas y descripción de perfiles representativos)
 - Clasificación taxonómica tentativa y Capacidad de Uso de la Tierra
 - Pendiente
 - Toma de muestras de suelos y agua para análisis en laboratorio

Etapa de Post - Campo

- a) Compilación y corrección de mapas.
- b) Análisis de Laboratorio de aguas y suelos (físicos y químicos)
- c) Clasificación definitiva de suelos (Taxonómica y Capacidad de uso).
- d) Digitalización de mapas y procesamiento de imágenes en SIG.
- e) Confrontación de Uso Actual de la tierra con la Capacidad de Uso de la misma para determinar las áreas en conflicto de uso (bien utilizadas, sub-utilizadas y sobre utilizadas).
- f) Definición del Uso Propuesto de la tierra en base al potencial del recurso suelo (Se considera la información reflejada en el mapa de Capacidad de Uso y el mapa de zonas de vida).
- g) Determinar las características hidrológicas.
- h) Cálculo de Escorrentía y contenido de humedad de los suelos.
- i) Edición de mapas.
- j) Redacción del documento final.

5.2.1.2 Metodología específica para la elaboración de mapas

En la etapa de pre-campo y campo, se procedió a la elaboración de los mapas definitivos que son en parte el resultado del estudio. A continuación se exponen los detalles para la elaboración de cada mapa y su relación con la metodología general:

Mapa Base

Fue elaborado a partir del mapa topográfico escala 1:50000 y con fotointerpretación preliminar se definieron los límites de la Sub-cuenca, las principales áreas pobladas, carreteras y caminos, de manera que sirviera de guía durante la etapa de campo. Se emplearon para la elaboración de este mapa hojas topográficas de la zona 1:50,000 (Hojas topográficas Managua, Masaya, Nindirí, Tipitapa y San Rafael del Sur) y fotografías Aéreas años 1996 y 1986. Este mapa finalmente fue editado con ayuda del Técnico dibujante de la FARENA.

Mapa Fisiográfico o Geomorfológico

Este se elaboró durante la etapa de pre-campo a través de fotointerpretación preliminar, siendo comprobado y corregido en la etapa de campo, empleando el método considerado por CATASTRO (1973), el cual es una modificación de las técnicas de mapeo de suelos de ladera (Villota, 1983). En el presente estudio se separaron las diferentes unidades geomorfológicas hasta obtener paisajes típicos de la zona. Una vez corregido el mapa se procedió a su digitalización y edición empleando SIG.

Mapa de Uso Actual de la Tierra

El uso actual de la tierra se determinó por fotointerpretación de fotografías a escala 1:25000, año 1986 y 1:40000, año 1996 con comprobación de campo. En el campo se observó el uso mayor de la tierra, siendo generalizado éste para las áreas bajo cultivos anuales, cultivos semi-perennes, perennes, pastos con diferentes niveles de enmalezamiento, las cubiertas por bosques, poblados, etc.

Una vez elaborado el respectivo mapa y confirmado los usos se elaboraron un cuadro del área ocupada por cada uso determinado, reflejando el área y porcentaje que cada uno representa de la zona en estudio. Finalmente el mapa fotointerpretado fue digitalizado a través del programa TOSCA 212, reclasificándolo para obtener unidades códigos para cada tipo de uso en IDRISI y editado en ARC VIEW, programas empleados en la unidad SIG de FARENA.

Mapa de Pendientes

El Mapa de Pendientes se construyó haciendo uso exclusivo de los Sistemas de Información Geográfica (SIG) de FARENA. Para ello se utilizaron los programas TOSCA 212 para la digitalización de curvas a nivel cada 20 m. e IDRISI para la rasterización y filtrado del mapa. La edición del mapa final se realizó mediante el programa Arc View. Para la clasificación de los rangos de pendientes se utilizaron letras de la "A" a la "G" que representan siete rangos de pendientes que varían según la inclinación del terreno desde 0-2 % hasta >45 % respectivamente.

En el campo se determinó la pendiente en las áreas aledañas a los sitios muestreados, mediante el uso del Nivel Abney o Clinómetro.

Mapa de Suelos

El mapa de suelos se realizó siguiendo el procedimiento propuesto por Soil Survey Staff 1962, modificado, "Levantamiento de Suelos al nivel de Reconocimiento de Alta Intensidad". Este mapa se obtuvo con la información recopilada en la etapa de campo y corregida a partir de los análisis de laboratorio en la etapa de Post-campo. Para la recolección de la información de suelos en el campo se utilizaron formatos para observaciones en los que se anotó información acerca de la ubicación del suelo y sus características de pedregosidad, pendiente, drenaje, uso actual, profundidad, color, textura, etc. Una vez determinadas las características anteriores se agruparon las observaciones con características similares, que determinaron las unidades de suelos y para los que se describieron perfiles representativos

Para cada perfil representativo, se tomaron muestras de suelos y llenaron tarjetas para su respectiva descripción, las cuales contienen la siguiente información:

- | | |
|---------------------------|--|
| -Clasificación tentativa | -Material madre |
| - Uso Actual | - Pendiente |
| - Fisiografía | - Escurrimiento Superficial |
| - Pedregosidad | - Permeabilidad |
| - Drenaje natural | - Profundidad |
| - Horizontes | - Textura |
| - Color (seco y húmedo) | - Consistencia |
| - Estructura | - Poros |
| - Limite | - Raíces |
| - Localización del perfil | - Observaciones (se anotaron otras características relevantes del suelo y su ubicación). |

De cada perfil representativo se tomaron muestras de los horizontes descritos, las que se analizaron en el Laboratorio de Suelos y Aguas de la Universidad Nacional Agraria.

Una vez obtenidos los resultados de laboratorio se procedió a la clasificación definitiva de los suelos en las categorías de Orden, Suborden, Gran grupo y Subgrupos taxonómicos según **Soil Survey Staff, 1994**. Para delimitar las unidades de suelos se ubicaron las observaciones detalladas sobre el mapa base y con fotointerpretación se definió la distribución aproximada de los diferentes suelos, considerando la fisiografía. Finalmente el mapa se digitalizó y editó haciendo uso del SIG.

Mapa de Capacidad de Uso de la Tierra

El mapa de capacidad de uso se obtuvo a partir de las limitaciones que presentaba el suelo, considerando, además, la susceptibilidad a la erosión y una modificación de las pendientes tolerables para cada clase e capacidad y en la parte cercana al

Volcán se consideró el efecto de los gases del volcán Santiago como una limitante adicional a los presentados por los suelos.

En la construcción del mapa de capacidad de uso de la tierra se utilizaron los mapas de suelo y pendiente elaborados previamente de forma que permitiera relacionar los factores suelos y pendientes a través de una matriz en donde se interrelacionara los factores antes mencionados, con ayuda del programa IDRISI para Sistemas de Información Geográfica, obteniéndose las diferentes clases de capacidad de uso de la tierra.

El principio aplicado para considerar este mapa es que los suelos tienen diferentes grados de limitaciones según las características que los tipifican y la pendiente en la cual se encuentren. En el cuadro 1 se muestran las 8 clases de capacidad de uso de la tierra con sus posibles limitaciones para diferentes usos.

Cuadro 1.- Clases de Capacidad de Uso y Limitaciones para diferentes usos

Clase/Uso	Agrícola	Pecuario	Forestal	PVS
I	Nulo			
II	Leve			
III	Moderado			
IV	Severo	Leve		
V		Moderado		
VI		Severo	Leve	
VII			Moderado	
VIII			Severo	Leve

PVS: Protección de la vida silvestre

Las limitaciones de los suelos se pudieron determinar gracias a las descripciones de perfiles realizados en la etapa de campo, cuyos perfiles muestran las características esenciales para determinar la capacidad del mismo: profundidad efectiva, textura superficial y del subsuelo, consistencia, drenaje, pendiente, presencia de rocas en la superficie, evidencia de sales, susceptibilidad a la erosión, fertilidad natural, etc.

La capacidad de uso de los suelos se indicó con números romanos (I-VIII) para las diferentes clases, basado en la clasificación de capacidad de uso de la tierra diseñada por Klingebiel y Montgomery (1961).

Mapa de Confrontación de Usos o Conflictos de Uso de la Tierra

Se elaboró confrontando en una matriz la capacidad de uso de la tierra con el uso actual al que están siendo sometidos los suelos. El procesamiento de la imagen se realizó empleando el programa IDRISI. Las áreas se valoraron únicamente por su uso, así como características particulares del suelo y no por su manejo, o sea, los usos actuales que están en conformidad o inconformidad con la capacidad de uso de la tierra. De esta forma se clasificó el suelo en áreas:

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

Un ejemplo de la valoración de los usos actuales según la capacidad de uso, se muestra en el cuadro 2.

Cuadro 2 Valoración del Uso de la Tierra según su Capacidad de Uso y su Uso Actual.

Valoración → Clase de Capacidad de Uso	Bu	Su	So
I, II, III	A	P, P+T, BE	Urbanismo
IV	P, P+T	B o PVS	A
V, VI	P, B, P+T	PVS	A
VII	B	PVS	P+A
VIII	PVS		P+T, P, A, B

Simbología: A : (Agricultura); P : (Pasto); P+T : (Pasto más Tacotal);
B : (Bosque de Explotación); PVS : (Protección de Vida Silvestre).

Mapa de Uso Propuesto

Este mapa se obtuvo a partir de los mapas de Capacidad de Uso y Uso actual de la tierra, tomando en cuenta, además, otras condicionantes asociadas al desarrollo de las especies adaptables a la zona.

Para la propuesta de especies adaptables fue necesario utilizar el mapa de zonas de vida construido según Holdridge (1987), primeramente a cada clase se le propone un uso según su capacidad y luego a cada uso propuesto según la zona de vida en que se ubica se propuso una diversidad de cultivos adaptables. En el cuadro 3 se agrupan las diferentes posibilidades de sistemas de uso propuesto de acuerdo a las clases de capacidad de uso de la tierra.

Cuadro 3. Propuesta de Uso del suelo en función de sus clases Capacidad de uso. (Rodríguez, 1995).

CLASE DE CAPACIDAD	USO
I	A
II y III	AF1
IV	AF2 / G / GF1
V	AF3 / GF1 / GF2
VI	AF3 / GF2 / F
VII	AF3 / F
VIII	PVS

Simbología:

- A : (Agricultura); AF : (Sistema Agroforestal);
- GF : (Sistema Silvopastoril forestal ganadero); G : (Ganadería);
- F : (Uso forestal); PVS (Protección de la Vida Silvestre).

Entre los sistemas agroforestales pueden considerarse varios tipos:

- AF1: Cultivos anuales, cultivos semiperennes, cultivos perennes, especies forestales.
- AF2: Cultivos semiperennes, cultivos perennes, especies forestales.
- AF3: Cultivos perennes, especies forestales.

Para los sistemas silvopastoriles los diferentes tipos de posibilidades de Uso de la Tierra son:

GF1: Pastos de gramíneas, forrajes (leguminosas, árboles, arbustos), especies Forestales.

GF2: Forraje (leguminosas, árboles, arbustos), especies forestales.

El uso ganadero (G) se define por el establecimiento de una gama de pastos de gramíneas cuyas especies deberán estar de acuerdo con las características físico-químicas de los suelos. El uso forestal (F) contempla especies forestales con valor energético y maderable además de árboles frutales.

El mapa de uso propuesto es generado y editado haciendo uso exclusivo del Programa IDRISI, empleado en los SIG, para lo cual fue necesario elaborar una matriz considerando tanto la capacidad de uso del suelo, como su uso actual, de forma que este último pueda ajustarse a la propuesta.

Mapa de Micro-cuencas

Este mapa se realizó por medio de fotointerpretación de fotografías escala 1 : 40000, del año 1996 determinando los puntos de mayor elevación dentro de la Sub-cuenca, comprobándolo en el campo con auxilio de hojas topográficas publicadas por el Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales (INETER) y procesado a través del SIG.

Mapa de Drenaje

Para la elaboración de este mapa se utilizó fotografías aéreas a escala 1 :40000, año 1996 y 1:25000, año 1986 y hojas topográficas editadas por INETER. Determinando los caminos que toma el agua precipitada que conforman el sistema de drenaje de la Sub-cuenca, delimitando su parteaguas, red de drenaje, vertientes, número y longitud de corrientes.

Mapa de Zonas de Vida

Este mapa se obtiene a partir de datos como altitud, precipitaciones y temperaturas promedias anual. Se consideró la información climática de las estaciones dentro y aledañas a la zona de estudio y con la aplicación del triángulo de zonas de vida de Holdridge (1987), comprobado en el presente estudio, para lo cual se utilizaron las variables climáticas (precipitación, temperatura) de las estaciones meteorológicas que tienen influencia sobre la Sub-cuenca y la elevación con respecto al nivel del mar de la zona en estudio se obtuvieron las diferentes zonas de vida que caracterizan el área.

El mapa de zonas de vida contribuye a definir las especies de plantas adaptables para los diferentes sistemas de cultivos propuestos.

Además de los mapas mencionados anteriormente, se digitalizó información recopilada previamente para el diseño de los mapas geológico, isoyetas e isotermas.

5.2.1.3 Metodología empleada para la utilización de Sistemas de Información Geográfica (SIG)

Se utilizó SIG para almacenar y transformar los datos espaciales fotointerpretados, en algunos casos y de sobreposición de imágenes ya existentes, y a través de diferentes procesos intermedios obtener la imagen final de un mapa determinado.

Los mapas de suelos, fisiográfico, uso actual y el Mapa de microcuencas una vez fotointerpretados se procesaron en el SIG haciendo uso de las siguientes funciones:

- Digitalización de las diferentes unidades contenidas en el mapa a procesar en el programa TOSCA 212, creando archivos vectores.
- Rasterización para crear mapas estilo RASTER para poder crear imágenes a partir de estilos vectoriales.
- Reclasificación y proceso final para crear la Imagen definitiva del mapa.

Para la realización de los mapas de pendientes, Isoyetas, Isotermas y de Zonas de vidas se utilizaron las siguientes funciones:

- Digitalización de las curvas a nivel en el caso del mapa de pendientes y de los datos de precipitación y temperatura medias de las estaciones que se encuentran dentro de la Sub-cuenca y de las cercanas a la zona para la realización de los mapas de Isoyetas e Isotermas respectivamente.
- Rasterización.
- Filtrados.
- Interpolación para homogenizar los valores y que tengan una mejor aplicación
- Reclasificación
- Sobreposición
- Edición e impresión

El mapa de capacidad de uso se obtuvo de los mapas de suelos y de pendientes; el mapa de conflictos de uso se elaboró a partir de los mapas de capacidad de uso y el de uso actual.

Para la elaboración del mapa de Uso propuesto se utilizaron los mapas de Capacidad de Uso y el de Conflictos de uso. Para estos últimos mapas se diseñó una matriz de doble entrada, siempre sobre la base de los resultados obtenidos en los mapas antes mencionados, y consideraciones particulares realizadas sobre cada tipo de suelo.

La digitalización de los mapas se realizó con ayuda del programa TOSCA 212, las funciones de rasterización, interpolación, reclasificación, filtrado, y de sobreposición se realizaron a través del programa IDRISI para Windows, realizándose la edición final de las imágenes con el programa Arc View.

5.2.2 Metodología utilizada para el cálculo de las características hidrológicas.

Forma de la Sub-cuenca

La forma de la Sub-cuenca se definió utilizando el coeficiente de Gravelius que relaciona el perímetro de la cuenca con el perímetro de un círculo con la misma área de la cuenca mediante la siguiente fórmula:

$$C_g = \frac{P}{2(p * A)}$$

Donde:

C_g = Coeficiente de Gravelius.

P = Perímetro de la cuenca en km

A = Superficie de la cuenca en km².

Una vez obtenido el valor se define la forma como se puede observar en el Cuadro 4.

Cuadro 4 Parámetros para determinar la morfología de una Cuenca

C _g	Forma
1.00 – 1.25	Redonda
1.25 – 1.50	Ovalada
1.50 – 1.75	Oblonga
-> 1.75	Alargada.

Pendiente media de la Sub-cuenca

La pendiente media de la Sub-cuenca, se determinó utilizando el método de Horton, el cual sugiere la elaboración de una cuadrícula para determinar las intersecciones tanto en el eje de la X como las intersecciones en el eje de las "Y" con las curvas del nivel de la zona en estudio a un mismo intervalo vertical. Utilizando las siguientes fórmulas:

$$S_x = \frac{N_x \cdot D}{L_x} \qquad S_y = \frac{N_y \cdot D}{L_y} \qquad S_m = \frac{S_x + S_y}{2}$$

Donde:

S_x = Pendiente media en el eje de la "X"

S_y = Pendiente media en el eje de la Y

S_m = Pendiente media de la zona en estudio

N_x = Intersección con el eje de la "X"

N_y = Intersección con el eje de la "Y"

D = Desnivel (Intervalo vertical entre las curvas a nivel)

LX = Longitud en mts en el eje de la X"

Ly = Longitud en mts en el eje de la "Y"

Aplicando el Método de Horton y contándose las intersecciones de las curvas a nivel con un mismo intervalo vertical se obtienen las intersecciones en el eje de las X (462) y en el eje de la Y (374). Debido a que el relieve de la zona es muy accidentado se determinó trabajar con curvas a nivel cada 160 mts. de intervalo vertical.

$$S_x = \frac{462 \times 160}{275000}$$

$$S_y = \frac{374 \times 160}{178150}$$

$$S_m = \frac{26.88 + 34}{2}$$

Elevación media de la Sub-cuenca

La elevación media de la Sub-cuenca se calculó por el método de la curva hipsométrica seleccionando cinco curvas a nivel, con intervalos de 180 m hasta llegar a la curva más elevada (930 m) y determinando el área entre curvas, con la elevación de la cuenca graficada se trazó una vertical a partir del 50 % del área que comprende la cuenca. En el eje de la X se colocaron las áreas de manera acumulativa de la Sub-cuenca y en el eje de las Y se colocaron las elevaciones de cada área (correspondiente a cada curva seleccionada).

Pendiente del cauce principal

La pendiente del cauce principal se calculó dividiendo este en 12 segmentos de igual longitud (3Km), calculándose la pendiente de cada uno de estos segmentos y a través de una media aritmética entre todos los segmentos se determinó la pendiente del cauce principal. La pendiente será igual al intervalo vertical que existe entre los puntos extremos sobre la distancia horizontal entre estos puntos por cien.

Formula para determinar la pendiente del cauce principal

$$S = \frac{IV}{L} * 100$$

Donde :

S = pendiente entre dos puntos.

IV = Diferencia de elevación entre dos puntos a diferente altitud.

L = Distancia horizontal entre dos puntos con diferente elevación con respecto al nivel del mar.

Longitud de corrientes

La topografía de una cuenca define en sí la longitud de los tributarios, debido a que estos son indicadores de la pendiente. La Sub-cuenca III por presentar una topografía muy escarpada contiene numerosos tributarios, a los que se les determinó su longitud.

Densidad de corrientes

La densidad de corrientes representa la eficiencia de drenaje de una cuenca, pero se debe tener en cuenta la longitud y disposición de sus corrientes. Esta se expresa a través del número de corrientes dividido entre el área de la cuenca:

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

Donde:

Dc= Densidad de corrientes

NC= Número de corrientes

A= Area de la Sub-cuenca Km²

Densidad de Drenaje

La densidad de drenaje expresa la longitud de drenaje por Km² de área. Esta característica es más real y confiable que la densidad de corrientes por unidad de área y se obtiene dividiendo la longitud de corrientes (en Km) entre el área de la subcuenca en (Km²), según la fórmula siguiente:

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

Donde:

Dd = Densidad de drenaje

L = Longitud de drenes en Km

A = Area de la subcuenca Km²

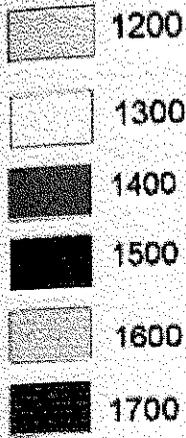
Precipitación

La información pluviométrica suministrada por INETER de las estaciones que están dentro de la subcuenca y estaciones que no están dentro del área pero que tienen influencia en la misma, como las estaciones de Masaya, SAINSA, Masatepe y UNAN-Managua. Se utilizó para la simulación de los Balances Hídricos en cada perfil de suelo, elaborándose un mapa de isoyetas de la Subcuenca con ayuda del programa IDRISI, en el laboratorio SIG de FARENA. (Ver mapa de isoyetas, Isotermas).

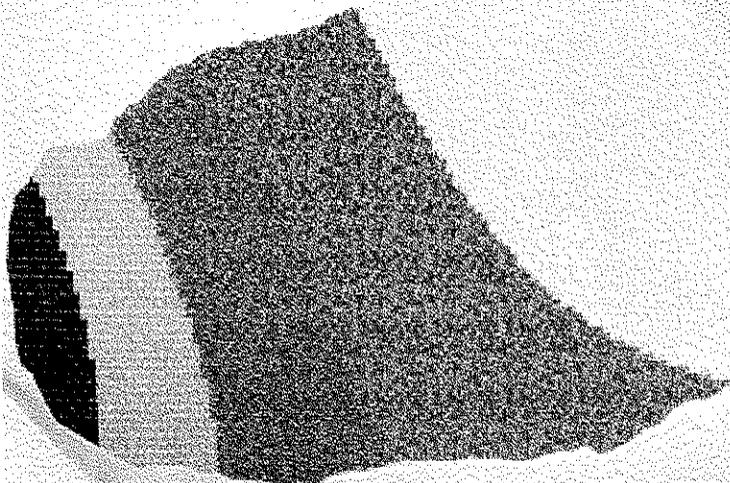
Dentro del área de estudio se encuentran tres estaciones meteorológicas: El aeropuerto Internacional de Managua (con 38 años de registro), Casa Colorada (con 21 años de registro) y Ticuantepe (con 15 años de registro).

Leyenda

Precipitación Promedio Anual (mm)



Escala 1:95000



Elaborado por:
Universidad Nacional Agraria
Facultad de Recursos Naturales y del Ambiente

Diseño e impresión:
Ing. Efraín Acuña
Ing. Martha Orozco

Elaborado en:
SIGMA / FARENA

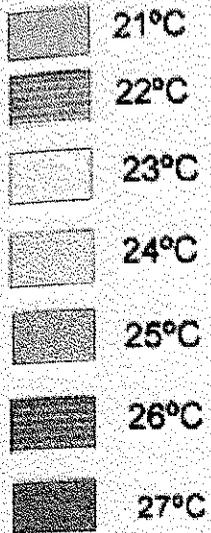
Fuente: INETER 1994

Digitalización y Procesamiento:
Juan Velásquez
Carlos Zelaya

MAPA DE ISOTERMAS DE LA SUBCUENCA III DE LA CUENCA SUR DEL LAGO DE MANAGUA

Abril de 1998

Leyenda



Escala 1:95000



Diseño e impresión:
Ing. Efraín Acuña
Ing. Martha Orozco

Elaborado en:
SIGMA / FARENA

Fuente: INETER, 1994

Digitalización y Procesamiento:
Juan Velásquez
Carlos Zeleda

Elaborado por:
Universidad Nacional Agraria
Facultad de Recursos Naturales y del Ambiente

Con los registros de precipitaciones de estas estaciones se obtuvo el volumen medio escurrido en cada microcuenca, utilizando para ello la metodología de los Polígonos de Thiessen.

Método de Polígonos de Thiessen: Admite una triangulación entre las estaciones más próximas entre sí, formándose lo que se conoce como polígonos de Thiessen. La lluvia media de la zona en estudio se calculó entonces multiplicando el área de influencia de cada estación por su precipitación media, sumándose finalmente las precipitaciones ponderadas de cada estación, obteniendo como resultado la precipitación media de la Sub-cuenca.

El área de cada polígono se determina utilizando un planímetro y se expresa como un porcentaje del área total, el promedio ponderado de lluvias para el área total se calcula multiplicando la precipitación promedio de cada estación por su porcentaje de área asignado y sumando estos valores parciales.

Los resultados son por lo general más exactos que aquellos obtenidos por un simple promedio aritmético.

Método de las Isoyetas: Este método se realizó en el programa computarizado llamado IDRISI, el que se encuentra entre los programas utilizados en el Sistema de Información Geográfica (SIG) de la Facultad de Recursos Naturales y del Ambiente (FARENA). Estas se utilizaron para determinar los Balances Hídricos de los suelos la Sub-cuenca.

Precipitación de Diseño: Esta se determinó a través del sistema de distribución GUMBEL el cual se basa en un procedimiento de ajuste estadístico utilizando un conjunto de valores de la precipitación máxima de un conjunto de años.

A partir de estos valores no es posible determinar con certeza el valor de la lluvia máxima diaria en un año, pero sí, es posible estimar la probabilidad de que la precipitación máxima diaria en un año sea igual o inferior a un valor predeterminado.

En términos estadísticos; es viable la determinación de la llamada función de distribución del valor estudiado (en caso de la lluvia máxima diaria anual), lo cual se expresa como: $P(X)$: probabilidad de que la lluvia máxima diaria en un año sea igual o inferior a un valor X . En consecuencia la probabilidad de que la precipitación diaria máxima anual sea superior a un valor X es $1-P(x)$. Además, se define el concepto de período de retorno (TR), como la periodicidad con que (en un promedio) se supera el valor fijado, es fácil entender que $TR = 1/N$, siendo $N =$ Probabilidad de que la precipitación diaria máxima anual sea superior a un valor " x ", donde $N = 1 - p(x)$.

La llamada distribución de GUMBEL (ajuste estadístico) expresa la función de distribución a partir de la media y desviación típica standard de los datos disponibles, la que se expresa por:

$$p(x) = (X^e - e)^{-y}$$

donde :

e = Base del logaritmo neperianos

y = Variable reducida

x = Medio aritmético

" y " : se define por medio de la fórmula:

$y = \text{alfa} (x - u)$

$\text{alfa} = 1,2825 / \text{alfa}$

$u = x - 0.57727 / \text{alfa}$

Con esta fórmula se expresa una relación matemática entre los valores de las lluvias máximas diarias anual y la probabilidad de elegir períodos de retorno (TR) de 5, 10, o 25 años, en función de la importancia (Creciente) de los desagües.

La probabilidad de que los desagües sean suficientes sería (Respectivamente) 0.2, 1.1 y 0.4 igualmente las funciones de distribución sería 0.8, 0.9 y .096. Así, para períodos de retorno elegidos se puede obtener el valor de la precipitación máxima anual (siempre para períodos de un día).

Evapotranspiración potencial (ETP)

Este factor climático se determinó usando el programa informático AGROCLIM, que estima la evapotranspiración potencial por medio de la fórmula de Penman simplificada, debido a que el modelo simplifica los cálculos. Utilizando los parámetros que varían de acuerdo a la posición geográfica, para determinar la ETP diaria, por década, mensual o anual; los que son proporcionados por los archivos diarios de las estaciones meteorológicas del lugar considerado, como son:

- Temperatura promedio diaria en grados Celsius.
- Humedad relativa media diaria, en porcentaje o directamente la tensión de vapor del aire.
- Insolación (brillo solar) diaria, en horas y décimas.
- Velocidad promedio dl viento, en metros por segundos.

Estos datos se introducen manualmente en el programa y se procesan para obtener la ETP. Debido a que de las tres estaciones meteorológicas que se encuentran dentro del área unicamente la estación "El Aeropuerto" tiene toda la información climática completa, la información de esta estación se usó para la estimación de la ETP a utilizarse en toda la sub-cuenca.

Balances Hídricos

Se hicieron simulaciones de los balances hídricos al nivel de la zona radicular considerando para ello las características de cada perfil de suelo identificado par estimar la capacidad de retención de humedad del mismo.

La capacidad de retención de humedad de cada perfil de suelo se estimó tomando en cuenta la profundidad, la densidad aparente y las constantes de humedad como capacidad de campo y punto de marchitez mediante la expresión siguiente:

$$RH = \frac{(CC-PMP) * Dap * Prof.}{100}$$

donde:

RH = Capacidad de Retención de humedad en mm

CC = Capacidad de Campo en % del peso

PMP = Punto de Marchitez en % del peso

Dap = Densidad Aparente en gr/cm^3

Prof = Profundidad del perfil en mm

Los valores de CC y PMP fueron estimados basándose en las características de los suelos de acuerdo a lo que reporta la bibliografía (Ortiz-Villanueva y Ortiz-Solorio, 1990) para estos casos.

Para el cálculo de estos balances se utilizó la precipitación media mensual correspondiente a un plano de isoyetas que se elaboró a escala mensual y la Evapotranspiración Potencial usada para toda el área fue la que se estimó con la información climática de la estación meteorológica de El Aeropuerto.

Los parámetros importantes estimados en el Balance Hídrico fueron:

La Reserva de humedad en el período (RES)

La Variación de la Reserva (VRES)

La Evapotranspiración Real (ETR)

El Déficit hídrico (DEF)

El Exceso de humedad en el período (EXC) y el Agua de drenaje (DRE).

Tiempo de concentración (horas)

Este expresa el tiempo que toma el agua precipitada en llegar desde la parte más elevada del cauce principal hasta su desembocadura en el mar, río o lago.

Para estimar esta característica de magnitud física de la Sub-cuenca se considera:

- Superficie de la Sub-cuenca o cuenca en kilómetros cuadrados
- Longitud del cauce principal en kilómetros
- La cota de elevación del punto más alto al más bajo de la cuenca en metros

$$T_c = \frac{0.000325 \cdot (L)^{0.77}}{S^{0.385}} = \text{hrs}$$

donde:

T_c: Tiempo de concentración en horas.

L: Longitud del cauce principal en mts.

S: Pendiente del cauce principal en m / m. Según Kirprich.

Escurrimiento superficial

Este se determinó por el método del Número de Curvas, propuesto por USDA que se basa en la estimación directa de la escorrentía superficial de una lluvia aislada, a partir de las características del suelo, el uso del mismo y cobertura vegetal.

El método supone que cada uno de los complejos suelo-vegetación se comporta de una misma manera frente a la infiltración. En un complejo suelo - vegetación totalmente impermeable toda la precipitación se convierte en escorrentía superficial, por el contrario en un complejo totalmente permeable no se presenta escorrentía para cualquier valor de una precipitación.

La estimación del escurrimiento superficial se realizó considerando por un lado la lámina y volumen medio escurrido por microcuenca para un año Húmedo, un año medio y un año seco y por otro lado el escurrimiento correspondiente a la lluvia máxima en cada microcuenca.

A cada tipo de complejo se le asigna un valor llamado número de curvas o número hidroclógico.

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

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

Grupo B: Suelos de moderada permeabilidad, son menos profundos que los del grupo A.

Grupo C: Incluye suelos que presentan poca permeabilidad, menos profundos que el B de textura franco-arcillosa, además, poseen estratos impermeables.

Grupo D: Ofrece mayor escorrentía, incluye los suelos de gran impermeabilidad arcillosos y aquellos con subsuelo impermeable próximos a la superficie.

En cuanto a la cubierta vegetal se establecen distintas clases de condiciones hidrológicas, con graduaciones de pobres a buenas para la infiltración. Cuánto más denso es el cultivo mejor es su condición hidrológica para la infiltración y menor es el número de curvas representativas.

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

Regulares : Aquellos cuya cubierta vegetal alcanza entre un 50% y 70%, moderadamente pastados.

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

Con los datos de los números de curvas y las precipitaciones diarias se estimaron los volúmenes de aguas de escorrentía.

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

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

- C : Cuando se cultiva a curvas de nivel o manejo conservacionista.
- CT : Cuando se cultiva a curvas de nivel y existen terrazas abiertas (con desagüe para la conservación del suelo).

Para efecto de comparación de los diferentes volúmenes de agua escurrido se realizaron los cálculos de escorrentía para tres situaciones diferentes.

- Caso I: Es el más desfavorable a efectos de escorrentía (año seco).
- Caso II: Favorable a efectos de escorrentía (año húmedo).
- Caso III: Intermedio entre los dos anteriores, o sea, es un año con una precipitación media (año medio).

El volumen medio escurrido de un año seco, medio y húmedo para cada microcuenca se obtuvo de la sumatoria de todos los escurrimientos de cada lluvia aislada tomando en cuenta para el cálculo la humedad antecedente para cada evento lluvioso, la precipitación misma y el número de curva mediante las expresiones siguientes:

$$S = \frac{25400}{NC} - 254 \qquad Sr = \frac{(p - 0.2s)^2}{P + 0.8S}$$

donde:

- S = Infiltración potencial.
- NC = Número de Curva o Número Hidrológico
- P = Precipitación en mm
- Sr = Lámina de escorrentía en mm

Para obtener el volumen escurrido medio para cada microcuenca se multiplicó la lámina de escorrentía por el área de cada microcuenca.

Para el cálculo de los caudales máximos escurridos se consideraron las lluvias máximas de cada año y mediante una distribución de Gumbel se obtuvieron las lluvias máximas para 6 horas de duración, las que fueron utilizadas para calcular la

lámina escurrida y posteriormente con el tiempo de concentración estimado mediante la fórmula de Kirpich se obtuvo el caudal máximo de esorrentía de la siguiente manera:

$$Q = \frac{2.97 * Sr * A}{Tc}$$

donde:

Q = Caudal máximo escurrido lts/seg.

Sr = Lámina de esorrentía mm.

A = Area de la Sub-cuenca Ha.

Tc = Tiempo de Concentración en horas.

Aguas Subterráneas

Para obtener la información sobre el agua subterránea en la Sub-cuenca III se recurrió a la información existente de estudios que se han desarrollado en el área o se desarrollan actualmente. Se cuenta con planos de curvas del nivel freático y capa hidrológica impermeable, así como un inventario de pozos tipificados en usos Doméstico, Industrial y Agrícola (JICA, 1993).

La profundidad del nivel freático se obtiene de restar la elevación del terreno natural menos la elevación del nivel freático tanto para la zona baja, media y alta.

Calidad del Agua

Se tomaron muestras de agua en tres sitios: dos muestras de fuentes superficiales en la parte alta y una muestra de fuente subterránea en la parte baja. Las muestras de agua se analizaron en el Laboratorio del CIRA-UNAN y se consideraron los principales parámetros necesarios para clasificar el agua desde el punto de vista para consumo humano (ver cuadro 5) y uso agrícola.

Cuadro 5. Parámetros Estandards de Calidad de Agua para consumo humano (según ICAITI y OMS, 1990)

Características	Límite máximo aceptable (mg / lt)
<u>Físicas</u>	
Sólidos totales	500.0
Sólidos en suspensión	2.0
Ph	7 – 8.5
Turbidez	5.0 utj
<u>Químicas</u>	
Nitratos	0.1
Cloruros	1.0
Sodio	1.0
<u>Biológicas</u>	
Coliformes fecales	2.2 colif / 100 cm ³

ICAITI : Instituto Centroamericano de Investigación Tecnológica e Industrial.

OMS : Organización para la Salud Mundial.

CIRA-UNAN : Centro para la Investigación en Recursos Acuáticos de Nicaragua,
ubicado en la Universidad Nacional Autónoma de Managua.

