



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA**  
**Facultad de Tecnología de la construcción**  
**Ingeniería Agrícola**

**Monografía**

**CLASIFICACIÓN AGROLOGICA PARA EL USO Y MANEJO DE LOS SUELOS  
EN LA FINCA MONTE CARMELO, MUNICIPIO DE DIRIÁ, DEPARTAMENTO  
DE GRANADA.**

Para optar al título de Ingeniero Agrícola

**Elaborado por**

Br. Nelson Federico Alvarez Salinas

Br. Wilfredo Martínez León

**Tutor**

MSc. Luis Silverio López Duarte

**Asesor**

Téc. Edaf. Gonzalo Bonilla Castañeda

Managua, Nicaragua

Octubre 2019



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA**  
**FACULTAD DE TECNOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN**  
**DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA AGRÍCOLA**

**Managua, 17 de Octubre del 2019**

**Dr. Ing. Oscar Gutiérrez Somarriba**  
**Decano Facultad Tecnología de la Construcción**  
**Su Despacho**

Estimado Doctor Gutiérrez.

Reciba cordiales saludos

Por medio de la presente le remito el trabajo monográfico titulado **“CLASIFICACIÓN AGROLOGICA PARA EL USO Y MANEJO DE LOS SUELOS EN LA FINCA MONTE CARMELO, MUNICIPIO DE DIRIÁ, DEPARTAMENTO DE GRANADA”**, elaborada por los Brs. Nelson Federico Álvarez Salinas y Wilfredo Martínez León, para poder optar al título de Ingeniero Agrícola.

Cabe mencionar, que ya han sido incorporadas las observaciones realizadas por el Jurado calificador en el proceso de pre defensa, por cuanto, he aprobado su entrega, a fin que este sea sometido al proceso de presentación y defensa.

Sin otro particular al cual hacer referencia, me despido deseándole éxitos en sus funciones.

Atentamente

---

**MSc. Luis Silverio López Duarte**

Tutor

CC: Sustentantes

Archivo

# **Dedicatoria**

## **A Dios**

Al creador Dios todopoderoso, ya que me ha guiado por el camino del éxito a pesar de los tropiezos me ha dado la fuerza para seguir adelante, otorgándome oportunidades en la vida para cumplir con los objetivos planteados.

## **A mi Madre y Familia.**

Regalos de Dios, quienes me apoyaron en cada una de mis metas y a ser un buen profesional. En especial a mi madre como pilar del hogar, siempre fomentando los principios y valores morales que he puesto en práctica; gracia a ello tengo cualidades y aptitudes que me han permitido culminar cada uno de mis objetivos.

## **A mis Amigos**

Por ser parte importante en mi desarrollo académico y estar siempre brindándome su apoyo incondicional.

**Wilfredo Martínez León**

# **Dedicatoria**

## **A Dios**

Al Dios creador de todo, ya que me ha dado la oportunidad de ir cumpliendo mis objetivos, me sostiene y es luz que muestra el camino que debo recorrer por más difícil que se vea, me lleva hasta la meta.

## **A mis Padres y Familia.**

Bendición de Dios, quienes me apoyan en cada una de mis metas y a ser un mejor profesional. Siempre son los promotores y colaboradores de mis proyectos en mi vida profesional, inculcando en mí la práctica de los valores cristianos como partida al éxito en la búsqueda de mis objetivos.

## **A mis Maestros**

Por ser parte importante en mi desarrollo académico, son los guías de mi formación profesional, amigos y colegas.

**Nelson Álvarez Salinas**

# **Agradecimiento**

## **A Dios**

Por darnos su amor y su fuerza en el camino de la vida.

## **A la Familia y amigos:**

Por apoyarnos en todo momento y siempre brindarnos su comprensión y confianza en cada decisión.

## **Al Ing. Luis Silverio López Duarte**

Por ayudarnos a realizar este trabajo y por creer en nosotros.

## **Al Téc. Edaf. Gonzalo Bonilla Castañeda**

Por brindarnos su ayuda desinteresada desde el inicio hasta culminar este trabajo y por transmitirnos todos sus conocimientos.

## **Al Agr. Edgard Espinales Cajina**

Por brindarnos su ayuda desinteresada en la descripción en campo de los perfiles de suelos y por transmitirnos todos sus conocimientos.

## **Al Téc SIG. Javier Morraz**

Por brindarnos su ayuda desinteresada en la aplicación de SIG y por transmitirnos todos sus conocimientos.

**Wilfredo Martínez León**

**Nelson Álvarez Salinas**

## RESUMEN

El presente trabajo investigativo se llevó a cabo en la finca Monte Carmelo del municipio de Diriá, Departamento de Granada. Este estudio se realizó a nivel de detalle, utilizando la metodología desarrollada por la unidad de suelos del Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales (INETER), basado en el programa Catastro e inventario de Recursos Naturales de Nicaragua (1967-71). Se dividió en cuatro fases, la primera fue de Reconocimiento, donde se localizó el sitio de estudio para establecer las rutas de acceso, y se obtuvo información acerca del uso tradicional y actual que se le ha dado a la tierra. La segunda fase, de Recopilación de información, incluyó la obtención de mapas de la zona de estudio proporcionados por INETER, mapas de Suelos a escala 1:25,000 y hojas topográficas a escala 1:50,000; también documentos de descripción de suelos, Uso y manejo de los suelos de la región pacífica de Nicaragua y la Leyenda de campo para interpretación y elaboración de mapas detallados de suelo.

En la tercera fase se realizaron trabajos de campo, consistentes en levantamiento topográfico para la ubicación del sitio de estudio, realización del mapa base de la finca, georreferenciación de los sondeos y calicatas para el análisis de las características de los suelos, y por último, la fase de Postcampo que estructuró una sistematización de la información generada y existente con la ayuda de los software: Excel y ArcGIS10.3.

La finca cuenta con suelos Francos arcillosos y arcillosos, con pendientes máximas de 27% y en las áreas productivas desde 1.5 – 9%, con drenaje que varía entre moderadamente drenado a bien drenados, profundos con limitaciones de capas de talpetate, erosión moderada, poca presencia de gravas fina y muy fina en el perfil y capacidad de almacenamiento de agua de alta a muy alta. Con todos los resultados de campo y de laboratorio, al final se logró clasificar los suelos de la finca según sus características físicas, químicas y morfológicas, todos expresado en mapas temáticos de modo que permitan tomar decisiones a la hora de planificar las labores que se llevan a cabo para cultivar en el área estudiada.

# Contenido

I.	INTRODUCCIÓN .....	1
II.	ANTECEDENTES.....	2
III.	JUSTIFICACIÓN .....	3
IV.	OBJETIVOS.....	4
4.1.	Objetivo General:.....	4
4.2.	Objetivos Específicos:.....	4
V.	MARCO TEÓRICO .....	5
5.1.	Descripción de la zona.....	5
5.1.1.	Descripción Fisiográfica.....	5
5.1.2.	Uso de la tierra y vegetación.....	6
5.2.	Aspectos generales .....	7
5.2.1.	Geología.....	7
5.2.2.	Estratigrafía .....	7
5.3.	Los suelos .....	8
5.3.1.	Factores de formación del suelo .....	9
5.3.2.	Características de la superficie .....	15
5.3.3.	Estudio de suelos .....	16
5.4.	Importancia y estructura de la clasificación de suelos.....	25
5.5.	Clasificación de los suelos según su capacidad de uso .....	27
5.5.1.	Divisiones o grupos de capacidad.....	27
5.5.2.	Clase de capacidad de uso agrológica de los Suelos .....	28
5.5.3.	Subclases de capacidad .....	32
5.6.	El perfil y los horizontes del suelo .....	32
5.6.1.	Nomenclatura de los horizontes del suelo.....	33
5.6.2.	Descripción de horizontes.....	39
5.6.3.	Valores diagnósticos (cualidades de la tierra y/o características de la tierra) para cada unidad cartográfica de Suelo.....	39
5.7.	Prácticas de manejo del suelo .....	40
5.7.1.	Prácticas simples de conservación .....	41
5.7.2.	Prácticas especiales para el control de erosión por agua .....	45
5.7.3.	Prácticas especiales para el control de la erosión por viento (eólica).....	47

5.7.4.	Prácticas de drenaje .....	49
5.7.5.	Prácticas de riego .....	50
5.7.6.	Reducción de sales en los suelos salinos .....	52
5.8.	ArcGIS .....	53
VI.	DISEÑO METODOLÓGICO .....	54
6.1.	Localización del sitio .....	54
6.2.	Condiciones climáticas .....	54
6.3.	Tipo de investigación. ....	54
6.4.	Etapas inicial .....	55
6.5.	Reconocimiento y trabajo de campo .....	56
6.5.1.	Levantamiento Topográfico .....	56
6.5.2.	Zona de vida y uso de la tierra .....	56
6.6.	Características de la superficie del suelo .....	57
6.7.	Muestreo de suelos.....	57
6.8.	Descripción de Calicatas.....	58
6.9.	Determinación de propiedades físicas .....	60
6.9.1.	Determinación del color del suelo .....	61
6.9.2.	Determinación de la Textura del suelo .....	61
6.9.3.	Determinación de la Estructura .....	62
6.9.4.	Densidad del suelo .....	63
6.9.5.	Porosidad .....	64
6.10.	Determinación de propiedades químicas.....	64
6.11.	Caracterización de las unidades cartográficas de suelos y clasificación para la clase de capacidad agrologica.....	64
6.12.	Elaboración de mapa de suelos. ....	65
6.13.	Criterios para la clasificación de uso, manejo y plan de aprovechamiento de los suelos de la finca. ....	65
7.	ANÁLISIS E INTERPRETACION DE RESULTADOS. ....	67
7.1.	Características de la superficie del suelo .....	67
7.2.	Descripción morfológica de los perfiles de suelo de la finca Monte Carmelo....	67
7.2.1.	Descripción del perfil P1 .....	67
7.2.2.	Descripción del perfil P2. ....	69
7.2.3.	Descripción del perfil P3 .....	71
7.2.4.	Descripción del perfil P4 .....	73

