

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA**  
Facultad de Recursos Naturales y del Ambiente  
Escuela de Suelos y Aguas

**TRABAJO DE DIPLOMA**

Actualización del Levantamiento de suelos  
y Capacidad de Uso de la Tierra  
Zona de Amortiguamiento  
en el Municipio de El Castillo  
Río San Juan



**Autor:** Br. Ismael Artola Medina

**Asesor:** Ing. Efraín Acuña Espinal

**Managua, Nicaragua**  
**Agosto, 1998**

## **INDICE DE CONTENIDO**

<b>Capítulo</b>	<b>Páginas</b>
<b><i>INDICE DE CONTENIDO</i></b> .....	<b><i>i</i></b>
<b><i>INDICE DE MAPAS</i></b> .....	<b><i>iii</i></b>
<b><i>INDICE DE TABLAS</i></b> .....	<b><i>iv</i></b>
<b><i>INDICE DE CUADROS</i></b> .....	<b><i>v</i></b>
<b><i>INDICE DE ANEXO 1</i></b> .....	<b><i>vi</i></b>
<b><i>INDICE DE ANEXOS 2</i></b> .....	<b><i>viii</i></b>
<b><i>INDICE DE ANEXOS 3</i></b> .....	<b><i>viii</i></b>
<b><i>SUMMARY</i></b> .....	<b><i>ix</i></b>
<b><i>RESUMEN</i></b> .....	<b><i>x</i></b>
<b><i>DEDICATORIA</i></b> .....	<b><i>xi</i></b>
<b><i>AGRADECIMIENTO</i></b> .....	<b><i>xii</i></b>
<b><i>I. INTRODUCCIÓN</i></b> .....	<b><i>1</i></b>
<b><i>II. OBJETIVOS</i></b> .....	<b><i>3</i></b>
2.1 Objetivo general.....	3
2.2 Objetivos Específicos.....	3
<b><i>III. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA</i></b> .....	<b><i>4</i></b>
3.1. Suelo.....	4
3.2. Clasificación de suelo.....	6
3.3. Levantamiento edafológico.....	9
3.4. Cartografía.....	12
3.5. Capacidad de uso.....	13
3.6. Suelos del trópico húmedo.....	21
3.7. Sistema de información Geográfico.....	29

---

<b>IV. MATERIALES Y MÉTODO</b> .....	<b>33</b>
<b>4.1. Caracterización general del área</b> .....	<b>33</b>
4.1.1.- Localización del Municipio. ....	33
4.1.2- Clima. ....	33
4.1.3- Hidrología.....	34
4.1.4- Sub provincias geomorfología.....	34
a. El Macizo de la Guinea. ....	35
b. La planicie San Carlos. ....	35
c. Cordillera Chontaleña. ....	35
4.1.5- Geología ..... 35	35
a. Terciario del grupo Coyol. ....	36
b. Terciario del grupo Matagalpa. ....	36
c. Cuaternario Fluvio Coluvial.....	36
d. Fluvio coluviales del Atlántico ..... 36	36
4.1.6- Aspecto socio económicos..... 37	37
4.1. 7- Educación y Servicios Sociales Básicos ..... 37	37
4.I.8- Uso Actual y tenencia de la tierra..... 38	38
<b>4.2- Materiales</b> .....	<b>38</b>
<b>4.3- Proceso Metodológico</b> .....	<b>40</b>
<b>V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.</b> .....	<b>48</b>
<b>5.1- Mapa de Clases de pendientes.</b> .....	<b>48</b>
<b>5.2- Suelos</b> .....	<b>51</b>
5.2.1.-Factores y Procesos de Formación de Suelos. ....	51
5.2.2.- Clasificación Taxonómica de los Suelos ..... 61	61
<b>5.2.3.- Relación Suelo - Vegetación.</b> .....	<b>78</b>
<b>5.2.4.- Relación Suelo – Paisaje- Pendiente</b> .....	<b>79</b>
<b>5.2.5.- Clasificación de los suelos por clases de capacidad de uso.</b> .....	<b>80</b>
<b>VI. CONCLUSIONES</b> .....	<b>88</b>
<b>VII. RECOMENDACIONES</b> .....	<b>91</b>
<b>VIII. BIBLIOGRAFÍA</b> .....	<b>93</b>
<b>IX.ANEXOS</b> .....	<b>97</b>

## INDICE DE MAPAS

	<b>Páginas</b>
<b>Metodología y Mapas</b>	
1. Metodología empleada en la generación de mapas.....	43
2. Mapa de pendiente del Municipio El Castillo .....	50
3. Mapa de Suelos del Municipio El Castillo .....	77
4. Mapa de Capacidad de Uso del suelo en el Municipio El Castillo.....	86

## INDICE DE TABLAS

<b>Tablas</b>	<b>Páginas</b>
1. Fertilidad para suelos tropicales según IAGC, 1985 .....	47
2. Característica principales de los suelos del municipio de El Castillo .....	74
3. Interpretación de la propiedad y características de los suelos del municipio de El Castillo.....	75
4. Distribución de los ordenes y subgrupos de suelos por área y porcentaje.....	78
5. Matriz para la definición de las clases de capacidad de uso.....	85
6. Clases de Capacidad de uso de la tierra.....	87

## INDICE DE CUADROS

	<b>Páginas</b>
<b>Cuadros</b>	
1. Clasificación de rangos de pendiente.....	45
2. Pendientes de la zona de amortiguamiento de la municipalidad El Castillo Río san Juan.....	49
3. Datos Climáticos de la zona de influencia del Municipio del Castillo Río San Juan, (INETER, 1969-1995).....	54
4. Clasificación taxonómica de los suelos del municipio de El Castillo.....	73

## INDICE DE ANEXO 1

	Páginas
<b>Descripción de Perfiles representativos de la zona de estudio</b>	
1. Descripción del perfil 01.....	98
2. Figura nº 5. Perfil representativo 01.....	100
3. Figura nº 6. Paisaje del perfil 01.....	100
4. Descripción del perfil 02.....	101
5. Figura nº 7. Perfil representativo 02.....	103
6. Figura nº 8. Paisaje del perfil 02.....	103
7. Descripción del perfil 03.....	104
8. Figura nº 9. Perfil representativo 03.....	106
9. Figura nº10. Paisaje del perfil 03 .....	106
10. Descripción del perfil 04.....	107
11. Figura nº 11. Perfil representativo 04.....	109
12. Figura nº 12. Paisaje del perfil 04.....	109
13. Descripción del perfil 05.....	110
14. Figura nº 13. Perfil representativo 05.....	112
15. Figura nº 14. Paisaje del perfil 05.....	112
16. Descripción del perfil 06.....	113
17. Figura nº 15. Perfil representativo 06.....	115
18. Figura nº 16. Paisaje del perfil 06.....	115
19. Descripción del perfil 07.....	116
20. Figura nº 17. Perfil representativo 07.....	118
21. Figura nº 18. Paisaje del perfil 07.....	118
22. Descripción del perfil 08.....	119
23. Figura nº 19. Perfil representativo 08.....	121
24. Descripción del perfil 09.....	122

25. Figura n ° 20. Perfil representativo 09.....	124
26. Figura n ° 21. Paisaje del perfil 09.....	124
27. Descripción del perfil 10.....	125
28. Figura n ° 22. Perfil representativo 10.....	127
29. Descripción del perfil 11.....	128
30. Figura n ° 23. Perfil representativo 11.....	130
31. Figura n ° 24. Paisaje del perfil 11.....	130
32. Descripción del perfil 12.....	131
33. Figura n ° 25. Perfil representativo 12.....	133
34. Figura n ° 26. Paisaje del perfil 12.....	133



## INDICE DE ANEXOS 2

Páginas

### Análisis de laboratorio de los perfiles de suelos

1. Tabla nº 7. Análisis de laboratorio del perfil 05. Lithic Udorthents.....	134
2. Tabla nº 8. Análisis de laboratorio del perfil 06. Fluventic Eutochrepts.....	134
3. Tabla nº 9. Análisis de laboratorio del perfil 07. Humic hapludults.....	134
4. Tabla nº 10. Análisis de laboratorio del perfil 11. Plinthaquic Kandiudults.....	135
5. Tabla nº 11. Análisis de laboratorio del perfil 12. Ruptic- Ultic Dystrochrepts.....	135
6. Tabla nº 12. Análisis de laboratorio del perfil 08. Ruptic- Ultic Dystrochrepts.....	135
7. Tabla nº 13. Análisis de laboratorio del perfil 09. Plintaquic Kandiudults.....	136
8. Tabla nº 14. Análisis de laboratorio del perfil 10. Rhodic Kandiudults.....	136
9. Tabla nº 15. Análisis de laboratorio del perfil 01. Rhodic Kandiudalfs.....	136
10. Tabla nº 16. Análisis de laboratorio del perfil 02. Rhodic Kandiudults.....	137
11. Tabla nº 17. Análisis de laboratorio del perfil 03. Rhodic Kandiudults.....	137
12. Tabla nº 18. Análisis de laboratorio del perfil 04. Rhodic Kandiudults.....	137

## INDICE DE ANEXOS 3

1. Metodología utilizada en el laboratorio para el análisis de suelo.....	138
---	-----

## SUMMARY

The objective of this study is to generate an updated soils map 1:50,000 and also determine the land use capacity of the protective area known as buffer barrier of the municiple in the department of Río San Juan. The total area is a territorial extension of 1,043 Km<sup>2</sup>.

The methodology used consists of cartographic tools (geographic Info System) and G.P.S the data base was created using topographic maps scale 1:50,000 to the digital process, generating the store and data processing in vector a "raster". Developing the updated maps which contain the georeferance and delimitation of the soils inventory, slides and the capacity of use parelley a digital data base.

Soils are classified and delimited in 4 taxonomic orders: ultisols with are the most predominants occupying an area of 778 Km<sup>2</sup>; Entisols is the second order, having an extension of 126 km<sup>2</sup>; the inceptisols with 84 km<sup>2</sup> and alfisols with an area of 51 Km<sup>2</sup>. And as far as the capacity of land use the followings were found: capacity IV has an area of 55 Km<sup>2</sup>; capacity V with an area of 151 Km<sup>2</sup>; capacity VI with an area of 400 Km<sup>2</sup>; capacity VII of 295 Km<sup>2</sup> and capacity VIII 134 km<sup>2</sup>. The most predominates use were VI and VIII. This confines the use of soils to activities of foresty, management proteccion of wild life and conservation of biodiversity and ecotourism. The research found can be use for the territorial orderly howerer is necessary to complete the information of the current use of the land and infrastructure map. It is also important the work of productive system design according to the model of economic development according to the zones and to foster the basin study.

## RESUMEN

El objetivo del estudio es generar un mapa de suelos actualizado 1:50,000 y también determinar la capacidad de uso de las tierras de la zona de amortiguamiento del Municipio El castillo, en el departamento de Río San Juan. El área tiene una extensión de 1,043 km<sup>2</sup>.

La metodología utilizada consiste en el uso de herramientas de cartográficas (Sistema de Información Geográfico) y G.P.S. La entrada de base de datos se creó utilizando mapas topográficos a escala 1:50,000 para el proceso de digitalización, generando el almacenamiento y procesamiento de información en vector a "raster". Creando los mapas actualizados que contienen la georeferenciación y delimitación del inventario de los suelos, pendientes y la capacidad de uso, así como, una base de datos digital.

Los suelos se clasificaron y delimitaron en cuatro ordenes taxonómicos: los ultisoles que son los más predominantes ocupa un área de 778 km<sup>2</sup>; Entisoles es el segundo orden, tiene una extensión de 126 km<sup>2</sup>; los inceptisoles con 84 Km<sup>2</sup> y alfisoles con un área de 51 Km<sup>2</sup>. En cuanto a capacidad de uso de la tierra se encontraron las siguientes clases: capacidad de uso IV tiene un área de 55 km<sup>2</sup>; capacidad uso V ocupa un área de 151 km<sup>2</sup>; capacidad VI con un área de 400 km<sup>2</sup>; capacidad VII ocupa 295 km<sup>2</sup> y capacidad VIII con 134 km<sup>2</sup>. Las clases de capacidad de uso predominante son: VI y VII. Esto restringe el uso del suelo a actividades de uso Forestal, Protección de Vida Silvestre y Conservación de Biodiversidad y Ecoturismo. La investigación generada puede ser insumo para el ordenamiento territorial, pero no obstante es necesario complementar información del uso actual de la tierra y mapa de infraestructura. También es importante el trabajo de diseño de sistemas productivos de acuerdo a modelo de desarrollo económico de acuerdo a la zona y fomentar el estudio de cuenca.

## **DEDICATORIA**

Este trabajo de diploma se lo dedico a mis padres Miguel Artola Picado y Mirtha Medina Suárez, que con sacrificio me dieron la oportunidad de educación y preparación profesional a pesar de los problemas económicos. También a mi querida abuela Teresa Suárez y a mi hermana Claudia Artola que siempre me han brindado cariño y apoyo familiar.

## AGRADECIMIENTO

Al presentar esta tesis quiero expresar mi agradecimiento a todos y todas las personas que contribuyeron a la realización de este trabajo de investigación.

En primer lugar le agradezco al Lic. Antonio Ruiz Meléndez director de la FUNDACION DEL RÍO por su apoyo brindado para realizar esta tesis.

De manera muy especial a mis compañeros de trabajo que colaboraron, al Ing. Agr. Forestal Luis Valerio Hernández, Ing. Forestal Daniel Heiner, Lic. María Eugenia Parrales; a los técnicos de campo William Gross, Henry Casanova y Axel Lam Chavarría; a mis compañeros de equipo de la FUNDACION DEL RÍO y a los productores que nos ayudaron durante la fase de campo.

Mi agradecimiento a mis profesores que me enseñaron durante los años de estudiante en la Universidad Nacional Agraria y que me brindaron su apoyo durante la fase de campo y gabinete; al Ing. MSc. Carlos Zelaya Martínez, Ing. Martha Orozco, Ing. Jannette Gutiérrez Barrera y en especial al Ing. Efraín Acuña Espinal.

## I. INTRODUCCIÓN

El Sureste de Nicaragua posee bosques de selva tropical húmeda latifoliada con gran potencial de recursos naturales ricos en biodiversidad genética. Este recurso ha sido afectado a partir de la década de los 90” existiendo una presión sobre éstos por la reactivación de actividades agropecuarias realizadas por repatriados, desmovilizados ex miembros de la resistencia y Ejército Nacional, así como emigrantes de otras partes del país demandantes de tierras alrededor de la Gran Reserva Biológica **INDIO- MAÍZ** en la zona de amortiguamiento del Municipio El Castillo, Río San Juan.

Esta situación está relacionada a la estructura socio económica, donde el desempleo y el crecimiento demográfico han provocado que las poblaciones rurales provenientes principalmente de áreas con condiciones muy diferentes a las prevalecientes en la zona de amortiguamiento, ejerzan una presión sobre los recursos naturales en la parte sur este del país amenazando los recursos forestales maderables y no maderables existentes en la zona de amortiguamiento y en la Reserva Biológica. También hay que considerar que las actividades de tala y quema de los bosques realizados de manera continua por los productores para el establecimientos de los cultivos tradicionales como maíz, frijol, y arroz no son las más adecuadas para las condiciones ecológicas del trópico húmedo ya que lo que ha resultado es la degradación de la fertilidad natural de los suelos. De continuar la expansión de la frontera agrícola hacia la Gran Reserva Indio - Maíz ocasionará un creciente deterioro de las cuencas de los ríos Sábalo, Santa Cruz y la microcuenca El Guineal.

Los estudios de suelos que se tienen como referencia fueron realizados en 1975 donde las condiciones eran completamente diferentes a las de ahora existente. Con el avance de la frontera agrícola dentro de la zona de amortiguamiento del municipio el Castillo, se ha dado un uso intensivo del recurso suelo, lo que hace necesario tener una información más específicas de este recurso, ya que muchas cualidades y características han cambiado como resultados del uso que se le dan a los suelo.

En la búsqueda de contribuir en la toma de decisiones en la protección de los recursos naturales, se realiza la actualización de los recursos edáficos y capacidad de uso de la tierra a través del uso de modernas herramientas cartográficas como son los Sistemas de Información Geográficos (SIG) y Sistemas de Posicionamiento Global (GPS).

La aplicación de la tecnología SIG en combinación con los procesos y metodologías científicas de levantamiento de suelos, así como, nuevas técnicas de laboratorios, determina con mayor exactitud los límites de las unidades taxonómicas de suelos y su capacidad de uso. La información generada permitirá a los técnicos e instituciones con presencia en la zona identificar acciones para el manejo a apropiado de los recursos naturales y principalmente del uso del suelo en base a los análisis de sus limitaciones y potencialidades.

## II. OBJETIVOS

### 2.1 Objetivo general.

- Generar un mapa de suelo actualizado escala 1: 50,000 a nivel de sub grupos taxonómicos y determinar la capacidad de uso de las tierras de la zona de amortiguamiento del municipio El Castillo.

### 2.2 Objetivos Específicos.

- Actualizar el levantamiento de suelos de la zona de amortiguamiento en la municipalidad de El Castillo, utilizando las claves para la taxonomía de suelos versión 1994, (Keys to Soil Taxonomy, **USDA** versión (1994) para la clasificación taxonómica.
- Generar un mapa de Capacidad de Uso de la Tierra en base a la actualización del mapa de suelo 1997, modelo de elevación digital del terreno y datos climáticos.
- Contar con una base de datos georeferenciada de perfiles representativos de suelos, observaciones de campo, resultados de laboratorio de las muestras de suelo de la zona de estudio, que puedan utilizarse en Sistemas de Información Geográficos (IDRISI/Arc.Info).



### III. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

#### 3.1. Suelo

Según **Forero, (1988)** el concepto de los suelos dependiendo desde el punto de vista del cual se enfoque su estudio tiene muchas definiciones para el geólogo, ingeniero civil, especialista en fertilidad, agricultor, especialista en levantamientos de suelos, etc ., el suelo es algo diferente.

La escuela Rusa, lanzo uno de los primeros conceptos: “capa superior de la corteza terrestre, usualmente inconsolidada que varia en espesor del material debajo de ella también usualmente en color, estructura, ect..., y procesos químicos, reacción y morfología (**Marbut, 1935; Cline, 1965**) citado por **McCraken et al, (1988)**

**Richesters, (1995)** describe al suelo como un cuerpo tridimensional que ocupa la parte exterior de la corteza terrestre con propiedades del material parental que esta por debajo como resultados de las interacciones entre el clima, organismo viviente (inclusive al hombre), material parental y pendiente durante los períodos determinados.

**Fassbender, (1986)** el suelo pueden definirse como un sistema natural desarrollado a partir de una mezcla de minerales y restos orgánicos bajo la influencia del clima y del medio biológico; se diferencia en horizontes y suministra en parte los nutrientes y el sostén que necesitan las plantas al contener cantidades apropiadas de aire y de agua.

**Patrick, (1987)** considera que el definir el suelo no es una tarea fácil debido a que los diversos investigadores adoptan actitudes diferentes hacia el suelo. Algunos de ellos mantienen el punto de vista extremo de que los suelos son el sustrato para el crecimiento de las plantas, mientras que otros consideran al suelo como un fenómeno natural que amerita estudios académicos, sin consideración respecto a la posible aplicación y uso práctico de los resultados obtenidos. Debido a que resulta imposible conciliar esos puntos de vista tan disímiles, el autor define al suelo como una breve descripción, más bien que una definición: suelo es el continuo de espacio – tiempo que forma parte superior de la corteza terrestre.

**Lyon et al, (1952)** considera al suelo como un cuerpo natural formado a partir de una mezcla variable de minerales desmenuzados y edafizados y de materia orgánica en destrucción, que cubre la tierra en una capa delgada y que cuando contiene cantidades apropiadas de agua y de aire puede ofrecer un soporte mecánico y en parte hasta sustento para las plantas.

**Forero, (1988)** señala que el concepto de suelo ha evolucionado y se ha enriquecido a través del tiempo a partir de nuevas experiencias y conocimientos.

En consideración de los distintos conceptos, se define al suelo como un cuerpo tridimensional que esta sujeto por factores externos que influye en sus propiedades físicas y químicas, confiriéndole ciertas propiedades, para determinado uso y manejo.

### 3.2. Clasificación de suelo

**Castillo. J, 1965 (traducción Manual de levantamiento de suelo USDA)** para comprender la significación de cualquier característica particular del suelo o de cualquier factor genético, deben definirse y compararse el conjunto de características. Estos conjuntos de características constituyen las unidades en la clasificación de suelos.

**Ortiz et al, (1981)** los primeros intentos de clasificación se comienzan al iniciarse en Rusia la moderna ciencia del suelo con Dokuchaev, (1846-1903) se comienza a clasificarse los suelos en base a sus características internas se propone el perfil como la unidad de observación y se establecen los factores formadores de suelos. Estas ideas revolucionan todo el conocimiento que se tenía sobre los suelos.

**Castillo. J, 1965 (traducción Manual de levantamiento de suelo USDA)** señala que es a través de la clasificación, usada como medio, que se puede organizar y recordar nuestros conocimientos, relacionar los suelos entre ellos y el medio ambiente, siendo posible formular los principios que tienen valor como base para hacer pronóstico.

**Forero, (1988)** el enfoque real de la clasificación de suelos, es tratar de clasificar suelos íntegros o agrupaciones completas de los horizontes dentro de cualquier suelo. Estas clasificaciones deben ser de acuerdo a sus propiedades tanto químicas y físicas a sí como los factores externos como el relieve donde estos se desarrollan.

Según **Porta (1994)**, la clasificación de suelos se propone ordenar los conocimientos y tiene claras implicaciones en la transferencia de tecnología, basada en los conocimientos que de forma cada vez más precisa se va obteniendo sobre las cualidades del terreno y los requerimientos de distintos usos. La taxonomía de suelos debe permitir alcanzar la máxima solidez en la identificación y descripción del objeto en este caso el suelo, a sí como cerca del medio que sirve de soporte a distintos usos del terreno , agrícola, forestal , ingeniería civil o de ocio .

**Forero (1988)**, explica que para iniciar una clasificación científica del suelo y llegar a establecer sus clases y representarlas en un mapa es necesario con toda clasificación científica de suelo, partir de un modelo. Con fines de clasificación de suelo, el modelo es el polipedón. El polipedón, como su nombre lo indica esta constituido por un grupo de pedones, o sea que el pedón es la muestra del modelo del polipedón, es un modelo de observación, es la muestra de un modelo más grande y tiene la área más pequeña que se puede describir y muestrear para representar, la naturaleza y arreglo de los horizontes y la variabilidad y otras características y propiedades.

También confirma que se ha creado con fines de levantamiento de suelos, ya que liga la realidad física: cuerpo de suelo en la naturaleza, con los conceptos mentales: clases taxonómicas o taxones.

Los suelos presentan una variabilidad especialmente significativa con cambios laterales graduales. El pedón cuya característica varían dentro de intervalos estrechos de uno a otros, pueden agruparse en una misma unidad. Se trata de isopedones conjunto de pedones contiguos que constituyen un polipedon (**Johnson, 1963**) citado por **Porta, (1994)**.

El Soil Taxonomy traducción **Castillo. J, 1965 (traducción Manual de levantamiento de suelo USDA)** señala que para clasificar suelo se requiere de una prospección de campo por medio de calicata que permita una correcta identificación y una detallada descripción para posterior análisis en laboratorio.

La metodología para clasificación de suelo incluye:

- Identificar el epipedon y los endopedones, si los hay.
- Identificar característica de diagnóstico complementario.
- Realizar análisis de laboratorios que permita cuestionar la hipótesis de campo.
- Establecer régimen de temperatura.
- Establecer régimen de humedad.

**Ortiz et al, (1981)** la séptima aproximación es un sistema completamente nuevo el cual se origina dentro del departamento de agricultura de los estados unidos bajo el liderazgo de G. D. Smith, con la cooperación de un gran números de científicos de suelos de Universidades de los Estados Unidos de América y de otros científicos.

En este sistema se usan seis categorías: Orden, Suborden, Gran Grupo, Subgrupo, Familia y Serie de Suelos. Cada una de las cuales tienen sus propias características diferenciadoras.

**Richters, (1995)** las primeras dos categorías se distingue por tipo y etapa de desarrollo pedogenético. La tercera categoría esta definida por la presencia o ausencia de horizontes diagnósticamente significativos. Las categorías subsiguientes son muy semejantes y solo se distingue en aspectos muy particulares.