VI RESULTADOS

6.1 Caracterización general de la Sub-Cuenca III

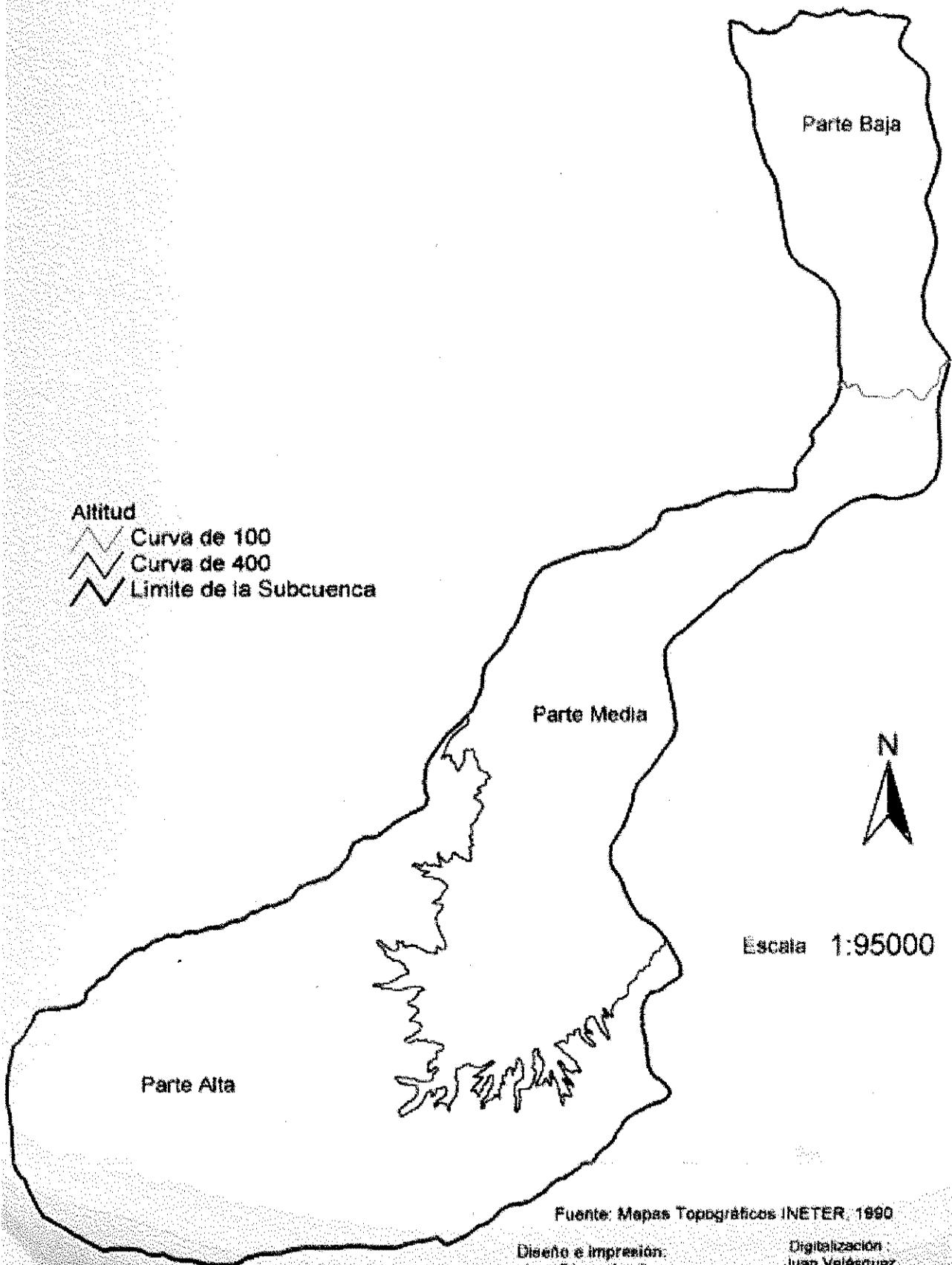
La Sub-Cuenca III se encuentra ubicada en el Departamento de Managua, abarcando los municipios de El Crucero, Ticuantepe y los poblados de Sabana Grande, Veracruz y el barrio El Rodeo. Presentado una forma alargada, pudiéndose diferenciar en ella tres partes, las que en el presente estudio denominaremos como parte baja (entre los 45 a los 100 msnm.), parte media (ubicada entre los 100 y 400 msnm) y parte alta (400 a 930 msnm.), cada una de las cuales presenta variaciones climáticas y morfológicas particulares, predominando pendientes planas a casi planas con un 24.53% del área total, con un sistema de drenaje paralelo de corrientes intermitentes excepto las corrientes de El Chocoyero y El Brujo, y suelos de origen volcánico (Andisoles). Esta división se hizo con el propósito de facilitar la ubicación de la información derivada del estudio de los suelos y considerando que cada una de éstas áreas presentan características y problemáticas típicas. (Ver mapa de altitud, en el que se divide la Sub-cuenca III en parte alta, media y baja).

El área total de la Sub-cuenca III fue calculada en 130 km², lo que corresponde al 15.7% del área total de la Cuenca Sur del Lago de Managua, que según AbT Associates Inc. (1995), es de 825 km².

En los subcapítulos posteriores se presentarán por separado los resultados obtenidos en cuanto a Fisiografía, Pendiente, Clasificación Taxonómica y por Capacidad de Uso de los Suelos, Uso Actual, Conflictos de Uso, Uso Propuesto y factores hidrológicos que determinan el comportamiento de las precipitaciones sobre el suelo tales como: forma de la Sub-cuenca, pendiente media, elevación media, drenaje; retención de humedad, escurrimiento superficial y balances hídricos, así mismo se presentan los resultados obtenidos en el análisis de la calidad de las aguas de la Sub-cuenca III de la Cuenca Sur del Lago de Managua.

MAPA DE ALTITUD DE LA SUBCUENCA III DE LA CUENCA SUR DEL LAGO DE MANAGUA

Abril de 1999



Altitud

- Curva de 100
- Curva de 400
- Limite de la Subcuenca

Parte Media



Escala 1:95000

Parte Alta

Fuente: Mapas Topográficos INETER, 1990

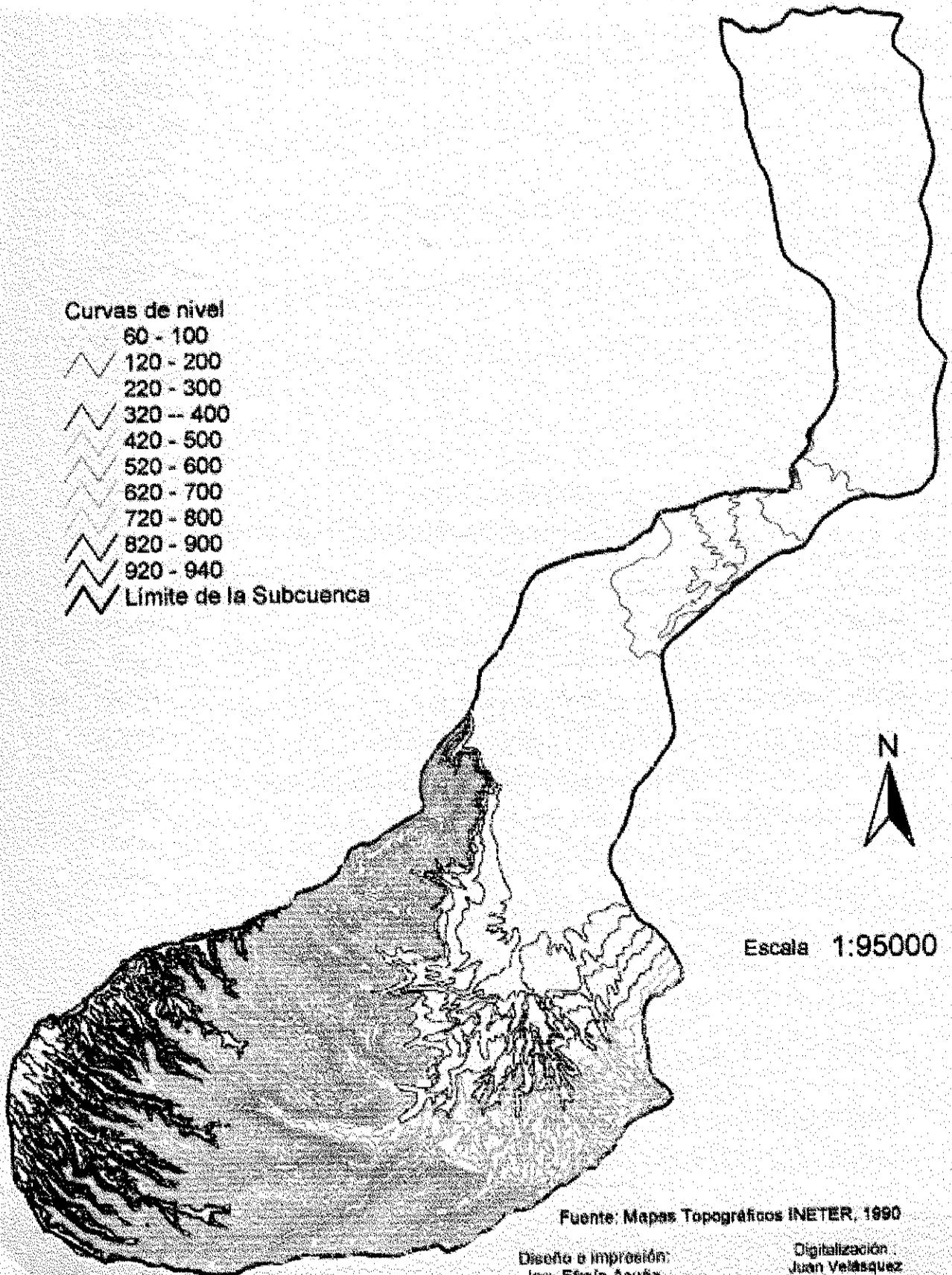
Diseño e impresión:
Ing. Efraín Acuña
Ing. Martha Orozco

Digitalización:
Juan Velásquez
Jeannette Gutiérrez

Elaborado por:
Universidad Nacional Agraria
Facultad de Recursos Naturales y del Ambiente

Elaborado en:
SIGMA / FARENA

Procesamiento:
Ing. Martha Orozco
Ing. Lilia Valerio



Curvas de nivel

- 60 - 100
- 120 - 200
- 220 - 300
- 320 - 400
- 420 - 500
- 520 - 600
- 620 - 700
- 720 - 800
- 820 - 900
- 920 - 940

↳ Límite de la Subcuenca



Escala 1:95000

Fuente: Mapas Topográficos INETER, 1990

Diseño e impresión:
Ing. Efraín Acuña
Ing. Martha Orozco

Digitalización:
Juan Velásquez
Jeannette Gubierroz

Elaborado en:
SIGMA / FARENA

Procesamiento:
Juan Velásquez
Carlos Zelaya

Elaborado por:
Universidad Nacional Agraria
Facultad de Recursos Naturales y del Ambiente

Es importante referir desde el inicio que la escala con que se presentan los mapas resultados en el presente estudio (E=1:95,000) se debe únicamente a diseño de presentación, habiéndose trabajado con las escalas correspondientes al nivel del estudio realizado, que comprende escalas 1:25,000 y 1:50,000. Siendo a escala 1:50000 a partir de la cual se digitalizaron y procesaron en SIG los resultados reflejados en cada uno de los mapas.

Se determinaron dos zonas de vida según Holdridge (1972), correspondientes a un Bosque seco Tropical (Bs-T) en la parte baja y media y un Bosque húmedo subtropical premontano (BhST-P) en la parte alta.

En lo referente al clima, según datos obtenidos de INETER (El Aeropuerto, Casa Colorada y Ticuantepe con 38, 21 y 15 años de datos climáticos respectivamente), las precipitaciones en la zona varían desde los 1108 mm (estación El Aeropuerto) en la parte baja hasta los 1700 mm/año (estación Casa Colorada) en la parte alta aproximadamente. Estas se concentran en dos períodos durante el año, siendo el primero de mayo a mediados de Julio y el segundo de mediados de Agosto a Octubre, durante ambos períodos lluviosos se presenta un período seco que se extiende a partir del 15 de Julio hasta el 15 de Agosto aproximadamente, conocido localmente como canícula y que en los últimos años ha presentado algunas irregularidades, probablemente asociadas a los efectos meteorológicos provocados por el fenómeno conocido como El Niño. La estación seca dura aproximadamente 6 meses (Noviembre a Abril).

El régimen térmico se caracteriza por alcanzar un máximo de temperatura en los meses de Abril y Mayo, con valores superiores a los 28°C en la zona baja, la temperatura mínima media corresponde al mes de Diciembre, en la parte media la temperatura promedio es 24° C y en la parte alta es de 21° C.

La humedad relativa varía de 63% en el Bosque seco tropical (45 a 400 msnm) a 78% en el Bosque húmedo sub – tropical premontano (400 a 925 msnm).

Las precipitaciones medias se distribuyen de acuerdo al relieve, presentando la siguiente distribución: 1108 mm/año en la parte baja, 1190 mm/año la parte media y de 1700 mm/año en la parte alta en promedio.

El clima actúa como factor de formación de suelo, esto se afirma debido a la acción directa de los elementos como: temperatura, precipitaciones, humedad y viento; siendo de mayor importancia los dos primeros que son los principales agentes que participan en la formación de los suelos.

6.2 Fisiografía

El objetivo fundamental del mapa de paisajes fisiográficos es obtener información básica para el levantamiento de suelos, ya que existe una estrecha relación entre las características fisiográficas de una zona y las variaciones en los suelos, lo cual fue muy evidente en la zona de estudio.

De igual forma la fisiografía influye en el escurrimiento superficial del agua en los suelos, de manera que en relieves escarpados el escurrimiento superficial es rápido, la infiltración del agua es mínima y se aceleran los procesos erosivos de los suelos. Cuando la vegetación ha sido eliminada los efectos de la esorrentía tienden a ser mayores, produciendo una degradación acelerada de los suelos.

6.2.1 Paisajes geomorfológicos que componen la Sub-Cuenca III

Se observaron 8 paisajes geomorfológicos que caracterizan fisiográficamente a la Sub-Cuenca III de la Cuenca Sur del Lago de Managua, siendo éstos los siguientes:

- **Sistemas de laderas y cañadas altas y bajas:** Comprende un área de 57.87 km² (44.52% del total), este sistema conforma la parte alta de la Sub-Cuenca, desde los 400 a los 900 msnm, se encuentra distribuida al sureste y sur del Municipio de Ticuantepe y al oeste del Volcán Santiago.

Este sistema está compuesto por laderas escarpadas asociadas con cauces o cañadas que encausan el drenaje de la sub-cuenca en la parte alta. Muchas de las laderas en esta zona se observan fuertemente erosionadas, lo cual guarda relación con las pendientes escarpadas predominantes en la zona y la alta susceptibilidad a la erosión de los suelos.

- **Meseta disectada:** Forma parte de la Meseta de Carazo, se ubica en la parte más alta de la Sub-cuenca con elevaciones de 900 a 930 msnm, en la cual se encuentra ubicado el poblado de Las Nubes. El área que ocupa la meseta disectada es de 2.41km² (1.85% del área total).
- **Pie de monte volcánico coluvio-aluvial:** Esta unidad se encuentra adyacente al sistema de laderas y cañadas altas y bajas en la parte media de la Sub-cuenca, se extiende desde los 300 a los 400 msnm, comprende un área de 18.58 km² (14.29% del total). El pie de monte abarca parte de los poblados La Borgoña, Ticuantepe y San Ignacio.
- **Planicie volcánica:** Se extiende desde los 300 a los 55 msnm. aproximadamente, se encuentra comprendida dentro de los poblados de Ticuantepe, Veracruz, Sabana Grande, El Aeropuerto Internacional de Managua, El Rodeo, la Universidad Nacional Agraria y parte del poblado Monte Fresco. El área que ocupa la planicie volcánica es de 42.99 km² para un 33.07% del área total.

- **Colinas:** Esta unidad fisiográfica está representada por formaciones redondeadas y de poca elevación. Forman parte de esta unidad el Cerro Mocintepe ubicado en Sabana Grande y las Colinas ubicadas la noroeste de Ticuantepe; todas se encuentran inmersas dentro de la planicie volcánica. El área que ocupan las colinas es de 0.25 Km², lo cual representa el 0.19% del área total de la su-cuenca.
- **Sistema de Colinas:** Formado por varias colinas disectadas, se ubican al sur del Aeropuerto de Managua y ocupan un área de 0.35 Km² (0.27% del área total). Al igual que las colinas, el sistema de colinas se encuentra inmerso dentro de la planicie volcánica.
- **Lomas Volcánicas:** Al igual que las colinas, se encuentran inmersas dentro de la planicie volcánica, se ubican al sur de Ticuantepe y al noroeste (Lomas de Santa María), entre Sabana Grande y Cofradía. El área ocupada por la lomas volcánicas es de 5.3 Km², lo cual representa el 4.08% del área total de la sub-cuenca III.
- **Planicie de inundación fluvio volcánica y lacustre:** Compuesta por dos terrazas ubicadas en la faja costera del Lago de Managua a menos de 45 msnm., ésta última fluctúa en extensión en dependencia del nivel del Lago Xolotlán, ocupan un área aproximada de 2.25 Km², o sea 1.73% del área total.

En el mapa fisiográfico se presenta la distribución detallada de las diferentes unidades descritas como paisajes geomorfológicos de la sub-cuenca III.

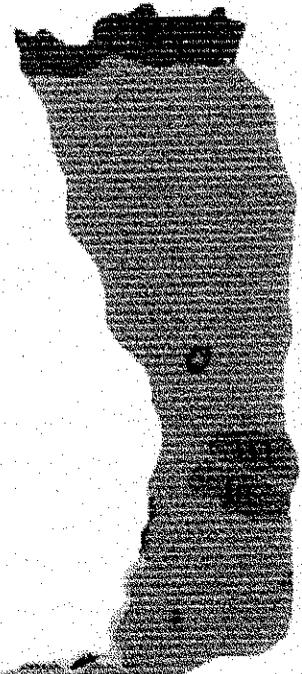
6.2.2 Rangos de pendientes de la Sub-Cuenca III

El reconocer la estrecha relación entre la fisiografía, la pendiente y el suelo ha dado lugar a incluir como parte de la fisiografía la determinación de los rangos de pendiente.

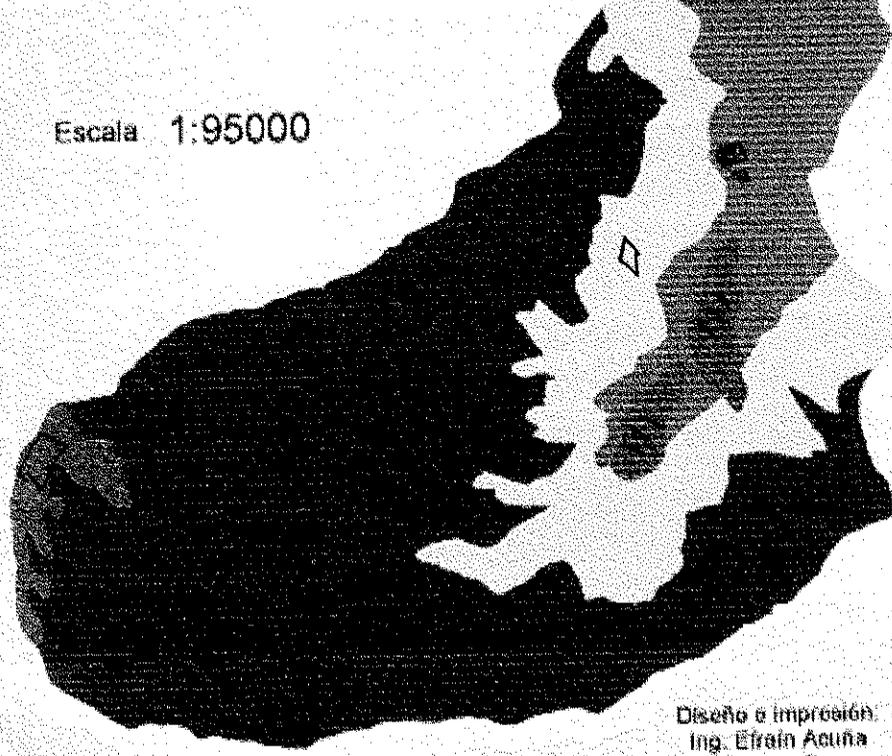
Leyenda

Area (Km2)

	Sistema de laderas y cañadas altas y bajas	57.87
	Mesetas disectadas	2.41
	Pie de monte coluvio - aluvial	18.58
	Lomas volcánicas	5.30
	Colinas	0.25
	Sistema de Colinas	0.35
	Planicie volcánica	42.99
	Terrazas de inundación fluvio - volcánica y lacustre	2.25



Escala 1:95000



Diseño e impresión:
Ing. Efraín Acuña
Ing. Martha Orozco

Participantes
Trabajo de Campo:
Juan Velásquez
Jeannethe Gutiérrez
Ignacio Rodríguez

Elaborado por:
Universidad Nacional Agraria
Facultad de Recursos Naturales y del Ambiente

Elaborado en:
SIGMA / FARENA

Digitalización y Procesamiento:
Juan Velásquez
Carlos Zelaya

En el cuadro 6 se muestran las áreas y rangos de pendientes determinados para la Sub-Cuenca III. Como puede observarse, las mayores áreas corresponden a terrenos con relieve escarpado ("E" = 15-30%) a extremadamente escarpado ("G" >45%) que representan 56.02 km², o sea el 43.01% del área total, éstos terrenos son típicos de la parte media y alta de la Sub-cuenca.

En orden de importancia se encuentran los terrenos planos a casi planos o con pendiente "A" (0-2%) que cubren 31.89 km² ó 24.53%, dominando la parte baja y media.

Los rangos de pendientes que presentan menor distribución en la zona corresponden a terrenos con pendientes C con tan solo 12.88 km² ó 9.91% del área total.

En el Mapa de Pendientes se muestra la distribución de los diferentes rangos de pendiente encontrados en la zona. Según CATASTRO (1971), la pendiente al igual que la topografía está asociada a variaciones en los suelos, tales como drenaje superficial, infiltración, erosión, etc.; variaciones que en muchos casos se reflejan sobre características de los suelos de la Sub-cuenca.

Rango

de pendientes Distribución y áreas cubiertas por cada categoría

A: 0-2 % Plano a casi plano: Los terrenos con estas pendientes ocupan la mayor área en la Sub-Cuenca, se ubican mayoritariamente sobre las terrazas lacustres, la planicie que cubre el Aeropuerto de Managua, Sabana Grande, Veracruz y La Borgoña, abarcando 31.89 km² que corresponde al 24.53% del área total.

B: 2-4 % Suavemente inclinado: Estos terrenos se ubican en la parte media de la Sub-Cuenca entre Ticuantepe y la Borgoña, ocupando 14.02 km² para un 10.78% del total.

- C: 4-8 %** **Inclinado:** Se localizan entre Veracruz y San Ignacio en áreas dispersas asociados a terrenos con pendientes B. Otras áreas muy pequeñas se ubican en las costas del Lago de Managua y Las Mesas de El Crucero. Cubren 12.88 km² del área total, lo que representa un 9.91% del área total.
- D: 8-15 %** **Moderadamente escarpado:** Suelos con esta pendiente ocupan 15.19 km² (11.68%), se encuentran entre Ticuantepe y San Ignacio principalmente; están asociados con pendientes C y E, también se ubican en Las Nubes, El Crucero.
- E: 15-30 %** **Escarpado:** Esta categoría de pendiente ocupa el segundo lugar en distribución con 25.69 km² ó 20.24% del área total. Se localizan en la parte alta y media de la Sub-Cuenca, de forma muy dispersa pero asociados a las laderas de Cerros como los ubicados al noroeste de Ticuantepe y la parte media de los escarpes que bajan de El Crucero.
- F: 30-45 %** **Muy Escarpado:** Los terrenos muy escarpados se localizan en la parte alta de la Sub-Cuenca, cubren 17.09 km², que representa el 12.33%; estos terrenos se asocian a relieves escarpados y extremadamente escarpados.
- G: >45 %** **Extremadamente escarpado:** Esta categoría de pendiente ocupa las partes más inclinadas del sistema de laderas en la parte alta, está estrechamente asociada a pendientes E y F (15-45%). El área cubierta por este tipo de pendiente es de 13.24 km² que corresponde al menor rango de pendiente (9.84%) encontrado en la Sub-Cuenca.

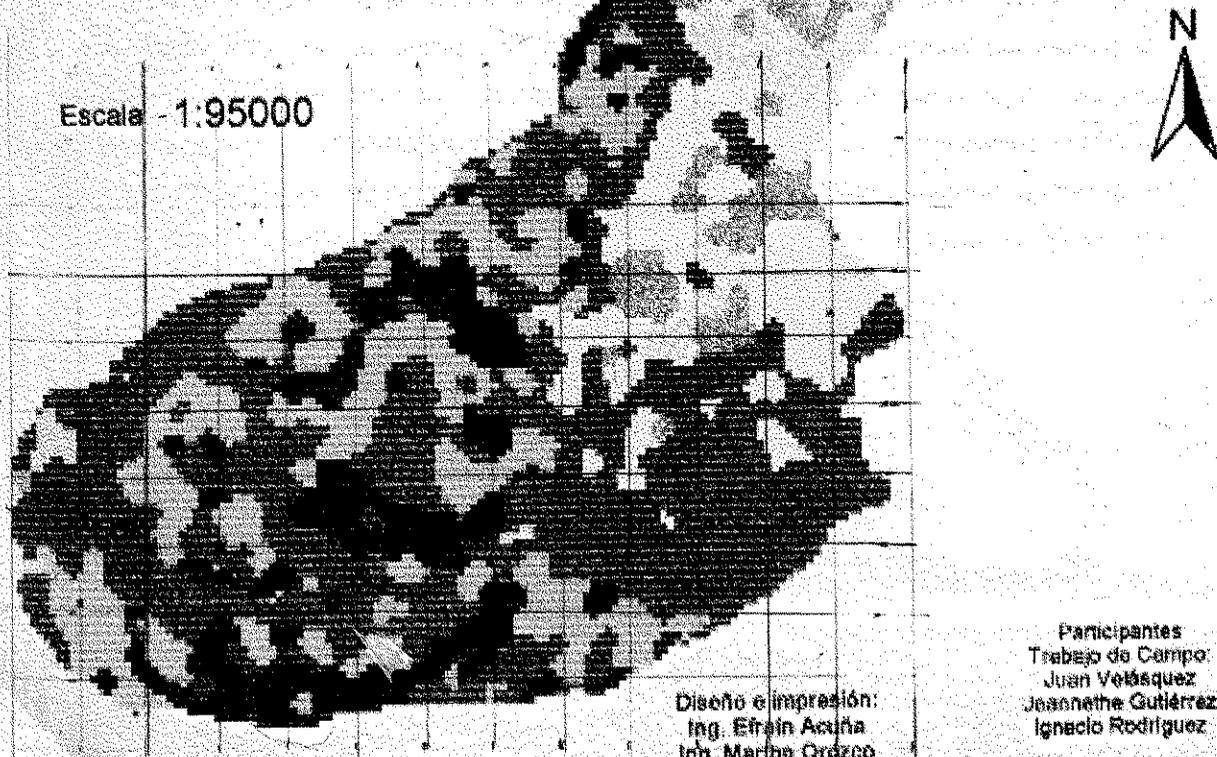
MAPA DE PENDIENTES DE LA SUBCUENCA III DE LA CUENCA SUR DEL LAGO DE MANAGUA

Abri de 1996

Leyenda

Area (Km²)

	Clase A (0 - 2 %)	31.89
	Clase B (2 - 4%)	14.02
	Clase C (4 - 8%)	12.88
	Clase D (8 - 15%)	15.19
	Clase E (15 - 30%)	26.69
	Clase F (30 - 45%)	17.09
	Clase G (> 45%)	13.24



Escala - 1:95000



Diseño e impresión:
Ing. Efraín Acuña
Ing. Martha Orozco

Participantes
Trabajo de Campo:
Juan Velásquez
Jeannette Gutiérrez
Ignacio Rodríguez

Elaborado por:
Universidad Nacional Agraria
Facultad de Recursos Naturales y del Ambiente

Elaborado en:
SIGMA / FARENA

Digitalización y Procesamiento:
Juan Velásquez
Carlos Zelaya

Cuadro 6 Rangos de pendientes y superficie que cubren en la Sub-cuenca III.

RANGO DE PENDIENTE (%)	TOPOGRAFIA GENERAL	SUPERFICIE	
		km ²	(%)
A (0-2)	Plano a casi plano	31.89	24.53
B (2-4)	Suavemente inclinado	14.02	10.78
C (4-8)	Inclinado	12.88	9.91
D (8-15)	Moderadamente escarpado	15.19	11.68
E (15-30)	Escarpado	25.69	19.76
F (30-45)	Muy escarpado	17.09	13.15
G (> 45)	Extremadamente escarpado	13.24	10.10
TOTALES		130.00	100.00

Obtenido a partir de mapas topográficos (INETER, 1986) y el modelo de elevación digital procesado en SIG.

Al comparar las pendientes determinadas mediante el uso de SIG con las determinadas directamente en el campo, se observó que en las primeras existe una tendencia a la generalización o al suavizamiento de la pendiente con relación a las segundas, sin embargo se considera que los rangos presentados en el mapa de pendientes se corresponden con los propósitos del estudio y las variaciones permisibles de acuerdo al tipo de estudio edafológico realizado.

6.3 Suelos de la Sub - cuenca III

En la Sub-Cuenca III se destaca la presencia de suelos pertenecientes al Orden Andisoles, los que se derivan de la descomposición de materiales geológicos de origen volcánicos (Tobas, basaltos, piroclastos, cenizas volcánicas, brechas tobáceas, etc.). La alteración de éstos materiales da lugar a que los suelos formados presenten características que los tipifican tales como la baja densidad aparente, la presencia de arcillas del tipo alófanas, la susceptibilidad a la erosión, la fijación de fósforo, etc.

Así mismo es posible establecer una relación secuencial en el tiempo entre los suelos de la zona y su posición en el relieve. En las partes más altas hay una tendencia a la pérdida de materiales producto de la erosión que es influenciada por la pendiente en que se ubican los suelos, en estas posiciones las texturas son medias a gruesas y el drenaje tiende a ser más rápido por la influencia de las pendientes escarpadas.

En la parte media la tendencia es la formación "*in situ*" de los suelos y en menor medida la recepción de materiales desde las partes altas, por lo que en éstas áreas las características de los suelos están dominadas por la naturaleza de los materiales depositados. A medida que se desciende hasta las partes más bajas de la Sub-cuenca, la textura y las características de drenaje cambian en los suelos debido a la acumulación de materiales finos que han sido depositados por las aguas provenientes de las partes más altas, en la parte más baja es común observar además de arcilla, materiales calcáreos que están asociados a sedimentos lacustres (Lago Xolotlán) y a su ascenso por capilaridad a través del perfil en los períodos en que se produce déficit hídrico.

No se debe descartar la influencia que el clima, los organismos y el tiempo han ejercido sobre la formación de los suelos; el efecto de la vegetación como factor de formación depende del volumen y naturaleza de los residuos que son aportados a la parte superficial del suelo. El tiempo ha determinado el estado de desarrollo o evolución de los suelos, presentándose éstos en las etapas evolutivas iniciales e intermedias de los suelos desarrollados a partir de materiales volcánicos.

6.3.1 Clasificación taxonómica de los suelos en la Sub-Cuenca III

Los principales suelos clasificados en la Sub-Cuenca III, pertenecen a dos órdenes taxonómicos, el orden Andisol y el orden Mollisol, según USDA, 1994.

El Orden Andisoles es el que mayor área y distribución presenta en la zona, habiéndose clasificado en este orden un 99.34 % de los suelos de la Sub-cuenca agrupándose éstos a su vez en tres sub-ordenes (Ustands, Vitrands y Aquands).

Los Mollisoles solamente se encontraron en la parte baja de la Sub-cuenca, específicamente en la Hacienda Las Mercedes de la UNA cubriendo un área de 0.72 km², que representa el 0.55 % de la zona en estudio, el restante 0.11% lo ocupa el cerro Mocintepe compuesto por escoria volcánica que fueron clasificadas como "no suelo".

En el cuadro 7 se muestran las proporciones que ocupan cada uno de los suelos clasificados en la Sub-Cuenca III. Tal como se refirió anteriormente, la mayoría corresponde a suelos clasificados en el orden Andisoles, lo cual se asocia a la naturaleza volcánica de los materiales parentales a partir de los cuales se han formado los suelos de la zona y que en su mayoría son eminentemente volcánicos.

En los Anexos I y II se presentan en detalle cada uno de los perfiles de suelos descritos, así como los resultados de los análisis físico-químicos practicados a las muestras de suelo tomadas de éstos perfiles.

Cuadro 7. Clasificación taxonómica de los suelos de la Sub-Cuenca III de la Cuenca Sur de Lago de Managua.

ORDEN	SUB-ORDEN	GRAN GRUPO	SUB-GRUPO	AREA QUE REPRESENTA	
				km ²	%
ANDISOLES ¹	Ustands	Haplustands	Humic	50.70	39
			Haplustands		
			Vitric Haplustands		
		Calcic Haplustands	4.83	3.7	
		Durustands	Humic Durustands ¹	35.06	26.97
			Typic Durustands	2.52	1.94
	Vitrands	Ustivitrands	Humic Ustivitrands	13.02	10.02
	Aquands	Epiaquands	Thaptic Epiaquands	1.18	0.91
		Endoaquands	Petrocalcic Endoaquands	1.98	1.52
	MOLLI-SOLES	Ustolls	Haplustolls	Andic Haplustolls	0.72
No suelo	Afloramiento rocoso (Escoria volcánica)			0.14	0.11
TOTAL				130.0	100.00

6.3.1.1 Suelos del orden Andisoles (Caracterización general)

El término Andisol se deriva del Japonés *ando* que significa suelo oscuro. Por lo que se puede decir que los Andisoles son suelos minerales oscuros, formados a partir de materiales volcánicos, tales como piroclastos, cenizas, pomesitas y otros materiales de composición variada. Los materiales que han dado origen a los Andisoles de la zona provienen de actividades volcánicas que datan del plio-pleistoceno al Holoceno o período reciente.

¹ CATASTRO de Nicaragua (1971), clasificó éstos suelos dentro del Orden Inceptisoles.

Los típicos Andisoles generalmente presentan propiedades ándicas a una profundidad de 35 cm o más de la superficie, pueden presentar perfiles AC ó ABC. Es importante destacar la rápida meteorización de los materiales volcánicos que dan origen a la formación de los Andisoles, la cual está relacionada con la porosidad y composición de los materiales volcánicos que les dan origen.

Las principales características de los suelos clasificados en el orden Andisoles se pueden resumir en: Presencia arcillas amorfas (alófanas), baja densidad aparente (menos de 1gr/cm^3), presencia de cenizas volcánicas con características vítreas, escoria u otro material vítreo piroclástico en la fracción de limo, arena y gravas $< 2\text{mm}$, alta permeabilidad, porosidad y estructura característica en agregados finos del tamaño de limos (llamados pseudolimos).

Además la presencia de alófanas hace que estos suelos presenten una alta retención de agua, sin embargo, son frágiles y se pueden desecar rápidamente, por lo que estas características deben ser consideradas como parte del manejo de los suelos clasificados en el orden Andisoles, principalmente los que se ubican en la zona de vida Bosque seco Tropical en donde el déficit hídrico es mayor.

Dentro de las limitantes de mayor consideración en los Andisoles estudiados se encuentra la alta capacidad de fijación de fosfato, que lo indisponibiliza para las plantas, de igual forma la baja densidad aparente y la débil estructura que los hace muy susceptibles a la erosión, pudiéndose movilizar los agregados en suspensión con las aguas de escorrentía.

