



**Por un Desarrollo
Agrario Integral
y Sostenible**

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

Trabajo de Graduación

**Diagnóstico de suelos y aguas
superficiales de la subcuenca el
Río Waswalí, Matagalpa,
Nicaragua**

AUTOR:

**Norma Elena Reynosa
Correa**

ASESORES:

**Dra. Martha Orozco Izaguirre
Dr. Efraín Acuña Espinal**

**Managua, Nicaragua
Febrero 2014**



“ Por un Desarrollo Agrario
Integral y Sostenible ”

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

**Trabajo de Graduación
Para optar al grado de Ingeniero en Recursos
Naturales Renovables**

**Diagnóstico de suelos y aguas superficiales de la
subcuenca el Río Waswalí, Matagalpa, Nicaragua**

AUTOR

Br. Norma Elena Reynosa C.

ASESORES

**Dra. Martha Orozco Izaguirre
Dr. Efraín Acuña Espinal**

**Managua, Nicaragua
Febrero 2014**

INDICE DE CONTENIDOS

INDICE DE CONTENIDO	i
ÍNDICE DE CUADROS	ii
ÍNDICE DE FIGURAS	iii
ÍNDICE DE ANEXOS	iv
DEDICATORIA	v
AGRADECIMIENTOS	vi
RESUMEN	vii
ABSTRACT	viii
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. OBJETIVOS.....	3
2.1 Objetivo general:	3
2.1 Objetivos específicos.....	3
III. MATERIALES Y MÉTODOS.....	4
3.1 Ubicación y fecha del estudio:.....	4
3.3 Materiales y Métodos Utilizados.....	4
3.2.1. Fase I: Pre-campo:	5
3.2.2. Fase II: Campo	6
3.2.3. Fase III: Post campo	7
IV. RESULTADOS Y DISCUSION.....	18
4.1 Recursos edáficos	18
4.1.1. Fisiografía:.....	18
4.1.2. Pendiente y relieve.....	19
4.1.3. Clima y zonas de vida:	21
4.1.4. Geología	23
4.1.5. Formación de los suelos:	25
4.1.6. Descripción de series de suelo:.....	26

4.1.7. Uso actual del suelo:.....	37
4.1.8. Capacidad de uso de la tierra:.....	41
4.1.9. Uso potencial:.....	44
4.1.20. Conflicto o confrontación de uso de la tierra:	48
4.1.21. Propuesta de uso:	50
4.2 Recursos hídricos.....	53
4.2.1. Parametros de forma.....	53
4.2.2. Parámetros del Relieve:.....	53
4.2.3. Parámetros de la Red de Drenaje.....	54
4.2.4. Balance Hídrico de la subcuenca Rio Waswalí.....	58
4.2.3. Oferta de agua en la subcuenca del río Waswalí.....	62
4.3. Alternativas de uso y manejo sostenible de los recursos edáficos e hídricos de la subcuenca del Río Waswali.....	64
V. CONCLUSIONES.....	69
VI. RECOMENDACIONES	71
VII. LITERATURA CITADA:.....	72
VIII. ANEXOS.....	73

Índice de cuadros

Cuadro 1. Valores del coeficiente de Gravelius utilizados para clasificar la forma de una cuenca.....	8
Cuadro 2 Densidad de drenaje y clase de densidad de drenaje.....	11
Cuadro 3. Intervalos de pendientes y formas del terreno.....	15
Cuadro 4. Unidades fisiográficas predominantes en la subcuenca del Río Waswalí.....	18
Cuadro 5. Clase y rangos de pendiente predominante en la subcuenca del Río Waswalí.....	20
Cuadro 6. Zonas de vida predominantes en la subcuenca del Río Waswalí.....	22
Cuadro 7. Distribución de las unidades geológicas predominantes en la subcuenca del Río Waswalí.....	27
Cuadro 8 Distribución de las series de suelos que predominan en la subcuenca del Río Waswalí.....	25
Cuadro 9. Distribución de las categorías de uso actual de la tierra predominantes en la subcuenca del Río Waswalí.....	40
Cuadro 10. Distribución de las clases de capacidad de uso de la tierra (clases agrológicas) predominantes en la subcuenca del Río Waswalí.....	43
Cuadro 11. Distribución de las categorías de uso potencial de la tierra	

predominantes en la subcuenca del Río Waswalí.....	47
Cuadro 12. Categorías de conflicto de uso de la tierra predominantes en la subcuenca del Río Waswalí.....	49
Cuadro 13. Distribución de los sistemas de uso propuesto de la tierra para la subcuenca del Río Waswalí.....	52
Cuadro 14. Número de orden y longitud de las corrientes de la red hidrográfica de la subcuenca del Río Waswalí.....	54
Cuadro 15: Microcuencas que conforman la subcuenca del Río Waswalí.....	56
Cuadro 16. Deficiencias y excesos de agua en las series de suelos más representativos de la subcuenca Río Waswalí, Matagalpa.....	58
Cuadro 17. Oferta de agua de la Subcuenca Río Waswalí.....	63

Indice de Figuras

Figura 1, Localización de la subcuenca intermunicipal del Río Waswali, Matagalpa-Jinotega, Nicaragua	4
Figura 2: Curvas hipsométricas según Horton Strahler.	9
Figura 3. Mapa de unidades fisiográfico de la subcuenca del río Waswalí	19
Figura 4. Mapa de pendiente de la subcuenca del Río Waswalí.	21
Figura 5. Mapa de zonas de vida de la subcuenca del Río Waswalí.	23
Figura 6. Mapa geológico de la subcuenca del Río Waswalí	24
Figura 7. Mapa de series de suelos de la subcuenca del Río Waswalí, Matagalpa.	26
Figura 8. Perfil representativo de la serie Santa María de Ostuma	27
Figura 9. Perfil representativo de la serie de suelos Matagalpa y paisaje circundante.	28
Figura 10. Perfil de la serie de suelos Cerro La Cruz y su paisaje circundante.	29
Figura 11. Perfil El Porvenir Nuevo Aquic Argiudolls y su paisaje circundante.	30
Figura, 12. Perfil típico de la Serie de suelos Yasica Sur y el tipo de paisaje circundante.	31
Figura 13. Paisaje de los suelos vérticos (planicies).	33
Figura14 Perfil de los suelos aluviales y su paisaje circundante.	34
Figura 15 Perfil típico de la serie Cerro el Horno y su paisaje circundante.	35

Figura 16. Perfil típico de la serie de suelos Aguas Zarcas y su paisaje circundante	36
Figura 17. Mapa de uso actual de la tierra de la subcuenca del Río Waswalí.	41
Figura 18. Mapa de capacidad de uso de la tierra de la subcuenca del Río Waswalí	44
Figura 19. Mapa de uso potencial de la tierra de la subcuenca del rio Waswalí.	47
Figura 20. Mapa conflicto de uso de la tierra de la subcuenca del Rio Waswalí	49
Figura 21. Mapa de propuesta de uso de la tierra de la subcuenca del Rio Waswalí.	52
Figura 22. Curva hipsométrica de la subcuenca del río Waswalí	53
Figura 23 Mapa de red Hidrológica de la subcuenca del Río Waswalí, Matagalpa.	55
Figura 24. Mapa de microcuencas de la subcuenca del Río Waswalí.	56
Figura 25. Balance Hídrico Serie Cerro El Horno	59
Figura 26. Balance Hidrico Serie Yasica Sur	60
Figura 27. Balance Hidrico Serie Santa Maria de Ostuma.	61
Figura 28. Balance Hidrico Aguas Zarcas	62

Indice de Anexos

Anexo 1 Factor de corrección f, por duración media de las horas de sol expresada en unidades de 30 días, con 12 horas de sol cada una.....	73
Anexo 2 Tablas de balances hídricos de las series más representativas de la subcuenca Waswalí	74
Anexo 3 Información recolectada en el campo correspondiente a la descripción de perfiles del suelo presentes en la subcuenca.....	76
Anexo 4 Resultado de análisis de laboratorio:	80

DEDICATORIA

A Dios

A mis padres

A mi familia

A mis tutores

Debéis enseñar a vuestros hijos lo que nosotros hemos enseñado a los nuestros; que la tierra es su madre, lo que ocurre a la tierra, también ocurre a los hijos de la tierra.

Jefe Siux

1855

AGRADECIMIENTO

Agradezco al **Dios** de los cielos por darme la vida, por darme la sabiduría necesaria para enfrentar cada reto de la vida.

A mis padres **Augusto Cesar y Leticia Mercedes** por su esfuerzo y dedicación, por enseñarme, por formarme con sus principios con sus valores, por tenderme su mano para tomarla e impulsarme, por enseñarme que en cada crisis siempre hay una oportunidad.

A mis hermanos **Ana Sofía, Augusto Lenin y Cesar Miguel Reynosa Correa**.

A mis tías **Martha y Odily, a Valeria, Camilo y Ernesto**.

A mis abuelas **Aura Lila y Guillermina** por su amor y sus consejos cada día.

A mis amigos **Erick Vidal Jarquin Gonzales y Jairo Lenin Zelaya** por su amistad desinteresada y sincera, por todo su cariño.

A mis tutores doctora **Martha Orozco**, y al doctor **Efraín Acuña** por su paciencia, por sus conocimientos, por cada minuto de su tiempo y su apoyo incondicional.

Al **Comité de Desarrollo Departamental de Matagalpa** (CDD-Matagalpa) y al **Ayuntamiento de Sabadell** (Regidora de Cooperación y Solidaridad) y sobretodo a la **Universidad Nacional Agraria**. Ya que a través del convenio entre ellos, este trabajo de graduación fue posible.

A todos desde mi corazón gracias totales.

RESUMEN:

El estudio se desarrolló en la subcuenca intermunicipal del Río Waswalí, Matagalpa y Jinotega. El objetivo principal fue determinar las restricciones, limitantes y potencialidades de los recursos edáficos y recursos hídricos superficiales, con el fin de proponer la mejor organización funcional del territorio y la posibilidad de usos múltiples, que contribuya a mejorar la calidad y nivel de vida de sus habitantes. La metodología empleada consistió en: la caracterización del estado actual de los recursos edáficos e hídricos superficiales, mediante el diagnóstico biofísico el cual se realizó en las ocho microcuencas adscritas al área de estudio. Entre los resultados: Se evidenció que los suelos en la subcuenca han sido utilizados de manera incorrecta 59.79% del área de la subcuenca esta sobreutilizada, aumentando en los últimos años de forma general por factores socioeconómicos y políticos entre estos la falta de planificación y/o explotación inadecuada de los recursos naturales; lo cual ha afectado el ciclo hidrológico provocando la disminución de la disponibilidad del recurso agua y aumentado la vulnerabilidad a eventos que provocan desastres naturales inundaciones, sequías, deslizamientos de tierras. Debido al paisaje heterogéneo existe una mezcla generalizada de usos de suelo, identificando cuatro categorías de las cuales predominan el pasto más cultivos anuales 64.01 % del área total y solo un 35.92 está con café con sombra y bosque, encontrándose en diferentes estados de intervención por las actividades desarrolladas, con el propósito de garantizar la subsistencia alimentaria. Respecto a los recursos hídricos superficiales según los parámetros morfométricos de la subcuenca permiten que la respuesta ante los eventos lluviosos sea de forma moderada. Así la pendiente media de la subcuenca es del 28%, lo que favorece los procesos erosivos. Según los balances hídricos el período de déficit de agua inicia en la segunda semana de diciembre y finaliza en mayo así mismo estos cálculos nos indican que el almacenamiento máximo (reserva más exceso), aumenta a medida que se da la época lluviosa que corresponde a partir de junio a noviembre. La oferta hídrica es positiva en el área sin embargo, la mayor cantidad de agua se pierde por escorrentía. El Río Apalilí es el que más agua aporta al cauce principal (Río Waswalí).

Palabras Claves:

Restricciones, Potencialidades, Recursos, Parámetros, Balances Hídricos, Caudales Máximos, Suelos, Series de Suelo, Confrontación de uso.

ABSTRACT

The study took place in the inter-municipal sub-basin of the River Waswali, Matagalpa and Jinotega. The main objective was to determine the constraints and potentials of soil and surface water resources, in order to propose the best functional organization of the territory and the possibility of multiple uses, to help improve the quality and standard of living of its inhabitants. The methodology consisted of the characterization of the current status of soil and water resources surface, through the diagnostic biophysicist which took place in eight micro basins related bodies of study area. Among the results: forests are in the Sub-basin soils have been used incorrectly 57.79% of the area of the Sub-basin is overused, increasing in recent years generally by socio-economic and political factors between these lack of planning and/or inadequate exploitation of natural resources, which has affected the hydrological cycle resulting in the decrease in the availability of the resource water and increased vulnerability to events that cause natural disasters, floods, drought, landslides. Due to the heterogeneous landscape there is a generalized mixture of uses of soil, identifying four categories which predominate the pasture more annual crops 64.01% of the total area and only a 35.92 this with coffee with shade and forest, to ensure the food subsistence. With respect to surface water resources according to the Sub-basin metric morph parameters allow response to rain events is in a moderate way. Thus the average gradient of the Sub-basin is 28 per cent, which favors the erosive processes. According to water balances the water deficit period begins in the second week of December and ends in may likewise these calculations indicate that the maximum storage (reserve more excess), increases as it is the rainy season which corresponds from June to November. The water supply is positive in the area however the greater amount of water is lost through runoff. The Apalili River is what brings more water to the main channel (Waswali River).

KEY words: Restrictions, potential, resources, parameters, water balances, maximum flow, soils, series of soil, use confrontation.

I. INTRODUCCION

En nuestro país el ritmo de degradación de los recursos naturales se ha producido de manera acelerada, la administración impropia de éstos en las cuencas hidrográficas ha inducido importantes inconvenientes relacionados especialmente con el recurso agua. El agua es un elemento esencial para todas las actividades del hombre y de la sociedad, por lo cual se hace de importancia significativa la necesidad de satisfacer la demanda de agua para el consumo humano y principalmente en calidad y cantidad para compensar las necesidades del tipo que sean; cabe mencionar que el problema no surge en cuanto a la cantidad del recurso hídrico sino por la alteración de su calidad.

Las causas del deterioro progresivo de los recursos naturales renovables son muy variadas y complejas, desde la simple ignorancia de las leyes, el avance la frontera agrícola, sobre-explotación del suelo y la forma irracional de aprovechamiento de los recursos hídricos. Esto conllevó a que en nuestro país, para los años 80 se iniciara el ordenamiento y manejo de cuencas hidrográficas, por la sección de Ordenamiento, Manejo y Conservación del departamento de Cuencas de IRENA (Instituto Nicaragüense de Recursos Naturales y del Ambiente), en conjunto con la colaboración del MINVAH (Ministerio de la Vivienda y Asentamientos Humanos). Morales 1998.

Entre los problemas que se han generado son las dificultades en la captación e infiltración del agua de lluvia en los suelos, en el incremento del escurrimiento superficial y en la disminución en la recarga de los acuíferos; propiciando con ello erosión hídrica severa, lo que a su vez ha provocado pérdida de suelo fértil en las tierras de laderas y su arrastre hacia cauces y zonas bajas, produciendo impactos negativos al disminuir la cantidad y calidad del agua y el azolvamiento de los embalses construidos en el curso de arroyos y ríos.

El suelo y el agua son los factores en los que se da la mayoría de las interacciones entre los ecosistemas. Hoy en día debemos tener presente que la humanidad en su conjunto depende de los procesos naturales. El suelo un recurso natural no renovable o muy difícil y costoso de renovar, se debe manejar atendiendo la aptitud para ser utilizado de manera que no llegue a superar su capacidad natural de aceptación de los distintos usos.

Lo anterior señala que los verdaderos obstáculos para el desarrollo no se eliminan con medidas aisladas que dejan intacta la estructura económica, social y política existente. Por el contrario, los enfoques emergentes de desarrollo sustentable con base en el territorio y a diferentes escalas espaciales, ayudan a analizar de una manera integral las estrategias y acciones, que incluyen el uso y manejo sostenible de los recursos naturales. Además, señalan la necesidad de promover una efectiva coordinación institucional y crear los espacios para la plena participación de los diferentes actores en la ejecución, monitoreo y evaluación de las estrategias, que permita la construcción de nuevos criterios de análisis y evaluación.

Desde la década de los años ochenta el concepto de *Gestión de Cuencas* como instrumento de ordenación territorial y desarrollo de zonas deprimidas ha ampliado su ámbito de estudio hacia otros aspectos, además del hidrológico. El manejo de cuencas es definido por la FAO como la gestión de recursos para proporcionar bienes y servicios sin afectar adversamente al suelo y

aguas; y debe considerar factores sociales, económicos e institucionales dentro y fuera del área de esta unidad territorial (FAO, 1996).

El Comité de Desarrollo Departamental de Matagalpa (CDD-Matagalpa) con financiamiento del Ayuntamiento de Sabadell (Regidora de Cooperación y Solidaridad), mediante un proceso de licitación adjudicó a la Universidad Nacional Agraria (UNA) una la consultoría para realizar el estudio para formular el Plan de Ordenamiento y Manejo de la Subcuenca del Río Waswalí, acorde con la realidad ambiental, social, cultural y económica; que conlleve al ordenamiento territorial, conservación, uso y manejo sostenible de los recursos naturales para evitar su degradación; y maximar las condiciones ambientales y socioeconómicas de la población que habita en las comunidades localizadas en el territorio de la subcuenca.

Los resultados de los estudios de suelos y aguas permiten a los productores, ser ellos los que planifiquen su propio desarrollo, además de insertar a los tomadores de decisiones a fin de focalizar los esfuerzos de recuperación ambiental y económica, mediante la priorización de áreas desde la óptica del manejo integral de cuencas hidrográficas. El punto de partida para lograr el desarrollo de las comunidades en los países en vías de desarrollo, es que estas conozcan la dinámica y el estado de los recursos naturales y ambientales con que cuentan.

Es por tal razón que en este documento se presenta el diagnóstico biofísico de la subcuenca. El cual contiene información relevante acerca de diferentes aspectos como: el clima, el suelo, la fisiografía, el relieve, la pendiente, la geología, uso actual de los suelos, su capacidad de uso, uso potencial, confrontación de uso del suelo, uso propuesto, así como la caracterización morfométrica de la subcuenca, la oferta de agua y los balances hídricos de las microcuencas que conforman la subcuenca del río Waswalí, Matagalpa.

El objeto principal en este estudio fue determinar las restricciones, limitantes y potencialidades de los suelos y los recursos hídricos superficiales en la subcuenca. Para que de esta forma la información generada contribuya a los actores locales en la toma de decisiones para priorizar estrategias, programas y proyectos tendientes a atacar las restricciones y aprovechar las oportunidades y potencialidades de estos recursos.

2.1. Objetivo general:

Determinar las restricciones, limitantes y potencialidades de los recursos edáficos e hídricos superficiales de la subcuenca del río Waswalí, con el fin de proponer la mejor organización funcional del territorio y la posibilidad de usos múltiples, que contribuya a mejorar la calidad y nivel de vida de sus habitantes.

2.2. Objetivos específicos

- Identificar el estado del recurso suelo, capacidad de uso y conflictos de uso de la tierra.
- Identificar el estado de los recursos hídricos superficiales: red hidrográfica, balances hídricos, volumen de agua disponible y características morfométricas.
- Elaborar la cartografía básica de suelos y agua superficial de la subcuenca.
- Proponer alternativas para el manejo y aprovechamiento sostenible de estos recursos naturales

III. MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se desarrolló en un periodo de aproximadamente un año el cual inicio en el mes de Junio de 2006 y concluyo en el mes de mayo de 2007, en la subcuenca intermunicipal del Río Waswalí, ubicada en la región Norte de Nicaragua, entre los departamentos de Matagalpa y Jinotega, la cual forma parte de la cuenca del Río Grande de Matagalpa. Geográficamente esta comprendida entre las coordenadas 86°01'15" y 85°55'02" de Longitud Oeste y 13°02'45" y 12°04'08" de Latitud Norte. Limita al norte con el municipio de Jinotega, al sur-este con la ciudad de Matagalpa y al oeste con el municipio de Sébaco.

Tiene una superficie de 96.50 Km² (9650 Ha), una elevación media de 980 msnm y es compartida por la participación territorial de dos municipios: Matagalpa, y Jinotega. El 79% del área total corresponde al municipio de Matagalpa (76.12 Km² - 7612 Ha), el 21% al municipio de Jinotega (20.18 Km² - 2018 Ha).

En la figura 1, se presenta la localización de la subcuenca intermunicipal del Río Waswali, Matagalpa-Jinotega, Nicaragua.

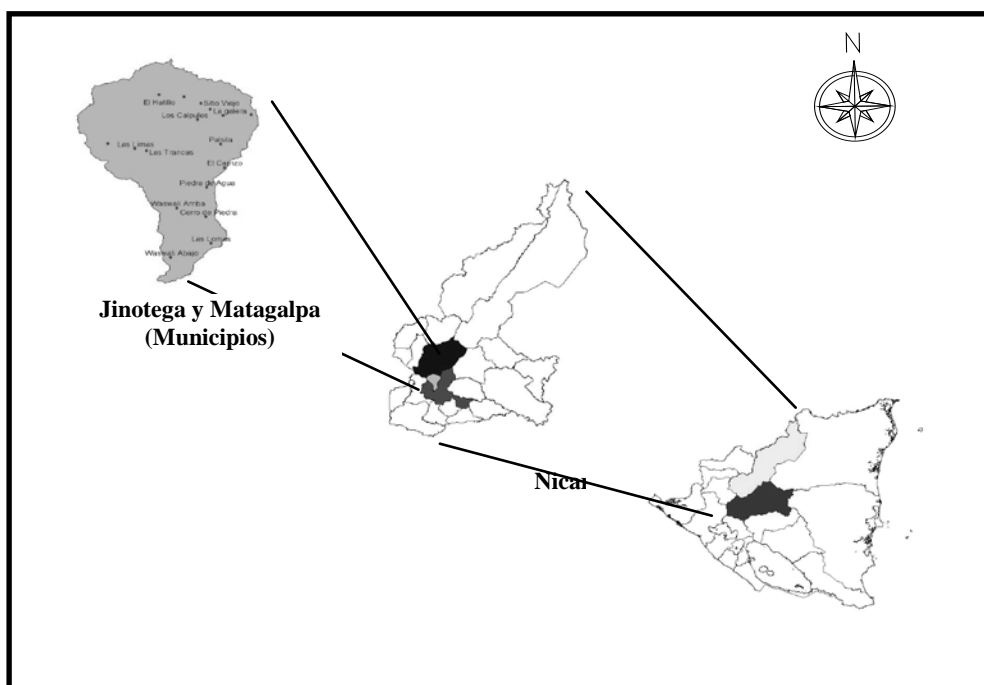


Figura 1. Localización de la subcuenca del Río Waswalí, Matagalpa-Jinotega, Nicaragua.
Fuente: Elaboración Propia.

3.2. Materiales y Métodos Utilizados

El presente estudio se realizó en tres fases, para facilitar el cumplimiento de los objetivos propuestos. En todo el proceso y análisis de la información se utilizó el programa *Arc View*®
3.2. A continuación se detallan las actividades realizadas en cada fase.

3.2.1. Fase I: Pre-campo:

Mapa de límite de la Subcuenca

A partir de la digitalización de las curvas de nivel (cada 20 metros, red hidrográfica y los puntos más altos), de los mapas topográficos (2955III, 2954I, 3055III, 3054IV), escala 1:50000, se creó el Modelo de Elevación Digital del terreno (MED). El MED es la base para correr Modelos hidrológicos (*Bassin, Model Hidrologic*) que definen o delimitan una cuenca hidrográfica en un territorio dado y con la delimitación se obtiene características morfométricas como área, perímetro, elevación media y pendiente media de la cuenca.

Mapa base:

Se elaboro a partir de la digitalización de los caminos de acceso, las microcuencas y las comunidades que se encuentran dentro del límite de la subcuenca. Se utilizó, como base los mapas topográficos arriba señalados. En este mapa se sobrepuso el límite de la subcuenca, para definir el territorio estudiado.

Mapa de red de drenaje

El mapa de red drenaje se obtuvo mediante la digitalización de las corrientes principales y secundarias o la cantidad de afluentes del cauce principal sobre el mapa topográfico 1:50,000 de INETER, 1989. A partir del mapa de red drenaje se obtuvo la densidad de drenaje, longitud del cauce principal, orden de corriente, entre otras.

Gira de reconocimiento

Se efectuó la gira de reconocimiento para tener una visión general del estado de los recursos en el área, así como el acceso a la misma y también para la planificación del levantamiento de suelos y uso actual.

Recopilación de información secundaria.

Se obtuvieron datos preliminares de informes de investigaciones anteriores realizadas en el municipio:

- a) Mapas de suelos y de relieve del municipio,
- b) Datos climáticos (precipitación y temperatura) del municipio de Matagalpa. Esta información se obtuvo de estaciones meteorológicas del Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales (INETER), ubicadas en las cercanías de la subcuenca del río Waswalí (Sébaco, Jinotega, Muy-Muy).

3.2.2. Fase II: Campo

Se realizó el levantamiento de suelos en los ocho transectos definidos en la fase I de este estudio. Cabe destacar que se trabajó sobre mapa base de series de suelos levantadas en 1976 por INETER. Según Porta et al, 1999 el suelo es un cuerpo natural tridimensional, parte de un ecosistema, y que su estudio debe iniciarse en el campo, con la elaboración detallada y precisa, tanto del suelo en su conjunto, como del medio en el que se halla.

A través de barrenadas, cortes de camino, descripción de perfiles a través de calicatas, se realizó la descripción morfológica de los suelos, además se describió fisiografía, uso actual, pendiente in situ. Se utilizó el Sistema de Posicionamiento Global (GPS por sus siglas en ingles) para ubicar geográficamente todas las observaciones realizadas en los sitios recorridos en los transectos ya definidos.

De las observación arriba descritas (barrenadas y calicatas) se tomo como información: textura, color, profundidad según el paisaje los cambios de pendiente que marcaba el límite entre una u otra unidad de suelo, permitiendo la descripción de perfiles, para la cual se utilizó la Guía de descripción de perfiles de la FAO, 2006. Las observaciones fueron realizadas por barrenos y palín en los corte de caminos.

Para la clasificación de suelos en el campo se abrieron calicatas de 1 m de ancho por 2 m de largo. En la descripción de perfiles se delimitaron los horizontes de cada serie de suelo, y con una cinta métrica, se midió la profundidad de cada uno de ellos. La **textura** se realizó al tacto, se clasificó la **estructura** de los agregados encontrados, apoyados en la Guía para la descripción de Perfiles de la FAO, 2006.

Con la Tabla Munsell se definió la descripción del **color** de los horizontes en cada perfil del suelo en seco y húmedo. Además se describieron de los perfiles las siguientes características físicas del suelo: Límite entre horizontes, Porosidad (micro, meso y macro poros), drenaje natural (facilidad para evacuar el agua por escurrimiento superficial y por infiltración profunda.), pedregosidad, erosión (perceptible o no perceptible), pendiente y uso actual del suelo. Se tomaron muestras de cada horizonte del suelo los que fueron llevados al laboratorio de la Universidad Nacional Agraria, para la clasificación definitiva de los suelos del área de estudio.