Naturaleza de las características diferenciadora de las categorías del Sistema de Clasificación la 7° aproximación

Categorías	Naturaleza de las características diferenciados
Orden	Procesos de formación de suelos, indicados por la presencia o ausencia de horizontes de diagnóstico
Suborden	Homogeneidad Genética. Es una división del orden adecuado de presencia o ausencia de propiedades asociadas con humedad, regimenes de humedad de suelo, material parental y efectos de la investigación.
Gran Grupo	Subdivisiones de los subórdenes de acuerdo de acuerdo la grado de similaridad en el arreglo de los horizontes con énfasis en la parte superficial; o también por regimenes de temperatura y humedad de suelo; y por la presencia o ausencia de características macropedológicas.
Subgrupo	Clases que expresan el concepto central del gran grupo o transición a otro grande grupos, subórdenes o degraciones a “no suelos”.
Familias	Propiedades importantes para el crecimiento de las plantas; clases texturales promedio de todo el perfil, mineralogía dominante y temperatura media anual del suelo a 50 centímetro de profundidad.
Serie	Clases y arreglo de los horizontes morfológicos (A, B, C, R); color, textura, estructura, consistencia y reacción de los horizontes; propiedades químicas y mineralógicas de los horizontes.

**3.3. Levantamiento edafológico**

Ortiz et al, (1981) afirma que el propósito de la interpretación de un levantamiento de suelo es la de proporcionar información en la forma más simplificada posible de cada superficie de suelo, de tal forma que sea de utilidad inmediata.

El propósito de un levantamiento de suelos es eminentemente de utilidad práctica, proveen un apoyo suficientemente exacto para realizar muchos propósitos específicos. Entre los cuales le podemos mencionar los siguientes:

a) La aplicación expedita de la experimentación y los nuevos descubrimientos en el manejo de suelos y cultivos; b) la planeación de la investigación agrícola y la aplicación o divulgación de sus resultados; c) la determinación de la distribución potencial y adaptabilidad de cultivos individuales y prácticas de manejo de suelos; d) el desarrollo de clasificaciones rurales, la zonificación rural, y el manejo público de la propiedad; e) el avalúo de los terrenos para la fijación de impuestos, empréstitos agropecuarios y la compra de granjas; e) la asistencia de compradores de granjas y a nuevos colonos, en la selección más adecuada de las tierras; g) la planeación de trabajos de ingeniería tales como carreteras y aeropuertos o control de inundación, drenaje, irrigación y conservación ; h) la correlación de las condiciones de suelos de un país a otro u otros con condiciones semejantes, de tal forma que puedan transferirse experiencias que aplicar agricultores, ingenieros científicos agrícolas (**Kellog, 1933**) citado por **Ortiz et al, (1981)**

Por levantamiento de suelos se entiende todas aquellas investigaciones necesarias para:

- Determinar las características más importantes de los suelos.
- Clasificar los suelos dentro de un sistema científico.
- Delimitar y presentar en un mapa las clases de suelo.
- Interpretar los suelos desde el punto de vista de su aptitud a los usos dominantes: agrícolas, Pecuarios, Forestales, etc.
- Predecir el comportamiento y su productividad bajo diferentes sistema de manejo (**USDA, 1965; Benavides,1977; Glosary of Geology , 1972; Forero , 1988**) citados por **Barreto , (1996)**

Según **Forero, (1988)** para cumplir con el objetivo del levantamiento es necesario que los datos recopilados sean los que los usuarios necesiten y que exista una buena interpretación de estos datos con fines prácticos y que tantos los datos como la interpretación sea representada en la forma más clara. Estos datos deben de ser interpretados de acuerdo a las características tanto físicas y químicas, de modo que el usuario tenga una visión clara de los resultados del levantamiento de suelo que le sirvan al usuario el estado natural del suelo tanto físico como químico.

Desde el punto de vista de planificar los estudios de suelos deben inicialmente de tipo general para cumplir objetivos como la identificación preliminar de áreas con alto desarrollo potencial o con serio problema para su desarrollo, una vez realizado se procederá a cabo los estudios en una forma organizada (**Elbersen, Benavides y Botero, 1984**) citado por **Forero, (1988)** propone la siguiente clasificación en escala e intensidad.

Orden	Nivel	Escala de Publicación
1	Muy detallado	1:2.000 - 1:5.000
2	Detallado	1:10.000 - 1:25.000
3	Semidetallado	1:25.000 - 1:50.000
4	General	1:50.000 - 1:100.000
5	Exploratorio	1:250.000 - 1:500.000
6	Esquemático	< 1:500.000



### 3.4. Cartografía

**Castillo. J, 1965 (traducción Manual de levantamiento de suelo USDA)** los exámenes de suelos proveen las bases para colocarlos dentro unidades taxonómicas y cartográficas. Cada unidad cartográfica se identifica en el mapa por medio de un símbolo y cada una debe tener un nombre identificador dentro del sistema general de clasificación de suelos. Para entender las relaciones y diferencias entre unidades cartográficas y para correlación de las unidades de suelos con aquellas encontradas en cualquier otro lugar en tal forma que se pueda hacer uso total de conocimiento existente sobre la génesis de suelo y su comportamiento es esencial que la nomenclatura sea adecuada. La denominación de las unidades cartográficas por tanto se hace en términos de las unidades en la clasificación taxonómica.

**Ortiz et al, (1981)** en el estudio de suelos se hace una diferencia entre clasificación y su cartografía. Las unidades cartográficas de suelos se muestran por medio de divisiones en áreas geográficas sobre una, formando el mapa de suelos. Las unidades cartográficas muestra la localización geográfica específica que ocupa un suelo y la ubicación de sus límites con otros suelos. La unidad de clasificación nos indica por medio de un nombre la ocurrencia de los suelos semejantes o muy parecidos en diferentes localidades geográficas.

No existe criterio único en relación a qué unidades cartográficas deban emplearse para cada tipo de levantamiento de suelos, ya que todas las unidades pueden ser usadas en todos los tipos, sí es posible hacer una generalización en cuanto a las unidades cartográficas más frecuente, así como para la escala del mapa de publicación y los materiales cartográficas .

<b>Tipo de levantamiento</b>	<b>Escala del Mapa</b>	<b>Material Cartográfico</b>	<b>Unidades cartográficas</b>
Esquemático (compilaciones y Exploratorio)	1:500,000 a 1:200,000	Mapas topográficos o imágenes de satélites (ERTS-1/MSS)	Asociaciones de ordenes de suelos
Reconocimiento	1:100,000 a 1:500,000	Mapas topográficos	Asociaciones de series hasta asociaciones de grandes grupos
Semidetallado	1:30,000 a 1:100,000	Fotografías aéreas y Mosaicos fotográficos	Asociaciones de series y series de suelos
Detallado	1: 10,000 a 1:30,000	Fotografías aéreas y Mosaicos fotográficos	Series y fases de series
Intensivo	Mayor a 1:10,000	Fotografías aéreas	Series y fases de series y unidades paramétricas de propiedades individuales

### 3.5. Capacidad de uso

Los estudios de suelos tienen diferentes usos según el objetivo del levantamiento de suelos. **Forero, (1988)** considera que la Capacidad de uso es un sin número de interpretaciones de un estudio de suelos para fines agrícolas y si se toman como base los diferentes suelos, las interpretaciones pueden ser más detalladas.

Este sistema caracterizado por la estimación de la capacidad del terreno para su empleo bajo usos agrícolas sin descender a un sistema o prácticas de cultivos específicos, establece clases agroecológicas, agrupa unidades de suelos atendiendo sus características de productividad actuales, sin que se degrade el recurso suelo a medio o largo plazo (**klingspiel & Montgomery, 1961**) citado por **Porta, (1994)**.

**Barreto, (1996)** También señala hasta el momento el sistema más conocido de interpretación de estudios de suelos es el de clasificación por capacidad del uso del USDA (**Klingspiel y Montgomery, 1961**), sin embargo en América Latina algunos países como Nicaragua, han hecho sus respectivas adaptaciones.

**Richesters, (1995)** destaca que la clasificación por capacidad de uso por (**Klingspiel y Montgomery, 1961**) es un agrupamiento de interpretaciones que se hacen principalmente para fines agrícolas. Por otro lado esta clasificación distingue dos grupos de suelos:

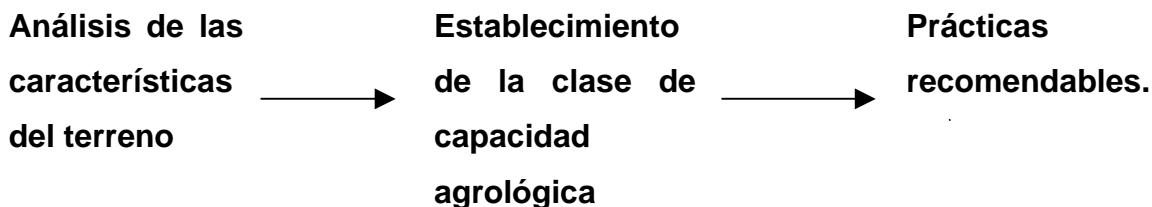
1. Suelos arables los cuales se agrupan de acuerdo con su potencialidad y limitaciones. Para obtener una producción continua de cultivos comunes que no requiere condiciones o tratamientos particulares.
2. Los suelos no arables no son adecuados por una producción continua y de largo tiempo, se agrupan de acuerdo con sus potencialidades y limitaciones. Para la producción de vegetación permanente y de acuerdo con riego de destrucción y daños, si son mal manejados.

Para ubicar los suelos en las diferentes categorías por capacidad es necesario tener información que proviene de las investigaciones, observaciones y experiencias locales. En aquellas áreas donde no se disponga de datos acerca de las repuestas de los suelos a prácticas de manejo, los suelos pueden ser agrupados de acuerdo a la interpretación que se haga de las características y cualidades y de acuerdo a los principios generales sobre uso y manejo desarrollado en los suelos de otros lugares **Castillo. J, 1965 (traducción Manual de levantamiento de suelo USDA).**

Según **Porta et al, (1994)** los mapas edafológicos básicos siempre tienen información para determinar la capacidad agroecológica de un suelo. Los criterios que se toman en consideraciones varía en función de las adaptaciones locales, por lo general son las siguientes:

- Profundidad efectiva.
- Textura del horizonte superficial.
- Conductividad hidráulica.
- Clase de drenaje.
- Capacidad de retención de agua disponible para la planta.
- Pendiente.
- Riesgo de erosión.
- Salinidad.
- Alcalinidad.
- Sustancias tóxicas.
- Período libre de helada.
- Índice climático.

El esquema de la determinación de la capacidad agroecológica es el siguiente.



Según **Ortiz et al, (1991)** la clasificación por capacidad de uso, conocido en México como clasificación de uso potencial del suelo, es un agrupamiento de unidades cartográficas del mapa de suelos con fines principalmente agrícolas. La clasificación de capacidad de uso comprende 3 categorías:

1. La clase.
2. La subclase.
3. Unidad de Manejo.

Según **(Richesters, 1995)** Citado por **Barreto, (1996)** los sistemas de evaluación de tierras aplicados en la región (Honduras, El Salvador, Costa Rica, Perú, Colombia) y algunos de ellos adaptados a condiciones locales, obedecen a criterios basados a condiciones y limitaciones ecológicas de cada país. Los cuales los describe a continuación.

- **Sistema Marín.**

La clasificación con este sistema, esta basado con el sistema de clasificación de capacidad de uso de la tierra, Manual 210 del USDA, con las adaptaciones propuestas para Nicaragua por (Eduardo Marín, 1971).

El sistema contempla 3 categorías:

1. **Clase de capacidad:** Es la categoría más amplia del sistema y designada por medio de números romanos del I al VIII que indica progresivamente mayores limitaciones.
2. **Sub clase de capacidad:** grupos de limitaciones que se presenta en una clase como erosión y escurrimiento, deficiencias de los suelos, exceso de humedad.
3. **Unidad de capacidad (grupo de uso y manejo):** son agrupaciones de fases de suelo con limitaciones comunes dentro de una misma subclase con aptitudes similares de producción y tratamiento de manejo parecidos.

- **Sistema Sheng:**

Se trata de un sistema hacia tratamiento para tierras montañosas marginales. Este sistema señala tratamientos importantes para cada una de las clases de tierras clasificadas como tal. El sistema concuerda con la mayoría de los principios y supuestos usados en la información y evolución del sistema USDA y también del sistema propuesto por **(Bibby y Mackney, 1969)** en Inglaterra. Sheng considera que cualquier tierra puede ser cultivada a mano sin riesgo, también debe clasificarse para tierra aptas para cultivos. En este sistema se distingue ocho clases cuatro para cultivos, una para pastos, una para árboles forrajeros, una para agroforestería y la última para bosques. La distinción se hace con base en la pendiente y la profundidad del suelo.

- **Sistema Michaelsen:**

Es una aplicación del enfoque del sistema Sheng, para la situación de Honduras. El objetivo es de velar por el uso de la tierra en las cuencas hidrográficas, los criterios prácticos para determinar el grado de intensidad del uso de la tierra y de la parcela del terreno permite determinar medidas de conservación de suelos para condiciones de uso. El sistema distingue 6 clases: tres para cultivos, una para arboles frutales, una para pastos y la última para usos forestales con base en las características de pendiente y profundidad del suelo. Este sistema concuerda con la mayoría de los principios y supuesto usados en la formulación del sistema USDA y del propuesto por **(Bibby y Mackney , 1969) .**

- **Sistema tabla Dubón:**

En el Salvador se aplican 2 Sistema de USDA puro y Sistema Tablas, este último es una adaptación del Sistema USDA a circunstancia de El Salvador. El sistema resultante es de orientación conservacionista. Este clasifica las tierras por su capacidad de uso más intensivo con miras a su tratamiento, mediante la aplicación de prácticas y estructuras de conservación que permite la utilización óptima de la tierra sin deteriorar su capacidad productiva. Se distingue dos clasificaciones: una práctica de pendientes menores del 12% y la otra para pendientes mayores de 12%.

- **Sistema Tosi:**

Fue desarrollado en Perú y Colombia por Joseph Tosí. El sistema basado en el principio de que la categoría de uso mayor de la tierra es prioritaria pero no necesariamente exclusiva, así una unidad de terrenos de características homogéneas uniformes puede reunir condiciones ecológicas que la hacen apta para el cultivo en uso. Se distingue cinco categorías generales de uso mayor de la tierra (cultivo en limpio, cultivo permanente, pastoreo, bosque de protección) y cuatro sistemas de manejo tecnológico que se funciona como sub-categorías avanzando-mecanizado, avanzando-artesanal, tradicional y primitivo.

- **Sistema CCT:**

Sistema desarrollado por el Centro Científico Tropical de Costa Rica que busca como evitar el sobre uso de la tierra. Distingue diez clases dentro del contexto de zona de vida.

Cultivos anuales (muy altos rendimientos).

Cultivos anuales (alto rendimientos).

Cultivos anuales (moderado rendimiento).

Cultivos permanentes o semipermanentes.

Pastoreo intensivo.

Pastoreo extensivo.

Producción forestal intensiva.

Producción forestal extensiva.

Protección.



La metodología (**MAG/ MIRENEM, 1991**) citado por **Erckevort. P, (1995)** hace uso del sistema CCT. Este tiene tres niveles en la clasificación: clase, subclase y unidad de manejo. Se distinguen ocho clases representadas por números romanos y cada clase tiene su propio rango de aptitud para las diferentes categorías de uso de la tierra: cultivos anuales, cultivos semipermanentes, cultivos permanentes, pasto, manejo forestal y al final protección del bosque natural o para regeneración natural.

Las subclases se definen por las siguientes limitaciones: s: suelos, e: erosión, d: drenaje y c: clima.

Las unidades de manejo se definen por las limitaciones específicas dentro de las subclases, con números. El factor de mayor limitación determina la clase.

Las capacidades de las clases son las siguientes:

**Clase I:** Tierras aptas para actividades agrícolas, pecuarias y forestales.

**Clase II:** Como I pero se presenta leves limitaciones que reducen la posibilidades de cultivo o necesitan más práctica de manejo y conservación de suelos.

**Clase III:** Como II pero con moderadas limitaciones.

**Clase IV:** Tierras aptas para cultivos (semi) permanentes y manejo forestal

**Clase V:** Tierras aptas para pastoreo y manejo forestal.

**Clase VI:** Tierras aptas para cultivos permanentes y manejo forestal.

**Clase VII:** Tierras aptas para manejo forestal.

**Clase VIII:** Tierras para regeneración y protección del bosque natural

**Forero, (1988)** presenta un sistema de clasificación de capacidad de tierras montañosas de trópicos húmedos desarrolladas y aplicadas en Taiwan y Jamaica en que se toma los siguientes principios del USDA pero tomando las siguientes modificaciones:

1. Es una clasificación para fines agrícolas, no para determinados cultivos.
2. Su clasificación se basa en factores limitantes permanentes.
3. La tierra se clasifica de acuerdo al cultivo más intensivo que pueda practicarse sin riesgo de deterioro.
4. Una clasificación económica no debiera incorporarse con respecto este sistema de clasificación.
5. Cualquier tierra que pueda ser cultivada a mano, sin riesgo de erosión, también deberá clasificarse como tierra apta para cultivo.
6. La clasificación deberá considerar la necesidad de tratamiento y clasificarla la tierra de acuerdo al resultados previsto del tratamiento o mejoramiento.
7. La clasificación debe ser sencilla directa y fácil comprensión.

### **3.6. Suelos del trópico húmedo**

En Nicaragua los estudios en el manejo de suelos húmedos tropicales es todavía incipiente, tomando en consideración de la poca información sobre estos sistemas naturales de manejo complejo, donde se practica una agricultura de bajo insumos externos.

**Wright & Bennema** citado por **Nelson, (1977)** han resumido los aspectos negativos más importantes del aprovechamiento de las tierras tropicales húmedas, no es casual que la mayoría de las tierras aún inexploradas de América Latina estén situadas en los trópicos húmedos, ya que aquí se encuentra los recursos en el que el desconocimiento de la naturaleza y

dinámica de los suelos originan un rápido desastre. Toda la historia de la penetración de estas regiones por el hombre está sembrada de grandes esperanzas seguidas de fracasos.

Al parecer para el manejo de suelos del trópico húmedo es esencialmente importante conocer la fertilidad natural de estos suelos y el clima. Según **Fassbender, (1986)** considera que los factores ecológicos clima y suelos influye sobre la mineralización de la materia orgánica. La relación de ácido/ bases es importante en el medio ecológicos naturales, a veces un exceso de ácido y la falta de minerales y micro elementos pueden limitar la mineralización.

Según **Sánchez et al, (1979)** en la región húmeda amazónicas, aseguran que la baja fertilidad de los suelos ha sido un obstáculo para la introducción de una agricultura convencional. Debido al efecto de las lluvias torrenciales, además de la escasez de nutriente de estos suelos, presenta una marcada fijación de aluminio intercambiable y una fijación de fósforo. Por estas razones la agricultura ha sido especialmente migratoria.

**Castillo, (1993)** señala que los ecosistemas forestales del trópico americano son muy variables. Los suelos infértiles ocupan la mayor superficie. Los Oxisoles y Ultisoles poseen muy bajos niveles de fertilidad, alta acidez, niveles altos de aluminio con alta capacidad de fijación de fósforo, deficiencia de nutrientes como calcio, magnesio, azufre, zinc y otros elementos esenciales para las plantas.

**Hecht, (1982)** documenta las diferentes investigaciones en zonas húmedas tropicales en América Latina , donde afirma que las estrategias de conservación de nutrimento en estos sistemas son muy complejas y estrictas, debido a la misma fragilidad del agroecosistema severamente limitado por la

disponibilidad de nutrientes y los mecanismo de conservación de los mismos. En estudios realizados se ha encontrado suelos ácidos con reservas de nutrimento muy limitadas donde el contenido de fósforo es muy bajo el contenido de potasio medio a muy bajo y en algunos casos altos, el nitrógeno es bajo a medio en la capa superficial de 20 cm disminuyendo bruscamente con la profundidad, lo que indica un contenido de reservas de nutrientes muy limitadas. Este estudio considera que el mecanismo de mantenimiento de fertilidad depende del ciclo de nutrientes, en particular del que se tiene a través de la horajasca.

**Sánchez et al, (1979)** afirma que en estos ambientes húmedos los principales elementos nutritivos se pierden por lixiviación calcio, magnesio, potasio y nitrógeno. Esto se compara en un estudio que llevo en Colombia en un Andept altamente poroso, donde se obtuvieron fuertes perdidas de nitratos, calcio y magnesio.

**Sánchez, (1981)** señala que los rendimientos en los suelos ácidos dependen de las propiedades del suelo, el clima y la vegetación. Principalmente en regímenes údicos de humedad del suelo. Los factores ecológicos, temperatura y precipitación pluvial influyen tanto en la incorporación delos restos vegetales que se incorpora al suelo como la velocidad de su mineralización.

En estas regiones la producción agrícola no llega de ser suficientemente elevada para que justificar la adquisición de fertilizantes, considerando el bajo nivel tecnológico y alto costo de insumos obliga en algunos lugares a reducir la aplicación de insumos **Sánchez et al, (1979)**

Según **Kolmans & Vásquez (1996)**; **Sánchez, (1981)** la materia orgánica en suelos ácidos neutralizan elementos tóxicos como el aluminio. Los diferentes autores consultados han tomado en cuenta que para el manejo de los trópicos húmedos hay que tener en consideración la fertilidad natural del suelo en especial el pH, así como, los elementos tóxicos, para el manejo e la introducción de sistemas productivos que permita la sostenibilidad adecuada del agroecosistema.

**Nelson, (1977)** hace mención dentro de los aspectos positivos del trópico húmedo que se necesita un conocimiento de la naturaleza dinámica del sistema ecológico, las interrelaciones y el equilibrio entre factores tales como suelo, hidrología, vegetación, fauna y clima. Para tener un enfoque con perspectiva a largo plazo del uso y conservación de los recursos naturales. El plantea que es necesario clasificar la tierra por su capacidad y realizar una cuidadosa planificación del uso de la tierra antes de comenzar la habilitación de las tierras. Hasta hora los datos técnicos e históricos son insuficientes para mantenerse una agricultura permanente e indicar sistemas administrativos adecuados.

Los trópicos húmedos de Nicaragua presentan condiciones físicas, químicas y agroecológicas similares, de los trópicos húmedos del continente americano.

Los estudios de base del **PROGRAMA DE DESARROLLO RURAL PARA LA ZONA NUEVA GUINEA** según **Acuña et al, (1990)** la fertilidad de los suelos de la región del trópico húmedo de Nueva Guinea, dependen más del tiempo de desgaste del suelo que del material parental geológico que le dio origen, dado esto las clasificaciones clásicas de suelos y uso potencial tiene solo un valor referencial para estas zonas de trópicos húmedos.

La mayoría de los suelos de esta región son de fertilidad baja. En estos suelos la fertilidad esta restringida a la capa superficial oscura (horizonte A). El horizonte B es bajo en nutriente con alto contenido de hierro y aluminio con una capacidad alta de retener fósforo, como consecuencia, la disponibilidad de este elemento es baja. Encontrándose también suelos de alta fertilidad en pendientes bastante fuertes y suelos menos fértiles y profundos sobre brecha y lava andesítica.

En el levantamiento de suelo, (1975) realizado a nivel de reconocimiento de alta intensidad por citado por catastro en el documento Reconocimiento edafológico de la Región Sureste de Nicaragua, (1978) utilizando para la clasificación de suelo la séptima aproximación (Soil Survey staff 1975), se tomó como unidad taxonómica el subgrupo y como unidad cartográfica la consociación o asociación de subgrupos.

En este estudio se consideró que las precipitaciones oscilan de 2000mm a 4000 mm/anuales distribuidas en un período de nueve a ocho meses; la temperatura oscilan entre 24°C y 26°C.

El estudio clasificó a los suelos según su grado de desarrollo genético de los suelos, a partir del material parental y el grado de intemperización Clasificándolos de la siguiente manera;

En rocas básicas se ha definido 2 grados de desarrollo genético:

### **Grado 1**

Son suelos profundos o moderadamente profundo se encuentra en una etapa intermedia o transicional hacia la última etapa de interperización química. El perfil presenta una secuencia de horizonte A - Bt- C.

Los Subgrupos son: Typic Tropudults y Orthoxic Tropudults.

## **Grado 2**

Suelos más profundos que se encuentran en una etapa de transición hacia una intemperización química. La secuencia de los horizontes A- Bt- C colores pardo rojizo a rojo amarillento.

Los grupos taxonómicos son: Orthoxic Tropudults variante ácida y Dystropeptic Tropudults.

En las condiciones climáticas la alteración de los minerales en el material parental ácido es menos intensa que el material de naturaleza básica. El lavado del perfil es moderado y el complejo coloidal del suelo relativo alto de bases.

Las condiciones climáticas han determinado en materiales parentales básicos el siguiente grado de desarrollo genético:

## **Grado 1**

Suelos profundos. Se encuentran en la etapa de intemperización química. Un epipedon ócrico descansa sobre un horizonte argílico moderadamente grueso. La secuencia de horizontes A- Bt - C siendo los siguientes subgrupos: Typic Tropudults y Typic Tropohumults.