7.3.	Caracterización física y química suelos de la finca Monte Carmelo. ....	76
7.4.	Sistematización de resultados químicos de la finca Monte Carmelo .....	78
7.5.	Clase de capacidad Agrológica de los suelos de la finca Monte Carmelo .....	84
7.6.	Plan de aprovechamiento de la finca. Uso y manejo de los suelos. ....	87
8.	CONCLUSIONES.....	93
9.	RECOMENDACIONES .....	95
10.	BIBLIOGRAFÍA.....	96
11.	ANEXOS.....	i
11.1.	Tablas para la caracterización de cada perfil, clasificación físico-química y uso de los suelos.....	i
11.2.	Tablas de resultados de análisis físico-químicos de los suelos de la finca Monte Carmelo.....	ix
6.1.	Figuras y mapas. ....	xiii

## **I. INTRODUCCIÓN**

El suelo es un cuerpo natural que tiene capacidad para servir de soporte a las plantas con raíces en un medio natural, siendo la fuente fundamental para la vida y la transferencia de nutrientes que estas necesitan (United States Department of Agricultural, 1999; USDA, 2006).

Nicaragua es un país que ha realizado pocos estudios sobre clasificación de los suelos a nivel de finca, lo cual, acompañado a la falta de transferencia tecnológica y capacitación agro-técnica ha ocasionado un mal uso y deficiente manejo de los suelos para la agricultura y ganadería, teniendo como consecuencia una baja producción agrícola y pecuaria.

Teniendo en cuenta los parámetros del suelo, se puede establecer un uso y manejo adecuado del mismo acorde a sus propiedades edáficas, para el aprovechamiento y desarrollo óptimo de la producción, y con ello conseguir una actividad productiva rentable y sustentable.

En este estudio, se realizó una caracterización de los suelos de la finca Monte Carmelo, utilizando como guía para la clasificación de suelos la metodología desarrollada por el programa Catastro e inventario de Recursos Naturales de Nicaragua, y la guía metodológica de la FAO. Al mismo tiempo, se usaron formatos de INETER para descripción de suelos, y con los resultados del estudio se realizó una propuesta de manejo que permitirá un óptimo aprovechamiento de las tierras en la producción agrícola.

## II. ANTECEDENTES

Los suelos que corresponde a la finca “Monte Carmelo” fueron cartografiados por el Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG), de manera general, cuando se realizó un estudio de suelos a nivel detallado y semidetallado de la región del pacífico de Nicaragua, editado en 1971, fotomapas de suelos a escala 1:20,000 y el informe técnico de tres volúmenes, a través del Programa Catastro e Inventario de Recursos Naturales de Nicaragua, Ministerio de Economía Industria y Comercio, Ministerio de Agricultura y Ganadería – Departamento de Suelos y Dasonomía, el cual se titula *Levantamiento de Suelos de la Región Pacífica de Nicaragua: Volumen I, Descripción de Suelos; Volumen II, Uso y Manejo de los suelos; Volumen III, Génesis y Clasificación de suelos*, en el cual se describe las clases de suelos, la serie a la que pertenece y las prácticas de uso y manejo, la que en este caso corresponde a la serie Diriomo.

La serie Diriomo consiste de suelos profundos, bien drenados, parduzcos, con permeabilidad moderada. Son moderadamente altos en materia orgánica, altos en bases, altos en potasio y deficientes en fósforo. Los suelos se usan principalmente para maíz, sorgo, ajonjolí y pastos. Las áreas más altas, están usadas para café. Estos suelos se han desarrollado de cenizas volcánicas depositadas sobre pómez. Se encuentran en planicies onduladas que se extienden al oeste de los pueblos de Diriomo y Diria.

La serie Diriomo se encuentra en la zona de vida bosque subtropical húmedo, transición a tropical cálido.

Actualmente la finca Monte Carmelo no cuenta con un estudio detallado de los suelos.

### **III. JUSTIFICACIÓN**

La información de suelos de la región del pacífico de Nicaragua más completa data de 1971, el cual fue un estudio general (detallado y semidetallado a nivel regional) sobre la descripción, uso y manejos de los suelos en el pacifico de Nicaragua, por cuanto, es necesario generar información nueva para las planificaciones de inversión y explotación sustentable de las tierras destinadas a la producción agropecuaria.

Por ello, en la finca Monte Carmelo, al igual que la inmensa mayoría de las unidades productivas del país no se cuenta con estudios de suelos detallados a nivel de finca que permitan gestionar el recurso, por lo cual, se hace necesario caracterizar agrologicamente los suelos del sitio en estudio. La identificación de las características y cualidades edáficas del suelo y del ambiente que lo rodea, permitió saber cómo funciona el ecosistema y los patrones de desarrollo de las plantas con lo que se pudo hacer recomendaciones para el uso y manejo adecuado del suelo con el fin de reducir al mínimo los impactos negativos al ecosistema.

La presente investigación es un instrumento a la hora de tomar decisiones de inversión, dado que los resultados de los estudios sirven como variables en temas como: selección de cultivo, aplicación de riego y aplicación de fertilizante necesario; con estos resultados se pretende mejorar las actuales condiciones en que se encuentran los cultivos y determinar si se deberán cambiar a otros rubros o mejorar la explotación existente.

Los resultados de esta investigación serán útil como material de apoyo para investigaciones futuras, que en el ámbito académico faciliten nuevos estudios en diferentes sitios, con lo que se pueda paulatinamente construir una base de datos de suelos del país a detallado a nivel de finca.

## **IV. OBJETIVOS.**

### **4.1. Objetivo General:**

- Elaborar la clasificación agrologica para los suelos de la finca MONTE CARMELO en base a los estudios edafológicos para su uso y manejo óptimo.

### **4.2. Objetivos Específicos:**

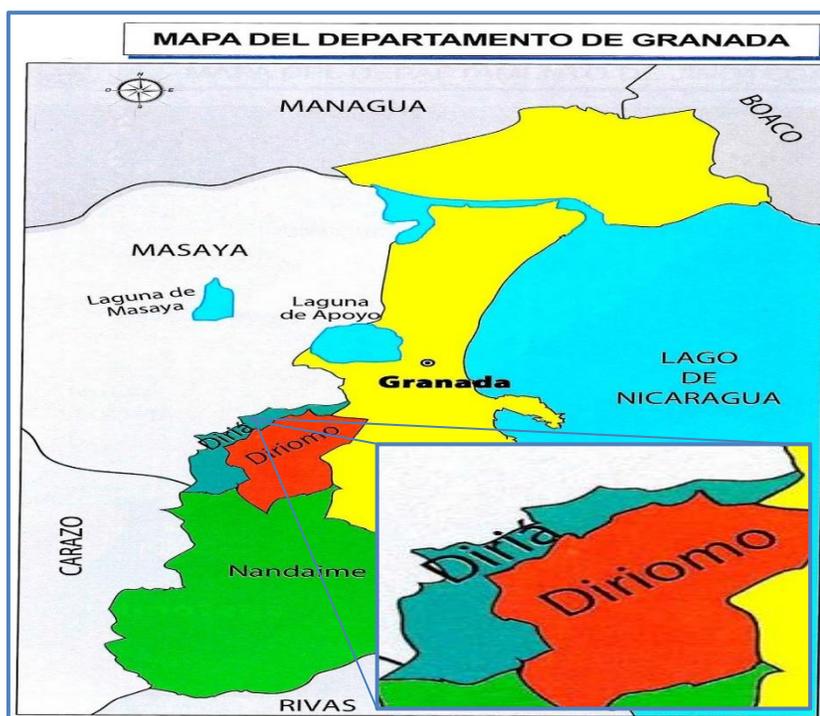
- Caracterizar los suelos del sitio en estudio mediante la implementación de la metodología desarrollada por el programa Catastro e inventario de Recursos Naturales de Nicaragua (año 1967-71), y la guía metodológica de la FAO (2009) para obtener una clasificación agrologica a nivel de finca.
- Realizar un estudio físico y químico de los suelos de la finca MONTE CARMELO, mediante análisis en campo y laboratorio para conocer la fertilidad de los mismos.
- Proponer un plan de aprovechamiento sustentable de la finca MONTE CARMELO de acuerdo a las características edáficas y climáticas de la finca.

## V. MARCO TEÓRICO

### 5.1. Descripción de la zona

La finca “Monte Carmelo” pertenece a la comarca “Santa Elena”, Municipio de “Diriá”, Departamento de Granada, limita al Norte con la Laguna de apoyo, al Sur con la comarca La Zopilota, al Este con el municipio Diriomo y al Oeste con el municipio de San Juan de Oriente.

Figura 1. Localización del Municipio de Diriá, Departamento de Granada



Fuente. INIDE Nicaragua, 2015.