Estas características en los Andisoles deben ser consideradas de forma que se tomen las medidas necesarias para garantizar un buen uso y manejo de éstos suelos, debiéndose incorporar prácticas que minimicen las pérdidas de suelo y aumenten la estabilidad estructural, así como las tendientes a incrementar los contenidos de fósforo disponible.

Al evaluar en el campo un suelo Andisol, se pudo observar que en estado húmedo existe una tendencia a presentar una consistencia untuosa, que tiene un comportamiento sólido-gel reversible en función del contenido de humedad, esta propiedad es conocida como tixotropía y fue evidenciada en todos los suelos clasificados en este orden y la misma se asocia a la presencia de arcillas del tipo alófanas.

La presencia de arcillas alófanas en los Andisoles fue más evidente en los suelos ubicados en las partes alta y media de la Sub-cuenca, no así en la parte baja en donde a pesar de encontrarse mayores contenidos de arcillas (composición textural), la presencia de alófanas fue menos evidente, lo que podría ser un indicador de que en esta última parte es posible la presencia de otro tipo de arcillas además de la alófana, no obstante en Nicaragua no se realizan análisis mineralógicos que permitan confirmar este supuesto, que se basa únicamente en los resultados obtenidos por un método colorimétrico que fue practicado en el campo (empleando Fenolftaleína y Fluoruro de Sodio ambos al 1%).

Según USDA, 1994 los Andisoles son suelos que tienen propiedades volcánicas en todos los subhorizontes, ya sean enterrados o no, los cuales tienen un espesor acumulativo de 35cm. o más dentro de los 60 cm de la superficie del suelo mineral o del límite superior de una capa orgánica que reúne las propiedades ándicas del suelo. Como parte del Orden Andisoles fueron determinados 8 Subgrupos taxonómicos, de los que se describen a continuación los criterios taxonómicos y principales características:

- | | |
|----------------------|---|
| A. Sub-Orden: | Ustands: Andisoles con un régimen de humedad ústico. |
| Gran Grupo: | Durustands: Ustands que presentan un duripan (capa de talpetate) cuyo límite superior está dentro de los 100 cm. de la superficie del suelo mineral. |
| Sub-grupo: | Typic Durustands: Otros Durustands. |

El suelo es poco profundo, bien drenado, con un perfil A-Bw-Bm-2C-3C, presentan una capa endurecida de talpetate entre los 52-75 cm. que limita el desarrollo del desarrollo radicular, observándose una profundidad efectiva por lo que se debe considerar esta limitante como parte del uso y manejo. Otra limitante observada en éstos suelos es que parte de ellos (al sudoeste) es afectada por gases que provienen del Volcán Santiago (Masaya).

La fertilidad natural del suelo es buena, excepto por el fósforo disponible que es bajo y el pH que se clasificó como fuertemente ácido, características que se asocian al tipo de material original (de origen volcánico) y la influencia de los gases del volcán, éstas limitaciones y las mencionadas anteriormente, condicionan su uso al establecimiento de cultivos perennes y perennes asociados con especies forestales ó a la protección de la vida silvestre según la pendiente en que se encuentran.

La parte afectada por gases puede ser destinada en su mayoría para la protección de la vida silvestre y la protección de los recursos naturales puesto que no es recomendable para uso agropecuario excepto penca, piña, pitahaya, si la pendiente lo permite. Las áreas cubiertas por los Typic Durustands muestran en su mayoría evidencia de erosión de moderada a severa.

Estos suelos fueron clasificados como Typic Durandeps, según el levantamiento de suelos realizado en 1971 por CATASTRO y presentaban una profundidad efectiva de 84 cm aproximadamente, observándose una pérdida de suelo de hasta 32 cm aproximadamente en el período comprendido entre 1971 - 1997. Esto se debe al uso agrícola (cultivos anuales) y al manejo a que fue sometido el suelo en este período de años.

B. Sub-Orden: **Ustands:** Andisoles que presentan un régimen de humedad ústico.

Gran Grupo: **Haplustands:** Otros Ustands

Sub-grupo: **Humic Haplustands:** Haplustands que tienen un epipedón melánico, mólico o úmbrico.

Los suelos clasificados como Humic Haplustands se caracterizan por ser suelos de textura franco-arenosa con un perfil estratificado (A1-A2-Bw1-Bw2-BC-C), bien drenados y moderadamente profundos, presentando una profundidad de 110cm. El pH de estos suelos es medianamente ácido, la saturación de bases es alta a través del perfil, tienen una capacidad de intercambio catiónico muy alta la cual se relaciona con altos contenidos de materia orgánica y la presencia de arcillas alófanas, esta última influencia en éstos suelos una baja disponibilidad de fósforo.

Los Humic Haplustands se observaron mayoritariamente en la zona de vida bosque húmedo sub-tropical premontano, pero también se encontraron en áreas más reducidas en la zona de vida bosque seco tropical, comprenden un área de 50.70 Km² lo que representa un 39 % del área total; predominando sobre pendientes E, F y G (15%-30%, 30-45% y >45%) con un área de 21.28, 16.68 y 12.68Km² respectivamente.

Estos suelos forman parte del sistema de laderas en la parte alta de la Sub-Cuenca y en el pie de monte en Ticuantepe; conforman una asociación con los suelos Humic Durustands, en la que dominan los primeros sobre los segundos, así mismo se encontraron áreas con suelos Humic Haplustands en la Borgoña, al sur de Ticuantepe y parte de el poblado de Veracruz.

A pesar de que los suelos clasificados como Humic Haplustands presentan muchas características favorables para la producción agrícola, su aptitud no es netamente agrícola puesto que es necesario considerar la baja estabilidad estructural y la alta susceptibilidad a la erosión, lo cual está influenciada por la baja densidad aparente (0.6 gr/cm³), de la misma forma las posiciones en terrenos con pendientes superiores al 8% en su mayoría, condicionan su uso.

En la parte alta de la Sub-cuenca la aptitud de éstos suelos es apta para el establecimiento de cultivos perennes como el café bajo vegetación arbórea densa (Café con sombra) cuando se ubica en pendientes menores al 45%; cuando las pendientes sobrepasan el 45% lo más recomendable es emplearlos en la protección de la vida silvestre, conservación de los suelos y la captación de agua.

Según el levantamiento de suelos del pacífico de Nicaragua (CATASTRO, 1971) estos suelos fueron clasificados como Typic Eutrandspts, con una profundidad efectiva de 130cm, por lo que es posible que se haya producido una pérdida de suelo de hasta 20cm en el período comprendido de 1971 a 1997.

- C. Sub-Orden:** **Ustands:** Andisoles que tienen un régimen de humedad ústico.
- Gran grupo:** **Durustands:** Ustands que presentan un duripan (capa de talpetate) cuyo límite superior está dentro de los 100 cm. de la superficie mineral del suelo.
- Sub-grupo:** **Humic Durustands:** Durustands que tienen un epipedón melánico, mólico o úmbrico.

El perfil de suelos representativo de este sub-grupo taxonómico se ubicó en Ticuantepe a los 280 msnm., el suelo es moderadamente profundo, algo excesivamente drenado, de textura franco-arenosa a través del perfil. Entre los 72 y 94 cm. Presentan una capa endurecida de talpetate con moderadas fracturas que pueden limitar el desarrollo radicular de algunos cultivos, principalmente aquellos con sistemas radiculares que sobrepasan esta profundidad.

La secuencia de horizontes observada en el perfil típico es A1-A2-Bw1-Bw2-Cmq, la densidad aparente es baja (0.95 gr/cm³), el pH varía de ligeramente ácido a medianamente ácido (6.5 - 6.0). La capacidad de intercambio catiónico y la saturación de bases son altas a través del perfil. Los contenidos de materia orgánica

son medios en el suelo superficial y alto en el sub-suelo. El fósforo es pobre a través de todo el perfil.

Las posiciones en las cuales se ubican los Humic durustands son muy variadas, observándose pequeñas áreas de éstos en terrenos erosionadas que forman parte del sistema de laderas y cañadas, así como en el pié de monte entre Ticuantepe y Veracruz, comprenden un área de 35.06 Km², lo cual representa un 26.97 % del área total de la Sub-Cuenca.

Actualmente los Humic Durustands que se ubican en el pié de monte (Ticuantepe) están siendo utilizados para la siembra de cultivos semi-perennes (piña, pitahaya y musáceas), pero también se encuentran en la parte alta de la Sub-cuenca cultivados con café bajo sombra (Bosque con café).

Para 1971 los suelos que en el presente estudio se clasificaron como Humic Durustands, habían sido clasificados como Duric Haplustolls presentando una profundidad efectiva promedio de 84cm según Catastro (1971), por lo que aparentemente se ha producido una pérdida de suelo, aproximadamente de 12 cm en el período comprendido entre 1971 y 1997.

D Sub-Orden: **Vitrands:** Andisoles que tienen una retención de Humedad a 1500 KPa de 15% sobre muestras secadas al aire y menos del 30% sobre muestras no secadas, a través de un espesor de 35 cm. o más dentro de los 60 cm. de la superficie mineral del suelo o de una capa orgánica que reúna los requisitos de propiedades ándicas de los suelos, cualquiera que esté más somero.

Gran Grupo: **Ustivitrands:** Vitrands que tienen un régimen de humedad ústico.

Sub-grupo: **Humic Ustivitrands:** Otros Ustivitrands que tienen un epipedón melánico, mólico o úmbrico. Los Humic Ustivitrands encontrados se ubican al oeste del volcán Masaya, abarcan la mayor parte del poblado de San Ignacio, extendiéndose en la misma dirección hacia el poblado La Francia.

Estos suelos evidencian su formación a partir de materiales volcánicos aún no meteorizados (piroclastos y cenizas volcánicas) que pueden observarse como pequeños fragmentos dentro de los horizontes superficiales y además conforman un estrato oscuro claramente visible (horizonte C). Los Humic Ustivitrands observados se caracterizan por presentar un perfil poco desarrollado con una secuencia de horizontes A-AC-C, su profundidad efectiva es de 33 cm. (superficial), la textura es franco arenosa con gravas a través del perfil, la estructura es muy débil, muy porosa, lo que influye sobre el drenaje que es algo excesivamente drenado.

El porcentaje de saturación de bases es alto en promedio a través del perfil (54.61%), así como la CIC (48.2 - 45.7Meq/100gr de suelo), el pH es ligeramente ácido en la superficie y medianamente ácido después de los 45 cm; el contenido de materia orgánica es medio (2.1%) en la superficie y alto (4.7%) en el resto del perfil. El contenido de fósforo asimilable es pobre a través del perfil (2.3 ppm).

Otra particularidad en este perfil es la presencia de vidrios volcánicos que se asocian a la naturaleza de los materiales parentales y a la poca evolución que presentan los suelos. El área cubierta por los Humic Ustivitrands es de 13.02 Km², o sea el 9.98 % del área total estudiada. El suelo presenta baja capacidad de retención de humedad, lo cual podría asociarse a la presencia de vidrio volcánico el cual se evidenció claramente durante la descripción y es típico de los suelos poco desarrollados del orden Andisoles.

Por otro lado la baja densidad aparente y la baja estabilidad estructural, hacen que el suelo presente un alto riesgo de erosión especialmente hídrica si se considera además las pendientes que predominan en las áreas en donde se ubican éstos suelos (Humic Ustivitrands).

CATASTRO 1971 clasificó éstos suelos como Mollic Vitrandepts presentando una profundidad efectiva de 130cm., lo que podría ser indicativo de una pérdida de suelos de aproximadamente 97 cm. en los últimos 26 años, no obstante es necesario realizar estudios más detallados para considerar ésta pérdida de manera concluyente.

- E. Sub-Orden:** **Ustands:** Andisoles que tienen un régimen de humedad ústico.
- Gran Grupo:** **Haplustands:** Otros Ustands.
- Sub-grupo:** **Vitric Haplustands:** Haplustands que tienen una retención de agua a 1500 kPa de 15% en muestras secadas al aire o de menos del 30% en muestras no secadas al aire a través de uno o más horizontes que reúne los requisitos para propiedades ándicas de suelo y tienen al menos 25 cm. de espesor dentro de los 100 cm. de la superficie mineral del suelo.

Los suelos clasificados como Vitric Haplustands se distribuyen en la planicie volcánica que abarca los poblados de Veracruz y Sabana Grande y parte de Monte Fresco, cubren un área de 19.85 Km², lo que corresponde a un 26.97 % del área total estudiada. El perfil representativo se ubica a 102 msnm aproximadamente; estos suelos se han formado a partir de sedimentos predominando las arenas finas a gruesas y piroclástos del cuaternario.

El relieve es plano o casi plano con pendientes entre 0 y 4%. Los Vitric Haplustands observados en la zona son de color pardo oliváceo a pardo grisáceo muy oscuro, son bien drenados, moderadamente profundos (profundidad efectiva de 74 cm.), de textura franca en la superficie y franco arenosa en el sub-suelo, la densidad aparente es baja (0.98 gr/cm^3).

Dentro de las características químicas relevantes se pueden destacar el pH que es ligeramente ácido, los contenidos de materia orgánica y carbono orgánico altos en la superficie, decreciendo con la profundidad, la saturación de bases es muy alta en los horizontes superficiales (>75% hasta los 74 cm), decreciendo con la profundidad.

La CIC es alta (37 Meq/100 gr de suelo) en la superficie y muy alta en el resto del perfil (46.9 - 56.3 Meq/100gr de suelo). Tanto el contenido de materia orgánica como el de nitrógeno son altos en la superficie y decrecen con la profundidad. El clima y las características físico-químicas de los suelos clasificados como Vitric Haplustands favorecen el establecimiento de los cultivos anuales tradicionales (maíz, sorgo, frijol), que se cultivan actualmente en gran parte del área que cubren estos suelos, no obstante se debe considerar el alto riesgo a la erosión eólica, la cual es común evidenciar en la zona en la que se encuentran éstos suelos, por lo que se debe de incluir medidas de protección contra este tipo de erosión.

De igual forma se debe de evitar el uso de maquinaria agrícola mecanizada principalmente en las zonas aledañas al Aeropuerto Internacional debido a que esto puede afectar la visibilidad para las aeronaves que sobrevuelan la zona. CATASTRO (1971), en el levantamiento de suelos del pacífico de Nicaragua clasificó éstos suelos como Typic Durustolls y Mollic Vitrandepts, habiéndose reflejado en ese entonces una profundidad efectiva promedio de 130 cm. por lo que aparentemente ha habido una disminución de hasta 56 cm. de suelos durante los años de 1971 – 1997, pero al igual que los casos anteriores éste dato no es concluyente, sino que pretende comparar en la medida de los posible datos de los estudios realizados con anterioridad en la zona.

F	Sub-Orden:	Aquands: Andisoles que presentan condiciones ó Régimen de humedad ácuico.
	Gran Grupo:	Epiaquands: Otros Aquands que tienen episaturación ²
	Sub-grupo:	Thaptic Epiaquands: Otros Epiaquands que tienen dentro de los 25 a 100 cm. una capa de 10cm. o más de grosor con más del 3% de carbono orgánico y un epipedón mólico a través del mismo, delimitando uno o más horizontes con un grosor total de 10 cm. o más, que tienen un value en húmedo una unidad más alta y contenidos de carbono orgánico 1% más bajo.

Los Thaptic Epiaquands se ubican en la parte baja de la Sub-cuenca, ocupando parte de la planicie fluvio-lacustre, representan 1.18 km² (0.91% de la zona), se localizan al este de la Zona Franca y del Aeropuerto Internacional de Managua, extendiéndose hacia el norte a la Hacienda Santa Elena y sus alrededores.

El suelo se ha formado a partir de sedimentos de arena y arcillas con materiales piroclásticos aluviales, son de color gris muy oscuro a pardo grisáceo oscuro, moderadamente profundos (60-90 cm.), escasamente drenados (drenaje pobre), de textura que varía desde franco a franco-arcillo-limoso y franco arenoso con una profundidad de 52cm, la densidad aparente es de 0.96% gr/cm³.

El perfil representativo se encuentra a 55 msnm. El drenaje pobre de éstos suelos está asociado a un nivel freático alto y a la posición un tanto depresional en la cual se encuentran ubicados. Las características químicas reflejan contenidos variables de materia orgánica y carbono orgánico (asociado a la naturaleza aluvial de los materiales que lo forman) que varían de rangos entre medio, altos y bajos; el pH es

² El término episaturación según Clave para la Taxonomía de Suelos del Soil Survey Staff (1994), indica que el suelo está saturado por agua en una o mas capas dentro de los 200 cm. de la superficie mineral del suelo y presenta una o mas capas no saturadas seguidas por una capa saturada.

fuertemente alcalino en la superficie y medianamente alcalino en el resto del perfil, con una saturación de bases muy alta a través de todo el perfil (119.6 - 87.73%), la CIC es muy alta (48 - 43.6 meq/100gr de suelo) en los 69 cm superficiales, disminuyendo en el resto del perfil.

El contenido de materia orgánica varía de medio a alto y el contenido de fósforo es pobre en la superficie, mostrando un incremento (alto) en la parte media hasta los 37 cm., el porcentaje de sodio intercambiable es de 2.33% lo que representa un suelo con salinidad moderada. Actualmente los Thaptic Epiaquands se encuentran bajo uso ganadero, por lo que se podría decir que están siendo bien utilizados debido a que son muy pocas las especies de cultivos que pudieran adaptarse a las condiciones de pH, salinidad y drenaje deficiente de éstos suelos. CATASTRO (1971), los clasificó como suelos misceláneos con características muy variables y una mayor extensión.

- G Sub-Orden** **Ustands:** Andisoles que tienen régimen de Humedad ústico.
- Gran Grupo:** **Haplustands:** Otros Ustands.
- Sub-grupo:** **Calcic Haplustands:** Haplustands que tienen un horizonte cálcico que tiene su límite superior dentro de los 125 cm. de la superficie mineral del suelo o del límite superior de una capa orgánica con propiedades ándicas, cualquiera que esté más somera. Los Calcic Haplustands se ubican en la parte baja de la planicie volcánica, abarcan el caserío El Rodeo, El Aceituno, terrenos de la UNA, y MARENA, hacia el sur limitan con la Zona Franca, y el Aeropuerto Internacional de Managua.

El área que comprenden estos suelos es de 4.83 km², que representa el 3.7% del área total. El perfil representativo se encuentra aproximadamente a 58 msnm. Estos suelos son de origen aluvial, poco profundos (profundidad efectiva 40-60 cm), de textura franco arenosa a través del perfil, son moderadamente bien drenados, su densidad aparente varía entre 0.9 y 1.3 gr/cm³, este último valor corresponde a los horizontes superficiales (A1 y A2) y probablemente se encuentren compactados en la superficie ya que se observó la presencia de ganado en la zona en donde se describió el perfil representativo.

Los contenidos de materia orgánica presentan una distribución normal, variando desde alto en la superficie hasta bajo en el resto del perfil, el pH es ligeramente alcalino y la saturación de bases es muy alta (67.98 - 132.7%) a través del perfil. La Capacidad de Intercambio Catiónico (CIC) es alto en promedio (31.6 - 41.3 Meq/100gr de suelo), los contenidos de fósforo varían de medio a bajo en la superficie y resto del perfil respectivamente. La mayoría de éstos suelos presentan una vegetación dominada por pastos y árboles muy dispersos.

Los suelos clasificados en el sub-grupo Calcic Haplustands, en 1971 fueron clasificados por CATASTRO como Typic Haplaquolls y en la Serie de suelos La Calera, definiéndolos como suelos con una profundidad efectiva de 70 cm., lo que parece indicar una pérdida de aproximadamente 25 cm. de suelos en los últimos 26 años. Además fueron definidos como suelos de baja permeabilidad, humedad disponible moderada, con contenidos moderadamente altos de calcio y magnesio intercambiable y con cantidades moderadas de materia orgánica y de nitrógeno, lo que concuerda con el estudio actual.

K	Sub-Orden :	Aquands : Andisoles que presentan concidiciones Ó régimen de humedad ácuico.
	Gran grupo :	Endoaquands: Otros aquands que presentan endosaturación. ³
	Sub- grupo:	Petrocalcic Endoaquands: Endoaquands que presentan un horizonte petrocálcico cuyo límite superior está dentro de los 100 cm de la superficie del suelo mineral.

Los suelos clasificados como Petrocalcic Endoaquands son suelos aluviales que presentan una lámina de agua próxima a la superficie del suelo, la textura es franco-arcillo-arenosa en la superficie, que se alterna con capas arenosas y franco-arenosa en el interior del perfil ; presentan además un alto porcentaje de saturación de bases (107.1% - 203.8%); La CIC es moderadamente alta (23.6-20.6 Meq/100gr de suelo); el pH es fuertemente alcalino a través del perfil. Todas éstas características se corresponden con suelos salinos, lo cual se asocia a la cercanía del nivel freático (que facilita el ascenso capilar de carbonatos de calcio) y a la influencia de materiales lacustres que han contribuido a la formación de estos suelos.

La única unidad de suelos Petrocalcic endoaquands determinada como parte de este estudio se ubica en las costas del Lago Xolotlán, conformando parte de las primeras terrazas lacustres las que en algunos meses del año pueden cubrirse totalmente por agua al subir el nivel del lago.

El tipo de suelo clasificado en el sub.-grupo Petrocalcic Endoaquands no presenta una definición categórica a nivel de sub-grupo taxonómico en las Claves para la Taxonomía de suelos de la Soil Survey Staff (1994), con la cual fueron clasificados los suelos en el presente estudio; sin embargo por las características relevantes que

³ Según la Clave para la Taxonomía de la Soil Survey Staff (1994), se denomina endosaturación a la saturación del suelo con agua en todas las capa, desde el límite superior hasta los 200 cm. o mas de suelo mineral.

presentan éstos suelos, como parte del estudio se propone considerar válida la propuesta de incorporar el sub-grupo taxonómico Petrocalcic Endoaquands como una nueva categoría dentro de los suelos clasificados en el orden Andisoles.

Lo anterior se fundamenta además en lo planteado al respecto por Cortéz (1972), al referir que un sistema de clasificación de suelos no debe verse como una verdad absoluta, sino que debe considerarse como una guía básica para la clasificación de los suelos.

Así mismo Cortéz (1972), menciona que es necesario el realizar investigaciones que permitan ajustar el actual sistema taxonómico americano a suelos que por características particulares no se encuentran soportados teóricamente en este sistema de clasificación como es el caso de la presencia del horizonte petrocálcico en un suelo andisol con endosaturación.

CATASTRO (1971), clasificó éstos suelos como Typic Hidraquents y definió su vocación como zona de protección de la vida silvestre.

6.3.1.2 Suelos del Orden Mollisoles (Caracterización general del Orden)

Los suelos del orden mollisoles son suelos muy oscuros asociados a acumulaciones considerables de materia orgánica. La descomposición de la abundante materia orgánica en presencia de calcio, conduce a la formación de epipedones mólicos, que los tipifica. La buena agregación derivada de la presencia de materia orgánica, es otro atributo que poseen éstos suelos, lo que confiere la consistencia suave que hace que no sean duros ni masivos cuando se secan.

Todos los mollisoles se caracterizan por tener un epipedón mólico, y muchos tienen un horizonte argílico, nátrico o cálcico. Los suelos encontrados en la zona corresponden al sub-grupo Andic Haplustolls. Estos suelos fueron clasificados por Villanueva (1990), como Typic Haplaquolls y como Suelos Misceláneos Aluviales.

6.3.1.2.1 Caracterización de los mollisoles presentes en la sub-cuenca

- A. Sub-Orden:** **Ustolls** : son mollisoles con un régimen de humedad ústico.
- Gran grupo:** **Haplustolls**: son Ustolls que presentan un endopedón cálcico.
- Sub grupo:** **Andic Haplustolls**: Haplustolls que tienen una densidad aparente de 1 gr/cm^3 o menor.

Se encuentran distribuidos en 0.72 km^2 , que equivalen a 0.55% de los suelos de la sub-cuenca III de la Cuenca Sur del Lago de Managua. Los Andic haplustolls se localizan en la parte noroeste de la Sub-cuenca, forman parte de la planicie de inundación, específicamente están ubicados al sureste y noreste de la Casa-hacienda Las Mercedes. El perfil representativo fue descrito a los 50 msnm.

El suelo es moderadamente profundo (profundidad efectiva de 65cm), con un drenaje moderadamente bien drenado, de textura media a fina (franco arenosa a franco-arcillo-limosa); presentan un contenido de materia orgánica alto en la superficie (2.72%) que se incrementa al profundizar en el suelo, el pH es fuertemente alcalino a muy fuertemente alcalino (7.6 a 8.8); la saturación de bases es alta a través de todo el perfil (106.4 - 135.9) al igual que la CIC (48.3 Meq/100gr de suelo).

El suelo se observa bien estructurado con una intensa actividad biológica (dominada por lombrices de tierra).

Los Andic Haplustolls observados presentan salinidad moderada y leve alcalinidad, lo cual se corresponde con las características descritas anteriormente y está asociado a la alta tasa de evaporación y a la poca profundidad del nivel freático que influencia el ascenso capilar del agua conteniendo sales que se depositan a través del perfil.

Estas características, sumadas al drenaje moderado de éstos suelos, limitan la aptitud de éstos suelos al establecimiento de especies de cultivos anuales tolerantes a salinidad moderada y drenaje pobre; actualmente están siendo empleados para el establecimiento de pastos principalmente.

Es importante considerar en el manejo de éstos suelos la baja densidad aparente, que los hace susceptibles a la erosión, aunque este riesgo es menor comparado con los suelos del orden Andisoles de menor estabilidad estructural.

En la Clasificación de suelos a nivel de series que CATASTRO publicó en 1971, estos suelos fueron clasificados como Typic Durustolls y en la serie Las Mercedes, los describen como suelos profundos, bien drenados, derivados de cenizas volcánicas aluviales viejas, con moderada permeabilidad y moderada humedad disponible. En cuanto al potencial agropecuario de los suelos mollisoles encontrados en la zona como parte del presente estudio, se puede decir que en general son suelos altamente productivos, asociados con un alto contenido de bases y de materia orgánica, además de presentar un adecuado grado de agregación producto de la actividad biológica de lombrices y el alto contenido de CaCO_3 , el resto de características coinciden con las expresadas anteriormente.

6.3.2 No suelos

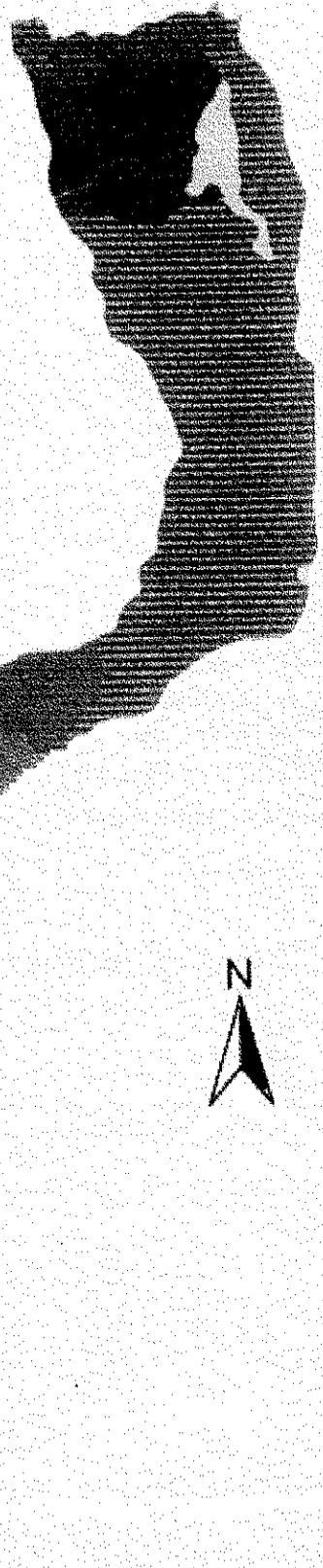
Se denominó "no suelo" a una unidad conformada por materiales compuestos por piroclastos y escorias volcánicas no alteradas o muy poco descompuestos que por no cumplir con los criterios que definen la unidad básica de suelos no fueron clasificados como tal.

Los "no suelos" cubren una pequeña área de 0.14 km² (0.11% del área total) y se ubican específicamente en el Cerro Mocintepe en Sabana Grande. (Ver Mapa de clasificación de los suelos y cuadro 7).

Leyenda

Area (Km2)

	Typic Durustands (Ntdi)	2.52
	Humic Haplustands (Nhhu)	50.70
	Humic Ustivitrands (Nhuv)	13.02
	Humic Durustands (Nhdu)	35.06
	Vitric Haplustands (Nvhv)	19.85
	Thiaptic Eplaquands (Nthia)	1.18
	Calcic Haplustands (Nchu)	4.83
	Andic Haplustolls (Mnhu)	0.72
	Petrocalcic Endoaquands (Npea)	1.98
	Escorias Volcánicas	0.14



Escala 1:95000

Diseño e impresión:
Ing. Efraín Acuña,
Ing. Martha Orozco

Participantes
Trabajo de Campo
Juan Velásquez
Jeannette Gutiérrez
Ignacio Rodríguez

Elaborado por:
Universidad Nacional Agraria
Facultad de Recursos Naturales y del Ambiente

Elaborado en:
SIGMA / FARENA

Digitalización y Procesamiento:
Juan Velásquez
Carlos Zeleda

6.3.3 Uso Actual de los Suelos

De acuerdo al uso a que están sometidos actualmente y de manera general los suelos en la Sub-Cuenca III, se pueden agrupar en 11 usos diferentes que corresponden a: Cultivos Anuales, Semi-perennes y Perennes, Pastos Naturales, Pastos Sucios, Pastos Limpios, Matorral, Bosque bajo claro, Bosque con café, Frutales y Uso Urbano.

La Sub-cuenca III presenta un área denominada **Urbano –Industrial** la cual comprende un área de 7.65 km², donde se ubican los municipios de Ticuantepe, El Crucero y poblados como Sabana Grande, Veracruz, San Ignacio, L Borgoña y el Rodeo.

En su mayoría posee una cubierta vegetal del tipo **Bosque con Café (Bc)**, distribuida en la parte alta, con un área de 35.20 km². Este tipo de uso se ubica principalmente desde los 400 msnm. hasta los 850 msnm. Con el tiempo este uso de suelo ha cambiado a cultivos semiperennes (piña y pitahaya), debido a los problemas sociales y económicos cada vez más crecientes.

El café se cultiva bajo la sombra de especies arbóreas nativas de la zona (p.e: Guarúmo, Poro poro) y otras especies introducidas como el Aceituno, así mismo se observan musáceas (plátano) asociadas a este sistema. Grandes extensiones bajo este tipo de uso ocupan las Haciendas Las Nubes, Las Pavas y El Paraíso en el sistema de laderas y cañadas que cubren la parte sureste de los poblados Las Nubes, El Crucero y al norte de la carretera panamericana que atraviesa El Crucero.

Según UNICAFE (1997), el cultivo del Café se adapta favorablemente a las condiciones climáticas y edafológicas de esta zona, sin embargo en algunas áreas se presentan afectaciones por influencia de los gases expulsados por el Volcán Santiago, principalmente al sur en la parte alta de la Sub-cuenca en donde predomina este tipo de vegetación.

En las zonas en las que se ubica este tipo de uso del suelo, a pesar de las fuertes pendientes y la susceptibilidad a la erosión de los mismos, la erosión parece ser menor que en las áreas cultivadas con piña ubicados en terrenos con pendientes menores.

Bosque bajo claro (Bbc): Este comprende un área de 16.04 Km² y se ubica en la parte media de la Sub-cuenca, predominan especies como El Guarumo, Aceituno, Chilamate, Jiñocuabo, Mata Palo.\

Otro tipo de vegetación que también posee un área extensa es la vegetación indicada como **Cultivos semi-perennes (Csp)**. Las especies dominantes en este tipo de vegetación en su mayoría son cultivos como la piña, la pitahaya y en menor escala las musáceas. Este tipo de cultivo (vegetación) se distribuye desde los 220 msnm. hasta los 400 msnm., abarcando el Municipio de Ticuantepe casi en su totalidad. El área cubierta por cultivos semi-perennes es de 31.06 km² en su mayoría piña.

El cultivo de la piña y pitahaya no suministran la suficiente cobertura para los suelos que son altamente susceptibles a la erosión hídrica, por lo que la zona en la cual se encuentran actualmente estos cultivos (parte media) es la que presenta el mayor deterioro de los suelos de la Sub-cuenca, lo cual influye negativamente provocando la pérdida de nutrientes en los suelos, aumentando la fuerza erosiva de las corrientes aguas abajo y la sedimentación en el Lago de Managua. En algunas áreas cultivadas con piña se observó el asocio de este cultivo con frijol, las que se reflejaron como Csp, debido a la escala de trabajo 1:50000 y por ser áreas muy pequeñas las que asocian con frijol los productores puesto que para ellos este no es su cultivo principal sino que lo cultivan para consumo familiar.

La vegetación de **Pastos con menos de 40% de maleza (P₂)** representa el tipo de uso que ocupa el tercer lugar en relación con el área cubierta de 20.19 km². Este tipo de vegetación se distribuye a lo largo de la sub-cuenca, aunque predomina en su mayoría en la parte baja de la misma, especialmente a partir de los 100 msnm. hasta llegar a las costas del lago de Managua, encontrándose pequeñas áreas en la parte alta y media de la Sub-cuenca.

Los **Cultivos Anuales (Ca)** ocupan un área de 5.60 km², representado por pequeñas áreas que los agricultores siembran de hortalizas (cucurbitáceas y otras) durante el período lluvioso de primera. En el período de postera es común el cultivo de sorgo y maíz en la parte media y baja de la Sub-Cuenca. En la parte media y alta de la Sub-Cuenca se observaron pequeñas áreas cubiertas por cultivos anuales (frijol y maíz) las que por su tamaño no fueron reflejadas en el presente estudio. Para el establecimiento de este tipo de cultivos normalmente se hace el laboreo mecanizado de los suelos, principalmente en la parte baja de la Sub-cuenca.

Los **Cultivos Perennes (Cp)** comprenden una pequeña área (1.56 km²) distribuidos en la parte media y baja de la Sub-cuenca; este tipo de cultivo tiene gran importancia porque disminuye el riesgo de erosión de los suelos por lo que no requieren de mucho laboreo como el caso de los cultivos anuales. Los cultivos perennes que se reflejan en el mapa de uso actual corresponden a cítricos principalmente.

Dentro de los usos que presentan las menores coberturas, se encuentran los **Pastos con más de 40% de maleza (P3)**, y **Matorrales (M)** con áreas de 1.02 y 0.73 km², respectivamente. El Matorral se encuentra en la parte media, cerca de las elevaciones del Volcán Masaya al sureste de la sub-cuenca, el área representada como Pasto Natural se ubica en la parte media de la sub-cuenca al este del Poblado de San Ignacio, parte de esta vegetación ocasionalmente es afectada por los gases del volcán, según referencias de pobladores de la zona.

Finalmente se presenta un área que actualmente presenta severos efectos producidos por la influencia de los gases del Volcán Santiago, la cual se referencia como Vegetación afectada por gases (**Vg**) que comprende un área de 10.95 Km², lo que no permite el establecimiento de cultivos comerciales en esta zona, por lo que su aptitud se ve limitada a la protección de la vida silvestre. (Ver mapa de uso actual y cuadro 8).

En el mapa de uso actual se presenta la distribución y las áreas que cubren cada uno de los usos encontrados en la zona.