Los suelos desarrollados sobre depósitos aluviales del cuaternario están asociados al relieve y a las condiciones de drenaje deficiente. Están relacionados con posiciones geomorfológicas bajas y planas, siempre con drenaje deficiente.

En las condiciones existentes el grado de desarrollo de la formación de suelos en la zona de Amortiguamiento es la siguiente:

### **Grado 2**

Es de suelo de reciente formación. Un epipedón descansa sobre un estrato fuertemente reducido (Cg) a menos de 25 centímetro de profundidad. El perfil presenta una secuencia de horizonte Ah - Cg o Ag - Cg. El nivel freático se mantiene cerca o en la superficie del suelo durante mayor parte del año. Subgrupo taxonómico es un Typic Tropaquents.

### **Grado 3**

El suelo se haya en una etapa incipiente o intermedio de intemperización química. Un epipedón ócrico sobre un horizonte cámbico (Bw), ambos fuertemente reducido. La secuencia de horizontes es A – Bw - Cg ó A - Bwg - Cg. Subgrupo Typic Tropaquepts.

### **Grado 4**

El suelo se encuentra en transición hacia la última etapa. La secuencia de horizontes es A – Bt- Cg. El nivel freático se mantiene entre 40 y 50 cm de la superficie durante los períodos de intensa pluviosidad.

El estudio de levantamiento de suelo, **(1975)** determina que los suelos se encuentra entre rango de precipitaciones de 2000 a 2500 mm/anuales se encuentra bastante lixiviados y con alto grado de intemperismo, influyendo en el desarrollo de los horizontes.



Dicho estudio presenta limitaciones cartográficamente en asociaciones hasta de tres posibles subgrupos taxonómicos delimitando un mismo orden o de otro en una misma unidad de pendientes o varias Unidades. A continuación se hace referencias de las unidades taxonómicas del mapa de suelos de 1975.

Dystropeptic tropudults, estos suelos se encontraron en pendientes de 2% hasta 8%. Lithic troprothents en rangos de pendientes 15% - 30%; en pendientes de 0% - 2% se encontraron: aquic dystropepts y typic tropaquents; typic tropudalfs en pendientes de 30% - 45. Las asociaciones de suelos que se presenta son: typic tropudults y typic argiudolls en pendientes de 30% -45%. En pendientes de 0% - 2% se ubicaron las siguientes asociaciones de suelos; y typic tropaquepts y typic tropaquents; typic tropaquepts y aquic dystropepts; typic tropudults, ortoxic tropudults y typic tropohumults se encuentran asociados en pendientes de 2% hasta 15%. En pendientes de 0% - 2% la asociación: typic tropaquepts y aquic dystropepts; y vertic tropaquepts y typic tropaquepts.

Según el Plan de Ordenamiento Territorial del municipio El Castillo, **CREDES, (1996)** los suelos se clasificaron en cinco característica diferenciativas :

1. Suelos profundos, drenaje imperfecto, fertilidad baja a alta y desarrollado a partir de sedimentos fluviales aluviales. El Horizonte A arcilloso y delgado (10cms) color pardo oscuro o pardo grisáceo muy oscuro; el horizonte B arcilloso (40 cm de espesor) de color pardo grisáceo o gris claro, débilmente estructurado y el C arcilloso con colores grisáceos, sin estructura masiva. Clasificado como subgrupo de los Vertic Tropaquepts, en el orden de los inceptisoles.

2. Suelos arcillosos, profundos, bien drenados; desarrollados a partir de rocas básicas y sedimentos coluviales, fertilidad media y baja, los materiales de origen son basalto y andesitas. Suelos arcillosos profundos con horizonte A de 18 a 25 cm; horizonte B de 80 cm, bien drenado, desarrollado a partir de rocas básicas, los materiales que han dado origen a estos suelos son basaltos y andesitas.

Son suelos arcillosos con un alto contenido de materia orgánica (4 a 11%), extremadamente ácida, donde la fertilidad natural varía de media a baja.

3. Suelos arcillosos profundos, con una profundidad efectiva hasta donde se desarrollan las raíces, entre 120 cm a 130 cm, bien drenado, fertilidad baja, desarrollado en rocas básicas (basaltos). Son suelos con materia orgánica moderadamente alta, en el horizonte A y fuertemente ácido (PH 4.8 a 4.9).
4. Suelos Francos arcilloso, moderadamente profundos a profundos (con profundidad entre horizonte A y B hasta de 30 cm), bien drenado; fertilidad media, desarrollados de rocas ácidas y básicas (basaltos, andesitas y ignimbritas con piedras en la superficie y perfil). Son suelos con materia orgánica, moderadamente alta (6%), fuertemente ácidos y con profundidad efectiva que varía entre 25 a 75%.

### **3.7. Sistema de información Geográfico.**

Según **(Borroy, 1988)** citado por **Bosque, (1992)** un sistema de información geográfico es un conjunto de herramientas para reunir, introducir, (en el ordenador) almacenar, recuperar, transformar y cartografiar datos computarizados que contiene sobre el mundo real para un conjunto particular de objetivos.

Un sistema de información Geográfico (SIG), en el concepto moderno es un sistema de información diseñado para trabajar con datos referenciados con coordenadas espaciales o geográficas, utilizando medios de computarizados o manuales. En otros términos un SIG es tanto un sistema de base de datos con capacidades específicas para datos espacialmente referidos con datos georeferenciados (**Faustino, 1996**) citado por **Bosque, (1992)**.

**Velásquez, (1994)** un Sistema de Información Geográfico almacena dos tipos de datos que son encontrados en un mapa la definición geográfica de las características de la superficie de la tierra y a los atributos o cualidades que estas características poseen.

**Porta et al, (1994)** afirma que en la actualidad los mapas de suelos pueden presentarse en soporte magnético, tras la digitalización de documentos bases. Adicionalmente, los Sistemas de Información Geográfico permiten una explotación más exhaustiva de la información de suelos y su combinación con otros datos de diversa procedencia (clima, topografía, red vial, límite administrativo, etc.). Pueden derivarse de este modo mapas interpretativos a la demanda de usos concretos.

**Bosque, (1992)** afirma que el primer paso para introducir los datos a un SIG, es su conversión al formato digital. La correcta representación digital de los datos espaciales necesita la resolución de dos cuestiones: la geocodificación de los datos y la descripción de los términos digitales de las características espaciales.

Según **Goodchild, (1984)** consiste en “un procedimiento mediante el cual un objeto geográfico recibe una etiqueta que identifica su posición espacial con respecto a un punto en común.

En segundo lugar, se debe realizar una descripción de la posición geométrica a cada objeto y de las relaciones espaciales (la topología) que mantiene con los restantes datos geográficos existente a la realidad de estudio.

Para llevar a cabo esto es necesario la extracción y simplificación de todos los elementos existentes es decir la creación de un modelo de datos a representar digitalmente. De esta manera existen varios tipos de modelos: el modelo vectorial, el raster, el jerárquico - recursivo, todos ellos válidos para mapas planos formados por puntos, líneas y polígonos para llevar ciertas tareas.

**Velásquez (1994)**, señala que los atributos en raster están definidos por un solo archivo (la representación gráfica de las característica y sus atributos) este se divide en celdas, en el cual se registra atributos de la superficie de la tierra. En ese punto, cada celda se le dá un valor numérico, representando un atributo cualitativo o cuantitativo.

Según **Bosque (1992)**, un modelo digital de terreno “raster” realiza el cálculo de la pendiente en un punto (pixel) de una superficie ondulada en tres dimensiones representada mediante un mapa “raster”, es la obtención del plano tangente a la superficie en ese punto. Este plano se caracteriza por dos elementos: el gradiente, o máxima inclinación respecto al plano horizontal y la orientación, dirección geográfica, de una línea perpendicular a las isolíneas de la altura.

Para esto no se calcula la pendiente entre sólo dos puntos, si no el denominado “mapa de pendientes o gradiente” que es una ampliación del concepto simple de pendiente antes expuestos. Para el cálculo de pendiente se han planteado varias soluciones:

En este caso tanto el formato “vectorial” y el raster juega un papel importante ya que el formato vectorial es para construir las fronteras (coordenadas) esto permite llenar automáticamente las celdillas situadas entre ellas. La manera más habitual de generar un mapa “raster” es partiendo de la información sobre la realidad codificada en formato vectorial, permitiendo leer la información de las coordenadas vectoriales que limitan los objetos puntuales, lineales y poligonales y determinar de esta manera si cada “pixel” se sitúa en algunos de los objetos vectoriales registrado, permitiendo asignar un valor “temático”.

Según **Velásquez, (1994)** los sistemas de cuadrícula tienen un mayor poder analítico que los vectoriales en los análisis de espacio continuos y por lo tanto son ideales para estudios de datos que cambian constantemente en el espacio. Además que tienden a ser muy rápidos en la evaluación de problemas que incluyen combinaciones matemáticas de los datos en cuadrículas.

Este mismo autor considera que los sistemas vectoriales son bastantes eficientes en el almacenamiento de los datos ya que solamente archivan las fronteras de las características, ligadas a la base de dato.

El mapa de capacidad de uso es una sobre posición del mapa de suelo, clima y el modelo de elevación digital de la zona **Bosque, (1992)**.

Se debe tomar en consideración que el Sistema de Información Geográfico (SIG) es un sistema computarizado de adquisición, almacenamiento, análisis y despliegue de datos geográficos y que en la

actualidad existe una variedades de programas que pueden diferir uno de otros, en la forma de representar los datos y la manera de como manejar los datos en lo cual podemos decir que es de gran importancia conocer como trabaja el software y su aplicación en el manejo y planificación de los recursos naturales.

## **IV. MATERIALES Y MÉTODO**

### **4.1. Caracterización general del área**

#### ***4.1.1.- Localización del Municipio.***

El área del municipio de estudio esta localizado en la región Sur Este de Nicaragua en la Zona de Amortiguamiento de la Municipalidad El Castillo, Río San Juan. Esta tiene una extensión de 1,043 kilómetros cuadrados, limita al sur con Costa Rica, al norte con el municipio de Nueva Guinea, al este con el Municipio de San Juan del Norte y Bluefields y al oeste con el Municipio de San Carlos. Geográficamente se encuentra ubicada entre las coordenadas de 10° 55' y los 11° 23' Latitud Norte y los 84° 15' y los 84° 32' Longitud Oeste.

#### ***4.1.2- Clima.***

De acuerdo con la clasificación climática de Koeppen, la zona climática que corresponde al área de estudio es **Tropical Lluviosa**, con período seco corto.

Las zonas de vida según Holdridge, (1987) corresponden a Bosque húmedo Tropical, Bosque húmedo Tropical transición a Subtropical y Bosque muy húmedo Pre Montano Tropical, transición a Basal, informe técnico SI-A-PAZ, (1992)

#### **4.1.3- Hidrología**

Según el plan de ordenamiento territorial del municipio el Castillo, CREDES, (1996) existe diferencias muy significativas en los estudios realizados por diferentes instituciones e investigadores en cuanto a la extensión real de la cuenca de Río San Juan.

Se hace referencia del estudio (FNL, 1980) que la cuenca de Río San Juan tiene una extensión de 29, 824 Km<sup>2</sup> en territorio Nicaragüense y en Costa Rica de 12,389 Km<sup>2</sup>. El informe técnico de SI-A-PAZ, (1991) reportó una superficie aproximada de 3,257 Kms en territorio Nicaragüense. El área de la cuenca se distribuye aproximadamente en 41,700 km<sup>2</sup> que corresponde en un 60% a Nicaragua y un 40% aproximado a Costa Rica.

#### **4.1.4- Sub provincias geomorfología.**

El municipio esta conformado por cuatro unidades geomorfológicas ente las que encontramos: El Macizo de la Guinea, La planicie de San Carlos y Cordillera Chontaleña.

#### **a. El Macizo de la Guinea.**

Esta abarca la mayoría del área de estudio cubriendo una parte alta y baja de la dos principales sub-cuencas. Esta se encuentra en relieves fuertemente ondulados a escarpados con pendientes de 15% a 30%, su estructura geológica pertenece al grupo Matagalpa y Coyol.

#### **b. La planicie San Carlos.**

Esta se encuentra en la parte Este y Oeste de la zona de estudio. Son tierras ligeramente inclinadas con pendientes entre 0% a 5% de pendientes, en la planicie se elevan algunas formas montañosas aisladas llamadas del terciario.

#### **c. Cordillera Chontaleña.**

Son tierras moderadamente escarpada con elevaciones entre los 100 a 300 msnm las pendientes que van de 15% a 75%. Esta se encuentra abarcando la parte Sureste de la zona de estudio.

### **4.1.5- Geología**

La zona de estudio se encuentra conformada en cuatro formaciones geológicas:

- Terciario del grupo Coyol.
- Terciario del grupo Matagalpa.
- Cuaternario Fluvio Coluvial.
- Fluvio coluviales del Atlántico.



**a. Terciario del grupo Coyol.**

En este tipo de formación geológica existe la presencia de suelos sepultados (pero como unidades de suelos no representativas) y rocas altamente meteorizadas, también se encuentra formando capas de rocas fracturadas que favorece la formación de acuíferos colgantes. Esta formada principalmente por ignimbritas y basaltos.

**b. Terciario del grupo Matagalpa.**

Este pertenece al vulcanismo Terciario comprende el Cerro Chiripa y la Cordillera Yolaina se encuentra formado por basalto y ignimbritas.

**c. Cuaternario Fluvio Coluvial.**

Esta se encuentra en la mayor parte de los sedimentos que están ubicados a los largo de los ríos principalmente en las planicies aluviales y en pequeña escala en valles intermontanos.

**d. Fluvio coluviales del Atlántico**

Esta formados de materiales de sedimentos recientes. Se cree que fueron rellenados por sedimentos arrastrados por corrientes de agua y coluvios localizados en río Sábalo.

#### **4.1.6- Aspecto socio económicos.**

##### **Demografía**

Según estudios realizados por el Plan de Ordenamiento Territorial del Municipio de El Castillo (1996), existen diferentes datos sobre la masa poblacional , esta variación de los datos es debido a la movilidad de la población en busca de trabajo, datos de numero de habitantes en el municipio reportado por MINSA, (1996) arrojan unos 15,000, distribuidos en aproximadamente 46 comunidades.

#### **4.1. 7- Educación y Servicios Sociales Básicos**

En el municipio los servicios básicos están referidos principalmente a la educación primaria, que cuenta con alrededor de 20 escuelas ubicadas en las diferentes comunidades así como en la cabecera municipal, la educación secundaria solo existe hasta el Ciclo Básico en Boca de Sábalos.

Los servicios de salud son muy pocos dado la lejanía de las comunidades y la falta de infraestructura adecuada, sin embargo la atención se brinda principalmente en Boca de Sábalos.

Por otra parte el servicio de transporte es principalmente acuático hacia el exterior del municipio y hacia las comunidades del interior del se hace a través de caminos peatonales

#### **4.1.8- Uso Actual y tenencia de la tierra**

El uso actual de la tierra en la zona de amortiguamiento esta dedicado principalmente a la producción de granos básicos (maíz, frijol y en menor escala arroz de secano), pastos (mayoritariamente utilizado para ganadería extensiva), tacotales y bosques intervenido.

La tenencia de la tierra esta constituida principalmente por colonos que trabajan en parcelas con áreas aproximadas de 50 Manzanas en proceso de titulación.

#### **4.2- Materiales**

##### *a. Materiales para la fase de pre campo:*

- Mapa topográficos INETER 1987.
- Mapa de suelo 1975.
- Mapa geológico 1971
- Mapa del municipio (Límites).
- Datos climáticos.

##### *b. Materiales para el levantamiento de datos de campo*

- Formatos para la descripción de perfiles.
- Formatos para las observaciones de suelo.
- Palines.
- Cuchillos.
- Cinta métrica.
- Bolsas plásticas.

- Cartulinas.
- Tablas de campo.
- Lápices.
- Pizetas.
- Películas fotográficas 135 mm
- Claves para la taxonomía de suelo.
- Munsell Soil Color Charts, 1994 REVISED EDITION.
- Guía de descripción de perfiles FAO.

### **Equipo para el levantamiento y procesamiento de la información**

- G.P.S. (Sistema de Posicionamiento Global)
- pH-metros electrónicos de campo.
- Clinómetros.
- Barrenos.
- Cámara fotográfica.
- Laboratorio para análisis de muestras de suelos.
- Computadora PC para SIG.
- Mesa digitalizadora.
- Impresora color

### 4.3- Proceso Metodológico

El presente trabajo se realizó como un levantamiento de suelos escala de reconocimiento de alta intensidad (1:50,000) donde se utilizaron equipos GPS para la georeferenciación de las observaciones de suelos y de los perfiles representativos. El estudio de suelos se llevó a cabo con la ejecución de las siguientes actividades:

Recopilación de Información Básica (pre- campo).

Levantamiento Edafológico (campo).

Procesamiento y Síntesis de la Información (post- campo).

Elaboración de mapas (post - campo).

De acuerdo a la cantidad de área y su accesibilidad, los transectos seleccionados se siguieron utilizando las principales vías de acceso del territorio, el mapa topográfico, la información climática, y la geología para estudiar todas las combinaciones existentes de relieve - clima - geología y así garantizar todo el conocimiento necesario del recurso a caracterizar.

El nivel de detalle del estudio (**Reconocimiento de Alta Intensidad**), es una modificación de las normas del estudio de **reconocimiento** según Soil Survey Staff a escala 1 :50,000. Generalmente los estudios de reconocimiento de suelos se realizan a escala 1 :100,000 (con 0.4 observaciones por Km<sup>2</sup>), sin embargo por la densidad de observaciones de hasta una observación por kilómetro cuadrado, el presente estudio se acerca a un *semi detalle de baja intensidad*, pero para trabajar con mas detalle que el nivel de reconocimiento propiamente dicho, se plantea la metodología como un *reconocimiento de alta intensidad*. Esto permite mayor comodidad para el trabajo de campo de acuerdo a la variación o grados de complejidad en la distribución de los suelos en el

paisaje, estableciendo un rango de **0.4 a 1** observación por Km<sup>2</sup>. En el trabajo de campo se levantaron 500 observaciones y 14 perfiles de suelo para un área de 1,043 Km<sup>2</sup>.

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

**Etapas de Pre - campo:**

- a.- Redacción de Anteproyecto.
- b.- Recopilación de la Información.
- c.- Mapas :
  - Topográfico.
  - Geológico.
- d.- Datos Climáticos
- e.- Digitalización de las curvas a nivel (cada 20 metros) de los mapas topográficos escala 1:50,000.
- f.- Elaboración del **Modelo de Elevación Digital** a partir de las curvas a nivel.
- g.- Elaboración de formatos para las observaciones de campo y los perfiles representativos.

**Etapas de Campo :**

- a. - Reconocimiento del área de estudio.
- b. - Programación de los GPS para el registro digital georeferenciado de las observaciones de campo (barrenadas) y perfiles representativos.
- c. - Definición de los transectos de acuerdo a la accesibilidad del área siguiendo los principales caminos y picadas (veredas) del territorio.
- d. - Levantamiento de Información a través de barrenadas a las cuales se les determinó.

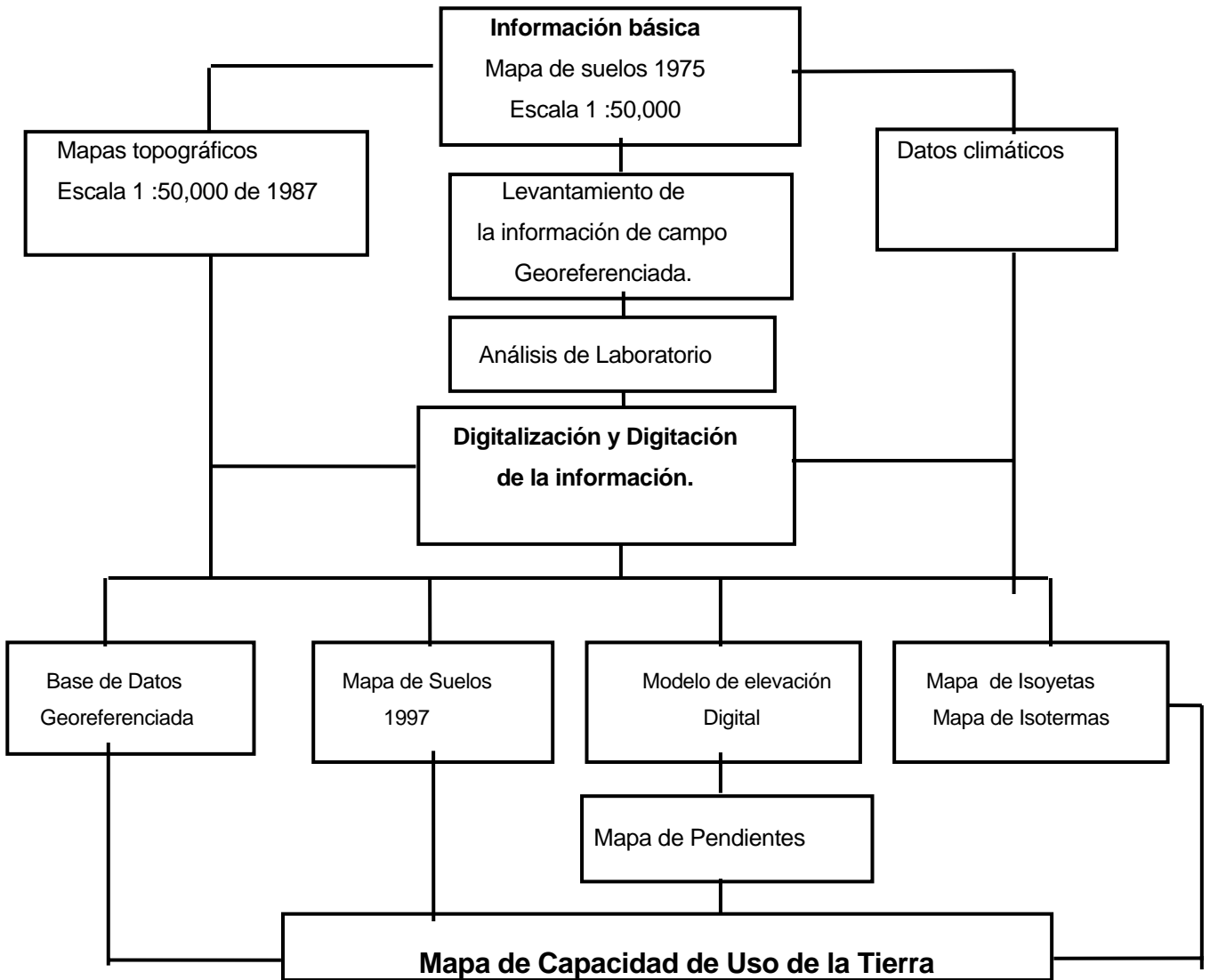
- .- Reacción del suelo
- .- Color del suelo
- .- Textura del suelo.
- .- Pendiente del lugar de la muestra.
- .- Drenaje Natural del suelo.
- .- Geología
- .- Clase de capacidad de uso de la tierra.
- .- Uso actual de la tierra.
- .- Clasificación Taxonómica del Suelo (clasificación tentativa).
- .- Correlación de los perfiles representativos en base de las observaciones de campo.
- .- Descripción de los perfiles representativos de las principales unidades de suelos.
  - .- Recolección de muestras de suelo, para la determinación de las propiedades físicas y químicas del suelo.
  - .- Coordenadas geográficas

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

- a. - Análisis de muestras de suelos en el Laboratorio.
- b. - Corrección de las observaciones de campo con los resultados de los análisis de laboratorio.
- c. - Elaboración del mapa de suelos.
- d. - Clasificación definitiva de los suelos encontrados.
- e. - Elaboración del mapa de pendientes a partir del Modelo de Elevación Digital.
- f. - Digitalización y Rasterización del mapa de suelos
- g. - Elaboración del mapa de capacidad de uso de la tierra.
- h. - Redacción de Informe Técnico.

## Elaboración de Mapas

**Figura 1. Metodología empleada en la Generación de Mapas.**



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



## Mapa Base

En base al Mapa Topográfico se elabora un mapa base a Escala 1:50,000 el cual fue digitalizado en TOSCA y contiene los puntos de referencia más importantes del área como son: poblados, comunidades, ríos, caminos, y límites del área de estudio, sobre el cual se montó la información de Suelos, Pendientes y los derivados de la sobreposición de algunos de estos mapas como es el mapa de Capacidad de Uso.