#### 5.1.1. Descripción Fisiográfica

La comarca “Santa Elena” se localiza en la “Provincia Volcánica del Pacífico, Sub provincia Cuestas de Diriamba” en la unidad geomorfológica denominada también “Mesetas de Carazo”. La litología dominante consiste de materiales piroclásticos del Plio-Pleistoceno que se distribuyen formando filetes arizados con drenajes profundos y angulares. El drenaje superficial escurre hacia el río Limón, río Chiquita y Las Pilas para desembocar luego en Laguna de Apoyo.

En esta localidad se aprecian dos estaciones bien marcadas.

- ✓ Estación lluviosa, comprendida entre los meses de Mayo a Octubre.
- ✓ Estación seca, comprendida entre los meses de Noviembre a Abril.

La topografía se caracteriza por tener un relieve ligeramente inclinado a fuertemente inclinado con pendientes de 4 a 15%, con buen drenaje.

### **5.1.2. Uso de la tierra y vegetación**

El uso de la tierra tiene gran influencia en la dirección y en la tasa de formación del suelo a su vez la información sobre el tipo de cultivo(s) que hay en el sitio es importante porque da una idea de la naturaleza de la alteración del suelo como resultado de las prácticas de manejo.

Por otro lado la vegetación es un factor dominante en la información del suelo, ya que es la fuente primaria de la materia orgánica y por su importante rol en el reciclaje de nutrientes e hidrología del sitio y el microclima local.

La zona donde se ubica la finca ha sido deforestada, aunque todavía se encuentra una cantidad de vegetación considerable, con especies tales como: Guanacaste (*Enterolobium cyclocatpum*), guachipilín (*Diphysa robinoides*), guácimo (*Guazuma ulmifolia*), laurel (*Cordia alliodora*), pochote (*Bombacopsis quinata*), cedro (*Cedrus*), cedro real (*Cedrela odorata*), tecas (*Tectona grandis*), madroño (*Arbutus unedo*), jengibre (*Zingiber officinale Roscoe*), bambú caña brava (*Bambusa vulgaris Schrad*), bambú (*Bambusoideae*); también tiene algunas variedades frutales como: mango (*Mangifera indica*), nancite (*Byrsonima crassifolia*), mamon (*Melicoccus bijigatus*), marañones (*Anacardium occidentale*), sapote (*Pouteria sapota*), pitahaya (*Hylocereus undatus*), guineo cuadrado (*Musa Paradisiaca*), guayaba (*Psidium guajava*), papaya (*Carica papaya*), naranja (*Citrus sinensis*), mandarina (*Citrus reticulata*), coco (*Cocos nucifera*), coyolito (*Bactris major*) y otros arbustos no identificados. (Guevara, A., 2007)

Además es importante mencionar que el sitio de estudio cuenta con pastos como el jaragua (*Hyparrhenia rufa*) y estrella (*Cynodon plectostachius*), tiene área de cultivos como: frijol (*Phaseolus vulgaris*) y yuca (*Manihot esculenta Crantz*).

Esta comunidad no recibe ninguna asistencia técnica en lo que respecta a los recursos naturales.

## **5.2. Aspectos generales**

### **5.2.1. Geología**

La geología local se define como la secuencia estratigráfica del área, comprendiendo las rocas cuaternarias del pleistoceno hasta el cuaternario reciente, descrita en los perfiles estratigráficos de la zona.

Los depósitos volcánicos de origen reciente están formados por materiales piroclásticos, cenizas finas, pómez, lapilli, entre otros. Las capas más recientes están constituidas por pómez intemperizados y arenas piroclásticas finas hasta gruesas, los cuales fueron depositadas en las planicies de altura intermedia (Meseta de Carazo-La concepción); estribaciones de las sierras de Managua (Ticuantepo-San Ignacio) y planicies de Altagracia y Moyogalpa (Isla de Ometepe).

Dentro de estas capas aparecen pequeños lentes de aluviones arcillosos, arenas finas y grava producto de las erosiones de los sedimentos del pleistoceno y de piroclastos cuaternario. (Marín Castillo, E., 1972)

### **5.2.2. Estratigrafía**

El municipio de Dirià se encuentra en una secuencia joven y relativamente gruesa que a su vez yace en forma discordante sobre los depósitos del grupo Las Sierras del plio-pleistoceno. (INETER, 1971).

Esta secuencia se derivó de dos fuentes principales, el volcán de Apoyo y el complejo de la pre-caldera de Masaya donde solo se consideran tres unidades significativas:

- ✓ Pómez de Apoyo
- ✓ Toba líticas
- ✓ Aglomerados

En orden ascendente, este grupo está formado por aglomerados con casi 20% de pómez, intercalada con areniscas de la formación El Salto (interdigitación) lo cual representa el nivel más inferior de este grupo. Sobre este nivel se observa un paquete de aglomerados tobáceos, en el cual la pómez es ya subordinada, también se presentan intercalaciones de areniscas de la formación El Salto, pero formando capas delgadas. Sobre lo anterior se encuentran intercalaciones de tobas y aglomerados; algunos horizontes de estos aglomerados presentan grandes fragmentos de bombas (15 x 10 cm). En la parte superior de esta secuencia se presentan capas gruesas de tobas de colores claros y en su secuencia hacia el tope presentan intercalaciones en capas de lapilli 15 - basáltico de color oscuro, que son dominantes en las partes superiores.

### **5.3. Los suelos**

El suelo es un cuerpo natural formado por una fase sólida (minerales y materia orgánica), una fase líquida y una fase gaseosa que ocupa la superficie de la tierra, organizada en horizontes o capas de materiales distintos a la roca madre, como resultado de adiciones, pérdidas, transferencias y transformaciones de materia y energía, que tiene capacidad para servir de soporte a las plantas con raíces en un medio natural.

Los límites superiores del suelo son la atmósfera, las aguas superficiales poco profundas (es decir, que pueden soportar el crecimiento de raíces), las plantas vivas o el material orgánico que no ha comenzado a descomponerse. Los límites horizontales los constituyen áreas donde el suelo es invadido por aguas profundas (más de 2.5 m), materiales estériles, rocas o hielo. El límite inferior está constituido por la roca dura y continua (United States Department of Agricultural, 1999; USDA, 2006).

- ✓ **Los horizontes edáficos:** Son capas aproximadamente paralelas a la superficie del terreno y se establecen en función de cambios de las propiedades y constituyentes (que son el resultado de la actuación de los procesos de formación del suelo) con respecto a las capas inmediatas (Jordán, 2005).
- ✓ **Estratos:** Según Honorato (2000, p.1), citado por Téllez, Cerrato y Hernández (2004), los estratos son “capas que se determinan en forma arbitraria según una o más características descriptivas que indiquen diferencias en el perfil”, por ejemplo: textura, color, cantidad de raíces, estructura, etc.
- ✓ **El Perfil:** Es un corte vertical del suelo desde la superficie hasta la roca no alterada, en la que se pueden distinguir varios horizontes del suelo.
- ✓ **Pedón:** Área mínima que puede considerarse representativo de un suelo y no debe tener una superficie menor a 1 m<sup>2</sup>.
- ✓ **El polipedón:** Se define como un grupo o conjunto de pedones similares contiguos. Representa la población de individuos a cartografiar. Es la unidad para la clasificación del suelo.
- ✓ **El epipedón:** (*Gr. epi*, sobre y *pedón*, suelo) es un horizonte que se forma en o cerca de la superficie del suelo y en el cual, la mayor parte de la estructura de la roca ha sido destruida. Está oscurecido por la materia orgánica o muestra evidencias de eluviación o ambas.

### 5.3.1. Factores de formación del suelo

La relación entre el suelo y sus factores formadores puede expresarse de la siguiente forma: El carácter del suelo viene determinado por la acción de ciertos procesos que dependen del clima (factor activo), modificados por la geomorfología (factor activo indirecto). Estos procesos actúan directamente a través de la

vegetación (factor activo pero condicionado por el suelo, clima, topografía y, hasta que se alcance el clímax, por el tiempo) o indirectamente a través de otros factores bióticos sobre un material originario dado (agente pasivo) que se ha visto afectado por procesos de meteorización a lo largo del tiempo y que afecta así, aunque no directamente, el resultado final.

### **A. Condiciones atmosféricas del clima y tiempo**

Las condiciones climáticas del sitio son propiedades importantes que influyen en el crecimiento de las plantas y la formación de suelos. Como mínimo, se debe recolectar información sobre la temperatura promedio mensual (en grados Celsius) y la precipitación media mensual (en milímetros), haciendo uso de datos existentes de la estación meteorológica más cercana al sitio (FAO, 2009, p. 9).

Se debe notar que el tiempo actual y las condiciones climáticas de los días anteriores al levantamiento, influyen en la humedad y estructura del suelo. Adicionalmente, se debe reportar la condición climática prevaleciente en el momento de la descripción, así como la de días anteriores.

### **B. Regímenes climáticos del suelo**

Cuando sea posible, se debe indicar los regímenes climáticos del suelo. Se deben mencionar específicamente, los regímenes de humedad y temperatura del suelo de acuerdo con la *Clave Taxonómica*. Cuando esta información no esté disponible o no pueda ser derivada confiablemente a través de información climática representativa, es preferible dejar el espacio en blanco. Otros parámetros agro climáticos que vale la pena mencionar son: la clasificación climática local, la zona agro-climática, duración del periodo de crecimiento, etc. (FAO, 2009).