La clave taxonómica para la clasificación de los suelos utilizada fue: Claves para la Taxonomía de Suelos, Décima Edición, 2006 (USDA. NRCS, 1996), tanto para la etapa de campo como para en la etapa de postcampo.

3.2.3. Fase III: Post campo:

Esta fase se dividió en dos etapas una para la caracterización de los recursos hídricos superficiales y la otra etapa para la caracterización del recurso suelo.

Recursos hídricos superficiales

La caracterización básica de una cuenca se inicia con la determinación de los parámetros geomorfológicos, que describen la estructura física del ámbito territorial. Entre los más importantes figuran: la forma, tamaño o área, longitud máxima, ancho máximo, pendiente del cauce principal, pendiente media, red de drenaje (forma, tipo, grado de bifurcación), altura máxima, etc. Algunos de estos parámetros sirven de base para considerar peligros o desastres naturales: forma de drenaje, pendiente media, etc. (CATIE 1996).

Caracterización morfométrica de la subcuenca

La morfología de la cuenca queda definida por tres tipos de parámetros:

- a) Parámetros de forma
- b) Parámetros de relieve
- c) Parámetros relativos a la red de drenaje

Estas características dependen de la morfología (forma, relieve, red de drenaje, etc.), los tipos de suelos, la capa vegetal, la geología, las prácticas agrícolas etc. Estos elementos, físicos proporciona, la más conveniente posibilidades de conocer la variación en el espacio de los elementos del régimen hidrológico, (TRAGSA, 1994).

Fundamentados en esta definición la determinación de dichas características se realizó de la siguiente manera:

Parámetros de forma

La forma de la cuenca influye sobre los escurrimientos y sobre la marcha del hidrógrama resultante de una precipitación dada. Así que en una cuenca de forma alargada el agua caída por la lluvia escurre en general por solo un cauce principal, mientras que en otra forma ovalada los escurrimientos de agua recorren los cauces secundarios hasta llegar a uno principal por lo que la duración del escurrimiento es superior (TRAGSA, 1994).

Para determinar los parámetros de forma se estimaron los valores del **Área** la cual no es mas que el área proyectada en un plano horizontal, es de forma irregular, se obtiene después de delimitar la cuenca, **perímetro** se refiere al borde de la forma de la cuenca proyectada en un plano horizontal, y al igual que el área es de forma muy irregular (Villon, 2002).

La determinación de la forma se realizó mediante el cálculo de un factor adimensional llamado **Coefficiente de Gravelius (Cg)**, que no es más que la relación entre el perímetro de la cuenca y la longitud de la circunferencia de un círculo de área igual a la de la cuenca. Este coeficiente determina la forma de la subcuenca, (TRAGSA 1994).

El índice de Gravelius, se obtuvo al aplicar la siguiente fórmula:

$$C_g = 0.28 \frac{P}{\sqrt{A}}$$

Donde,

- Cg: Coeficiente de Gravelius
- P: Perímetro de la cuenca (Km.)
- A: Área de la cuenca (km²)

En el cuadro 1 se presentan los valores del coeficiente de Gravelius que se utilizó para clasificar la forma de la subcuenca.

Cuadro 1. Valores del coeficiente de Gravelius utilizados para clasificar la forma de una cuenca

Cg	Forma
1 – 1.25	Redonda
1.25 – 1.5	Ovalada
1.5. – 1.75	Oblonga
> 1.75	Alargada

Coeficiente de Forma, es la relación entre el ancho medio y la longitud axial de la cuenca. La longitud axial de la cuenca se mide cuando se sigue el curso de agua más largo desde la desembocadura hasta la cabecera más distante en la cuenca. El ancho medio, se obtiene cuando se divide el área entre la longitud axial de la cuenca (Monsalve, 1999). Es un valor adimensional.

$$C_f = \frac{A}{L^2}$$

Donde,

- C_f : Coeficiente de Forma
- L : Longitud de la cuenca (Km.)
- A : Área de la cuenca (km²)

Cuando el coeficiente de Forma es muy inferior a 1 o el coeficiente de Gravelius es muy superior a 1, indican que la cuenca tiene una forma alargada con una cierta irregularidad.

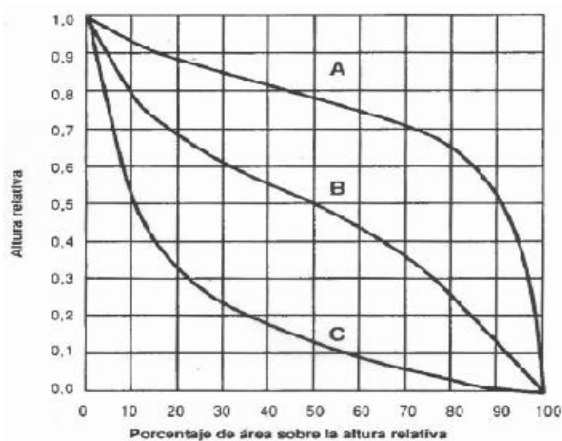
Parámetros de relieve:

La influencia del relieve sobre el hidrógrama es aún más evidente ya que este condiciona el escurrimiento. A mayor pendiente corresponderá un menor tiempo de concentración de las aguas de escorrentía en la red de drenaje y afluentes del curso principal. La mayor parte de los factores meteorológicos e hidrológicos (precipitaciones, temperaturas, caudales específicos entre otros) se presentan en función de la altitud.

Curva hipsométrica o hipsográfica:

La curva hipsométrica según Llamas 1997, representa gráficamente la distribución de la cuenca vertiente según tramos de altura. Dicha curva presenta, en ordenadas, las distintas cotas de altura de la cuenca, y en abscisas la superficie de la cuenca que se encuentra por encima de dichas cotas, ya sea en unidad de superficie o en porcentaje de la superficie total de la cuenca.

En la Figura 2, se muestra la clasificación de las curvas hipsométricas que tiene potenciales evolutivos distintos de erosión. La curva superior (curva A) refleja una cuenca con un gran potencial erosivo; la curva intermedia (curva B) es característica de una cuenca en equilibrio; y la curva inferior (curva C) es típica de una cuenca sedimentaria. Quedarían, así, representadas distintas fases de la vida de los ríos:



Curva A: fase de juventud
Curva B: fase de madurez
Curva C: fase de vejez

Figura 2: Curvas hipsométricas características del ciclo de erosión (según Horton Strahler).

Fuente: (Llamas, 1997).

Parámetros relativos a la red hidrográfica

Según Llamas (1997), la red drenaje que conducen las corrientes de agua dentro de la cuenca, está integrada por un río principal y una serie de tributarios cuyas ramificaciones se extienden hacia las partes más altas de la cuenca.

Para Guilarte (1978), la red de drenaje se describe muy bien, mediante los siguientes parámetros:

- El número de orden de cauces.
- La longitud de los tributarios.
- La densidad de drenaje y de corriente.
- La longitud del escurrimiento sobre el suelo.

Este fundamento permite explicar como se obtuvo cada uno de los conceptos a continuación:

Numero de orden del cauce:

El numero de orden del cauce refleja el grado de ramificación o bifurcación dentro de una cuenca (Villon, 2002). Horton (1945), sugirió la clasificación de cauces de acuerdo al número de orden de un río, como una medida de la ramificación del cauce principal en una cuenca hidrográfica. El orden del río refleja el grado de ramificación o bifurcación dentro de una cuenca.

Para determinar el orden de corrientes se utilizó el criterio sugerido por Horton, 1945:

Un río de **primer orden** es un tributario pequeño sin ramificaciones.

Un río de **segundo orden** es uno que posee solamente ramificaciones de primer orden.

Un río de **tercer orden** es uno que posee solamente ramificaciones de primero y segundo orden.

Un río de **cuarto orden** es uno que contiene únicamente ramificaciones de primero, segundo y tercer orden, y así sucesivamente.

La longitud de los tributarios (corrientes):

Se determinó a lo largo del eje de la subcuenca, considerando los meandros, para ello se utilizó el mapa de la red de drenaje y los cálculos se facilitaron mediante el uso de SIG. La longitud se compone de una serie de segmentos lineales, trazados lo más próximo posible a la trayectoria del cauce de la corriente.

Densidad de drenaje:

La densidad de drenaje es un indicador de la respuesta de la cuenca ante un aguacero, por la relación entre la infiltración y la escorrentía, y por lo tanto condiciona la forma del hidrograma resultante en el desagüe de la cuenca. A mayor densidad de drenaje, más dominante es el flujo en el cauce frente al flujo en ladera, lo que se traduce en un menor tiempo de respuesta de la cuenca y por tanto, un menor tiempo al pico del hidrograma.

Según TRAGSA 1994, la densidad de drenaje es la longitud media de curso por unidad de superficie. Sin tener en cuenta otros factores del medio físico de la cuenca se puede decir que cuanto mayor sea la densidad de drenaje, más rápida será la respuesta de la cuenca frente a una tormenta, evacuando el agua en menos tiempo. En el cuadro 2 se presenta la clasificación de la densidad de drenaje.

La densidad de drenaje se obtiene al aplicar la siguiente relación:

$$Dd = \sum Lc / A$$

Donde,

Dd: Densidad de drenaje. (Lc/Km²)

Lc: Longitud total de las corrientes (Km.).

A: Área de la cuenca (km²).

La densidad de drenaje es igual a la sumatoria de la longitud total de corriente entre el área de la cuenca

Cuadro 2.- Densidad de drenaje y clase de densidad de drenaje.

Densidad de drenaje ($\sum Ls/A$)	Clase de densidad de drenaje
>3.5	Muy alta
2.5-3.5	Alta
1.5-2.5	Moderada
0.5-1.5	Baja
<0.5	Muy baja

Fuente: Porta y Acevedo, 2005.

Al ser la densidad de drenaje alta, una gota deberá recorrer una longitud de ladera pequeña, realizando la mayor parte del recorrido a lo largo de los cauces, donde la velocidad del escurrimiento es mayor; por lo tanto, los hidrógramas en principio tendrán un tiempo de concentración menor.

Una cuenca con baja densidad de drenaje refleja un área pobremente drenada con respuesta hidrológica muy lenta. Una baja densidad de drenaje es favorecida en regiones donde el material del subsuelo es altamente resistente bajo una cubierta de vegetación muy densa y de relieve plano.

Densidad de corriente:

Es la relación entre el número de corrientes y el área drenada (Villon, 2002). La densidad de drenaje es un indicador de la eficiencia de drenaje de una cuenca, o sea que indica el total de corrientes que pueden existir en una cuenca. Expresa la longitud de corrientes por Km² de área. Se determina al aplicar la siguiente relación:

$$Dc = Nc / A$$

Donde,

Dc: Densidad de corriente. (Nc/Km²)

Nc: Número de Corrientes.

A: Área total de la cuenca (km²).

Balance hídrico:

Los datos climáticos procesados para la elaboración de los balances hídricos corresponden a las estaciones pluviométricas de: Agua Zarcas (Sébacó), Jinotega (Jinotega), San Ramón y La Labranza, (Matagalpa), las cuales tienen mayor área de influencia en la subcuenca debido a su ubicación geográfica, ya que en la misma no existe estación meteorológica; y los datos que se han considerado son las precipitaciones y temperatura medias mensuales de 15 años de registros. También se ha tomado el valor de la Capacidad de Reserva de Agua Disponible (CRAD) para cada serie de suelos identificados en la subcuenca.

El balance hídrico permite establecer una evaluación cuantitativa de la economía hídrica en un lugar y tiempo determinado y por tanto planificar su utilización para la agricultura como para los otros diversos usos que el hombre hace de ella. Este balance puede establecerse para diferentes periodos (días, semanas, meses, estaciones o años) y puede aplicarse a diferentes extensiones territoriales (parcela, cuenca hidrográfica, entre otras). (Villón, 2002).

El estado inicial (en el instante t) de la cuenca o parte de esta, para efecto del balance hídrico, puede definirse como, la disponibilidad actual de agua en las varias posiciones que esta puede asumir, como por ejemplo: volumen de agua circulando en los ríos, arroyos y canales; volumen de agua almacenado en lago, naturales y artificiales; en pantanos; humedad del suelo; agua contenida en los tejidos de los seres vivos; todo lo cual puede definirse también como la disponibilidad hídrica de la cuenca.

Entradas de agua a la cuenca hidrográfica pueden darse de las siguientes formas:

- Precipitaciones: lluvia; nieve; granizo; condensaciones.
- Aporte de aguas subterráneas desde cuencas hidrográficas colindantes, en efecto, los límites de los acuíferos subterráneos no siempre coinciden con los límites de las partes de aguas que separan las cuencas hidrográficas.
- Transvase de agua desde otras cuencas, estas pueden estar asociadas a:

Descargas de centrales hidroeléctricas cuya captación se sitúa en otra cuenca, esta situación es frecuente en zonas con varios valles paralelos, donde se construyen presas en varios de ellos, y se interconectan por medio de canales o túneles, para utilizar el agua en una única central hidroeléctrica.

Descarga de aguas servidas de ciudades situadas en la cuenca y cuya captación de agua para uso humano e industrial se encuentra fuera de la cuenca, esta situación es cada vez más frecuente, al crecer las ciudades, el agua limpia debe irse a buscar cada vez más lejos, con mucha frecuencia en otras cuencas.

Salidas de agua pueden darse de las siguientes formas:

- Evapotranspiración de bosques y áreas cultivadas con o sin riego.
- Evaporación desde superficies líquidas, como lagos, estanques, pantanos, etc.
- Infiltraciones profundas que van a alimentar acuíferos.
- Derivaciones hacia otras cuencas hidrográficas.
- Derivaciones para consumo humano y en la industria.
- Salida de la cuenca, hacia un receptor o hacia el mar.

A partir de datos meteorológicos disponibles, y para cada una de las situaciones de las cuencas, se calcularon los balances hídricos, para diferentes hipótesis de capacidad de campo de suelo. Los elementos que intervienen en dicho cálculo y que es preciso determinar son los siguientes:

1.- Capacidad de almacenamiento de agua de la zona susceptible de evapotranspiración, que dependerá de la profundidad del sistema radical y de la textura del suelo.

Se requiere para su cálculo datos de los siguientes parámetros: Densidad aparente del suelo, Textura, Profundidad de enraizamiento, Capacidad de Campo (CC), Punto de Marchites Permanente (PMP), y Contenidos de elementos gruesos (volumen)
Matemáticamente se calcula utilizando la siguiente fórmula:

$$\text{CRAD} = H \times Da \times (\text{CC} - \text{PMP}) / 100$$

Donde,

H = Profundidad del suelo (cm.) a la que llegan las raíces

Da = Densidad aparente del suelo (gr/cm^3)

CC = Capacidad de Campo (%)

PMP = Punto de Marchites Permanente (%)

Cuando en el perfil del suelo hay elementos gruesos hay que descontarlo y se calcula según la fórmula:

$$\text{CRAD} = H \times ((\text{CC} - \text{PMP}) / 100) \times (100 - \text{Volumen de piedras}) / 100$$

Para aplicar esta fórmula, es indispensable determinar cada uno de los componentes que intervienen.

2.- Temperaturas medias mensuales (T): obtenidas a partir de mediciones directas, realizadas por INETER.

3.- Evapotranspiración potencial (ETP): determinada por alguno de los métodos existentes (Thornthwaite, Blaney-Criddle, Penman, etc.). Para el municipio se utilizó el método Thornthwaite y se procede de la siguiente manera:

- Se calcula un índice de calor mensual (i) a partir de la temperatura media mensual (t):
$$i = (t/5)^{1.514}$$
- Se calcula el índice de calor anual I, suma de todos los valores de i
- Se calcula la ETP mensual sin corregir mediante la fórmula:

$$\text{ETP sin corr} = 16 \times (10 \times t/I)^a$$

Donde,

ETP sin corr = ETP mensual

t = temperatura media mensual, °C

I = Índice de calor anual

a = $675 \times 10^{-9} \times I^3 - 771 \times 10^{-7} \times I^2 + 1792 \times 10^{-5} \times I + 0.49239$

ETP corr = ETP sin corr por el Factor de corrección (f) de acuerdo con el mes considerado y a la latitud de la localidad que determinan las horas de sol, cuyos valores se obtienen de una tabla que se puede encontrar en el anexo 1.

4.- Pluviometría media mensual (P), obtenidas a partir de registros de la zona. Al carecer de estación meteorológica dentro del municipio, se tomaron datos climáticos correspondientes a las estaciones meteorológica circundantes a la subcuenca, estas son: Sebaco, Muy Muy y Jinotega. A través del método de polígonos de Thiessen se determinó el área de influencia de cada una de las estaciones meteorológicas sobre el área de estudio.

5.- Pérdidas o adiciones potenciales de la humedad del suelo (P-ETP), los valores positivos corresponden a adiciones potenciales y los negativos a pérdidas potenciales, ambos relativos al contenido de humedad en el suelo. Los meses con valores positivos constituyen el periodo húmedo y aquellos con valores negativos, el periodo seco.

6.- Pérdida potencial acumulada (p.p.a.), para cada mes se obtiene como suma de las pérdidas potenciales existentes en dicho mes y los anteriores.

7.- Agua almacenada en el suelo (RES), es la cantidad de agua capilar contenida por el suelo, que depende de la capacidad de campo y de las pérdidas potenciales acumuladas.

8.- Cambios de la humedad acumulada en el suelo (ΔRES), para cada mes se obtiene por la diferencia entre la humedad que contiene al final del mismo y la de su inmediato anterior.

9.- Déficit de humedad (D), es igual a la diferencia entre la evapotranspiración potencial y real.

10.- Exceso de humedad (S), su valor es la diferencia $P - (ETP + RES)$, sólo tiene existencia en los meses en que $P - ETP$ sea positivo y además el suelo alcance su capacidad de campo, pues en caso contrario la diferencia pasa a engrosar el contenido en humedad del suelo.

11.- Escorrentía total (R), se considera que la escorrentía de cada mes es igual al 50% de la suma de la aportación mensual más lo que queda de los meses anteriores.

Oferta de agua (Volumen de Agua disponible)

La oferta de agua (volumen disponible de agua), se calculó en base al área de captación de cada micro cuenca, y los excesos de agua mensuales resultantes en el balance hídrico

Para obtener el volumen total se realizó la sumatoria de los volúmenes de cada mes, obteniendo como resultado la sumatoria total de m^3 .

$$Ot = \text{Á} * \sum \text{Exc mes}$$

Donde,

Ot: Oferta total de agua (volumen disponible de agua) en m^3

Á: área de captación (m^2)

$\sum \text{Exc}$: Exceso mensual del balance hídrico (m)

De la oferta disponible solamente una parte se puede aprovechar en las distintas actividades económicas y humanas, otra parte es utilizada por los ecosistemas y el ciclo hidrológico. Además existen limitaciones físicas y tecnológicas para su aprovechamiento total.

Fase post-campo Recursos edáficos:

En esta fase se efectuaron los análisis de laboratorio de las muestras de suelos tomadas en la fase de campo, en el anexo se presentan los resultados de los parámetros analizados en el laboratorio.

El procesamiento de los datos, se describe a continuación.

Procesamiento de datos:

El conocimiento de los fenómenos y la información precisa, oportuna y asequible es esencial para elaborar, divulgar y ejecutar cualquier acción de prevención ante los fenómenos ambientales, siendo la tecnología de los Sensores Remotos en combinación con los modelos de elevación digital de diferentes atributos, y la modelación vía la tecnología SIG, de particular apoyo a la implementación de medidas, en el diagnóstico biofísico (FODEPAL 2004).

En esta etapa se realizó el análisis y procesamiento de la información generada con el objetivo de proponer alternativas de manejo de uso sostenible del recurso suelo y recursos naturales asociados, ordenar la información de la determinación de las características morfológicas de la subcuenca y analizar la información obtenida relacionada con el estado situacional de los recursos naturales. Toda la información recopilada se procesó y analizó con la ayuda de los Sistemas de Información Geográfica (SIG) donde se generaron los productos siguientes:

Mapa de pendiente:

El mapa de pendiente de la subcuenca se obtuvo del Modelo Digital de Elevación a partir de las curvas a nivel espaciadas altitudinalmente cada 20 metros. Para la clasificación de las pendientes se utilizó una escala alfabética (INETER, 1971), en la cual, a cada letra corresponde un valor numérico expresado en porcentaje. Los intervalos varían desde 0% hasta más de 45% que corresponde a los máximos valores, expresados en el cuadro 3, indicando que los valores más bajos corresponden a terrenos planos, casi planos hasta llegar a los más escarpados.

Cuadro 3. Intervalos de pendientes y formas del terreno.

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

Fuente: Mapa de pendiente CATASTRO (1971).

Mapa de uso de la tierra

Los usos de la tierra se determinaron por la interpretación de los espacio mapas del año 2000. Con el fin de determinar el uso mayor de la tierra.

Mapa de suelos:

Se utilizó como base el mapa de suelos elaborado por **CATASTRO (1976)**, a escala 1:20,000 (detallado). Los suelos que comprenden el área de la subcuenca están clasificados taxonómicamente hasta el nivel de serie de suelos.

Mapa de capacidad de uso de la tierra:

La clasificación de las clases de capacidad de uso de la tierra se determinaron utilizando el **método de Clases de Capacidad Agrológica**, clasificándose de acuerdo a sus potencialidades y limitaciones para una producción continua de cultivos comunes que no requieren condiciones o tratamientos particulares.

Método Clases de Capacidad Agrológica

Este método fue elaborado por el Soil Conservation Service de USA. Es un sistema de clasificación interpretativa basada en los efectos del clima y características permanentes de los suelos, sobre los riesgos de daño, limitaciones de uso, capacidad de producción y requerimiento de manejo.

Las Clases son progresivamente ascendente desde la **Clase I hasta a la Clase VIII**, según el grado de las limitaciones. Los suelos en las **primeras cuatro Clases** son capaces de producir una gama amplia de cultivos, bajo adecuadas condiciones de manejo. Los suelos en la **Clase V** son adecuados para pastos y cultivos especiales tolerantes a problemas de drenaje y sales, tales como arroz de inundación. **La Clase VI** es adecuada para pastos, cultivos perennes y forestales; aunque algunos suelos son también capaces de producir cultivos especiales (arroz de inundación). **La Clase VII** es adecuada para pastos de corte, cultivos perennes y forestales. Mientras que los suelos en la **Clase VIII** no son adecuados ni para agricultura ni para forestal, debido al alto riesgo ambiental que implica estos usos, por lo cual deben destinarse a la protección de la vida silvestre, de fuentes agua y el ecoturismo.

El mapa capacidad de uso de la tierra se obtuvo de la sobre posición del mapa de suelos y de pendiente, delimitando las clases de acuerdo a las limitaciones que presentan las diferentes unidades de suelos, así como el grado de inclinación de la pendiente. Además se consideró también las características del suelo tales como: profundidad efectiva, textura superficial y del subsuelo, drenaje, presencia de rocas en la superficie, evidencia de erosión, fertilidad natural.

Mapa de confrontación de uso de la tierra:

Este mapa se elaboró sobreponiendo el mapa de uso actual de la tierra con el mapa de capacidad de uso de la tierra. El uso actual de la tierra representa como se está aprovechando el recurso suelo, mientras que la capacidad de uso representa el tipo de utilización que puede permitir este suelo con prácticas de manejo. Mediante esta sobreposición puede observarse,

cuales son las áreas que están siendo utilizadas en conformidad con la capacidad del suelo, las sobre utilizadas, y las subutilizadas.

El objetivo de la confrontación entre el uso actual del suelo y el uso potencial de la tierra es tener un conocimiento cuantificado de la forma en que está siendo utilizado el territorio de la subcuenca, con el fin de poder determinar el nivel de intervención y degradación de los recursos naturales, con el propósito de orientar proyectos que tiendan a restaurar los recursos naturales, mejoren la eficiencia de producción y se pueda mantener el equilibrio entre la naturaleza y la sociedad. La confrontación de uso se clasifica de la siguiente manera:

Bien-utilizado (BU)

Consiste en un estado de equilibrio entre el uso actual y el uso potencial de la tierra, es decir que se satisfacen los requerimientos entre la conservación y el desarrollo, y corresponde con la alternativa de mayor productividad en relación con el medio social local.

Sobre-utilizado (SO)

Esta categoría se asigna cuando la tierra está siendo utilizada con alternativas productivas que no son adecuadas de acuerdo a su potencial de uso, y que presentan un alto riesgo para la degradación de los suelos y de los recursos naturales.

Sub-utilizado (SU)

Esta categoría de confrontación se asigna cuando la tierra no está siendo aprovechada eficientemente de acuerdo su potencial productivo. El uso actual corresponde a una alternativa de menor productividad que la del uso potencial.

IV. RESULTADOS Y DISCUSION

4.1. Recursos edáficos

4.1.1. Fisiografía

La subcuenca forma parte de la gran provincia fisiográfica de las Tierras Altas del Interior, que comprende casi toda la región central del país y que también se le conoce como el "Escudo Central Montañoso", en el cual se distribuyen una serie de accidentes geográficos que en su mayoría corresponden al sistema montañoso volcánico. Presenta una fisiografía montañosa con pendientes que varían desde plana (0-2%) a muy escarpada (mayor de 45%), dependiendo de la posición topográfica y se ubican dos unidades fisiográficas que se describen a continuación (ver cuadro 4 y figura 3)

- **Cordillera Isabelia (CIs):** este tipo presenta terrenos constituidos por rocas volcánicas del terciario medio superior e inferior, correspondientes a las formaciones de Matagalpa Superior e Inferior y algunas zonas del Grupo Coyol Superior. En ella se localizan las siguientes elevaciones que constituyen los principales accidentes orográficos: Cerro Ahorcado (1108 msnm), Cerro El Bailador (1240 msnm), Cerro La Zopilota (1487 msnm), Montaña La Galia (1638 msnm), Montaña El Paraíso (1567 msnm), Cerro El Horno (1571 msnm), Cerro Grande (1154 msnm), Cerro El Portillo de Matasano (1246 msnm), Cerro El Orégano (1201 msnm), Cerro El Ocote (1180 msnm), Cerro El Consuelo (1281 msnm), Cerro La Tijerina (1375 msnm), Cerro La Mesa (1282 msnm), Cerro Los Llanitos (1263 msnm), Cerro Las Mercedes (1138 msnm) y Monte Grande (1200 msnm), Cerro La Joya (1048 msnm), Cerro El Edén (1049 msnm), Cerro El Picacho (1580 msnm). Este tipo de unidad fisiográfica ocupa el 54.26% del área total de la subcuenca, correspondiente a 5226 hectáreas.

- **Meseta de Estrada (MEs):** forma parte del sistema montañoso volcánico terciario y comprende las estribaciones de la Cordillera Isabelia y la Dariense, formando serranías de altura con planicies en forma de mesetas en las cimas de las mismas. La geología corresponde al período del mioceno superior y pleistoceno inferior que constituyen el Grupo Coyol Superior e Inferior, caracterizándose por presentar en la cima de los cerros planicies en forma de mesetas que es donde se origina su nombre y que bordean el Valle de Sébaco. En ella se localizan las siguientes elevaciones que constituyen los principales accidentes orográficos: Cerro Ahorcado (1108 msnm), Cerro de Piedra (1041 msnm), Cerro Piedra de Agua (1046 msnm), Loma Las Lomas (963 msnm), Cerro El Edén (1049 msnm). Representa el 45.73% del área total de la subcuenca, correspondiente a 4404 hectáreas.