## Mapa de Pendiente:

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

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

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

Los rangos de pendientes se detallan a continuación:

**Cuadro n° 1. Clasificación de rangos de pendientes**

<b>Símbolo</b>	<b>Rango de Pendiente</b>	<b>Tipo de Paisaje</b>
<b>A</b>	0 - 2%	Plano a casi plano
<b>B</b>	2 - 4%	Suavemente inclinado
<b>C</b>	4 - 8%	Inclinado
<b>D</b>	8 - 15%	Moderadamente escarpado
<b>E</b>	15 - 30%	Escarpado
<b>F</b>	30 - 45%	Muy escarpado
<b>G</b>	> 45%	Extremadamente escarpado

### **Mapa de Suelos**

Se elabora en el Levantamiento de Suelos a nivel de Reconocimiento de Alta Intensidad siguiendo la metodología propuesta por el Soil Survey Staff (1962) a través de observaciones de campo (barrenadas) y descripción de perfiles representativos (observaciones y perfiles georeferenciados), de los cuales se obtienen muestras de suelos de cada horizonte descrito para su posterior análisis en el laboratorio.

Los límites de las unidades de suelos se elaboran de acuerdo con la frecuencia de las observaciones de campo una vez corregida con los análisis de laboratorio. Con estos resultados del laboratorio se elabora la clasificación definitiva de los suelos en las categorías de Orden, Sub orden, Gran grupo y Sub grupos taxonómicos respectivamente según la Keys to Soil Taxonomy (USDA, 1994).

Con las observaciones de campo (barrenadas), la descripción de perfiles y los análisis de laboratorio se crea una base de datos de suelos.

El mapa de las unidades de suelos determinado se digitaliza en TOSCA como arcos (sistema vector) y luego se convierte al sistema raster en IDRISI.

### **Mapa de Capacidad de Uso**

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

- Profundidad del horizonte A.
- Textura superficial y del subsuelo.
- Condiciones de drenaje .
- Motas o manchas, tipo de drenaje.
- Pendiente.
- Presencia de rocas en la superficie y en el perfil.
- Evidencias de erosión.
- .Fertilidad natural.

Para la definición de la fertilidad natural de los suelos se calculó siguiendo la tabla de fertilidad del IGAC, (1985) ; adaptada a suelos tropicales. En esta tabla se consideran las siguientes características :-pH en agua, saturación de Aluminio (%), capacidad de cambio (meq/100), saturación de bases (%), bases totales (meq/100), carbono orgánico (%),

potasio (meq/100), fósforo (ppm). A los diferentes valores de fertilidad se le asigna un puntaje del 1 al 5 (muy baja a muy alta respectivamente).

- profundidad del horizonte A , porcentaje de arcilla.
- Condiciones climáticas.
- Duración del periodo de crecimiento (10 meses).

**Tabla n °1. Fertilidad para suelos tropicales según IGAC, 1985.**

Elementos		Rangos y Puntaje					
.pH (agua)		Rango	<4.5 ;>8.5	4.6-5.2 ;7.9-8.4	5.2-5.6 ;7.4-7.8	5.6-6	6.1-7.4
		Puntaje	1	2	3	4	5
C.I.C meq/100 AcNH4 1N		Rango	< 5	5 - 15	15 - 25	25 - 40	>40
		Puntaje	1	2	3	4	5
B	% de SB	Rango	< 10	10 - 35	36 - 50	51 - 70	>70
A		Puntaje	0.5	1	1.5	2	2.5
S	Suma de bases	Rango	< 4	4 - 8	8.1- 12	8.1- 16	>16
E S		Puntaje	0.5	1	1.5	2	2.5
Carbono orgánico %		Rango	< 0.2	0.2- 0.5	0.5- 1.71	1.71- 2.9	> 3
		Puntaje	1	2	3	4	5

Con toda la información interpretada de los suelos del área, se elabora una matriz expresando las características y las limitaciones de los suelos, el resultado es un valor que en escala ascendente identifica la Clase I a la Clase VIII, basado en la Clasificación de Capacidad de uso la Tierra diseñada por Klingebiel y Montgomery (1961). Es necesario aclarar que esta clasificación esta basada para condiciones de suelos ideales, sin embargo para este estudio se consideró mucho las propiedades de fertilidad natural del suelo, condiciones climáticas del área y la pendiente misma en donde se ubicaron los diferentes suelos, para adecuar la clasificación de capacidad mas acorde a las condiciones tropicales y húmedas.

## V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

### 5.1- Mapa de Clases de pendientes.

Las clases de pendientes encontradas dentro del área de estudio en la Zona de Amortiguamiento del municipio El Castillo () son las siguientes:

**Pendiente A (0% - 2%) :** El relieve donde se presentan estas pendientes es plano o casi plano, que se encuentra en la parte baja y media del municipio. Esta clase de pendientes tienen un área de 208 kilómetros cuadrados ocupando 20% del área de estudio.

**Pendiente B (2% - 4%) :** Son pendientes características de relieve ligeramente ondulados principalmente se ubican en las zonas bajas, no muy comunes en la parte alta del municipio, esta ocupan un área de 81.03 kilómetros cuadrados con 7.77% del área.

**Pendiente C (4% - 8%) :** Este tipo de pendientes es típico de zonas de relieve ondulado y se encuentran distribuidas en las partes medias y altas del municipio, ocupando un área de 249.45 kilómetros cuadrados y para un 24% del área total.

**Pendiente D (8 - 15%) :** Estas pendientes se presentan en las regiones fuertemente ondulado, principalmente en relieve colinado, hasta paisajes moderadamente escarpados, esta clase de pendiente es la que ocupa la mayor cantidad de área con 314.07 kilómetros cuadrados con un 30.10% del área estudiada.

**Pendiente E (15% - 30%) :** Estas pendientes son características de tierras escarpadas, se encuentra esporádicamente en el municipio en las partes altas con un área de 183.06 ocupando 13.04% del área total.

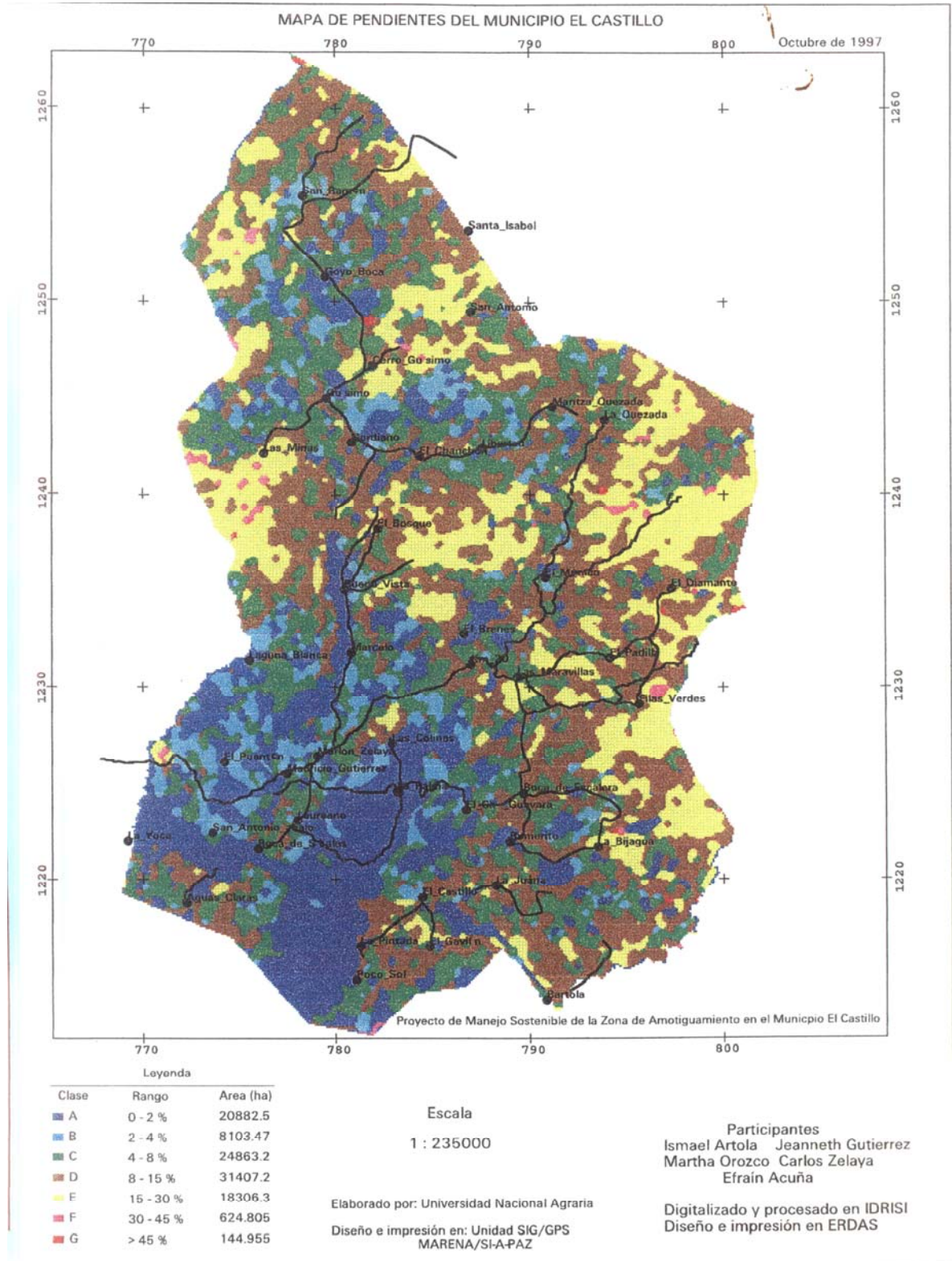
**Pendiente F (30% - 45%):** Este tipo de pendiente corresponde a relieves muy escarpados, en el área de estudio corresponde con sistemas de serranías y estructuras volcánicas antiguas de laderas muy inclinadas, ocupa una pequeña área de 6.24 kilómetros cuadrados con un 0.60 % de área total.

**Pendiente G (>45%):** La clase de pendiente “G” es poco común en el área ya que alcanza apenas un 0.14% del total con 1.44 kilómetros cuadrados, está presente en sistemas de laderas extremadamente escarpadas.

**Cuadro nº 2 . Pendientes de la zona de amortiguamiento de la municipalidad de El Castillo Río San Juan.**

Rango de la pendiente	Área (Km <sup>2</sup> )	% del área total
<b>A (0-2%)</b>	208	19.9
<b>B (2-4%)</b>	81.03	7.76
<b>C (4-8%)</b>	249.45	24
<b>D (8-15%)</b>	314.07	30.10
<b>E (15-30%)</b>	183.06	17.5
<b>F (30-45%)</b>	6.24	0.6
<b>G (&gt;45%)</b>	1.44	0.14
<b>Total</b>	<b>1043.29</b>	<b>100%</b>

**Figura n°2. Mapa de pendiente del Municipio El Castillo**



## **5.2- Suelos**

### **5.2.1.-Factores y Procesos de Formación de Suelos.**

#### ***Factores de Formación.***

Esta comprobado que las características y desarrollo de los suelos son controladas por factores externos que son fuerzas que influye en el desarrollo de los suelos “in situ” en sus propiedades físicas y químicas. Los factores formadores de los suelos que demuestran su influencia en las propiedades de los suelos son: el clima desde la etapa de intemperización química y pedoquímica; el relieve sobre la distribución de las condiciones climáticas y las variaciones en el desarrollo de los suelos, en la vegetación y los procesos de acumulación y descomposición de la materia orgánica, el material parental en las propiedades químicas y mineralógica del mismo.

Estos factores de Formación son fenómenos de la naturaleza que están relacionados entre sí ya que interactúan simultáneamente y secuencialmente influyendo sobre el ecosistema natural existente en la zona.

#### **a) Material Parental**

Los suelos del área están influenciados por los tipos de rocas predominantes principalmente de origen volcánico, así como zonas de acumulaciones de sedimentos recientes muy cercano de los ríos, algunas propiedades de estos reflejan la herencia de las características del material parental que les dio origen.



En el área estudiada del municipio se encontraron las siguientes formaciones geológicas:

**Terciario del grupo Coyol,** Se encuentra capas de rocas fracturadas que favorece la formación de acuíferos colgantes. Esta se encuentra conformada por formas aisladas del terciario formado por ignimbritas y basaltos.  
Mioceno medio – Plioceno  
20 a 13 millones de años.

**Terciario del grupo Matagalpa,** Este pertenece al vulcanismo Terciario comprende el cerro Chiripa y la cordillera Yolaina se encuentra formado por basalto y ignimbritas.  
Oligoceno – Mioceno  
25 millones de años

**Cuaternario Fluvio Coluvial** Esta se encuentra en la mayor parte de los sedimentos que están ubicados a los largo de los ríos principalmente en las planicies aluviales y en pequeña escala en valles intermontanos.  
Holoceno  
10 mil años.

**Fluvio coluviales del Atlántico,** Esta formados de materiales de sedimentos recientes. Se cree que fueron rellenados por sedimentos arrastrados por corrientes de agua y coluvios localizados en río Sábalos y el Guineal.  
Holoceno  
10 mil años.

## **b) Clima.**

Este factor se considera el más importante ya que determina la tasa y tipo de formación de suelos, así como, es el principal agente que tiene que ver con la distribución de la vegetación y los procesos geomorfológicos. Los componentes de mayor importancia para la formación de suelos en la zona de estudio son las altas temperaturas y la precipitación abundante.

La temperatura controla muchos de los procesos edáficos junto con la actividad de los microorganismos, la desintegración del material orgánico, acelera la velocidad de las reacciones químicas, también determina la cantidad de agua que se evapora.

Por su parte, la precipitación determina un sinnúmero de procesos tales como: formación de arcillas, acumulación y descomposición de materia orgánica, intemperización de las rocas y arrastre de los materiales y su depositación en otras zonas.

La zona de amortiguamiento de la municipalidad de El Castillo presenta clima, según la clasificación de KOOPPEN, en zona **Tropical lluvioso**, con periodo seco corto, y una marcada estación lluviosa de aproximadamente nueve meses con precipitaciones de 2300mm a 2800mm anuales y una estación seca corta. Las temperaturas promedio varían según la altitud, pero el promedio general del área es de 24°C y 26°C con una humedad relativa alta de 83% y 86% .

En base de los registros meteorológicos de INETER de al menos 15 años se determinó que el área de estudio está comprendida en una sola zona de vida de acuerdo con la clasificación de Holdridge, **(1987): Bosque Húmedo Tropical (Bh-T)**, la cual fue obtenida por la interpolación en IDRISI de las estaciones y los datos promedio de precipitación, temperatura y el modelo de elevación digital del área.

Este tipo de condiciones climáticas favorecen los procesos de intemperismo químico principalmente, alto lavado de bases que se refleja fielmente en los bajos valores de pH de la mayoría de los suelos,

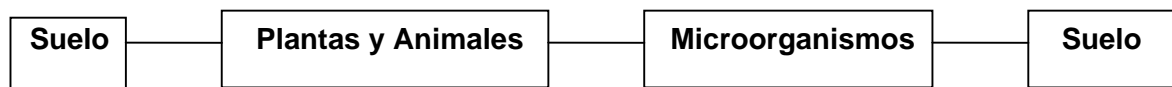
principalmente ácidos, y formación de un horizonte argílico o Kándico como evidencia de la migración de sales y coloides del solum del suelo.

**Cuadro nº 3. Datos climáticos de la zona de influencia del Municipio del Castillo Río San Juan, (INETER, 1969-1995).**

Estación	Localización	Coordenadas	Años de registro	Temperatura media anual °C	Precipitación media anual (mm)
El Castillo	Río San Juan	11°01'00" 84°24'54"	15	25.6	2820.7
San Juan del Norte	Zelaya Sur	10°50'00" 83°42'00"	11	25.1	4,484.7
San Carlos	Río San Juan	11°08'30" 84°45'58"	16	26.3	1,639.5
Los Chiles	Río San Juan	11°14'03"	5	-	2,272

### c) Organismos.

La actividad de los organismos tanto animales como vegetales tiene una marcada influencia por su descomposición y su incorporación con la materia mineral para conformar el suelo. En el curso de la formación de suelos se lleva a cabo un ciclo biológico de los materiales orgánicos que ocurre como actividad vital de las plantas, macro - meso fauna y los microorganismos, esta dinámica se trata de explicar de acuerdo al siguiente esquema:



#### **d) Relieve**

El relieve se considera como la configuración física de la superficie de la tierra, incluye todas las formas que se adquieren como consecuencia de los procesos geomórficos y de la meteorización que actúan sobre los materiales geológicos.

En el área de estudio el relieve influye sobre las propiedades tales como; profundidad del suelo, contenido de materia orgánica, grado de diferenciación de los horizontes y el drenaje.

El relieve de la zona de amortiguamiento es moderadamente ondulado a colinado y la mayor parte de su área esta dominada por pendientes que oscilan de 0 hasta 15%, esto producto de la fuerte meteorización y plenipenización a que ha estado sometido el material geológico, principalmente por las condiciones climáticas, sin embargo existen pequeñas áreas con elevaciones importantes tales como Cerro Guásimo de 318 msnm, Cerro Ventura 353 msnm, Cerro Romerón 485 msnm y el Cerro Las Minas con 343 msnm.

#### **e) Tiempo.**

El suelo se forma muy lentamente y este proceso puede durar miles y hasta millones de años, de manera general podemos afirmar que para que un suelo desarrolle capas u horizontes depende en gran manera de la interacción de los factores material parental, clima, relieve, organismos en el tiempo.

Cuando las condiciones son ideales generalmente una capa de suelo de 1 cm puede formarse en 100 años; podemos afirmar que en el área de estudio existen factores que han acelerado la rápida evolución de los suelos como son el factor clima y la suavidad de los materiales geológicos al intemperismo (rocas volcánicas).

Las rocas que sirven de materiales parentales a los suelos del área puede decirse que los mas viejos corresponden en edad al grupo geológico Matagalpa con 25 millones de años aproximadamente, Coyol superior entre 20 a 13 millones de años, sedimentos del Holoceno.

### ***Procesos formadores de suelos***

El proceso de formación de suelos es un complejo o una secuencia de reacciones físicas y químicas, así como la redistribución simple de materiales coloidales en el solum. Los agentes climáticos (temperatura y humedad), el relieve y organismo viviente (vegetación y animales) que son agentes externos, actúan y transforman los materiales iniciales a través de procesos químicos, físicos y biológicos transformando gradualmente los minerales primarios en suelo, estos procesos producen ganancias y pérdidas de materiales dentro del cuerpo del perfil, lo que le confiere características que los distingue del material inicial que le dio origen, así como también características morfológicas.

Estas características le imprimen a los suelos, cualidades que son interpretadas para la agricultura de gran importancia para el uso y manejo de los recursos edáficos principalmente en la planificación del uso agrícola, pecuario y forestal.

Es importante conocer la génesis de los suelos ya que nos permite predecir el comportamiento de estos ante una diversidad de condiciones de manejo.

En la zona de amortiguamiento de la municipalidad de El Castillo los factores y procesos han dado origen a los siguientes suelos.

- Suelos recientes con muy poco o ningún desarrollo evolutivo, muestran poca diferenciación de horizontes, suelos superficiales en laderas inclinadas o en superficies con afloramientos rocosos, **Orden de suelos ENTISOLES.**

Los entisoles de la zona de estudio son suelos de fertilidad media a alta por lo que son suelos jóvenes donde las condiciones climáticas han influido muy poco a la desintegración del material parental. La vegetación ha contribuido a la ganancia de materia orgánica dado su alto contenido en los horizontes superficiales.

Uno de los procesos que ha modificado a los **entisoles** es la erosión hídrica lo que ha provocado la pérdida de la capa fértil quedando únicamente una porción del horizonte A, o del AC, este proceso ocurre cuando el suelo es utilizado para la agricultura en relieves onduladas o escarpada donde el establecimiento de pasto con falta de manejo a ocasionado la desaparición total de el horizonte A.

De manera general podemos afirmar que los procesos de formación que más influyen en estos suelos son; la transformación del material rocoso, y la ganancia de materia orgánica, seguidos por procesos de erosión intensa.

Los **entisoles** del área de estudio presentan una secuencia de horizontes de acuerdo con el material parental como sigue;

Brecha                    A - AC - R

Gabro                    A - AC - R  
Suelo Joven (orden Entisol)

- Suelos con cierto grado de desarrollo pero que se consideran jóvenes por presentar horizontes genéticos y de diagnóstico incipiente. **Orden de Suelo INCEPTISOL.**

En los suelos **inceptisoles** el desarrollo de los horizontes genéticos apenas esta comenzando, pero se les considera mas desarrollados que los **entisoles**. Comúnmente los inceptisoles tienen un epipedón órchrico, un horizonte cámbico y pueden tener otros horizontes de diagnóstico, pero presentan pocas muestras de eluviación o iluviación (perdida y ganancia de materiales coloidales dentro del perfil del suelo), sin que presenten una alta intemperización (altos contenidos de arcilla), sin embargo pueden presentar altos contenidos de arcilla por desarrollo in situ, principalmente en zonas de acumulación de sedimentos.

En la zona de la municipalidad de El Castillo estos suelos se presentan derivados de los sedimentos fluviales a lo largo de la rivera de los principales ríos que surcan el municipio, estos suelos presentan la horizonación siguiente.

Deposito Fluvial                    A – Bw1 – Bw2 – Bw3 - C  
Suelo joven (Orden Inceptisol)

- Suelos más evolucionados considerados como maduros, donde los factores y procesos han actuado más intensivamente, con una horizonación más definida y la formación de un horizonte argílico (arcilloso generalmente de color rojizo), **Suelos del orden ALFISOL.**

Estos suelos por su grado de evolución presenta horizontes bien definidos, distinguiéndose con mayor precisión la formación del horizonte argílico, que consiste en la pérdida y ganancia de minerales coloidales como arcilla, humus, sales y otros compuestos, como consecuencia de este movimiento el horizonte superficial queda pobre en nutrientes.

El empobrecimiento de nutrientes en los alfisoles se debe principalmente a los factores climáticos principalmente la alta pluviosidad que provoca la lixiviación y la edad de los suelos.

En el área de estudio estos suelos se encuentran principalmente en áreas colinadas y de materiales geológicos básicos e intermedios y presentan una horizonación como se describe a continuación:

Basaltos                      A - Bt1 - Bt2 - C  
Suelos Maduros (Orden Alfisoles)

- Suelos con un alto grado de evolución, donde los factores y procesos de formación han actuado tan intensivamente que los nutrientes han sido removidos casi todos del perfil, originando suelos seniles, **Orden de suelos ULTISOLES.**



Estos suelos se consideran como los mas evolucionados, aquí los procesos de formación de suelos han actuado intensivamente que casi no hay evidencia del material parental que le dio origen al suelo. Se pueden mencionar entre los procesos mas importantes, la lixiviación, que consiste en la remoción de los materiales coloidales de todo el suelo, adquiriendo este características de baja fertilidad natural, pH ácidos, saturación de bases muy baja menores del 35%, acumulación de arcilla de baja actividad coloidal; procesos de plintización que consiste en la eliminación del silicio y la acumulación de hierro inmovilizando en las formas de óxidos de hierro férrico en condiciones oxidantes, con condiciones de acumulación de arcilla y pobre contenidos de humus.

Las características y propiedades de estos suelos, así como su desarrollo evolutivo avanzado, están fuertemente influenciado por las condiciones climáticas del área y por la influencia del relieve, variando en su clasificación taxonómica en los niveles mas bajos. Así podemos encontrar suelos bien drenados de colores rojizos con relieve ondulado y suelos mal drenados con evidencia del proceso de plintización en las zonas planas.

En el área de estudio éstos suelos presentan una secuencia de horizontes en correspondencia con su material parental como se describe a continuación :

Brecha                    A - Btv1 - Btv2 - Cg - R

Basalto                    A - Bt1 - Bt2 - C - R  
Suelos seniles (Orden Ultisol)

### **5.2.2.- Clasificación Taxonómica de los Suelos**

Los suelos de la zona de amortiguamiento del municipio de El Castillo Río San Juan fueron clasificados a nivel de orden y sub orden, gran grupo y sub grupo basado a la Clave Taxonómica de suelos de 1994.

En el presente estudio los suelos encontrados varían desde jóvenes hasta suelos muy evolucionados como son los **entisoles** y **ultisoles** respectivamente.

#### **Entisoles.**

Los entisoles son suelos de reciente formación (jóvenes) y no presentan una secuencia de horizontes bien diferenciada, ya que los procesos de formación no han actuado en mayor cuantía o por que los materiales del cual se esta desarrollando el suelo son recientes y en algunos casos por estar ubicados en áreas de pendientes bien pronunciadas en donde el procesos de erosión juega un papel muy importante en el desarrollo de suelo mismo. Los entisoles presentan poco espesor (suelos superficiales) ya que han estado sometidos al constante rejuvenecimiento. En pendientes pronunciadas presentan afloramientos rocosos y características muy parecidas al material que les dio origen, con frecuencia su secuencia de horizontes es A - AC - R.