#### **✓ Regímenes de temperatura del suelo**

La temperatura del suelo es una de sus propiedades importantes. Dentro de límites, la temperatura controla las posibilidades para el crecimiento de plantas y la formación de suelos. Por debajo del punto de congelamiento, no existe actividad biótica, el agua no se mueve como líquido, y a no ser que haya descongelamiento,

el tiempo se detiene todavía para el suelo. Entre 0 a 5°C, el crecimiento de las raíces de la mayoría de especies y la germinación de la mayoría de semillas es imposible. Un horizonte con una temperatura de 5°C es una restricción térmica a las raíces de la mayoría de las plantas.

Cada pedón tiene un régimen de temperatura característico que puede ser medido y descrito. Para la mayoría de propósitos prácticos, el régimen de temperatura puede ser descrito por: la temperatura media anual; las fluctuaciones estacionales promedio con respecto a la media; y el gradiente de temperatura más caliente y más frío por estación dentro la zona de enraizamiento, que es la zona con profundidad de 5 a 100 cm.

#### ✓ **Regímenes de humedad del suelo**

El término régimen de humedad del suelo, se refiere a la presencia o ausencia ya sea de agua subterránea o agua retenida a una tensión menor de 1500 kPa en el suelo o en horizontes específicos durante periodos del año. El agua retenida a una presión de 1500 kPa o mayor, no está disponible para mantener vivas a la mayoría de plantas mesofíticas.

La disponibilidad de agua también es afectada por las sales disueltas. Cuando un suelo está saturado con agua que es muy salina para estar disponible para las plantas, se considera salino en lugar de seco. En consecuencia, un horizonte es considerado seco cuando la tensión de humedad es 1500 kPa o más, y es considerado húmedo, cuando el agua está retenida a una tensión menor de 1500 kPa pero mayor a cero (FAO, 2009).

#### **C. Geoforma y topografía (relieve)**

La Geoforma se refiere a cualquier componente o rasgo físico de la superficie terrestre que ha sido formado por procesos naturales y que tiene una forma o cuerpo diferente. La topografía se refiere a la configuración de la superficie de la tierra descrita en cuatro categorías:

- La geoforma principal, que se refiere a la morfología de todo el paisaje.
- La posición del sitio dentro el paisaje.
- La forma de la pendiente.
- El ángulo de la pendiente.

#### ✓ **Geoforma principal**

Las geoformas se describen principalmente por su morfología y no por su origen genético o por los procesos responsables de su forma. La pendiente dominante es el criterio principal de diferenciación, seguido por la intensidad de relieve (Ver anexos cuadro 1. Jerarquía de las geoformas principales, pág. i). La intensidad del relieve es la diferencia media entre el punto más alto y el más bajo en una distancia específica dentro del terreno. La distancia específica puede ser variable. La intensidad del relieve se da normalmente en metros por kilómetro.

Cuando hay paisajes complejos, las geoformas sobresalientes deben tener al menos 25 m de alto (si no debe ser considerada como mesorelieve) excepto para las terrazas, donde las principales deben tener diferencias de elevación de por lo menos 10 m.

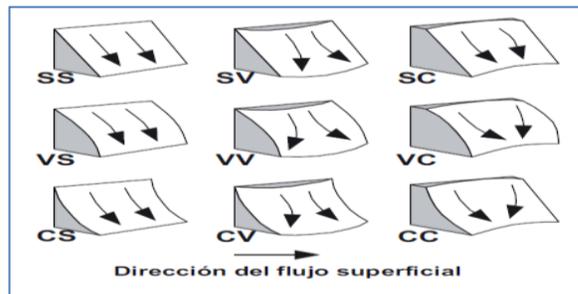
#### ✓ **Posición**

Se debe indicar la posición relativa del sitio dentro de la unidad de tierra. La posición afecta las condiciones hidrológicas del sitio (drenaje externo e interno; por ejemplo: escurrimiento subsuperficial), que puede ser interpretado como predominante, receptor de agua, transportador de agua o ninguno de ellos.

#### ✓ **Forma de la pendiente**

La forma de la pendiente se refiere a la forma general de la pendiente en ambas direcciones: vertical y horizontal.

Figura 2. Forma de pendiente y direcciones de la superficie



Fuente: FAO, 2009.

Cuadro 1. Clasificación de las formas de las pendientes.

S	Plano
C	Cóncavo
V	Convexo
T	Terraceado
X	Complejo (Irregular)

Fuente: FAO, 2009.

### ✓ Gradiente y orientación de la pendiente

El grado de la pendiente se refiere a la pendiente de la superficie alrededor del sitio; se mide usando un clinómetro dirigido en la dirección de la pendiente más empinada.

Cuando no es posible la lectura del clinómetro se deben de integrar las estimaciones de campo con el grado de pendiente calculado a partir de las curvas de nivel presentes en un mapa topográfico.

El grado de pendiente se determina de dos maneras: la primera y la más importante, es por medio de mediciones actuales en campo, y la segunda a través de la entrada en una de las clases; estas pueden requerir una de las modificaciones para adecuarse a condiciones topográficas locales (ver anexos cuadro 1. Jerarquía de las geoformas principales, cuadro 2. Clases de gradiente de la pendiente (%), pág. i).

#### **D. Material parental**

El material parental es el material de donde presumiblemente el suelo se formó. El material parental debe ser descrito de la manera más precisa posible, indicando su origen y su naturaleza. Existen básicamente dos grupos de material parental sobre el cual el suelo se formó: materiales no consolidados (mayormente sedimentos) y material intemperizado que se encuentra sobre las rocas que le dio origen. Existen casos transicionales, como los materiales parcialmente consolidados y que fueron transportados, por agua, llamados alluvium (fluvial si fue transportado por un río), por gravedad, (llamado coluvial). Existen también materiales de suelo natural realmacenado o sedimentos, así como materiales tecnogénicos. La confiabilidad de la información geológica y el conocimiento de la litología local determinarán si se da una definición general o específica del material parental.

#### **E. Actividad Biológica**

La actividad biológica incluye la contribución a la formación del suelo por plantas y animales que forman la materia orgánica del mismo.

Las plantas o vegetación influyen la formación del suelo al controlar 1) el tipo, cantidad y distribución de la materia orgánica en el suelo; 2) la circulación de nutrientes en el suelo y 3) el grado de protección que se da a la superficie del suelo. Los microorganismos ayudan a descomponer la materia orgánica, a combinar el nitrógeno libre en formas más asimilables por las plantas.

La contribución del hombre al usar las tierras ha sido principalmente destructiva y ha resultado en cambios significativos en algunas partes del área del pacífico. Labores inapropiadas o usos inapropiados de la tierra han acelerado la erosión y pérdida de suelos en muchos lugares (Catastro, 1971).

### **5.3.2. Características de la superficie**

Primero se registran las características de la superficie del suelo o sitio como afloramientos rocosos, fragmentos gruesos rocosos, erosión inducida por el hombre, encostramiento y agrietamiento. (FAO, 2009)

#### **A. Afloramientos rocosos**

La exposición de la roca madre puede limitar el uso de equipamiento moderno de mecanización agrícola. Los afloramientos rocosos deben ser descritos en términos de porcentaje de cobertura en la superficie, junto con información adicional relevante al tamaño, espaciamiento y dureza de los afloramientos.

#### **B. Fragmentos gruesos superficiales**

Los fragmentos gruesos superficiales que incluyen aquellos que se exponen parcialmente, deben de ser descritos en términos de porcentaje de cobertura superficial y tamaño de los fragmentos.

#### **C. Erosión**

Proceso natural o inducido de movimiento de las partículas del suelo de un sitio a otro principalmente por medio de la acción del agua, viento o por la acción del hombre.

#### **Tipos Erosión**

- |                           |                          |
|---------------------------|--------------------------|
| ✓ Por origen:             | ✓ Por agentes causantes: |
| a) Natural o geológica.   | a) Eólica (por viento).  |
| b) Antrópica o acelerada. | b) Hídrica (por agua)    |

#### **D. Encostramiento**

El encostramiento se usa para describir las costras que se desarrollan en la superficie del suelo después de que la parte superior del suelo se seca. Estas costras pueden impedir la germinación de la semilla, reducir la infiltración del agua e incrementar el escurrimiento.

#### **E. Grietas superficiales**

Las grietas superficiales se desarrollan en suelos ricos en arcillas que se contraen y expanden luego de secarse.

### 5.3.3. Estudio de suelos

#### A. Muestreo de suelos

El muestreo del suelo se usa para cuantificar el contenido del suelo en un área determinada. Las estrategias implicadas van desde el contacto directo y el análisis de la tierra. Sipe Marion (s.f.) cita a Montana State University: Estrategias de muestreo de suelos (s.f.). El muestreo para propósitos de clasificación taxonómica involucra estrategias diferentes que el muestreo para fertilidad de suelo, estratigrafía, condiciones hídricas, etc. Hay varios tipos de muestras y estrategias de muestreo que son de uso común en levantamiento de suelos.

#### ✓ **Tipo de muestras de suelos. (Según USDA, 2000)**

- **Muestras de referencia** (también llamadas, de manera general, muestras "simples"). Esta denominación se aplica a todas las muestras que se recogen para análisis muy específicos; por ej: sólo pH. Comúnmente, no se recogen muestras de referencia para todas las capas del perfil; por ej: sólo los 10 cm superiores; sólo de la capa más restrictiva para las raíces, etc.
- **Muestras de caracterización.** Estas muestras incluyen suficientes análisis físicos y químicos del suelo, de virtualmente todas las capas, para caracterizar plenamente un perfil edáfico por el "Soil Taxonomy" y para propósitos interpretativos generales. Los análisis específicos requeridos varían con el tipo de material; por ej: un Molisol exige algunos análisis diferentes a los realizados para Andisoles. Sin embargo, se estudia un amplio rango de características para todas las capas del suelo (por ej: pH, análisis del tamaño de partículas, Capacidad de Intercambio Catiónico, ECEC, saturación con bases, contenido de carbono orgánico, etc.).