Cuadro 4. Unidades fisiográficas predominantes en la subcuenca del Río Waswalí.

Unidad fisiográfica	Km ²	Ha	%
Cordillera Isabelia (CIs)	52.26	5226	54.26
Meseta de Estrada (MEs)	44.04	4404	45.73

Fuente: Mapa Fisiográfico. MAG-FOR, 2002, INETER, 1998.

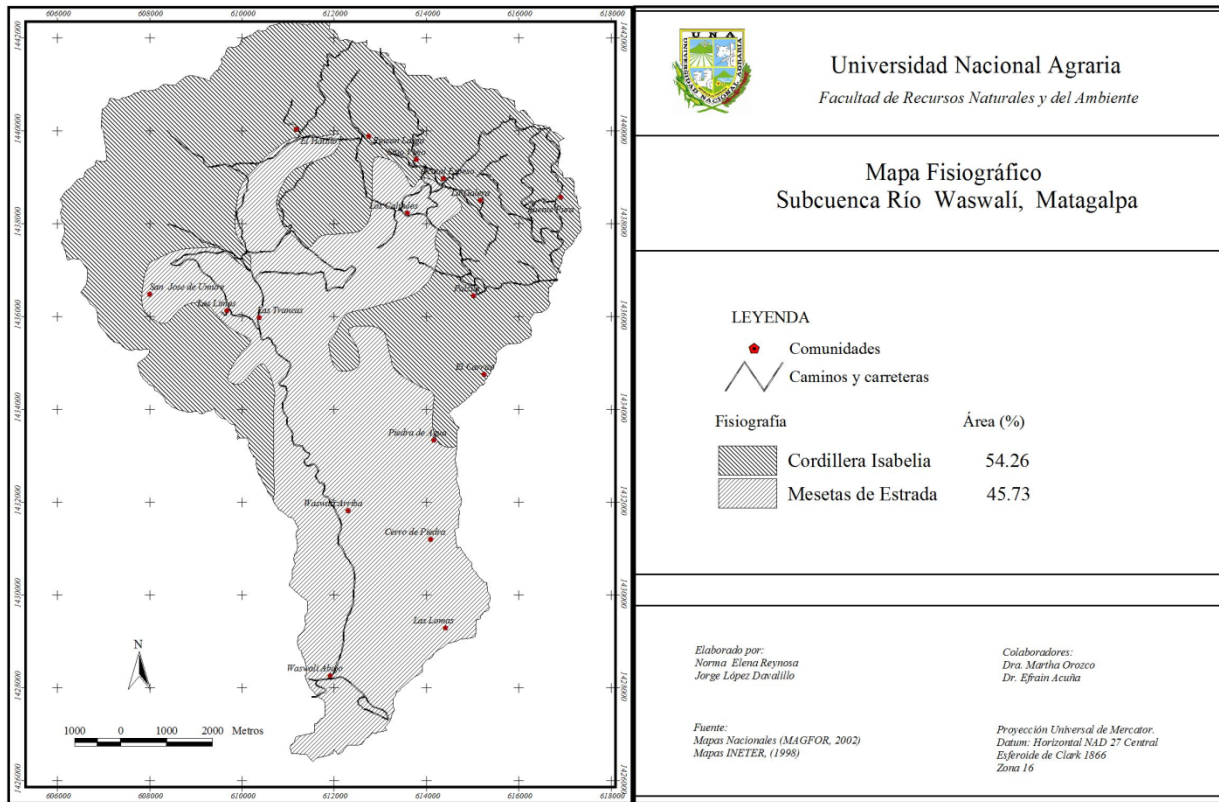


Figura 3. Mapa de unidades fisiográfico de la subcuenca del río Waswalí.

Fuente: Mapa Fisiográfico. MAG-FOR, 2002, INETER, 1998.

4.1.2. Pendiente y relieve

Las condiciones topográficas en cuanto a la forma del terreno y la pendiente de los suelos indican que las pendientes dominantes son las del rango del 15% al 30% (fuertemente ondulada), distribuidas en la parte media-alta, las cuales representan el 35.70% (3438 hectáreas) del área total. Los terrenos con pendiente escarpada a muy escarpada representan el 38.92% (3749 hectáreas) y se distribuyen en la parte media-alta. En cambio los terrenos con pendiente plana a ondulada constituyen el 13.61% (1312 hectáreas) del área total y se distribuyen en la parte baja. (Ver figura 4 y cuadro 5).

La vocación natural de la subcuenca considerando las pendientes predominantes es forestal, dado que la suma de los intervalos de pendientes mayores del 15% hasta más del 45% es de 7187 hectáreas que representa el 74.62% del área total.

A continuación se describen brevemente los paisajes con sus respectivos intervalos de pendiente (usados para estudios de suelos) que predominan en la subcuenca:

- **Pendiente de 0 a 2% (A):** paisaje plano a casi plano. Este tipo de paisaje se presenta en la parte baja de la subcuenca en pequeñas áreas, y ocupa un área de 605 hectáreas que representa el 6.28% del área total.
- **Pendiente de 2 a 4% (B):** paisaje ligeramente ondulado, tierras sobre las cuales hay suelos moderadamente profundos a profundos. Este paisaje ocupa un área muy pequeña (240 hectáreas) que representa el 2.49% del área total de la subcuenca y se encuentra distribuido a lo largo de las áreas contiguas a las pendientes más planas.
- **Pendiente de 4 a 8% (C):** paisaje moderadamente ondulado, con tierras moderadamente superficiales a moderadamente profundos. Este intervalo de pendiente representa el 4.84% del área total de la subcuenca y ocupa 467 hectáreas.
- **Pendiente de 8 a 15% (D):** el paisaje en este intervalo de pendiente es moderadamente escarpado y los suelos suelen ser moderadamente superficiales. Este paisaje representa el 11.77% (1134 hectáreas) del área total de la subcuenca.
- **Pendiente de 15 a 30% (E):** el paisaje correspondiente a este intervalo de pendiente es escarpado, los suelos son superficiales y en el caso de la subcuenca Waswalí muchos de los suelos presentan piedras sobre la superficie. El área que cubre esta unidad en la subcuenca corresponde a 3438 hectáreas, que representa el 35.70% del área total.
- **Pendiente de 30 a 45% (F):** el paisaje en este intervalo de pendiente es muy escarpado. Los suelos de laderas en su mayoría en la subcuenca se ubican en esta unidad, y cubren un área de 2271 hectáreas que representa el 23.58% del área total.
- **Pendiente mayor de 45% (G):** el paisaje en este intervalo de pendiente es extremadamente escarpado y corresponde a las estribaciones o laderas más inclinadas de la subcuenca. Cubre un área de 1478 hectáreas, correspondiente al 15.34% del área total.

Cuadro 5. Clase y rangos de pendiente predominante en la subcuenca del Río Waswalí.

Clase de topografía	Rango de pendiente	Km ²	Ha	%
Plana	0 - 2	6.05	605	6.13
Ligeramente Plana	2 - 4	2.40	240	2.43
Suavemente Ondulada	4 - 8	4.77	477	4.85
Ondulada	8 - 15	11.44	1144	11.54
Fuertemente Ondulada	15 - 30	35.38	3538	35.86
Escarpada	30 - 45	23.81	2381	24.15
Muy Escarpada	> 45	14.78	1478	14.95

Fuente: Mapa de pendiente. Elaboración Propia.

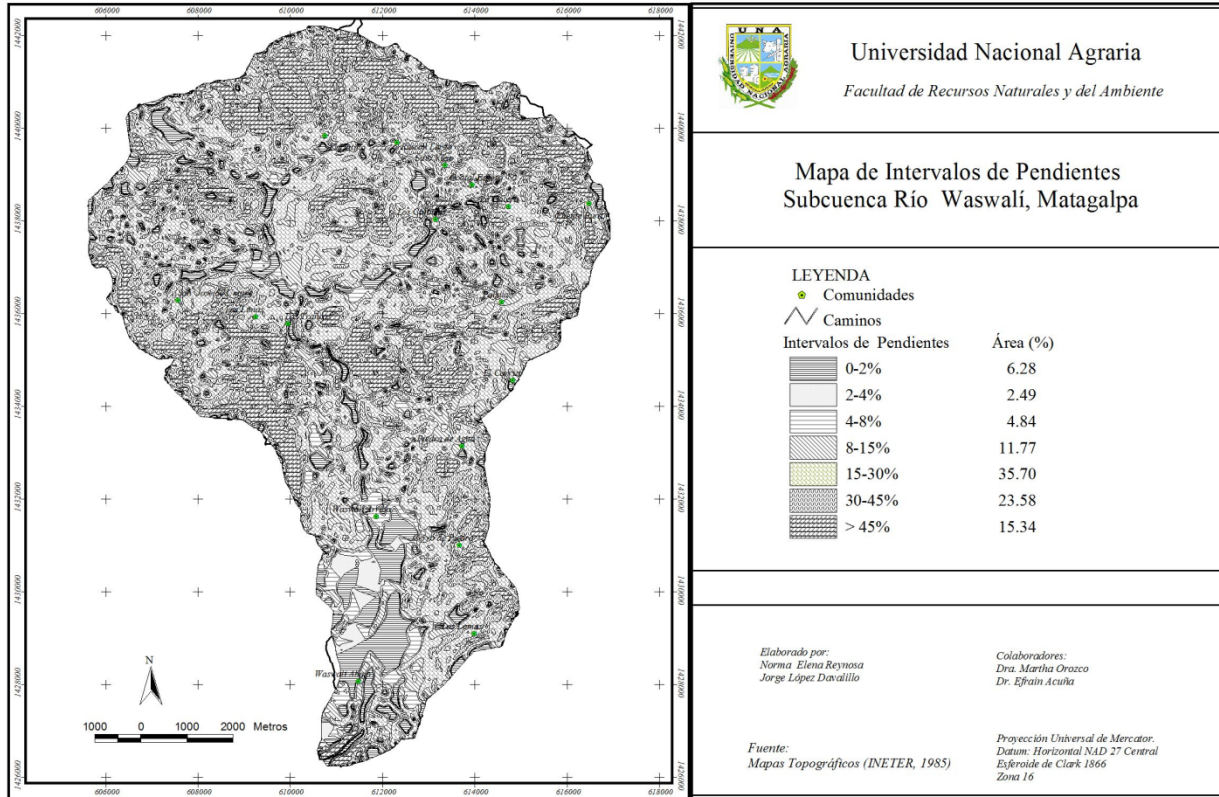


Figura 4. Mapa de pendiente de la subcuenca del Río Waswali.
Fuente: Elaboración Propia a partir del mapa topográfico, IINETER 1989.

4.1.3. Clima y zonas de vida:

Según la clasificación climática de Holdridge, en la subcuenca se definen 6 zonas de vida: Ver cuadro 6 donde se describen en kilómetros, hectáreas, y porcentajes cada una de las zonas de vida presentes en la zona y Figura 5 donde se presenta la distribución del clima y las zonas de vida en la subcuenca.

- **Bosque Húmedo Subtropical (BhSt):** ocupa la mayor superficie de la subcuenca con 4032 hectáreas (41.86%) del área total. En esta zona de vida se ubican las comunidades: Los Calpules, Las Limas, Las Trancas, Waswali Arriba, Las Lomas, Cerro de Piedra y Piedra de Agua.
- **Bosque Húmedo Subtropical en transición a seco (BhSt_a):** ocupa una superficie de 1109 hectáreas, que representan el 11.51% de la superficie total; se distribuye en una pequeña proporción tanto de la parte media como de la parte alta. En esta zona de vida se ubica la comunidad de San José de Umure, localizada en la parte media de la subcuenca.

- **Bosque Húmedo Subtropical Premontano (BhStP):** ocupa el 34.52% del área de la subcuenca (3324 hectáreas). Se ubican las comunidades: Rincón Largo, Sitio Viejo, Ocotal Espeso, Palsila, La Galera, Fuente Pura, El Carrizo (localizadas en la parte alta) y la comunidad El Hatillo (localizada en la parte media).
- **Bosque Húmedo Subtropical Premontano en transición a seco (BhStP_a):** ocupa el 5.47% del área de la subcuenca, correspondiente a 527 hectáreas, y no se ubica ninguna comunidad.
- **Bosque Seco Subtropical (BSSt):** ocupa una superficie de 641 hectáreas, que representan el 6.65% de la superficie total; se distribuye en una pequeña proporción tanto de la parte media como de la parte baja. En esta zona de vida se ubica la comunidad de Waswalí Abajo, ubicada en la parte baja de la subcuenca.
- **Bosque Seco Subtropical Premontano (BSStP):** es la zona de vida que menor área ocupa en la subcuenca (4 hectáreas) lo que representa el 0.004% de la superficie total; y no se ubica ninguna comunidad.

Cuadro 6. Zonas de vida predominantes en la subcuenca del Río Waswalí.

Zona de Vida	Km ²	Ha	%
Bosque Húmedo Subtropical (BhSt)	40.32	4032	41.86
Bosque Húmedo Subtropical en transición a seco (BhSt_a)	11.09	1109	11.51
Bosque Húmedo Subtropical Premontano (BhStP)	33.24	3324	34.52
Bosque Húmedo Subtropical Premontano en transición a seco (BhStP_a)	5.27	527	5.47
Bosque Seco Subtropical (BSSt)	6.41	641	6.65
Bosque Seco Subtropical Premontano (BSStP)	0.004	4	0.004

Fuente: Mapa de Zonas de Vida, MAG-FOR, 2000.

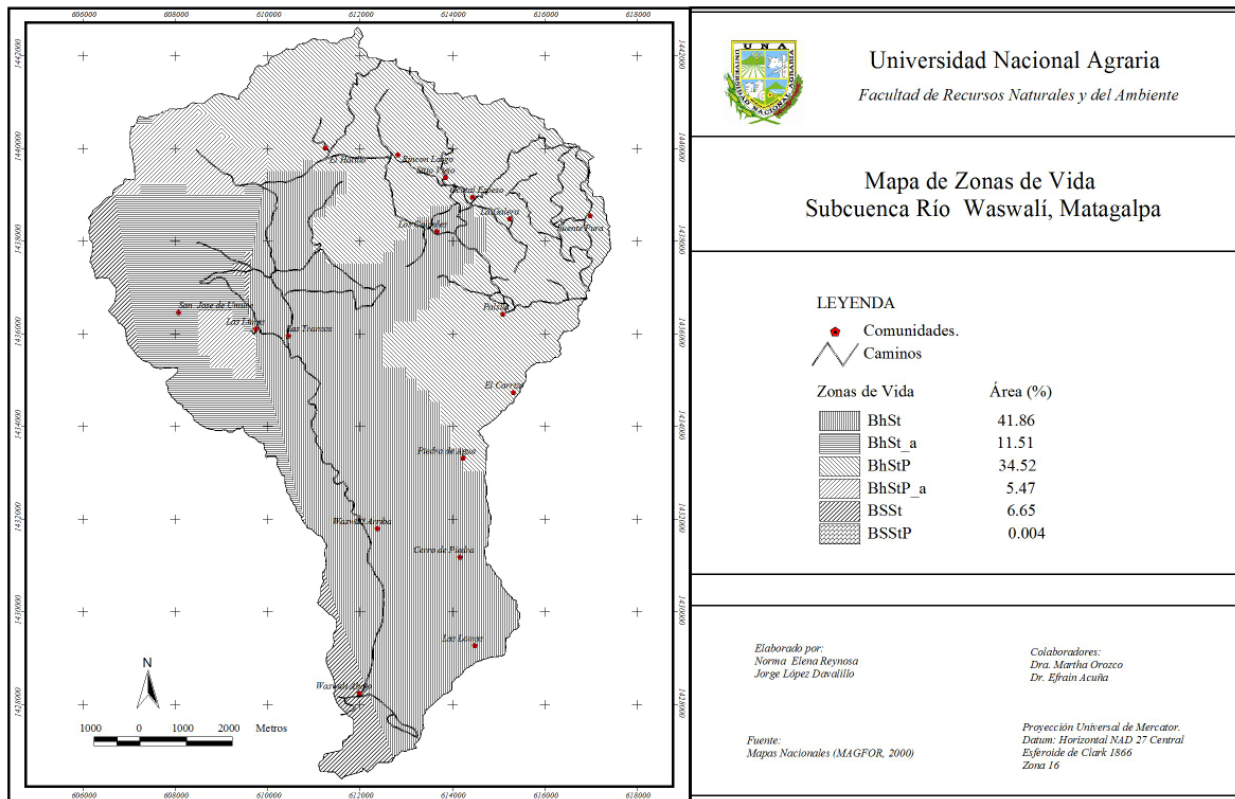


Figura 5. Mapa de zonas de vida de la subcuenca del Río Waswalí.

Fuente: Elaboración propia

4.1.4. Geología:

La geología de la subcuenca esta dominada por rocas volcánicas del terciario, con una litología de lavas basálticas y andesíticas, e ignimbritas.

De acuerdo al mapa geológico (MAG-FOR, 2002) en la subcuenca se identifican dos unidades geológicas, las cuales se describe a continuación:
(Ver figura 6 y cuadro 7)

- **Coyol superior (Cys)**

Tiene una amplia distribución en el territorio de la subcuenca. Corresponde al sistema terciario y a la serie del Mioceno-Medio-Plioceno, con una litología dominada por ignimbritas, tobas y brechas dacíticas, y lavas basálticas y andesito-basálticas. Presentan suelos con desarrollo genético juvenil a inmaduro. Representa el 89.10% del área y se distribuye en la parte alta, media y baja; en una superficie de 8581 hectáreas, en las comunidades: El Hatillo, Rincón Largo, Sitio Viejo, Ocotal Espeso, Los Calpules, Fuente Pura, El Carrizo, Las Limas, San José de Umure, Las Trancas, La Galera, Piedra de Agua, Waswalí Arriba, Cerro de Piedra, Waswalí Abajo, Las Lomas.

- **Coyol Inferior (Cyi)**

Corresponde al sistema Neoceno Superior, serie del Mioceno-Medio-Superior, con una litología dominada por lavas basálticas y andesito-basálticas, andesito-dacitas, riocacitas, tobas y brechas tobáceas de riolitas y dacitas aglomeráticas. Presenta suelos con desarrollo genético joven a maduros. Se distribuye en la parte alta y baja en una superficie de 1040 hectáreas, que representan el 10.80 % del área de la subcuenca y se ubica la comunidad de Palsila.

Cuadro 7. Distribución de las unidades geológicas predominantes en la subcuenca del Río Waswalí.

Unidad geológica	Km ²	Ha	%
Coyol Superior (Cys)	85.81	8581	89.10
Coyol Inferior (Cyi)	10.40	1040	10.80

Fuente: Elaboración propia a partir del Mapa Geológico. INETER, 1971.

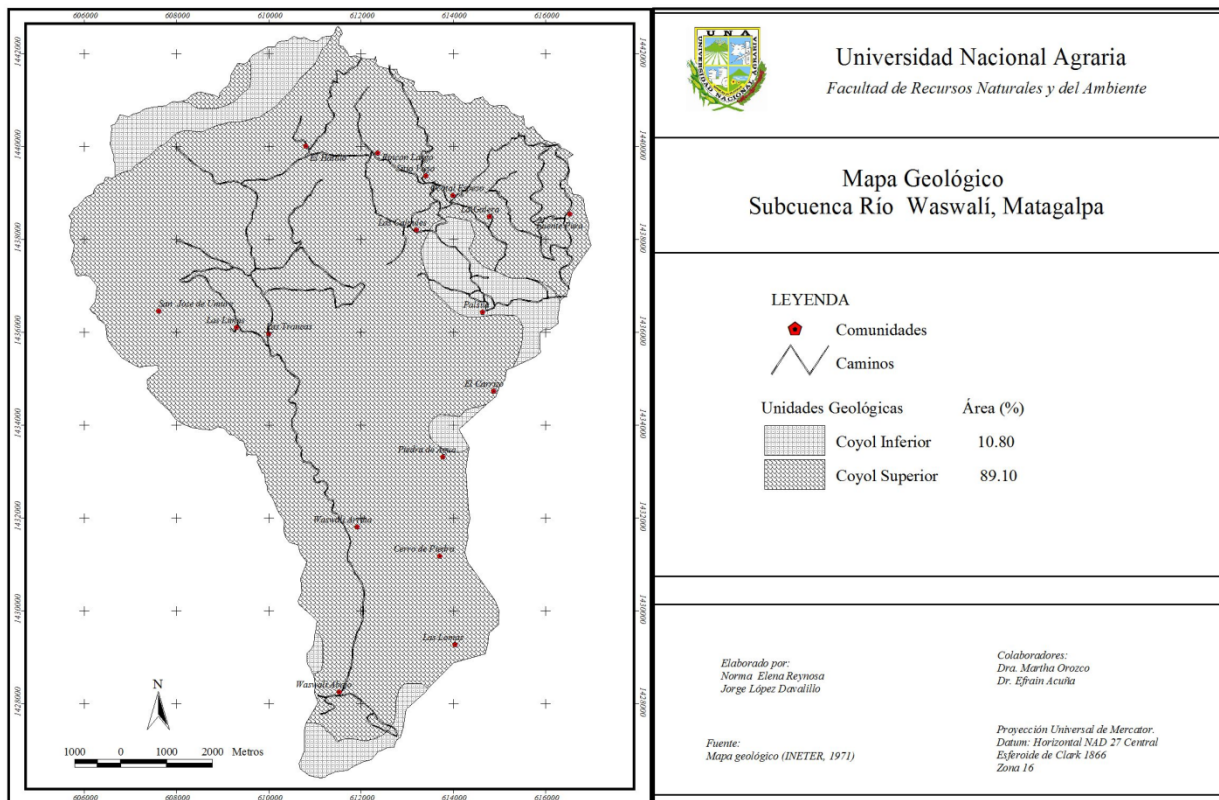


Figura 6. Mapa geológico de la subcuenca del Río Waswalí.
Fuente elaboración propia

4.1.5. Formación de los suelos:

Los suelos de la subcuenca deben su origen y clasificación a la influencia combinada de factores que actúan sobre los materiales parentales depositados como son: el clima, relieve, roca madre, vegetación, organismos vivos y el tiempo. En la subcuenca se identificaron las series de suelos: Aguas Zarcas, Cerro El Horno, Yasica Sur, Santa María de Ostuma, Jucuapa, Cerro La Cruz, El Porvenir Nuevo, Matagalpa, Cerro San Pablo, Quebrada Honda y suelos que no están especificados en ninguna serie tales como: Tierras Aluviales (TX), Vertisoles (V), Vérticos (VC) Afloramientos Rocosos (M1) y lo que corresponde al lecho del río o cárcavas. Ver la figura 7 y cuadro 8

Cuadro 8. Distribución de las series de suelos que predominan en la subcuenca del Río Waswalí.

Serie de suelo	Clasificación Taxonomica	Km ²	Ha	%
Aguas Zarcas	<i>Humic Eutrudepts</i>	20.59	2059	21.27
Cerro El Horno	<i>Udic Haplustepts</i>	47.3	4730	48.87
Yasica Sur	<i>Typic Hapludalfs</i>	10.65	1065	11.01
Santa María de Ostuma	<i>Typic Haplohumults</i>	4.22	422	4.36
Jucuapa	<i>Udic Haplustolls</i>	3.54	354	3.66
Cerro La Cruz	<i>Udic Haplustolls</i>	2.25	225	2.32
Matagalpa	<i>Udic Argiustolls</i>	1.72	172	1.78
El Porvenir Nuevo	<i>Aquic Argiudolls</i>	1.58	158	1.63
Cerro San Pablo	<i>Typic Ustorthens</i>	0.77	77	0.8
Quebrada Honda	<i>Dic Haplustalfs</i>	0.43	43	0.44
Tierras Aluviales	<i>Fluventic Humitropepts</i>	2.08	208	2.15
Vertisoles		0.76	76	0.79
Vérticos		0.71	71	0.74
Afloramientos Rocosos		0.03	3	0.03

Elaboración propia a partir del Mapa de Suelos.

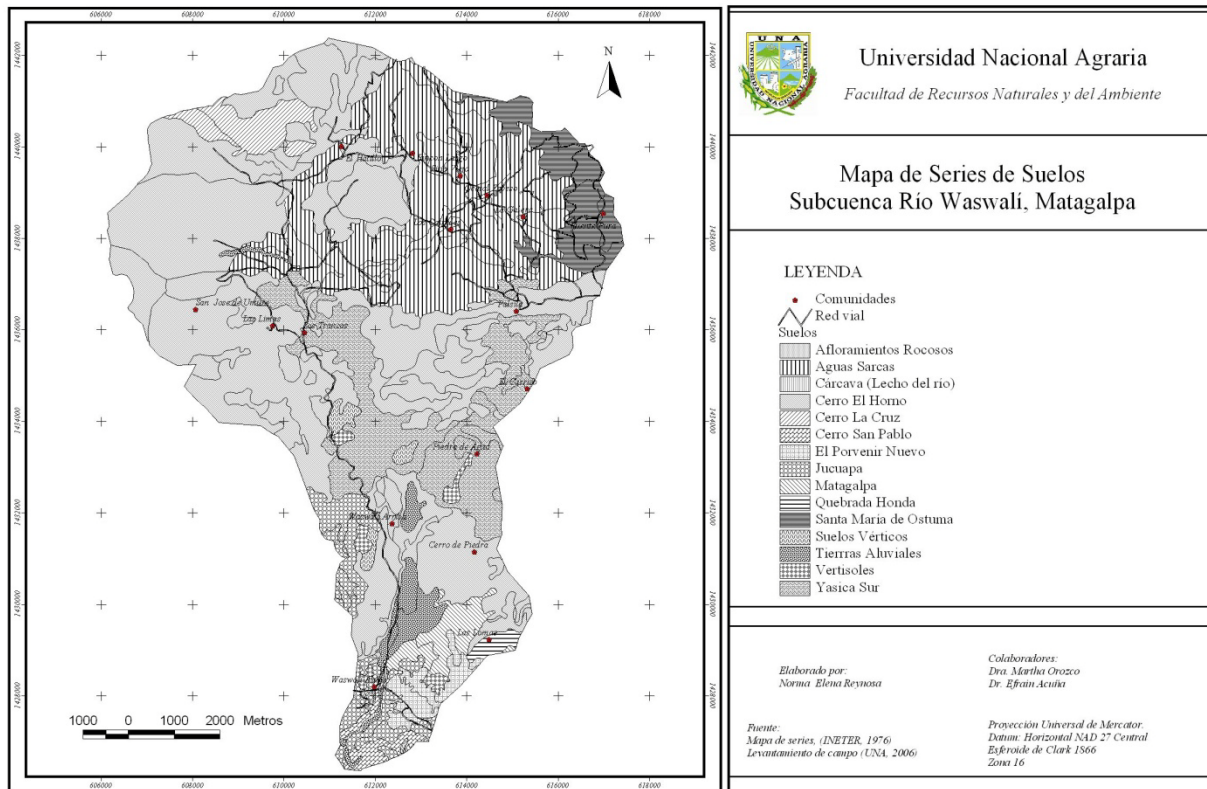


Figura 7. Mapa de series de suelos de la subcuenca del Río Waswalí, Matagalpa.