En nuestro caso encontramos a la mayoría de ellos sobre pendientes mayores de 15% bajo tacotales o bosque alto claro en las principales elevaciones del municipio como Cerro Las Minas, Cerro Guásimo, Cerro Ventura, así como áreas de colinas cerca de la comunidad Marlón Zelaya. Estos suelos ocupan un área de 125.93 kilómetros cuadrados el cual representa el 12.64% del área.

Algunos de estos suelos se encuentran en estado avanzado de erosión por falta de manejo adecuado. La mayoría de las áreas por su buena fertilidad son utilizados para cultivos como frijol, maíz y pasto.

Para este orden de suelo se definió el siguiente **Sub orden**.

**Sub Orden:**

**Orthents** suelos que presentan condiciones típicas de entisoles con pendiente mayores de 30%.

**Gran Grupo:**

**Udorthens:** Son suelos con régimen de humedad údico, que significa que permanecen húmedos por mas 90 días acumulativos durante 6 de cada 10 años.

**Sub Grupo**

**Lithic Udorthens:** Son suelos en los cuales la roca se encuentra a menos de 50 centímetros de la superficie.

**Caracterización de los Entisoles.**

Los **Lithic Udorthents** (perfil # 5, ubicado en el cerro Guásimo), se caracterizan por su poca profundidad de 31 cms, presencia de roca dura muy cerca de la superficie, buen drenaje, presenta una secuencia de horizontes A-AC-R Todo el perfil de suelo tiene contenido muy alto de materia orgánica, de pH medianamente ácido, de saturación de bases alta, de textura franco arcillosa.

## **Inceptisoles.**

Los **inceptisoles** son suelos relativamente jóvenes en donde los procesos de formación no han actuado con mucha intensidad dado que no presentan una horizonación bien definida y no muestran evidencia de acumulación de arcilla por proceso de iluviación, pero pueden ser capas arcillosas por desarrollo 'in situ' de ésta, la horizonación no bien definida puede ser debido a que el material que les esta dando origen es joven o por que este material sea producto de acumulaciones recientes ya sea por corrientes de ríos o por depósitos de erosión ya sea hídrica o eólica. Poseen una diferenciación de horizontes apenas incipientes pero de mayor desarrollo que los entisoles. Presentan un epipedón óchrico y un horizonte cámbico como principales característica de diagnóstico. Estos suelos en el área de estudio son arcillosos (no por acumulación por procesos de iluviación), dado que se han desarrollado a partir de sedimentos fluviales, (depósitos de río) con poco desarrollo de estructura y se ubican en pendientes con rangos de 0 - 2%.

Esto suelos a pesar de estar en áreas planas presentan buen drenaje y están siendo cultivados principalmente con maíz y frijoles. Se encuentran ubicados en las márgenes de los ríos Sábalos, Santa Cruz y Río Bartola en paisaje de terrazas fluviales ocupando un área de 84 kilómetros cuadrados que significa un 8% del área total.

Para este orden se encontraron los siguientes **sub Ordenes.**

### **Sub orden:**

**Ochrepts** : por que estos suelos presentan un epipedón ochrico.

**Gran Grupo:**

**Eutrochrepts :** Por que este suelo presenta una saturación de bases (por  $\text{NH}_4\text{OAc}$ ) de 60% o mas en uno o mas de los horizontes.

**Sub Grupo:**

**Fluventic Eutrochrepts:** Por que son suelos que presentan un decrecimiento irregular de materia orgánica hacia la profundidad desde los 25 cm hasta 125 cm y estar ubicados en pendientes menores de 25%.

**Sub orden:**

**Ochrepts :** por que estos suelos presentan un epipedón ochrico.

**Gran Grupo:**

**Dystrochrepts :** estos suelos se les considera enfermos ya que presentan baja saturación de bases de menos de 35%.

## **Sub Grupo:**

**Ruptic Ultic Dystrochrepts:** son suelos que tienen un horizonte argílico de poco espesor en menos de la mitad de cada horizonte.

## **Caracterización de los Inceptisoles.**

En el área de estudio se trata de acumulaciones de sedimentos de los principales ríos de la región y suelos de reciente formación ya que no muestran un horizonte argílico bien desarrollado si no de poco espesor en áreas de suelos poco profundos.

**Fluventic Eutrochrepts** (perfil # 6, ubicado en el caserío de El Guineal), son suelos profundos y bien drenados, el horizonte A de 14 cms de espesor, textura franco limoso, con un contenido de materia orgánica alto, alto contenido de bases y pH neutro. En los horizontes cámbicos de mas de 95 cms de espesor presentan textura arcilloso limoso, con bajo contenido de materia orgánica que incrementa en la última capa, pH neutro y alta saturación de bases.

**Ruptic Ultic Dystrochrepts** (perfil # 8, ubicado entre las comunidades de Boca Escalera y Che Guevara), son suelos moderadamente profundos y bien drenado. El horizonte A es de 16 cms de espesor, es de textura arcillo limosa, de pH fuertemente ácido, alto contenido de materia orgánica, y bajo contenido de bases. El horizonte de transición AB es de textura arcillosa, con pH extremadamente ácido, contenido de materia orgánica media y bajo contenido de bases. El horizonte cámbico presenta textura arcilloso, pH extremadamente ácido, bajo contenido de materia orgánica y bajo contenido de bases.

**Ruptic Ultic Dystrochrepts** (perfil # 12, ubicado en la comunidad Laureano Mairena) son suelos pocos profundos de 53 cms, con mal drenaje. El horizonte superficial A de 20 cms de espesor de textura arcillosa, con pH medianamente ácido, alto contenido de materia orgánica y con saturación de bases media. El horizonte cámbico (Bw) y el horizonte gleyzado tiene pH fuertemente ácido, bajo contenido de materia orgánica y bajo contenido de bases.

## **Alfisoles**

Los **alfisoles** son suelos bien desarrollados (maduros) con fertilidad moderada de media a alta, con saturación de bases mayor de 35% pero menor de 50%, tienen un epipedón óchrico y un horizonte argílico, el proceso principal en estos suelos es la lixiviación o sea la pérdida de bases casi con la misma rapidez con que el suelo las está liberando. Estos suelos han desarrollado características distintas al material parental que les dio origen, producto de su desarrollo y los procesos que han actuado en su formación, presentan horizontes A - Bt1 - Bt2 - C.

Los alfisoles de esta zona de estudio están ubicados en pendientes que oscilan desde 8 hasta 30%, tienen buen drenaje y son profundos, la mayoría de estas áreas se cultivan con maíz, frijoles y pastos sin ningún manejo de conservación.

El área que cubren estos suelos es de 51.46 kilómetros cuadrados ocupando un porcentaje de 4.95%. Los alfisoles encontrados se clasificaron de la siguiente manera:

### **Sub Orden:**

**Udalfs** : por ser suelos con régimen de humedad údico, lo que significa que permanecen húmedos (con agua disponible para las plantas en los periodos críticos de desarrollo vegetativo) la mayor parte del año.

### **Gran Grupo:**

**Kandiudalfs** : son suelos que no tienen ningún tipo de impedimento en profundidad, tienen una Capacidad de intercambio de cationes de 16 cmol (+)/kg de arcilla o menos extractable en acetato de Amonio y una Capacidad de intercambio de cationes efectiva de 12 cmol(+)/Kg de arcilla o menos (suma de bases mas el Al extractable) en 50% o mas del horizonte kándico si es menor de 100 cm de profundidad.

### **Sub Grupo:**

**Rhodic Kandiudalfs**: Estos suelos tienen un horizonte argílico (arcilloso) rojo, con un Hue de 2.5YR o más **rojizo** y tiene un value, en húmedo de 3 o menos y tiene un value en seco, que no es mayor en una unidad en value en húmedo.



## **Caracterización de los Alfisoles.**

Las características del **Alfisol** encontrado en la zona de estudio se describe a continuación.

Los **Rhodic Kandiudalfs** (perfil # 1), son suelos bien drenados y de estructura moderada, el horizonte A es color oscuro, de 21 cms de espesor, de textura Franco arcillosa con 37% de arcilla. Tiene un pH medianamente ácido, alto contenido de materia orgánica, alto porcentaje de saturación de bases (PSB), capacidad de intercambio de cationes (CIC) media, bajo contenido de aluminio.

En la profundidad este suelo presenta un incremento regular de arcilla que define claramente el horizonte argílico, con bajo contenido de materia orgánica, contenido medio de bases (PSB), pH medianamente ácido a fuertemente ácido en la profundidad.

## **Ultisoles.**

Los **ultisoles** son suelos muy desarrollados considerados como seniles, en ellos han actuado los procesos de intemperización con tanta intensidad que el suelo no muestra ninguna característica del material parental que le dio origen. Por su alto grado de desarrollo presentan una secuencia de horizontes A - Bt1 - Bt2 - Bt3 - C. Estos suelos se presentan en diferentes clases de pendientes desde 0 a 2% hasta pendientes de 45%, se encuentran en zonas planas con problemas de drenaje, hasta suelos bien drenados a medida que aumenta la pendiente en paisajes colinados.

Generalmente se ubican zonas de climas con precipitaciones altas y temperaturas de moderadas a altas, lo que facilita el fuerte lavado de bases (lixiviación), pH ácidos y sus condiciones de drenaje varían según la posición en el paisaje que se ubiquen. Los procesos mas significativos son la lixiviación la cual provoca la perdida de bases de todo el perfil lo que hace que estos suelos tengan una fertilidad natural baja, la acumulación de arcilla y la formación del horizonte argílico o kándico generalmente de color rojizo o rojizo amarillento.

Los ultisoles ocupan un área de 778 kilómetros cuadrados del total del municipio para un 75%, siendo estos los que ocupan mayor área. En la clasificación de los ultisoles se encontraron los siguientes sub órdenes,

**Sub orden:**

**Udults** : por que son suelos que tienen régimen de humedad údico, lo que significa que permanecen húmedos por mas de 90 días acumulativos durante el año y hay suficiente humedad disponible en los períodos críticos de crecimiento de los cultivos.

**Gran Grupo:**

**Kandiudults** : son suelos profundos, tienen una Capacidad de intercambio de cationes de 16 cmol (+)/kg de arcilla o menos extractable en acetato de Amonio y una Capacidad de Intercambio de Cationes efectiva de 12 cmol(+)/Kg de arcilla o menos (suma de bases mas el Al extractable) en 50% o mas del horizonte kándico si es menor de 100 cm de profundidad. Para

este gran grupo se encontró varios sub grupos que a continuación se describen,

**Sub Grupos:**

**Rhodic Kandiudults:** son suelos que tienen, a través de su horizonte argílico o kándico, un color (hue) de 2.5 YR o mas rojizo.

**Typic Kandiudults:** estos no tienen una característica relevante que los distinga sino que poseen las características que tipifican al gran grupo.

**Plinthaquic Kandiudults:** este sub grupo se distingue por que posee características del proceso de plintización presente en los horizontes en mas de 5% en volumen, y presentar condiciones de oxido reducción y condiciones ácuicas por algún período en el año.

También se encontró otro gran grupo de **Ultisoles** que se describe a continuación:

**Gran Grupo:**

**Hapludults :** suelos que no tienen una característica relevante para estar en otro gran grupo, sino que cumple con los requisitos mínimos para este gran grupo por espesor.

### **Sub Grupo:**

**Humic Hapludults:** esto suelos tienen un horizonte A de mas de 15 cm de espesor de color oscuro debido a los altos contenidos de materia orgánica acumulada en forma de humus.

### **Caracterización de los Ultisoles.**

Los suelos que a continuación se describen, presentan muchas de las condiciones generales de los ultisoles, lo cual se corresponde con las condiciones físico naturales del área de estudio:

**Rhodic Kandiudults** (perfil # 2, localidad de Filas Verdes), es un suelo profundo con un buen drenaje. El horizonte superficial A de 8 cm de espesor, con pH muy fuertemente ácido, tiene un alto contenido de materia orgánica y saturación de bases moderada, sin embargo en el horizonte argílico con mas de 40 cm de profundidad este tiene, bajo contenido de materia orgánica, baja saturación de bases y con pH extremadamente ácido.

**Rhodic Kandiudults** (perfil # 3, localidad de San Antonio), son suelos moderadamente profundos y bien drenados, el horizonte superficial A de 10 cms de espesor con textura arcillosa, alto contenido de materia orgánica y contenido medio de bases a excepción del subsuelo que presenta contenido de materia orgánica bajo, igual que la saturación de bases, y pH muy fuertemente ácido.

**Rodhic Kandiudults** (perfil # 4, localidad de San Antonio), son suelos moderadamente profundos y bien drenados, el horizonte superficial A es de 13 cms de espesor, textura Franco arcillosa , pH neutro, con un alto contenido de materia orgánica y una saturación de bases media. El horizonte argílico tiene mas de 90 cms de espesor, es fuertemente ácido con un contenido de saturación de bases media y materia orgánica media a baja en la ultima capa.

**Rodhic Kandiudults** (perfil # 10, localidad ubicada en el Km 20), son suelos moderadamente profundos, bien drenados, el horizonte A de espesor de 27 cm, de textura franco arcillosa, alto contenido de materia orgánica y contenido medio de bases a excepción del horizonte argílico de mas de 122 cms de profundidad con pH que varia desde muy fuertemente ácido a medianamente ácido, presenta bajo contenidos de materia orgánica y saturación se bases.

**Humic Hapludults** (perfil # 7, ubicado entre los poblados de Boca escalera y Las Maravillas), son suelos poco profundos de 50 cms de espesor, bien drenados, presenta un horizonte superficial A con espesor de 15 cm, oscuro, textura francosa, alto contenido de materia orgánica, pH muy fuertemente ácido y baja saturación de bases. Los horizontes subyacentes AB y el B argílico son de pH muy fuertemente ácido, bajo contenido de materia orgánica y baja saturación de bases.

**Plinthaquic Kandiudults** (perfil # 9, ubicado e la comunidad de Las Limas) suelos pocos profundos con drenaje imperfecto. EL horizonte superficial A de 15 cms de espesor, es de textura Franco arcillosa, pH medianamente ácido, alto contenido de materia orgánica, con saturación de bases media. Los horizontes con plintita de textura arcillosa, con pH fuertemente ácido, bajo contenido de materia orgánica y bases, estos horizontes tienden a endurecerse con el humedecimiento y secado del suelo por cambio climático prevaleciente.

**Plinthaquic Kandiodults** (perfil # 11, ubicado en la comunidad La Palma área de siembra), suelos poco profundo con mal drenaje. El horizonte superficial A de -26 cms de espesor, de textura Franco arcillosa, alto contenido de materia orgánica y saturación de bases medio. Tiene un horizonte plintizado de 100 cm de espesor, con un pH muy fuertemente ácido, bajo contenido de materia orgánica y bases intercambiables.

Los **Typic Kandiodults** (perfil # 13 y 14, ubicado en las vecindades de Guásimo 5 Kms camino hacia San Ramón), estos son suelos que presentan un horizonte A de color oscuro, alto contenido de materia de orgánica, pH moderadamente ácido, con alto contenido de bases, y textura Franco arcillosa. En la profundidad estos suelos presentan textura arcillosa, pH de moderadamente ácido a fuertemente ácido y moderadamente ácido.

**Cuadro n° 4. Clasificación Taxonómica de los Suelos del municipio de El Castillo**

Orden	Sub Orden	Gran Grupo	Sub Grupo
<b>Entisol</b>	Orhents	Udorthents	Lithic Udorthents (perfil # 5)
<b>Inceptisol</b>	Ocrhepts	Eutrocrhepts	Fluventic Eutrocrhepts (perfil #6)
	Ocrhepts	Dystrocrhepts	Ruptic-Ultic Dystrocrhepts (perfil # 8 y 12)
<b>Alfisol</b>	Udalfs	Kandiudalfs	Rhodic Kandiodalfs (perfil # 1)
<b>Ultisol</b>	Udults	Kandiudults	Rhodic Kandiodults (perfil # 2 , 3, 4, 10)
		Hapludults	Humic Hapludults (perfil # 7)
		Kandiudults	Typic Kandiodults (perfil # 13 y 14)
		Kandiudults	Plinthaquic Kandiodults (peril # 9 y 11)

**Tabla # 2. Características principales de los suelos del municipio de El Castillo**

Sub Grupo	Características generales							
	Prof (cm)	Color	Textura	.pH	M.O	Fertilidad Natural	Drenaje	Rango de Pendiente
Lithic Udorthents (perfil # 5)	0 a 31	10YR 3/2- 2.5Y 5/3	Franco Arcilloso	6.0	Alta	Alta	Bien drenado	4 - 45 %
Fluventic Eutrochrepts (perfil # 6)	0 - + 95	10YR 4/2 - 10YR 4/3	Franco Limoso a Arcillo Limoso	6.7	Alta a baja	Alta	Bien drenado	0 - 15%
Ruptic-Ultic Dystrochrepts (perfil 8)	0 - 70	10YR 5/4 - 7.5YR 5/8	Arcillo Limoso a Arcilloso	4.5	Alta a baja	Baja	Bien drenado	4 - 30%
Ruptic-Ultic Dystrochrepts (perfil #12)	0 - 53	10YR 4/2- 5YR 5/6	Arcilloso	5.7 a 5.3	Alta a baja	Baja	Pobremente drenado	0 a 30%
Rhodic Kandiodulfs (perfil # 1)	0 - + 76	2.5YR 2.5/3 - 10YR 4/8	Franco Arcilloso a Arcilloso	5.5	Alta a baja	Alta a media	Bien drenado	4 - 30%
Rhodic Kandiodulfs (perfil # 2)	0 - 120	5YR 3/4- 2.5YR 4/3	Arcilloso	4.5	Alta a baja	Baja	Bien drenado	0 - 30%
Rhodic Kandiodulfs (perfil # 3)	0 - + 79	5YR 3/4 - 2.5YR 4/6	Arcilloso	5.5	Alta a baja	Baja	Bien drenado	0 a 30%
Rhodic Kandiodulfs (perfil # 4)	0- + 90	2.5YR 4/6- 2.5YR 4/3	Franco Arcilloso a Arcilloso	7.2 a 5.5	Alta a baja	Alta a media	Bien drenado	0 - 30%
Rhodic Kandiodulfs (perfil # 10)	0 - 122	5YR 3/4 - 5YR 4/6	Franco Arcilloso a Arcilloso	5.0	Alta a baja	Baja	Bien drenado	4 - 30%
Humic Hapludulfs (perfil # 7)	0 - + 50	5YR 3/2 - 5YR 3/3	Franco a Arcilloso	5.0	Alta a baja	Baja	Bien drenado	0 -30%
Typic Kandiodulfs (perfil # 13 y 14)	0 - + 90		Franco Arcilloso a Arcilloso	5.9	Alta a media	Media a baja	Bien drenado	4 - 30%
Plinthaquic Kandiodulfs (perfil # 9)	0 - + 48	10YR 4/4 - 5YR 5/8	Franco Arcilloso a Arcilloso	5.6 a 5.3	Alta a media	Media a baja	Pobremente drenado	0- 15%
Plinthaquic Kandiodulfs (perfil # 11)		10YR 3/3 - 2.5YR 4/6	Franco Arcilloso a Arcilloso	5.0	Alta a baja	Baja	Pobremente drenado	0 - 8%

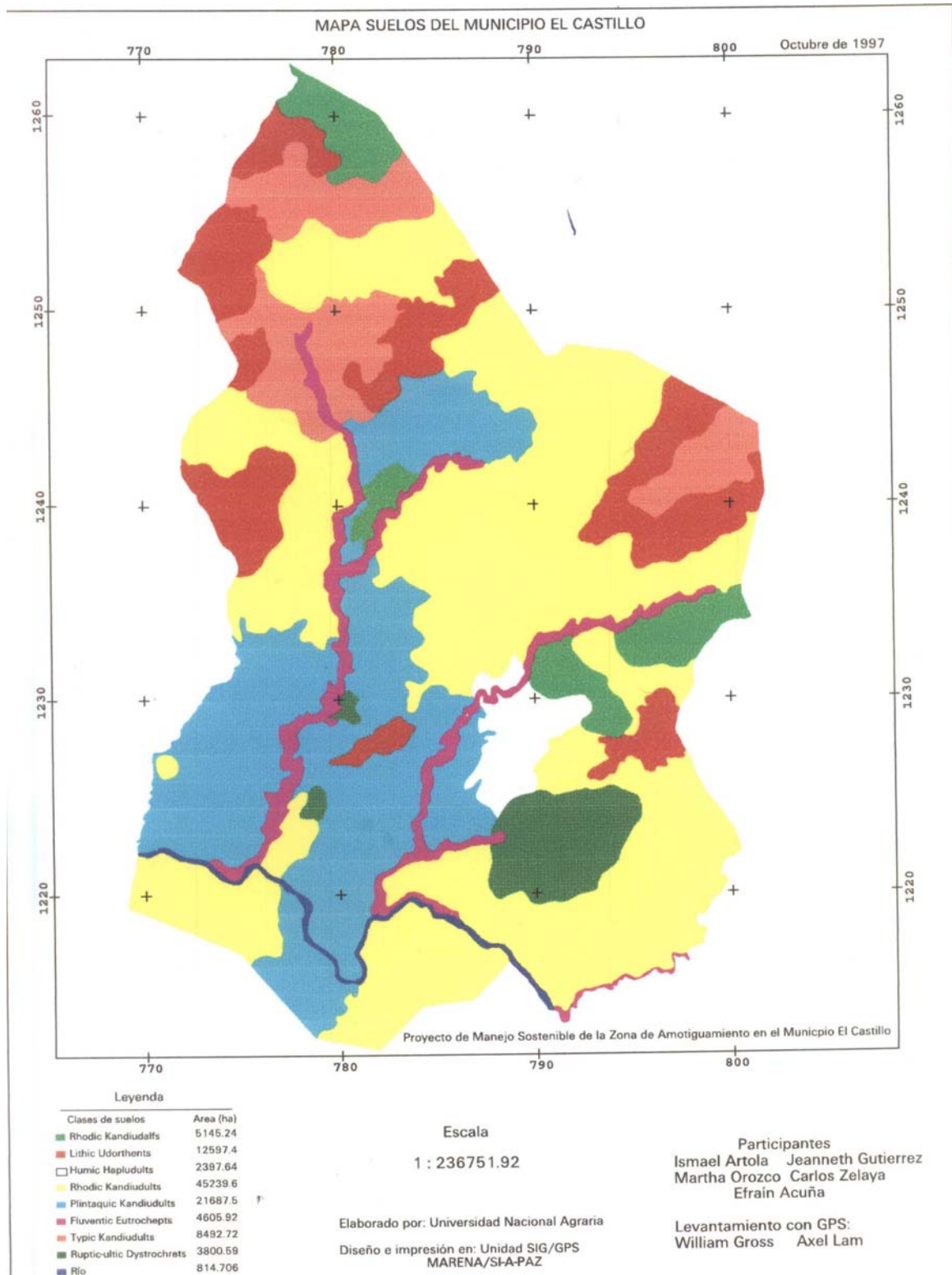
**Tabla # 3. Interpretación de la propiedades y características de los suelos del municipio de El Castillo**

Sub grupos de Suelos	Clase de Capacidad	Cualidades	Limitaciones
Lithic Udorthents	<b>VIII.</b> Protección de la vida silvestre.	Alta fertilidad natural pH moderadamente ácido Bien drenado	Suelos superficiales de menos de 50 cm. Presenta alto riesgo de erosión a medida que aumenta la pendiente a partir del 15%. Condiciones desfavorables por la alta pluviosidad.
Fluventic Eutrocchepts	<b>IV</b> Cultivos anuales. Pastos. Bosque con manejo forestal. Protección de la vida silvestre.	Fertilidad natural alta Ubicados mayormente en pendientes menores de 15% pH neutro. Bien drenado.	Condiciones desfavorables por la alta pluviosidad.
Ruptic –Ultic Dystrocchepts.	<b>VI y VII.</b> Cultivos perennes. Bosque con manejo forestal. Protección de la vida Silvestre.	Bien drenado	Fertilidad natural baja. Riesgo de erosión en pendientes mayores de 8%. Condiciones desfavorables por la alta pluviosidad. pH fuertemente ácido
Ruptic –Ultic Dystrocchepts	<b>VI y VII.</b> Cultivos perennes. Bosque con manejo forestal. Protección de la vida Silvestre.		Fertilidad natural baja. Riesgo de erosión en pendientes mayores de 8%. Condiciones desfavorables por la alta pluviosidad. Mal drenado pH fuertemente ácido
Rhodic Kandiudalfs	<b>IV y VI.</b> Cultivos anuales con prácticas de conservación de suelos. Cultivos perennes Pastos. Bosque con manejo forestal . Protección de la vida silvestre.	Fertilidad media. Bien drenado. Alto contenido de materia orgánica. Profundos.	Ubicados mayormente en pendientes de 8 a a 30%. Riesgo de erosión aumenta según la pendiente. Condición climática desfavorable por la alta pluviosidad.
Rhodic Kandiudults	<b>VI y VII</b> Cultivos perennes. Bosque con manejo forestal. Protección de la vida silvestre).	Suelos profundos. Bien drenados	Distribuidos mayormente en pendiente de 4 a 30%. Riesgo de erosión que aumenta con la pendiente. Pérdida de nutrientes por lixiviación. pH extremadamente ácido. Suelos de baja fertilidad natural. Condiciones desfavorables por la alta pluviosidad.
Rhodic Kandiudults	<b>VI y VII</b> Cultivos perennes. Bosque con manejo forestal. Protección de la vida silvestre	Suelos profundos. Bien drenados.	Distribuidos mayormente en pendiente de 4 a 30%. Riesgo de erosión que aumenta con la pendiente. Riesgo de perdida de nutrientes por lixiviación. pH muy fuertemente ácido. Suelos de baja fertilidad Condiciones desfavorables por la alta pluviosidad.