#### ✓ **Sistemas para la determinación de muestras**

- **Muestreo al azar:** Este método consiste en que el investigador toma muestras de suelo de las áreas de un sitio determinado elegido al azar.

Puede ser utilizado con fines agrícolas para determinar los niveles generales de importantes nutrientes como el nitrógeno y el fósforo, le dice al investigador si el sitio es adecuado para los cultivos y cosechas, sugiere que podría hacerlo mejor.

- **Muestreo sistemático:** En el muestreo de cuadrícula, un área se divide en secciones. Esto da una mejor idea de la variabilidad de la zona y la concentración y la densidad de nutrientes. Evita el peligro de un muestreo aleatorio, que a veces puede dar lugar a demasiadas muestras recogidas de la misma región. Esta información puede ser utilizada por los agricultores para ajustar las cantidades y tipos de fertilizantes que utilizan, para identificar los microorganismos que habitan en el área o para evaluar los peligros de la tierra contaminada.

## **B. Calicata**

Las calicatas o catas son una de las técnicas de exploración empleadas para facilitar el reconocimiento geotécnico, estudios edafológicos o pedológicos de un terreno (Sorto, 2012).

Las calicatas permiten la inspección directa del suelo que se desea estudiar y, por lo tanto, es el método de exploración que normalmente entrega la información más confiable y completa.

La sección mínima recomendada es de 0.80 m por 1.00 m, a fin de permitir una adecuada inspección de las paredes. Las calicatas permiten: Una inspección visual del terreno *in situ*, Toma de muestras, Realización de algún ensayo de campo.

## **C. Propiedades físicas**

Las propiedades físicas en un suelo regulan las relaciones aire – agua – planta, pudiéndose afirmar que no existe una sola de ellas que no afecte el desarrollo vegetal (González, Pedraza & Pérez, 2009, p. 88). Estas propiedades son: color, textura, estructura, densidad real, densidad aparente y porosidad.

### ✓ **Color**

El color del suelo es una de las características morfológicas más importantes, es la más obvia y fácil de determinar, permite identificar distintas clases de suelos, es el atributo más relevante utilizado en la separación de horizontes y tiene una estrecha relación con los principales componentes sólidos de este recurso.

El color del suelo refleja la composición así como las condiciones pasadas y presentes de óxido-reducción del suelo. Está determinado generalmente por el revestimiento de partículas muy finas de materia orgánica humificada (oscuro), óxidos de hierro (amarillo, pardo, anaranjado y rojo), óxidos de manganeso (negro) y otros, o puede ser debido al color de la roca parental (FAO, 2009, p. 34). Se usa para distinguir las secuencias en un perfil del suelo, determinar el origen de materia parental, presencia de materia orgánica, estado de drenaje y la presencia de sales y carbonato.

### ✓ **Textura**

La textura de un suelo es la proporción de los tamaños de los grupos de partículas que lo constituyen y está relacionada con el tamaño de las partículas de los minerales que lo forman y se refiere a la proporción relativa de los tamaños de varios grupos de partículas de un suelo (FAO, 2009, p. 26), y se describe como una clase textural de suelo. Esta propiedad ayuda a determinar la facilidad de abastecimiento de los nutrientes, agua y aire que son fundamentales para la vida de las plantas.

Los nombres para las clases de tamaño de partícula corresponden estrechamente con la terminología estándar comúnmente utilizada, incluida aquella del sistema utilizado por el Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA). Sin embargo, muchos sistemas nacionales que describen el tamaño de las partículas y las clases texturales usan más o menos los mismos nombres pero diferentes fracciones de grano de arena, limo y arcilla, y clases texturales (Ver anexos Cuadro 4. Textura del perfil, pág. ii).

### ✓ **Estructura**

La estructura del suelo se refiere a la organización natural de las partículas del suelo en unidades de suelo discretas agregados o peds que resultan de procesos pedogenéticos. Los agregados están separados entre sí mediante poros o vacíos (FAO, 2009, pp. 45–48).

La estructura del suelo se describe en términos de grado, tamaño y tipo de agregados. Cuando un horizonte contenga agregados de más de un grado, tamaño o tipo, los diferentes tipos de agregados se deben describir por separado e indicar sus relaciones (Ver anexos cuadro 7. Clasificación de la estructura de suelos agregados, pág. iii).

#### ***Tipos de Estructura del suelo***

Los tipos básicos naturales de estructura describe el tamaño medio de los agregados individuales se definen en el Cuadro 7 y figura 1 (Ver anexos, pág. iii y xiii). Cuando se requiera, se pueden distinguir casos especiales o combinaciones de estructuras, que son subdivisiones de las estructuras básicas.

### ✓ **Densidad real**

La densidad real o densidad de la fase sólida del suelo, es la relación entre la masa del suelo seco y la masa de igual volumen de agua. El valor de la densidad real depende de la naturaleza de los minerales integrantes y de la cantidad de sustancias orgánicas. Usualmente se expresa en  $\text{gr}/\text{cm}^3$ .

*Ecuación 1*

$$D_r = \frac{P_{ss}}{V_p}$$

Dónde:

$D_r$  = densidad real ( $\text{gr}/\text{cm}^3$ )

$P_{ss}$  = Peso del suelo seco (gr)

$V_p$  = volumen de las partículas ( $\text{cm}^3$ )

## Cuadro 2

*Densidad Real y su relación con la composición del suelo.*

<b>Densidad real gr/cm<sup>3</sup></b>	<b>Evaluación</b>	<b>Relación entre la parte mineral y orgánica.</b>
<2.40	Bajo	Suelo con mucha materia orgánica.
2.40 – 2.60	Medio	Suelo representativo de minerales como los silicatos y el cuarzo, nivel normal de MO.
2.60 – 2.80	Alto	Suelo con minerales donde se ha acumulado cierta cantidad de hierro y aluminio.
>2.80	Muy Alto	Suelo con un grado de desarrollo avanzado donde hay predominio de hierro y aluminio y muy poca materia orgánica.

FUENTE. López Duarte, L. (2012). Guía de prácticas de campo y laboratorio de fundamentos del suelo, Laboratorio de Edafología UNI.

### ✓ **Densidad aparente**

La densidad aparente del suelo se define como la masa de una unidad de volumen de suelo seco (105°C). Este volumen incluye tanto sólidos como los poros, por lo que la densidad aparente refleja la porosidad total del suelo (FAO, 2009, pp. 51–52). Usualmente se expresa en gr/cm<sup>3</sup>. Para fines prácticos, conceptualmente esto es lo mismo que la gravedad específica, peso específico o peso volumétrico.

*Ecuación 2*

$$Da = \frac{P_{ss}}{V_t}$$

Dónde:

Da = Densidad aparente (gr/cm<sup>3</sup>)

Pss = Peso del suelo seco (gr)

Vt = Volumen total (cm<sup>3</sup>)

Valores de densidad aparente bajos (generalmente por debajo de 1,3 g/cm<sup>3</sup>) indican habitualmente una condición porosa del suelo. La densidad aparente es un parámetro importante para la descripción de la calidad del suelo y la función del ecosistema. Los valores de densidad aparente altos indican un ambiente pobre para el crecimiento de raíces, aireación reducida, y cambios indeseables en la función hidrológica como la reducción de la infiltración del agua.

### Cuadro 3

#### *Evaluación de la Densidad Aparente del suelo*

<b>Evaluación</b>	<b>gr/cm<sup>3</sup></b>
Muy Baja	<1.0
Baja	1.0– 1.2
Media	1.2 – 1.45
Alta	1.45 – 1.60
Muy Alta	>1.60

FUENTE. López Duarte, L. (2012). Guía de prácticas de campo y laboratorio de fundamentos del suelo, Laboratorio de Edafología UNI.

#### ✓ **Porosidad**

El espacio poroso del suelo se refiere al porcentaje del volumen del suelo no ocupado por sólidos (Cuadro 4). En general el volumen del suelo está constituido por 50% de materiales sólidos (45% minerales y 5% materia orgánica) y 50% de espacio poroso. Dentro del espacio poroso se pueden distinguir macro y micro poros donde agua, nutrientes, aire y gases pueden circular o retenerse. Los macro poros no retienen agua, son responsables del drenaje, aireación del suelo y constituyen el espacio donde se forman las raíces. Los micro poros retienen agua y parte de la cual es disponible para las plantas (FAO, 2006).

### Cuadro 4

#### *Clasificación de la porosidad del suelo*

<b>Evaluación</b>	<b>%</b>
Muy Baja	< 2
Baja	2–5
Media	5–15
Alta	15–40
Muy Alta	> 40

FUENTE. FAO, 2009.

#### **D. Propiedades químicas**

Las propiedades químicas del suelo involucran la determinación y cuantificación de las sustancias tanto inorgánicas como orgánicas y la evaluación de las transformaciones a que están sujetas en todas y cada una de las fases de la formación del suelo y desarrollo del perfil desde el material parental hasta su etapa final (González, et al., 2009, p. 87). Es decir, constituyen el estado nutricional del suelo. Dentro de las principales propiedades se encuentran: reacción del suelo (pH), capacidad de intercambio catiónico (CIC), conductividad eléctrica (CE), contenido de materia orgánica y la caracterización del contenido de los elementos esenciales para la nutrición de las plantas.