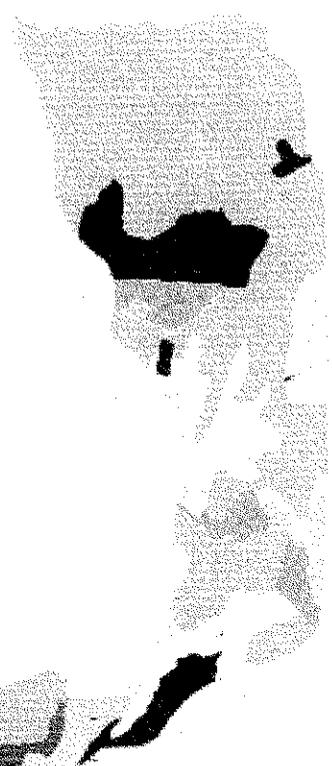
CUADRO 8 Uso actual de la tierra en la Sub-cuenca III y área representada por cada uso.

TIPO DE USO ACTUAL DE LA TIERRA	COBERTURA	
	AREA Km ²	%
Cultivos anuales (Ca)	5.60	4.31
Cultivos semi-perennes (Csp)	31.06	23.89
Pastos limpios (P2)	20.19	15.53
Pastos sucios (P3)	1.02	0.78
Cultivos perennes (Cp)	1.56	1.20
Matorral (M)	0.73	0.66
Bosque con café (Bc)	35.2	27.08
Bosque bajo claro (Bbc)	16.04	12.34
Urbano/Industrial (U/I)	7.65	5.88
Vegetación afectada por gases (Vg)	10.95	8.42
Total	130.00	100.00

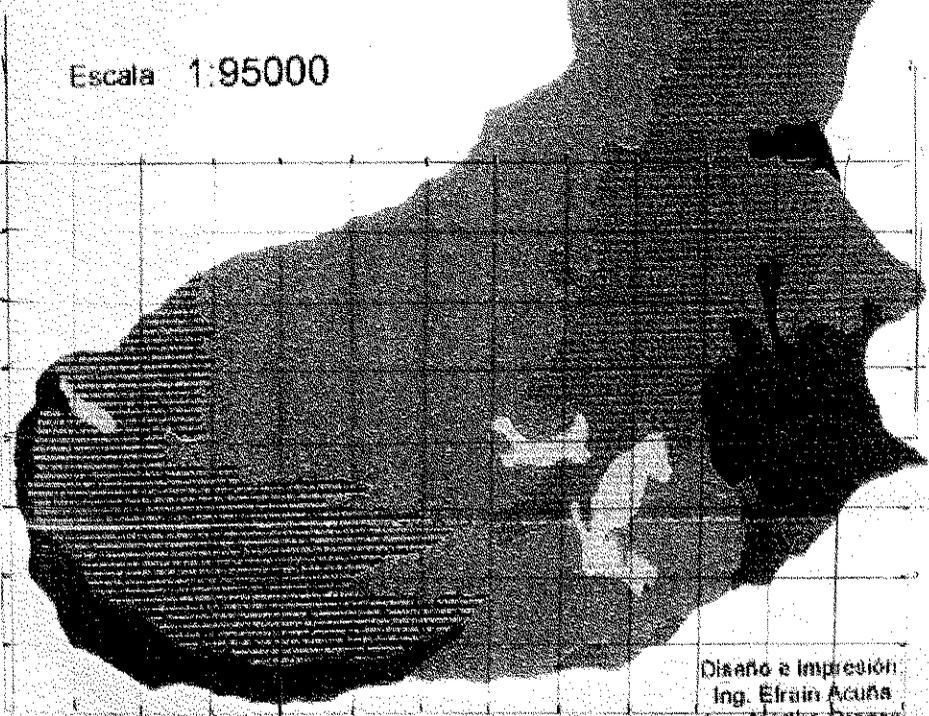
Leyenda

Area (Km²)

	Cultivos anuales (Ca)	5.6
	Pasto limpio (P2)	20.19
	Pasto sucio (P3)	1.02
	Cultivos semi-perennes (Csp)	31.08
	Cultivos perennes (Cp)	1.56
	Urbano-Industrial (U-I)	7.65
	Matorral (M)	0.73
	Bosque con Café (Bc)	35.20
	Bosque bajo claro (Bbc)	16.04
	Vegetación afectada por gases (Vag)	10.95



Escala 1:95000



Diseño e Impresión
Ing. Efraín Acuña
Ing. Martha Orozco

Participantes
Trabajo de Campo
Juan Velásquez
Jeannette Gutiérrez
Ignacio Rodríguez

Elaborado por:
Universidad Nacional Agraria
Facultad de Recursos Naturales y del Ambiente

Elaborado en:
SIGMA / FARENA

Digitalización y Procesamiento
Juan Velásquez
Carlos Zelaya

6.3.4 Clasificación por Capacidad de Uso de los Suelos

La clasificación por Capacidad de Uso de los suelos (USDA, 1961), es una clasificación interpretativa que parte de las limitaciones de los suelos (para su uso agropecuario y forestal), se considera para ello las características físico-químicas y la posición en el terreno o pendiente, también se consideró el uso y manejo a que han sido sometidos los suelos de la Sub-cuenca III. De acuerdo a este sistema de clasificación, es posible agrupar los suelos en ocho categorías, las que se representan por números romanos (Clases I-VIII). En la Sub-Cuenca III, no se observaron suelos de las Clases I y II.

Clase de capacidad III comprende un área de 26.63 km² (20.49 % del total de suelos de la Sub-cuenca). Las principales limitaciones se asocian a presencia de pendientes entre 4-8%, con un riesgo de erosión moderado, texturas medias (franco arenosa) y baja densidad aparente, además se tomó en cuenta el uso y manejo (cultivos anuales) que se le ha dado a estos suelos hasta el momento del estudio, tal es el caso de los suelos Vitric Haplustands que cubren Sabana Grande y los Humic Haplustands encontrados en Veracruz y la Borgoña. La aptitud de estos suelos es para uso agrícola pero deben de tomarse las medidas necesarias para evitar la erosión de los suelos. En el levantamiento de suelos realizado por CATASTRO (1971), estos suelos presentaban capacidad de uso II y III, debido a las pendientes y profundidad efectiva que presentaban en ese entonces.

Clase de capacidad IV Los suelos ubicados en esta clase de capacidad comprenden 26.89 km² (20.69 % de los suelos de la zona), se ubican en su mayoría en la parte media de la Sub-Cuenca, entre Ticuantepe y San Ignacio; estos suelos se encuentran en pendientes de 8 a 15%, las texturas son medias y el riesgo de erosión es alto. Parte de los suelos clasificados en los sub-grupos Humic Haplustands, Humic Durustands y Humic Ustivitrands están representados en esta clase de capacidad de uso.

Estos suelos fueron ubicados en la clase de capacidad III en el estudio realizado por CATASTRO (1971) basados en las evidencias de erosión que presentaban en ese entonces y la profundidad efectiva de los mismos.

Clase de capacidad V Esta clase comprende 6.02 km² (4.63% del área total). Los suelos agrupados en esta clase están ubicados en terrenos planos a casi planos con pendientes "A" (0-2% de inclinación), pero presentan un drenaje imperfecto asociado a una tabla de agua alta y además poseen un pH alcalino a fuertemente alcalino, características que limitan su aptitud al uso pecuario. Los suelos clasificados como Thaptic Epiaquands son los únicos representantes de esta clase y se ubican al este de las Corporación Industrial de Zonas francas y formando parte de la Hacienda Santa Elena.

Clase de capacidad VI Los suelos agrupados en esta clase de capacidad cubren 1.28 Km² (1.1% de los suelos de la zona), ubicándose en la parte alta de la Sub-Cuenca en el poblado de Las Nubes, presentan un relieve escarpado con pendientes "E" (15-30% de inclinación), además de las pendientes, otras limitantes que presentan éstos suelos las determinan la alta susceptibilidad a la erosión y en algunos casos la presencia de capas endurecidas que afectan la profundidad efectiva y limitan el desarrollo radicular.

A la clase de capacidad VI se asocian suelos clasificados taxonómicamente en los sub-grupos Typic Durustands, Humic Haplustands y Humic Durustands y según CATASTRO (1971), éstos suelos al igual que en el presente estudio se correspondían con la clase de capacidad de uso VI debido a la erosión, pendiente y profundidad efectiva determinada en ese entonces.

Clase de capacidad VII Esta clase comprende suelos ubicados en terrenos con relieve muy escarpado en los que predominan pendientes "F" (30-45% de inclinación), tienen drenaje excesivamente drenados (por su posición en el relieve y alta permeabilidad), así como la alta susceptibilidad a la erosión ó profundidad efectiva de suelos poco profundos, características que limitan su aptitud al uso forestal o agroforestal con cultivos agrícolas perennes (bosque con café). Se encuentran bien distribuidos en la parte alta de la Sub-cuenca y se asocian a suelos clasificados en los sub-grupos Humic Haplustands, y Humic Durustands.

Los suelos con clase de capacidad VII son los que mayor cobertura presentan en la zona con un área de 36.56 km² que representa el 28.12% del total de suelos de esta Sub-cuenca y tanto su clasificación por capacidad de uso como sus limitaciones se corresponden con las planteadas en el Levantamiento de Suelos del Pacífico de Nicaragua realizado por CATASTRO (1971).

Clase de capacidad VIII En esta clase se agrupan suelos ubicados en relieves extremadamente escarpados (en los que predominan pendientes > 45%), suelos superficiales a muy superficiales, con extremado riesgo a la erosión hídrica y eólica ó con una tabla de agua superficial (como el caso de los suelos ubicados en las costas del Lago Xolotlán y a los suelos ubicados en las áreas afectadas por la influencia de los gases del Volcán Santiago; todas éstas características limitan el uso agropecuario y forestal de éstos suelos. Los suelos con clase de capacidad VIII comprenden un área de 32.62 km² (25.09% del área total estudiada).

La aptitud principal de éstos suelos es la protección de la vida silvestre (flora y fauna), lo cual debe valorarse altamente por la función de protección a los recursos naturales, la captación de las aguas de precipitación, la concesión del espacio necesario para la recuperación de especies en peligro de extinción en la zona y la recuperación de los suelos.

La mayoría de suelos clasificados en la clase de capacidad de uso VIII se ubican en la parte alta de la Sub-cuenca e incluyen suelos clasificados en los Sub-grupos Humic Haplustands, Humic Durustands, los afloramientos rocosos que conforman el Cerro Mocintepe en Sabana Grande y las costas del Lago Xolotlán.

De igual manera se podrían obtener recursos adicionales a través del desarrollo del ecoturismo, sin embargo, para esto es necesario realizar estudios más complejos y detallados en los que sean considerados no solamente la aptitud de los suelos, sino también los factores socioeconómicos y el impacto ambiental que pudiera provocar este cambio en el uso de la tierra.

Una gran parte de los suelos que fueron clasificados en la clase de capacidad VIII actualmente presentan evidencias de erosión severa, principalmente en las áreas en las que la cobertura vegetal es mínima, tal es el caso de algunas áreas que se encuentran siendo cultivadas con café y poca sombra o cobertura de árboles, esto último se produce por la presión que los pobladores de la zona ejercen sobre las especies forestales y de valor energético que acompañan el cultivo del café en esta zona, ya que cortan los árboles y en algunos casos hasta las plantas de café contribuyendo de esta forma al deterioro acelerado de estos suelos.

CATASTRO (1971) no incluyó en esta categoría suelos que probablemente en ese entonces presentaban una profundidad efectiva mayor que la actual (se habían clasificado en clase VII), por lo que actualmente es mayor el área de suelos con clase de capacidad VIII. En el cuadro 9 y el Mapa de capacidad de uso de la tierra se muestran las áreas cubiertas por cada clase de capacidad de uso identificados en la Sub-cuenca III como parte de este estudio.

Leyenda

Area (Km²)

	Clase III	28.83
	Clase IV	26.89
	Clase V	6.02
	Clase VI	1.28
	Clase VII	38.58
	Clase VIII	32.62



Escala 1:95000



Elaborado por:
Universidad Nacional Agraria
Facultad de Recursos Naturales y del Ambiente

Diseño e impresión:
Ing. Efraín Acuña
Ing. Martha Orozco

Elaborado en:
SIGMA / FARENA

Participantes
Trabajo de Campo:
Juan Velásquez
Jeannelle Gutiérrez
Ignacio Rodríguez

Digitalización y Procesamiento:
Juan Velásquez
Carlos Zelaya

Cuadro 9 Capacidad de Uso de los Suelos de la Sub-Cuenca III de la Cuenca Sur del Lago Managua.

CLASE DE CAPACIDAD DE USO DE LA TIERRA	AREA	
	Km ²	%
III	26.63	20.49
IV	26.89	20.69
V	6.02	4.63
VI	1.28	0.98
VII	36.56	28.12
VIII	32.62	25.09
TOTALES	130.00	100.00

6.3.5 Confrontación del uso actual de la tierra vs. capacidad de uso

Una de las principales problemáticas en cuanto al uso de los suelos en la Sub-cuenca III es que muchos de éstos no se están utilizando en correspondencia con su capacidad o potencial, en el presente capítulo se presentan los principales conflictos de uso encontrados en la Sub-cuenca III, los cuales se agrupan en tres grupos según los suelos estén siendo sobre utilizados, sub-utilizados o bien utilizados.

Un área de 77.25Km² (59.42% del área total) está siendo **sobreutilizada**, éstas áreas en su mayoría representan suelos con clase de capacidad VIII que actualmente están siendo utilizados para el establecimiento de cultivos perennes asociados con especies forestales (bosque con café) ubicados en terrenos con pendientes con más del 45% de inclinación, además se encuentran pequeñas áreas de pastos ubicadas en terrenos con pendientes mayores al 30%.

En la parte media de la Sub-cuenca este conflicto de uso se expresa en el establecimiento de cultivos semi-perennes (piña y pitahaya) manejados como cultivos limpios (como cultivos anuales) en terrenos altamente susceptibles a la erosión y con pendientes superiores 30% (clases VI y VII).

En la parte baja de la Sub-cuenca los suelos que están siendo sobre-utilizados forman parte de la planicie, produciéndose el conflicto al establecer cultivos anuales mecanizados y sin manejo agroforestal en terrenos con clase de capacidad III donde deberían de incluirse medidas para contrarrestar el riesgo de erosión de éstos suelos, de igual manera forman parte de este conflicto de uso las terrazas ubicadas en las costas del Lago Xolotlán cuya clase de capacidad es VIII y actualmente se utilizan para el establecimiento de pastos limpios.

El otro conflicto de uso determinado se corresponde con la sub-utilización de la tierra, es decir con suelos que actualmente están siendo utilizados por debajo de su capacidad productiva. Como suelos **Sub-utilizados** se ubicó una pequeña área de la parte alta, cerca del poblado de las Nubes donde los suelos presentan clases de capacidad VI y un uso Urbano, en la parte media donde se presenta una clase de capacidad IV y está ocupado por vegetación afectada por los gases del volcán Santiago, también se presenta este conflicto en la parte baja (planicie volcánica) en suelos que tienen clases de capacidad III y están siendo utilizados para pastos, urbanismo, matorrales y frutales.. Usos que no son adecuados a esta clase de capacidad. Este tipo de conflicto abarca un área de 21.16 Km² (16.28 %).

Se encuentran pequeñas áreas que están siendo **Bien utilizadas** en la parte alta cerca del poblado de las Nubes y la hacienda Las Pavas donde se presenta un bosque bajo claro, en parte media y baja donde los usos que presentan están de acuerdo a su capacidad, siendo estos usos en la parte media donde se encuentra el municipio de Ticuantepe y en la parte baja (Planicie) con cultivos anuales y pastos.

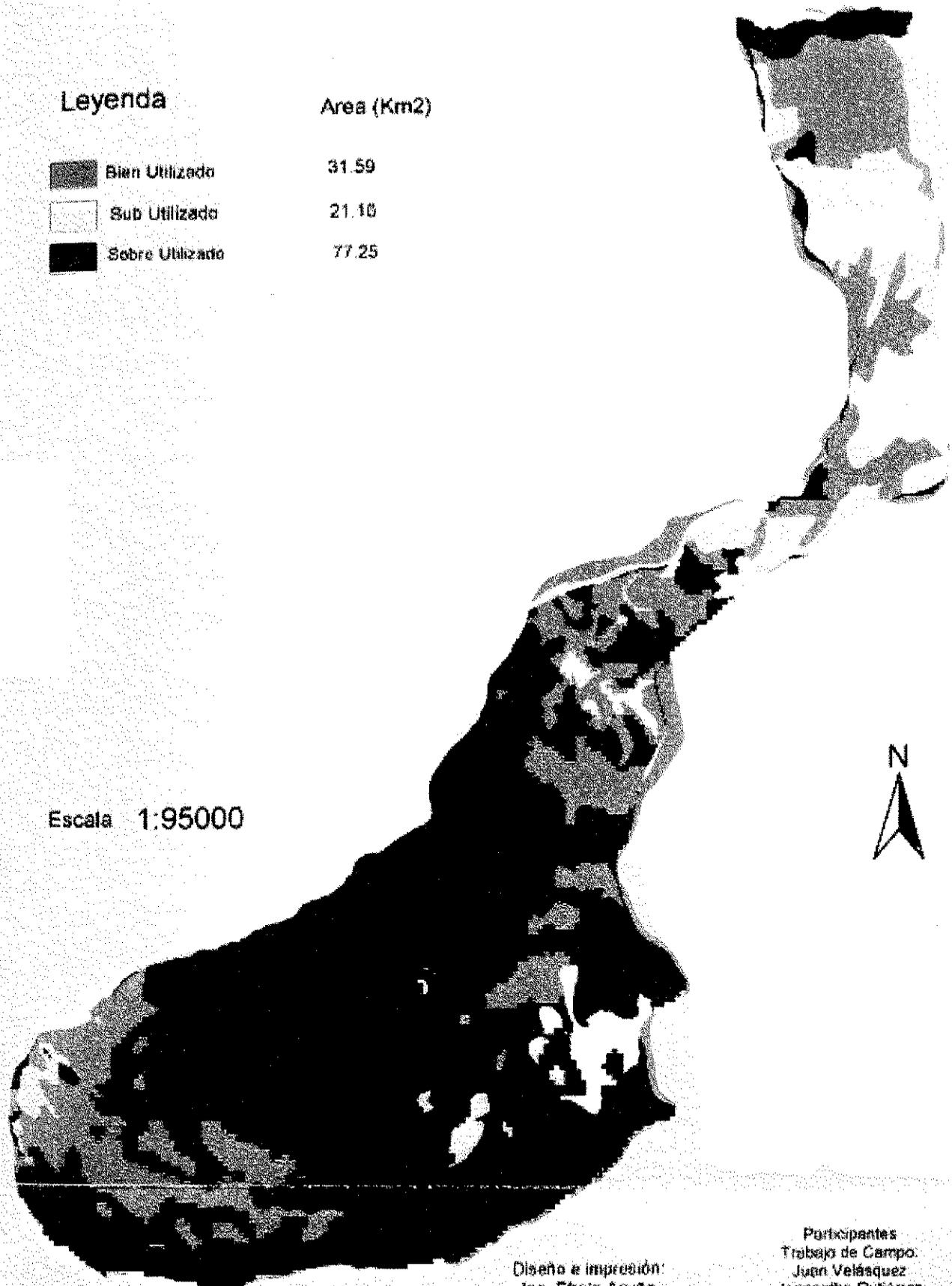
Encontrándose estos usos en clases de capacidad VI, IV y III. Este conflicto de uso comprende un área de 31.59 Km² (24.3 %).

En el Mapa de Confrontación de uso de la Sub-cuenca III se puede observar la distribución que ocupa cada uno de los conflictos de usos encontrados como parte del presente estudio, siendo el área sobre utilizada la de mayor cobertura.

Leyenda

Area (Km2)

	Bien Utilizado	31.59
	Sub Utilizado	21.10
	Sobre Utilizado	77.25



Escala 1:95000



Elaborado por:
Universidad Nacional Agraria
Facultad de Recursos Naturales y del Ambiente

Diseño e impresión:
Ing. Efraín Acuña
Ing. Martha Orozco

Elaborado en:
SIGMA / FARENA

Participantes
Trabajo de Campo:
Juan Velásquez
Jeannette Gutiérrez
Ignacio Rodríguez

Digitalización y Procesamiento:
Juan Velásquez
Carlos Zelaya

6.4 Hidrología

6.4.1 Características hidrológicas

Forma de la Sub-cuenca

La Sub-cuenca presenta una forma alargada según el coeficiente de Gravelius (1.97) (ver cuadro 10), sin embargo en la parte alta que es donde tiene mayor pendiente toma una forma ensanchada lo que sugiere una mayor concentración de la escorrentía hacia un mismo sitio, volviéndose angosta en la parte baja y de menor pendiente hasta llegar a la costa del lago de Managua.

Cuadro 10. Parámetros que determinan la forma de la Sub-cuenca III

Parámetro	Magnitud
A (área)	130 km ²
P (perímetro)	80 km
Cg (Coeficiente de gravelius)	1.979

División de la Sub-cuenca

Debido a la forma alargada de la Sub - Cuenca III y con el propósito de facilitar el análisis del comportamiento hidrológico de la Sub – cuenca se dividió en tres partes: parte baja, media y alta.

- 1) La parte baja se extiende desde las costas del Lago Xolotlán hasta la cota 100 con un área de 20.8 Km.², comprendiendo los poblados de El Rodeo, Sabana Grande y Veracruz.
- 2) La parte media comprende el área ubicada desde la cota 100 hasta la cota 500 cubriendo un área de 42.51Km.², en la cual se encuentra inmerso el municipio de Ticuantepe y los poblados de San Ignacio y La Borgoña.

3) La parte alta comprende un aproximadamente un área de 66.69 Km² con elevaciones por encima de los 500 msnm hasta los 930msnm en el poblado de El Crucero.

El área total de la Sub-cuenca III es de 130.13 Km² subdividida en microcuencas. La Sub-cuenca III conformada por cuatro microcuencas, una cárcava (cañada profunda) que comprende el curso natural del desagüe principal, y la parte comprendida de la planicie volcánica y la planicie de inundación, a como se presenta en el cuadro 11. (ver mapa de microcuencas).

Cuadro 11 Área que comprende cada microcuenca.

Microcuencas	Areas km ²
A	3.89
B	5.73
C	28.89
D	13.66
E	10.2
F	67.7
Total	130

Pendiente media de la Sub-cuenca

La pendiente media de la cuenca corresponde a 31.5% considerada una pendiente alta. Esto significa que si estos suelos tienen poca o nula cobertura vegetal podrían estar propensos a severos daños por erosión hídrica al combinarse las precipitaciones con altos grados de pendiente. Este resultado se considera un criterio que justifica la necesidad de protección de los suelos manteniendo una cubierta vegetal.

$$S_x = \frac{462 * 160}{275000} = 26.88\%$$

$$S_y = \frac{374 * 160}{178150} = 34\%$$

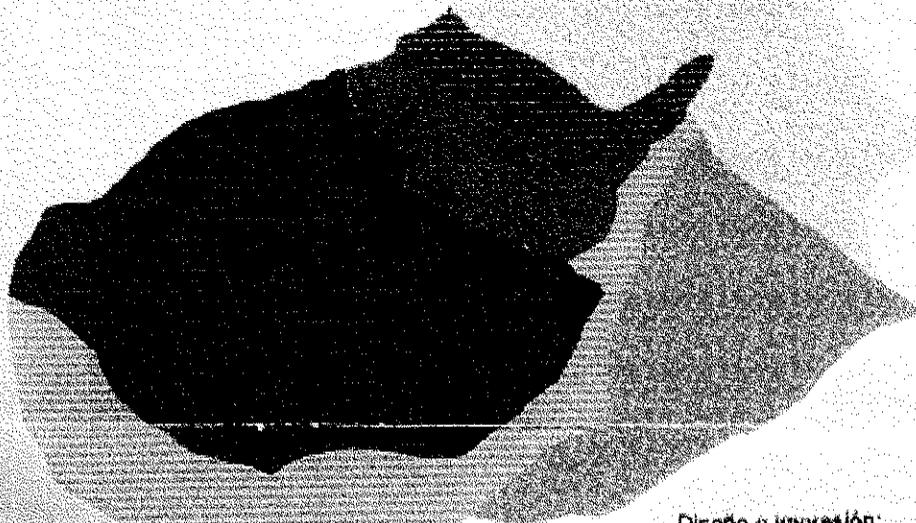
$$S_m - S_c = 31.5\%$$

Leyenda

-  A
-  B
-  C
-  D
-  E
-  F

Fuente:
Mapa Topográfico 1988 esc: 1:50,000,
Fotografías aéreas 1987 esc: 1:25,000,
INETER

Escala 1:95000



Diseño e impresión:
Ing. Efraín Acuña
Ing. Martha Orozco

Digitalización y Procesamiento
Emilse Obregón
Juan Velásquez
Efraín Acuña

Elaborado por:
Universidad Nacional Agraria
Facultad de Recursos Naturales y del Ambiente

Elaborado en:
SIGMA / FARENA

Pendiente del cauce principal

La pendiente media del cauce principal es de 10.86%. Cabe señalar que las corrientes permanentes se encuentran en la parte alta (Río El Chocoyero y El Brujo) que son aprovechadas para uso doméstico y en la parte baja donde se encuentra el río Santa Elena sin ningún aprovechamiento por transportar residuos industriales. El cálculo de la pendiente de cada tramo en que se dividió se presenta en el anexo IV.

Elevación media

La elevación media de la Sub-cuenca es de 410 msnm como se muestra en el gráfico 1 de la curva Hipsométrica que comparado con la parte mas alta de la Sub-cuenca 930m resulta bajo debido a que buena parte del área de la Sub-cuenca se encuentra en la parte baja y media. Sin embargo es importante señalar las fuertes pendientes en la parte alta que incluso dificultan el acceso a estas áreas.

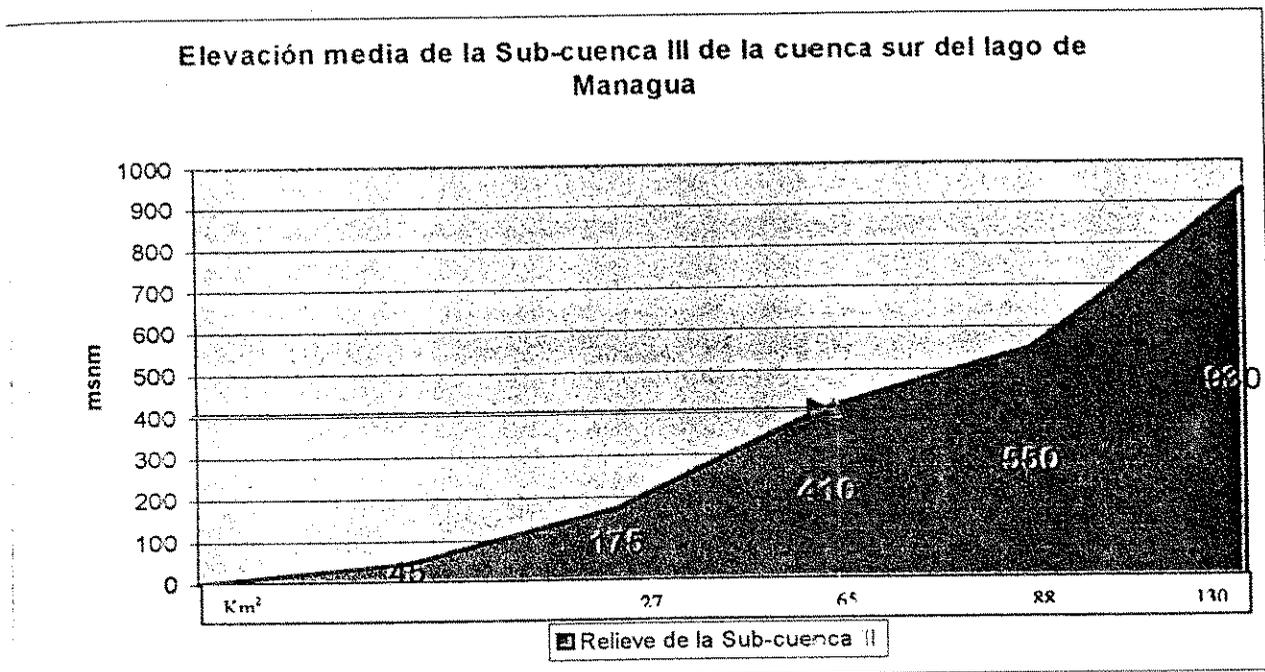


Gráfico 1 Curva Hipsométrica (Elevación media) de la Sub-cuenca III.

6.4.2 Recursos hídricos superficiales

Drenaje

Presenta un patrón de drenaje paralelo en la parte alta y media. Este sistema de drenaje se debe principalmente a las características del material parental, el cual es muy susceptible a ser erosionado por ser bastante suelto, además los caminos contribuyen a que se formen e incrementen los tributarios de la red de drenaje. En la parte baja el efecto del drenaje es poco perceptible por ser bastante plana y la alta infiltración que presentan estos suelos, además de que el escurrimiento es más homogéneo, excepto en algunas localidades donde se han formado pequeñas zanjas donde escurre el agua (ver mapa de drenaje).

Longitud, orden y número de corrientes

En la Sub-cuenca III se presentan corrientes efímeras, representadas por la mayoría de los tributarios. Las corrientes perennes están representadas por los ríos de El Chocoyero y El Brujo, además del río Santa Elena y la presa El Acetuno en la parte baja, ubicada en el barrio el Rodeo, cerca del lago. Presenta corrientes de orden 1,2,3,4 predominantes en la parte alta y media, y el cauce principal que representa una corriente de orden 5 como se muestra a continuación.

ORDEN	NUMERO	LONGITUD (km)
1	97	52
2	16	28
3	2	8.3
4	1	7.5
5	1	36

Densidad de corrientes

Se encontraron 117 corrientes en el área de la Sub-cuenca III lo que corresponde a una densidad de corrientes de 0.9 corrientes por Km², que podría considerarse alta y por consiguiente un alto grado de eficiencia de drenaje.

En este aspecto es importante tomar en cuenta la longitud y disposición de las corrientes en el caso de la Sub-cuenca III la mayor concentración esta en la parte alta.

$$DC = \frac{117}{130 \text{ km}^2} = 0.9 \text{ corrientes / km}^2$$

Densidad de drenaje

Debido a la susceptibilidad que presentan los suelos de la región a la erosión hídrica en la parte alta y media, así como a la eólica en la parte baja, presenta numerosos tributarios que juntos suman 131.8 km, los que conducen flujos de agua durante el período lluvioso, reflejándose claramente en la densidad de corrientes y de drenaje.

$$Dd = \frac{131.8}{130 \text{ km}^2} = 1.01 \text{ longitud de drenaje / km}^2$$

La Sub-cuenca III por presentar una topografía muy escarpada comprende un sistema de drenaje en paralelo y un alto número de tributarios, que en su totalidad representan una longitud de 131.8 km, correspondiendo a una densidad de drenaje de 1.01 km de drenaje por km² de área lo que al igual que la densidad de corrientes se podría considerar alto. Esto significa que una gota de agua tendrá un recorrido largo por los drenes (cauces) y un poco menor por las laderas lo que puede ser positivo sin embargo es necesario destacar que un mayor caudal en los drenes podría representar un grave peligro para la infraestructura urbana en el área.

6.4.3 Balances hídricos

Una representación gráfica del Balance Hídrico del perfil Las Nubes, se observa en el gráfico 2, identificándose en el período de Enero a Mayo un déficit de humedad y concentrándose las mayores precipitaciones en los meses de Agosto y Octubre, lo cual produce grandes escorrentías, debido a las pendientes en la zona y el tipo de suelos.

De manera similar se presenta el balance Hídrico para cada uno de los perfiles de suelos identificados en la Sub-cuenca, en donde es importante señalar que la capacidad de reserva de agua de estos suelos es relativamente baja alcanzando valores de hasta 39 mm incidiendo en ello la poca profundidad de estos suelos, limitando el desarrollo de los cultivos debido a la poca humedad que presentan principalmente en el período de Enero - Abril. (ver anexos VII, VIII Y IX).

BALANCE HIDRICO PERFIL 1 LAS NUBES

CRAD = 39.4 mm.

	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
P	20	10	35	30	145	170	180	275	150	371	168	46
ETP	139	148	187	188	171	134	141	148	134	130	122	126
ETR	24	10	35	30	145	134	141	148	134	130	122	80
DEF	114	138	152	158	26	0	0	0	0	0	0	45

CRAD = Capacidad de retención de agua (mm)

P = Precipitación (mm)

ETP = Evapotranspiración Potencial (mm)

ETR = Evapotranspiración Real (mm)

DEF = Déficit Hídrico (mm)

BALANCE HIDRICO LAS NUBES

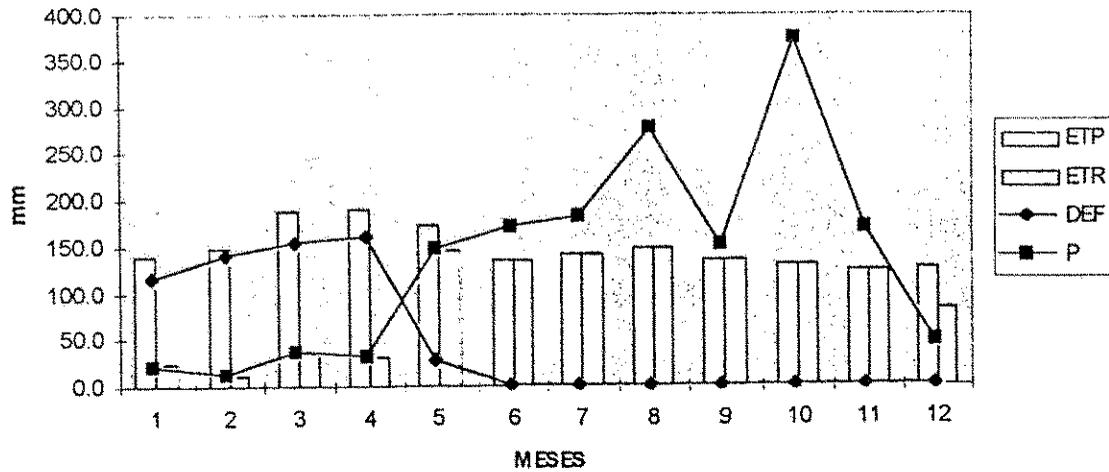


Gráfico 2 Balance hídrico del perfil de Las Nubes

Este Balance hídrico se basa en el principio general de la conservación del agua caída por precipitaciones (Pre) o por riego (Rie) en el suelo, que se distribuye en:

- Agua evapotranspirada (ETR)
- Pérdidas por escurrimiento superficial (ESC)
- Pérdidas por drenaje o percolación (DRE)
- Variación de la reserva de agua en el suelo (VAR)

Expresándose como:

$$PRE + RIE = ESC + DRE + INFILT$$

6.4.4 Escurrimiento superficial

La lámina y el volumen medio escurrido por cada microcuenca se presenta para un año seco, un año medio y un año húmedo (ver cuadro 12 y gráfico. 3). Para efectos prácticos se ha considerado la parte del cauce dividida en dos partes y se presentará como 6 microcuencas E y F.