<b>Sub grupos de Suelos</b>	<b>Clase de Capacidad</b>	<b>Cualidades</b>	<b>Limitaciones</b>
Rhodic Kandiudults	<b>VI y VII</b> Cultivos perennes. Bosque con manejo forestal. Protección de la vida silvestre	Suelos de fertilidad media Suelos profundos Buena penetración de raíces	Se distribuyen mayormente en pendiente de 4 a 30%. Riesgo de erosión a medida que aumenta la pendiente a mas de 8%. Riesgo de perdida de nutrientes por lixiviación. pH fuertemente ácido. Condiciones desfavorables por la alta pluviosidad.
Rhodic Kandiudults	<b>VI y VII</b> Cultivos perennes. Bosque con manejo forestal. Protección de la vida silvestre.	Suelos bien drenados. Suelos profundos	Se distribuyen mayormente en pendiente de 4 a 30%. Riesgo de erosión que aumenta con la pendiente. Riesgo de perdida de nutrientes por lixiviación. pH muy fuertemente ácido. Suelos de baja fertilidad Condiciones desfavorables por la alta pluviosidad.
Humic Hapludults	<b>VI y VII</b> Cultivos perennes. Bosque con manejo forestal. Protección de la vida silvestre.	Suelos Bien drenados	Fertilidad natural baja. pH muy fuertemente ácido. Riesgo de erosión a pendientes mayores de 8%. Condiciones desfavorables por la alta pluviosidad.
Typic Kandiudults	<b>VI y VII</b> Cultivos perennes. Bosque con manejo forestal. Protección de la vida silvestre.	Suelos de fertilidad media. Suelos profundos.	pH muy fuertemente ácido. Riesgo de erosión a medida que aumenta la pendiente mas de 8%. Condiciones desfavorables por la alta pluviosidad.
Plinthaquic Kandiudults	<b>V y VI.</b> Pasto con manejo. Cultivos perennes Bosque con manejo forestal. Preservación de la vida silvestre.	Suelos distribuidos en pendientes menores de 15%	Fertilidad natural baja. Suelos con mal drenaje. Manto friático alto o fluctuante muy cerca de la superficie del suelo. Desarrollo radicular limitado por la faltas de oxígeno. Condiciones climáticas desfavorable por la alta pluviosidad.
Plinthaquic Kandiudults	<b>V y VI.</b> Pasto con manejo. Cultivos perennes Bosque con manejo forestal. Preservación de la vida silvestre.	Suelos distribuidos en pendientes de 0 a 8%	Fertilidad natural baja. Suelos con mal drenaje. Manto friático alto o fluctuante muy cerca de la superficie del suelo. Desarrollo radicular limitado por la faltas de oxígeno. Condiciones climáticas desfavorable por la lata pluviosidad.

**Figura n°3. Mapa Suelos del Municipio El Castillo**



**Tabla # 4. Distribución de los ordenes y subgrupos de suelos por área y porcentajes.**

Orden	Subgrupo	Área Km <sup>2</sup>	%
Entisol	Lithic Udorthents	126	12
Inceptisol	Fluventic Eutrochrepts	46	4
	Ruptic-Ultic Dystrochrepts	38	4
	<i>Sub total</i>	84	8
Alfisol	Rhodic Kandiualfs	51.4	5
Ultisol	Rhodic Kandiuults	452.4	43.5
	Plinthaquic Kandiuults	217	21
	Typic Kandiuults	85	8
	Humic Hapludults	24	2
	<i>Sub total</i>	778.4	75
	<b>Total</b>	<b>1040</b>	<b>100</b>

### 5.2.3.- Relación Suelo - Vegetación.

No se encontró una relación marcada entre la vegetación y los suelos del área de estudio ya que la distribución de la vegetación es casi uniforme en todos las clases de suelos encontrados, sin embargo algunas especies como el Almendro de Charco (*Dipteryx panamenis*) se encuentra asociada su presencia en suelos con mal drenaje como los **Plinthaquic Kandiuults** en pendientes de 0 a 4%. De acuerdo a la clasificación de Zonas de vida de Holdrige, (1987) y los datos climáticos de INETER el área de estudio presenta una sola zona de vida que es el Bosque húmedo tropical, esta puede ser la razón por la cual no

exista una diferencia significativa en las asociaciones vegetales y la poca relación suelos-vegetación.

#### **5.2.4.- Relación Suelo – Paisaje- Pendiente**

El relieve juega un papel muy importante en la distribución de los suelos, ya que muchos procesos formadores de suelo suelen ocurrir ya sea por variación de pendiente como elemento del relieve o por la forma de la topografía que presente determinada zona. En nuestra zona de estudio podemos afirmar que los suelos guardan una estrecha relación con el paisaje de acuerdo a como estos se encuentran distribuidos.

Los suelos del orden **Entisol** están asociados principalmente con zonas **de laderas escarpadas con pendientes mayores de 15%**, en las principales elevaciones del municipio como por ejemplo Cerro Guásimo, cerro Las Minas entre otros, sin embargo en la zona de la comunidad de Marlón Zelaya y Las Colinas estos suelos se encuentran en pendientes que oscilan entre 4 y 8% en paisaje colinado.

Los suelos del orden **Inceptisol** varían en su ubicación como se describe a continuación; Los **Fluventic Eutrochrepts** se ubican en las márgenes de los ríos, en **paisajes de terrazas fluviales con pendientes suaves en rangos de 0 a 4%** y los **Ruptic Ultic Dystrochrepts** se encuentran distribuidos en planicies ligeramente onduladas y colinadas, y materiales geológicos impermeables y paisajes colinados (bien drenados) con pendientes que varían desde 4 hasta 30% respectivamente.

Los suelos del orden **Alfisol** se encuentran por lo general en rangos de **pendientes de 4 a 30% en paisajes colinados** de materiales geológicos basálticos.

Los suelos del orden **Ultisol** se encuentran en una variedad de paisajes que va desde **planicies** hasta **paisaje de colinas moderadamente escarpadas**, así de esta manera también los rangos de pendiente donde se ubican estos es variado y van desde 0 hasta 30%. Los Ultisoles como los **Plinthaquic Kandiudults** se ubican en las zonas mas planas (Planicie de 0 - 2% de pendiente) presentando condiciones de mal drenaje y procesos de plintización. A medida que aumenta la pendiente aparecen los **Rhodic Kandiudults y los Typic Kandiudults** que son suelos rojos de buen drenaje que se ubican en paisajes de **colinas ligeramente onduladas** hasta colinas fuertemente onduladas con rangos de **pendientes que oscilan desde 0 hasta 30%**, en este mismo tipo de paisajes se ubican también los **Humic Kandiudults** pero estos son suelos mas oscuros y mas superficiales que los anteriores.

#### **5.2.5.- Clasificación de los suelos por clases de capacidad de uso.**

Los objetivos y el fundamento del sistema “USDA Soil Conservation Service” es el de interpretar el medio natural para agrupar porciones de terreno en base a su capacidad para la producción de cultivos, explotación racional de los bosques y la protección de áreas críticas, por largos períodos de tiempo.

Las clases de capacidad de uso están integradas por el agrupamiento de tierras de acuerdo a su grado de limitación, para uso específico y riesgo de erosión en cuanto a su uso y magnitud de tratamientos necesarios para proteger de una manera efectiva y garantizar su productividad de manera sostenible con el mínimo deterioro de las condiciones ambientales.

El sistema de clasificación de las clases de capacidad de uso esta compuesto por ocho clases basados en efectos de combinaciones de clima y características permanentes de los suelos, sobre riesgo de erosión de daños de los suelos, limitaciones de uso, fertilidad de suelo y requerimientos de suelos.

En la zona de amortiguamiento de la Municipalidad de El Castillo no se encontraron suelos con clases de capacidad I, II, y III que son adecuadas para cultivos agrícolas, solamente se encontraron las siguientes clases de capacidad de uso del suelo, considerando las principales limitaciones de estos.

#### **Clase de Capacidad IV.**

Los suelos de esta clase de capacidad se consideran en el límite para el uso de cultivos anuales, requieren de mas prácticas intensivas de conservación de suelos, ya que las limitaciones solas o combinadas restringen su uso. El uso de esta clase de capacidad es de pastos, bosques con manejo forestal y conservación de vida silvestre.

Dentro de los suelos que presentan en esta clase tenemos principalmente a los Fluventic Eutrochrepts, y Rhodic Kandudalfs.

La clase **IV** ocupa un área de 55 km<sup>2</sup> que representa un 5.3 % del área total.

Las limitaciones que restringe esta capacidad son las siguientes :

Condiciones climáticas de alta pluviosidad con periodo seco corto o ausente.

Susceptibilidad a la erosión hídrica.

Fertilidad natural media.

### **Clase de capacidad V**

Esta clase de capacidad no tiene problemas con la erosión, pero si los tiene es muy pequeño. Presenta severas limitaciones para cultivos anuales así como en la selección de cultivos permanentes y semi - permanentes. Su uso se restringe para manejo de bosque y manejo de pastos mejorados.

El suelo que se presenta en esta clase es el Plinthaquic Kandiuults, ocupando un área de 151 km<sup>2</sup> para un 14.6% del área total estudiada.

Las limitaciones de esta clase son las siguientes:

Suelos con manto friático alto.

Suelos pocos profundos.

Planos a casi planos frecuentemente sujetos a inundación.

Muy baja fertilidad natural.

Toxicidad fuerte por alto contenido de aluminio.

Condiciones climáticas con alta pluviosidad y período seco corto o ausente.

## **Clase de capacidad VI**

Los suelos de esta clase de capacidad tienen limitaciones severas que los hacen inadecuados para cultivos anuales y limitan su uso únicamente para cultivos permanentes, explotación del bosque con manejo forestal y conservación de vida silvestre.

Los suelos que ocupan las áreas de esta clase son los Rhodic Kandiudalfs, Rhodic Kandiudults, y los Typic Kandiudults.

Esta clase ocupa un área de 400 km<sup>2</sup> con un 38.6% del área total. Las limitaciones que presenta esta clase de capacidad son:

Pendientes muy pronunciadas u onduladas.

Susceptibles a la erosión hídrica.

Condiciones climáticas de alta pluviosidad con período seco corto o ausente.

Toxicidad fuerte por aluminio.

Fertilidad de media a baja.

## **Clase de capacidad VII.**

Los suelos de esta clase tienen limitaciones muy severas que hacen inadecuado el establecimiento de cultivos, su uso se restringe fundamentalmente al manejo forestal y la conservación de vida silvestre. Los suelos que se presentan en esta clase son principalmente los Rhodic Kandiudults, y en menos proporción Ruptic Ultic Dystrochrepts, Typic Kandiudalfs.



Esta clase ocupa un área de 295 km<sup>2</sup> para un 28.5% del área total.

Las limitaciones que presenta esta clase de capacidad son las siguientes:

Pendientes muy pronunciadas a fuertemente ondulada.

Susceptibilidad a la erosión hídrica.

Excesivamente drenado o moderadamente drenado.

Condiciones climáticas de alta pluviosidad con período seco corto o ausente.

Fertilidad media a baja.

Toxicidad fuerte a moderada debida el aluminio.

Susceptibles a inundaciones.

Suelos poco profundo.

### **Clase de capacidad VIII.**

Los terrenos de la clase VIII presentan tantas restricciones y graves limitaciones que solo se recomienda para ellos el uso para la preservación de la vida silvestre, recreación, actividades científicas y preservación de cuencas.

De manera general se puede afirmar que estos suelos no producen retornos económicos, aunque se puede justificar inversiones para el manejo de cuencas y así proteger las cuencas hidrográficas o la obtención de otros beneficios ambientales.

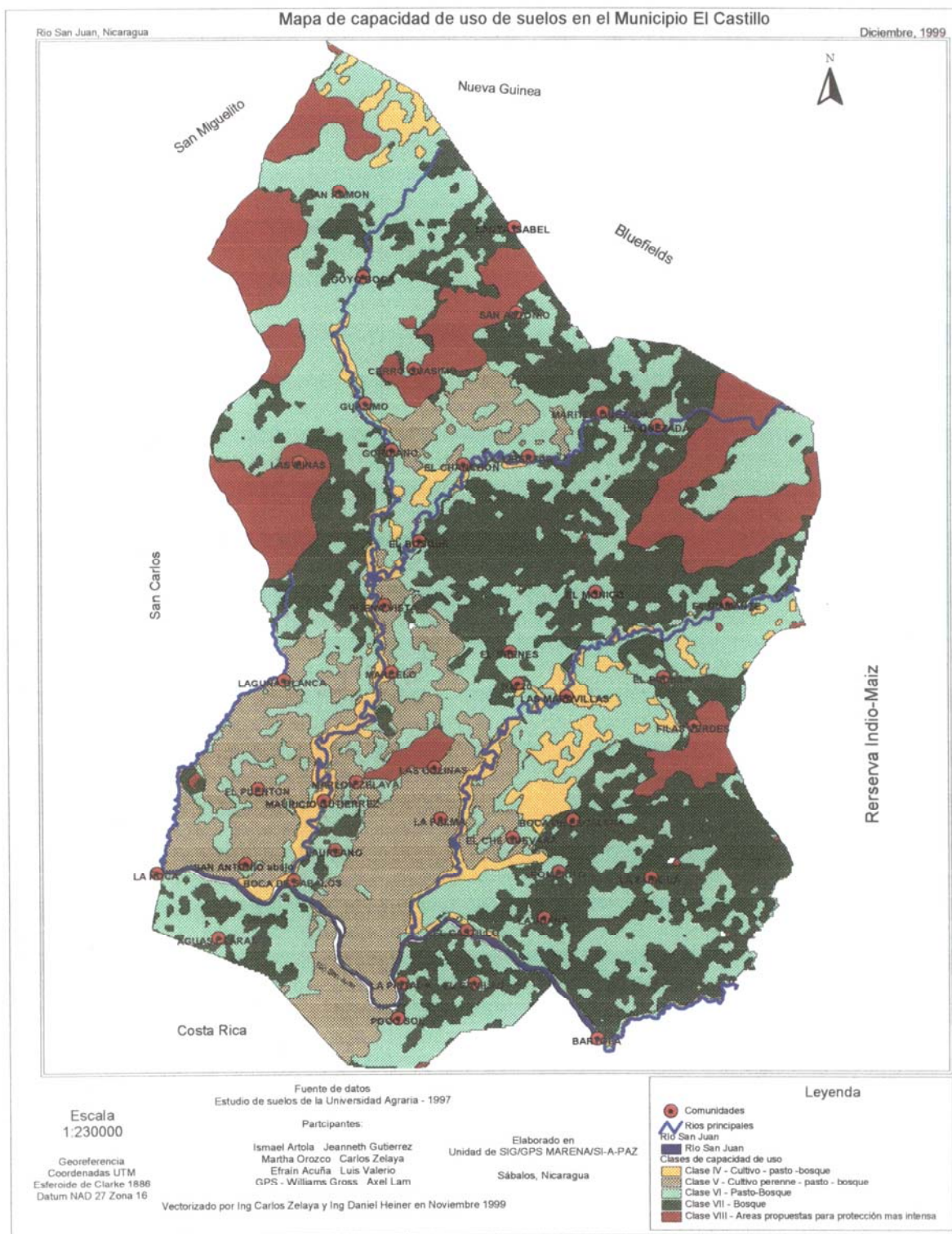
Los suelos que se encuentra dentro de esta clase de capacidad se ubican en pendientes mayores de 30% hasta más de 45%, encontrándose expuestos a altos riesgos de erosión ya que se encuentran situados en las partes de mayor elevación del área estudiada. Estos son suelos del orden **Lithic Udorthents** (suelos superficiales) con menos de 50 cm de profundidad que ocupan un área de 134 kilómetros cuadrados equivalente a un 13 % del área total.

**Tabla # 5. Matriz para la definición de las clases de capacidad de uso.**

SUBGRUPO TAXONÓMICO	Clases de pendiente mas limitaciones de los suelos						
	0 - 2	2 - 4	4 - 8	8 - 15	15 - 30	30 - 45	> 45
Rhodic Kandiudalfs	IV	IV	IV	VI	VI	VII	VIII
Lithic Udorthents	VIII	VIII	VIII	VIII	VIII	VIII	VIII
Humic Hapludults	IV	IV	IV	VI	VI	VII	VIII
Rhodic Kandiudults	VI	VI	VI	VII	VII	VIII	VIII
Plinthaquic Kandiudults	V	V	VI	VI	VII	VII	VIII
Fluventic Eutrochrepts	IV	IV	IV	VI	VI	VII	VIII
Typic Kandiudults	VI	VI	VI	VI	VII	VIII	VIII
Ruptic Ultic Dystrochrepts	VI	VI	VII	VII	VII	VII	VIII

**Nota :** En negritas se presentan las combinaciones reales en el terreno, las demás clases son las combinaciones teóricas.

**Figura n°4. Mapa de capacidad uso de suelos en el Municipio El Castillo**



**Tabla # 6. Clases de Capacidad de Uso de la Tierra.**

<b>Clase de Capacidad</b>	<b>Área km<sup>2</sup></b>	<b>% del total de área</b>
<b>Clase IV</b>	<b>55</b>	<b>5</b>
<b>Clase V</b>	<b>151</b>	<b>15</b>
<b>Clase VI</b>	<b>400</b>	<b>39</b>
<b>Clase VII</b>	<b>295</b>	<b>28</b>
<b>Clase VIII</b>	<b>134</b>	<b>13</b>
<b>Total</b>	<b>1034</b>	<b>100</b>

## VI. CONCLUSIONES

- De acuerdo con el mapa de pendientes podemos afirmar que el 74 % de la zona de estudio lo ocupan las pendientes menores de 15%. Por lo que el paisaje se puede considerar de plano a ondulado.
- Las pendientes por encima del rango del 15% a más de 45% (de escarpado a extremadamente escarpado), son relativamente pocas (26 % del área total) y se presentan en las principales elevaciones de la zona de estudio.
- Los suelos encontrados en esta zona de estudio pertenecen a los siguientes ordenes taxonómicos: **Ultisoles** que son los más predominantes, diferenciados por sus características a nivel de sub grupo, ocupan un área de 778 km<sup>2</sup> para un **75%** del área total ; los **Entisoles** ocupan un área de 126 km<sup>2</sup> para un **12%** del total ; los **Inceptisoles** con 84 km<sup>2</sup> para un **8%** del total de área y los **Alfisoles** con 51 km<sup>2</sup> para un **5%** del Area total.
- Del análisis de los resultados obtenidos por la clasificación de capacidad de uso de la tierra (predominando las Clases VI y VII) en una zona de vida de Bosque Húmedo tropical se desprende que la Zona de Amortiguamiento esta constituida por un Ecosistema sumamente frágil. Por lo tanto, deben implementarse usos de la tierra acordes con la sostenibilidad del ecosistema tales como: **FORESTAL** (con manejo racional), **PROTECCIÓN DE VIDA SILVESTRE y CONSERVACION DE BIODIVERSIDAD** (Declaración de áreas protegidas de partes altas de las cuencas y tierras degradadas o con alto riesgo) **Y ECOTURISMO** (aprovechando el potencial histórico, cultural y estético de la zona).

- De lo observado en la etapa de campo acerca del uso actual de la tierra y comparando con la capacidad de uso se concluye que para actividades agropecuarias se deben diseñar sistemas de producción diversificados a nivel de fincas que sean adecuados para condiciones de trópico húmedo, basados en rotaciones, bajos insumos, especies adaptables y manejo conservacionista.

### **Conclusiones al estudio de suelos de CATASTRO, 1975**

Se tiene que reconocer el gran esfuerzo realizado por los técnicos de CATASTRO de 1975, en la realización de los diferentes inventarios de suelos a nivel nacional en diferentes condiciones ambientales quizás muy adversas a las que hoy hemos experimentado.

De acuerdo con los resultados obtenidos en el estudio de 1997, existen pocas coincidencias en los suelos encontrados en 1975, esto se debe entre otras cosas principalmente a lo siguiente;

- La cantidad de observaciones realizadas en 1975 fueron relativamente pocas para la cantidad de área de la zona, 49 en total, para aproximadamente 1040 km<sup>2</sup>, es de suponer que las condiciones de ese entonces eran completamente diferentes a las actuales (mas zonas boscosas, menos poblados para el apoyo de campo, menos vías de comunicación, etc).
- Con esta cantidad de observaciones de 1975 suponemos que no les fue posible separar con mayor exactitud las unidades de suelos, por lo que presentan en dicho mapa asociaciones de suelos de hasta tres posibles

subgrupos taxonómicos, ya sea del mismo orden o de otro en una misma unidad de pendiente o en varias unidades.

- Muchos de los nombres taxonómicos que se usaron en ese tiempo, en la actualidad han cambiado por las investigaciones recientes en las ciencias del suelo, principalmente por los estudios de taxonomía de suelos realizados en las regiones del trópico húmedo.
- Las técnicas de ubicación en el terreno para la época, eran menos precisas que las que hoy día se usan y a esto hay que agregar que aún los mapas topográficos de entonces presentan imprecisiones ya que muchos de ellos no tenían la suficiente comprobación de campo.
- Si sumamos todas esas condiciones poco favorables para los estudios de suelos es de esperarse que muestren inconsistencias en el tiempo, con los medios actuales es posible realizar estudios de recursos naturales que sean más confiables para los diversos usuarios, que trabajen en la planificación del uso y aprovechamiento racional de estos recursos en general.

## VII. RECOMENDACIONES

- La información generada en el presente estudio puede ser un insumo para el ordenamiento territorial, no obstante se necesita complementar con información relevante como; uso actual de la tierra, tenencia de la tierra, poblados, vías de comunicación, inventario forestal e infraestructura e información hídrica. Para ello los Sistemas de Información Geográfica ofrecen muchas ventajas para analizar la distribución espacial de los diferentes atributos de la tierra que sirva de soporte en la toma de decisiones sobre el territorio.
- Diseñar sistemas de producción a nivel de fincas que sean autosostenibles basados en cultivos diversificados, rotaciones espaciales y temporales, bajos insumos, especies locales o adaptables y prácticas de manejo no degradantes. El diseño de estos sistemas de producción deberá considerar los aspectos socioeconómicos propios de la zona de amortiguamiento y deberá estar acorde con un modelo integral de desarrollo económico para el municipio. Esto se haría con el fin de crear un modelo de ordenamiento de fincas que permita una producción sostenible y la conservación de los recursos naturales todavía existentes.
- Evaluar los diferentes cultivos que han introducido los organismos que trabajan en la zona, así como de los pobladores tomando en consideración la producción de éstos cultivos y los tipos de suelos existentes.



- Fomentar las actividades de manejo Forestal, sistemas Agroforestales y silvopastoriles, cultivos no tradicionales, crianza de fauna silvestre y doméstica, comercialización de los productos, para que la población ejerza menos presión sobre los recursos naturales.
- Realizar el estudio de Cuenca en el municipio para determinar las posibles áreas de protección a las partes altas de las cuencas de los ríos Sábalo, El Guineal, Santa Cruz, Bartola y Boca Negra, así como también las tierras degradadas por la fuerte erosión a que han sido sometidas por pendientes fuertes y poca cobertura forestal como son los Cerros Ventura, Las Minas, La Tigra, San Ramón, El Guásimo, La Quezada y el Romerón.
- Dada la vocación de la zona de estudio, es necesario capacitar a la población en el manejo de bosques del trópico húmedo, conservación de la biodiversidad, control de incendios forestales, importancia del ecoturismo, carpintería y artesanías (estos dos últimos temas persiguen dar mayor valor agregado a la madera extraída de los bosques).