##### **✓ Reacción del suelo (pH)**

El pH del suelo expresa la actividad de los iones hidrógeno en la solución del suelo. Este afecta la disponibilidad de nutrientes minerales para las plantas así como a muchos procesos del suelo (FAO, 2009, p. 42). Ver anexos, cuadro 15. Criterio de clasificación del valor de pH, pág. vi.

##### **✓ Capacidad de intercambio catiónico (CIC)**

La Capacidad de Intercambio Catiónico (CIC) puede definirse como la capacidad total de los coloides del suelo (arcilla y materia orgánica o sustancias húmicas) para intercambiar cationes con la solución del suelo y representa la cantidad de cationes que las superficies pueden retener (Ca, Mg, Na, K, NH<sub>4</sub> etc.).

La CIC está estrechamente relacionada con la fertilidad del suelo, ya que una elevada CIC significa una elevada capacidad de almacenar nutrientes, y una disminución del riesgo de pérdida por lavado de los nutrientes (Ver anexos, cuadro 16. Valores estimativo de CIC, pág. vii).

##### **✓ Conductividad eléctrica (CE)**

Es la medida de la cantidad de corriente que pasa a través de la solución del suelo.

La conductividad eléctrica de una solución es proporcional al contenido de sales disueltas e ionizadas contenidas en esa solución y su interés radica en su relación con la disponibilidad de agua y la salinización del suelo si no se administra bien el

riego (López, L., 2012, p. 11). Usualmente se expresa en  $\mu\text{S}/\text{cm}$  ó  $\text{mS}/\text{cm}$  (Ver anexos, evaluación de la salinidad cuadro 17. Clasificación de los suelos según su salinidad, pág. vii).

#### ✓ **Contenido de materia orgánica**

La materia orgánica se refiere a todo el material de origen animal o vegetal que esté descompuesto, parcialmente descompuesto y sin descomposición, que por acción de la microbiota del suelo son convertidos en una materia rica en reservas de nutrientes para las plantas, asegurando la disponibilidad de macro y micronutrientes. Generalmente es sinónimo con el humus, aunque este término es más usado cuando nos referimos a la materia orgánica bien descompuesta, llamada sustancias húmicas (FAO, 2009, p. 44).

En suelos minerales agrícolas, la materia orgánica suele representar del 1 – 3% de los constituyentes del suelo, mientras que en suelos forestales, este porcentaje puede elevarse mucho. (Ver anexos, cuadro 18. Interpretación de materia orgánica, pág. vii)

La Materia Orgánica del suelo puede calcularse con la siguiente fórmula:

$$\%MO = \%CO \times 1.724 \quad \text{Ecuación 4}$$

Donde:

%MO= porcentaje de materia orgánica.

%CO= porcentaje de carbono orgánico

1.724= factor de relación de contenido de carbono en la materia orgánica.

#### ✓ **Contenido de los elementos esenciales para la nutrición de las plantas**

Todas las plantas necesitan nutrientes para sobrevivir y crecer, las plantas toman nutrientes del aire, el suelo y el agua. Como no se pueden ver los nutrientes son gases incoloros o semejan polvo disuelto en agua, o están adheridos a cada fragmento de tierra a veces es difícil comprender cómo actúan (Cuenca, 2014).

## **Macronutrientes**

Son los minerales que en forma disponible necesitan las plantas en mayor cantidad para su normal crecimiento que son: nitrógeno (N), fósforo (P) y potasio (K) los que están en gran proporción en la constitución de los tejidos vegetales y por consiguiente la planta los extrae del suelo en cantidades altas y seguidamente los elementos secundarios como el Calcio (Ca), Magnesio (Mg) y Azufre (S) (Cuenca, 2014).

**Nitrógeno (N):** Es el elemento de mayor demanda para las plantas y favorece el crecimiento vegetativo, produce succulencia y da el color verde a las hojas (clorofila).

**Fósforo (P):** luego del N es el macronutriente que en mayor medida limita el rendimiento de los cultivos, interviene en numerosos procesos bioquímicos a nivel celular, contribuye a las raíces y a las plántulas a desarrollarse rápidamente y mejora su resistencia a las bajas temperaturas, incrementa la eficiencia del uso del agua, contribuye a la resistencia de algunas plantas a enfermedades.

**Potasio (K):** Este elemento es esencial para todos los organismos vivos y su rol es importante en la activación enzimática, también es un mecanismo de regulación para la fotosíntesis, síntesis de proteínas y carbohidratos, balance de agua y favorece el crecimiento vegetativo, la fructificación, la maduración y la calidad de los frutos. El potasio aumenta la resistencia de la planta a las enfermedades, a la sequía y al frío.

**Calcio (Ca):** Este elemento estimula el desarrollo de las raíces y de las hojas, forma compuestos de las paredes celulares, ayuda a activar varios sistemas de enzimas, ayuda a neutralizar los ácidos orgánicos en la planta, influye indirectamente en el rendimiento al reducir la acidez del suelo.

**Magnesio (Mg):** Los suelos generalmente contienen menos Mg que Ca debido a que el Mg no es absorbido tan fuertemente como el Ca por los coloides del suelo

y puede perderse más fácilmente por lixiviación. El Magnesio es un constituyente de la clorofila y activador de enzimas.

**Azufre (S):** Es un elemento poco móvil dentro de la célula y forma parte de constituyente de aminoácidos (cistina, cisteína, metionina) y de vitaminas (biotina), es constituyente de las distintas enzimas, actúa sobre el contenido de azúcar de los frutos y en la formación de la clorofila y ayuda a un desarrollo más acelerado del sistema radicular y de las bacterias nodulares, que asimilan el nitrógeno atmosférico, que viven en simbiosis con las leguminosas.

### ***Micronutrientes***

Se requieren en pequeñas cantidades. Su insuficiencia da lugar a una carencia, y su exceso a una toxicidad. Estos son: el Hierro (Fe), Manganeseo (Mn), Cobre (Cu), Zinc (Zn), Boro (B), Molibdeno (Mo), Cloro (Cl), Cobalto (Co), (Cerveñansky, A.,2011).

#### **5.4. Importancia y estructura de la clasificación de suelos**

En los levantamientos de suelos se dan dos clases de unidades de clasificación:

- ✓ Unidades taxonómicas de suelos.
- ✓ Unidades cartográficas de suelos.

Unidad taxonómica de suelo, es una clasificación que permite la agrupación de suelos de una región, según su origen y morfología.

Unidad cartográfica de suelo, es una clasificación que facilita la delimitación sobre un plano de los suelos perteneciente a una o más unidades taxonómicas (Martinez Galeano, Texto Básico de Edafología, Universidad Nacional de Ingeniería, 1986).

Los primeros sistemas de clasificación de suelos eran muy simples y prácticos. Sin embargo al aumentar el desarrollo de la agricultura, los conocimientos sobre los suelos como conjuntos de cuerpos naturales independientes, permitió la diversidad y la complejidad de los usos de los suelos, haciendo que su clasificación fuera más científica y organizada. (Mc Cracken, 1991).

La finalidad de la clasificación de los suelos tiene cinco objetivos:

- ✓ Organizar los conocimientos.
- ✓ Destacar y entender las relaciones entre individuos y clases.
- ✓ Recordar propiedades de los objetos clasificados.
- ✓ Aprender nuevas relaciones y nuevos principios en la clasificación.
- ✓ Establecer grupos o subdivisiones (clases de capacidad utilitaria) de los objetos estudiados de un modo útil para fines prácticos aplicados con el propósito de predecir su comportamiento, identificando sus mejores usos

El sistema y estructura de clasificación de suelos según la Soil Taxonomy (USDA, SSS, 1999), contiene seis categorías, desde el nivel más alto hasta el nivel más bajo de generalización, como son: el orden, suborden, gran grupo, subgrupo, familia y serie.

**Orden:** Este nivel está definido por los procesos de formación de suelos, indicado por la presencia o ausencia de horizontes diagnósticos.

**Suborden:** Está definido por su homogeneidad genética. Subdivisión del orden, presencia o ausencia de propiedades asociadas a la humedad, regímenes de humedad del suelo y principales materiales originales.

**Gran grupo:** Subdivisión de suborden según similitudes de tipo, disposición y grado de expresión de los horizontes, el estado básico, temperatura, regímenes de humedad del suelo, así como también presencia o ausencia de fragipan y duripan.

**Subgrupo:** Propiedades que indican intergraduaciones de otros grandes grupos.

**Familia:** Propiedades importantes para el crecimiento de las raíces de las plantas, clase textural del suelo, clases mineralógicas predominante del suelo y clases de temperatura del suelo.

**Serie:** Grupo de suelos con horizontes o capas similares tanto en su disposición dentro del perfil como en las características diferenciadoras como, color, textura,

estructura, consistencia y reacción de los horizontes, propiedades químicas y mineralógicas de los horizontes.

### **5.5. Clasificación de los suelos según su capacidad de uso**

La clasificación de los suelos según su capacidad de uso es un ordenamiento sistemático de carácter práctico e interpretativo, fundamentado en la aptitud natural que presenta el suelo para producir constantemente bajo tratamiento continuo y usos específicos. Este ordenamiento proporciona una información básica que muestra la problemática de los suelos bajo los aspectos de limitaciones de uso, necesidades y prácticas de manejo que requieren y también suministra elementos de juicio necesarios para la formulación y programación de planes integrales de desarrollo agrícola.

El esquema básico de agrupación comprende los siguientes niveles o categorías sistemáticas.