Cuadro 12 Escorrentías de las microcuencas expresadas en láminas (mm) y volúmenes (m³)

Microcuenca	Área km ²	Escorrentía Año seco	Escorrentía Año húmedo	Escorrentía Año medio
A	3.885	117.0 mm 454545 m ³	338.0 mm 1313130 m ³	200.0 mm 777000 m ³
B	5.787	84.7 mm 490158.9 m ³	245.5 mm 1420708.5 m ³	148.2 mm 857633.4 m ³
C	28.894	43.3 mm 1251110.2 m ³	664.6 mm 19202952 m ³	95 mm 2744930 m ³
D	13.664	102.3 mm 1397827.2 m ³	195.9 mm 2676777.6 m ³	171.7 mm 2346108.8 m ³
E	10.200	75.4 mm 769080 m ³	954.0 mm 9730800 m ³	207.2 mm 2113440 m ³
F	67.700	117.1 mm 7927670 m ³	508.5 mm 34425450 m ³	394.5 mm 26707650 m ³

La lámina media escurrida ponderada con el área para un año seco, húmedo y medio en total la Sub-cuenca es la siguiente:

	Año seco 1985	Año húmedo 1988	Año medio 1987
Lámina escurrida media	94.85 mm	498.62 mm	267.66 mm
Volumen escurrido	12330500 m ³	64820600 m ³	34795800 m ³

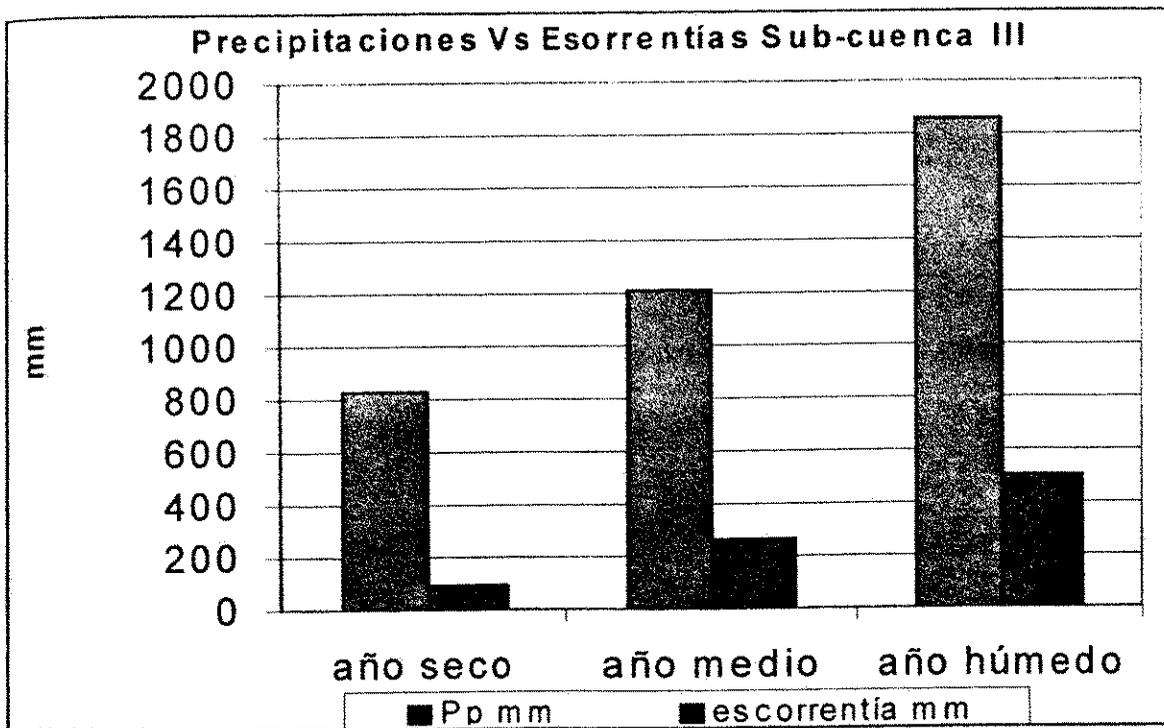


Gráfico 3 Representación gráfica de las precipitaciones y las láminas escurridas para un año seco, húmedo y medio en la Sub-cuenca III.

El gráfico refiere la variación que se presenta en la lámina escurrida para los años seleccionados y que representan aproximadamente un 12 % en un año seco, desde un 25 a 34 % en un año húmedo y de 18 a 25 % en un año medio de la precipitación observada respectivamente.

Caudal máximo de esorrentía

El cauce principal de la Sub-cuenca III presenta un tiempo de concentración de 4.34 horas. Lo cual incrementa el daño por erosión en la Sub-cuenca, debido a que el agua tardará más tiempo en llegar a su destino y en consecuencia arrastrará una mayor cantidad de sedimentos hacia la parte más baja de la Sub-cuenca.

$$T_c = \frac{0.000325 \cdot (36000)^{0.77}}{(0.1086)^{0.385}} = 2.46 \text{ hrs}$$

El caudal máximo de escorrentía estimado para la Sub-cuenca considerando las lluvias máximas de la estación del Aeropuerto para distintos períodos de retorno fue el siguiente:

<u>Período de Retorno</u>	<u>Caudal</u>
2 años	79 m ³ /seg
5 años	171 m ³ /seg
10 años	256 m ³ /seg

Es importante señalar en este caso que no se tiene corriente permanente en el cauce principal de la Sub-cuenca que llegue hasta su desembocadura, por lo cual no se cuenta con alguna estación de aforo, sino que son corrientes efímeras y únicamente se encuentran dos corrientes en la parte alta con caudales muy bajos (no se tienen datos) que son aprovechados para uso doméstico.

6.4.5 Aguas subterráneas

La Sub-cuenca III se encuentra dentro de la Sub-cuenca Oriental del Acuífero de Managua que es considerado como el potencial de agua subterránea para el abastecimiento de la capital. Presenta un acuífero freático con profundidades que oscilan desde cero en la costa del lago hasta aproximadamente 330 metros en las partes más altas.

La elevación del nivel freático, su profundidad y su espesor en los diferentes poblados de la Sub-cuenca III se presentan a continuación.

<u>Poblado</u>	<u>Elevaciones</u>	<u>Profund (mts)</u>	<u>Espesor (mts)</u>
En El Crucero	600 msnm	330	30
San Ignacio	200 msnm	180	200
Ticuantepe	145 msnm	145	250
Veracruz	88 msnm	40	290
Sabana Grande	60 msnm	20	250
El Rodeo	45 msnm	5	305

La dirección del flujo del agua subterránea se presenta en sentido Noreste (del empalme a San Rafael del Sur hacia el volcán Masaya) y de la carretera que va a los pueblos siempre en dirección al volcán, tomando finalmente dirección norte, siguiendo la misma dirección del cauce principal. Existen cinco pozos de observación de aguas subterráneas ubicándose todos en la planicie, distribuidos de la siguiente manera:

Al norte de Ticuantepe	1
Al suroeste de Veracruz	1
En Sabana Grande	2
Al este del Aeropuerto	2

Los pozos de abastecimiento por INAA, de agua potable que se ubican dentro de la Subcuenca se encuentran distribuidos de la siguiente manera: siete (7) pozos entre Ticuantepe y Veracruz, uno (1) al Oeste de Sabana Grande y cuatro (4) en la batería de bombas de INAA de los diez ubicados al costado sur del Aeropuerto.

Es importante destacar que si bien en la parte baja existe el mayor número de pozos, son pozos excavados de cielo abierto los que poco a poco van siendo menos utilizados para el uso doméstico.

Recarga y descarga de los acuíferos subterráneos

Recarga :

La infiltración de las aguas precipitadas sobre el área produce la recarga de los depósitos de aguas subterráneas, en la Sub-Cuenca existen dos zonas de recargas.

- Una que comprende las laderas de la cordillera del pacífico, la que debido a sus fuertes pendientes y deforestación contribuye muy poco a la recarga del acuífero.
- La otra zona comprende la parte más baja y plana del área, en donde la infiltración de las lluvias se ve favorecida por la existencia de suelos de alta capacidad de infiltración, pendientes suaves y relieve plano.

Descarga :

La descarga de los acuíferos subterráneos se efectúa por medio de la extracción de agua de los pozos y por escorrentía subterránea que sale debido al gradiente hidráulico natural que presentan los acuíferos freáticos.

6.4.6 Calidad del agua

La calidad del agua para riego está determinada por la cantidad y composición de los sólidos y constituyentes disueltos, lo cual se expresa a través de la Relación de Adsorción de Sodio (RAS) y la Conductividad Eléctrica utilizando el diagrama de Riverside, es importante conocer la calidad del agua para así comprender la influencia que pueda ejercer sobre el suelo, los alimentos(cultivo) y la humanidad

De acuerdo a los resultados de los análisis de agua desde el punto de vista de salinidad y sodicidad para uso agrícola, las fuentes de agua superficiales se clasifican como de calidad $C_2 S_1$ que se considera agua con un grado de salinidad moderado y con muy bajo contenido de sodio. Es importante señalar que las dos fuentes de aguas superficiales El Chocoyero y El Brujo tienen uso doméstico.

El agua en la parte baja se presenta como de calidad C₃ S₃, que es considerada agua de salinidad muy alta y recomendable únicamente para cultivos tolerantes a la salinidad. Por otro lado los altos contenidos de sodio que presenta el agua afecta la estructura de los suelos haciendo necesario prácticas especiales de manejo. Este aspecto es muy importante sobre todo si se toma en cuenta que es precisamente en la parte baja donde se da el mayor aprovechamiento del agua con fines agrícolas.

En lo referente al uso doméstico el agua de El Crucero (parte alta) y la corriente de El Chocoyero presenta un contenido de coliformes fecales muy elevado de acuerdo a las normas internacionales que establecen valores de menores de 2,2 como NMP de coliformes fecales, así como la concentración de agroquímicos, lo cual restringe su uso doméstico, por lo que estas aguas deben ser tratadas para tal propósito.

En la parte baja de la Sub-Cuenca el agua presenta alto contenido de nitratos, cloruros y otros elementos que pueden ser tóxicos para el ser humano, por lo cual requieren ser tratadas para consumo humano. Ver cuadro 13.

Cuadro 13 Condición de la calidad del agua para consumo humano en la Sub-cuenca III.

Variables	El Crucero	El Chocoyero	Parte baja (pozo)
Sodio (mg/lit)	19.0 R	21.4 R	278 R
Nitratos (mg/lit)	7.41 R	8.27 R	< 0.05 A
Cloruros (mg/lit)	29.64 R	33.51 R	72.94 R
Fuoruros (mg/lit)	0.7	0.89	0.056
PH	8.26 A	8.36 A	8.05 A
Sólidos totales disueltos (mg/lit)	254.42 R	267.02 R	1614.32 R
Coliformes totales (mg/lit)	5000	230	230
Coliformes fecales (mg/lit)	1100 R	230 R	230 R

R: Concentración de los Parámetros analizados rechazables para consumo Humano.

A : Concentración de los parámetros analizados aceptable para consumo humano.

La calidad del agua se analizó según parámetros establecidos por la Organización Mundial para la Salud (**OMS**) y el Instituto Centroamericano para la Investigación y Tecnología Industrial (ICAITI). Ver anexos 10(a)

6.5 Zonas de vida

Se determinaron dos zonas de vida un **Bosque seco tropical** y un **Bosque húmedo premontano sub-tropical**.

Bosque seco tropical (BsT): En la Subcuenca III Comprende un área de 85.97 Km², extendiéndose desde los 45 hasta los 500 msnm y comprende temperaturas mayores o igual a los 24 grados °C y precipitaciones menores a los 1450 mm anual. En este tipo de clima se encuentran inmersos el municipio de Ticuantepe y los poblados de San Ignacio, Veracruz, Sabana Grande y El Rodeo que presentan una temperatura media anual entre los 24 y 27 °C y precipitación media de 850 a 1250 mm / anual, con respecto al nivel del mar se encuentran por debajo de los 500 mts.

Bosque húmedo premontano sub-tropical (BhP-ST): Se extiende desde los 500 hasta los 930 msnm, presentando temperaturas entre los 21 y 24 °C (celcius) y precipitaciones entre los 1450 y 2000 mm anual, comprendiendo el sistema de laderas y cañadas hasta llegar al poblado de El Crucero que presenta una temperatura media anual entre los 21^o - 24^oC y precipitación promedio de 1680 mm al año. La vegetación en esta zona corresponde a un bosque semi-perennifolio. Ambas formaciones han sido reemplazadas en su mayoría por vegetación secundaria que incluye tierras cultivadas, pastos y sabanas antropogénicas, lo que concuerda con (Abt Associates Inc., 1995). (ver mapa de zonas de vida).

En el mapa de zonas de vida se muestra la distribución que abarca cada una de las zonas de vida predominantes en la Sub-cuenca III de la Cuenca Sur del Lago de Managua. En el anexo VIII se presentan las especies adaptadas.

Leyenda

 Bosque Seco Tropical (BsT)

 Bosque Húmedo Sub Tropical Pre-Montano (BhST)

Escala 1:95000



Diseño e Impresión:
Ing. Efraín Acuña
Ing. Martha Orozco

Digitalización y Procesamiento:
Juan Velásquez
Carlos Zelaya

Elaborado por:
Universidad Nacional Agraria
Facultad de Recursos Naturales y del Ambiente

Elaborado en:
SIGMA / FARENA

6.6 Uso propuesto

El uso actual de los suelos de la Sub-Cuenca III ha repercutido en una alta deforestación de la zona, lo que ha provocado la erosión de los suelos, inundaciones en la parte baja de la Sub-Cuenca, arrastre de sedimentos hacia el Lago de Managua, variaciones climáticas, expresadas éstas últimas en la irregularidad que presenta el ciclo hidrológico en la zona actualmente.

Con el propósito de contrarrestar o disminuir el efecto de los problemas señalados anteriormente, se hace necesario plantear alternativas de uso y manejo más adecuadas y sostenibles para los recursos suelos y agua, de manera que se considere como base el potencial de éstos en la planificación de su uso.

De acuerdo a los resultados obtenidos en el presente estudio, los recursos suelos y agua actualmente presentan condiciones muy críticas por lo que se hace necesario tomar medidas para protegerlos y conservarlos, basándose en su capacidad de uso y en correspondencia con el entorno socio-económico y el medio físico natural, evitando que sean explotados por encima de su capacidad. Además se debe considerar el aspecto social para no crear un impacto negativo en los pobladores de región, tomando medidas adecuadas a las condiciones que presentan dichos recursos y forma de subsistencia de estas personas.

Como parte de la propuesta de uso de la Sub-cuenca III, se recomienda *cultivar*

cultivos anuales asociados con especies forestales(AF1) comprenden un área de 21.46 km² (16.51% del área total), ubicados en suelos de la parte baja que conforman la planicie volcánica y que no presentan alto riesgo de inundación y salinidad, terrenos que presentan clase de capacidad III y que actualmente se encuentran ocupados por pastos limpios y cultivos anuales sin protección los cuales comprenden, de igual manera se excluyen de este tipo de uso las áreas que actualmente se encuentran bajo Urbanización-Industrial.

En este tipo de cultivo no se debe usar demasiados pases de maquinarias, ya que esto incrementaría los riesgos de erosión de estos suelos, debido a su débil estructura y demás características descritas anteriormente

Cultivos semiperennes asociados con especies forestales (AF2) Se proponen, para el área de la parte media que presenta exclusivamente clase de capacidad IV y que además presenta vegetación de cultivos semiperennes y una mínima parte de pastos, lo cual comprende un área de 19.68km² (15.14%) del área total de la Subcuenca, la incorporación del componente forestal se debe a que la mayoría de los cultivos semiperennes en esta zona presentan un manejo agronómico propio de cultivos anuales (limpios), lo que asociado a la fragilidad de los suelos promueven el desarrollo de procesos erosivos severos.

Producción de cultivos perennes asociados con especies forestales (AF3) Se debe designar para este tipo de uso un área de 21.82 km² (16.78% del área total), lo cual comprende los terrenos ubicados en la parte alta y media que presentan clase de capacidad VII y que actualmente se encuentran ocupados bajo cultivos semiperennes y una pequeña área de un bosque con café, y de esta manera contribuir a contrarrestar la degradación de estos suelos; sin embargo aunque la mayoría de estos suelos presentan clase de capacidad VIII, por su posición en el relieve (pendiente) se consideró el uso actual que estos presentan actualmente a través de la introducción del sistema agroforestal como es café con sombra. El componente forestal puede ser introducido a través de prácticas de conservación de suelos y aguas.

Pastos de gramíneas asociados con especies forestales forrajeras (GF1) Se debe considerar este uso, en terrenos ubicados en suelos con clases de capacidad III y que se encuentran bajo cultivos perennes. Específicamente se propone este uso para la zona ubicada en el costado sur del Aeropuerto Internacional de Managua lo que comprende un área de 2.76 km² (2.12% del área total).

Se consideró este tipo de uso debido a que si se recomendaban cultivos de acuerdo a su vocación (producción de cultivos anuales) estos podrían afectar la visibilidad del tráfico aéreo durante el proceso de preparación del terreno y el daño directamente a las aeronaves y pasajeros por aves.

Pastos y gramíneas forrajeras (GF/1W) Se deben cultivar en la parte baja cercana a las costas del lago donde los suelos presentan clase de capacidad V, y que además exhiben altas concentraciones de sales (principalmente Calcio) y problemas de drenaje, abarcando 6.44 km² (4.95% del área total). Ofreciendo las condiciones más propicias para este tipo de cultivo que son resistentes a estas condiciones de sales y de mal drenaje, por lo cual se propone este tipo de uso en estos suelos.

Urbano-Industrial En lo que respecta a este tipo de uso la Sub-Cuenca III dispone de 7.03km² (5.41% del área total). El área ocupada por este tipo de uso se propone dejarla tal a como se encuentra, debido a que no es posible una reubicación de este, más aun cuando se sabe el tipo de desorden social e inconvenientes que se producirían. Pero se recomienda para proyectos de futuras urbanizaciones, ubicarlas en suelos con clase de capacidad IV (ubicados principalmente en Ticuantepe, Veracruz y la Borgoña) y que así mismo presenten buenas condiciones ingenieriles para ser utilizados para este fin.

Forestal de producción con manejo (Fp) Se recomienda dejar 10.50km² (un 8.12% del área total) para formar un Área forestal en la parte alta de la Sub-cuenca ocupada por el bosque bajo claro con pendientes menores de 45% y el área cubierta de pastos sucios, en la parte alta que presentan clases de capacidad VII, para lo cual se presenta una serie de especies forestales (maderables, así como de valor energético). La propuesta anterior exige la capacitación técnica de los productores de la región.

Protección de la vida silvestre (PVS) Este tipo de uso se propone para un área de 40.25km² (30.96% del área total) en la Sub-cuenca. Esta área se encuentra en la parte alta de la Sub-cuenca, en suelos ubicados en terrenos con pendientes mayores de 45 %, que presentan clases de capacidad de uso VII y VIII, y que actualmente muestran una cobertura vegetal de un bosque con café, vegetación afectada por gases del volcán Masaya, y una pequeña área de un bosque bajo claro. Al igual que el área ubicada en las costas del lago de Managua, la cual presenta clase de capacidad VIII, por las condiciones de humedad del suelo, el alto riesgo de inundación y alta salinidad que limitan su uso agropecuario. Sin embargo la Sub-cuenca tiene un área designada como reserva biológica que comprende la corriente del Chocoyero, en el área de PVS se debe considerar proyectos de Ecoturismo ya que la Sub-cuenca muestra condiciones para este propósito.

En el cuadro 15 y en el mapa de Uso Propuesto se presenta una descripción de los diferentes tipos de uso propuestos, para lo cual se consideró tanto la capacidad de uso del suelo, como el uso bajo el cual se encuentran actualmente; así mismo se consideraron otros factores que podrían influenciar la propuesta de uso, tal es el caso de la cercanía al Lago, la presencia de áreas industriales y otras infraestructuras importantes como el Aeropuerto Internacional de Managua.

Debido a que no se encontraron suelos con clase de Capacidad I y II, el uso recomendado no considera la producción intensiva de cultivos anuales, siendo un elemento constante en la propuesta de uso la incorporación del componente forestal como factor de protección, por considerarse que los suelos dominantes (Suelos volcánicos) en la zona, presentan una alta fragilidad, lo que incrementa el riesgo de erosión tanto hídrica como eólica.

Legenda

Area (Km2)

	Cultivos anuales asociados con sp. forestales y frutales (AF1)	21.46
	Cultivos semi-perennes asociados con sp. perennes y forestales (AF2)	19.68
	Cultivos perennes asociados con sp. forestales (AF3)	21.82
	Pasto de gramíneas asociados con sp. forestales forrajeras (GF1)	2.76
	Pasto de gramíneas asociados con sp. forestales resistentes a salinidad y mal drenaje (GF1w)	6.44
	Urbano-Industrial (U-I)	7.03
	Forestal de producción con manejo (F)	10.58
	Protección de la Vida Silvestre (PVS)	40.25

Escala 1:95000



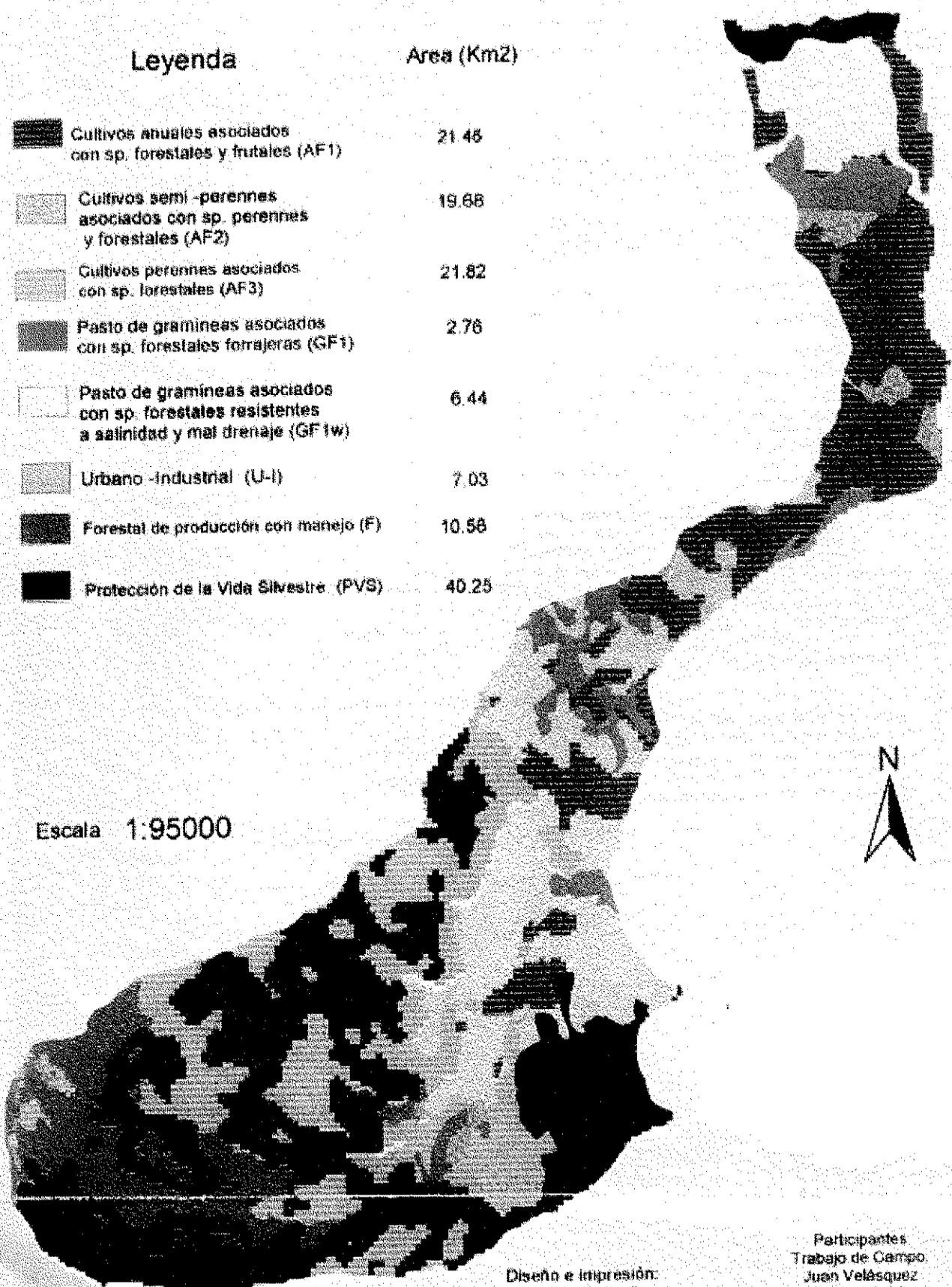
Diseño e impresión:
Ing. Efraín Acuña
Ing. Martha Orozco

Participantes
Trabajo de Campo:
Juan Velásquez
Jeannette Gutiérrez
Ignacio Rodríguez

Elaborado por:
Universidad Nacional Agraria
Facultad de Recursos Naturales y del Ambiente

Elaborado en:
SIGMA / FARENA

Digitalización y Procesamiento:
Juan Velásquez
Carlos Zelaya



Cuadro 14 Usos propuestos para la Sub-Cuenca III de la Cuenca Sur del Lago de Managua. Diagnóstico de Suelos/1997.

USO PROPUESTO	AREA REPRESENTADA		DESCRIPCION DEL USO PROPUESTO
	km ²	%	
Agroforestal 1 (AF1)	21.46	16.51	Sistemas que incluyan cultivos anuales, cultivos semi-perennes, perennes y especies forestales.
Agroforestal-2 (AF2)	19.68	15.14	Sistemas que combinen Cultivos semi-perennes, perennes y especies forestales.
Agroforestal-3 (AF3)	21.82	16.78	Sistemas que combinen los cultivos perennes con especies forestales.
Ganadero Forestal-1 (GF1)	2.76	2.12	Sistemas silvo-pastoriles que combinen pastos de gramíneas, forrajes (Leguminosas, árboles, arbustos) con especies forestales.
Ganadero Forestal-1w (GF1w)	6.44	4.95	Igual a la anterior, pero considerando especies que se adapten a condiciones de drenaje pobre y salinidad leve.
Urbano-Industrial (U-I)	7.03	5.41	Áreas en las que se recomienda mantener las estructuras urbanas, sub-urbanas e industriales existentes, promoviendo el establecimiento de cultivos perennes (Huertos) y la reforestación.
Forestal de producción (Fp)	10.50	8.12	El uso forestal considera el establecimiento de especies forestales con valor energético y maderable, que pueden ser explotadas mediante un plan cuidadoso de manejo (corta controlada y reposición periódica de árboles).
Protección de la Vida Silvestre (PVS)	40.25	30.96	Las áreas de PVS, incluyen áreas en las que no es recomendable la introducción de ningún tipo de uso agropecuario el uso recomendado es la protección de la vida silvestre (RESERVAS BIOLÓGICAS), el ecoturismo y la conservación de los recursos suelos y aguas.
TOTALES	130.00	100.00	

VI CONCLUSIONES

Los materiales genéticos de los suelos de la Sub-cuenca III en su mayoría son de tipo volcánico presentando propiedades ándicas muy evidentes en todo el área, debido a lo cual se clasificaron en el orden Andisol, siendo éstos, suelos de reciente formación con diferentes grados de desarrollo, relacionándose con el relieve el cual se encuentra muy accidentado y escarpado en la parte alta, y plano en la parte baja. Estos suelos presentan alta susceptibilidad a la erosión hídrica y eólica. Además presentan baja disponibilidad de fósforo, debido a una alta fijación del fósforo disponible para las plantas, provocada por arcillas del tipo alófanas que predominan en este tipo de suelos.

Para la conservación y el buen manejo de los recursos naturales de la Sub-Cuenca es necesario la participación de los gobiernos municipales, la comunidad instituciones gubernamentales y no gubernamentales (ONG) y las Universidades en conjunto, y que a la vez se desarrollen estrategias para la conservación de los recursos naturales de la zona.

SUELOS

- Fisiográficamente, la parte alta de la Sub-cuenca está conformada por una meseta disectada, un sistema de laderas y cañadas con pendientes mayores al 30%. En la parte media se encuentran el pié de monte, lomas y colinas y la parte baja que se caracteriza por una planicie volcánica-aluvial.
- En su mayoría la cubierta vegetal natural de la Sub-cuenca ha sido cambiada a través de los años por el hombre, estableciendo especies anuales y semiperennes que por sus características y manejo han contribuido a degradar los recursos naturales en especial los suelos.

- El 98.99% de los suelos de la Sub-cuenca III fueron clasificados en el orden **Andisol**, lo que está estrechamente relacionado a los materiales genéticos de origen volcánico que predominan en la zona. Presentando características muy favorables para la agricultura como: Suelos muy ricos en nutrientes, fáciles de preparar, buena infiltración y suelos moderadamente profundos.
- Los suelos Andisoles en general presentan niveles bajos de fósforo disponible y alta susceptibilidad a la erosión hídrica y eólica. lo que asociado al predominio de pendientes escarpadas hacen necesario considerar estas limitaciones para la Planificación de su uso y manejo.
- Los suelos de la parte alta de la Sub-cuenca son moderadamente profundos a moderadamente superficiales, se clasificaron taxonómicamente como Typic Durustands, Humic Durustands y Humic Haplustands, con clases de capacidad de uso VI, VII y VIII. En la parte media se encontraron suelos clasificados como Humic Haplustands, Humic Durustands, Humic Ustivitrands y Vitric Haplustands con clases de capacidad IV y VI. En la parte baja predominan los sub-grupos Thaptic Epiaquands, Calcic Haplustands, Petrocalcic endoaquands y Andic Haplustolls, con clases de capacidad III, IV y VIII.
- Los mayores problemas en cuanto al uso y manejo de los suelos en la zona de estudio se presentan en la parte alta y media, siendo éstos la alta deforestación, degradación de los recursos suelos y aguas, la cual se expresa en alta escorrentía superficial que provoca inundaciones frecuentes en la parte baja, vertidos de aguas servidas y pérdidas de suelo, contaminación y sedimentación de fuentes de agua, etc.
- El 75.7% del área total de la Subcuenca actualmente no está siendo utilizada de acuerdo a su capacidad; de éstos el 59.4% está siendo sobre-utilizada y un 16.2% se encuentra sub-utilizada. El 24.3% restante está siendo utilizado adecuadamente.

- Para el buen uso y manejo de los recursos suelos y agua de la Sub-cuenca III es necesario considerar la información obtenida a través del presente estudio y la participación de los Gobiernos municipales, la comunidad, instituciones gubernamentales y no gubernamentales (ONG's) que formulen planes de acción para la conservación de éstos recursos.
- De manera general la vocación de la Sub-cuenca cambia con el relieve, en la parte alta presenta vocación de protección de la vida silvestre, forestal de producción y Agroforestal; la parte media presenta vocación predominantemente Agroforestal y Pecuario-forestal en la parte baja.
- Producto de la deforestación indiscriminada de la vegetación natural de la zona realizada para dar paso a cultivos agrícolas se han deteriorado los recursos suelos y aguas principalmente, produciéndose el desgaste físico de la Sub-cuenca.

AGUAS

- La Subcuenca III presenta una forma alargada, con pendiente media de 31.5 %, lo cual se considera muy alta, lo que implica que si existiera poca o ninguna vegetación estaría sujeta a severos daños por erosión hídrica en la parte alta y media.
- El Sistema de drenaje es paralelo en la parte alta y media de la Subcuenca III, presentando un eficiente flujo del agua precipitada, producto de la densidad de drenaje y corrientes, lo cual asociado al tipo de material original de los suelos, al relieve, y cobertura vegetal, presenta un alto riesgo de escorrentías en la parte alta y media e inundaciones en la parte baja.
- En la parte alta de la Subcuenca, el recurso agua es uno de los factores más limitantes debido a las elevaciones, relieve y un nivel freático muy profundo, presentando dos corrientes superficiales (El Chocoyero y El Brujo) de corto recorrido pero de difícil accesibilidad.
- Las principales fuentes de aguas subterráneas en la Subcuenca se encuentran localizadas en la parte media y baja, donde se localiza una gran cantidad de pozos para uso doméstico industrial y agrícola, presenta un acuífero freático muy somero en la parte baja y alta vulnerabilidad a la contaminación.
- En los meses de Diciembre – Abril la Sub-cuenca III presenta un déficit hídrico, lo cual limita la producción agrícola, fundamentalmente en la parte alta donde los suelos presentan baja capacidad de almacenamiento de agua debido a la poca profundidad de los mismos.
- La calidad del agua de las fuentes superficiales ubicadas en la parte alta, no llena los requisitos establecidos por las normas internacionales para uso doméstico lo que representa un riesgo para la población si a estas fuentes no se da algún tratamiento.

- En la zona cercana al Lago donde existe una gran cantidad de pozos excavados de cielo abierto, el agua de acuerdo a su calidad no es apta para consumo humano y con serias restricciones para uso agrícola por los altos contenidos de sales.
- La Sub-cuenca III se encuentra dentro de la Sub-cuenca Oriental del acuífero de Managua siendo considerado un potencial para el abastecimiento de agua a la capital, sin embargo la presión urbana del área representa un serio problema para el acuífero.
- La Subcuenca comprende dos zonas de adaptación biológica para las especies animales y de vegetación. Un bosque seco tropical y un bosque húmedo subtropical premontano que determinan la diversidad y existencia de las especies presentes en el ecosistema.

VIII RECOMENDACIONES

- Elaborar un programa de conservación de suelos y aguas con especies nativas, priorizando las áreas con mayor presión sobre los recursos suelos y agua (Las Nubes, San Ignacio, La Borgoña y área periférica de Ticuantepe) y de esta manera contribuir al restablecimiento del régimen hidrológico.
- Fomentar la participación más activa y decidida de las municipalidades, instituciones gubernamentales, ONG's y la población, en proyectos y actividades encaminadas a la conservación de los recursos suelos y agua e incrementar el desarrollo agropecuario y forestal de la zona.
- Estudiar la factibilidad de explotación ecoturística de la parte alta de la Sub-cuenca como una alternativa para la población local y el desarrollo de estrategias dirigidas a la conservación de los recursos naturales (suelos y aguas) de la zona.
- En las áreas en que se propone el uso forestal, formular proyectos participativos para el establecimiento y manejo de bosques de explotación con especies adaptables a la zona.
- En las áreas destinadas a la protección de la vida silvestre, principalmente las riberas de los ríos El Chocoyero y El Brujo, promover la reforestación y protección de éstas importantes fuentes de agua.
- Realizar monitoreo de la calidad del agua tanto de las fuentes superficiales en la parte alta, como subterránea en la parte baja de la Sub-cuenca para establecer índices de contaminación por agroquímicos, desechos fecales y desechos industriales, ya que por ser un acuífero freático se encuentra expuesto a un mayor riesgo de contaminación.

- En la parte baja de la Sub-cuenca se recomienda el establecimiento de cultivos de regadío o pastos tolerantes a las sales.
- Formular proyectos pilotos en los que participe la comunidad, para realizar una propuesta integral considerando los resultados de los diferentes diagnósticos realizados paralelo al presente en la Sub-cuenca III, para el buen desarrollo de la zona.
- Proponer a las Alcaldías inmersas en la Sub-cuenca III la planificación y construcción de obras estructurales de conservación y captación de agua (parte alta y media), que contribuyan a reducir la velocidad de escorrentía y al aprovechamiento de los grande volúmenes de agua que se pierden por escorrentías (25% del agua precipitada –año medio-), contribuyendo además a la recarga del acuífero subterráneo y a la disminución del riesgo de inundación y contaminación en la parte baja, lo cual será factible con ayuda de las municipalidades del área y organismos interesados en la conservación de los recursos naturales.
- Impulsar programas educativos para crear conciencia en la población sobre la importancia de proteger los recursos hídricos y su tratamiento para uso doméstico, considerando los riesgos de degradación el alto potencial hídrico, edáfico y forestal que presenta la Sub-cuenca III.
- Fomentar y divulgar la creación de letrinas entre los pobladores de las diferentes comunidades; para evitar que defequen al aire libre y éstas sean arrastradas por las corrientes de agua.
- Considerar en las propuestas de uso de los recursos naturales en futuros estudios o investigaciones de los recursos naturales el factor social, debido a que los resultados de cualquier estudio o investigación afectarán directamente este factor.