4.1.6. Descripción de series de suelo:

Para establecer los nombres de los suelos puede recurrirse a dos criterios: utilizar nombres populares locales o introducir una nomenclatura que resulte auto explicativa. En lo que respecta a este último criterio, en Nicaragua se utiliza el sistema propuesto por el Departamento de Agricultura de los Estados Unidos, conocido como "Soil Taxonomy". La Soil Taxonomy establece 6 niveles jerárquicos, de homogeneidad creciente entre los suelos incluidos en cada uno de ellos, estos niveles son los siguientes: Orden, Sub-orden, Grupo, Sub-Grupo, Familia y Serie.

En el estudio realizado en la subcuenca de Waswalí los resultados se presentan a nivel de serie de suelos, la cual es definida según Porta et al .1999 como: un grupo homogéneo de suelos, es decir que tienen características afines en cuanto a su origen, composición química y propiedades físicas, por estar desarrollados sobre un mismo material parental y con la misma secuencia de horizontes de propiedades similares dan como resultado un comportamiento similar frente a determinados usos de la tierra.

Una serie de suelo toma lugar natural y existencial sobre el paisaje, por tanto, una serie dada no necesariamente se enmarca dentro de los límites de un municipio; su extensión puede trascender al municipio, departamento o de una cuenca hidrográfica.

A continuación se describen agrupadas por orden las series de suelo presentes en la subcuenca del río Waswalí:

Orden Ultisoles

Son suelos que tienen un drenaje interno natural de imperfecto a bien drenados, de profundos a muy profundos, en relieve de plano a muy escarpado, la fertilidad natural tiene valores de baja a media, con un contenido variable de aluminio, se han desarrollado de rocas básicas, intermedias y ácidas, de sedimentos aluviales, coluviales y fluviales

Serie Santa María de Ostuma, Typic Haplohumults, (SSS, 1999).

Los suelos de esta serie se caracterizan por tener un grado de desarrollo maduro y poseen horizontes de diagnósticos bien definidos, conformados por un epipedión ócrico (horizonte A delgado) sobre un horizonte B argílico con evidentes procesos de lixiviación. Presentan una secuencia de horizontes A-Bt-C.

Esta serie se distribuye en la parte alta, ocupando 4.51 Km² (451 hectáreas); lo cual representa el 4.66 del área de la sub cuenca. Los suelos de esta serie están siendo utilizados en su mayoría con café con sombra, pastos y frecuentemente con algunos cultivos como repollo, zanahoria entre otros. Ver figura 8.



Figura 8. Perfil representativo de la serie Santa María de Ostuma

Se caracterizan por presentar un horizonte A de colores pardo rojizos y textura franco arcillosa y arcillosa, que descansa sobre un horizonte argílico (Bt) de colores rojizo oscuro, textura arcillosa, bien drenado y generalmente poco lixiviado por la baja intensidad pluvial y distribución estacional del régimen de lluvias.

Los pHs de estos suelos suelen ser ácidos (< 5.5), aunque presentan altas cantidades de materia orgánica, pero su saturación de bases suele ser menor de 35%, esto hace que de forma natural estos suelos su fertilidad natural es baja.

Orden Mollisoles

Son suelos minerales con estado de desarrollo: incipiente, joven o maduro. Con un horizonte superficial (epipedón mólico) de color oscuro, rico en humus, bien estructurado, suave en seco y un subsuelo de acumulación de arcilla iluvial (un horizonte argílico, o un horizonte cámbico cargado de arcilla); de poco profundos a muy profundos, fertilidad de baja a alta; desarrollados de depósitos aluviales y lacustres sedimentados de origen volcánico, rocas básicas, ácidas, metamórficas, sedimentarias y piroclásticas.

Serie Matagalpa, (Udic Argiustolls, SSS, 1999):

Los suelos de esta serie se clasifican como Mollisoles de régimen de humedad ústico, que presentan un epipedón mólico (horizonte A) que descansa sobre un horizonte argílico (Bt) de acumulación de arcilla iluvial. La secuencia textural es generalmente franco arcilloso en el A y arcilloso en el Bt.

Son desarrollados de rocas básicas y se localizan en superficies erosionadas por la acción humana. Presentan una secuencia de horizontes genéticos del tipo A-Bt-C. Representan el 1.77% del área de la sub cuenca, ocupan 1.72 Km² (172 hectáreas) del territorio y se distribuyen en la parte baja. Esta serie colinda con las tierras aluviales, frecuentemente están siendo usadas con pastos y pequeñas áreas de cultivos (ver figura 9).



Figura 9. Perfil representativo de la serie de suelos Matagalpa y paisaje circundante.

Serie de suelos Cerro La Cruz, Udic Haplustolls, (SSS, 1999)

Los suelos de la serie La Cruz han sido clasificados como Udic Haplustolls del orden de suelos mollisoles, presentan un horizonte móllico “A” sobre un horizonte Bt arcilloso, frecuentemente estos suelos por encima de 8% de pendiente están erosionados ya que se practica agricultura sin ninguna práctica de conservación de suelos.

Estos suelos en la subcuenca se localizan en la parte alta de la subcuenca, son suelos de más de 80 cm de profundidad con piedras en la superficie y dentro del perfil, frecuentemente están siendo usados con pastos cultivados y pastos naturales, así como una pequeña parte para la agricultura de granos básicos y bosque de pino con manejo forestal. Presentan pHs ligeramente ácidos, materia orgánica alta, y saturación de bases por encima del 52 %, lo que los hace suelos muy fértiles de forma natural (ver figura 10)



Figura 10. Perfil de la serie de suelos Cerro La Cruz y su paisaje circundante.

Serie de Suelos El Porvenir Nuevo (EPN), Aquic Argiudolls, (SSS, 1999)

Los suelos de esta serie se caracterizan por presentar un horizonte “A” erosionado en pendientes mayores de 8%, presenta además dos horizontes “Bt” arcillosos, presentándose en el segundo indicios de problemas de drenaje, con muchas rocas dentro del perfil de suelos como en la superficie (tal como se observa en la Figura 11). Estos suelos se presentan en la parte baja de sub cuenca y ocupan un área de 1.57 Km² (157 hectáreas) para un 1.6% del área total.

Estos suelos tienen como uso pastos, pequeñas áreas reforestadas con pinos y remanentes de bosque latifoliado bajo (áreas en recuperación) y cultivos anuales.

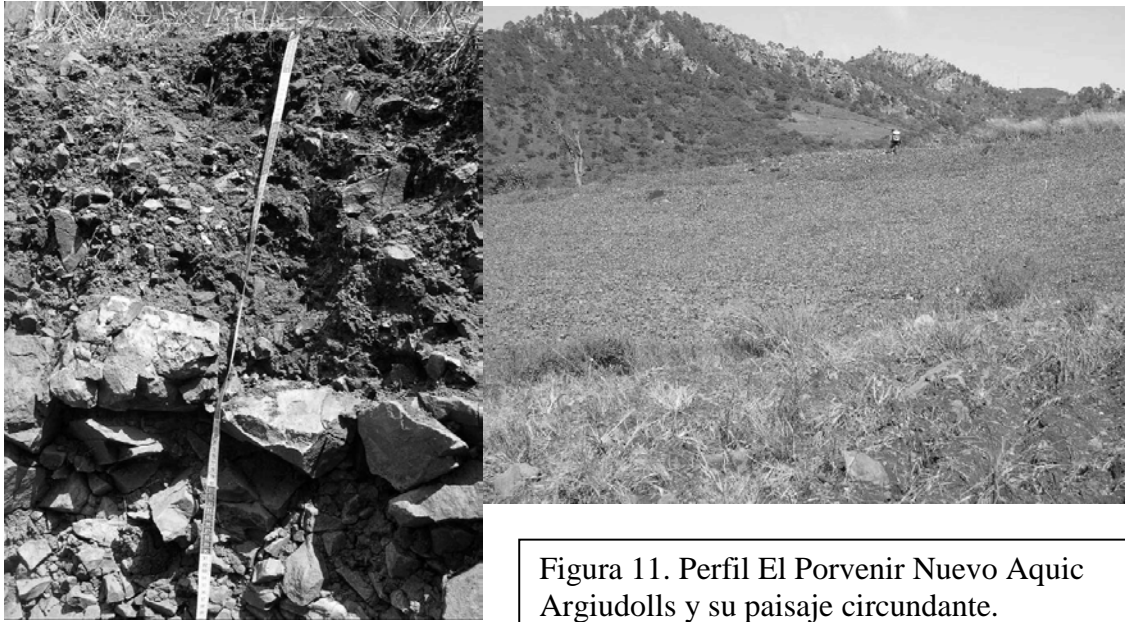


Figura 11. Perfil El Porvenir Nuevo Aquic Argiudolls y su paisaje circundante.

Serie de suelos Jucuapa, Udic Haplustolls, (SSS, 1999)

Los suelos de esta serie representan para la sub cuenca el 3.35% ocupando un área de 3.25 Km² del área total. La horizonación típica para estos suelos A-Bt1-Bt2-C-R, con epipedón móllico y texturas franco arcillosas en el subsuelo. Normalmente son de alta fertilidad natural, con pHs cercanos a la neutralidad, altos en materia orgánica, y altos en saturación de bases por encima del 50%.

Los suelos de esta serie en su mayoría de área están siendo usados con cultivos anuales y pastos, la mayoría de la cobertura original ha desaparecido. Con frecuencia pueden encontrarse pequeñas áreas reforestadas en combinación con sistemas silvopastoriles.

Orden Alfisoles

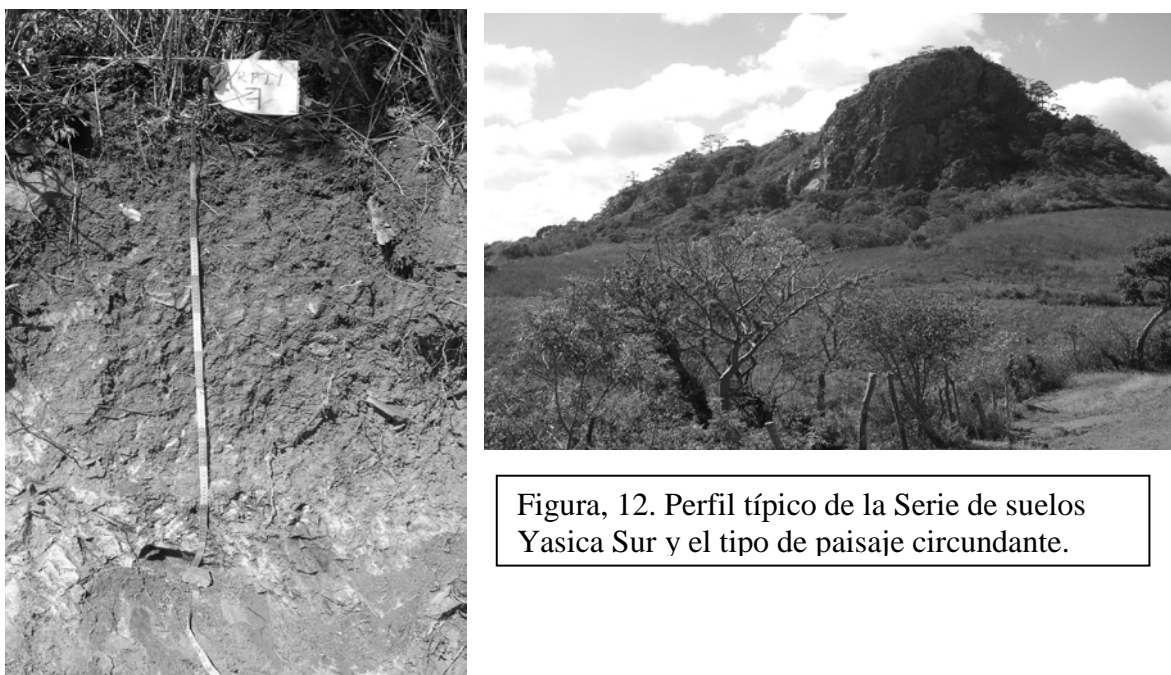
Suelos minerales maduros, bien desarrollados. Con un horizonte superficial de color claro (epipedón ócrico) o de color oscuro (epipedón úmbrico) y un subsuelo de acumulación de arcilla iluvial (horizonte argílico); de muy profundos a pocos profundo (60 a > 120 cm.). En relieve de plano a muy escarpado, con una fertilidad de baja a media; desarrollados a partir de rocas ácidas, básicas, metamórficas, materiales indiferenciados y estratos sedimentarios de lutitas.

Serie Yasica Sur, Typic Hapludalfs (SSS, 1999)

Los suelos de esta serie fueron clasificados como Alfisoles de régimen údico, que presentan un epipedión ócrico (horizonte A) que descansa sobre un horizonte argílico (Bt) de acumulación de arcilla iluvial. La secuencia textural es generalmente franco arcilloso en el A y arcilloso en el Bt.

Presentan una secuencia de horizontes genéticos del tipo A-Bt-C. Representan 10.9% correspondiente a 10.72 Km² (1072 hectáreas) del territorio y se distribuyen en la parte media (ver figura 12).

Sobre estos suelos se practica agricultura como principal actividad agrícola, pero además están cultivados con pastos, y pequeños remanentes de bosque latifoliado bajo, y bosque de pino ralo producto de la explotación de la madera para fines comerciales.



Figura, 12. Perfil típico de la Serie de suelos Yasica Sur y el tipo de paisaje circundante.

Serie Quebrada Honda-QH- (Dic Haplustalfs, SSS, 1999)

Los suelos de esta serie, son suelos maduros distribuidos en la parte baja de la subcuenca. Representan una pequeña área de 0.44 Km² (44 hectáreas), que representa el 0.45% del área total. Estos suelos se ubican en el intervalo de pendiente de 15 a 30%, en la clase de capacidad VI; y normalmente tienen pastos, granos básicos (maíz y frijol) como principales usos.

Orden Vertisoles (Sonzocuite)

Son suelos minerales de desarrollo reciente, con horizonte superficial de poco espesor, muy arcillosos, que durante la estación seca se contraen y presentan grietas anchas y profundas y durante la estación lluviosa se expanden, tienen formación de micro relieve en la superficie,

son de muy profundos a moderadamente profundos (que no tienen contacto rocoso a menos de 50 cm. de profundidad), la fertilidad del suelo es de alta a baja, formados de sedimentos lacustres o lagunares, de tobas, basaltos y otras rocas ricas en bases y fácilmente meteorizables, en pendientes de 0-8%, también se encuentran en pendientes de hasta 15%.

Los suelos llamados vertisoles (llamados localmente como suelos de llano, sonzocuites, barriales) también no están clasificados en ninguna serie dado génesis, o sea su condición de formación esta más bien fundamentada en las condiciones de la pendiente del terreno y los tipos de arcilla de tipo 2:1 montmorillonítica.

Son suelos minerales con alto contenido en arcilla esmectíticas, generalmente se trata de montmorillonita (altamente expandibles), por lo que al secarse desarrollan grietas verticales anchas y profundas que aparecen durante el periodo seco del año. Son suelos de color gris oscuro (de negro a pardo rojizo).

Estos suelos poseen más de 30% de arcilla expandible en todo el perfil y como mínimo en un espesor de por lo menos 50 cm. En la sub cuenca se encuentran en la parte baja donde las pendientes suelen ser suaves, ocupando un área de 0.77 km² (77 hectáreas), lo que representan el 0.80%. Estos suelos en su mayoría están siendo usados con pastos y cultivos anuales como maíz.

Suelos Vérticos

Los suelos llamados vérticos no están clasificados en ninguna serie dado que se pueden presentar en cualquier condición climática y derivarse de cualquier material geológico, su condición de formación más bien se fundamenta en las condiciones de la pendiente del terreno y los tipos de arcilla de tipo 2:1 montmorillonítica.

Son suelos minerales que se caracterizan por su elevado contenido en arcilla predominantemente esmectíticas, generalmente se trata de montmorillonita (altamente expandibles), por lo que al secarse desarrollan grietas verticales anchas y profundas que aparecen durante el periodo seco del año. Son suelos de color gris oscuro (de negro a pardo rojizo).

A pesar de tener características vérticas evidentes, no llegan a clasificar como vertisoles, por no poseer un 30% o más de arcilla expandible en todo el perfil y como mínimo en un espesor de por lo menos 50 cm. En la sub cuenca se encuentran en la parte baja donde las pendientes suelen ser suaves, ocupando un área de 0.71 km² (71 hectáreas), lo que representan el 0.74%. Estos suelos en su mayoría están siendo usados con pastos y cultivos anuales como maíz (ver figura 13 Paisaje de los suelos vérticos (planicies).



Figura 13. Paisaje de los suelos vérticos (planicies).

Orden Inceptisoles

Son suelos minerales de desarrollo incipiente, de poco profundos a muy profundos; el horizonte superficial es de colores claros (epipedón ócrico) o de colores oscuros (epipedón úmbrico) y el subsuelo tiene un horizonte alterado (horizonte cámbico) de textura franco arenosa muy fina a arcillosa, con estructura de suelo o ausencia de estructura de roca por lo menos en la mitad del volumen; con inundaciones ocasionales y prolongadas en algunas áreas. Se presentan en relieve de plano a muy escarpado, la fertilidad se presenta de muy baja a alta. Son desarrollados de sedimentos aluviales, fluviales, coluviales, de cenizas volcánicas, de Rocas básicas y ácidas

Tierras Aluviales, (Fluventic Humitropepts, SSS, 1999)

Las tierras aluviales se les llaman a los suelos que han sido desarrollados en las márgenes de los ríos. Generalmente estos suelos deben sus procesos de desarrollo a la acumulación de materiales por las crecidas de los ríos y se ubican en las terrazas fluviales. En la sub cuenca se encuentran ubicados desde la parte media hasta la parte baja siguiendo los costados del río Waswalí, ocupan un área de 2.02 km². Para un 2.08% del área total. Estos suelos se encuentran cultivados con pastos mejorados cultivos anuales como maíz y hortalizas (ver figura 14).

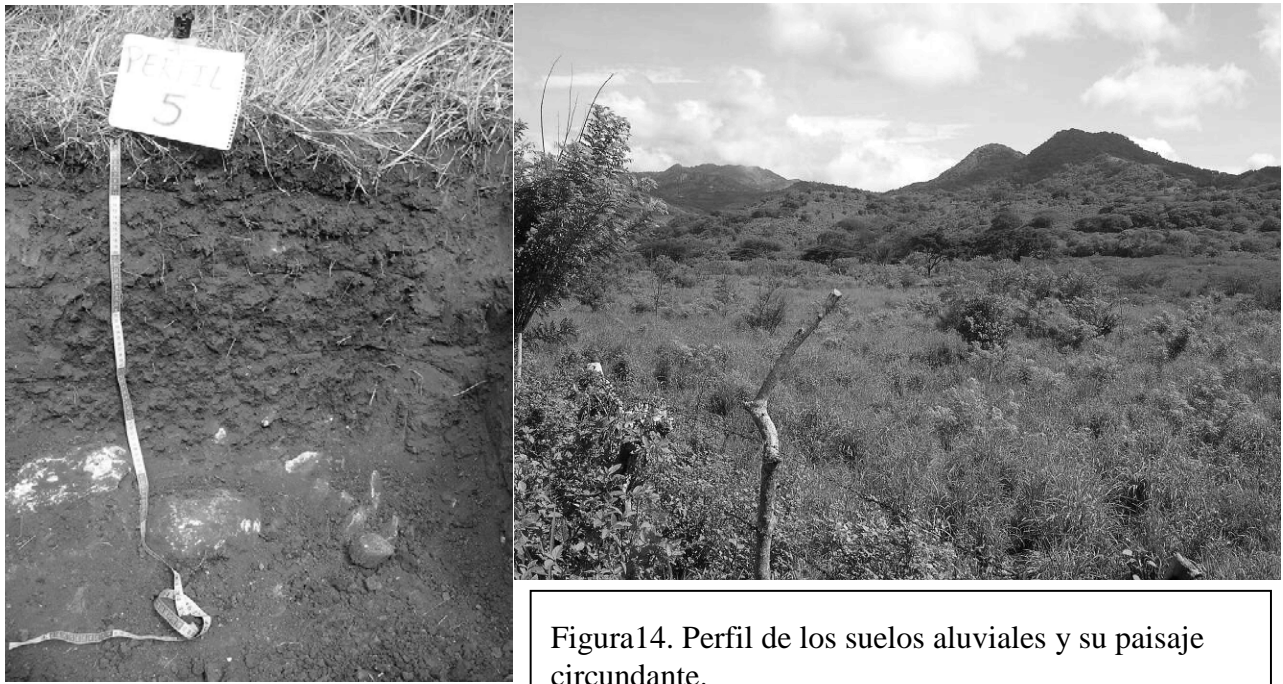


Figura14. Perfil de los suelos aluviales y su paisaje circundante.

Serie de suelos Cerro El Horno, Udic Haplustepts, (SSS, 1999)

Los suelos de la serie Cerro El Horno se han clasificado como Udic Haplustepts (SSS, 1999), estos suelos aunque presentan un epipedón oscuro pero su saturación de bases es menor del 50% y se denomina como epipedón úmbrico.

Estos suelos presentan pH de ligeramente ácido a ácido, contenido alto de materia orgánica, pero de baja saturación menor de 50%. Presentan una secuencia de horizontes A-AB-Bw-Cr. Se considera que son suelos incipientes o sea que están en proceso de desarrollo (ver figura 15).

Estos suelos son los mas predominantes de la sub cuenca ocupando un área de 47.57 Km² (4757 hectáreas) para un 49.12% del área total.

Es frecuente encontrar estos suelos con agricultura de cultivos limpios en todos los rangos de pendientes, lo que ha provocado en muchos casos que la capa mas superficial haya desaparecido por erosión laminar principalmente, además de encontrarse con pastos, remanentes de bosque latifoliados.

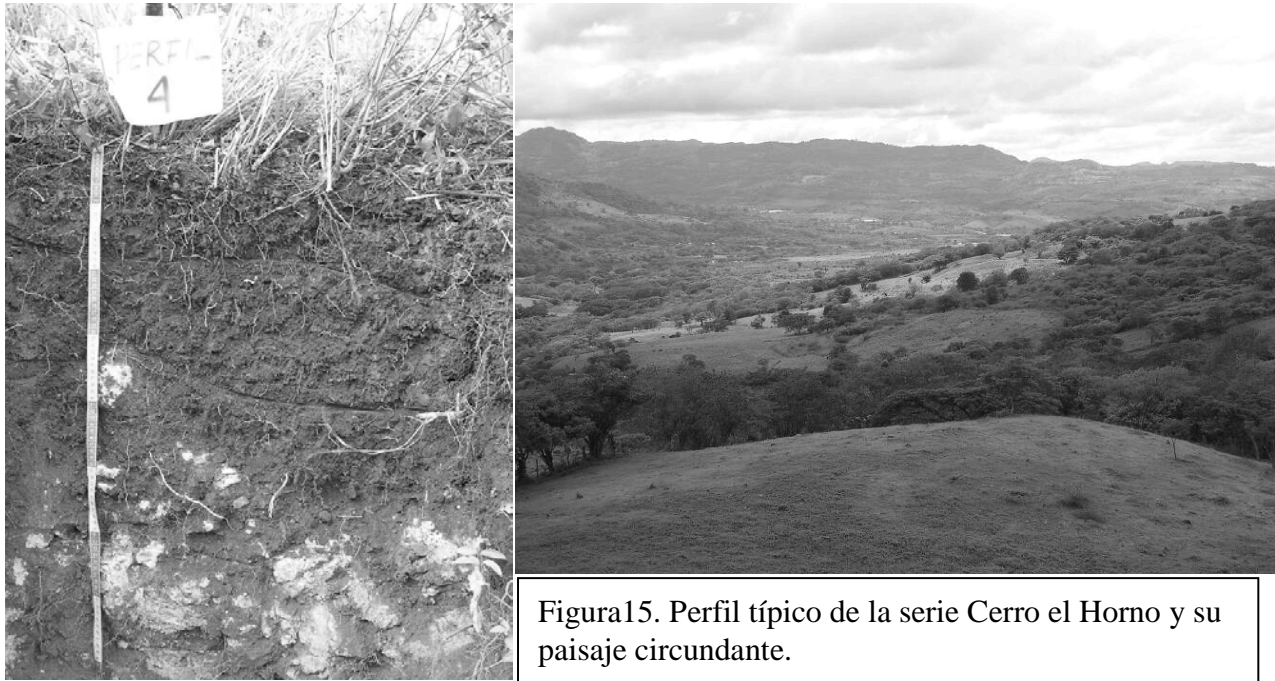


Figura15. Perfil típico de la serie Cerro el Horno y su paisaje circundante.

Serie de suelo Aguas Zarcas, Typic Ustropepts (SSS, 1976), Humic Eutrudepts, (SSS, 1999).

Los suelos de la serie **Aguas Zarcas** han sido reclasificados como **Humic Eutrudepts (SSS, 1999)**, debido a los cambios en la taxonomía de suelos y los datos de laboratorio (UNA, 2007).

La secuencia de horizontes es A-AB-Bw-Cr, lo que indica también que se encuentran en un estado incipiente de desarrollo.

Los suelos de esta serie son suelos profundos de más de 90 cm, se presentan en pendientes por encima de 4 a 30%. Presentan poca erosión a pesar de las pendientes. Son suelos de pH neutro y alto contenido de materia orgánica, presentan una fertilidad natural muy alta por encima de 60% de saturación de bases (ver figura 16) Perfil típico de la serie de suelos Aguas Zarcas y paisaje circundante.

Estos suelos se les puede ubicar en las vecindades de **Rincón Largo**, es notorio que la mayoría de estos suelos tiene la mayor parte de su área ocupada por cultivos anuales principalmente hortalizas, granos básicos, pastos podemos afirmar que son los mejores suelos de la sub cuenca. Es destacable también que no se observan obras de conservación de suelos y debería en el corto plazo realizarse para no perder la productividad de estos.



Figura 16. Perfil típico de la serie de suelos Aguas Zarcas v paisaie circundante

Orden Entisoles

Son suelos minerales de formación reciente que tienen poca o ninguna evidencia de desarrollo de horizontes genéticos, la profundidad varía de poco profundos a muy superficiales, relieve de plano a muy escarpado, la fertilidad del suelo es alta a baja, en algunos suelos las inundaciones son frecuentes y prolongadas durante la estación lluviosa.

Serie de suelos Cerro San Pablo, Typic Ustorthents, (SSS, 1999).

Los suelos de esta serie son suelos superficiales con profundidades menores de 40 cm, en la sub cuenca representan un área relativamente pequeña 0.51 Km² para un 0.53% del área total, se encuentran ubicados en la parte baja de la sub cuenca.

La horizonación típica para estos suelos es A-C-R, con muchas piedras sobre la superficie así como dentro del perfil de suelos, pero de forma que no impide el paso de las raíces. Estos suelos tienen como uso mayor de la tierra pastos, cultivos anuales como maíz, frijoles y en las laderas pequeños remanentes de bosque latifoliado bajo.

4.1.7. Uso actual del suelo:

La subcuenca está conformada por un sistema montañoso de relieve que varía desde fuertemente ondulado a muy escarpado, con alturas predominantemente entre los 980 y 1638 msnm. El paisaje es heterogéneo, existe una mezcla generalizada de potreros, cafetales bajo sombra, campos agrícolas, remanentes de pino, bosques latifoliados abiertos bajos y densos (menor proporción), y un área cubierta de la asociación de pastos más árboles.