- ✓ Clasificación de series de suelos por clases de capacidad.
- ✓ Agrupamiento de suelos por Clases de capacidad de uso.
- ✓ Definición de Subclases de capacidad de uso.

#### **5.5.1. Clasificación de series de suelos por clases de capacidad**

Las divisiones o grupos de capacidad son cuatro y constituyen la más alta categoría del sistema. Estas son: a) Tierras apropiadas para cultivos intensivos y otros usos; b) Tierras apropiadas para cultivos permanentes, pastos y aprovechamiento forestal; c) Tierras marginales para uso agropecuario, aptas generalmente para el aprovechamiento forestal; d) Tierras no apropiadas para fines agropecuarios ni explotación forestal.

Las divisiones o grupos de capacidad comprenden categorías menores de clasificación, que son las clases de capacidad. Estas se diferencian unas de otras por el grado de limitaciones permanentes o riesgos que involucra el uso de los suelos.

#### **a) Tierras apropiadas para cultivos intensivos y otros usos**

Este grupo comprende cuatro clases de capacidad, que van de la Clase I a la Clase IV. La Clase I es considerada la mejor y se supone que carece prácticamente de limitaciones, las cuales aumentan de la I a la IV. En él se incluyen todas las tierras generalmente arables y adecuadas para cultivos intensivos y permanentes.

#### **b) Tierras apropiadas para cultivos permanentes, pastos y aprovechamiento forestal**

El segundo grupo está integrado por las Clases V y VI, y sus limitaciones aumentan progresivamente de la V a la VI. Este se encuentra formado por tierras que por lo general no son adecuadas para cultivos intensivos, aunque lo serían para cultivos agronómicos permanentes, pastoreo y actividad forestal.

#### **c) Tierras marginales para uso agropecuario, aptas generalmente para el aprovechamiento forestal**

El siguiente grupo consta solo de la Clase VII y a las tierras inapropiadas para uso agropecuario y que están relegadas para propósitos de explotación de recursos forestales.

#### **d) Tierras no apropiadas para fines agropecuarios ni explotación forestal**

Por último, el cuarto grupo consta solo de la Clase VIII y presenta tales limitaciones que son inapropiadas para fines agropecuarios o de explotación forestal y son en su mayoría tierras en relieve muy pronunciado que conforman las laderas de las montañas, que tipifican el paisaje abrupto y escarpado, o son tierras muy pedregosas, o suelos muy superficiales, o suelos que se inundan con frecuencia, o suelos muy salinos o con pH extremadamente ácidos.

### **5.5.2. Clases de capacidad de uso agrológica de los Suelos**

Las clases de capacidad son grupos de sub clases de capacidad o unidades de capacidad que tienen el mismo grado relativo de riesgos de conservación o de

limitaciones en el uso. Los riesgos de daño al suelo y el grado de limitaciones en uso, aumentan progresivamente de la Clase I a la Clase VIII.

La clasificación por capacidad de los suelos se hizo de manera general de acuerdo con el sistema descrito en el Manual Agrícola No. 210, del Servicio de Conservación de Suelos, del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos, publicado en septiembre de 1961, citado por Catastro e Inventario de Recursos Naturales de Nicaragua, Ministerio de Economía Industria y Comercio, Ministerio de Agricultura y Ganadería – Departamento de Suelos y Dasonomía (1971, pp. 70–74) con modificaciones para el caso de Nicaragua.

### **Clase I**

Los suelos de la Clase I tienen pocas limitaciones que restringen su uso y son aptos para una amplia variedad de cultivos. Los suelos son casi planos y el peligro de erosión es leve. Son profundos, bien drenados y fáciles de trabajar. Tienen buena capacidad de retención de agua y están bien provistos de nutrientes que responden bien a las aplicaciones de fertilizantes. En este levantamiento, áreas extensivas de suelos Clase I difieren en algunos aspectos de la Clase I mapeados en otras partes del mundo. La mayoría de las tierras Clase I tienen pendientes menores del uno por ciento, aunque en los suelos desarrollados de ceniza y escoria volcánica, el peligro de erosión es mayor que en los suelos con la misma pendiente que se desarrollan de la mayoría de los otros tipos de material madre.

### **Clase II**

Suelos de Clase II, tienen algunas limitaciones que reducen la escogencia de cultivos que se pueden sembrar o requieren prácticas simples de conservación. Sin embargo, las limitaciones son pocas y las prácticas son fáciles de aplicar. Las limitaciones de los suelos Clase II pueden ser cualquiera o una combinación de las siguientes características: pendientes de 1.5 a 4 por ciento; erosión muy leve a leve; profundidades de 60 a 90 centímetros; estructura, textura o facilidad de labranza algo desfavorable; cantidades leves a moderadas de sales o sodio

intercambiable; inundaciones ocasionales o una tabla de agua moderadamente alta durante un período corto de la época de siembra.

### **Clase III**

Los suelos de la Clase III tienen más restricciones que los de la Clase II y cuando se usan para cultivos, las prácticas de conservación son más difíciles de aplicar y mantener. Las limitaciones pueden resultar de una combinación de uno o más de las siguientes características: pendientes de cuatro a ocho por ciento; erosión moderada a severa; suelos mojados debido a inundaciones, alta tabla de agua o por ser algo pobremente drenado; por ser moderadamente superficial; capacidad de retención de humedad moderada; baja fertilidad que no es fácilmente remediado; salinidad moderada o condiciones sódicas y textura arcilloso fino.

### **Clase IV**

Los suelos de la Clase IV tienen limitaciones severas que restringen la escogencia de plantas y/o requieren manejo muy cuidadoso o de tipo específico. Aunque estos suelos pueden ser bien adaptados solamente para dos o tres de los cultivos más comunes en el área, o los rendimientos pueden ser muy bajos en relación a las inversiones. La adaptabilidad de los cultivos está limitada debido a uno o más de las siguientes características desfavorables: pendientes de 8 a 15 por ciento; material de suelo superficial o zona radicular de 25 – 40 centímetros; texturas desfavorables que incluyen texturas gruesas (arenoso y arenoso franco), texturas muy gravosas o arcilloso fino; suelo mojado debido a condiciones de drenaje algo pobre; alta tabla de agua o inundaciones durante períodos moderadamente largos de la época de siembra.

### **Clase V**

Las tierras en Clase V tienen restricciones que excluyen el procedimiento de los cultivos más comunes, pero los suelos pueden ser usados para pastos, bosques o como refugio para la fauna. Los suelos tienen pendientes casi planas y tienen limitaciones severas debido a uno o más de las siguientes condiciones: una tabla

de agua cerca o en la superficie durante la mayoría del año; alta acumulación de sales; alto contenido de sodio intercambiable e inundaciones frecuentes. Las tierras que son usadas para pastos pueden ser mejoradas y se puede esperar beneficios bajo un manejo adecuado.

### **Clase VI**

Suelos de la Clase VI generalmente tienen limitaciones que los hacen no aptos para cultivos. Sin embargo, la condición física del suelo es tal que resulta práctico hacer mejoras en los pasos si son necesarias. Estas mejoras incluyen la siembra de variedades mejoradas, fertilización y el control de agua por medio de surcos, canales de drenaje, canales de intercepción o esparcidores de agua.

Los suelos están en Clase VI por pendientes moderadamente escarpadas, generalmente de 15 a 30 por ciento, donde la erosión sería severa si se siembran cultivos; son superficiales con alrededor de 25 centímetros de profundidad; textura gruesa (arena); están mojados en exceso debido a inundaciones o condiciones pobres de drenaje y por pedregosidad. En el caso de áreas extensivas de Vertisoles están en esta Clase debido a su textura fina o muy fina y al drenaje algo pobre o pobre. Tienen una tabla de agua alta o están saturados de agua hasta por cuatro o cinco meses en el año, lo cual es una limitación severa para su uso agrícola.

### **Clase VII**

Los suelos de la Clase VII tienen limitaciones muy severas que los hacen no aptos para cultivos y restringen su uso principalmente a pastos, bosques o refugio de la fauna. Donde estos suelos son usados para pastos, bosques o para la fauna, generalmente no resulta práctico hacer mejoramientos de pastos como son la siembra de variedades mejoradas, fertilización y control de agua. Los suelos están en Clase VII debido a uno o más de las siguientes limitaciones: pendientes escarpadas, generalmente de 30 a 75 por ciento; peligro de erosión severa; suelos mojados, muy superficiales, con profundidades menores de 25 centímetros; texturas muy gruesas y pedregosidad.

## **Clase VIII**

Los suelos y tipos de tierra en Clase VIII tienen limitaciones que excluyen su uso para la siembra comercial y lo restringen para recreación, refugios de la fauna, abastecimientos de agua o para propósitos estéticos.

Suelos y tipos de tierra en Clase VIII no tienen la capacidad de dar respuestas significativas aún con la aplicación de buenas prácticas de manejo en cultivos, pastos o árboles.

Áreas de tierras rocosas, coladas de lava, playas arenosas, fosas de grava, manglares y tierras muy escarpadas con pendientes mayores del 75 por ciento, están en la Clase VIII.

### **5.5.3. Subclases de capacidad**

Una subclase de capacidad indica el tipo de problemas de conservación o limitación que afecta al suelo. Las subclases son grupos de unidades de capacidad que tienen el mismo tipo principal de problemas de conservación. Son designados por la adición de una letra minúscula (**e** – para erosión, **w** – para exceso de agua ó **s** – para limitaciones de la zona radicular) al número de la clase. Debido a que las condiciones climáticas afectan algunas características de los suelos como color y cantidad de materia orgánica en el horizonte superficial, generalmente se pueden usar los límites de una serie de suelos o un grupo de series estrechamente asociados para delimitar zonas climáticas.