IX BIBLIOGRAFIA

- ABT. ASOCIATES INC. 1995, Estudio Agroecológico de la III región. Managua, Nicaragua.
- AGENCIA INTERNACIONAL DE COOPERACIÓN DEL JAPÓN – INAA. 1993. Mapa hidrogeológico de Managua, Proyecto de abastecimiento de aguas en Managua. Managua, Nicaragua.
- AYESTAS, SANDRA. 1994. Apuntes de Hidrología de Superficie. Universidad Nacional de Ingeniería, UNI. Managua, Nicaragua. 45 Pg.
- BORNEMIZA ELEMER Y ALVARADO ALFREDO. 1974. Manejo de Suelos en la América Tropical. CIAT. Cáli, Colombia. University Consortium on soils of the tropics soils Science Department north Carolina State University , USA. 577 Pag.
- BOUL, HOLE, MCKRACKEN. 1983. Génesis y Clasificación de suelos. México D F. Trillas. 417 Pg.
- BUCKMAN H. BRADY N. 1977. Naturaleza y propiedades de los suelos. Editores Aragón, 225, Barcelona, España. 590 Pg.
- CAIRO P, FUNDORA O. 1994. Edafología. 2^{da} Ed, Editorial Pueblo y Educación. La Habana, Cuba. 476 Pg.
- COMAS D Y RUIZ E. 1993. Fundamentos de los Sistemas de Información Geográficas. 1ra ed, Edit. Ariel S. A. Barcelona, España. 295 Pg.

- CATASTRO DE NICARAGUA. 1971. Levantamiento de Suelos de la Región Pacífica de Nicaragua. Génesis y Clasificación de suelos. Volumen II. Ministerio de economía, Industria y Comercio, Ministerio de Agricultura y Ganadería. Managua, Nicaragua. Pg. 593- 713.
- CATÍN L. 1998. Diagnóstico Socio – económico de la Sub – cuenca III de la Cuenca Sur del lago de Managua. Universidad Nacional de Managua, Nicaragua. 115 Pg.
- DUCHAUFOR, PH. 1984. Edafología. 1^{ra} Ed. Masson,S.A. Barcelona, España. 493 pág.
- FAO. 1987. La Calidad del Agua en la Agricultura. Estudio FAO Riego y Drenaje. Vol N^o 29. 174 pág.
- FAO / PNUMA. 1988. Pautas para la evaluación económicas de proyectos de ordenación de cuencas, Guía conservación de suelos #16. Roma, Italia. 148 Pg.
- FAUSTINO. JORGE.1996. Gestión Ambiental para el Manejo de cuencas municipales. Area de cuencas y sistemas agroforestales. CATIE. Turrialba, Costa Rica. 137 pág.
- Fenzl H. 1972 Provincias Fisiográficas de Nicaragua. Edit. IGAG, Colombia. 75 Pg.
- FITZPATRICK E.A. 1987. SUELOS (su formación, clasificación y distribución). Edit. Compañía Editorial Continental.S.A. de C. V. México. 430 Pg.
- HOLDRIDGE L R. 1972. Ecología Basada en Zonas de Vidas. Instituto Interamericano de ciencias agrícolas (IICA). Costa Rica. 216 Pg.

- IRENA. Octubre, 1982. Plan de Ordenamiento y Manejo de la Cuenca sur del Lago de Managua. II volumen, Managua, Nicaragua. 185 Pg.
- IRENA. 1985 Plan de Ordenamiento y Manejo de la sub-cuenca prioritaria, análisis, síntesis y propuesta de uso Agroforestal. Managua, Nicaragua. 37 Pg.
- KINGEBIEL Y MONTGOMERY. 1962. Clasificación por Capacidad de Uso de las Tierras. Manual N° 210 FAO / NICARAGUA. Centro Regional de ayuda técnica Agencia para el Desarrollo Interamericano. AID. México. 85 Pg.
- MELA M PEDRO. Edafología. 1985. 2^{da} ed. Edit. Edición Revolucionaria Instituto del libro. Vedado. La Habana, Cuba. 615 Pg.
- MOLDES TEO, F J. 1995. Tecnología de los Sistemas de Información Geográficas. 1^{ra} ed, Edit. RA-MA. Canillas 144, Madrid, España. 190 Pg.
- ORTIZ Y CUANALO H. 1984. Metodología del Levantamiento Fisiográfico. Colegio de Postgrados, Chapingo, México. 2ed. 325 Pg.
- ORTIZ-VILLANUEVA C Y ORTIZ SOLORIO. 1990. Edafología. 7^{ma}ed. Universidad Nacional Autónoma de Chapingo, Dpto. de Suelos, México. 395 Pg.
- PORTA, LÓPEZ, ROQUERO. 1994. Edafología, para la agricultura y el medio ambiente. Ediciones Mundi - Prensa, Madrid, España. 807 Pg.
- RAMAKRISHNA, B. 1997. Estrategias de extensión para el manejo integrado de cuencas hidrográficas, conceptos y experiencias. IICA, BMZ, GTZ. San José, Costa Rica. 417 Pg.
- RODRIGUEZ M. 1989. Desarrollo curricular de Ingeniería Agronómica en suelos y aguas. 45 Pg.

- RODRÍGUEZ, T, F. 1981. Elementos del Ecurrimiento Superficial. PATENA A.C.G, Chapingo, México. 225 pág. .
- SALAS J. 1993. Arboles de Nicaragua. Instituto Nicaragüense de Recursos Naturales y del Ambiente (IRENA). Managua, Nic. 210 Pg.
- SOIL SURVEY STAFF. 1994. Keys to Soil Taxonomy. USDA. Estados Unidos de América. 554Pág.
- VAN WESTEN C. FERRE M Y GARCÍA M.E. 1985. Introducción a los Sistemas de Información Geográfica con énfasis en el sistema ILWIS (Integrated Land end Watershed Information System). International Institute for Aerospace Survey end Earth Sciences; P. O. BOX 6 7500 AA Enschede (Paises Bajos). 103 Pg.
- WORTHEN . E Y AIDRICH .S. 1968. Suelos Agrícolas. 5^{ta} de Edit, Edición Revolucionaria Instituto del Libro. La Habana, Cuba. 416 Pg.
- FORSTOM. 1983. 1^{er} Seminario Científico de Pedología para la región de Centro América y el Caribe, Suelos y Aguas; Edit. Editions de Forstom. La Habana. 766 Pg.

ANEXOS

ANEXO I

DESCRIPCION DE PERFILES DE SUELOS

PERFIL #1

I. INFORMACION ACERCA DEL SITIO DE LA MUESTRA:

- a. Número del perfil: 1
- b. Nombre del suelo: Las Nubes
- c. Clasificación a nivel de generalización amplia:
USDA: Typic Durustands
FAO: Andisol Háplico, fase duripan.
- d. Fecha de observación: 23-04-97
- e. Autores: Juan Velásquez, Ignacio Rodríguez, Jannette Gutiérrez.
- f. Ubicación del perfil:
- g. Altitud: Aproximadamente: (920 msnm.)
- h. Forma del terreno:
 - i) Posición fisiográfica: Meseta
 - ii) Forma del terreno circundante: Colinado
 - iii) Microtopografía: Ninguna
- i. Pendiente donde el perfil está situado: Suavemente inclinado (2-4%).
- j. Uso de la tierra: Al momento de la observación el terreno se encontraba cubierto de pasto ralo. En los alrededores del terreno se observó además el establecimiento de viviendas y áreas de siembra de hortalizas con invernaderos rústicos.
- k. Clima: En esta zona las precipitaciones son de 1900 mm/año, con temperaturas promedio anual de 21°C.

II. INFORMACION GENERAL ACERCA DEL SUELO:

- a. Material originario:
Los materiales observados se derivan de eyecciones volcánicas tales como piroclastos fuertemente meteorizados, alternados con cenizas volcánicas.
- b. Drenaje: Clase 4 - Bien Drenado
- c. Condiciones de humedad en el perfil:
Seco en los primeros 100 cm., el resto del perfil húmedo.
- d. Profundidad de la capa friática: Mayor de 200 m.
- e. Presencia de piedras en la superficie o afloramientos rocosos: Ninguna visible.
- f. Evidencia de erosión:
Se observa en el lugar del perfil erosión moderada, sin embargo es importante destacar el alto riesgo de erosión en esta zona por influencia de la pendiente y la alta velocidad del viento.
- g. Presencia de sales o alcális:
No se observó ninguna reacción al HCl en todo el perfil.
- h. Influencia humana. Debido a la influencia urbana el área está despaldada y con poca vegetación, también se observa evidencia de pastoreo en el área.

III. BREVE DESCRIPCION DEL PERFIL.

Perfil moderadamente superficial, bien drenado, con una textura franco arenosa en los primeros 52 cm., a partir de los cuales y hasta los 75 cm. se muestra una capa endurecida o duripan que se extiende de manera continua con muy pocas fracturas. Por debajo de los 75 cm. se observan varios estratos de materiales piroclásticos y cenizas volcánicas con diferente estado de meteorización. La distribución de las raíces en el perfil es normal hasta los 98 cm. a partir de los cuales se observó un incremento en el número de éstas hasta los 107 cm., lo que se puede relacionar con un mayor grado de meteorización de los materiales que componen el horizonte III C.

IV. DESCRIPCION DEL PERFIL:

Horizonte

profundidad. (cm.)

DESCRIPCION

- A 0-29 Color pardo en seco (10 YR 4/3), pardo grisáceo muy oscuro en húmedo (10 YR 3/2); franco arenoso fino; estructura en bloques sub-angulares, moderada, fina a mediana; no adherente y no plástico en mojado, muy friable en húmedo, blando en seco; frecuentes poros finos y muy finos, discontinuos, caóticos, inped y exped, tubulares, simples; evidencia de actividad biológica; raíces finas y medianas comunes; límite gradual, ondulado; ph 5,7.
- Bw 29-52 Pardo olivo oscuro en seco (2.5 Y 5/4), pardo amarillento oscuro en húmedo (10 YR 3/4); franco arenoso fino; bloques sub-angulares, moderada, mediana; no adherente, no plástico, muy friable, blando; frecuentes poros finos y muy finos, discontinuos, caóticos, inped y exped, tubulares, simples; muy pocos fragmentos rocosos del tamaño de grava, redondeados y derivados de basaltos vesiculares; presencia de crotovinas y nidos de insectos; abundantes raíces muy finas, finas y medianas; límite brusco, ondulado; pH 5.6.
- Bm 52-75 Olivo pálido en seco (5 Y 6/3), Pardo amarillento oscuro en húmedo (10 YR 4/4); Masivo. Talpetate.
- 2C 75-98 Gris en seco (7.5 YR 5/1), Pardo en húmedo (7.5 YR 4/3); franco arenoso grueso, sin estructura; no adherente, no plástico, suelto; pocos poros finos y medianos, discontinuos, caóticos, inped y exped, intersticiales, simples; abundantes fragmentos rocosos del tamaño de grava, derivados de basaltos vesiculares meteorizados; muy pocas raíces medianas; límite neto, plano; pH 6.2
- 3C 98-107 Pardo olivo claro en seco (2.5Y 5/4), Pardo grisáceo muy oscuro en húmedo (10YR 3/2); franco arenoso grueso; bloques sub-angulares medianos, débil; no adherente, no plástico, muy friable, blando; pocos poros finos y medianos, discontinuos, caóticos, exped, tubulares, simples; abundantes fragmentos rocosos del tamaño de grava, redondeados, derivados de basaltos meteorizados; presencia de capa endurecida, quebrada, pisolítica; comunes raíces finas y medianas; límite neto, ondulado.
- D 107 + Material parental (basaltos vesiculares y piroclastos)

V. CARACTERISTICAS INTERPRETADAS DEL SUELO:

Suelo moderadamente superficial, bien drenado, fuertemente ácido, con altos contenidos de materia orgánica, alta capacidad de intercambio catiónico. Este suelo presenta limitantes para la producción de cultivos como son la profundidad (40-60 cm), la baja densidad aparente 0.6 gr/cm^3 que lo hace susceptible a la erosión y el pH fuertemente ácido. Debido a que éstos suelos se encuentran asociados a pendientes con alta inclinación y están expuestos a la acción de vientos que limitan la aptitud del suelo al uso forestal y protección de la vida silvestre.

PERFIL # 2

I. INFORMACION ACERCA DEL SITIO DE LA MUESTRA:

- a. Número del perfil: 2
- b. Nombre del suelo: Las Pavas
- c. Clasificación a nivel de generalización amplia:
USDA: Humic Haplustands
FAO: Andosol Mólico
- d. Fecha de observación: 23-4-97

- e. Autores: Juan Velásquez, Ignacio Rodríguez, Jannette Gutiérrez.
- f. Ubicación del perfil: Hacienda las Pavas, 3 1/2 km al sureste del municipio de El Crucero, Departamento de Managua. Latitud 78°35N y longitud 25° 05W.
- g. Altitud: 750 msnm.
- h. Forma del terreno: Ubicado en pendiente convexa, terreno circundante fuertemente escarpado, no presenta microtopografía relevante.
 - i) Posición fisiográfica: parte media de una ladera en pendiente convexa.
 - ii) Forma del terreno circundante: Fuertemente escarpado.
 - iii) Microtopografía: no es relevante.
- i. Pendiente donde el perfil está situado: 35% "F"
- j. Uso de la tierra: Bosque bajo claro asociado con potrero sucio.
- k. Clima: premontano húmedo.

II. INFORMACION GENERAL ACERCA DEL SUELO:

- a. Material originario: De origen volcánico (piroclástico y escorias volcánicas).
- b. Drenaje: Bien drenado (Clase 4, según FAO, 1977).
- c. Condiciones de humedad en el perfil: De 0-50cm. de profundidad seco, húmedo después de los 50cm.
- d. Profundidad de la capa friática: Posiblemente mayor de 200 mts
- e. Presencia de piedras en la superficie o afloramientos rocosos: No se evidenció ningún tipo de piedras o afloramientos.
- f. Evidencia de erosión: Severa, influenciada por la pendiente, la posición en el terreno (laderas), por el pastoreo (cabras) y la baja densidad aparente.
- g. Presencia de sales o alcális: No existe.
- h. Influencia humana: Confinada al pastoreo y la obtención de leña.

III. BREVE DESCRIPCION DEL PERFIL:

Perfil moderadamente profundo, bien drenado, pardo en sus primeros 44 cm. y pardo amarillento en el resto del perfil; de estructura débil en todo el perfil, friable (en húmedo), poroso y permeable; se observó presencia de raíces finas y medianas con distribución uniforme; textura franco-arenosa; Densidad Aparente de 0.66 gr/cm³, pH moderadamente ácido (6.0).

IV. DESCRIPCION DEL PERFIL:

Horizonte	profundidad (cm.)	DESCRIPCION
A ₁	0-8	Pardo muy oscuro (10YR 4/3) en seco, pardo (10YR 2/2) en húmedo; franco-arenoso; estructura moderada en bloques sub-angulares, de fina a muy delgada, duro en seco, friable en húmedo, no adherente, no plástico en mojado; muchos poros finos discontinuos, tubulares, simples; raíces finas y medianas, abundantes; límite neto. pH moderadamente ácido (5.8).
A ₂	8-25	Pardo(10YR 4/3) en seco, pardo muy oscuro(10YR2/2) en húmedo, franco-arenoso; de estructura débil con bloques subangulares, finos y medianos; friable, ligeramente duro, no adherente, no plástico; muchos poros finos, discontinuos tubulares, simples; raíces finas y medias abundantes; límite gradual; pH moderadamente ácido (6.0).
Bw ₁	25-44	Pardo oscuro(10YR 3/3) en húmedo, pardo amarillento oscuro (10YR 4/4) en seco; franco-arenoso; de estructura débil, en bloques sub-angulares, finos y medianos; friable, ligeramente duro, no adherente no plástico; abundantes poros finos y medianos, tubulares, simples; abundantes raíces muy finas y medianas, abundantes; límite gradual. pH moderadamente ácido (6.0).

- Bw₂ 44-60 Pardo amarillento (10YR 4/6) en seco, pardo oscuro (10YR 3/3) en húmedo; textura franco-arenosa; estructura débil de bloques sub-angulares, finos y medianos; muy friable blando y no adherente no plástico; muchos poros finos y gruesos, tubulares simples; raíces finas y medianas comunes; límite difuso. pH moderadamente ácido (6.0).
- BC 60-86 Pardo amarillento (10YR 4/6) en seco; textura franco-arenosa; de estructura débil en bloques sub-angulares, medianos; no adherente, no plástico, friable, blando; muchos poros finos y medianos, tubulares y simples; pocas raíces, medianas; límite difuso.
- C 86-110 Pardo amarillento (10YR 3/4) en seco, igual en húmedo; textura franco-arenosa; estructura débil en bloques subangulares, gruesos; friable, blando, no adherente, no plástico; frecuentes poros finos y medianos, tubulares, simples; pocas raíces medianas; límite difuso y ondulado.

V. CARACTERÍSTICAS INTERPRETADAS DEL SUELO:

Las características que determinan la fertilidad natural de este suelo en su mayoría son favorables, excepto por la baja disponibilidad del fósforo, el pH moderadamente ácido y la susceptibilidad a la erosión, ésta última características es de mucha importancia principalmente en la parte alta de la Sub-cuenca donde se encuentra mayoritariamente distribuido este suelo. En éstas condiciones los suelos no son aptos para uso agrícola intensivo, excepto para el cultivo de café bajo sombra, que puede cultivarse en pendientes menores del 45%. Este mismo tipo de suelo se observó en la parte media de la sub-cuenca donde se pueden producir una mayor gama de cultivos.

PERFIL # 3

I. INFORMACION ACERCA DEL SITIO DE LA MUESTRA:

- a. Número del perfil: 3
- b. nombre del suelo: San Ignacio
- c. Clasificación a nivel de generalización amplia:
USDA: Humic Ustivitrands
FAO: Andosol mólico-vitríco
- d. fecha de observación: 24-4-97.
- e. Autores: Juan Alfredo, Ignacio Rodríguez, Jannette Gutiérrez.
- f. Ubicación del perfil: Poblado San Ignacio, Municipio de Ticuantepe, Managua.
- g. Altitud: Aproximadamente 300 msnm.
- h. Forma del terreno:
 - i) Posición fisiográfica: Pendiente convexa.
 - ii) Forma del terreno circundante: Fuertemente socavado.
 - iii) Microtopografía: Ninguna relevante.
- i. Pendiente donde el perfil está ubicado: 46% (G)
- j. Uso de la tierra: Potrero sucio. Los terrenos aledaños están siendo utilizados para cultivos semi-perennes (piña y pitahaya).
- k. Clima: Clima premontano semi-húmedo, precipitación media anual de 1180 mm, presentando un período seco (verano) y otro húmedo (invierno) bien definidos.

II. INFORMACION GENERAL A CERCA DEL SUELO:

- a. Material originario: De origen volcánico, influenciado por depósitos recientes de cenizas volcánicas y el clima.
- b. Drenaje: Algo excesivamente drenado. (Clase 5, FAO, 1977)
- c. Condición de humedad del perfil: Húmedos los 33 cm. superficiales, seco el resto del perfil.

- d. profundidad de la capa friática: 50 mts aproximadamente.
- e. Presencia de piedras y afloramientos rocosos: Solamente se observaron frecuentes fragmentos del tamaño de gravas.
- f. Evidencias de erosión: Severa.
- g. Presencia de sales o alcális: No existe.
- h. Influencia humana: Determinada por el uso agrícola cultivos (semi-perennes) y pastoreo.

III. BREVE DESCRIPCION DEL PERFIL:

El perfil presenta una secuencia de horizontes A-AC-C-D, es superficial (25-40 cm.), excesivamente drenado, de color pardo olivo claro en seco y de negro a pardo oscuro en húmedo; de estructura débil en todo el perfil, muy friable, muy poroso y permeable; raíces medias, comunes; textura franco-arenosa; densidad aparente de 1.0 gr/cm³, pH moderadamente ácido (6.5).

IV. DESCRIPCION DEL PERFIL:

Horizonte	profundidad. (cm.)	DESCRIPCION
A	0-33	De color pardo olivo claro (2.5Y 5/3) en seco y pardo grisáceo oscuro en húmedo; textura franco-arenosa; de estructura débil en bloques sub-angulares de finos a medios; blando en seco, friable en húmedo, no adherente, no plástico; frecuentes poros finos y medianos, tubulares; frecuente presencia de minerales y rocas de forma redondeadas, de naturaleza basáltica, no alterados; presencia de raíces medias y gruesas, comunes; límite plano. pH moderadamente ácido (6.5).
AC	33-48	Pardo olivo claro (2.5Y 5/3) en seco, negro (10YR 2/1) en húmedo; franco - arenoso ; de estructura débil, con bloques subangulares finos y medios; de consistencia blando, muy friable, no adherente no plástico; muchos poros medianos y gruesos, tubulares; frecuente contenido de fragmentos minerales (gravas), de forma angular y de naturaleza basáltica, inalterados; raíces medias y finas abundantes; límite gradual y ondulado. pH moderadamente ácido (6.5).
C	48-93	Pardo olivo claro (2.5Y 5/4) en seco, Pardo oscuro (10 y 3/3) la erosión en húmedo; franco-arenoso de estructura débil en bloques sub-angulares finas y medianas. De consistencia muy friable, blando y no presenta adherencia, ni plasticidad con frecuentes poros finos y medianos, tubulares frecuentes contenido de minerales (gravas), angulares de naturaleza basáltica, no alterados; poca presencia de raíces finas y medianas; límite gradual y ondulado. pH moderadamente ácido (6.0).
D	93-120	De color negro (10YR 2/1), con abundantes fragmentos minerales, gravas, de naturaleza basáltica; límite difuso.
2C	120+	Pardo olivo claro (2.5Y 5/4) en seco y pardo oscuro (10YR 3/3) en húmedo; franco-arenoso; de estructura débil, con bloques sub-angulares y medianos; de consistencia friable, blando y algo suelto, no plástico, no adherente; con frecuentes poros finos y medianos, tubulares, simples; frecuentes fragmentos minerales (gravas) de forma angular y de naturaleza basáltica, meteorizados; límite difuso.

V CARACTERISTICAS INTERPRETADAS DEL SUELO:

Suelo superficial, con un horizonte de 33 cm. de espesor, color predominante pardo olivo claro, de estructura muy débil, textura franco-arenosa con presencia de gravas en casi todo el perfil, bien drenado. El suelo aparentemente presenta baja capacidad de retención de agua,

lo cual podría estar relacionado con la presencia de vidrio volcánico el cual se evidenció claramente durante la descripción y es típico de muchos suelos del orden Andisoles. Por otro lado la baja densidad aparente y la baja estabilidad estructural, hacen que el suelo presente un alto riesgo de erosión especialmente hídrica si se considera las pendientes en la que se encuentran ubicados. Estas características limitan el uso del suelo al establecimiento de cultivos perennes y semi-perennes y al uso forestal.

PERFIL # 4

I. INFORMACION ACERCA DEL SITIO DE LA MUESTRA:

- a. **Número del perfil:** 4
- b. **Nombre del suelo:** Ticuantepe.
- c. **Clasificación a nivel de generalización amplia:**
USDA: Humic Durustands.
FAO: Andosol Mólico, fase duripan.
- d. **Fecha de observación:** 24- 4 - 97
- e. **Autores:** Juan Velásquez, Ignacio Rodríguez, Jannette Gutiérrez
- f. **Ubicación del perfil:** Finca de Juan Muñoz, Ticuantepe, departamento de Managua.
- g. **Altitud:** 280 msnm.
- h. **Forma del terreno:** Ondulado, se encuentra en la parte baja del pie de monte de las Sierras de Managua.
- i. **Posición del terreno:**
 - i) Posición fisiográfica: Pendiente convexa
 - ii) Topografía: Fuertemente ondulado
 - iii) Microtopografía: Ninguna relevante.
- j. **Pendiente donde el perfil está ubicado:** 10% ("D")
- k. **Uso de la tierra:** Agrícola (cultivo semi-perennes)
- l. **Clima:** Bosque Seco Tropical, con una estación seca (verano) y otra lluviosa (invierno), con un período seco de aproximadamente quince días a mediados del invierno llamado canícula.

II. INFORMACION GENERAL ACERCA DEL SUELO:

- a. **Material originario:** Cenizas volcánicas y piroclastos caídos.
- b. **Drenaje:** Clase 4 (bien drenado).
- c. **Condición de humedad del perfil:** Seco todo el perfil.
- d. **Profundidad de la capa friática:** Mayor de 200 mts. aproximadamente.
- e. **Presencia de piedras y afloramientos rocosos:** No se observaron.
- f. **Evidencias de erosión:** Severa, se observa erosión laminar y muy cerca al perfil en corcovas.
- g. **Presencia de sales o alcalis:** No se observó.
- h. **Influencia humana:** Es muy alta, especialmente por la forma fuertemente ondulada del terreno y la agricultura (cultivos semi-perennes y anuales).

III BREVE DESCRIPCION DEL PERFIL:

Este perfil se encuentra en suelo moderadamente profundo, con buen drenaje, y color que va de pardo amarillento a pardo olivo en seco y pardo grisáceo muy oscuro en húmedo; de estructura moderada en todo el perfil; de consistencia friable en húmedo; muy poroso y permeable; raíces finas y medias, comunes; de textura franco-arenosa. La Densidad aparente es de 0.95 gr/cm^3 ; pH = 6.4. Está ubicado en terrenos ondulados.

IV DESCRIPCION DEL PERFIL:

Horizonte	
profundidad. (cm.)	DESCRIPCION

- A₁ 0-17 De color pardo - olivo(2.5Y 5/4) en seco y pardo-grisáceo (10YR 3/2) en húmedo; textura franco-arenosa; con estructura moderada, constituida de bloques subangulares, granular, finos; de consistencia blando en seco, friable en húmedo, ligeramente plástico, ligeramente adherente en mojado; muchos poros finos y muy finos, tubulares; fragmentos minerales (gravas) frecuentes, redondeados de naturaleza basáltica, meteorizados; abundantes raíces finas y medias; límite gradual y ondulado.
- A₂ 17-27 De color pardo amarillento(2.5Y 4/4), pardo grisáceo oscuro (10YR 3/2) en húmedo; de textura franco arcillo-arenosa, con gravas; estructura moderada en bloques subangulares, finos o delgados; de consistencia blanca en seco, friable, ligeramente adherente, ligeramente plástico; muchos poros finos y medianos, tubulares, simples; frecuentes fragmentos rocosos y minerales (gravas), de forma redonda y de naturaleza basáltica, meteorizados; comunes raíces finas y medianas; límite gradual y ondulado.
- Bw₁ 27-48 Pardo amarillento oscuro(2.5Y 4/4) en seco, pardo grisáceo oscuro (10YR 3/2) en húmedo; de textura franco-arenosa; con estructura moderada de bloques subangulares finos y medios; de consistencia ligeramente duro, friable, adherente y plástico; muchos poros finos y medios, tubulares, simples; pocos fragmentos rocosos y minerales(gravas) redondeados de naturaleza basáltica, fuertemente meteorizados; raíces muy finas y finas, comunes; límite gradual y ondulado.
- Bw₂ 48-72 Pardo olivo claro (2.5Y 5/4) en seco, pardo grisáceo oscuro(10YR 3/2) en húmedo; de textura franco-arenosa con gravas; estructura moderada de bloques subangulares medios y gruesos; de consistencia blando, friable, adherente y plástico; muchos poros medianos y gruesos, tubulares, abundantes; fragmentos minerales (gravas), de forma redondeada y de naturaleza basáltica, fuertemente meteorizados; pocas raíces finas; límite gradual, neto.
- Cm 72-94 De color verde olivo amarillento; es masivo (duripan); abundantes fragmentos minerales (gravas) de naturaleza basáltica.
- 2C 94 + Pardo amarillento oscuro (2.5Y 4/4) en seco, pardo oscuro (10YR 3/3) en húmedo, suelto, arenoso, de naturaleza basáltica.

V. CARACTERISTICAS INTERPRETADAS DEL SUELO:

Suelo moderadamente profundo, con buen drenaje, con estructura muy débil, franco-arenoso, ubicado en pendiente de 10%, fuertemente erosionado, muy susceptible a la erosión tanto hídrica como eólica, no se debe omitir que esta zona es bastante afectada por los gases que emana el volcán Masaya.

PERFIL #5

I. INFORMACION ACERCA DEL SITIO DE LA MUESTRA:

- a. Número del perfil: 5
- b. Nombre del suelo: El Rodeo
- c. Clasificación a nivel de generalización amplia:
 USDA : Calcic Haplustands
 FAO : Calcisol Háplico
- d. Fecha de observación: 25-04-97
- e. Autores: Juan Velásquez, Ignacio Rodríguez, Jannette Gutiérrez.
- f. Ubicación del perfil: Entrada al Bo. El Rodeo 400 m. al norte. 100 m. al este, Managua.

- g. **Altitud:** 55 msnm.
- h. **Forma del terreno:**
 - i) Posición fisiográfica: Terraza lacustre
 - ii) Forma del terreno circundante: Plano o casi plano
 - iii) Microtopografía: Ninguna
- i. **Pendiente donde el perfil está situado:** "A" (1%)
- j. **Uso de la tierra:** Pasto natural
- k. **Clima:** Se tomaron datos de la estación meteorológica ubicada en el Aeropuerto Augusto César Sandino, que en promedio muestra los siguientes datos: temperaturas de 26.8 °C, con precipitaciones de 1101 mm/año, una humedad relativa de 75.41% y vientos con velocidades promedio de 2.36 m/s. La zona se caracteriza por presentar una estación lluviosa y una seca (verano). Durante la estación lluviosa que inicia aproximadamente en el mes de Mayo, se produce un corto periodo seco conocido como canícula que va del 15 de Julio al 15 de Agosto; después de este periodo las precipitaciones continúan hasta llegar al mes de Noviembre que es cuando inicia el verano.

II. INFORMACION GENERAL ACERCA DEL SUELO:

- a. **Material originario:**
Sedimentos de arena y arcilla con materiales piroclásticos. Es muy evidente la acumulación de cenizas volcánicas después de los 71 cm. de profundidad.
- b. **Drenaje:**
Al momento de la observación el suelo se observó bien drenado, sin embargo se tiene conocimiento de que los suelos de la zona presentan un drenaje moderadamente lento por lo que se clasificó en la clase 3 como Moderadamente bien drenado (FAO, 1977), por la presencia de una capa de baja permeabilidad en el perfil del suelo.
- c. **Condiciones de humedad en el perfil:** Al momento de la descripción todo el perfil se encontraba seco.
- d. **Profundidad de la capa fríasica:** Menos de 30 m.
- e. **Presencia de piedras en la superficie o afloramientos rocosos:** Ninguno
- f. **Evidencia de erosión:** Moderada
- g. **Presencia de sales o alcalis:** Sí. Fuerte reacción al HCl tanto en la superficie del perfil como en el horizonte ubicado entre los 71 y los 108 cm.
- h. **Influencia humana:** Se observó influencia humana en la zona, expresada por el pastoreo extensivo y asentamientos humanos.

III. BREVE DESCRIPCION DEL PERFIL:

Suelo poco profundo (40-60 cm.) limitado por la presencia de una capa endurecida por CaCO_3 (71-108 cm.), formado a partir de materiales aluviales (cenizas volcánicas, piroclastos y sedimentos lacustres), la textura es franco arenosa variando a arenosa a los 108 cm. El suelo presenta un pH ligeramente alcalino (7.5) a través del perfil. La capa endurecida y el pH limitan el desarrollo radicular de muchas plantas, en esta zona es común observar la presencia de plantas indicadoras de salinidad como el crin de macho como se conoce comúnmente y otras gramíneas.

IV. DESCRIPCION DEL PERFIL:

Horizonte

Profundidad (cm)

DESCRIPCION

- | | | |
|----------------|------|--|
| A ₁ | 0-13 | Color en seco pardo olivo claro (2.5Y 5/3), en húmedo gris muy oscuro (10YR 3/1); franco arenoso; Bloques subangulares débiles finos a medianos; no adherente, no plásticos, friable, blando; muchos poros finos, discontinuos, caóticos, inped y exped, tubulares, simples; nidos de insectos visibles; pocas raíces finas y medianas; limite ondulado; pH 7.3. |
|----------------|------|--|

- A₂ 13-30 Color en seco pardo olivo claro (2.5Y 5/3), en húmedo negro (10YR 2/1); franco arenoso; bloques subangulares, débiles, finos a medianos; no adherente, no plástico, friable, blando; pocos poros finos y medianos, discontinuos, caóticos, inped, tubulares, simples; ligeramente calcáreo; nidos de insectos y crotovinas visibles, pocas raíces finas y medianas; límite neto ondulado; pH 7.4.
- Bw 30-46 Color en seco pardo olivo claro (2.5Y 5/3), en húmedo gris muy oscuro (10YR 3/1); franco arenoso; bloques subangulares débiles medianos a gruesos; no adherente, no plástico, friable, blando, pocos poros finos y medianos, discontinuos, caóticos, inped y exped, intersticiales, simples; ligeramente calcareo, pocas raíces finas; límite neto, ondulado; pH 7.5.
- C 46-71 Color en seco pardo grisáceo (2.5 Y 5/2), en húmedo gris muy oscuro (10YR 3/1); franco arenoso; bloques subangulares débiles medianos a gruesos; no adherente, no plástico, suelto; pocos poros, medianos discontinuos, caóticos, inped, intersticiales, simples; ligeramente calcáreos, muy pocas raíces muy finas; límite neto, ondulado; pH 7.8.
- 2Cmk 71-108 Color en seco gris muy oscuro (N 3/); masivo; no adherente, no plástico, fuertemente calcáreo ; límite brusco, plano.
- D 108 + Material parental.

V. CARACTERÍSTICAS INTERPRETADAS DEL PERFIL:

Perfil poco profundo (40-60 cm.), limitado por la presencia de una capa endurecida por carbonatos de calcio (CaCO₃), franco arenoso a través del perfil, pH moderadamente alcalino en todos los horizontes. El suelo no es apto para la producción intensiva de cultivos agrícolas, su uso óptimo es el ganadero o pecuario debido a sus características de drenaje lento y a que es muy común encontrar una capa endurecida que limita el movimiento del agua así como el desarrollo de raíces de posibles cultivos de mayor anclaje radicular. Por otro lado el pH moderadamente alcalino 7.5, en promedio resulta un factor limitante para la mayoría de cultivos anuales, por lo que resultaría más beneficioso su uso para el establecimiento de pastos, que pudieran ser los que de manera natural se han establecido en la zona o pastos mejorados.