La parte baja de la subcuenca se utiliza principalmente para pastos más cultivos anuales o bien cultivos anuales más pasto. La parte media se dedica mayormente a la producción de hortalizas (repollo, remolacha, zanahoria y papas) y la parte alta a la producción de café, cultivos anuales más pasto y cultivos anuales.

En la subcuenca se identifican cuatro categorías de uso de la tierra: vegetación de ciclo largo (34.13%), vegetación de bosque (31.33%), vegetación de ciclo corto (29.88%) y café con sombra (4.59%). Estos grupos de vegetación se encuentran en diferentes estados de intervención por las actividades desarrolladas por los habitantes con el propósito de garantizar la subsistencia alimentaria. (Ver figura 17 y cuadro 9)

A continuación se describen brevemente cada uno de estos grupos de vegetación:

➤ Vegetación de bosque

Son sistemas ecológicos con un mínimo de cobertura de copas de árboles, generalmente asociados con flora y fauna silvestre y condiciones naturales del suelo, con altura mínima de los árboles de 5 metros en edad madura. Esta constituida por remanentes de bosques de pinos y latifoliados principalmente en las riberas del río y de bosques aislados. Representan el 31.33% (3020 hectáreas) del área total de la subcuenca.

En esta categoría se incluye:

- ***Bosque de galería (Bg)***

Son bosques que se desarrollan en las márgenes de los afluentes que conforman el Río Waswalí, pueden ser árboles altos o bajos, pero generalmente cerrados. Ocupa una extensión territorial de 948 hectáreas; que representan el 9.83% del área total de la subcuenca.

- ***Bosque de pino abierto (Bpa)***

Bosque de pino con árboles menores de 20 centímetros de diámetro y cobertura de copas de árboles entre 40 y 70%. Ocupa una extensión territorial de 885 hectáreas, que representan el 9.18% del área total. También se encontró esta misma categoría pero bajo manejo forestal (bosque de pino abierto manejado), ocupando un área de 93 hectáreas, que representa el 0.96% del área total de la subcuenca.

- ***Bosque latifoliado más pasto***

Ocupa una extensión territorial de 154 hectáreas, que representan el 1.59% del área total de la subcuenca.

- ***Bosque latifoliado alto abierto (Blaa)***

Árboles mayores de 12 metros y cobertura de copas de árboles entre 40 y 70%. Ocupa una extensión territorial de 566 hectáreas, que representan el 5.88% del área total de la subcuenca.

- ***Bosque latifoliado bajo cerrado (Blbc)***

Árboles menores de 12 metros de altura y cobertura de copas de árboles entre 70 y 100%. Ocupa una extensión territorial de 284 hectáreas, que representan el 2.95% del área total de la subcuenca.

Bosque latifoliado alto cerrado (Blac)

Árboles mayores de 12 metros de altura y cobertura de copas de árbol entre 70 y 100%. Ocupa una extensión territorial de 90 hectáreas, que representan el 0.94% del área total de la subcuenca.

➤ ***Vegetación de hábitat boscoso***

Todo el complejo de vegetación leñosa derivada del aclareo del bosque natural para la agricultura itinerante. Es una clase intermedia entre el bosque y cultivos que tienen hábitat boscoso (café, árboles frutales, etc.). Esta representada por **Café con sombra (C)**, que generalmente es café de zonas altas con sombra conformada por árboles de porte mediano y alto, de copas de buena cobertura, donde el factor climático y los suelos juegan un papel muy importante en lo que se refiere a bajas temperaturas y suelos profundos. Se encuentra distribuida en la parte alta; con una extensión territorial de 440 hectáreas, que representan el 4.59% del total del área total de la subcuenca.

➤ ***Vegetación de ciclo corto***

Esta categoría de vegetación se distribuye en la parte baja, media y alta de la subcuenca. Ocupa un área de 2881 hectáreas, lo cual representa el 29.88% del área total. Se refiere al uso continuo de la tierra anualmente, donde los suelos permanecen cubiertos de cultivos durante una época del año, o en rotación durante todo el año. Generalmente son tierras con alto potencial agropecuario, pero en la subcuenca se cultiva en áreas de ladera en suelos de bajo potencial para este uso. Esta categoría esta representada por **cultivos anuales** (predominio de maíz, frijol, hortalizas) que se siembran en asociación y ocupan un área de 1904 hectáreas (19.74%), y **cultivos anuales más pastos** que ocupan un área de 977 hectáreas (10.14%).

➤ *Vegetación de ciclo largo*

Comprende el uso estacional de la tierra (cinco años o más) por cultivos herbáceos forrajeros, sean cultivados o naturales (praderas naturales o pasturas), con cobertura de vegetación leñosa menor del 10% de copas, y cultivos que la ocupan por largo período y no necesitan ser replantados después de cada cosecha. El total cubierto por este grupo de vegetación es de 34.13% (3290 hectáreas) del área total de la subcuenca.

En esta categoría se incluye:

- *Pasto (P)*

El 3.6% del área de la subcuenca (347 hectáreas) esta representada por este tipo de vegetación, la cual se distribuye en la parte baja, media y alta.

- *Pastos con árboles dispersos (P + A)*

Se refiere a zonas donde existen pastos cultivados o pastos naturales donde se han desarrollado abundantes árboles sin llegar a ser un bosque porque no se cumple con este requisito. Esta categoría se distribuye en la parte alta, media y baja. Ocupa 1442 hectáreas, que representan el 14.97% del área total de la subcuenca.

Pasto más cultivos anuales (P + Ca)

Se refiere a zonas donde existen pastos cultivados o pastos naturales y que se realizan siembras de subsistencia de granos básicos. Ocupa una extensión territorial de 1481 hectáreas, que representan el 15.36% del área total de la subcuenca.

- *Pastos mejorados (Pm)*

Son pastos cultivados de variedades que se adaptan a la zona, de masa vegetativa abundante, bien manejados. Ocupan una extensión territorial de 20 hectáreas, que representan el 0.20% del área total de la subcuenca.

Cuadro 9. Distribución de las categorías de uso actual de la tierra predominantes en la subcuenca del Río Waswalí.

<i>Categoría</i>	Km²	Ha	%
Vegetación de bosque			
Bosque de galería (Bg)	9.48	948	9.83
Bosque de pino abierto (Bpa)	8.85	885	9.18
Bosque de pino abierto manejado	0.93	93	0.96
Bosque latifoliado más pasto	1.54	154	1.59
Bosque latifoliado alto abierto (Blaa)	5.66	566	5.88
Bosque latifoliado bajo cerrado (Blbc)	2.34	234	2.95
Bosque latifoliado alto cerrado (Blac)	0.90	90	0.94
Sub-total	30.2	3020	31.33
Vegetación de hábitat boscoso			
Café con sombra (C)	4.44	444	4.59
Sub-total	4.44	444	4.59
Vegetación de ciclo corto			
Cultivos anuales (Ca)	19.04	1904	19.74
Cultivos más pastos	9.77	977	10.14
Sub-total	28.81	2881	29.88
Vegetación de ciclo largo			
Pasto (P)	3.47	347	3.6
Pastos con árboles dispersos (P + A)	14.42	1442	14.97
Pastos + cultivos	14.81	1481	15.36
Pastos mejorados (Pm)	0.20	20	0.20
Sub-total	32.9	3290	34.13

Fuente: Elaboración propia. Mapa de Uso Actual de la Tierra, 2007.

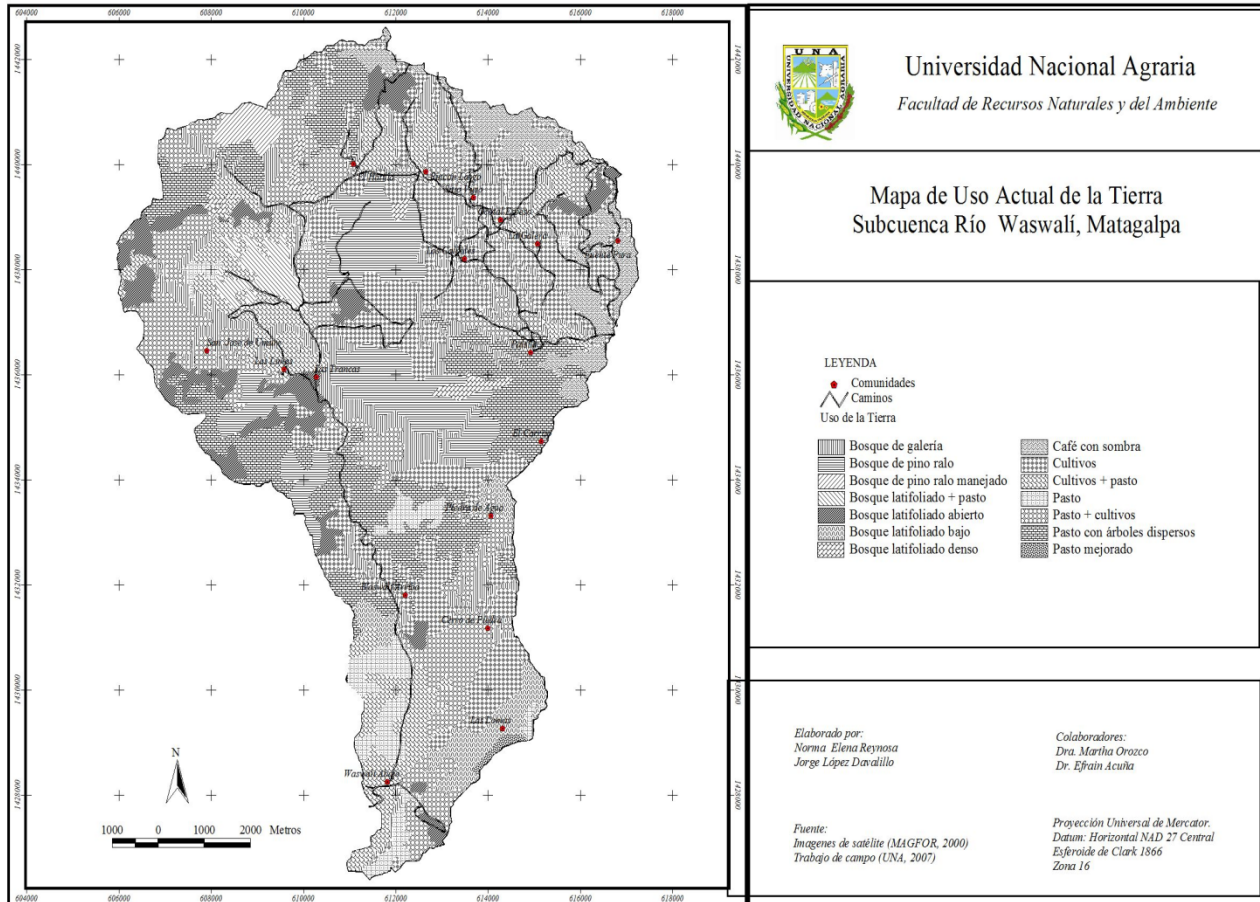


Figura 17. Mapa de uso actual de la tierra de la subcuenca del Río Waswalí.
Fuente: Elaboración propia

4.1.8. Capacidad de uso de la tierra:

De acuerdo al método de clases de Capacidad Agrológica la vocación natural de la subcuenca del Río Waswalí es forestal, sin embargo esta siendo sobre explotada al tener como actividades principales la agricultura y ganadería (áreas de pastos con sobrepastoreo).

De acuerdo al mapa de capacidad de uso de la tierra (ver figura 18 y para su distribución ver cuadro 10), en la subcuenca se identifican seis clases agrológicas, las que a continuación se describen brevemente:

- Clase III:** consiste en suelos muy profundo a moderadamente profundos, con pendientes que van de 4 a 8%. Esta clase se encuentra mayormente distribuida en las series de suelos: Jucuapa, Matagalpa, Cerro El Horno y Tierras Aluviales; y en pequeñas áreas de las series de suelos Yasica Sur y Aguas Zarcas. Ocupa un área de 6.73 Km² (673 hectáreas) que representa el 6.98% del área total. Esta clase agrológica, representa el área con mayor potencial agrícola de la subcuenca.

- **Clase IV:** consiste en suelos muy profundos a moderadamente profundo, con pendiente que oscilan de 4 al 15%. Los suelos de ésta clase agrológica se encuentran distribuidos en pequeñas áreas de todas las series de suelos. Ocupa un área de 14.2 Km² (142 hectáreas) que representa el 14.74% del área total de la subcuenca. Esta clase representa el límite de la agricultura de cultivos limpios de mayor potencial económico.
- **Clase V:** consiste de suelos arcillosos con profundidad variable de hasta de 60 centímetros, representado por los suelos vérticos y los vertisoles. Ocupa un área de 0.39 Km² (39 hectáreas) que representa el 0.40% del área total de la subcuenca.
- **Clase VI:** son suelos moderadamente escarpados, con pendientes que van de 15 a 30 %. Esta clase se encuentra distribuida en las series de suelos Cerro El Horno, Yasica Sur, Cerro San Pablo y Aguas Zarcas; que son suelos moderadamente superficiales con piedras en la superficie. Representa la mayor parte del área de la subcuenca, ocupando un área de 37.02 Km² (3702 hectáreas), correspondiente al 38.44% del área total.
- **Clase VII:** son suelos moderadamente escarpados con pendientes que van de 30 a 45%, moderadamente superficiales, con presencia de piedras en la superficie y en el subsuelo. Ocupan un área de 23.53 Km² (2353 hectáreas), que representa el 24.43% del área de la subcuenca. Esta clase agrológica se encuentra distribuida en las series de suelos: Cerro El Horno, Yasica Sur, Cerro San Pablo y Aguas Zarcas.
- **Clase VIII:** son suelos moderadamente escarpados a muy escarpados, tierras aluviales y áreas de inundación. Con profundidades que van de suelos profundos (tierras aluviales, áreas de inundación normalmente a la orilla del Río Waswalí) a muy superficiales (áreas moderadamente escarpadas y muy escarpadas). Con pendientes variadas, que van 0 a 4% (tierras aluviales y áreas de inundación), de 8 a 45% y más de 45% de pendiente. Presentan piedras en la parte superior y en el subsuelo. Cubren un área de 14.983 Km² (14983 hectáreas), que representa el 14.43% del área total de la subcuenca.

Cuadro 10. Distribución de las clases de capacidad de uso de la tierra (clases agrológicas) predominantes en la subcuenca del Río Waswalí.

Clase de Capacidad	Km ²	Ha	%
III	6.73	673	6.98
IV	14.20	1420	14.74
V	0.39	39	0.40
VI	37.02	3702	38.44
VII	23.53	2353	24.43
VIII	14.43	1443	14.98

Fuente: Mapa de capacidad de uso de la tierra. 2007, Elaboración propia.

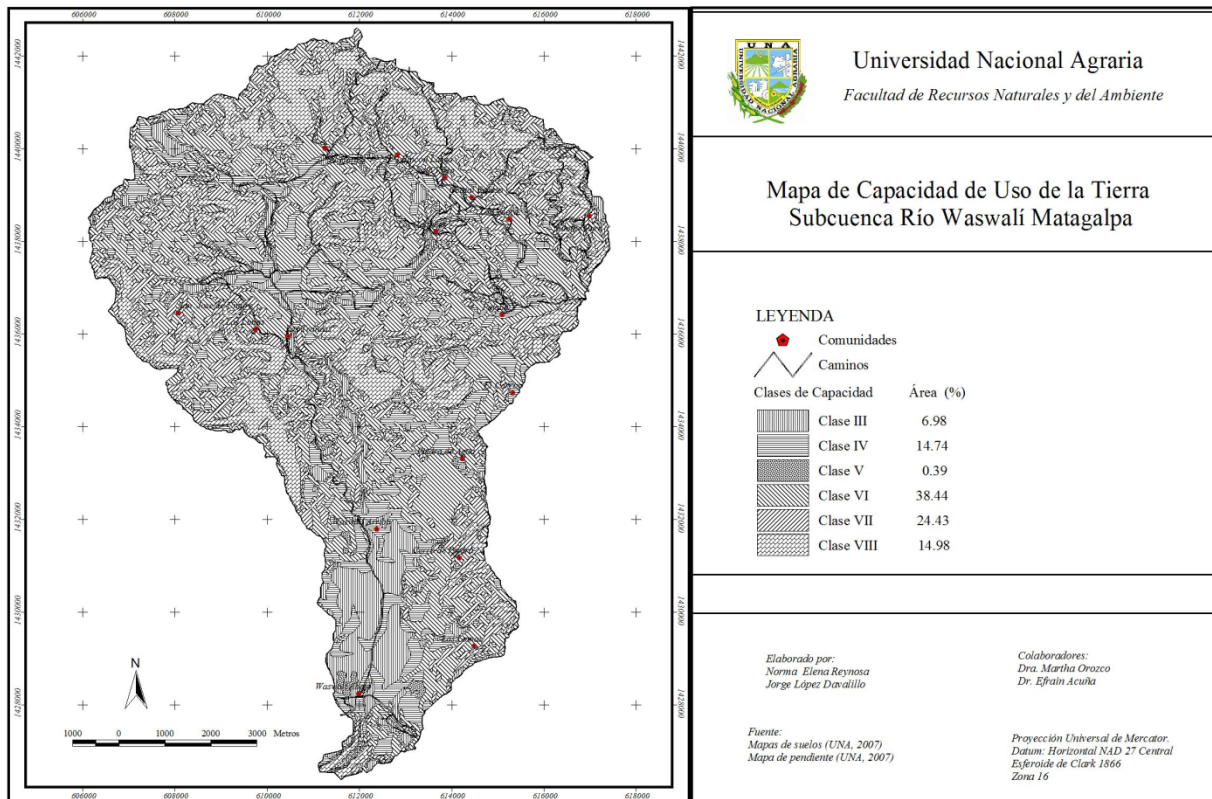


Figura 18. Mapa de capacidad de uso de la tierra de la subcuenca del Río Waswalí.
Fuente: Elaboración propia

4.1.9. Uso potencial:

Según el mapa de uso potencial de la tierra (ver figura 19 y el cuadro 11) en la subcuenca se identifican tres categorías de uso, clasificadas de acuerdo a su potencial productivo, en base a las características del clima, topografía (pendientes) y de las restricciones de uso de los suelos.

A continuación se describen cada una de las categorías de uso identificadas:

➤ *Uso agropecuario (A):*

Incluye tierras que por sus condiciones edafoclimáticas favorecidas y mínimas limitaciones físicas, ofrecen un amplio rango de alternativas de producción, con prácticas de manejo y conservación para la sostenibilidad de las características físico-químicas de los suelos. Cubre un área de 17.93 Km² (1793 hectáreas), que corresponde al 18.61% del área total de la subcuenca. A continuación se describen cada una de las categorías de uso identificadas:

- ***Uso agropecuario amplio (Cultivos anuales de clima templado-Ate-)***

Presenta condiciones edáficas y climáticas muy favorables para la agricultura de secano (bajo condiciones de años normales). Los suelos están ubicados en áreas con altitudes entre 500 y 700 msnm, el régimen de precipitación varía de 1300 a 2000 mm/año, bien distribuida durante el período lluvioso, sin presencia de períodos caniculares, y la temperatura media anual inferior a los 22°C. De acuerdo a la clasificación bioclimática de Holdridge corresponde a la zona de vida de Bosque Húmedo Subtropical.

Debido a las condiciones muy favorecidas de clima y suelos, esta clase es apropiada para la producción de arroz, maíz, frijol, tabaco, repollo, zanahoria, rábano, chile jalapeño, piña, caña de azúcar, plátano, cacao, cítricos, frutales, pastos y bosques. Se distribuye en una superficie de 423 hectáreas, que representa el 4.39% del área total de la subcuenca.

- ***Uso agropecuario limitado (Cultivos perennes de uso amplio)***

Agrupar suelos en diferentes condiciones climáticas que varían desde cálido, templado y frío, pero que tienen en común limitaciones de piedras superficiales lo cual limita su uso a cultivos semi-perennes (piña, musáceas) y perennes (café bajo sombra, cítricos, frutales, pastos y bosques). También pueden ser sometidos a un manejo agroforestal en asocio de cultivos anuales propios de las condiciones edafoclimáticas con cultivos semi-perennes, perennes y/o bosque de producción y/o silvopastoril. Se distribuyen en una superficie de 1370 hectáreas, que representa el 14.22% del área total de la subcuenca.

Uso pecuario (P)

Esta categoría agrupa todos los suelos de relieve plano con pendientes menores del 8%, superficiales a profundos (> 90 cm), de texturas franco arcillosas a arcillosas en todo el perfil, de drenaje moderadamente bueno a imperfecto; de alta fertilidad aparente (CIC > 40). Las condiciones climáticas presentan un régimen de precipitación que varía de 800 a 1600 mm/año, sin la presencia de períodos caniculares; la temperatura media anual predominante es de 22 a 24°C. De acuerdo a la clasificación bioclimática de Holdridge corresponde a las zonas de vida de Bosque Húmedo Subtropical y Bosque Seco Tropical.

Presenta limitaciones por las condiciones de niveles freáticos superficiales y drenaje interno moderado a imperfecto, que los hacen apropiados en condiciones de secano para ganadería extensiva de doble propósito y bajo riego para ganadería intensiva de crianza, desarrollo y lechería. También son apropiados bajo riego para arroz, caña de azúcar, hortalizas (tomate, melón, sandía) y algunas curcubitáceas.

Comprenden una extensión territorial de 301 hectáreas, que representan el 3.12% del área total de la subcuenca.

Uso forestal (B)

Esta categoría agrupa todos los suelos que presentan una topografía quebrada a escarpada con pendientes superiores al 30%. Poseen una superficie total de 7535 hectáreas, que representan el 78.23% del área total de la subcuenca. De acuerdo al tipo de bosque y a las características edafoclimáticas, se identifican las siguientes clases de uso forestal:

- ***Café con sombra y/o bosque latifoliado denso (Pf)***

Agrupa suelos con pendientes que varían de 15 a 50% y condiciones de clima fresco a frío con temperaturas medias mensuales inferiores a los 24°C, y precipitaciones bien distribuidas durante el período lluvioso con rangos de 1200 a 1800 milímetros, sin o con la presencia de períodos caniculares cortos (benigna). Las características edafoclimáticas hacen que estos suelos sean aptos para bosque de producción tanto latifoliados como coníferas, lo mismo que para café bajo sombra y/o frutales. Cubren un área de 4987 hectáreas, que representan el 51.78% del área total de la subcuenca.

- ***Bosque de producción***

Agrupa los suelos que se encuentran en los diferentes pisos altitudinales, con pendientes de 30 a 50%, se caracterizan por ser profundos a moderadamente profundos, bien drenados, moderada a fuertemente erosionados, texturas francas, franco arcillosa y arcillosa; con algunas unidades que contienen piedras en la superficie. Cubren un área de 1160 hectáreas, que representa el 12.04% del área total de la subcuenca.

- ***Bosque de conservación (BC)***

Esta clase agrupa suelos que presentan una topografía muy escarpada con pendientes de 50 a 75%, son profundos a poco profundos, moderada a fuertemente erosionados; las texturas son franco arenosas, francas y franca arcillosas, con algunas unidades que poseen gravas y piedras en la superficie y en el perfil. La precipitación media anual es de 800 a 1200 milímetros, y la temperatura media anual es mayor de 22°C; las canículas en esta clase de uso son muy variadas, y comprende desde zonas que no la poseen hasta zonas con canícula severa.

Los suelos de esta clase son apropiados para la conservación de la vida silvestre y de las cuencas hidrográficas y comprenden una extensión territorial de 1388 hectáreas, que representan el 14.41% del área total de la subcuenca.

Cuadro 11. Distribución de las categorías de uso potencial de la tierra predominantes en la subcuenca del Río Waswalí.

Categoría	Km ²	Ha	%
Uso Agropecuario (A)			
Agropecuario amplio (Cultivos anuales de clima templado-Ate-)	4.23	423	4.39
Agropecuario limitado-Ap-(Cultivos perennes de uso amplio)	13.70	1370	14.22
Sub-Total	17.93	1793	18.61
Uso Pecuario (P)			
Pastoreo intensivo de suelos con pendiente suaves	3.01	301	3.12
Sub-Total	3.01	301	3.12
Uso Forestal (F)			
Café con sombra y/o bosque latifoliado denso (Pf)	49.87	4987	51.78
Bosque de producción	11.60	1160	12.04
Bosque de conservación (BC)	13.88	1388	14.41
Sub-Total	75.35	7535	78.23

Fuente: Mapa de uso potencial de la tierra. MAG-FOR, 2000.

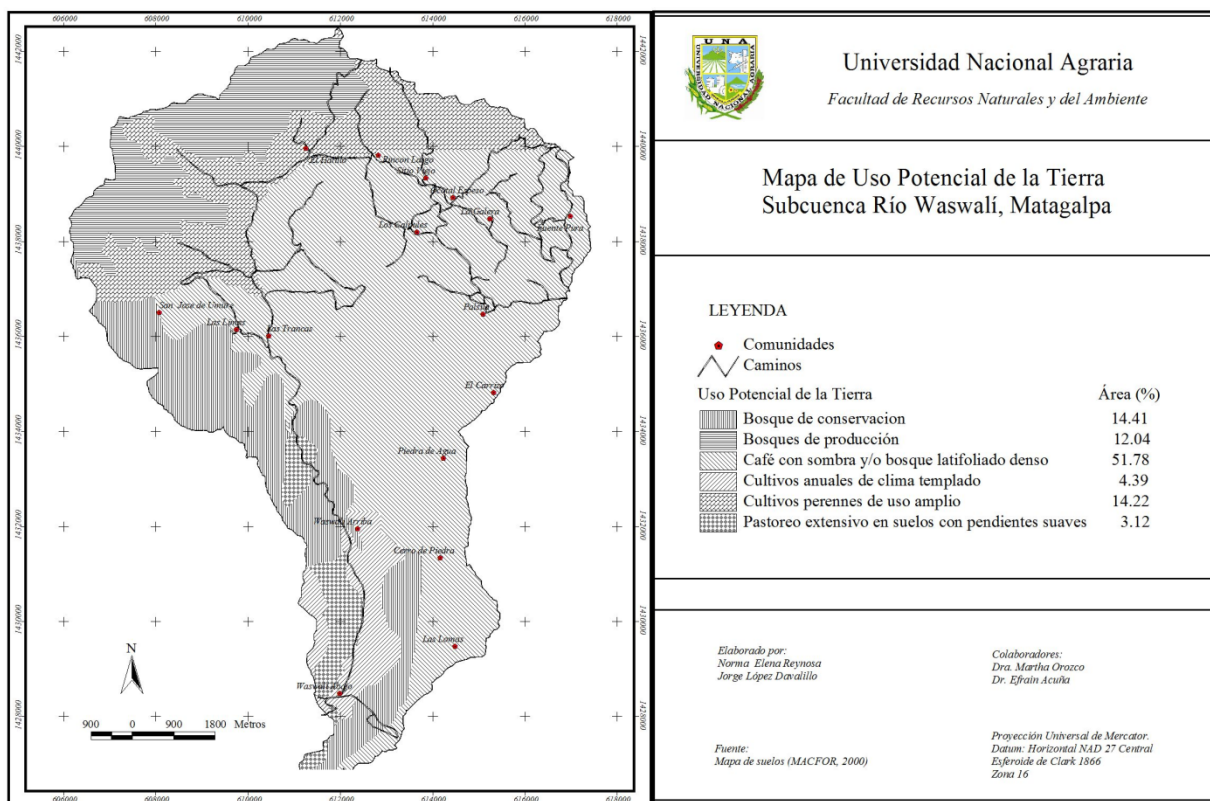


Figura 19. Mapa de uso potencial de la tierra de la subcuenca del río Waswalí.