## VIII. BIBLIOGRAFÍA

1. Acuña, E; Rodríguez, I & Wiellemaker, G. (1990). Reconocimiento de los sistemas y alternativas de uso de manejo y conservación de suelos en Nueva Guinea. PROGRAMA DE DESARROLLO RURAL PARA LA ZONA DE NUEVA GUINEA. San José, Costa Rica. 43 p.
2. Barreto C, G. (1996). Estudio de Reconocimiento y Caracterización de los Recursos hídricos, edáficos y forestales del municipio el Sauce, León Nicaragua. Tesis Ing. agrónomo. Managua, Nicaragua. 147 p.
3. Bosque S, J .(1992).Sistema de Información Geográfico, Rialp, Madrid.; Chuvieco, E. 259 p.
4. Catastro e inventario de recursos naturales. (1971). Mapa geológico Nacional . Managua, Nicaragua. 1:500,000.
5. Catastro e inventario de recursos naturales, (1975). Mapa de suelos. Managua, Nicaragua 1:50,0000.
6. Catastro e inventario de recursos naturales, (1978). Reconocimiento edafológico del Sureste de Nicaragua. Managua, Nicaragua. 279 p.
7. Castillo S .K, (1993). Alternativa de vida sostenible en la comunidad El Guásimo, área de amortiguamiento, Río San Juan, Nicaragua. Monografía. Lic .ecólogo. Managua, Nicaragua. Universidad Centroamericana (UCA). 57p.

8. Consorcio Multi - Consulta S.A & Centro Regional Para el Desarrollo Sostenible (CREDES) (1996 ) : Plan de Ordenamiento Territorial del Municipio El Castillo. Alcaldía El Castillo. Boca de Sábalo, Nicaragua. Octubre, 1996. 250 p.
9. Enckevort. P, (1995). Reconocimiento suelos y capacidad de uso del IDA en Guanacaste. Parte II. Instituto de Desarrollo Agrario. Ministerio de Agricultura y Ganadería. FAO. San José, Costa Rica. 51p.
10. Fassbender. H, (1986). Química de suelos con énfasis en suelos de América Latina. Instituto americano de cooperación para la agricultura. IICA serie # 24. San José, Costa Rica. Quinta edición. 385 p.
11. Fitz, E. A. (1987). Suelos su formación, clasificación y distribución. Trad. por Marino Antonio. Tercera edición. Editorial Continental, S.A de C.V, México, 22 D.F. 423 p.
12. Forero. M.C, (1988). Metodología para el levantamiento edafológico. Principios básicos en los levantamientos de suelos. Instituto Geográfico. Texto Preliminar. Bogota, Colombia. 1988. 96 p.
13. Goodchild. M . F, (1984): Geocoding and geosampling en Gary L. Gaile y Cort j.Wilmont (editores): Spatial statistics and models, Dordrecht , D. Reidel Pub. 250 p.
14. Holdridge, R, Leslie. 1987. Ecología basada en zonas de vida. 2 da reimpresión. San José, Costa Rica. Instituto americano de cooperación para la agricultura. IICA. 159 p.

15. INETER (Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales), (1987). Mapas Topográficos 1:50,000.
16. Kolmans. E & Vasquez. D, (1996). Manual de agricultura ecológica. Primera edición. Managua, Nicaragua. SIMAS – CUCTEC. 219 p.
17. Lyon. L & Harry. B, (1952). Edafología. Naturaleza y propiedades del suelo. Traducido por Harry Bukman .1ed. Buenos Aire, Argentina. ACME Agency, Soc .Resp. LTDA. 461 p.
18. McCracken, R; Buol, S.W & Hole, F. D, (1988). Génesis clasificación de suelos. Tercera edición.. Impreso en México, D.F. Editorial Trilla. 411 p.
19. Memoria de la conferencia Internacional (Cali, Colombia) , 1982. Amazonia: Investigación sobre agricultura y uso de la tierra. Editor: Susana B. Hecht. Centro Internacional de Agricultura Tropical. 448 p.
20. MINSA, (1996) Centro de Salud Boca de Sábalo, El Castillo, Río San Juan. Informe anual. 75p.
21. Ministerio de Agricultura y Cría, (1965). Manual de Levantamiento de suelos. Traducción del Soil Survey Manual U.S. Dep. Agriculture. Caracas. Traducción por Ing. Agr. Juan B. Castillo. Pag.446
22. Nelson. M, (1977). El aprovechamiento de las tierras tropicales en América Latina. Instituto Latinoamericano de planificación económica y social. Primera edición. Mexico, D.F. Siglo xxi editores, S.A. 383 p
23. Ortiz. A; Solorio & Heriberto, (1981). Introducción a los levantamientos de suelos. Colegio de post-grado. Primera edición .Chapingo, México. 89p.

24. Porta. J; Acevedo. M & Roquero. C, (1994). Edafología para la agricultura y el medio ambiente. Primera edición. Ediciones Mundi - Prensa Madrid. España, Madrid. 799 p.
25. Richters. E. J,(1995) Manejo del uso de la tierra en América Central. Editor: Instituto Americano de Cooperación para la Agricultura. IICA. San José, Costa Rica. 440 p.
26. Sánchez. P, (1981). Suelos del trópico: Características y Manejos. Traducido por Edilberto Camacho. Instituto Americano de Cooperación para la Agricultura. Primera edición. San José, Costa Rica, 1981. 560 pág.
27. Seminario sobre la producción de pastos en suelos ácidos (17- 21 de abril. Cali, Colombia, 1978) ,1979. Editores: Luis E. Tergas & Sánchez. P. Programa de producción de ganado de carne. Centro Agricultura Tropical. 513 p.
28. SI-A-PAZ, (1992). Misión de evaluación de la iniciativa de SI-A-PAZ. Informe técnico. 75 p.
29. SI-A-PAZ, (1991). Marco conceptual y Plan de Acción para el Desarrollo Sistema Internacional de Áreas Protegidas para la Paz. 175 p.
30. Velásquez, M, (1994). Sistema de Información Geográfico aplicados al manejo de RRNN. Programa de enseñanza para el desarrollo y la conservación. Edit. CATIE. Turrialba, Costa Rica. 159 p.

# ANEXOS

## **Anexo 1.**

### **Descripción de Perfiles Representativos de la zona de estudio**

Descripción del perfil # 01.

Número del perfil: 01

Nombre del suelo: Localidad El Gordiano.

Clasificación : **Rhodic Kandiudalfs** (Arka).

Fecha : 10/03/ 97

Autor : Ismael Artola Medina, Jeannette Gutiérrez, Efraín Acuña

Coordenadas :       x 780140.17  
                          y 1239168.56

#### **Forma del terreno :**

Paisaje: ladera suave (pendiente concava).

Relieve: fuertemente ondulado.

Pendiente : D (12 %)

Vegetación P2 (pasto no mejorado con 40% de malezas).

Clima: Tropical Lluvioso

#### **Información acerca del suelo :**

Material parental : Basalto.

Drenaje : 4 (bien drenado)

Condiciones de humedad : totalmente húmedo.

Presencia de piedras en la superficie o afloramientos rocosos : no

Evidencia de erosión : moderada

Influencia humana : si

## Descripción de horizontes :

Horizonte	Prof. (cm)	Descripción
A	0 - 21	Negro rojizo (2.5YR 2.5/3), textura franco arcilloso, estructura bloques angulares y sub angulares, moderada, media; friable ligeramente adhesivo, ligeramente plástico, poros frecuentes muy finos, continuos caóticos, inped, tubulares, fragmentos minerales muy pocos, tamaño de grava, presencia de raíces, muy finas, comunes, limite difuso y ondulado, presencia de actividad humana, pH 5.9 (moderadamente ácido).
AB	21 - 32	Pardo rojizo oscuro (2.5 YR ¾ ) ; con textura arcillosa, estructura bloque angulares y sub angulares modera, mediana , ligeramente adhesivo, ligeramente plástico, friable, poros frecuentes, muy finos, discontinuos, caóticos, inped, tubulares, simples ; muy pocos fragmentos minerales, pocas raíces medias, presencia de carbón vegetal ; límite difuso y ondulado; pH 5.9 moderadamente ácido.
Bt1	32 - 52	Rojo (10 YR 4/8) ; textura arcilloso ; estructura, bloques angulares y subangulares, moderada, mediana, ligeramente adhesivo, ligeramente plástico, firme, poco poros muy finos, discontinuos, caóticos, inped ,tubulares, simples, pocas raíces medias; límite difuso y ondulado , pH 6.1 (moderadamente ácido).
Bt2	52 - 76	Rojo oscuro (10 R 3/6) ; textura arcilloso, estructura, bloque angulares y subangulares, moderada, media, adhesivo, ligeramente plástico, pocos poros muy finos discontinuos, caóticos, inped, tubulares, simples, no hay presencia de raíces ; limite difuso ondulado, pH 5.5 (moderadamente ácido).
C	+ 76	Rojo (10 R 4/8) ; textura arcillosa ; estructura en bloques angulares y sub angulares, media, moderada ; friable, ligeramente plástico y ligeramente adhesivo ; pocos poros muy finos, discontinuos, caóticos, inped ; carbón vegetal ; pocas raíces finas ; limite difuso y ondulado.





**Figura nº 5. Perfil representativo 01**



**Figura nº 06. Paisaje del perfil 01**

## Descripción del perfil # 02

Número del perfil: 02

Nombre del suelo: Localidad Filas Verdes

Clasificación : **Rhodic Kandiudults** (Urku).

Fecha : 16/03/97

Autor : Ismael Artola Medina, Jeannette Gutiérrez, Efraín Acuña.

Coordenadas : x 795579.65  
y 1229068.95

### Forma de terreno :

Paisaje: pendiente cóncava.

Relieve: ondulado.

Pendiente : B (4%)

Vegetación o uso de la tierra : P2 (pasto no mejorado con 40% de malezas)

### Información acerca del suelo.

Material parental : Brecha.

Condiciones de humedad : húmedo totalmente.

Profundidad de la capa friática : mas de 2 m.

Presencia de piedras en la superficie o afloramientos rocosos : no

Evidencia de erosión: severa.

Presencia de influencia humana : si.

### Descripción acerca del suelo.

Horizonte	Prof. (cm)	Descripción
A	0 - 8	Pardo rojizo oscuro (5YR $\frac{3}{4}$ ); textura arcillosa; estructura bloques angulares, moderada, muy fina; ligeramente adherente, ligeramente plástico, friable, poros frecuentes, muy finos, continuos, caóticos, dendríticos, raíces finas abundantes, limite brusco, pH 4.6 (fuertemente ácido).

---

Bt1	8 - 20	Pardo rojizo (2.5 YR 4/3) ; textura arcillosa, estructura bloques y sub angulares, moderada, fina, muy adherente, plástico; muchos poros, finos, continuos, caóticos, inped, tubulares, dendríticos, raíces finas y abundantes, limite difuso y ondulado; pH 4.5 (fuertemente ácido).
Bt2	20 - 55	Pardo rojizo rojo (2.5YR 5/8) ; textura. arcillosa, estructura moderada, bloque angulares y sub angulares, mediana, muy adherente muy plástico, friable, muchos poros finos, continuos, caóticos, inped, tubulares, simples; abundantes fragmentos minerales; piedras no alteradas de basalto; pocas raíces finas, límite difuso y ondulado, pH 4.5 (fuertemente ácido).
C	55 - 120	Amarillo Pardusco (10 R 6/8) ; textura arcillosa, estructura bloques angulares y sub angulares, fuerte, media y espesa, adherente, plástico, friable, muchos poros, medios discontinuos, caóticos, exped, tubulares dendríticos, muy pocas raíces finas, pH 4.7 (fuertemente ácido).



**Figura n ° 7. Perfil Representativo 02**



**Figura n ° 8. Paisaje del perfil 02**

### Descripción del perfil 03

Número del perfil : 03

Nombre del suelo : Localidad San Antonio 1.

Clasificación : **Rhodic Kandiudults** (Urku).

Fecha : 21/03/97

Autor : Ismael Artola Medina, Jeannette Gutiérrez, Efraín Acuña.

Coordenadas : x 786993.14  
y 1249338.50

#### Forma del terreno :

Paisaje: Cumbre.

Relieve: colinado

Pendiente : E ( 30%).

Vegetación o uso de la tierra : H (cultivo de maíz y frijol).

Clima : Tropical Lluvioso

#### Información acerca del suelo .

Material parental : Basalto.

Drenaje : 4 (bien drenado).

Condiciones de humedad : húmedo todo el perfil.

Profundidad de capa friática :mas 2 m

Presencia de piedras o afloramientos rocosos en la superficie : 0 (muy pocas)

Evidencia erosión : ligera

Influencia humana : si

#### Descripción cerca del suelo

Horizonte	Prof. (cm)	Descripción
A1	0 - 10	Pardo rojizo oscuro (5YR $\frac{3}{4}$ ) textura franco arcilloso, estructura en bloques angulares moderada, media, ligeramente adherente, ligeramente plástico, friable, ligeramente duro; pocos poros finos discontinuos, caóticos, inped, exped, tubulares, simples, presencia carbón vegetal, raíces finas y comunes; límite neto y plano, pH 5.5 (fuertemente ácido).

---

A2	10 - 49	Pardo rojizo (5YR 4/4); textura arcillosa, estructura bloques sub angulares moderada, media, ligeramente adherente, ligeramente plástico, friable, ligeramente duro, poros frecuentes, finos y medios, discontinuos, caóticos, tubulares, simples, muy pocas gravas angulares, basáltica, no alterados ; presencia de actividad biológica, (crotovinas) raíces finas y medianas, pocas, límite difuso y ondulado, pH 5.3 (fuertemente ácido).
Bt	49 - 79	Pardo rojo (2.5 YR 4/6 ) ; textura arcillosa, estructura bloques angulares y sub angulares, moderada, media y gruesa, ligeramente adherente, ligeramente plástico, friable ; poros frecuentes, finos discontinuos, caóticos, tubulares, simples ; muy pocos fragmento minerales, grava, angular de origen basáltico, alterados y meteorizado, muy pocas raíces muy finas ; límite difuso y ondulado, pH 5.3 (fuertemente ácido).
C	79- 150	Amarillo rojizo (5 YR 6/8) ; textura arcillosa, estructura en bloques angulares y sub angulares, media, moderada; friable, ligeramente duro, ligeramente adherente; pocos poros finos discontinuos, tubulares, caóticos y simples; frecuentes fragmentos rocosos angulares de basaltos no alterados; pocas raíces finas.



**Figura n ° 9. Perfil representativo 03**



**Figura n ° 10. Paisaje del perfil 03.**

## Descripción del perfil 04

Número del perfil: 04

Nombre del suelo: Localidad San Antonio 2.

Clasificación: **Rhodic Kandiudults** (Urku).

Fecha: 21/03/97

Coordenadas : x 785834.45  
y 1248162.83

Autor: Ismael Artola Medina, Jeannette Gutiérrez, Efraín Acuña.

### Forma del Terreno :

Paisaje : Pendiente convexa.  
Relieve : fuertemente ondulado.  
Pendiente : D (10%)  
Vegetación o uso de la tierra : H (maíz, frijol).  
Clima : Tropical Lluvioso.

### Información acerca del suelo.

Material parental : Brecha.  
Drenaje : 4 (bien drenado).  
Profundidad de la capa friática : mas de 2 m.  
Presencia de piedras o afloramientos rocosos en la superficie : no  
Evidencia de erosión : ligera.  
Influencia humana : si



## Descripción de horizontes

Horizonte	Prof. (cm)	Descripción
A	0 - 13	Pardo rojo (2.5 YR 4/6) ; textura arcillosa, estructura en bloques angulares, sub angulares, moderada, media ; ligeramente adherente, ligeramente plástico, friable; muchos poros, muy finos, discontinuos, caóticos, inped, simples; presencia de carbón vegetal; abundantes raíces finas, comunes ; límite neto y ondulado, pH 7.0 (neutro).
Bt1	13 - 42	Pardo rojizo (2.5YR 4/3) ; textura arcillosa, estructura bloques sub angulares, moderada, media, ligeramente adherente, ligeramente plástico, firme; poros frecuentes, finos, discontinuos, inped y exped tubulares, simples; raíces muy finas, comunes, limite neto, ondulado, pH 5.5 (moderadamente. ácido).
Bt2	42- 90	Pardo rojo (2.5YR 4/6) ; textura Arcillosa; estructura bloque angulares, moderada, clase media, ligeramente adherente, ligeramente plástico, friable, poros frecuentes, finos y medianos, discontinuos, caóticos, inped, exped, tubulares, simples, raíces muy pocas, limite gradual, ondulado, pH 5.2 (fuertemente ácido).
C	+ 90	Rojo Amarillento (5 YR 5/6) ; textura arcilloso ; estructura en bloques sub angulares, media, moderada ; friable, plástico y adherente ; abundantes poros finos, inped, caóticos y tubulares ; muy pocas raíces finas.



**Figura n ° 11. Perfil representativo 04**



**Figura n ° 12. Paisaje del perfil 04**

## Descripción del Perfil 05

Número del perfil : 05

Nombre del suelo : Localidad Cerro Guásimo.

Clasificación : **Lithic Udorthents** (Eludo).

Fecha : 21/03/97

Autor : Ismael Artola Medina, Jeannette Gutiérrez, Efraín Acuña.

Coordenadas : x 783224.53  
y 147489.80

### Forma del terreno :

Paisaje: Escarpado (5)

Relieve: Fuertemente ondulado (3)

Pendiente : D (12 %)

Vegetación o uso de la tierra : Bac (Bosque alto claro).

### Información acerca del suelo.

Material parental : Brecha Volcánica.

Drenaje : 4 (bien drenado).

Profundidad de la capa friática : mas de 2 m.

Presencia de piedras o afloramientos rocosos en la superficie : no

Evidencia de erosión : moderada.

Influencia humana : no

## Descripción de horizontes.

Horizonte	Prof. (cm)	Descripción
A	0 - 15	Pardo grisáceo muy oscuro (10YR 3/2) ; textura franco arcilloso; estructura en bloques sub angulares, media, moderada; friable, no plástico y no adhesivo ; frecuentes poros finos, inped, exped, tubulares caóticos, discontinuos ; comunes raíces medias y gruesas, limite gradual y ondulado ; pH 6 (moderadamente ácido).
AC	15 - 31	Pardo olivo claro (2.5 Y 5/3) ; textura franco arcilloso ; estructura en bloques sub angulares, media, moderada ; friable, no plástico y no adhesivo ; poros frecuentes, finos, caoticos, discontinuos, inped, exped, simples ; pocas raíces medias ; límite gradual
C	31 - 54	Pardo amarillento (2.5 Y 5/4) ; textura arenosa
R	+ 54	Brecha Volcánica



**Figura n° 13. Perfil Representativo 05**



**Figura n° 14. Paisaje del perfil 05**

---

## Descripción del perfil 06

Número del Perfil : 06

Nombre del Suelo : Localidad El Guineal

Clasificación : **Fluventic Eutrochrepts (Ifeo).**

Fecha : 22/03/97

Autor : Ismael Artola Medina, Jeannette Gutiérrez, Efraín Acuña

Coordenadas:    x 780669.96  
                  y 1236710.28

### Forma del Terreno :

Paisaje : 6 (Terraza fluvial)

Relieve: plano a ligeramente plano.

Pendiente : A ( 1%)

Vegetación o uso de la Tierra : H (cultivos maíz, musáceas)

Cima : Tropical Lluvioso.

### Información acerca del suelo.

Material parental : Sedimentos fluviales.

Drenaje : 4 (bien drenado).

Condiciones de húmeda: húmedo totalmente

Profundidad capa friática: mas de 2 m

Presencia de piedras sobre la superficie o afloramientos rocosos : no

Evidencia de afloramiento rocosos: no

Evidencia de erosión : ligera.

Influencia humana: sí

## Descripción de los Horizontes :

Horizonte	Prof. (cm)	Descripción
A	0 - 14	Pardo grisáceo amarillento (10YR 4/2) textura arcillosa estructura fuerte prismática gruesa, ligeramente adherentes ligeramente plástica, firme poros frecuentes, muy finos a medianos, discontinua, caóticos, Imped exped, tubulares simples; presencia carbón vegetal, presencia de origen biológico ( nidos de insectos ); presencia de raíces finas, medias gruesas, abundante, limite difuso, ph 6.7 (neutro).
Bw1	14 - 34	Pardo amarillento (10YR 4/3), textura arcillosa limosa estructura fuerte, bloque sub angulares, medianas, ligeramente adherente, ligeramente plástico, firme, poros frecuentes, finos a medianos, caóticos, imped y exped, simples; raíces finas , pocas ; limite difuso plano; ph 6.7 ( neutro).
Bw2	34 - 60	Pardo amarillento 10YR 4/3 textura arcillosa limoso estructura fuerte, bloques angulares, clave mediana ligeramente adherente, ligeramente plástico, firme pocos poros, muy finos a finos, discontinuos caóticos, tubulares Inped, exped, tubulares, simples, raíces muy finas, finas muy pocas, limite difuso, plano, pH 6.8 (neutro).
Bw3	60 - 95	Pardo amarillento 10YR 4/3 textura arcillo limosa; estructura fuerte, bloque angulares, mediana, ligeramente adherente, ligeramente plástico, firme; poros frecuentes, muy finos, discontinuos, caóticos, Inped , tubulares, simples; raíces finas medianas, muy pocas, limite difuso, plano; ph 6.1 ( neutro).



**Figura n ° 15. Perfil representativo 06**



**Figura n ° 16. Paisaje del perfil 06**



---

## Descripción del perfil 07

Número del Perfil : 07

Nombre del suelo : Boca Escalera - Las Maravillas

Clasificación : **Humic Hapludults** (Uhhu).

Fecha : 23/03/97

Autor : Ismael Artola Medina, Martha Orozco, Carlos Zelaya.

Coordenadas : x 789302.33.  
y 1225831.44

### Forma del Terreno :

Paisaje: pendiente convexa.

Relieve: Colinado.

Pendiente : E (30%)

Vegetación o uso: Bmc (Bosque mediano claro) .

Clima : Tropical Lluvioso

### Información general del suelo.

Material Parental : Ignimbrita dacítica.

Drenaje : Bien drenado.

Condiciones de humedad : húmedo totalmente

Profundidad de la capa friática : 2 m

Presencia de piedras o afloramientos rocosos : no hay

Evidencias de erosión : no perceptible.

Influencia Humana : no hay.

## Descripción de horizontes.

Horizonte	Prof. (cm)	Descripción
A	0 - 15	Pardo rojizo oscuro(5YR 3/2), textura arcillosa ; estructura en bloques sub angulares mediana, ligeramente adherente, ligeramente plástico, firme, cutanes zonales delgados ; muchos poros, medianos continuos, oblicuos, caóticos, exped ; simples ; cm presencia frecuentes gravas redondeadas de brecha volcánica, meteorizadas, muy pocos minerales; raíces medias gruesas; limite neto, plano. pH 4.9 (fuertemente ácido).
Bt	30 - 50	Pardo rojizo oscuro (5YR 3/3), textura arcilloso, estructura moderada granula mediana, ligeramente adherente , plástico firme, muy duro, presencia de cutanes zona mineral ; muchos poros medianos continuos, oblicuos caóticos, exped simples ; presencia de poca gravas de forma redonda de brecha volcánica meteorizada ; muy pocos nódulos minerales ; raíces finas comunes ; limite neto y plano ; pH 4.9 (frecuentemente ácido).
C	50 - 80	Pardo rojizo (5YR 5/3), textura arcillo arenoso; estructura en bloques sub angulares, media moderada ; muy duro, friable, ligeramente plástico y ligeramente adhesivo; cutanes zonales y delgados ; pocos poros finos, discontinuos, caóticos, presencia de gravas y fragmentos rocas del material parental parcialmente meteorizados, pocas raíces finas ; limite neto y plano.



**Figura n ° 17. Perfil representativo 07**



**Figura n ° 18. Paisaje del perfil 0 7**

## Descripción del perfil 08

Número del Perfil : 08

Nombre del Suelo : Boca Escalera - Che Guevara

Clasificación : **Ruptic Ultic Dystrochrepts** (Irudo).

Fecha : 23/03/97

Autor : Ismael Artola Medina, Martha Orozco, Carlos Zelaya

Coordenadas. x 7888812.10  
y 1224128.06

### Forma del terreno :

Paisaje: Pendiente convexa.

Relieve: Colinado

Pendiente : D (13 %)

Vegetación o uso de la Tierra : Bmc (Bosque medio claro).

Clima : Tropical Lluvioso.

### Información acerca del Suelo :

Material parental : Ignimbrita

Drenaje : 4 (bien drenado).

Condiciones de humedad : Húmedo totalmente

Profundidad de la capa friatica : mas de 2 m.

Presencia de piedras o rocas en la superficie : 0 (poca piedras en la superficie).

Evidencia de erosión : no perceptible.