PERFIL # 6

I. INFORMACION ACERCA DEL SITIO DE LA MUESTRA:

- a. **Número del perfil:** 6
- b. **Nombre del suelo:** Santa Elena
- c. **Clasificación a nivel de generalización amplia:**
 USDA: Thaptic epiaquands
 FAO: Andosol Gleyico
- d. **Fecha de observación:** 25-04-97
- e. **Autores:** Juan Velásquez, Ignacio Rodríguez, Jannette Gutiérrez.
- f. **Ubicación del perfil:** Hacienda Santa Elena, Km. 13-1/2 carretera norte, 300 m. al norte de la carretera.
- g. **Altitud:** 54 msnm.
- h. **Forma del terreno:**
 - i) **Posición fisiográfica:** Terraza lacustre o planicie de inundación.
 - ii) **Forma del terreno circundante:** Plano o casi plano.
 - iii) **Microtopografía:** Ninguna.
- i. **Pendiente donde el perfil está situado:** "A" (1%)

- j. **Uso de la tierra:** Pasto mejorado. Se observó la presencia de vegetación
- k. **Clima:** Se tomaron datos de la estación meteorológica ubicada en el Aeropuerto Augusto César Sandino. En esta zona las precipitaciones promedios son de 1101 mm/año, las temperaturas promedios de 26.8 °C., la humedad relativa de 75.41%, vientos con una velocidad promedio de 2.36 m/s. Se presenta una estación seca y una lluviosa; ésta última inicia en Mayo y finaliza en Octubre, durante este período se produce un período seco conocido como canícula que va del 15 de Julio al 15 de Agosto en la mayoría de los años.

II. INFORMACION GENERAL ACERCA DEL SUELO:

- a. **Material originario:** Sedimentos aluviales y lacustres.
- b. **Drenaje:** Escasamente drenado (Clase 1 - FAO, 1977).
- c. **Condiciones de humedad en el perfil:** Húmedo todo el perfil.
- d. **Profundidad de la capa friática:** Aproximadamente 10 mts.
- e. **Presencia de piedras en la superficie o afloramientos rocosos:** Ninguno.
- f. **Evidencia de erosión:** Moderada. Relacionada con la actividad ganadera.
- g. **Presencia de sales o alcális:** Sí. Reacción al HCl. en todo el perfil.
- h. **Influencia humana:** Limitada a la actividad ganadera.

III. BREVE DESCRIPCION DEL PERFIL:

El suelo es oscuro de textura media (F-FAL-F) en los primeros 52 cm. variando a textura más gruesa (Fa) al profundizar. La estructura es en bloques subangulares que varían a bloques angulares; la distribución de raíces es normal y el pH es fuertemente alcalino en la superficie y en el resto del perfil cambia a moderadamente alcalino.

IV. DESCRIPCION DEL PERFIL:

Horizonte	Profundidad. (cm)	DESCRIPCION
A	0-19 cm.	Color en seco pardo olivo claro (2.5 Y 5/3), en húmedo gris muy oscuro (10 YR 3/1); franco; estructura moderada en bloques subangulares y angulares, finos a medianos; no adherente, no plástico, friable, ligeramente duro; muchos poros finos, discontinuos, caóticos, inped, tubulares, simples; presencia común de raíces muy finas, finas y medianas; límite del horizonte gradual, ondulado; pH fuertemente alcalino (8.6).
Bw ₁	19-37cm.	Color en húmedo negro (10 YR 2/1); franco arcillo limoso; estructura fuerte, en bloques subangulares a angulares, medianos y gruesos; adherente, plástico, friable y duro; muchos poros muy finos, finos y medianos, discontinuos, caóticos, inped, exped, tubulares, simples; abundantes raíces finas y medianas; límite brusco, plano; pH moderadamente alcalino (8.1).
Bwg ₂	37-52cm.	Color en húmedo pardo grisáceo muy oscuro (2.5 Y 3/2); franco; estructura moderada, en bloques sub-angulares, medianos a gruesos; adherente, plástico, friable y duro; pocos poros finos y medianos, discontinuos, caóticos, inped y exped, tubulares, simples; pocas raíces finas; límite neto, ondulado; pH moderadamente alcalino (8.2).
BC	52-69cm.	Color en húmedo pardo (10 YR 4/3); franco arenoso; estructura débil, en bloques sub-angulares medianos y gruesos; adherente, plástico, friable y duro; frecuentes poros finos y medianos, discontinuos, caóticos, inped y exped, tubulares, simples; muy pocas raíces finas; límite neto, ondulado; pH moderadamente alcalino (8.3).

- C 69-100cm. Color en húmedo pardo grisáceo oscuro; franco arenoso; estructura débil en bloques sub-angulares, medianos a gruesos; ligeramente adherente, ligeramente plástico, friable y ligeramente duro; pocos poros finos y medianos, discontinuos, caóticos, inped y exped, tubulares, simples; frecuentes fragmentos rocosos y minerales, del tamaño de grava, redondeados, derivados de basaltos, meteorizados; muy pocas raíces muy finas y finas; pH moderadamente alcalino (8.2)
- D 100 + Material parental (sedimentos lacustres, y volcánicos).

V. CARACTERISTICAS INTERPRETADAS DEL PERFIL:

No es muy recomendable el uso para cultivos anuales, por las condiciones de drenaje imperfecto y el pH fuerte a moderadamente alcalino, su aptitud principal es ganadera, pudiéndose adaptar pastos mejorados que soporten las condiciones de drenaje y pH.

PERFIL #7

I. INFORMACION ACERCA DEL SITIO DE LA MUESTRA:

- a. Número del perfil: 7
- b. Nombre del suelo: Sabana Grande
- c. Clasificación a nivel de generalización amplia:
USDA : Vitric Haplustands
FAO : Andosol Vitríco
- d. Fecha de observación: 28-04-97
- e. Autores: Juan Velásquez, Ignacio Rodríguez, Jannette Gutiérrez.
- f. Ubicación del perfil: Finca ubicada en Sabana Grande, del Cementerio 500 mts. al este, 100 mts. al sur.
- g. Altitud: Aproximadamente 55 msnm.
- h. Forma del terreno:
 - i) Posición fisiográfica: Planicie volcánica.
 - ii) Forma del terreno circundante: Plano a casi plano.
 - iii) Microtopografía: Ninguna relevante.
- i. Pendiente donde el perfil está situado: 2% "A"
- j. Uso de la tierra: Al momento de la observación el terreno se encontraba siendo usado para pastoreo, pero se constató que también es usado para siembra de hortalizas (pipián) y cultivos anuales como maíz y frijol.
- k. Clima: Se tomaron datos de la estación meteorológica ubicada en el Aeropuerto Augusto César Sandino. En esta zona las precipitaciones promedios son de 1101 mm/año, las temperaturas promedios de 26.8 °C., la humedad relativa de 75.41%, vientos con una velocidad promedio de 2.36 m/s. Se presenta una estación seca y una lluviosa; ésta última inicia en Mayo y finaliza en Octubre, durante este periodo se produce un periodo seco conocido como canícula que va del 15 de Julio al 15 de Agosto en la mayoría de los años.

II. INFORMACION GENERAL ACERCA DEL SUELO:

- a. Material originario: Cenizas volcánicas y piroclastos.
- b. Drenaje: Bien drenado (Clase 4, según FAO, 1977)
- c. Condiciones de humedad en el perfil: Seco los primeros 74 cm., el resto del perfil ligeramente húmedo.
- d. Profundidad de la capa friática: Más de 200 m.
- e. Presencia de piedras en la superficie o afloramientos rocosos: No se observó.
- f. Evidencia de erosión: Moderada.
- g. Presencia de sales o alcális: No reacciona al HCl en ningún horizonte.
- h. Influencia humana: Los terrenos están siendo utilizados para cultivo de hortalizas y cultivos anuales, alternados con pastoreo.

III. BREVE DESCRIPCION DEL PERFIL:

El suelo está ubicado en una planicie aluvial, es pardo grisáceo oscuro a pardo muy oscuro, moderadamente profundo, derivado de materiales aluviales gruesos (pirosclastos) y cenizas volcánicas, el drenaje es moderadamente rápido, la textura es franca hasta los 45 cm. variando a texturas más gruesas con la profundidad (franca-arenosa a areno-francosa), la distribución de raíces es normal.

IV. DESCRIPCION DEL PERFIL:

Horizonte

Profundidad (cm)

DESCRIPCION

- A₁ 0-16 cm. Color en seco pardo olivo (2.5Y 4/4), pardo grisáceo muy oscuro en húmedo (10YR 3/2); franco; estructura débil en bloques sub-angulares, fino a medianos; ligeramente adherente, ligeramente plástico, friable y blando; muchos poros muy finos y finos; discontinuos, caóticos, inped y exped, tubulares, simples; presencia de madrigueras de lombrices; pocas raíces finas y medianas; límite neto, ondulado; pH moderadamente ácido (6.3).
- A₂ 16-45 cm. Color en seco pardo olivo claro (2.5Y 5/3), en húmedo pardo grisáceo muy oscuro; franco; estructura débil en bloques sub-angulares, finos a medianos; ligeramente adherente, ligeramente plástico, friable y blando; muchos poros muy finos y finos, discontinuos, caóticos, inped y exped, tubulares, simples; raíces finas y medianas, comunes; límite gradual, ondulado; pH moderadamente ácido (6.3).
- Bw 45-74 cm. Color en seco pardo olivo (2.5Y 4/4), en húmedo pardo grisáceo muy oscuro (10YR 3/2); franco arenoso; estructura débil en bloques sub-angulares, finos a medianos; no adherente, no plástico, friable blando; muchos poros muy finos, finos y medianos, discontinuos, caóticos, inped y exped, tubulares, simples; pocas raíces finas y medianas; límite neto y ondulado; pH neutro (6.7).
- C 74-100cm. Color en seco pardo olivo (2.5Y 4/4), en húmedo pardo oscuro (10YR 3/3); areno-francoso; estructura débil en bloques sub-angulares, finos y medianos; no adherente, no plástico, friable y blando; frecuentes poros muy finos y finos; discontinuos, caóticos, inped y exped, tubulares, simples; muy pocas raíces finas y medianas; límite neto y ondulado; pH neutro (6.7).
- R 100 + cm. Material parental (basalto).

V. CARACTERISTICAS INTERPRETADAS DEL SUELO:

El suelo tiene un drenaje moderadamente rápido, es moderadamente profundo; el contenido de materia orgánica es alto en la superficie (hasta 45 cm.) decreciendo en el resto del perfil, la saturación de bases es mayor del 75% (hasta los 74 cm.), la CIC es alta >35 meq/100g. de suelo, el contenido de nitrógeno y fósforo es alto en la superficie decreciendo con la profundidad; todas estas características hacen que el suelo sea favorable para la mayoría de cultivos agrícolas, sin embargo debido a la baja estabilidad estructural y la baja Densidad aparente (1 gr./cm³) el suelo es moderadamente susceptible a la erosión, siendo de mucha importancia la incidencia de erosión eólica en la zona. Por lo anterior su uso recomendado sería el establecimiento de cultivos anuales y semiperennes combinados con árboles en arreglos de contribuyan a disminuir el alto riesgo de erosión.

PERFIL #8

I. INFORMACION ACERCA DEL SITIO DE LA MUESTRA:

- a. Número del perfil: 8
- b. Nombre del suelo: Las Mercedes
- c. Clasificación a nivel de generalización amplia:
USDA : Andic Calcicustolls
FAO : Chernozems calcárico
- d. Fecha de observación: 23-05-97
- e. Autores: Juan Velásquez, Ignacio Rodríguez, Jannette Gutiérrez.
- f. Ubicación del perfil: Costado sur este de la Hacienda Las Mercedes.
- g. Altitud: Aproximadamente 50 msnm.
- h. Forma del terreno:
 - i) Posición fisiográfica: Planicie lacustre
 - ii) Forma del terreno circundante: plano a casi plano
 - iii) Microtopografía: influenciada por actividad biológica.
- i. Pendiente donde el perfil está situado: 1% "A"
- j. Uso de la tierra: Los terrenos están siendo utilizados para la siembra extensiva de cultivos anuales (maíz, yuca) y semi-perennes (musáceas) a manera de huerto. Otras áreas del mismo suelo se encuentran bajo pasto mejorado.
- k. Clima: Se tomaron datos de la estación meteorológica ubicada en el Aeropuerto Augusto César Sandino. En esta zona las precipitaciones promedios son de 1101 mm/año, las temperaturas promedios de 26.8 °C., la humedad relativa de 75.41%, vientos con una velocidad promedio de 2.36 m/s. Se presenta una estación seca y una lluviosa; ésta última inicia en Mayo y finaliza en Octubre, durante este periodo se produce un periodo seco conocido como canícula que va del 15 de Julio al 15 de Agosto en la mayoría de los años.

II. INFORMACION GENERAL ACERCA DEL SUELO:

- a. Material originario: Sedimentos aluviales y lacustres (cenizas volcánicas y arcillas).
- b. Drenaje: Moderadamente bien drenado (Clase 3 -FAO, 1977).
- c. Condiciones de humedad en el perfil: Seco 80 cm. superficiales y húmedo el resto del perfil.
- d. Profundidad de la capa friática: Menor de 50 m.
- e. Presencia de piedras en la superficie o afloramientos rocosos: Ninguna.
- f. Evidencia de erosión: Leve.
- g. Presencia de sales o alcalis: Se observó fuerte reacción al HCl a partir de los 33 cm.
- h. Influencia humana: Sí. Alteración de la capa superficial del suelo por el laboreo.

III. BREVE DESCRIPCION DEL PERFIL:

Se trata de un suelo moderadamente profundo, de colores en húmedo grisáceo muy oscuro a pardo grisáceo oscuro, de textura franco arcillosa que varía a franco y franco arenosa, con una densidad aparente de 0.91 gr/cm³; la estructura es granular en la superficie y en bloques sub-angulares en el resto del perfil. El drenaje es moderadamente bien drenado y es común observar en el perfil fuerte reacción al HCl por la presencia de carbonatos de calcio.

IV. DESCRIPCION DEL PERFIL:

Horizonte

Profundidad (cm)

DESCRIPCION

Ahp 0-33cm. Color en seco pardo grisáceo oscuro (10YR 4/2), en húmedo gris muy oscuro (10YR 3/1); franco arcilloso; estructura fuerte, granular y en bloques sub-angulares finos; adherente, plástico, friable y duro; muchos poros muy finos, finos, medianos y gruesos, discontinuos, caóticos, inped y exped, tubulares, simples; presencia de nidos de insectos y mudas; comunes raíces finas, medianas y gruesas; límite neto y plano; pH moderadamente alcalino (7.6).

- Bw 33-65cm. Color pardo en seco (10YR 5/3), en húmedo pardo grisáceo muy oscuro (10YR 3/2); franco; estructura moderada en bloques sub-angulares gruesos; ligeramente adherente, ligeramente plástico, friable y blando; muchos microporos y poros muy finos, finos y medianos, discontinuos, caóticos, inped y exped, tubulares, simples; ligeramente calcáreo; pocas raíces medianas; límite gradual, ondulado; pH fuertemente alcalino (8.7).
- C₁k 65-82cm. Color en seco gris parduzco claro (2.5Y 6/2), en húmedo pardo grisáceo oscuro (2.5Y 4/2); franco; estructura moderada, en bloques sub-angulares gruesos; ligeramente adherente, ligeramente plástico, friable y blando; muchos poros finos y medianos, discontinuos, caóticos, inped y exped, tubulares, simples; calcáreo; muy pocas raíces medianas; límite neto, ondulado; pH fuertemente alcalino (8.9).
- C₂k 82-105cm. Color en seco pardo olivo claro (2.5Y 5/3), en húmedo pardo grisáceo oscuro (2.5Y 4/2); franco arenoso; estructura moderada, en bloques sub-angulares medianos; no adherente, no plástico, friable y ligeramente duro; frecuentes poros muy finos, finos y medianos, discontinuos, caóticos, inped y exped, tubulares, simples; calcáreo; pocas raíces finas y medianas; límite neto, plano; pH fuertemente alcalino (8.9).
- 2C 105-130cm. Color en húmedo pardo olivo (2.5Y 4.3); franco arenoso; estructura moderada, en bloques sub-angulares, medianos; no adherente, no plástico, friable, ligeramente duro; pocos poros muy finos, finos y medianos, discontinuos, caóticos, inped y exped, tubulares, simples; ligeramente calcáreo; pocas raíces medianas.

V. CARACTERÍSTICAS INTERPRETADAS DEL SUELO:

El suelo es moderadamente profundo, moderadamente bien drenado, de textura media a fina, contenido de materia orgánica medio a alto, de pH fuertemente alcalino, la CIC es alta en todo el perfil, observándose bien estructurado probablemente relacionado con una alta actividad biológica (principalmente lombrices) y la presencia de calcio. Debido a la alcalinidad de éstos suelos y al drenaje moderado, los suelos presentan una moderada aptitud para uso agrícola (limitada a especies tolerantes a las sales) y alta vocación para uso ganadero, pudiéndose adaptar especies mejoradas de pastos y especies forrajeras que toleren la presencia de sales y la humedad del suelo. Es importante considerar en el manejo de éstos suelos la baja densidad aparente del suelo que lo hace susceptible a la erosión.

PERFIL 1. Las Nubes (Typic Durustands)

Horizonte	Profundidad (cm.)	Características químicas													GRANULOMETRIA				DENSIDAD APARENTE gr/cm ³
		pH (H ₂ O)	Mat. Org.	C.O.	Nitrógeno	Fósforo	Potasio	Calcio	Magnesio	Sodio	CIC	% Sat. BASE	SUMA DE BASE	PSI	A	L	s	TEXTURA	
A	0-29	5.7	11.6	6.72	0.58	1.0	0.05	12.98	1.87	0.0	61.7	24.15	14.9	0.0	12.5	35	52.5	fa	0.67
Bw	29-52	5.6	7.94	4.6	0.39	1.0	0.04	28.64	6.35	0.13	18.07	194.5	35.16	0.71	7.5	47.5	45	f	0.67
Bm	52-75	masivo	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	masivo	masivo
2C	75-98	6.2	1.84	1.06	0.09	5.6	0.09	2.75	0.64	0.0	5.02	69.32	3.48	0.0	72	26	2	sl	—

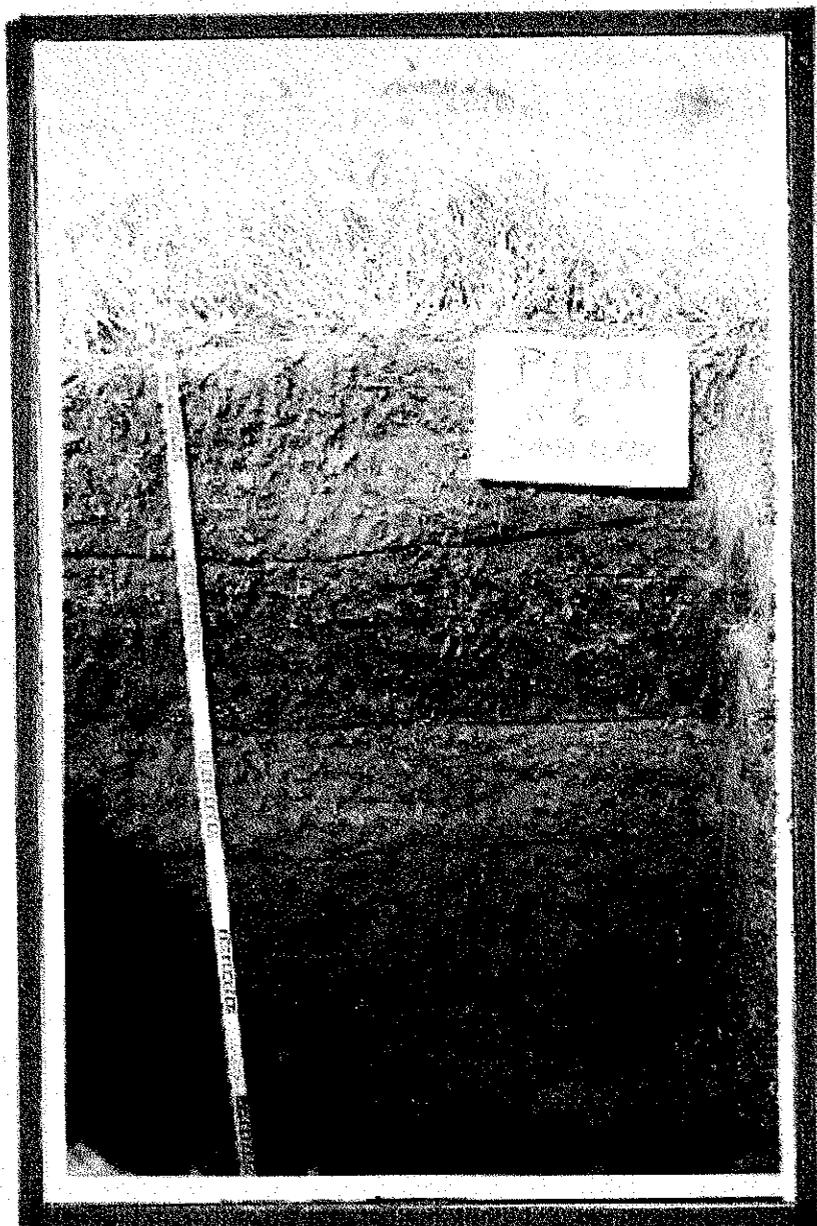
PERFIL 2. LAS PAVAS (Humic Haplustands)

Horizonte	Profundidad (cm.)	Características químicas													GRANULOMETRIA				DENSIDAD APARENTE gr/cm ³
		pH (H ₂ O)	Mat. Org.	C.O.	Nitrógeno	Fósforo	Potasio	Calcio	Magnesio	Sodio	CIC	% Sat. BASE	SUMA DE BASE	PSI	A	L	s	TEXTURA	
A1	0-8	5.8	9.42	5.46	0.47	4.0	0.52	26.73	5.28	0.0	58.0	56.08	32.53	0.0	10	37.5	52.5	fa	0.66
A2	8-25	6.1	5.21	3.02	0.26	1.0	0.29	10.33	2.52	0.22	36.2	36.9	13.36	0.60	7.5	35	57.5	fa	0.66
Bw1	25-44	6.0	8.18	4.74	0.4	0.79	0.24	18.38	2.97	0.0	58.1	37.16	21.59	0.0	7.5	37.5	55	fa	0.66
Bw2	44-60	6.0	4.09	2.37	0.2	1.0	0.42	8.79	3.02	0.0	48.3	25.32	12.23	0.0	7.5	35	57.5	fa	0.67
BC	60-86	6.1	2.23	1.29	0.11	1.0	0.88	19.2	5.6	0.14	35.6	75.52	25.82	0.39	7.5	35	57.5	fa	0.66
C	86-110	6.4	1.48	0.85	0.07	1.0	0.03	16.5	3.63	0.03	46.2	45.04	20.81	0.06	10	35	55	fa	—



Características relevantes de los suelos Calcic haplustands

Características	Perfil # 5 El Rodas Calcic Haplustands	Observaciones
Textura	Franco-Arenosa	A lo largo del perfil
Densidad Aparente	1.3 gr/cm ³	Medio
Profundidad	40-60 cm	Poco profunda
Drenaje	Clase 4 (FAO, 1977)	Bien drenado
Materia Orgánica	4.3% (0-10 cm)	Alto en la superficie y bajo en el resto del perfil
Carbono Orgánico	2.5% (0-10 cm)	Distribución normal
Acidez (pH _{1:1})	7.5 (promedio)	Ligeramente ácido a través del perfil
% Saturación de Bases	92.9%	Muy alto en promedio a través del perfil
Capacidad de Intercambio Catiónico (meq/100g suelo)	35.6	Alto En promedio a través del perfil
Nitrogeno	0.21% (0-10 cm) 0.14% (10-30 cm) 0.05% (30-71 cm)	Alto Medio Bajo en el resto del perfil
Fósforo	13 ppm (0-10 cm) 1.6 ppm (10-106 cm)	Medio en la superficie Bajo en el resto del perfil



Características texturales de los suelos Thapic epiaquandis

Característica	Perfil # 8 Santa Elena Thapic epiaquandis	Observaciones
Textura	Franco arenoso	A través de perfil en la superficie textual algo de "a a"
Densidad aparente	0.90 g/cm ³	Fina
Porosidad	50-55%	Mediamente suelta
Clases	Clase I PAC 1957	En su mayor parte
Medida Orgánica	1.5% (0-15 cm) 1.4% (15-30 cm) 1.0% (30-100 cm)	Mediana superficial Alta en el suelo Baja en el resto de perfil
Capas de coque	1 (0-15 cm) 3 (15-30 cm) 2 (30-100 cm)	En su mayor parte de coque (algunas)
Acidez (pH-H ₂ O)	5.8 (0-15 cm) 6.0 (15-100 cm)	Resistencia alta en la superficie del suelo y menor en el resto de perfil
% Saturación de bases	99	Muy alta en promedio a través del perfil
Capacidad de intercambio Cationes (meq/100 g suelo)	21 (0-15 cm) 26 (15-100 cm)	Muy alta en la superficie Alta en el resto de perfil
Amargor	0.11 (0-15 cm) 0.27 (15-30 cm)	Mediana superficial Alta en el resto de perfil con la saturación
Mediana	3 mm (0-15 cm) 21 mm (15-30 cm)	Alta en la superficie Alta en el resto de perfil hasta 30 cm. Disminuye con la profundidad
PS	2.33%	Alta en la superficie

PERFIL 7. SABANA GRANDE

(Vitric Haplustands)

Horizonte	Profundidad (cm.)	Características químicas												GRANULOMETRIA				DENSIDAD APARENTE gr/cm ³	
		pH (H ₂ O)	Mat. Org.	C.O.	Nitrógeno	Fósforo	Potasio	Calcio	Magnesio	Sodio	CIC	% Sat. BASE	SUMA DE BASE	PSI	A	L	s		TEXTURA
A1	0-16	6.3	3.84	2.24	0.19	41.0	0.96	28.94	5.81	0.02	37.0	96.56	35.73	0.05	12.5	45	65	F	1.00
A2	16-45	6.3	4.59	2.66	0.22	19.0	0.81	29.48	6.18	0.0	46.9	77.76	36.47	0.0	15	45	40	F	0.96
Bw	45-74	6.7	3.22	1.86	0.16	4.0	0.11	30.83	6.71	0.25	42.0	9.23	37.9	0.59	2.5	32.5	65	Fa	0.90
C	74-100	6.7	1.61	0.93	0.08	2.0	0.05	3.41	0.69	0.1	56.3	8.02	4.52	0.18	0	22.5	77.5	af	----

PERFIL 8 LAS MERCEDES

(Andic Haplustolls)

Horizonte	Profundidad (cm.)	Características químicas												GRANULOMETRIA				DENSIDAD APARENTE gr/cm ³	
		pH (H ₂ O)	Mat. Org.	C.O.	Nitrógeno	Fósforo	Potasio	Calcio	Magnesio	Sodio	CIC	% Sat. BASE	SUMA DE BASE	PSI	A	L	s		TEXTURA
Ab	0-33	7.6	3.28	1.90	0.16	5.97	1.10	31.31	11.91	0.47	42.1	106.4	44.79	1.12	32.5	37.5	30	F/A	0.91
Bwk	33-65	8.7	2.16	1.25	0.10	1.13	1.30	42.26	12.44	1.35	42.2	135.9	57.35	3.20	37.5	37.5	40	F	0.90
C1	65-82	8.9	1.83	1.06	0.09	1.07	1.21	14.86	5.39	1.07	38.2	60.94	23.28	2.80	7.5	35	57.5	F	0.90
C2k	82-105	8.9	6.52	3.78	0.32	1.25	0.96	35.5	13.11	5.39	70.8	71.52	50.64	7.61	12.5	40	47.5	Fa	



Características relevantes de los suelos Vitric Haplustandos

Característica	Perfil A T Sabana Grande Vitric Haplustand	Observaciones
Textura	Fraco (0-45 cm)	Varía con la profundidad a franco arenoso a arenoso franco
Densidad aparente	0.89 g/cm ³	Baja en la superficie (0-45 cm)
Profundidad	00-90 cm	Mayormente arcillosa
Drenaje	Clase 4 (P60-70%)	Un drenado
Materia Orgánica	4.2 % (0-45 cm)	Alta en la superficie del suelo en el horizonte A0
Capacidad Orgánica	2.48 % (0-45 cm)	Decreciente con la profundidad
Acidez (pH)	5.5	En promedio ligeramente ácido
Relación de bases	2.15	Mucha en la superficie hasta el horizonte A1 donde decrece a 2.00
Capacidad de intercambio catiónico (meq/100g suelo)	37.0 (0-45 cm) 48.0 (45-90 cm)	Alta en la superficie y A1. Alta en el resto del perfil
Nitrógeno	0.2 (0-45 cm)	Alto en la superficie decreciendo con la profundidad
Fosforo	1 ppm (0-45 cm)	Alto en la superficie decreciendo con la profundidad hasta 2 ppm entre las 14-222 cm
pH	6.2 %	Alta en la superficie

PERFIL 9 TERRAZAS LACUSTRES (Petrocalcic Endoaquands)

Horizonte	Profundidad (cm.)	Características químicas													GRANULOMETRIA				DENSIDAD APAR. gr/cm ³	
		pH (H ₂ O)	Mat. Org.	C.O	Nitrógeno	Fósforo	Potasio	Calcio	Magnesio	Sodio	CIC	% Sat. BASE	SUMA DE BASE	CE mS/cm	PSI	A	L	a		TEXTURA
A1	0-10	9.2	3.42	1.98	0.17	16	1.38	11.87	10.67	1.5	23.6	107.7	25.42	1.21	6.36	27.5	22.5	50	FAa	0.97
A2	10-21	9.2	2.08	1.20	0.10	12	1.21	10.65	8.31	1.11	20.5	203.8	41.78	0.72	5.41	20	7.5	72.5	Fu	1.00
C	21-47	8.3	0.67	0.39	0.03	11.1	1.0	11.75	7.3	0.84	19.6	106.6	20.89	0.26	4.28	17.5	22.5	60	Fa	---
2Cmk	47	SATURADO TOTALMENTE POR AGUA - NIVEL FREATICO																		

ANEXO III

METODOLOGIAS DE LABORATORIOS Y BIBLIOGRAFIA UTILIZADA PARA LA DETERMINACION DE LAS CARACTERISTICAS DE LOS SUELOS:

- _ **Fuente (datos analíticos):** Todos los análisis fueron realizados en el Laboratorio de Suelos y Agua. Universidad Nacional Agraria.
- _ **Textura:** Se clasificó según el triángulo de texturas (USDA)
- _ **Densidad aparente:** Se determinó el peso del suelo secado al horno a 105° durante 24 horas y dividió el valor obtenido entre el volumen del cilindro. El resultado se expresó en gr/cm^3 .
- _ **Profundidad:** Se consideró la profundidad efectiva determinada por la suma de los horizontes A y B.
- _ **Drenaje:** Se clasificó de acuerdo al Manual para descripción de perfiles de suelos. FAO, 1977.
- _ **Materia Orgánica:** Se clasificó según Quintana *et al.*, 1983; se determinó mediante el método Walkey and Black, (Año).
- _ **Carbono Orgánico:** Se clasificó según Quintana *et al.*, 1983. El contenido se obtuvo dividiendo el contenido de materia orgánica entre el factor 1.724. Se expresó en porcentaje.
- _ **Acidez:** Se determinó en H_2O (Relación Suelo:Agua 1:2.5). Se clasificó según Quintana *et al.*, 1983.
- _ **Porcentaje de Saturación de bases:** Las bases se obtuvieron por el método del Acetato de Amonio y se clasificó según IGAC, 1973.
- _ **Capacidad de Intercambio Catiónico (CIC):** Quintana *et al.*, 1983. Se determinó mediante el método del Acetato de Amonio.
- _ **Nitrógeno:** Clasificado según Quintana *et al.*, 1983. Se determinó en Laboratorio por el método Kejlalsh, (año).
- _ **Fósforo:** Clasificado según Quintana *et al.* Se determinó el fósforo disponible mediante el método Olsen modificado (año).
- _ **PSI (Porcentaje de Sodio Intercambiable):** Se determinó dividiendo el contenido de Sodio entre la CIC y multiplicando el resultado por 100. Se clasificó en base documento para la Amplicación del estudio base suelos del Ministerio de Desarrollo Agropecuario y Reforma Agraria. Dirección de Suelos y Aguas, 1983.

ANEXO IV

PENDIENTE DEL CAUCE PRINCIPAL DIVIDIDA EN SEGMENTOS

$$S1 = \frac{56.33 \text{ mts}}{3000 \text{ mts}} = 1.87 \%$$

$$S2 = \frac{78.96 \text{ mts}}{3000 \text{ mts}} = 2.63 \%$$

$$S3 = \frac{144 \text{ mts}}{3000 \text{ mts}} = 3.8 \%$$

$$S4 = \frac{149 \text{ mts}}{3000 \text{ mts}} = 4.99 \%$$

$$S5 = \frac{224.57 \text{ mts}}{3000 \text{ mts}} = 7.48 \%$$

$$S6 = \frac{238 \text{ mts}}{3000 \text{ mts}} = 7.93 \%$$

$$S7 = \frac{296.3 \text{ mts}}{3000 \text{ mts}} = 9.87 \%$$

$$S8 = \frac{300 \text{ mts}}{3000 \text{ mts}} = 10 \%$$

$$S9 = \frac{400.83 \text{ mts}}{3000 \text{ mts}} = 13.36 \%$$

$$S10 = \frac{545.5 \text{ mts}}{3000 \text{ mts}} = 18.15$$

$$S11 = \frac{683.47 \text{ mts}}{3000 \text{ mts}} = 22.78 \%$$

$$S12 = \frac{814.5 \text{ mts}}{3000 \text{ mts}} = 27.15 \%$$

ANEXO V

CALCULO DE LA CAPACIDAD DE RETENCION DE HUMEDAD DE LOS SUELOS DE LA SUB-CUENCA III

Se determinó de acuerdo a las características físicas (Da, CC, PMP Y Profundidad efectiva) de los perfiles representativos de los suelos de la región.

$$\text{Las Nubes : RH} = \frac{(18.1\% - 6.1\%) * 0.67\text{gr/cm}^3 * 52\text{ cm}}{100} = 39.37\text{ mm}$$

$$\text{Lasa Pavas : RH} = \frac{(18.1\% - 6.1\%) * 0.66\text{gr/cm}^3 * 86\text{ cm}}{100} = 64.14\text{ mm}$$

$$\text{San Ignacio : RH} = \frac{(14.7\% - 4.5\%) * 1.02\text{gr/cm}^3 * 72\text{ cm}}{100} = 74.91\text{ mm}$$

$$\text{Ticuanatepe : RH} = \frac{(19.8\% - 7.9\%) * 0.95\text{gr/cm}^3 * 72\text{ cm}}{100} = 81.39\text{ mm}$$

$$\text{Sabana Grande : RH} = \frac{(18.1\% - 7.9\%) * 1\text{gr/cm}^3 * 100\text{ cm}}{100} = 113\text{ mm}$$

$$\text{Santa Elena : RH} = \frac{(19.8\% - 7.9\%) * 0.96\text{gr/cm}^3 * 100\text{ cm}}{100} = 114.24\text{ mm}$$

$$\text{El Rodeo : RH} = \frac{(14.7\% - 4.5\%) * 1.3\text{ gr/cm}^3 * 46\text{ cm}}{100} = 60.99\text{ mm}$$

$$\text{Las Mercedes : RH} = \frac{(19.8\% - 7.9\%) * 0.91\text{gr/cm}^3 * 82\text{ cm}}{100} = 88.8\text{ mm}$$

ANEXO VI

CONDICIONES DE HUMEDAD DE LOS SUELOS TROPICALES SEGÚN SU TEXTURA

<u>TEXTURA</u>	<u>CC</u>	<u>PMP</u>	<u>H⁰ APRVECHABLE</u>
Arena fina`	8.5	2.3	6.2
Migajón arenoso	11.3	3.4	7.9
Migajón arenoso fino	14.7	4.5	10.2
Franco	18.1	6.8	11.3
Migajón limoso	19.8	7.9	11.9
Migajón arcilloso	21.5	10.2	11.3
Arcilla	22.6	14.7	7.9

(Según Ortiz - Villanueva y Ortiz Solorio, 1990)

ANEXO VII

MEDIAS ANUALES DE PRECIPITACION Y TEMPERATURA EN LA SUBCUENCA III

ESTACION METEOROLOGIC A	POSICION GEOGRAFICA (msnm)	PP MEDIA Anual (mm)	T ^o MEDIA Anual (C ^o)	PERIODO
<i>AEROPUERTO INTENACIONAL DE MANAGUA</i>	Lat: 12 ^o 08'N Long: 86 ^o 09'W Elevac: 56	1108	26.8	1957-1996
<i>TICUANTEPE</i>	Lat: 12 ^o 01'N Long: 86 ^o 12'W Elevac: 280	1190	25.5	1984-1995
<i>CASA COLORADA</i>	Lat: 11 ^o 58'N Long: 86 ^o 18'W Elevac: 910	1680	21.5	1964-1995
<i>R.U.R.D</i>	Lat: 12 ^o 06'N Long: 86 ^o 16'W Elevac: 200	1039	27	1975-1988
<i>MASATEPE</i>	Lat: 11 ^o 54'N Long: 86 ^o 08'N Elevac: 450	1406	24.4	1963-1995
<i>SAIMSA</i>	Lat: 11 ^o 57'N Long: 86 ^o 06'W Elevac: 3310	1081.5	26	1985-1995
<i>MASAYA</i>	Lat: 11 ^o 59'N Long: 86 ^o 06'W Elevac: 250	1288	26	1977-1994

INETER 1957 - 1996

ANEXO VIII

VARIABLES CLIMATICAS UTILIZADAS PARA EL CALCULO DE LA ETP.