Fuente: Elaboración propia.

4.1.10. Conflicto o confrontación de uso de la tierra:

Conflictos de uso de la tierra.

En el Mapa de confrontación de uso de la tierra (ver figura 20), se evidencia que los suelos en la subcuenca han sido utilizados de manera incorrecta. Esto ha aumentado en los últimos años de forma general por factores socioeconómicos y políticos tales como:

a) Política de reforma agraria sin componente de capacitación de técnicas sobre manejo de tierras de laderas.

b) Incremento del número de familias en la subcuenca, lo cual ha ejercido una mayor presión sobre los recursos naturales, principalmente sobre el suelo y el bosque. De acuerdo a este mapa en la subcuenca se identifican cuatro categorías que se describen a continuación (ver cuadro 12):

- ***Bien utilizada (Uso adecuado-A-)***

Esta categoría ocupa el 35.29% del área total, equivalente a 34.11 Km² (3411.50 hectáreas).

- ***Subutilizada (SU)***

Ocupa una extensión territorial de 4.56 Km² (456 hectáreas), correspondiente al 4.73% del área total de la subcuenca.

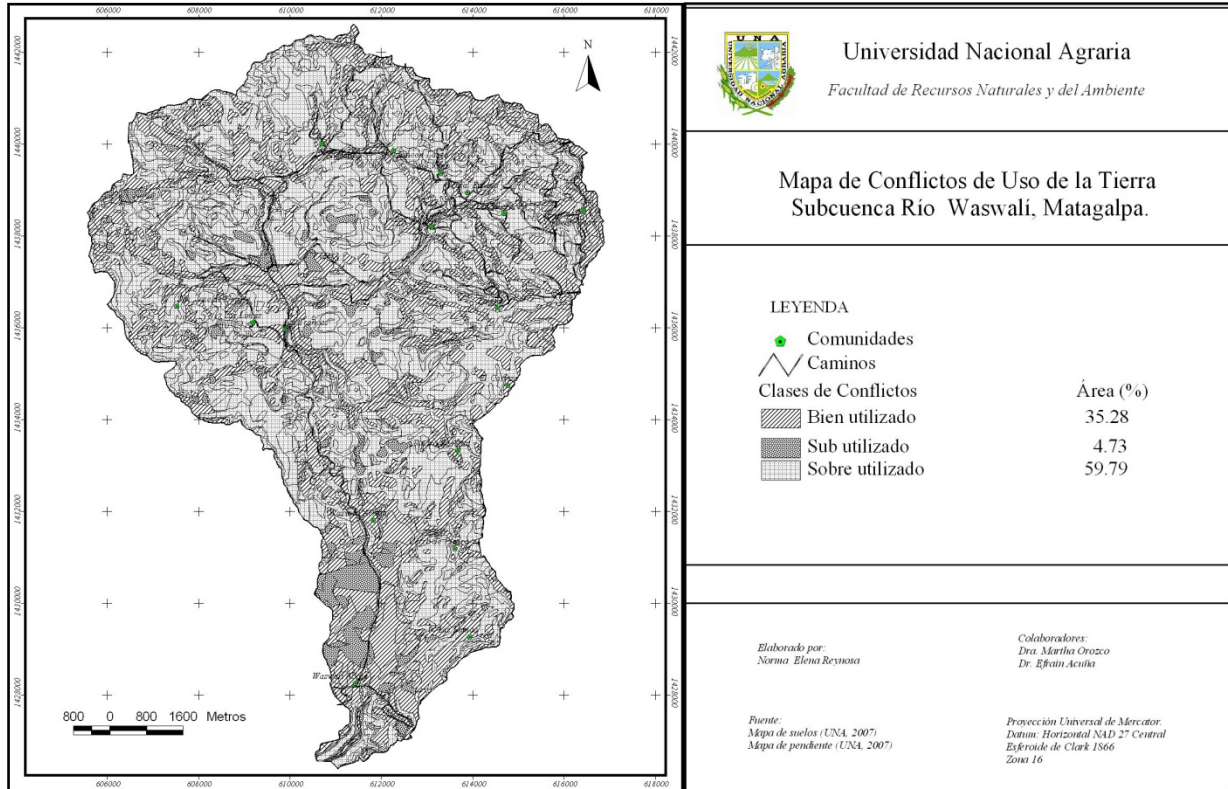


Figura 20. Mapa conflicto de uso de la tierra de la subcuenca del Río Waswalí.

Elaboración propia

- **Sobreutilizada (SO)**

Cubre un área de 57.74 Km², que representa el 59.79% del área total de la subcuenca.

Cuadro 12. Categorías de conflicto de uso de la tierra predominantes en la subcuenca del Río Waswalí.

Categoría	Km²	Ha	%
Bien utilizado	34.11	3411.5	35.29
Subutilizado (SU)	4.56	456	4.73
Sobreutilizado (SO)	57.74	5774	59.79

Fuente: Mapa de Conflicto de Uso de la tierra, 2007. Elaboración Propia.

4.1.11. Propuesta de uso:

La inadecuada planificación de los recursos naturales de la subcuenca del Río Waswalí ha repercutido principalmente en el recurso suelo y los recursos hídricos, debido a que estos recursos han sido explotados por encima de su capacidad de uso y sometidos a un manejo inadecuado.

De acuerdo al mapa de series suelo de la subcuenca (figura 21), los suelos con mayor fertilidad natural corresponden a las series: Aguas Zarcas, Cerro El Horno, Matagalpa y Tierras Aluviales; pero la mayoría de estos suelos se han desarrollado en pendientes mayores del 15%, por lo que el potencial de producción agrícola de la subcuenca es bajo (ver cuadro 13). Sin embargo, la mayor área de la subcuenca presenta suelos con clase de capacidad VI y VII, que por sus diversas limitaciones restringen el uso agrícola. Los suelos que se ubican en estas dos clases agrológicas deben estar cubiertos con vegetación permanente o bosque manejados desde el punto de vista forestal.

Los suelos de la subcuenca están siendo sobreutilizados, debido a la falta de planificación y/o explotación inadecuada de los recursos naturales; lo cual ha afectado el ciclo hidrológico provocando la disminución de la disponibilidad del recurso agua y aumentado la vulnerabilidad a eventos que provocan desastres naturales (inundaciones, sequías, deslizamientos de tierras, etc.). Debido a este indicio, es de primordial necesidad elaborar una propuesta de uso de la tierra, con el propósito de formular y ejecutar proyectos de manejo y recuperación de los recursos naturales; además de alternativas de desarrollo para los habitantes de las comunidades localizadas en el área de la subcuenca.

La propuesta de uso de la tierra tiene como fundamento la implementación de Sistemas Agroforestales (SAF) que constituyen formas de uso y manejo de los recursos naturales en la agricultura, en los cuales especies leñosas son utilizadas en asocio con cultivos agrícolas o con animales en el mismo terreno, de manera simultánea o de secuencia temporal. Esta basada en la implementación de cultivos asociados, sistemas agroforestales, silvopastoriles y zonas de protección para la vida silvestre; con el propósito de recuperar los ecosistemas degradados y aprovechar las tierras, tomando en cuenta la capacidad de uso del suelo, condiciones climáticas y especies de plantas adaptables a esas condiciones. Además de considerar las condiciones socioeconómicas, necesidades y opinión de los pobladores (necesidad de producir conservando). A continuación se describen las categorías de uso propuesto de la tierra:

- ***Sistemas agroforestales de cultivos anuales asociados/Agricultura intensiva con cultivos asociados (AFI/A):***

Corresponde a sistemas agroforestales de cultivos anuales asociados con leguminosas, cultivos semi-perennes, cultivos perennes más especies forestales para leña y madera; adaptables a suelos profundos, bien drenados, de alta fertilidad con pendientes de 0 a 4%. También incluye agricultura intensiva con cultivos asociados, en los cuales se combinan especies de gramíneas y leguminosas y otros cultivos anuales (se elimina el uso de monocultivos). Este sistema se propone para tierras de menor pendiente (áreas planas de suelos moderadamente profundos y de alta fertilidad). El área recomendada para este sistema corresponde a 2095 hectáreas, que representa el 21.71% del área total de subcuenca.

- ***Sistemas silvopastoriles (GF1)***: Se trata de sistemas silvopastoriles de pastos de gramíneas, arbustos de leguminosas y especies de plantas para forraje, leña y aserrar, adaptables a suelos con textura arcillosa, poco profundos y con drenaje imperfecto, con fertilidad que puede variar de alta a media, y pendientes que oscilan de 15 a 30%. La aplicación de esta propuesta de sistema va encaminada a combinar ganadería y árboles de uso múltiple en la subcuenca, y se recomienda establecerlo en suelos vérticos y vertisoles (suelos arcillosos y arcillosos con muchas piedras sobre la superficie que limitan la agricultura). Este sistema se recomienda establecerlo en un área de 382 hectáreas, que representa el 0.30% del área total de la subcuenca.
- ***Sistema agroforestal de cultivos perennes más especies forestales y forestal con manejo (AF3/F)***: Se trata de sistemas agroforestales de cultivos perennes más especies forestales, adaptables a suelos poco profundos, excesiva o moderadamente drenados, de fertilidad media con pendientes que oscilan de 8 a 30%. Debido a la dificultad de establecer cultivos limpios sin obras de conservación de suelos como: terrazas, barreras vivas o muertas, se propone la combinación de uso forestal con manejo. Este sistema se recomienda establecerlo en suelos con pendientes desde moderada hasta fuerte pero menor del 30%, y en un área de 2369 hectáreas, que representa el 24.55% del área total de la subcuenca.
- ***Sistemas agroforestales de cultivos perennes más especies forestales y sistemas silvopastoriles (AF3/GF1/F)***: Corresponde a sistemas agroforestales de cultivos perennes más especies forestales, adaptables a suelos poco profundos, excesiva o moderadamente drenados, de fertilidad media con pendientes de 8 a 30%. También incluye sistemas silvopastoriles de especies forrajeras leguminosas y árboles para leña y aserrar, adaptables a suelos poco profundos, fertilidad natural media, con pendientes de 15 a 30%. Este sistema se recomienda para suelos que presentan piedras sobre la superficie y dentro del perfil del suelo, como es el caso de los suelos de las series Cerro La Cruz y Cerro el Horno. En terrenos con pendiente de hasta 30%, se puede combinar el uso de agricultura de subsistencia, ganadería y árboles para distintos propósitos. Se recomienda establecerlo en un área de 3073 hectáreas, que representa el 38.38% del área total de la subcuenca.
- ***Bosque de Protección (PVS)***: Se refiere a bosque de protección, bosque de regeneración o áreas de reforestación, destinadas a la protección de cuencas hidrográficas o refugio de la vida silvestre, reserva biológica, parque nacional, ecoturismo, o la investigación, con especies de plantas adaptables a condiciones de suelos superficiales, de baja fertilidad, con pendientes muy fuertes y para todas las zonas de vida. Este sistema se recomienda para proteger la parte alta de la subcuenca, en donde la agricultura, la ganadería y la explotación forestal causan más daños al ambiente; por lo que la preservación de estas áreas permitirán garantizar la recuperación de fuentes de agua, protección de la flora y fauna, y proveer otros servicios ambientales. El área que se propone para este sistema es de 1442 hectáreas, que corresponde al 14.95% del área total de la subcuenca.

Cuadro 13. Distribución de los sistemas de uso propuesto de la tierra para la subcuenca del Río Waswalí.

<i>Sistema de uso propuesto</i>	Km²	Ha	%
AF1/A	20.9	2095	21.71
GF1	0.38	382	0.39
AF3/F	23.6	2369	24.55
AF3/GF1/F	37.03	3703	38.38
PVS	14.4	1442	14.95

Fuente: Elaboración propia Mapa de Propuesta de Uso de la Tierra. 2007

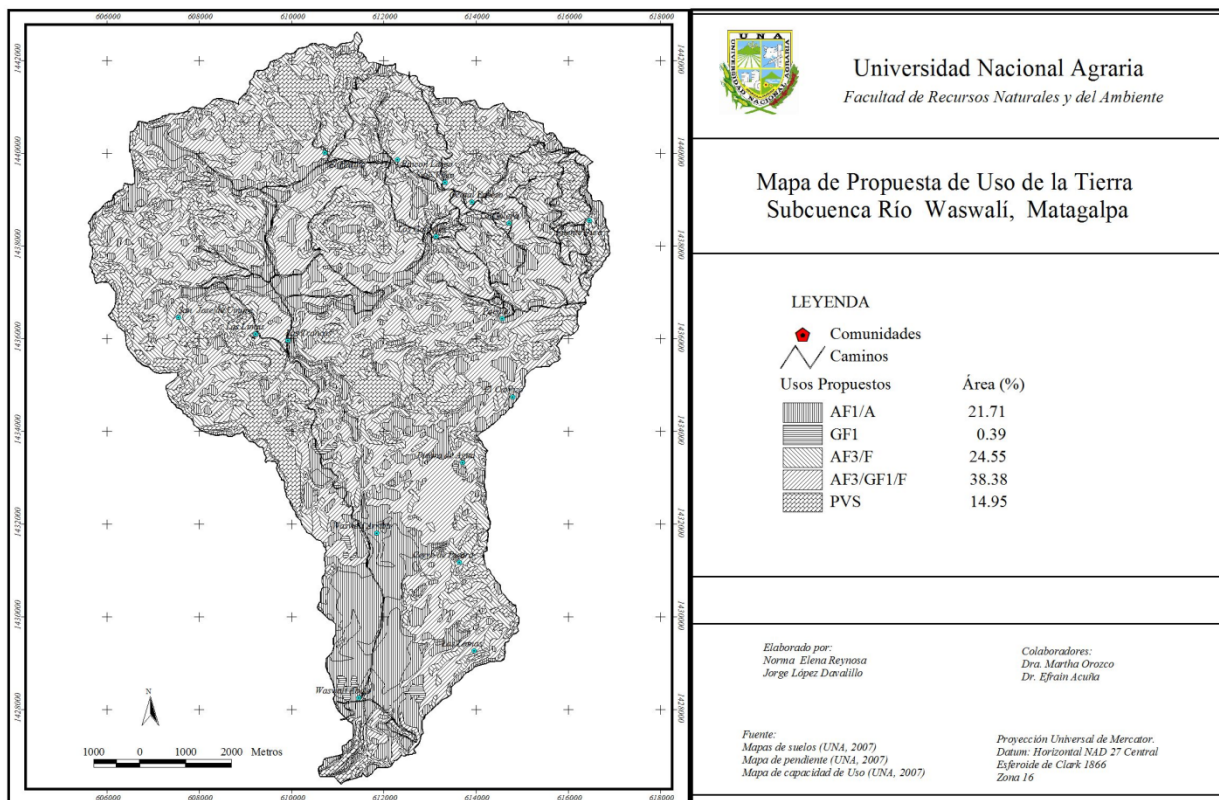


Figura 21. Mapa de propuesta de uso de la tierra de la subcuenca del Río Waswalí.

Fuente: Elaboración propia

4.2.1. *Parámetros de forma:*

Área

El área de la subcuenca del Río Waswalí es de 96.5 km² y tiene un perímetro de 51.49 kilómetros. Estos parámetros determinaron un coeficiente de forma de 0.35 y el coeficiente de Gravelius de 1.47, lo que indica que la subcuenca tiene una forma un tanto ovalada con cierta irregularidad y la compacidad no es muy alta. La forma ovalada que presenta la subcuenca del río Waswalí indica que los escurrimientos recorren más cauces secundarios hasta llegar a uno principal, así pues el agua permanece más tiempo en el área de captación, por tal razón el tiempo de concentración de la esorrentía es menor que cuando la forma de la cuenca es alargada.

4.2.2. *Parámetros del Relieve:*

Elevación media (curva hipsométrica):

La elevación media de la subcuenca es de 980 msnm, tal y como se muestra en la figura 22. Según la curva hipsométrica define una subcuenca madura con poca erosión geológica. La elevación media de la cuenca, así como la diferencia entre sus elevaciones extremas, influye en las características meteorológicas, que determinan principalmente las formas de la precipitación, su efecto en la distribución.

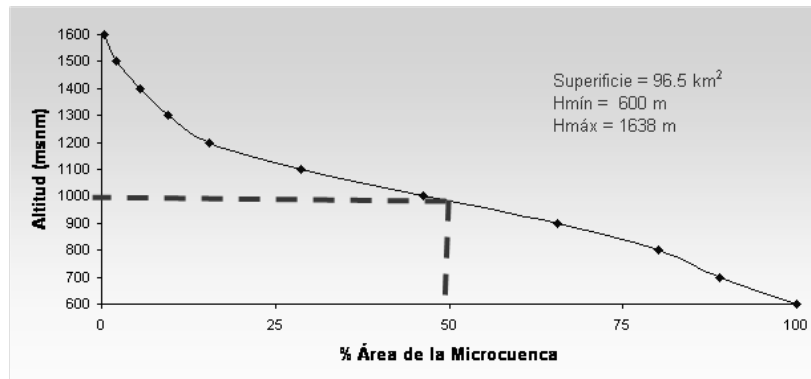


Figura 22. Curva hipsométrica de la subcuenca del río Waswalí
Elaboración propia

Pendiente Media

La pendiente media de una cuenca es uno de los principales parámetros que caracteriza el relieve de la misma y permite hacer comparaciones entre cuencas (Guilarte, 1978). Ya que representan las diferentes pendientes que pueden existir dentro de la cuenca y esta estrechamente relacionado con los fenómenos erosivos que se manifiestan en la superficie guardando una relación con la infiltración, el escurrimiento superficial, la humedad del suelo y la recarga del acuífero que mantiene el caudal circulante de los ríos y quebradas.

La subcuenca tiene una pendiente media de 28.75%, sumado a ello tiene importantes áreas cubiertas por cultivos limpios (repollo, remolacha, papa, zanahoria, cebolla; entre otros) y pasto, lo cual favorece la escorrentía. Sin embargo habrá que resaltar la cobertura boscosa (café con sombra) que todavía ocupan superficies importantes en la parte alta, favoreciendo la infiltración básicamente debido a la contención de la lluvia por la vegetación.

La actividad antrópica ha provocado el desarrollo de la actividad agropecuaria en la parte media, que ha ido en detrimento de la cobertura vegetal, favoreciendo el escurrimiento superficial y potenciando algunos procesos erosivos. Puede ser que la intervención todavía no parezca tener una magnitud que modifique significativamente el balance escorrentía/infiltración y por ello deben extremarse las actividades de vigilancia y control en el área, sobretodo en cuanto a la calidad del agua en las quebradas que conforman la red hidrográfica de la subcuenca.

4.2.3. Parámetros de la Red de Drenaje

La subcuenca presenta un patrón de drenaje paralelo, subparalelo (tributarios con ángulos dispuestos más o menos de 45°) y dendrítico (terrenos llanos o pendiente suave menor del 5%). Según Horton-Strahler, el orden de corrientes es de 4 ya que la jerarquización no se ha realizado de manera exhaustiva, sino a partir de los cauces principales que predominan en la subcuenca. El cauce principal tiene una pendiente media de 1.64 % y una longitud de 19.29 kilómetros. La longitud total de todos los tributarios de la red de drenaje es de 112.49 kilómetros. (Ver figura 23). En el en el cuadro 14 presenta el orden, número y longitud de corrientes expresado en kilómetros.

Cuadro 14. Número de orden y longitud de las corrientes de la red hidrográfica de la subcuenca del Río Waswalí

Orden de corrientes	Número de corrientes	Longitud de corrientes (km)
1	48	72.89
2	16	15.63
3	4	10.82
4	1	13.14
Total	69	112.49

Fuente: Mapa de Red de Drenaje, 2007. Elaboración Propia.

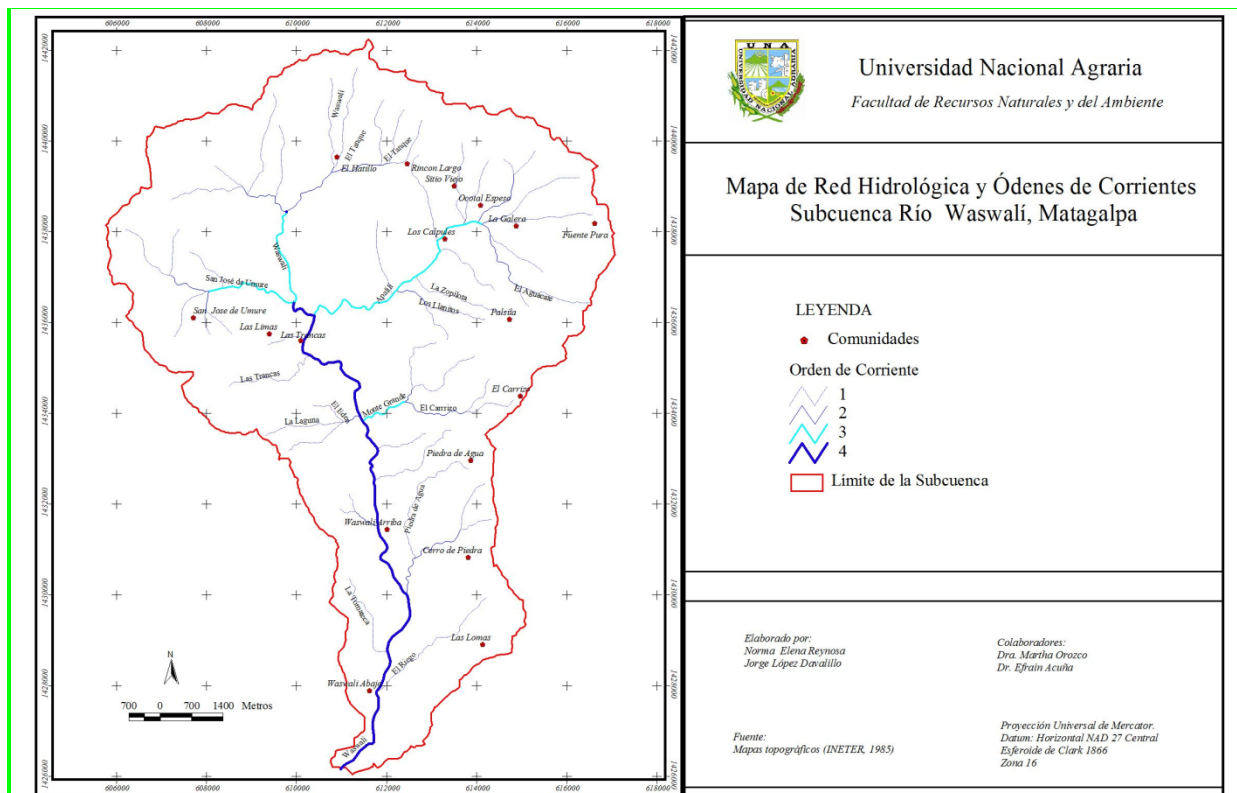


Figura 23 Mapa de red Hidrológica de la subcuenca del Río Waswalí, Matagalpa.
 Fuente: Elaboración propia

Red hidrográfica

La red hidrográfica esta conformada por el Río Waswalí. Los tributarios que forman la red de drenaje de esta subcuenca son afluentes temporales (circula agua solamente en época lluviosa), entre estos están: San José de Umure, Apalilí, La Laguna, Las Trancas, Monte Grande (ver figura 23).

La subcuenca se clasifica como exorreica ya drena en el cauce principal de la cuenca del Río Grande de Matagalpa y esta conformada por 8 microcuencas (ver figura 24). Un total de 6 microcuencas están adscritas al territorio del municipio de Matagalpa, y dos microcuencas son intermunicipal (territorio compartido por el municipio de Matagalpa y Jinotega) ver cuadro 15.

Cuadro 15: Microcuencas que conforman la subcuenca del Río Waswalí

Microcuenca	Km ²	Ubicación altitudinal	Municipio
Tomateca	2.12	Baja	Matagalpa
El Riego	5.12	Media-Baja	Matagalpa
Piedra de Agua	5.86	Media	Matagalpa
Monte Grande	5.82	Alta-Media	Matagalpa
Laguna	1.98	Alta-Media	Matagalpa
Apalalí	25.70	Alta-Media	Matagalpa-Jinotega
Umure	20.44	Alta-Media	Matagalpa-Jinotega
San José de Umure	8.88	Alta-Media	Matagalpa
Zonas de intercuenca	20.58	Distribuidos en toda la cuenca	

Fuente: Mapa de microcuencas 2006. Elaboración Propia.

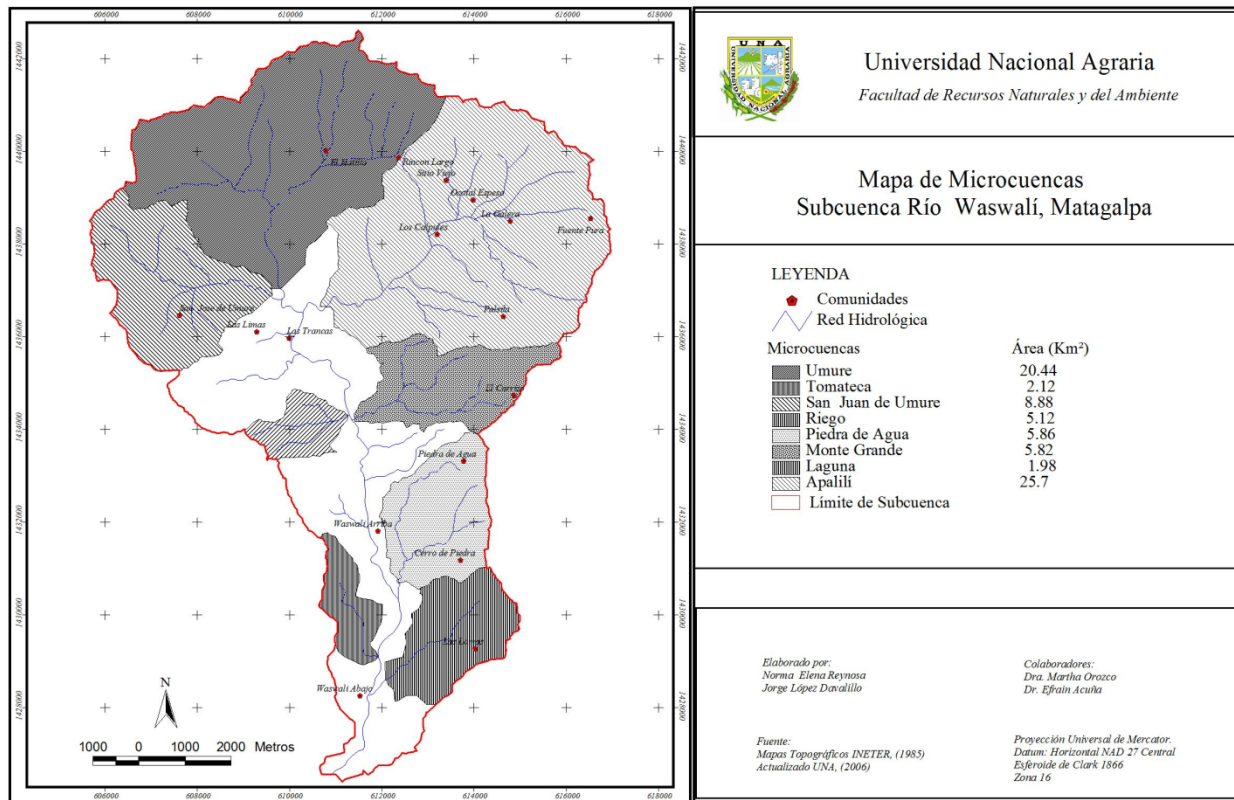


Figura 24. Mapa de microcuencas de la subcuenca del Río Waswalí.