Influencia humana : no hay

### Descripción de horizontes.

Horizonte	Prof. (cm)	Descripción
A	0 - 16	Pardo amarillento (10YR 5/4), textura arcillosa ; estructura, granular, mediana ; ligeramente adherente y plástico, firme , duro ; poros muchos, medianos continuos horizontales oblicuos, exped tubulares ; poca presencia de fragmentos de minerales de ignimbritas fuertemente meteorizadas ; muy pocas nódulos minerales; actividad biológica; raíces muy finas abundantes; limite difuso ; ph 4.5 ( fuertemente ácido).

---

AB	16 - 26	Pardo claro (7.5 YR 5/8) textura arcilloso estructura fuerte, granular mediana, ligeramente adherente, ligeramente plástico, firme duro, poros frecuentemente medianos, continuos horizontales, oblicuos exped, tubulares simples, frecuentes gravas de forma angular (ignimbritas) fuertemente meteorizadas, actividad biológica (crotovina); raíces finas medianas, comunes ; limite difuso ; pH 4.6 (fuertemente ácido).
Bw	26 - 50	Pardo fuerte (7.5YR 5/8) ; textura arcillosa ; estructura en bloques angulares, mediana, ligeramente adherente, ligeramente plástico, firme, duro; poros frecuentes, finos, continuos, horizontales, oblicuos, inped exped, tubulares simples ; fragmentos rocosos minerales pocos nódulos frecuentes, grandes angulares rojo; raíces muy finas, pocas , difuso; pH 4.4 (extremadamente ácido).



**Figura n ° 19. Perfil representativo 0 8**

## Descripción del perfil 09

Número del Perfil : 09

Nombre del suelo : Localidad Las Limas.

Clasificación : **Plinthaquic Kandiudults (Upaku).**

Fecha : 25/03/97

Autor : Ismael Artola Medina, Martha Orozco, Carlos Zelaya

Coordenadas :     x 779977.26  
                  y 1227567.41

### Forma del terreno :

Paisaje: Pendiente convexa.

Relieve: Colinado.

Pendiente : D (13 %)

Vegetación o uso de la Tierra : P2 (pastos con mas de 40 % de malezas)

Clima : Tropical Lluvioso

### Información general acerca del suelo.

Material parental : Brecha.

Drenaje : 2 (imperfectamente drenado).

Condiciones humedad : humedo totalmente.

Profundidad capa friática : mas de 2 mts.

Presencia de piedras o rocas en la superficie : no hay

Evidencia de erosión : moderada

Influencia humana : si ( quemas)

**Descripción de horizontes :**

<b>Horizonte</b>	<b>Prof. (cm)</b>	<b>Descripción</b>
A	0 - 15	Pardo (10YR 4/4), textura franco arcillosa, estructura bloques sub angulares medios moderada, ligeramente adherente ligeramente plástico, firme, muy duro; muchos poros, finos a medianos, continuos, horizontales, oblicuos, exped, tubulares, simples, raíces finas medianas, abundantes; limite gradual, plano, pH 5.3 ( fuertemente ácido).
Btg1	15 - 30	Rojo Amarillento (5YR 5/8), moteado de color amarillento naranja (10 YR 6/3), textura arcilloso, estructura bloques angulares, medianas ligeramente adherente, plástico, firme, presencia de cutanes zonales; poros frecuente finos, continuos, verticales oblicuos exped tubulares, simples; raíces muy finas, comunes; limite gradual, plano; ph 5.3 (fuertemente ácido).
Btg2	30 - 48	Gris (10YR 6/1); moteado de color Rojo (10r 4/8) textura arcillosa; estructura bloque angulares, mediana, gruesa, ligeramente adherente y plástico firme; cutanes zonales delgados, poros frecuentes, finos continuos, horizontales oblicuos, exped, tubulares simples abundantes.
Cg	+ 48	Gris claro (10 YR 7/2) con moteado color pardo oscuro (10 YR 3/4), textura arcilloso; estructura en bloques sub angulares, gruesa, moderada; muy duro, firme, plástico y adhesivo; cutanes discontinuos; pocos poros finos, discontinuos; rices finas y abundantes, limite difuso y plano.





**Figura n ° 20. Perfil representativo 09**



**Figura n ° 21. Paisaje del Perfil 09**

## Descripción del perfil 10

Número del Perfil : 10

Nombre del suelo : Localidad El Kilómetro 20.

Clasificación : **Rhodic Kandiudults (Urku).**

Fecha : 25/03/97

Autor : Ismael Artola Medina, Martha Orozco, Carlos Zelaya

Coordenadas : x 786705.85  
y 1231428.81

### Forma del terreno.

Paisaje: pendiente convexa.

Relieve: colinada.

Pendiente : E (26 %).

Vegetación o uso de la tierra : Bt (tacotal)

Clima : Tropical Lluvioso.

### Información acerca del suelo :

Material parental : Brecha volcánica.

Drenaje : 4 (bien drenado)

Condición de humedad del perfil : húmedo en su totalidad

Profundidad de la capa friática : mas de 2 m.

Presencia de piedras sobre la superficie o afloramientos rocosos : no hay.

Evidencia de Erosión : ligera

Influencia humana : no

### Descripción de horizontes.

Horizonte	Prof. (cm)	Descripción
A	0 - 27	Pardo rojizo oscuro (5YR $\frac{3}{4}$ ) ; textura franco arcilloso, estructura granular moderada media, ligeramente adherente, plástico, firme, muy duro; cutanes zonales delgados, muchos poros finos a medios, continuos oblicuos exped tubulares, simples presencia de carbón vegetal ; actividad biológica (crotovinas) ; raíces abundantes gruesa abundante ; limite gradual , plano ; pH 4.9 (fuertemente ácido).

---

Bt1	27 - 54	Rojo amarillento(5YR 4/6) ; textura arcilloso ; estructura bloques sub angulares, fuerte, gruesa, ligeramente adherente, plástico, firme, muy duro ; cutanes zonales delgados arcillosos ; muchos poros, finos, medianos, continuos, oblicuos, exped, tubulares, simples ; raíces finas, pocas muy finas ; limite difuso, plano, pH 5 (fuertemente ácido).
Bt2	54 - 122	Pardo rojco (2.5 YR 4/6), textura arcilloso ; estructura en bloques sub angulares fuerte gruesa ; ligeramente adherente plástico y adhesivo, firme, muy duro ; cutanes zonales delgados arcillosos, muchos poros finos, continuos oblicuos, exped tubulares simples ; pocas raíces finas ; limite difuso y plano ; pH 4.9 (fuertemente ácido).
Bt3	+ 122	Pardo rojo (2.5 YR 4/6) ; textura. Arcillosa ; estructura granular fuerte gruesa ; ligeramente adherente y plástico, firme muy duro ; cutanes zonales delgados arcillosos ; poros frecuente, finos, continuos, oblicuos, exped, tubulares simples ; muy pocas raíces muy finas; límite difuso plano ; pH 5.1 ( fuertemente ácido).



Figura n ° 22. Perfil representativo 10

## Descripción del perfil 11

Número del perfil : 11

Nombre del suelo : Localidad La Palma.

Clasificación : **Plinthaquic Kandiudults** (Upaku).

Fecha : 25/03/97

Autor : Ismael Artola Medina, Martha Orozco, Carlos Zelaya

Coordenadas : x 782831.96  
y 1222034.97

### Forma del terreno :

Paisaje : Planicie

Relieve : Casi plano.

Pendiente : A ( 1 %)

Vegetación o uso de la tierra : Palma Africana

Clima : Tropical Lluvioso

### Información general acerca del suelo.

Material parental : Brecha.

Drenaje : 2 (Imperfectamente drenado)

Profundidad de la capa friática : mas de 2 m.

Presencia de piedras sobre la superficie o afloramientos rocosos : no

Evidencia de erosión : Ligera.

Influencia humana : sí.

## Descripción de horizontes.

Horizonte	Prof. (cm)	Descripción
A	0 - 26	Pardo oscuro(10YR 3/3); textura franco arcilloso; estructura granular moderada media; ligeramente adherente y ligeramente plástico, firme, muy duro, cutanes zonales delgado arcillosa; muchos poros, finos a medianos verticales a oblicuos, Inped tubulares, simples; presencia de carbón vegetal; piso de arado, presencia de actividad biológica, insectos; raíces finas a medianas, abundantes; límites gradual y plano; pH 5.5 (fuertemente ácido).
Btgv1	26 - 59	Pardo rojic (2.5YR 4/6), con manchas frecuente medianas de color pardo amarillento claro (10R 6/6), textura arcillosa, estructura bloques sub angulares, moderada media; ligeramente adherente y plástico, firme, duro; cutanes zonales, moderadamente espesos arcillosos; pocos poros, finos continuos verticales, oblicuos inped tubulares, simple nódulos frecuentes de hierro grandes blandos de color negro; raíces muy finas, comunes; límite difuso y plano, pH 5 (fuertemente ácido).
Btgv 2	59 - 100	Rojo (10R 4/6), manchas gruesas de color gris claro (10YR 7/1), textura arcillosa; estructura bloques sub angulares moderada, mediana ligeramente adhesivo y plástico, firme, muy duro; nódulos moderadamente espeso arcilloso rojos, pocos poros muy finos continuos inped, tubulares verticales a horizontales simples, abundantes fragmentos de piedra, angulares brechas volcánicas, fuertemente meteorizadas abundante, grandes, blandos, color rojo, muy pocas raíces muy finas, límite brusco y ondulado; pH 5.1 (fuertemente ácido).



**Figura n ° 23. Perfil representativo 11**



**Figura n ° 24. Paisaje del Perfil 11**

---

## Descripción del perfil 12

Número del perfil : 12

Nombre del suelo: Localidad Laureano Mairena.

Clasificación: **Ruptic Ultic Dystrochreps** (Irudo).

Fecha : 25/03/1997

Autor : Ismael Artola Medina, Martha Orozco, Carlos Zelaya.

Coordenadas. x 278683.42  
y 1224180.87

### Forma del terreno :

Paisaje: pendiente convexa

Relieve: ondulada

Pendiente : C (6%)

Vegetación o uso de la tierra : P3 (pastos degradados con 20% de pastos y 80% de malezas.

Clima : Tropical Lluvioso

### Información acerca del suelo :

Material parental : Brecha

Drenaje : 2 (imperfectamente drenado)

Condiciones de humedad : húmedo totalmente.

Profundidad de la capa friática : a 55 cm.

Presencia de rocas o afloramientos rocosos en la superficie : no

Evidencia de erosión : moderada.

Influencia humana : sí (pastoreo).



### Descripción de horizontes :

Horizonte	Prof. (cm)	Descripción
A	0 - 20	Pardo grisáceo oscuro(10YR 4/2) ; textura arcilloso ; estructura bloque sub angulares moderada, media ; ligeramente adherente y plástico, firme, muy duro ; cutanes zonales delgados arcillosos ; muchos finos poros continuos con orientación vertical, continuos inped, tubulares simples ; presencia carbón vegetal ; actividad biológica crotovinas, nidos de insectos ; abundantes raíces finas a medianas ; limite neto y plano , pH 5.7 (moderadamente ácido).
Bw	20 - 40	Rojo Amarillento (5YR 5/6) ; textura arcillosa ; estructura bloques angulares gruesa espesa ; ligeramente adhesivo y ligeramente plástico, firme, muy duro, presencia cutanes zonales delgados arcillosos ; muchos poros finos continuos verticales, oblicuos tubulares simples ; raíces finas comunes ; limite neto plano ; pH 5.3 (fuertemente ácido).
Cg	40- 53	Rojo (10R 4/6), mucho manchas medias de color pardo grisáceo (10YR 6/1) ; textura arcillosa ; estructura bloques angulares, gruesa, moderada, ligeramente adhesivo y plástico, firme, muy duro ; cutanes zonales delgados arcillosos ; poros muy finos frecuentes tubulares ; nódulos frecuentes pequeños imped rojos ; muy pocas raíces muy finas ; limite neto plano, pH 5.3 (fuertemente ácido).



**Figura n ° 25. Perfil representativo 12**



**Figura n ° 26. Paisaje del perfil 12**

## Anexos 2.

### Análisis de laboratorio de los perfiles de Suelos

Tabla n°7. Análisis de laboratorio del perfil 05. Lithic Udorthents

Horiz	Prof (cm)	Text	pH (H2O)	%			meq/100 g de suelo					meq/100g	%SB	ppm				mg/100 g de Suelo		
				M.O	N	pmm P	K	Ca	Mg	Na	ΣB			CIC	Fe	Cu	Zn	Mn	H	Al
A	0-15	FA	6.0	7.12	0.48	6.69	0.12	21.23	3.13	0	24.48	37.93	64.5	70	2.8	8.3	13.9	0.7	0.0	0.61
AC	15-31	FA	5.8	0.77	0.28	1.76	0.07	14.38	2.82	0.09	17.41	28.32	61.47	90	2.7	3.4	19.9	0.0	1.0	0.38

Tabla n° 8. Análisis de laboratorio del perfil 06. Fluventic Eutrochrepts

Horiz	Prof (cm)	Text	pH (H2O)	%			meq/100 g de suelo					meq/100g S	%SB	ppm				mg/100 g de Suelo		
				M.O	N	pmm P	K	Ca	Mg	Na	ΣB			CIC	Fe	Cu	Zn	Mn	H	Al
A	0-14	A	6.7	6.21	0.51	22.68	0.19	42.88	5.39	0.06	48.5	56.5	85.84	50	9.6	11.8	8.4	0.9	0.0	0.71
Bw1	14-34	AL	6.7	6.21	0.51	7.12	0.03	30.05	5.96	0	36.04	48.52	74.6	60	17.2	12.6	6.3	0.3	0.0	0.28
Bw2	34-60	AL	6.8	1.10	0.53	6.52	0	31.55	7.42	0.02	38.9	45.5	85.6	60	17.4	9.1	4.4	0.2	0.0	0.17
Bw3	60-95	AL	6.1	1.29	0.29	5.24	0	30.3	7.59	0.09	37.9	44.2	85.8	60	17.8	9.6	4.2	0.3	0.0	0.15

Tabla n° 9. Análisis de laboratorio del Perfil 07. Humic Hapludults

Horiz	Prof (cm)	Text	pH (H2O)	%		pmm P	meq/100 g de suelo					meq/100 g	%SB	ppm				mg/100 g de Suel		
				M.O	N		K	Ca	Mg	Na	ΣB			CIC	Fe	Cu	Zn	Mn	H	Al
A	0-15	F	5.2	5.76	0.56	2.01	0	2.67	1.39	0.05	4.11	24.3	16.9	3.5	3.2	6.0	9.4	0.4	0.2	0.23
AB1	15-30	A	4.9	1.48	0.31	0.96	0	0	0.54	0.16	0.7	14.4	4.8	100	1.4	5.2	42.9	0.07	4.81	0.07
Bt	30-50	A	4.9	0.97	0.29	0.72	0	0	1.02	0.07	1.09	24.1	4.5	40	0.17	40	4.6	1.3	7.6	0.17

Tabla n° 10. Análisis de laboratorio del Perfil 11. Plinthaquic Kandiodults

Horiz	Prof (cm)	Text	pH (H <sub>2</sub> O)	%		pmm P	meq/100 g de suelo					ΣB	meq/100g		ppm				mg/100 g		K int
				M.O	N		K	Ca	Mg	Na	CIC		%SB	Fe	Cu	Zn	Mn	H	Al		
A	0-26	FA	5.5	8.48	0.40	2.09	0	5.51	2.87	0.02	8.4	27.34	30.7	160	6.3	7.3	92.8	0.2	0.0	0.15	
Btv1	26-59	A	5	0.90	0.12	0.08	0	0	1.56	0.22	1.78	18.52	9.6	80	8.3	5.1	12.5	2.8	7.15	0.07	
Btv2	59-100	A	5.1	0.38	0.01	0.24	0	0	2.31		2.31	22.97	10	50	6.2	8.3	16.6	1.1	6.9	0.12	

Tabla n°11. Análisis de laboratorio del Perfil 12. Ruptic- Ultic Dystrochrepts

Horiz	Prof (cm)	Text	pH (H <sub>2</sub> O)	%		pmm P	Meq/100 g de suelo					ΣB	meq/100g		ppm				mg/100 g de Suel		
				M.O	N		K	Ca	Mg	Na	CIC		%SB	Fe	Cu	Zn	Mn	H	Al	K	
A	0-20	A	5.7	6.21	0.50	2.01	0	5.94	2.65	0.05	8.64	18.54	46.6	270	5.4	3.6	15.2	0.7	60	0.23	
Bv1	20-40	A	5.3	1.74	0.23	0.56	0	1.07	3.51	0.05	4.63	14.05	32.9	140	6.3	7.9	2.9	60	2.9	0.10	
Cg	30-53	A	5.3	1.22	0.36	0.40	0	0	1.08	0.06	1.14	15.32	7.4	70	5.6	7.9	2.4	0.7	7.3	0.10	

Tabla n° 12. Análisis de laboratorio del perfil 08. Ruptic- Ultic Dystrochrepts

Horiz	Prof (cm)	Text	pH (H <sub>2</sub> O)	%		pmm P	meq/100 g de suelo					ΣB	meq/100g		ppm				mg/100 g de suelo		
				M.O	N		K	Ca	Mg	Na	CIC		%SB	Fe	Cu	Zn	Mn	H	Al	K	
A	0-16	AL	4.5	7.63	0.6	3.48	0.01	2.52	1.77	0	4.3	15.58	27.59	470	5.2	5.3	26.2	1.3	2.3	0.28	
AB	16-26	A	4.6	3.23	0.51	1.84	6.01	0	0.44	0.04	6.49	15.75	41.2	350	3.2	6.0	9.4	1.5	5.2	0.07	
BW	26-50	A	4.4	1.16	0.31	0.56	0	0	0.82	0	0.82	27.48	2.9	150	4.2	5.5	4.6	0.7	12.4	0.10	

Tabla n° 13. Análisis de laboratorio del Perfil 09. Plinthaquic Kandiudults

Horiz	Prof (cm)	Text	pH (H <sub>2</sub> O)	%			meq/100 g de suelo					meq/100	%SB	ppm				mg/100 g de Suelo		K inter
				M.O	N	pmm P	K	Ca	Mg	Na	ΣB			CIC	Fe	Cu	Zn	Mn	H	
A	0-15	FA	5.6	9.83	0.59	1.12	0.13	12.74	8.16	0	21.08	44.91	46.9	150	5.3	11.6	53.8	0.7	0.3	0.51
Btv 1	15-30	A	5.3	2.91	0.59	0.32	0	7.24	8.62	0	15.86	38.95	40.7	140	7.3	2.5	31.7	1.5	7.9	0.17
Btv2	30-40	A	5.3	1.94	0.40	0.32	0	4.98	7.75	0.22	12.95	47.24	27.4	150	9.3	3.7	13.5	3.2	15.5	0.15

Tabla n° 14. Análisis de laboratorio del Perfil 10. Rhodic Kandiudults

Horiz	Prof (cm)	Text	pH (H <sub>2</sub> O)	%			Meq/100 g de suelo					Meq/100	%SB	ppm				Mg/100 de suelo		K inter
				M.O	N	pmm P	K	Ca	Mg	Na	ΣB			CIC	Fe	Cu	Zn	Mn	H	
A	0-27	FA	4.9	4.85	0.56	2.09	0	2.42	1.71	0.01	4.14	19.96	20.74	250	7.6	10.8	14.16	0.6	0.4	0.12
Bt.1	27-50	A	5	1.87	0.17	0.64	0	0.11	1.41	0.10	1.62	15.97	10.1	110	6.7	4.6	1.5	0.2	1.8	0.10
Bt.2	54-122	A	5.6	0.97	0.12	0.32	0	0	1.15	0	1.15	14.42	7.9	50	6.0	16.0	0.9	0.9	0.5	0.07
Bt.3	122	A	5.1	0.51	0.09	0.16	0	0	1.51		1.51	14.70	10.2	40	5.6	3.3	6.2	0.9	5.3	0.07

Tabla n° 15. Análisis de laboratorio del Perfil 01. Rhodic Kandiudalfs

Horiz	Prof (cm)	Text	pH (H <sub>2</sub> O)	%			Meq/100 g de suelo					Meq/100	%SB	ppm				Mg/100 de suelo		K inter
				M.O	N	pmm P	K	Ca	Mg	Na	ΣB			CIC	Fe	Cu	Zn	Mn	H	
A	0-21	FA	5.9	6.34	0.59	1.36	0.01	12.1	2.68	0.11	14.96	22.84	65.4	8.0	15.5	10.7	41.9	0.4	0.0	0.35
AB	21-32	A	5.9	1.87	0.43	0.8	0	5.94	1.64	0.0	7.58	20.9	36.2	50	18.1	5.1	42.8	0.2	0.0	0.10
Bt1	32-52	A	6.1	1.42	0.62	0.56	0	5.99	2.52	0	8.51	16.24	52.4	40	9.7	2.5	14.7	0.2	0.0	0.07
Bt2	52-76	A	5.5	1.10	0.34	0.56	0	3.58	2.69	0	6.3	15.55	40.51	50	13.4	4.0	7.3	0.4	0.0	0.10

Tabla n° 16. Análisis de laboratorio del Perfil 02. Rhodic Kandiudults

Horiz	Prof (cm)	Text	pH (H <sub>2</sub> O)	%			Meq/100 g de suelo					Meq/100	%SB	ppm				Mg/100 de suelo		
				M.O	N	pmm P	K	Ca	Mg	Na	ΣB			CIC	Fe	Cu	Zn	Mn	H	Al
A	0-8	A	4.6	8.6	0.56	1.68	0.11	7.48	3.61	0.0	11.2	38.67	29.0	410	5.0	9.1	109.9	0.7	0.85	0.61
Bt1	8-20	A	4.5	2.84	0.32	0.72	0.02	0.11	1.41	0.0	0.97	30.84	3.1	230	9.5	4.4	29.4	9.42	9.42	0.28
Bt2	20-55	A	4.5	0.84	0.18	0.16	0.0	0	1.15	0.0	0.44	24.36	2.0	60	21.1	4.2	2.8	1.0	11	0.12
C	55-120	A	4.7	0.45	0.12	0.16	0.0	0	1.51	0.0	1.47	75.9	2.0	30	5.3	3.7	2.2	3.85	44.17	0.12

Tabla n° 17. Análisis de laboratorio del Perfil 03. Rhodic Kandiudults

Horiz	Prof (cm)	Text	pH (H <sub>2</sub> O)	%			Meq/100 g de suelo					Meq/100	%SB	ppm				Mg/100 de suelo		
				M.O	N	pmm P	K	Ca	Mg	Na	ΣB			CIC	Fe	Cu	Zn	Mn	H	Al
A1	0-10	A	5.5	4.85	0.50	2.01	0.08	4.15	2.12	0.11	6.46	29.0	22.2	90	22.1	17.2	40.4	0.3	0.0	0.76
A2	10-49	A	5.2	1.87	0.48	1.36	0.0	0.0	1.6	0.05	1.65	19.1	8.6	80	20	8.1	55.2	0.7	0.0	0.10
Bt	49-79	A	5.3	1.35	0.39	0.56	0.0	0.0	2.4	0.11	2.51	17	14	60	25.4	9.9	14.1	0.3	0.5	0.05

Tabla n° 18. Análisis de laboratorio del Perfil 04. Rhodic Kandiudults

Horiz	Prof (cm)	Text	pH (H <sub>2</sub> O)	%			Meq/100 g de suelo					Meq/100	%SB	ppm				Mg/100 de suelo		
				M.O	N	pmm P	K	Ca	Mg	Na	ΣB			CIC	Fe	Cu	Zn	Mn	H	Al
A	0-13	FA	7.2	9.38	0.65	0.88	0.17	27.4	5.09	0.04	32.36	52.9	61	40	6.2	12	15.6	0.4	0.0	1.05
Bt1	13-49	A	5.5	2.26	0.31	0.88	0.0	3.11	3.3	0.7	6.48	22.6	28.6	80	16.2	6.0	42	0.3	0.0	0.12
Bt2	49-90	A	5.2	0.90	0.62	0.40	0.0	2.42	3.80	0.11	6.33	26.7	23.7	60	10.1	3.41	14.0	0.3	3.5	0.10

### **Anexo # 3.**

Metodologías utilizadas en el Laboratorio para el Análisis de Suelos.

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

A las muestras se les realizaron los siguientes análisis:

#### **a. Textura del suelo:**

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

#### **b. pH del suelo :**

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

#### **c) Materia Orgánica :**

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

**d) Nitrógeno :**

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

Para el cálculo del % de nitrógeno se utilizo la siguiente formula :

$$\%N = \frac{a-b}{5} M * 1.4 \text{ mcf}$$

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

b = ml HCL requeridos para el blanco titulado.

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

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

mcf = factor de corrección de la humedad.

**e) Fósforo:**

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

**f) Potasio:**

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



**g) Calcio :**

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

**h) Magnesio :**

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