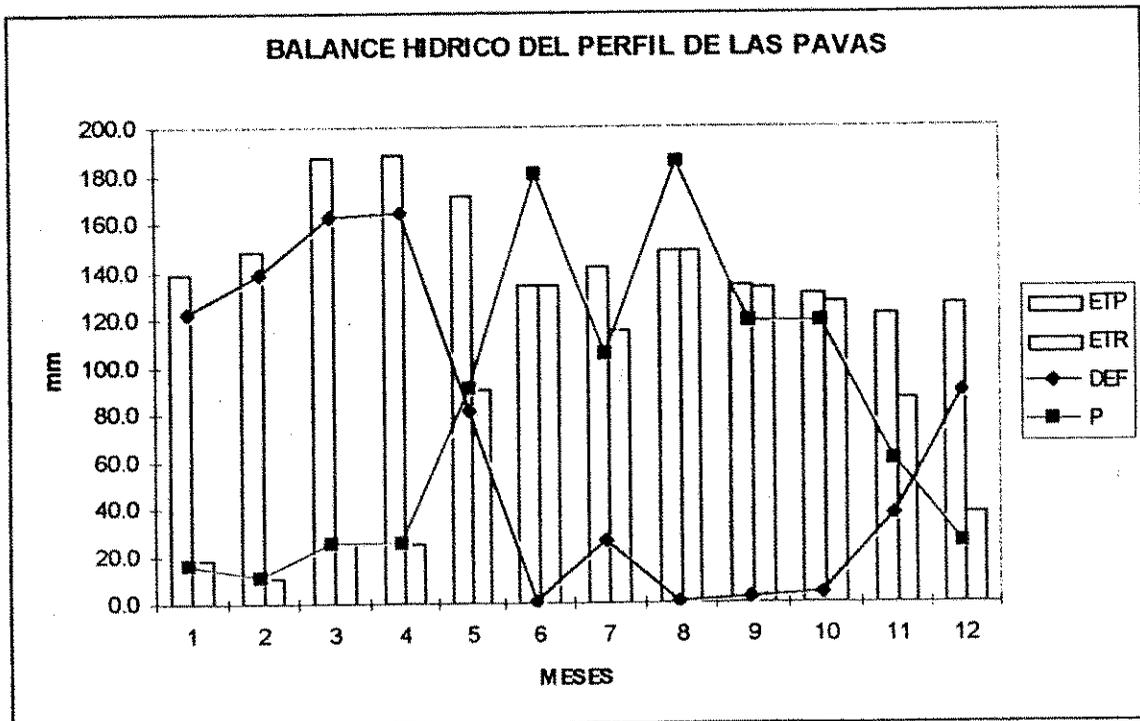
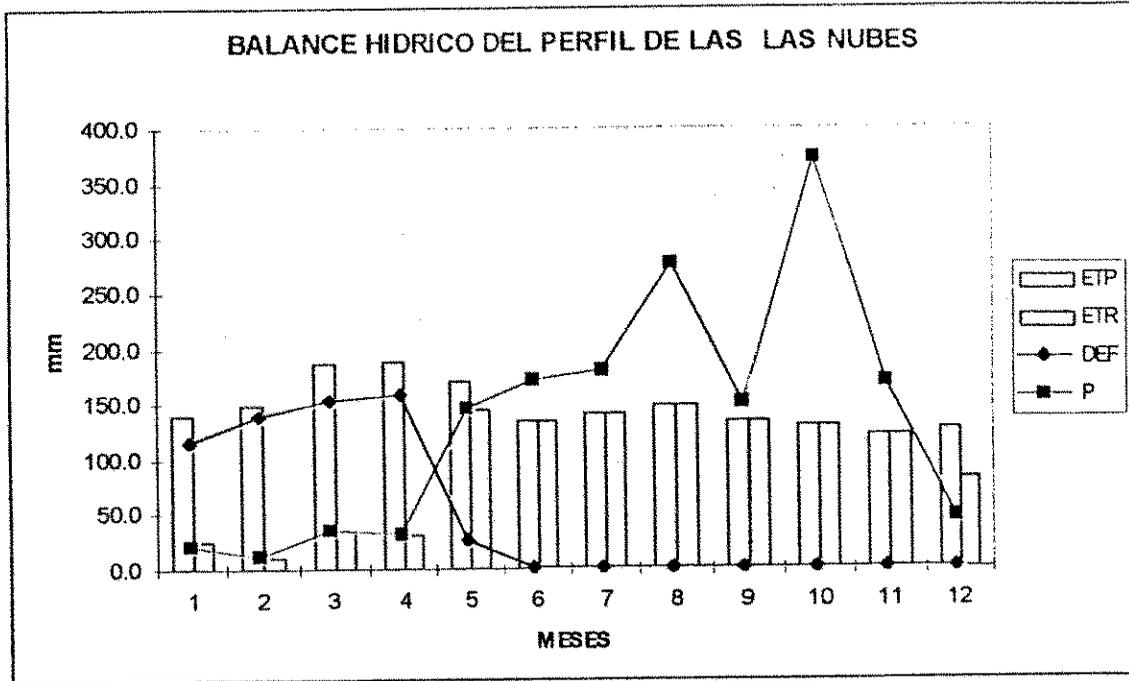
ESTACION AEROPUERTO INTERNACIONAL DE MANAGUA.

MES	T° MEDIA C°	VELOC.MED VIENTO (m/seg)	HUMEDAD RELATIVA %	INSOLACION (hrs/día)	PRECIPITACION (mm)
ENERO	25.8	2.9	71	7.79	4
FEBRERO	26.6	3.3	67	8.52	2
MARZO	27.9	2.5	65	8.77	4
ABRIL	28.8	1.9	64	8.26	10
MAYO	28.7	2.2	72	6.89	135
JUNIO	26.8	2.0	82	5.22	197
JULIO	26.4	1.6	81	5.47	136
AGOSTO	26.5	1.3	81	6.42	147
SEPT.	26.3	1.6	83	6.0	204
OCT.	26.1	1.3	84	6.35	197
NOV.	26	1.6	80	7.22	5
DIC.	25.6	2.4	75	7.43	10

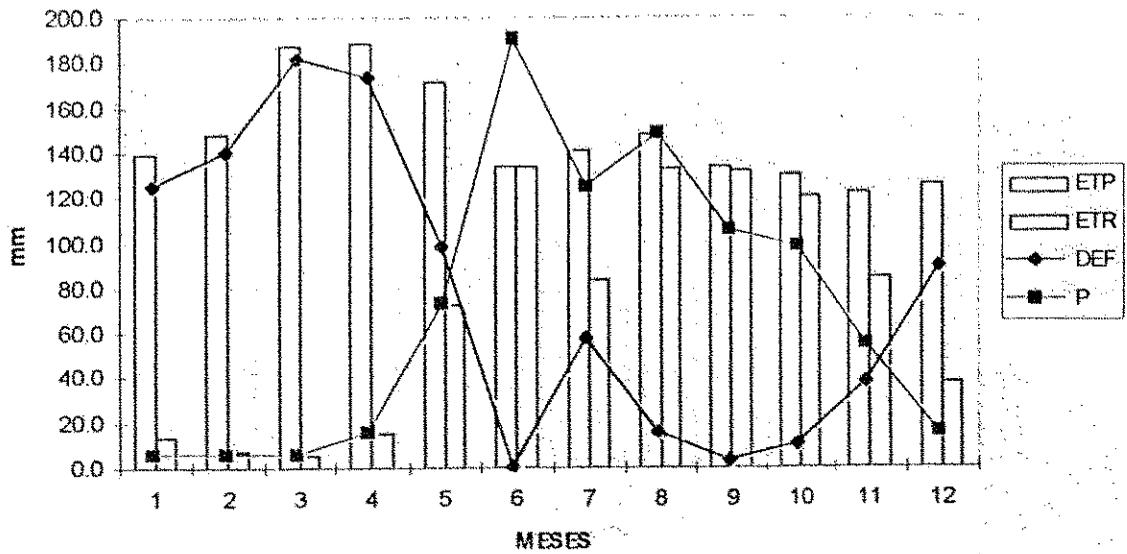
INETER 1957 - 1996

ANEXO IX

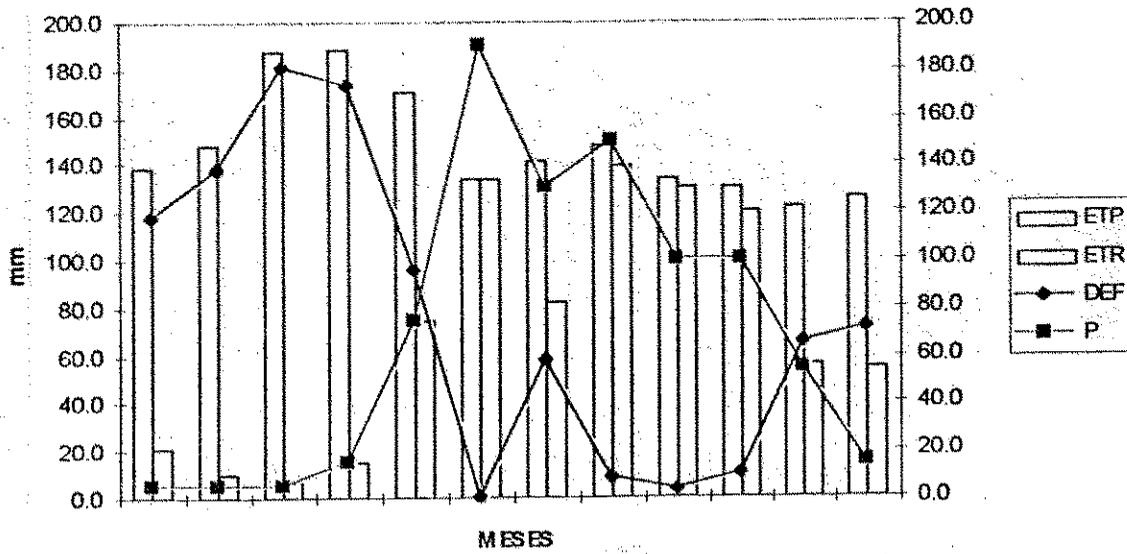
GRAFICOS DE LOS BALANCES HIDRICOS DE LOS SUELOS DE LA SUBCUENCA III DE LA CUENCA SUR DEL LAGO DE MANAGUA



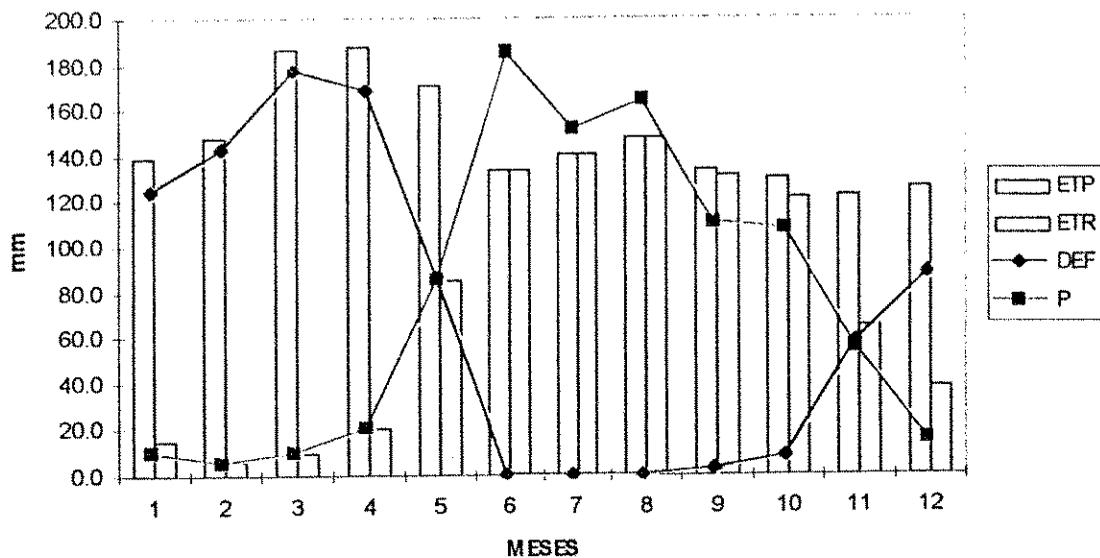
BALANCE HIDRICO DEL PERFIL DE SABANA GRANDE



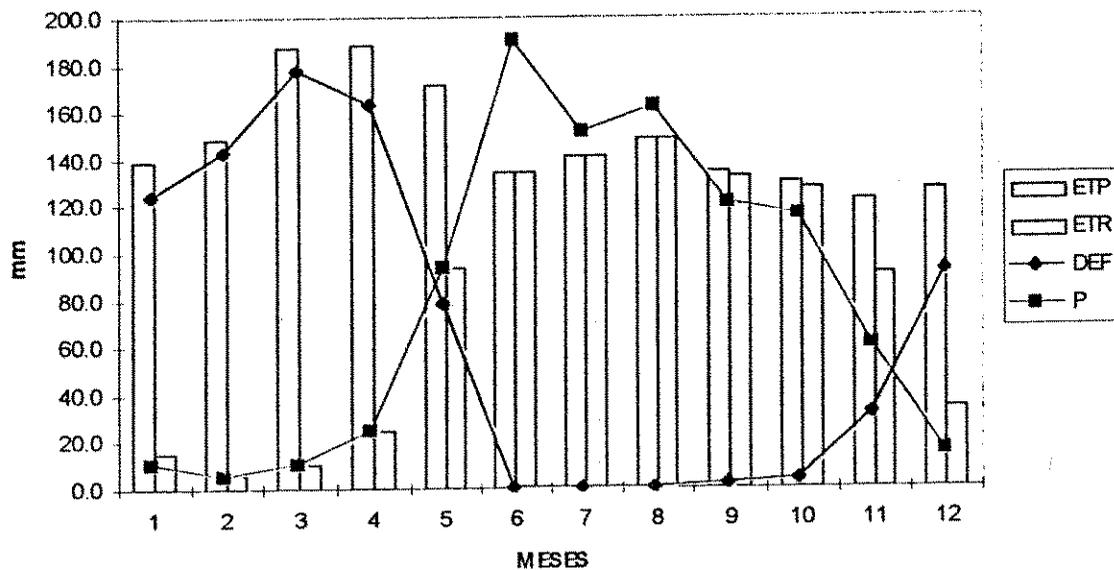
BALANCE HIDRICO DEL PERFIL DE SANTA ELENA



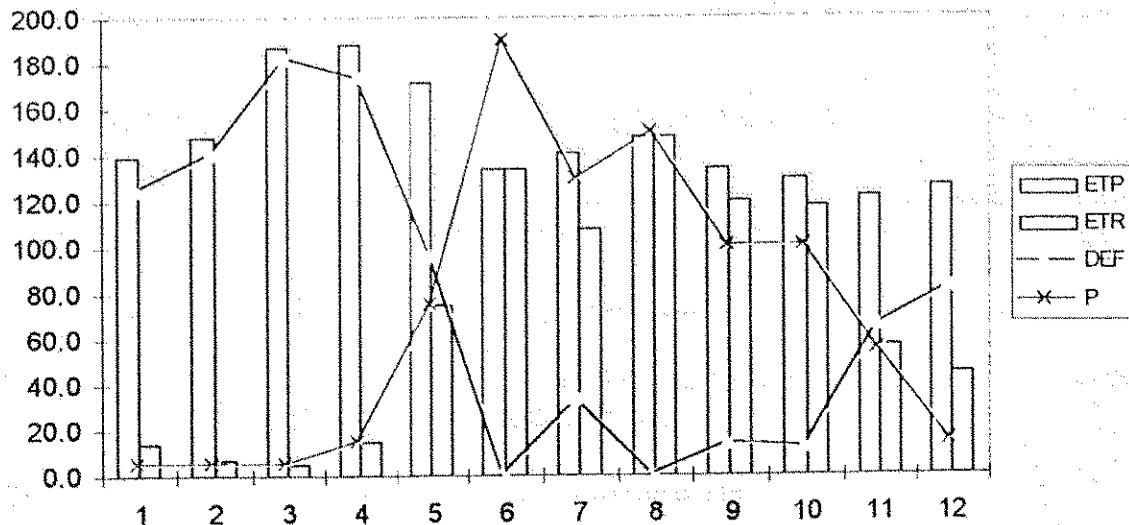
BALANCE HIDRICO DEL PERFIL DE SAN IGNACIO



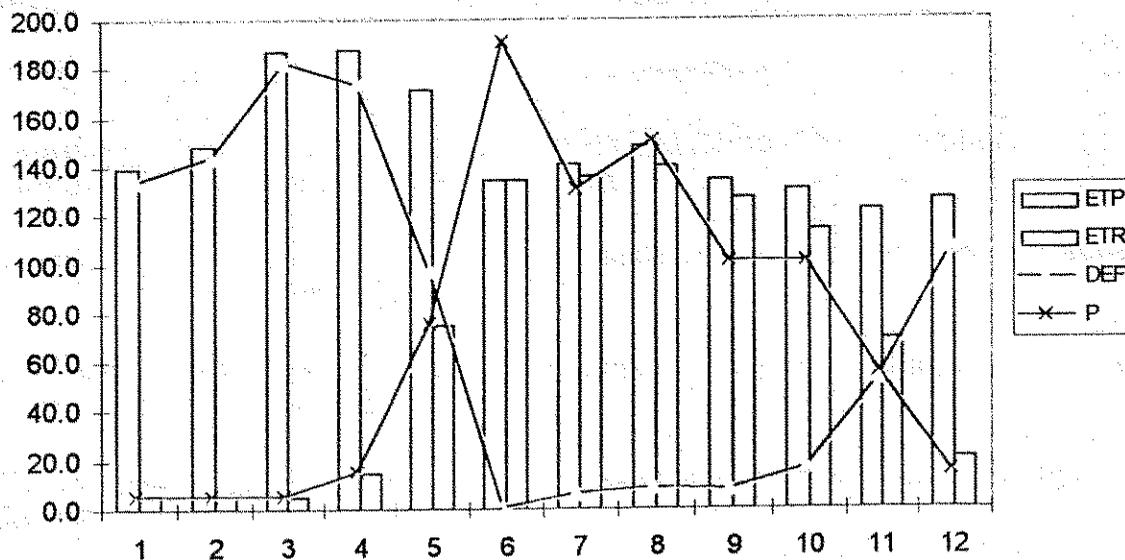
BALANCE HIDRICO DEL PERFIL DE TICUANTEPE



BALANCE HIDRICO DEL PERFIL DE LAS MERCEDES



BALANCE HIDRICO DEL PERFIL DEL BARRIO EL RODEO



ANEXO X

IMPORTANCIA DE LAS VARIABLES MEDIDAS EN EL ANALISIS DE AGUAS (Según Estrada, 1986).

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

ANEXO N° XI

ESPECIES ADAPTADAS A CATEGORIAS CLIMATICAS DEL BOSQUE SECO TROPICAL, CARACTERISTICAS DE SUELOS Y TIPOS DE ADAPTABILIDAD.

ESPECIES		CLIMA		CARACTERISTICAS DE SUELOS	
Nombre común	Nombre científico	T° promedio C°	pp (mm) promedio	textura	profundidad (cm)
Especies agrícolas					
Ajonjolí	Sesamun indicum	21-27	400-700	Fr-Arc, Fr	+ 30
Algodón	Gossypium sp	24-27	650- +750	Fr, Are-Fr	+ 60
Arroz	Oriza sativa	24-28	700-1000	Fr-Are, Arc-Fr	+30
Banano	Musa sapientum	22-30	1800-3000	Fr-Are, FrArc,	+ 60
Caimito	Chrysophillum caimito	25-30	800-1200	Fr, Fr-Are, Arc- Fr,	+80
Cebolla	Allium cepa	21-26	600-1500	Francos	+ 30
Cítricos	varias especies	21-27	1200-2500	Fr, Fr-Are	Fr, Are-Fr
Frijol	Phaseolus vulgaris	20-27	200-700	Fr, Are-Arc	+ 40
Maíz	Zea mays	15-28	700-1000	Fr, Are-Fr	+ 40
Maní	Arachis binogna	22-28	400-700	Fr, Are, Are-Fr,FrAre	+40
Malanga					
Mandarina					
Mamón	Melicocus bijugatus	22-25	800-1800	variada	+ 80
Melón	Cucumis melo	21-27	400-700	Fr, Are-Fr	Fr, Are-Fr
Naranja dulce					
Papaya	Carica papaya	22-25	1500-3000	Fr, Fr-Are	+60
Piña	Ananas comosus	23-28	1500-3000	Fr,Are-Fr	+60

Pitahaya	<i>Cereus pentagonus</i>	22-27	750-2000	Fr, Fr-Are, Fr-Arc	+60
Pijivay	<i>Bactris gasipae</i>	22-27	750-2000	Fr, Fr-Are	+60
Quequisque		+23	2000-3500	Fr, Are, Fr-Are	+40
Sandía					
Sorgo	<i>Sorgum vulgare</i>	24-38	700-1000	Fr, Are-Fr	+40
Soya	<i>Soja sativa</i>				
Yuca	<i>Manihot utilisima</i>	+23	1500-3500	Fr, Fr-Are	+40
ESPECIES FORESTALES	especies adaptadas a condiciones de : pp 750 = 1250mm, T⁰ = 26 - 30 C⁰ elevación de 0 - 500msnm.				
Acacia	<i>Acacia auricuformis</i>				
Almendro	<i>Terminalia cotapa</i>				
Casia Amarilla	<i>Casia siamea</i>				
Caoba	<i>Switenia macrophilla</i>				
Cedro real	<i>Cedrela odorata</i>				
Chapernón negro	<i>Lonchocarpus Minimiflorus</i>				
Genizaro	<i>Pithecelobium saman</i>				
Guanacaste blanco	<i>Guanacaste blanco</i>				
Jiñocuabo	<i>Bursera simaruba</i>				
Laurel negro	<i>Cordia alliadora</i>				
Leucaena	<i>Leucaena diversifolia</i>				
Madero negro	<i>Gliricidia sepium</i>				
Madroño	<i>Calycophyllum cadissimum</i>				
Neem	<i>Azadirachta indica</i>				
Pochote	<i>Bombacopsis quinatum</i>				
Quebracho	<i>Lysiloma auritum</i>				
Roble	<i>Tabebuia rosea</i>				
Sardinillo	<i>Tacoma stans</i>				
Teca	<i>Tectona grandis</i>				

PASTOS

Bermuda	Cynodon dactilon
Buffel	Cenchiu s cilians
Estrella	Cynodon nlenfluesis
Guinea	
Rhodes	Ghloris gayana
Taiwan	

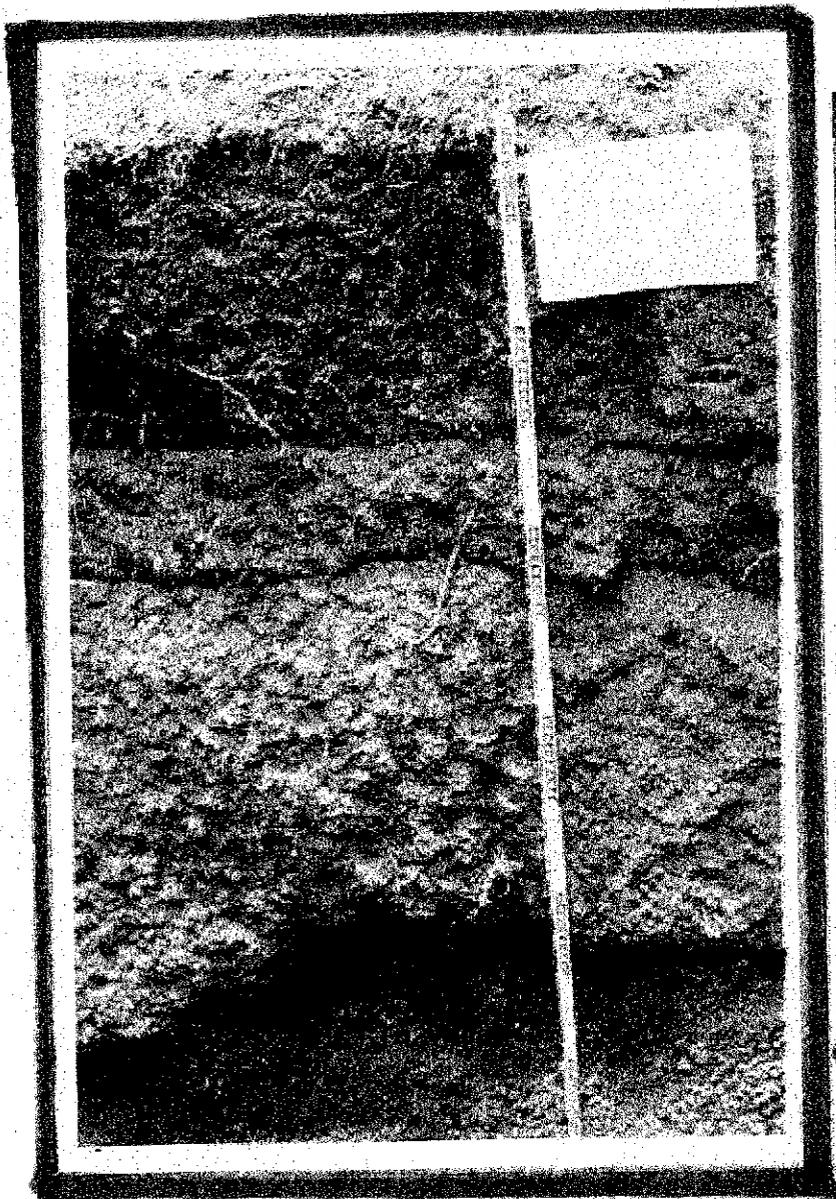
**ESPECIES ADAPTADAS A CATEGORIAS CLIMATICAS DEL BOSQUE HUMEDO REMONTANO SUB-TROPICAL,
CASRACTERICAS DE SUELOS Y TIPOS DE ADAPTABILIDAD**

ESPECIES		CLIMA		CARACTERÍSTICAS DE SUELOS	
NOMBRE COMUN	Nombre científico	T ⁰ promedioC ⁰	pp (mm) promedio	textura	profundidad (cm)
ESPECIES AGRICOLAS					
Arroz	Oriza sativa	24-28	700-1000	Fr-Are, Arc-Fr	+30
Banano	Musa sapientum	22-30	1800-3000	Fr-Are, FrArc,	+ 60
Cacao	Theobromo cacao	23-25	2000-2500	Fr, Arc, Are-Fr	+ 80
Café	Caffea arabica	19-24	1750-2750	Fr, Arc	+35
Cebolla	Allium cepa	21-26	600-1500	Francos	+ 30
Cítricos	varias especies	21-27	1200-2500	Fr, Fr-Are	+ 80
Malanga					
Mandarina					
Mamón	Melicocus bijugatus	22-24	800-1800	variada	+80
Naranja dulce					
Papa	Solanum tuberosum	18-23	750-2000	Francos	+60
Papaya	Carica papaya	22-25	1500-3000	Fr, Fr-Are	+60
Piña	Ananas comosus	23-28	1500-3000	Fr,Are-Fr	+60
Pitahaya	Cereus pentagonus	22-27	750-2000	Fr, Fr-Are, Fr- Arc	+60
Pijivay	Bactris gasipae	22-27	750-2000	Fr, Fr-Are	+60

Quequisque		+23	2000-3500	Fr, Fr-Are	+40
Sorgo	Sorghum vulgare	24-38	700-1000	Fr, Are-Fr	+40
Soya	Soja sativa				
Yuca	Manihot utilisima	+23	1500-3500	Fr, Fr-Are	+40
Zanahoria	Daucus carota	16-25	600-1500	Francos	+60
ESPECIES FORESTALES	Especies adaptadas a condiciones de : pp = 880 - 1880mm, T ⁰ = 21 - 24C ⁰ elevación de 300 – 1150msnm.				
Acacia	Acacia auriculiformis				
Casia Amarilla	Casia siamea				
Caoba	Switenia macrophilla				
Cedro real	Cedrela odorata				
Genizaro	Pithecelobium saman				
Guanacaste blanco	Guanacaste blanco				
Jiñocuabo	Bursera simaruba				
Laurel negro	Cordia alliodora				
Leucaena	Leucaena diversifolia				
Madero negro	Gliricidia sepium				
Matapalo	Ficus obtusifolia				
Neem	Azadirachta indica				
Palo de hule	Ficus obtusifolia				
Pochote	Bombacopsis quinatum				
Roble	Tabebuia rosea				
Sardinillo	Tacoma stans				
Teca	Tectona grandis				
Bermuda	Cynodon dactylon				
Buffel	Cenchiu cilians				
Estrella	Cynodon nlenfluesis				
Rhodes	Ghloris gayana				
Taiwan					

PASTOS

Bermuda	<i>Cynodon dactylon</i>
Buffel	<i>Cenchiu s cilians</i>
Estrella	<i>Cynodon nlenfluesis</i>
Guinea	
Rhodes	<i>Ghloris gayana</i>
Taiwan	



Características relevantes de los suelos Humil. Ustvitrandis.

Característica	Perfil # 3. San Ignacio H. de los Labradores	Observaciones
Textura	Fraguosa	4. grado de perfil
Densidad aparente	1.2 gr/cm ³	Rela. a la del perfil
Profundidad	4000 cm	Fondo pedregoso
Límites	Clares (EAG, 1977)	Alta zona yacimiento de agua
Medios Orgánicos	3.1% húmicos 4.7% celulósicos	Mucho en la superficie (Sabor y Anillo al agua del perfil)
Carbono Orgánico	1.2% húmicos 2.7% celulósicos	3.3% en 33-45% húmicos
Acidez (pH)	5.3	Incremento en la suelo
	6.2	Mediamente acido concentra los 40 cm
% Saturación de bases	34.8%	Alto en progreso a saber de perfil
Capacidad de intercambio Cationico (meq/100g suelo)	30.8	Alto en zona de perfil
Nitrogeno	0.10%	Mucho en la superficie y alta zona húmicos
	0.23%	Mucho en la zona de perfil
Fósforo	2.5%	Mucho en la zona de perfil



Características relevantes de los suelos Húmic durisoles.

Características	Perfil 4. Truquenseo Húmic Durisoles	Observaciones
Textura	Franco Arenoso	A lo largo del perfil. Gravas
Densidad aparente	0.95 g/cm ³	Baja
Profundidad	80-90 cm	Moderadamente oscurecido y tapetado dentro de los 100cm.
Drenaje	Clase 4 (FAO 1977)	Bien drenado
Materia Orgánica	5.0% (0-27 cm) 2.6 (27-72cm)	Alta en la superficie y baja en el resto del perfil
Carbono Orgánico	2.7% 1.7%	Distribución normal
Acidez del H ₂ O	6.5	Ligeramente ácido
% Saturación de Bases	13.7%	Muy alta en promedio a través del perfil
Capacidad de intercambio catiónico (meh-100g suelo)	37.0 48.0	Alta en 10cm. alta muy alta hasta los 57 cm
Nitrogeno	0.2%	Alta todo el perfil (normal)
Electrolitos	14 ppm (0-27cm) 2.6 ppm (27-72cm)	Baja Baja resto de perfil

PERFIL 5. EL RODEO

(Calcic Haplustads)

Horizonte	Profundidad (cm.)	Características químicas													GRANULOMETRIA				DENSIDAD APARENTE gr/cm ³	
		pH (H ₂ O)	Mat. Org.	C.O.	Nitrógeno	Fosforo	Potasio	Calcio	Magnesio	Sodio	CIC	% Sat. BASE	SUMA DE BASE	PSI	A	L	s	TEXTURA		
																				(%)
A1	0-13	7.3	4.34	2.51	0.21	13.0	1.49	20.02	6.43	0.0	41.1	67.98	27.94	0.0	7.5	32.5	6	Fa	0.9	
A2	13-30	7.4	2.85	1.65	0.14	1.0	1.21	19.01	6.99	0.09	37.7	72.41	27.3	0.23	7.5	20	72.5	Fa	1.3	
Bw	30-46	7.5	1.36	0.78	0.06	1.0	0.66	28.66	12.04	0.64	31.6	132.7	41.94	2.03	5	20	75	Fa	1.3	
C	46-71	7.8	1.03	0.59	0.05	1.0	0.60	29.01	9.33	0.85	40.3	98.73	39.79	2.10	---	---	---	Fa	---	
Cmk	71-108	Masivo	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

PERFIL 6. SANTA ELENA

(Thaptic Epiaquands)

Horizonte	Profundidad (cm.)	Características químicas													GRANULOMETRIA				DENSIDAD APARENTE gr/cm ³
		pH (H ₂ O)	Mat. Org.	C.O.	Nitrógeno	Fosforo	Potasio	Calcio	Magnesio	Sodio	CIC	% Sat. BASE	SUMA DE BASE	PSI	A	L	s	TEXTURA	
A	0-19	8.6	2.35	1.36	0.11	9.0	1.42	41.44	12.38	2.19	48.0	119.6	57.43	4.56	12.5	42.5	45	F	0.96
Bw1	19-37	8.1	5.45	3.16	0.27	31.0	1.29	43.94	11.99	1.18	60.3	96.84	58.40	1.96	27.5	52.5	20	FAL	0.90
Bw2	37-52	8.2	2.72	1.57	0.13	10.0	0.89	33.96	11.12	0.66	52.8	88.31	46.63	1.06	15	35	50	F	1.00
BC	52-69	8.3	1.11	0.64	0.05	8.0	0.79	31.84	11.36	0.74	43.6	102.6	44.73	1.70	7.5	32.5	60	Fa	---