Fuente: Elaboración propia

Densidad de corrientes y de drenaje

La densidad de corrientes de la subcuenca es de 0.71 corrientes/Km²; y representa la eficiencia de drenaje. La densidad de drenaje es 1.16 Km. de corriente/Km² de área. La densidad de drenaje es un parámetro revelador del régimen y de la morfología de la subcuenca porque relaciona la longitud de los cursos de agua con el área total (Sánchez 1991). Por ello, altos valores reflejan un fuerte escurrimiento; en consecuencia su magnitud esta indirectamente relacionada con la infiltración, con la erodabilidad del suelo, por tanto con la litología y la cobertura vegetal. Esto puede afirmar que terrenos permeables se caracterizan por baja densidad de drenaje.

Dado que el valor de densidad de drenaje se encuentra por debajo de cinco (densidad de drenaje baja), indica que en la subcuenca existe una buena cobertura vegetal y alta permeabilidad. Este valor de densidad de drenaje pudiera explicarse inicialmente por la cobertura boscosa (café con sombra), presente en la parte alta de la subcuenca.

4.2.4. Balance Hídrico de la subcuenca Rio Waswalí.

Según los Balances Hídricos realizados en la Subcuenca del Rio Waswalí determinados para las series de suelos más representativos. El período con déficit inicia en el mes de diciembre, siendo más marcado en los meses de marzo y abril que corresponde también a la época en que la cobertura vegetal hace uso de las reservas de agua del suelo. El déficit disminuye drásticamente una vez que inicia la época lluviosa que por lo general es en el mes de mayo.

Se produce un almacenamiento máximo de agua en el suelo (reserva más exceso) en los meses de junio, septiembre y octubre. Los máximos excedentes de agua que se presentan en estos meses, debido a que en estos períodos es cuando se registraron los mayores valores de precipitación. En el cuadro 16 se presentan los valores de déficit y excesos en las cuatro series más representativas de la subcuenca.

Cuadro 16. Deficiencias y excesos de agua en las series de suelos más representativos de la subcuenca Rio Waswalí, Matagalpa.

Mes	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Serie de suelo Cerro El Horno												
DEF	14,7	49,5	99,1	110,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	4,1
EXC	0,0	0,0	0,0	0,0	43,7	262,7	150,3	156,6	270,4	277,4	44,0	0,0
Serie de suelo Yasica Sur												
DEF	5,5	23,0	61,0	84,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,3
EXC	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	262,7	150,3	156,6	270,4	277,4	44,0	0,0
Serie de suelo Santa María de Ostuma												
DEF	5,6	23,3	61,7	84,9	57,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,3
EXC	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	262,7	150,3	156,6	270,4	277,4	44,0	0,0
Serie de suelo Agua Zarca												
DEF	6,9	28,2	71,2	93,6	32,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,7
EXC	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	262,7	150,3	156,6	270,4	277,4	44,0	0,0

Fuente: Elaboracion Propia.

Balances hídricos de las series más representativas de la subcuenca del río Waswalí, Matagalpa.

Serie de Suelos Cerro el Horno:

Los balances hídricos de la serie de suelos Cerro el Horno, reflejan los meses con ganancias de agua por lluvia y las pérdidas por evaporación, escorrentía, así como la variación de las reservas de agua en el suelo. Esta serie es frecuente encontrarla en todos los rangos de pendientes es la más representativa de la subcuenca con un 48.87% del área total, CRAD es de

58.5 mm. La figura 25 muestra los valores de precipitación media anual siendo de 2380.9 mm/año. El déficit de agua inicia en el mes de diciembre incrementándose en los meses de febrero, marzo y abril con el máximo valor de 110.2 mm para el mes de abril y 49.5, 99.1 para los otros dos meses respectivamente, el exceso inicia en el mes de mayo, finalizando en noviembre. Los máximos excesos en esta serie de suelos se presentan en los meses de junio, septiembre y octubre lo cual representa las mayores precipitaciones. Los valores de precipitaciones para esos meses son junio con 262.7 mm, para septiembre tenemos un valor de 270.4 y para octubre un precipitación de 277.4.

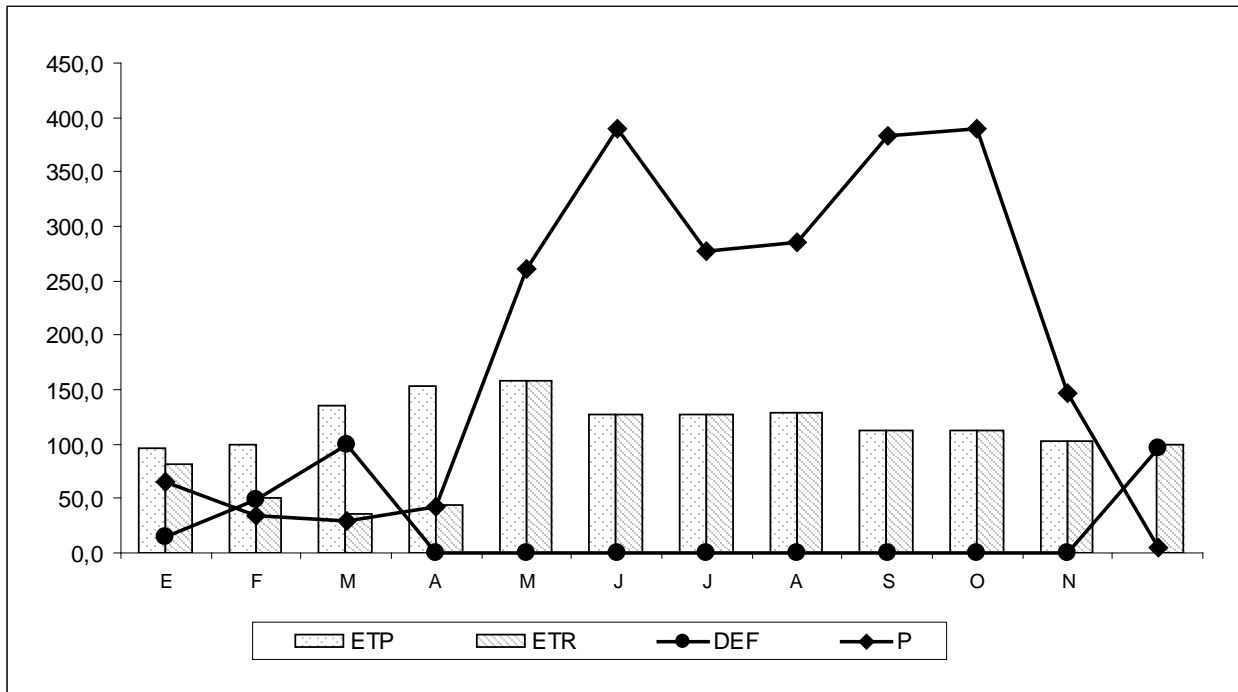


Figura 25. Balance Hídrico Serie Cerro El Horno
Fuente: Elaboración Propia.

Serie de suelo Yasica Sur:

El balance hídrico de la serie de suelos Yasica Sur, reflejan los meses con ganancias de agua por lluvia y las pérdidas por evaporación, escurrimiento, así como la variación de las reservas de agua en el suelo. Esta serie se distribuye en la parte media de la subcuenca representa el 10.9% del área total. La Capacidad de Retención de Agua Disponible CRAD es de 196.56 mm. La figura 26 se presenta valores de precipitación media anual teniendo un valor de 2380.9 mm/año. El déficit inicia en el mes de diciembre con valores mínimos de 1.3mm, incrementándose en los meses de febrero 23.0 mm, marzo 61.0 mm y abril 84.1mm, siendo abril el mes que presenta los maximos valores del período más seco. El exceso inicia en el mes de Junio que es donde empieza la época lluviosa con un valor de 262.7 mm, hasta el mes de noviembre cuando finaliza. Los valores máximos en la serie se presentan en los meses de septiembre y octubre lo cual representa las mayores precipitaciones con valor de 270.4 mm, y 277.4 mm respectivamente para cada mes.

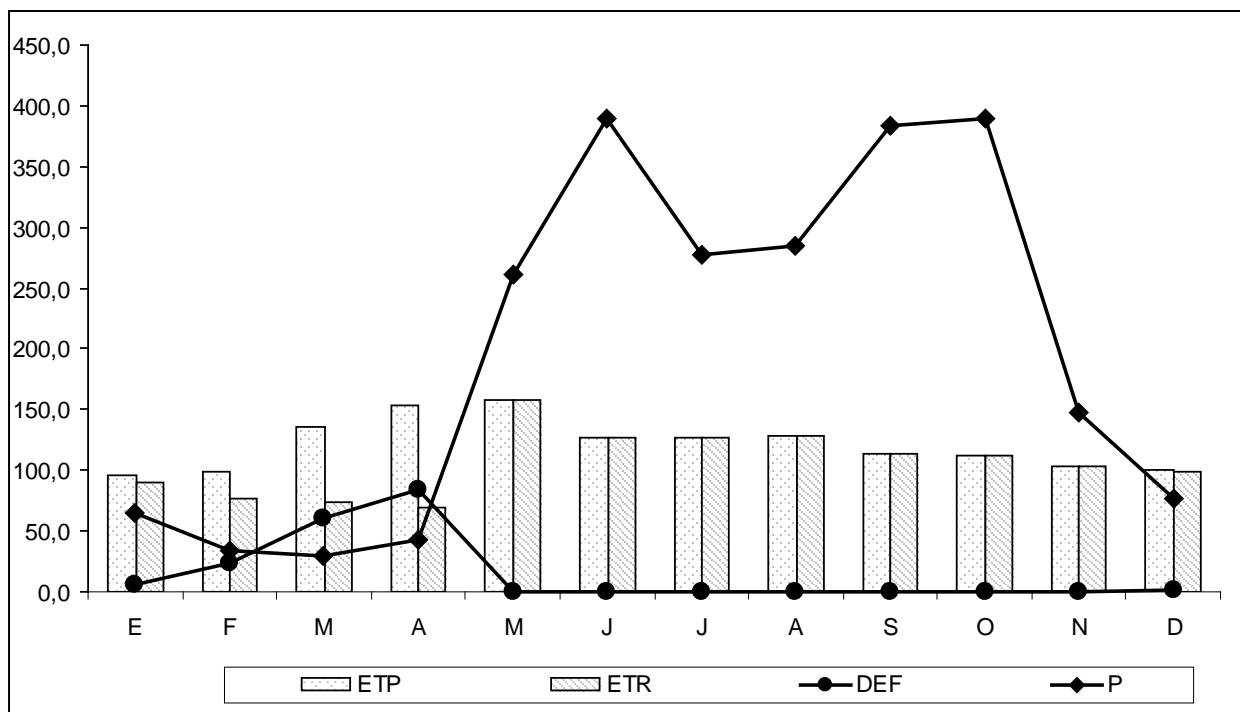


Figura 26. Balance Hidrico Serie Yasica Sur.

Fuente: Elaboración Propia.

Serie de suelos Santa Maria de Ostuma

Los balances hídricos de la serie de suelos Santa Maria de Ostuma, reflejan los meses con ganancias de agua por lluvia y las pérdidas por evaporación, escorrentía, así como la variación de las reservas de agua en el suelo. Esta serie se distribuye en la parte alta de la subcuenca ocupando 4.51 Km² (451 hectáreas); lo cual representa el 4.66 % del área total. La Capacidad de Retención de Agua Disponible CRAD es de 192.86 mm La figura 27 presenta los valores de precipitación media que es de 2380,9 mm al año. El déficit inicia en el mes de diciembre con valores mínimos de 1.3 mm, incrementándose en los meses de marzo con un valor de 61.7, abril 84.9 mm siendo abril el mes que presenta los máximos valores del periodo más seco. El exceso inicia en el mes de junio con un valor máximo de 262.7 mm, septiembre con 270.4 mm y octubre con un valor de 277.4 mm, presentando los valores máximos de precipitación en la serie se presentan en los meses de junio y octubre.

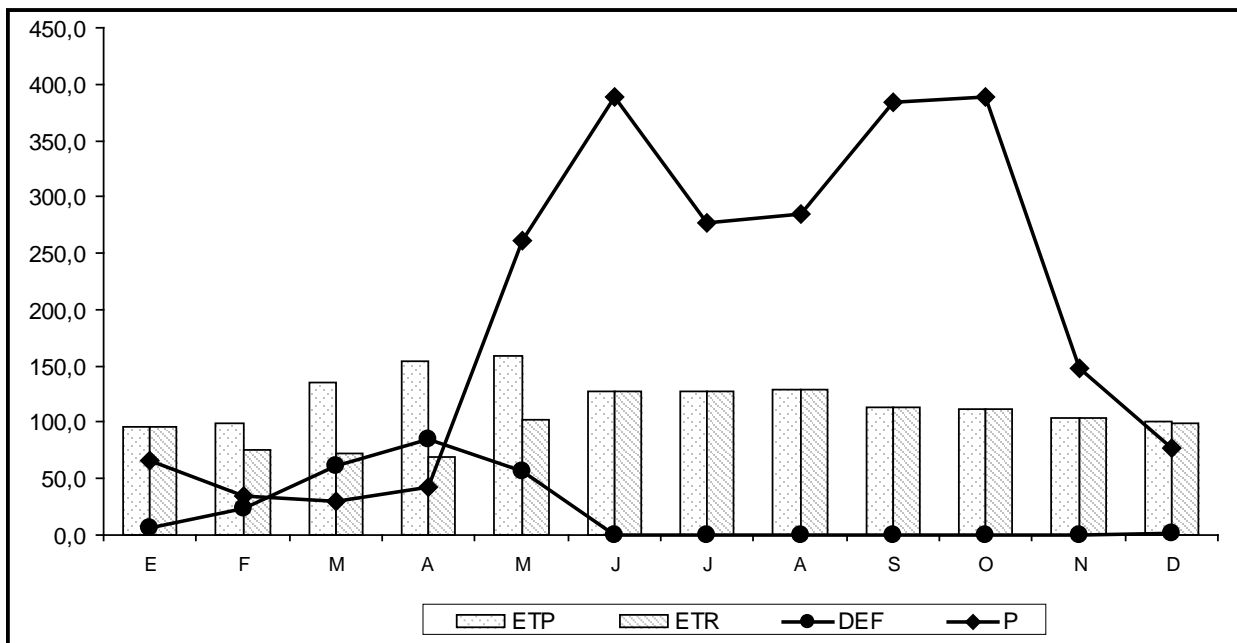


Figura 27. Balance Hidrico Serie Santa Maria de Ostuma.

Fuente: Elaboración Propia.

Serie de suelos Aguas Zarcas:

Los balances hídricos de la serie de suelos Aguas Zarcas, reflejan los meses con ganancias de agua por lluvia y las pérdidas por evaporación, escorrentía, así como la variación de las reservas de agua en el suelo. Esta serie se presentan en pendientes por encima de 4 a 30% ocupando 20.59 km² (2059 ha) lo cual representa el 21.27% del área de la subcuenca. La Capacidad de Retención de Agua Disponible CRAD es de 150.15 mm La figura 26 presenta valores de precipitación media de 2380,9 mm anuales. El déficit que inicia en el mes de diciembre con valores mínimos de 1.7, incrementándose en los meses de febrero 28.2 mm y marzo 71.2mm y abril 93.6mm representando este el periodo más seco con. El exceso inicia en el mes de junio con un valor de 262.7 mm, en el mes de septiembre con un valor de 270.4 mm y el mes de octubre 277.4 mm, siendo junio y octubre los meses con los máximos valores de precipitación.

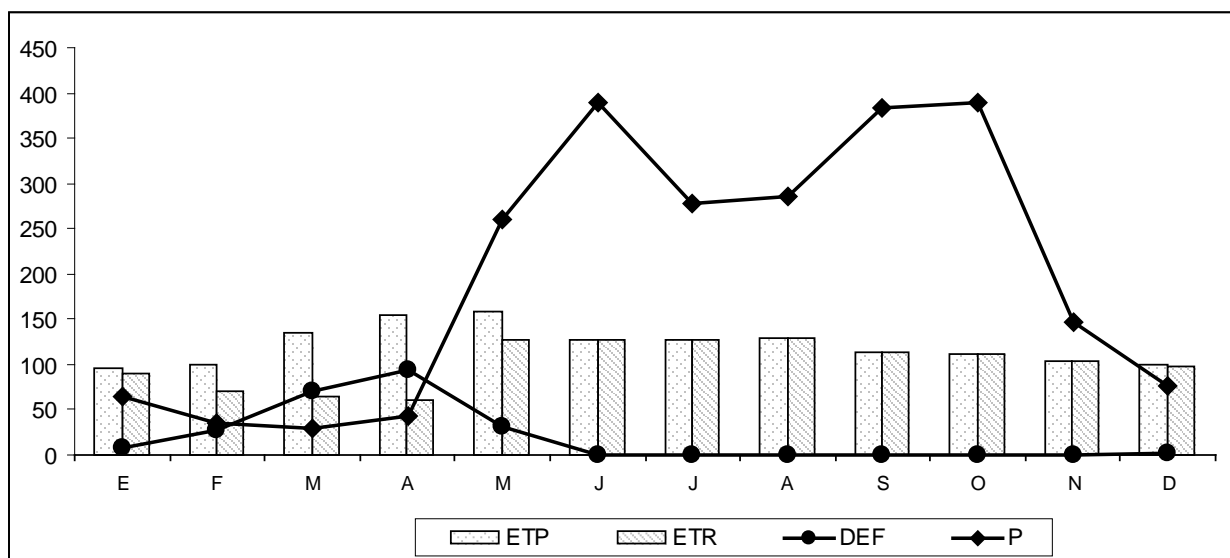


Figura 28. Balance Hídrico Aguas Zarcas
Fuente: Elaboración Propia.

4.2.5. Oferta de agua en la subcuenca del río Waswalí.

La oferta de agua de la subcuenca del Río Waswalí se presenta en el cuadro 17. Por los valores obtenidos, la oferta hídrica es positiva en el área estudiada, sin embargo la mayor parte de esta agua se pierde por escorrentía superficial, que ocasiona déficit de agua en los meses secos del año (enero – abril).

Dada la problemática de déficit de agua que hay en esta área, se sugiere realizar obras de captación de agua de lluvia, tanto para uso doméstico, para consumo de los cultivos, para aguar el ganado; entre otros usos y para la recarga del acuífero con el fin de garantizar que los niveles freáticos mantengan el caudal base en los cauces principales.

En los meses de marzo y abril se presentan los mayores valores de déficit de agua y los niveles freáticos bajan mucho, provocando que la población padezca por falta del vital líquido. En toda la subcuenca una cantidad importante de agua se pierde año con año, de esta área de captación. El Río Apalilí es el que más agua aporta al cauce principal (Río Waswalí).

De seguir con las áreas sobreutilizadas y que se sigan realizando actividades de cambios de uso del suelos, se favorecerán los procesos erosivos, impidiendo que el agua se infiltre, percole y recargue el acuífero.

Cuadro 17. Oferta de agua de la Subcuenca Río Waswalí

Microcuenca	Descripción	Área captación Km²	Volumen MMC/año
Umure	La conforman las quebradas El Horno y el Tanque	20.44	23.74
San José de Umure	Drena al cauce principal del Río Waswalí	8.88	10.31
Apalilí	La conforman las quebradas: El Aguacate, Los Llanitos y La Zopilota	25.7	29.85
Monte Grande	La conforma la quebrada El Carrizo	5.82	6.76
Piedra de Agua	Drena al cauce principal del Río Waswalí	5.86	6.81
El Riego	Drena al cauce principal del Río Waswalí	5.12	5.95
La Tomateca	Drena al cauce principal del Río Waswalí	2.12	2.46
La Laguna	La conforman la quebrada El Edén, y otra sin nombre	1.98	2.30
Subcuenca Waswalí	La conforman todas las microcuencas arriba mencionadas y drena al Río Grande de Matagalpa	96.30	111.84

4.2.6. Alternativas de uso y manejo sostenible de los recursos edáficos e hídricos de la subcuenca del Río Waswali

La situación que enfrentan los recursos naturales y en especial el recurso suelo es una problemática diversa y muy compleja ya que está relacionada a diversos factores socio-culturales y socio-económicos. Por tanto se justifica que se deben formular estrategias y acciones que hagan frente de una manera más eficiente a esta problemática las cuales deben ser dirigidas a superar problemas o deficiencias que afectan directa o indirectamente el uso, manejo y aprovechamiento adecuado de los recursos naturales para ello se plantea que estas estrategias deben ser realizadas a un nivel interdisciplinarios y multisectoriales.

Es necesario reiterar que la implementación de estas estrategias y acciones se realice mediante un proceso participativo con el objetivo de mitigar los problemas y necesidades en cada territorio así como proponer y desarrollar alternativas de solución más apropiadas para cada territorio en particular concensuadas con los actores involucrados (comunitarios, alcaldía y entidades vinculadas al tema). Por tal razón las alternativas propuestas a continuación deben ser discutidas y analizadas a nivel local.

Recursos Edáficos

Problemática	Alternativas propuesta	Estrategias	Líneas de acción
<ul style="list-style-type: none"> • Uso inadecuado de los suelos, el 59.79% está siendo sobre utilizada y solamente el 35.29% del área total de los suelos está siendo bien utilizada según la confrontación de uso. 	<ul style="list-style-type: none"> • Promover el uso adecuado de la tierra de acuerdo a su capacidad 	<ul style="list-style-type: none"> • Elaborar el Plan de Ordenamiento Territorial Municipal de manera participativa y consensuada. • Fortalecer la educación ambiental en áreas rurales y urbanas, dando a conocer los resultados de este estudio y el Plan de Ordenamiento Territorial del municipio 	<ul style="list-style-type: none"> • Elaborar y oficializar el Plan de Ordenamiento Territorial y Urbano de manera participativa y consensuada y su difusión entre los diferentes sectores populares y actores sociales que trabajan en el municipio. • Fortalecer capacidades de los actores locales para el manejo de conflictos en el manejo de recursos naturales. • Promover ordenanzas municipales que fortalezcan legalmente el Plan de Ordenamiento Territorial y eviten el deterioro de los recursos naturales • Difundir información sobre la problemática de los recursos naturales del territorio, empleando los diferentes medios disponibles (radiales, escritos, televisivos). • Fomentar la educación ambiental en los espacios de educación formal y no formal. • Crear campañas de concientización con el fin de que los pobladores sean actores en el rol del manejo y aprovechamiento de los recursos de la subcuenca. • Dar a conocer el marco legal regulatorio para la conservación y preservación de los recursos naturales.
<ul style="list-style-type: none"> • Sobre explotación del recurso suelo, la vocación de la subcuenca es forestal y las principales actividades son la agricultura y la ganadería (áreas de pastos con sobrepastoreo) 	<ul style="list-style-type: none"> • Promover la diversificación productiva y de fuentes de ingresos • Promover una ganadería sostenible. 	<ul style="list-style-type: none"> • Favorecer el acceso de los productores a los servicios de apoyo a la producción (investigación, asistencia técnica, comercialización y transformación), dentro de un marco de agricultura sostenible. 	<ul style="list-style-type: none"> • Manejo de patio e incentivo a la creación de micro y pequeñas empresas rurales. • Incentivar empresas rurales no agrícolas que generen empleo. • Incentivar el desarrollo de iniciativas que valoricen los servicios ambientales del medio rural (ecoturismo. conservación y producción del agua. reforestación. reservas privadas naturales. producción orgánica. captura de CO₂). • Fortalecer el conocimiento local sobre el manejo de los recursos naturales. • Potenciar e incentivar la reforestación de fincas, incluyendo árboles dispersos en las áreas de pastoreo con el fin de fomentar el uso de especies arbóreas en la alimentación del ganado en época seca.

			<ul style="list-style-type: none"> • Regular el pastoreo de ganado, especialmente en áreas con mayor pendiente. • Establecimiento de bancos forrajeros para mejorar la alimentación del ganado.
		<ul style="list-style-type: none"> • Promover el manejo y aprovechamiento sostenible del recurso suelos 	<ul style="list-style-type: none"> • Promover el uso de prácticas de conservación de suelos: curvas a nivel, terrazas y las "buenas prácticas" relacionadas con sistemas de producción sostenibles: mecánicas y biológicas, la fertilización orgánica, diversificación productiva, sistemas agroforestales, entre otras • Incorporar el uso de fertilizantes que satisfagan la demanda nutrientes esenciales N, P, K (fríjol, maíz, hortalizas, pasto y café), propiciando manejo apropiado para evitar pérdidas de nutrientes que contaminen las fuentes de agua y la incorporación de rastrojos.
<ul style="list-style-type: none"> • Pérdida de la cobertura vegetal y presencia de procesos erosivos debido a la actividad antropica. 	<ul style="list-style-type: none"> • Caracterizar e investigar los problemas de erosión 	<ul style="list-style-type: none"> • Promover el manejo y aprovechamiento sostenible del recurso suelos, acorde a los lineamientos del ordenamiento territorial 	<ul style="list-style-type: none"> • Fomentar el establecimiento de sistemas agroforestales y el manejo de la regeneración natural en áreas de laderas susceptibles a erosión y degradación de los suelos. • Apoyar la gestión para declarar reservas naturales en tierras clase VIII y áreas alta vulnerabilidad a deslizamientos de tierra
		<ul style="list-style-type: none"> • Fomentar el agro - ecoturismo que beneficie a la población económicamente mas vulnerable. 	<ul style="list-style-type: none"> • Crear condiciones que apoyen el desarrollo del turismo, infraestructura básica para facilitar el acceso, alojamiento, la recreación, servicios de gastronomía, bajo el concepto de protección y conservación de los recursos naturales. • Promover las zonas con atractivos para la recreación y el esparcimiento en fincas y áreas naturales, cabalgatas, caminatas, camping, observación y estudio de la biodiversidad, etc. • Fomentar la asociatividad entre lugareños, empresarios, ONG's y autoridades locales para maximizar beneficios.
		<ul style="list-style-type: none"> • Manejo sostenible de los bosques. 	<ul style="list-style-type: none"> • Controlar la deforestación en áreas de laderas susceptibles a degradación. • Restaurar los bosques de galería, de acuerdo al marco legal existente. • Reforestar áreas con vocación forestal. • Manejo de la regeneración natural.

			<ul style="list-style-type: none"> • Promover la conservación y manejo sostenible de los ecosistemas así como manejar rodales semilleros de latifoliadas y coníferas con el fin de preservar y asegurar su existencia.
--	--	--	---

Recursos Hídricos superficiales			
Problemática	Alternativas propuesta	Estrategias	Líneas de acción
<ul style="list-style-type: none"> • Déficit de agua para los cultivos en el período de verano. 	<ul style="list-style-type: none"> • Sistematizar, validar y difundir prácticas de almacenamiento y aprovechamiento del agua 	<ul style="list-style-type: none"> • Gestión integral de los recursos hídricos. 	<ul style="list-style-type: none"> • Prácticas sencillas para la cosecha y aprovechamiento de agua de lluvia. • Perforación de pozos y sistemas de riego artesanales. • Diseño y manejo de unidades de mini-riego con enfoque de manejo de microcuencas. • Promover el manejo de una capa arable que infiltre y retenga más agua de lluvia
		<ul style="list-style-type: none"> • Diseñar y aplicar mecanismos de asignación de agua y permisos para la explotación de aguas superficiales, acordes a la Ley del Agua 	<ul style="list-style-type: none"> • Elaborar e implementar planes de manejo a nivel de las microcuencas presentes en el municipio. • Prevenir y controlar actividades contaminantes de las fuentes de agua, relacionadas con el uso de pesticidas y fertilizantes, principalmente en hortalizas. • Proteger y enriquecer los recursos forestales en las áreas de recarga de acuíferos, que abastecen de agua a la ciudad y otras comunidades
<ul style="list-style-type: none"> • Deterioro de los márgenes de los ríos y arroyos por la influencia de las actividades antrópicas. • Reducción significativa del caudal base de los ríos debido a la disminución de la infiltración del agua de lluvia. 		<ul style="list-style-type: none"> • Aplicar el marco legal ambiental, agropecuario y forestal existente en el país 	<ul style="list-style-type: none"> • Proteger las riberas de los afluentes reforestando al menos 50 m en las márgenes de estos, de acuerdo al marco legal existente y priorizados por su importancia para el abastecimiento de agua y conservación de la biodiversidad. • Proteger y reforestar con especies nativas las áreas de recarga del acuífero, que abastecen de agua a la población.

<ul style="list-style-type: none"> • No se aprovecha el agua en la subcuenca 	<ul style="list-style-type: none"> • Fomentar el uso y aprovechamiento adecuado del recurso hídrico superficial 	<ul style="list-style-type: none"> • Promover la investigación para el uso apropiado de los recursos hídricos superficiales. 	<ul style="list-style-type: none"> • Producción de energía hidroeléctrica a pequeña escala para abastecer de electricidad a caseríos, fincas; entre otros usos. • El relieve de las microcuencas facilita las oportunidades para el establecimiento de sistemas de embalse y micro riego, aprovechando la gravedad. • Conformar, fortalecer y hacer funcionar los Comités de Agua Potable y Saneamiento, fomentando la participación de la mujer y jóvenes rurales, en cada comunidad del municipio.
---	--	---	---

IV. CONCLUSIONES

- El problema principal que presenta la subcuenca del río Waswalí es la Degradación Ambiental y principalmente de sus Recursos Naturales (suelos y agua) asociado al mal uso y manejo que se hace de los recursos; esto ocasiona impactos o efectos negativos que repercuten no solo en el ámbito ambiental sino en el aspecto productivo, social y económico de los habitantes de la subcuenca y sus alrededores.
- En la sub-cuenca del río Waswalí el uso inadecuado de los suelos representa una de las restricciones más importantes según la capacidad de uso de la tierra ya que estos están destinados a la agricultura y la ganadería (sobrepastoreo), siendo su vocación forestal. La confrontación de uso de la tierra reflejan que el 59.79% está siendo sobre utilizada y solamente el 29.2% del área total de los suelos está siendo bien utilizada lo cual nos muestra el estado de degradación en el que se encuentra el recurso suelo en la subcuenca.
- El desarrollo de la actividad agropecuaria en la parte media, ha reducido las áreas de la cobertura vegetal lo que favorece el escurrimiento superficial y potencia algunos procesos erosivos como deslizamientos de tierra, erosión hídrica que causa el depósito de sedimentos en el cauce del río. Esta intervención humana todavía puede no tener una magnitud que modifique significativamente el balance escorrentía/infiltración, por tener áreas con cobertura vegetal.
- El 49.12% de los suelos de la subcuenca pertenecen a la serie Cerro El Horno (**Udic Haplustepts**) estos son suelos incipientes o en proceso de desarrollo es frecuente encontrar en estos suelos agricultura de cultivos limpios en todos los rangos de pendientes los que ha provocado en muchos casos que la capa más superficial haya desaparecido por erosión laminar que repercute en la baja productividad de las tierras y bajos rendimientos de los cultivos por efectos de la erosión y contaminación química del suelo.
- Según los balances hídricos el período con déficit de agua inicia en la segunda semana de diciembre y finaliza en mayo. En este período la cobertura vegetal hace uso de las reservas de agua del suelo, por lo que la evapotranspiración real es mayor que la precipitación que prácticamente es cero. El almacenamiento máximo se da en el período de junio a noviembre.
- La disponibilidad de agua se hizo en base al área de captación de cada microcuenca y la sumatoria de los excesos del período con lluvia. En toda la subcuenca una cantidad importante de agua se pierde año con año. de esta área de captación. El Río Apalilí es el que más agua aporta al cauce principal (Río Waswalí).
- El área de la subcuenca del Río Waswalí tiene un área de 96.3 Km², un perímetro de 52.31 kilómetros y una longitud máxima de 21.13 kilómetros (desde el punto más alejado de la subcuenca hasta su desembocadura al Río Grande de Matagalpa), según el coeficiente de forma de la subcuenca tiene una forma ovalada con cierta irregularidad lo cual nos indica que los escurrimientos recorren más cauces secundarios hasta llegar a uno principal; por lo que la duración del escurrimiento es superior el agua permanece más tiempo en el área de captación.

- Según la elevación media y la pendiente media de la subcuenca se define como madura con poca erosión geológica.

La red de drenaje esta conformada por el Río Waswalí. Los tributarios que forman la red de la subcuenca son afluentes temporales, ya que solo circula agua en época lluviosa, la subcuenca se clasifica como exorreica.

El patrón de drenaje se clasifica como paralelo, subparalelo y dendrítico según Horton-Strahler el orden de corrientes es 4, el cauce principal tiene una pendiente media de 1.64 % y una longitud de 19.29 kilómetros. La longitud total de todos los tributarios de la red de drenaje es de 112.49 kilómetros. 14872.89

La densidad de corrientes de la subcuenca es de 0.7 corrientes/Km²; lo cual representa la eficiencia de drenaje este valor se obtuvo de la relación entre el número de corrientes y el área de la subcuenca.

La densidad de drenaje es 1.2 Km. de corriente/Km² este valor de densidad de drenaje se encuentra por debajo de cinco (densidad de drenaje baja) lo cual nos indica que en la subcuenca existe una buena cobertura vegetal y alta permeabilidad esto se explica inicialmente por las áreas de cobertura boscosa (café con sombra bosque de pino) en la parte alta de la subcuenca.

V. RECOMENDACIONES

- De acuerdo al análisis de los datos de oferta de agua. es necesario implementar acciones para captura de agua (cosecha de agua). ya que solamente hay agua disponible en la época lluviosa. Esta oferta de agua no satisface la demanda de la población sobretodo en la época seca, la cual incrementa a partir del mes de febrero. marzo y abril.
- Los excesos de agua que salen de la subcuenca no esta siendo aprovechada por tal razón se recomienda utilizarla para diferentes usos como por ejemplo la producción de energía hidroeléctrica a pequeña escala para abastecer de electricidad a caseríos fincas; entre otros usos.
- De acuerdo al análisis de la problemática de suelos se hace necesario promover el uso de la tierra de acuerdo a su capacidad de uso, así como desarrollar un programa de conservación y manejo adecuado de los suelos.
- Reforestar y manejar la regeneración natural principalmente en áreas que no están siendo utilizadas de acuerdo a la capacidad de uso de las mismas.
- Promover el cambio del modelo tradicional de manejo de suelos. a través de la información brindada del estado de los recursos naturales.
- Fomentar una producción pecuaria sostenible que implique la implementación de sistemas silvopastoriles estableciendo bancos forrajeros y control del pastoreo del ganado de acuerdo a la capacidad del suelo.

VI. LITERATURA CITADA:

- **CATIE. 1996. Faustino J.** Gestión ambiental para el manejo de cuencas municipales. **San José Costa Rica.** 137 Pág.
- **FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación) 1996.** Planificación y manejo integrado de cuencas hidrográficas en zonas áridas y semiáridas de América Latina. Serie zonas áridas y semiáridas. Santiago. 321 p.
- **FAO 1988. Gregersen. H. M.; Brooks. K. N.; Dixon. J. A; Hamilton L. S. Pautas para la evaluación económica de proyectos de ordenación de cuencas. Roma.**
- **FODEPAL. 2004.** Gestión Integrada de Cuencas Hidrográficas. CURSO A DISTANCIA.
- **Guilarte. R. 1978.** Hidrología básica. Facultad de ingeniería. UCV. Caracas-Venezuela. 667p.
- **Guía para la descripción de Perfiles de la FAO (Guidelines for soil description. FAO. 2006).**
- **Horton. R. E. 1945.** Erosional Development of streams. Geol. Soc. Am. Bull.. Vol. 56. Pág. 281-283.
- **Klingebiel A. A y Montgomery p.H. 1965.** "Clasificación o capacidad de uso de las tierras". Manual # 210. Editorial Abeja S.A. México DF. 28 Pág.
- Llamas. J. 1997.** Hidrológica General. Principios y aplicaciones. Bilbao. Universidad del país Vasco. Pp 635
- **Monsalve G. 1999.** Hidrología de la Ingeniería. 2da edición. Colombia
- **Morales. J. 1998.** Curso Taller: Planificación y manejo integral de cuencas hidrográficas. UNA. FARENA. **Managua.**
- **Porta. J.; López-Acevedo M.; Roquero. C. 1999:** Edafología para la Agricultura y el Medio Ambiente. 2 Edición 1999. Editorial Mundi-Prensa. 849 Pág.
- **Ruiz P. G y Molina L. J. (2001).** Aplicación de SIG en la Evaluación de la Amenaza Relativa por Fenómenos de Remoción en Masa en el Municipio de El Líbano. Tolima. Grupo Editorial Gaia. Colombia. 111 p.
- **TRAGSA. 1994. Restauración hidrológico-Forestal de cuencas y control de la erosión.** Edición Mundi-Prensa. 901 Pág.
- **Villon M 2002.** Hidrología. Cartago. Costa Rica. 430 Pág.

IV. ANEXOS

Anexo 1. Factor de corrección f , por duración media de las horas de sol expresada en unidades de 30 días, con 12 horas de sol cada una.

Latitud	E	F	M	A	M	J _N	J _L	A	S	O	N	D	
Norte	50	0.74	0.78	1.02	1.15	1.33	1.36	1.37	1.25	1.06	0.92	0.76	0.70
	45	0.80		1.02	1.13	1.28	1.29	1.31	1.21	1.04	0.94	0.79	0.75
	40	0.84	0.83	1.03	1.11	1.24	1.25	1.27	1.18	1.04	0.96	0.83	0.81
	35	0.87	0.85	1.03	1.09	1.21	1.21	1.23	1.16	1.03	0.97	0.86	0.85
	30	0.90	0.87	1.03	1.08	1.18	1.17	1.20	1.14	1.03	0.98	0.89	0.88
	25	0.93	0.89	1.03	1.06	1.15	1.14	1.71	1.12	1.02	0.99	0.91	0.91
	20	0.95	0.90	1.03	1.05	1.13	1.11	1.14	1.11	1.02	1.00	0.93	0.94
	15	0.97	0.91	1.03	1.04	1.11	1.08	1.12	1.08	1.02	1.01	0.95	0.97
	10	0.98	0.91	1.03	1.03	1.08	1.06	1.08	1.07	1.02	1.02	0.98	0.99
	5	1.00	0.93	1.03	1.02	1.06	1.03	1.06	1.05	1.01	1.03	0.99	1.02
0	1.02	0.94	1.04	1.01	1.04	1.01	1.04	1.04	1.01	1.04	1.01	1.04	
Sur	5	1.04	0.95	1.04	1.00	1.02	0.99	1.02	1.03	1.00	1.05	1.03	1.06
	10	1.08	0.97	1.05	0.99	1.01	0.96	1.00	1.01	1.00	1.06	1.05	1.10
	15	1.12	0.98	1.05	0.98	0.98	0.94	0.97	1.00	1.00	1.07	1.07	1.12
	20	1.14	1.00	1.05	0.97	0.96	0.91	0.95	0.99	1.00	1.08	1.09	1.15
	25	1.17	1.01	1.05	0.96	0.94	0.88	0.93	0.98	1.00	1.10	1.11	1.18
	30	1.20	1.03	1.06	0.95	0.92	0.85	0.90	0.96	1.00	1.12	1.14	1.21
	35	1.23	1.04	1.06	0.94	0.89	0.82	0.87	0.94	1.00	1.13	1.17	1.25
	40	1.27	1.06	1.07	0.93	0.86	0.78	0.84	0.92	1.00	1.15	1.20	1.29
	45	1.31	1.10	1.07	0.91	0.81	0.71	0.78	0.90	0.99	1.17	1.26	1.36
	50	1.37	1.12	1.08	0.89	0.77	0.67	0.74	0.88	0.99	1.19	1.29	1.41

Anexo n° 2. La siguiente tabla se usa para el cálculo de balance hídrico para estimar P media; Evapotranspiración $R_{\text{máx}} = 100$ mm. según el método Thornthwaite.

	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep
P	75	78	116	77	59	88	50	60	36	8	18	32
ET	47	29	22	26	30	40	45	60	78	91	92	71
P-ET	28	49	94	51	29	48	5	0	-42	-83	-74	-39
R	28	77	100	100	100	100	100	100	58	0	0	0
VR	28	49	23	0	0	0	0	0	-42	-58	0	0
ETR	47	29	22	26	30	40	45	60	78	66	18	32
F	0	0	0	0	0	0	0	0	0	25	74	39
E_x	0	0	71	51	29	48	5	0	0	0	0	0

Anexo n° 3. Tablas de balances hídricos de las series más representativas de la subcuenca Waswalí:

**Anexo 3.1. Cerro El Horno.
CRAD =58.5 mm**

	E	F	M	A	M	Jun	Jul	Ag	S	O	N	D	Año
P (mm)	65.4	34.3	29.9	42.4	260.6	389.4	277.1	285.0	383.3	389.2	147.5	76.8	2380.9
ETP (mm)	96.2	99.4	135.4	153.6	158.5	126.7	126.8	128.4	112.9	111.8	103.5	100.0	1453.2
P-ETP	-30.8	-65.1	-105.5	-111.2	102.1	262.7	150.3	156.6	270.4	277.4	44.0	-23.2	927.7
PPA	-54.0	-119.1	-224.6	-335.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-23.2	
R	23.2	7.6	1.3	0.2	58.5	58.5	58.5	58.5	58.5	58.5	58.5	39.3	
dR	-16.1	-15.6	-6.4	-1.1	58.3	0.0	0	0.0	0.0	0.0	0.0	-19.2	
ETR	81.5	49.9	36.3	43.4	158.5	126.7	126.8	128.4	112.9	111.8	103.5	95.9	1175.7
DEF	14.7	49.5	99.1	110.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	4.1	
EXC	0.0	0.0	0.0	0.0	43.7	262.7	150.3	156.6	270.4	277.4	44.0	0.0	
DRE	36.0	5.0	2.5	1.3	22.5	142.6	146.5	151.5	211.0	244.2	144.1	72.0	

**Anexo 3.2 Yasica Sur
CRAD =196.56 mm**

	Eo	F	M	A	M	Jun	Jul	A	S	O	N	D	Año
P (mm)	65.4	34.3	29.9	42.4	260.6	389.4	277.1	285.0	383.3	389.2	147.5	76.8	2380.9
ETP (mm)	96.2	99.4	135.4	153.6	158.5	126.7	126.8	128.4	112.9	111.8	103.5	100.0	1453.2
P-ETP	-30.8	-65.1	-105.5	-111.2	102.1	262.7	150.3	156.6	270.4	277.4	44.0	-23.2	927.7
PPA	-54.0	-119.1	-224.6	-335.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-23.2	
R	149.3	107.3	62.7	35.6	196.6	196.6	196.6	196.6	196.6	196.6	196.6	174.7	
dR	-25.3	-42.1	-44.6	-27.1	161.0	0.0	0	0.0	0.0	0.0	0.0	-21.9	
ETR	90.7	76.4	74.4	69.5	158.5	126.7	126.8	128.4	112.9	111.8	103.5	98.7	1278.3
DEF	5.5	23.0	61.0	84.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.3	
EXC	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	262.7	150.3	156.6	270.4	277.4	44.0	0.0	
DRE	35.9	5.0	2.5	1.3	0.6	131.6	141.0	148.8	209.6	243.5	143.8	71.9	

Anexo 3.3. Santa María de Ostuma
CRAD =192.86mm

	En	Feb	Mar	Abril	May	Jun	Jul	Ag	Sept	Oct	Novi	Dic	Año
P (mm)	65.4	34.3	29.9	42.4	260.6	389.4	277.1	285.0	383.3	389.2	147.5	76.8	2380.9
ETP (mm)	96.2	99.4	135.4	153.6	158.5	126.7	126.8	128.4	112.9	111.8	103.5	100.0	1453.2
P-ETP	-30.8	-65.1	-105.5	-111.2	102.1	262.7	150.3	156.6	270.4	277.4	44.0	-23.2	927.7
PPA	-54.0	-119.1	-224.6	-335.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-23.2	
R	145.8	104.0	60.2	33.8	192.9	192.9	193	192.9	192.9	192.9	192.9	171.0	
dR	-25.2	-41.7	-43.8	-26.4	159.1	0.0	0	0.0	0.0	0.0	0.0	-21.9	
ETR	90.6	76.1	73.7	68.7	101.5	126.7	126.8	128.4	112.9	111.8	103.5	98.7	1219.4
DEF	5.6	23.3	61.7	84.9	57.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.3	
EXC	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	262.7	150.3	156.6	270.4	277.4	44.0	0.0	
DRE	35.9	5.0	2.5	1.3	0.6	131.6	141.0	148.8	209.6	243.5	143.8	71.9	

Anexo 3.4. Agua Zarca
CRAD =150.15 mm

	En	Feb	Mar	Abril	May	Jun	Jul	Ag	Sept	Oct	Novi	Dic	Año
P (mm)	65.4	34.3	29.9	42.4	260.6	389.4	277.1	285.0	383.3	389.2	147.5	76.8	2380.9
ETP (mm)	96.2	99.4	135.4	153.6	158.5	126.7	126.8	128.4	112.9	111.8	103.5	100.0	1453.2
P-ETP	-30.8	-65.1	-105.5	-111.2	102.1	262.7	150.3	156.6	270.4	277.4	44.0	-23.2	927.7
PPA	-54.0	-119.1	-224.6	-335.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-23.2	
R	104.8	67.9	33.6	16.0	150.2	150.2	150.2	150.2	150.2	150.2	150.2	128.6	
dR	-23.8	-36.8	-34.3	-17.6	134.1	0.0	0	0.0	0.0	0.0	0.0	-21.5	
ETR	89.3	71.2	64.2	60.0	126.4	126.7	126.8	128.4	112.9	111.8	103.5	98.3	1219.4
DEF	6.9	28.2	71.2	93.6	32.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.7	
EXC	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	262.7	150.3	156.6	270.4	277.4	44.0	0.0	
DRE	35.9	5.0	2.5	1.3	0.6	131.6	141.0	148.8	209.6	243.5	143.8	71.9	

Anexo 4: En el siguiente cuadro se describe la información recolectada en el campo correspondiente a la descripción de perfiles del suelo presentes en la subcuenca:

Anexo 4.1. Serie de suelo Santa Maria de Ostuma.

Nombre del suelo: Santa Maria de Ostuma.		
Clasificación Taxonómica: <i>Typic Haplohumults. (SSS. 1999)</i>	<i>Typic</i>	Fecha: 02-12-2006
		Perfil n^o: 1
Localización del perfil: Entrada comunidad Rincón Largo. entrada a fuente pura.		Coordenadas: X:616-816 Y:1438618
Uso actual: Pasto.		
Material Madre: Dasita.		
Fisiografía: Colina.		
Elevación: 1430msnm		
Relieve: Ondulado	Drenaje Natural: Bueno	
Pendiente: 30-45%	Escurrimiento Superficial: rápido.	
Erosión: No perceptible	Humedad: Húmedo.	Pedregosidad: 3%

Anexo 4.2. Serie de suelo Agua Zarca.

Nombre del suelo: Agua Zarca.		
Clasificación Taxonómica: <i>Humic Eutrudepts</i>	Fecha: 02-12-2006	Perfil n^o: 2
	Coordenadas: X:615-256 Y: 1439-259	
Uso actual: Pasto.		
Material Madre: Andesita.		
Fisiografía: Colina.		
Elevación: 1103msnm		
Relieve: Inclinado.	Drenaje Natural: Bueno	
Pendiente: +45%	Escurrimiento Superficial: rápido.	
Erosión: No perceptible	Pedregosidad: muy pocas no se pueden apreciar.	

Anexo 4.3. Serie de Suelo Cerro La Cruz.

Nombre del suelo: Cerro La Cruz		
Clasificación Taxonómica: <i>Udic Haplustolls</i>	Fecha: 02-12-2006	Perfil n^o: 3
Localización del perfil: Carretera Matagalpa – Guayacán. El Horno.	Coordenadas: X: 608285 Y: 1440334	
Uso actual: Pasto con árboles		
Material Madre: Basalto con dasita.		
Fisiografía: Colineado.		
Elevación: 994 msnm		
Relieve: inclinado	Drenaje Natural: Bueno	
Pendiente: 15 - 30%	Escurrimiento Superficial: rápido.	
Erosion: No perceptible	Pedregosidad: 160%	

Anexo 4.4. Serie de suelo: Cerro el Horno.

Nombre del suelo: Cerro El Horno. <i>Udic Haplustepts</i>		
Clasificación Taxonómica:	Fecha: 02-12-2006	Perfil n^o: 4
Localización del perfil: Camino a los calpules.	Coordenadas: X: 614-458 Y: 1437-102	
Uso actual: Pasto.		
Material Madre: Basalto con dasita.		
Fisiografía: Colineado.		
Elevación: 1105msnm		
Relieve: inclinado	Drenaje Natural: Bueno	
Pendiente: 15%	Escurrimiento Superficial: rápido.	
Permeabilidad: buena.	Pedregosidad: 15-20%	

Anexo 4.5 Serie de suelo: Tierras Aluviales

Nombre del suelo: Tierras Aluviales		
Clasificación Taxonómica: Fluventic Humitropepts	Fecha: 03-12-2006	Perfil n^o: 5
Localización del perfil:	Coordenadas: X: 612 429 Y: 1429 604	
uso actual: Pasto		
Material Madre: Dasita		
Fisiografía: Planicie Aluvial		
Elevación: 647m		
Relieve: Plano	Drenaje Natural: bueno	
Pendiente: 2%	Escurrimiento Superficial: rápido	
Erosión: no perceptible	Humedad: seco	Pedregosidad: -

Anexo 4.7 Serie de suelo: Serie de suelo: Yasica Sur

Nombre del suelo: Yasica Sur		
Clasificación Taxonómica: <i>Typic Hapludalfs</i>	Fecha: 03-12-2006	Perfil n^o: 7
Localización del perfil:	Coordenadas: X: 614 361 Y: 1433 070	
uso actual: Tacotal		
Material Madre: Riolita		
Fisiografía: Colineado		
Elevación: 977 m		
Relieve: Escarpado	Drenaje Natural: bueno	
Pendiente: 45%	Escurrimiento Superficial: rápido	
Erosión: No perceptible	Humedad: Seco	Pedregosidad: 30%

Anexo 5. Resultado de análisis de laboratorio:

5.1. Comunidad: Matagalpa Departamento: Matagalpa

Cod LAB	Descripción	RUTINA							BASES				
		pH	MO	N	P-disp	CE	K-disp	Al	K	Ca	Mg	Na	CIC
		H2O	%		ppm	uS/cm	Me/100g suelo						
1481	HZA-Perfil 2 0 a 20	7.00	6.34	0.32	2.62	86.80	1.74		3.88	23.80	8.81	0.21	58.50
1482	HZA B-Perfil 2 0 a 50	6.30	3.93	0.20	0.40	26.40	0.89		1.73	15.20	6.79	0.74	45.30
1483	HZB + Perfil 2 50 a 69	6.80	1.88	0.09	ND	18.30	0.56		1.46	15.10	8.80	0.26	42.50
1484	HZA Perfil 3 0 a 7	6.40	6.83	0.34	3.34	51.30	0.90		1.80	16.40	5.25	0.09	42.20
1485	HZ B+1 Perfil 3 7 a 22	6.30	4.50	0.23	1.64	28.80	0.45		0.89	18.60	6.08	0.25	44.50
1486	A Perfil 4 0 a 19	6.00	4.23	0.21	1.59	43.00	1.74		2.25	9.40	3.13	0.17	39.70
1487	AB Perfil 4 19 a 37	5.30	3.82	0.19	1.08	30.50	0.86		2.07	13.90	4.18	0.62	27.50
1488	HZ BW Perfil 4 37 a 67	6.00	3.01	0.15	0.90	30.90	0.78		1.78	9.13	3.09	0.18	28.90
1489	HZ A1 Perfil 5 0 a 9	6.80	3.27	0.16	23.70	56.60	1.11		2.20	19.20	5.38	0.28	45.30
1490	HZ A2 Perfil 5 9 a 25	7.10	3.04	0.10	8.72	29.70	0.77		1.46	16.50	4.31	0.34	32.30
1491	HZ B+1 Perfil 5 25 a 45	7.00	1.88	0.09	11.80	23.90	0.50		1.18	21.40	5.75	0.38	40.40
1492	B+2 Perfil 5 + 45	7.20	1.07	0.05	4.65	22.90	0.49		1.01	20.30	5.76	0.38	45.8

Anexo 5.1. Resultados análisis de laboratorios.

FINCA: Waswali DPTO Y MUNICIPIO: MATAGALPA/MATAGALPA.

COD LAB SA	IDENTIFICACIÓN	PROF. cm	DENSIDADES		RETENCIÓN DE HUMEDAD			PLASTICIDAD			PARTICULAS			CLASE TEXTURAL
			Da	Dr	CC	% H	PM	LI P	LS P	IP	Arcilla	Limo	Arena	
1481	HZA Perfil 2	0 a 20									34	30	36	Franco Arcilloso
1482	HZB Perfil 2	20 a 50									38	30	32	Franco Arcilloso
1483	HZT Perfil 2	50 a 60									40	28	32	Arcilloso
1484	HZA Perfil 3	0 a 7									28	26	46	Franco Arcillo Arenoso
1485	HZB BT perfil 3	7 a 22									38	26	36	Franco Arcillosa
1486	HZ BT Perfil 3	0 a 19									44	28	28	Arcilloso
1487	AB Perfil 4	19 a 37									50	24	26	Arcilloso
1488	HZ BW Perfil 4	37 a 67									52	22	26	Arcilloso
1489	HZ A1 Perfil 5	0 a 9									26	38	36	Franco
1490	HZ A2 Perfil 5	9 a 25									24	40	36	Franco
1491	HZ BT1 Perfil 5	25 a 45									34	20	46	Franco Arcillo Arenoso
1492	BT2 Perfil 5	+ 45									38	16	46	Arcillo Arenoso