### **5.6. El perfil y los horizontes del suelo**

Los horizontes constituyen las unidades para el estudio y para la clasificación de los suelos.

Los horizontes edáficos son capas aproximadamente paralelas a la superficie del terreno y se establecen en función de cambios de las propiedades y constituyentes (que son el resultado de la actuación de los procesos de formación del suelo) con respecto a las capas inmediatas.

Los horizontes se ponen, normalmente, de manifiesto en el campo, con la descripción del perfil del suelo, pero los datos de laboratorio sirven para confirmar y caracterizar a estos horizontes.

Figura 3. Estructura de los horizontes del suelo



Fuente: Rivera Díaz, I., 2014.

### 5.6.1. Nomenclatura de los horizontes del suelo

La designación de horizontes constituye uno de los pasos fundamentales en la definición de los suelos.

Los símbolos para designar los horizontes consisten de una o dos letras mayúsculas para el horizonte mayor y letras minúsculas para las distinciones subordinadas, con o sin figura de sufijo. Para la presentación y comprensión de la descripción del perfil del suelo, es esencial dar el símbolo correcto a cada horizonte.

#### A. Horizontes y capas mayores

Las letras mayúsculas H, O, A, E, B, C y R representan a los horizontes mayores o capas de suelos o asociados con suelos. Las letras mayúsculas son los símbolos base a los cuales se añaden otros caracteres con el fin de completar la

designación. A la mayoría de horizontes y estratos se les asigna una letra mayúscula, pero algunos requieren dos.

Los horizontes maestros y sus subdivisiones representan capas o estratos que muestran evidencia de cambio y algunos estratos que no han cambiado. La mayoría son horizontes de suelo genéticos, que reflejan una valoración cualitativa acerca del tipo de cambios que han sucedido. Los horizontes genéticos no son equivalentes a los horizontes diagnósticos, aunque pueden ser idénticos en los perfiles de suelos. Los horizontes diagnóstico son rasgos u objetos definidos cuantitativamente con fines de clasificación.

De manera simple, los horizontes principales se designan mediante las siguientes letras:

✓ **Horizontes o capas H**

Estos son estratos o capas dominadas por material orgánico (>20-30%), formado a partir de acumulaciones de material orgánico no descompuesto o parcialmente descompuesto en la superficie del suelo que puede estar bajo agua. Todos los horizontes H están saturados con agua por periodos prolongados, o estuvieron saturados alguna vez pero ahora tienen drenaje artificial. Un horizonte H se puede encontrar encima de suelos minerales o a alguna profundidad de la superficie del suelo, si este fuese un horizonte enterrado.

✓ **Horizontes o capas O**

Estos son estratos o capas dominadas por material orgánico (>35%) que consiste de desechos intactos y parcialmente descompuestos, como hojas, ramas, musgos y líquenes, que se han acumulado sobre la superficie; se pueden encontrar sobre suelos minerales u orgánicos. Los horizontes O no se encuentran saturados con agua por periodos prolongados. La fracción mineral de este tipo de material es sólo un porcentaje del volumen de material y es generalmente la mitad del peso total.

### ✓ **Horizontes A**

Estos son horizontes minerales que se formaron en la superficie del suelo o por debajo de un horizonte O, en el que toda o parte de la estructura de la roca original ha sido desintegrada, además posee mayor porcentaje de materia orgánica (transformada) que los horizontes situados debajo. Típicamente de color gris oscuro, más o menos negro, pero cuando contiene poca materia orgánica (suelos cultivados) puede ser claro. Estructura migajosa y granular.

### ✓ **Horizontes E**

Estos son horizontes minerales donde el rasgo principal es la pérdida de arcilla silicatada, hierro, aluminio, o la combinación de estos, dejando una concentración de arena y partículas de limo, y en el que la mayor parte de la estructura rocosa original ha sido completamente desintegrada.

Un horizonte E es usualmente, pero no necesariamente, más claro en color que el horizonte subyacente B. En algunos suelos, el color es aquel de las partículas de arena y limo, pero en muchos suelos, los revestimientos de óxido de hierro u otros compuestos enmascaran el color de las partículas primarias. Su estructura de muy bajo grado de desarrollo (la laminar es típica de este horizonte).

### ✓ **Horizontes B**

Horizonte de enriquecimiento en: arcilla (iluvial o in situ), óxidos de Fe y Al (iluviales o in situ) o de materia orgánica (sólo si es de origen iluvial; no in situ), o también por enriquecimiento residual por lavado de los carbonatos (si estaban presentes en la roca). De colores pardos y rojos, de cromas (cantidad de color) más intensos o hue (tonalidad del color) más rojo que el material original = hor. C).

Todos los tipos de horizontes B son o fueron originalmente horizontes subsuperficiales. Incluidos como horizontes B se encuentran las capas de concentración iluvial de carbonatos, yeso o sílice que son resultado de procesos pedogenéticos (estas capas o estratos pueden o no estar cementados) y capas

frágiles que tienen otra evidencia de alteración, como el desarrollo de estructura edáfica (típicamente en bloques angulares, subangulares, prismática).

#### ✓ **Horizontes o capas C**

Material original. Estos son horizontes o capas, excluyendo la roca madre dura, que han sido afectados por los procesos pedogenéticos de manera mínima y no poseen las propiedades de los horizontes antes mencionados. La mayoría son estratos o capas minerales; sin embargo, se incluyen algunos estratos silicios y calcáreos como conchas marinas, residuos corales y diatomáceos. El material de los horizontes C puede o no ser parecido a aquel que se formó en el solum. Un horizonte C puede haber sido modificado aún si no existe evidencia de ningún proceso pedogenético. Las plantas de las raíces pueden penetrar los horizontes C, proveyendo un medio de crecimiento importante. El horizonte C, puede estar meteorizado pero nunca edafizado.

#### ✓ **Capas R**

Material original. Roca dura, coherente. Ejemplos son: granito, basalto, cuarcita y caliza endurecida. Cualquier trozo de un estrato R que sea introducido en agua, nunca se saturara dentro de 24 horas. La capa R es lo suficientemente coherente para no ser excavada a mano con una pala. Algunas capas R se pueden desmenuzar con solamente equipo pesado. El lecho de roca puede contener grietas, pero estas son muy pocas y pequeñas para que las raíces puedan penetrar. Las grietas pueden estar revestidas o rellenas con arcilla u otro material.

### **B. Horizontes de transición**

Se presentan cuando el límite entre los horizontes inmediatos es muy difuso, existiendo una capa ancha de transición con características intermedias entre los dos horizontes.

Existen dos tipos de horizontes de transición: aquellos con propiedades de dos horizontes sobrepuestos y aquellos con las dos propiedades separadas.

Para los horizontes dominados por propiedades de un horizonte mayor pero con propiedades de otro subordinado, se representan por la combinación de dos letras mayúsculas (por ejemplo: AE, EB, BE, BC, CB, AB, BA, AC y CA). El símbolo del horizonte mayor que se encuentra primero, designa el tipo de horizonte cuyas propiedades dominan el horizonte transicional. Por ejemplo, un horizonte AB tiene características de tanto un horizonte A como de un subyacente B, pero es más parecido a un A que a un B.

Los horizontes en los que las partes distintas tienen propiedades reconocibles de dos tipos de horizontes mayores, están constituidos por distintas zonas en cada una de las cuales se puede identificar a un horizonte principal (en la misma capa existen trozos individuales de un horizonte completamente rodeados de zonas de otro horizonte) y se indican como en los casos anteriores, pero las dos letras mayúsculas se encuentran separadas por una diagonal (/), como en E/B, B/E, B/C, y C/R; la primera letra indica el horizonte principal que predomina.

### C. Letras sufijo literales más usuales

Las letras minúsculas se usan como sufijos, para calificar a los horizontes principales especificando el carácter dominante de este horizonte. Las letras minúsculas van inmediatamente después de las letras mayúsculas. El Cuadro 22 muestra las letras utilizadas como sufijo en la nomenclatura de los perfiles de suelo.

#### Cuadro 5

##### *Sufijos para la nomenclatura de los perfiles de suelo*

LETRA	DESCRIPCIÓN
<b>p</b>	Horizonte arado, (del inglés plow = arar). Prácticamente siempre referida al horizonte A, (Ap).
<b>h</b>	Acumulación de materia orgánica (h de humus). Normalmente por mezcla, en el horizonte A de suelos vírgenes (Ap y Ah son excluyentes) y sólo en los podzoles, por iluviación, en el horizonte B (Ah Bh).
<b>w</b>	Horizonte B de alteración, (del inglés weathering = meteorización) reflejada, con respecto al horizonte inferior, por: la arcilla (alto contenido, formada in situ), y/o el color (más rojo o más pardo), y/o la estructura (edáfica, no la de las rocas originales). Si en el material

---

	original había carbonatos el B se puede formar simplemente por lavado de estos carbonatos (hor. de enriquecimiento residual). Bw.
<b>t</b>	Acumulación de arcilla iluvial, (de textura, o sea granulometría). Bt
<b>k</b>	Acumulación de carbonatos secundarios (k de calcium). Llamado "ca" en otras terminologías). En B (frecuente), en C (muy frecuentemente) y a veces en A (Ak Bk Ck).
<b>y</b>	Acumulación de yeso. Ay By Cy
<b>z</b>	Acumulación de sales más solubles que el yeso (y + z = sa, en otras terminologías). Az Bz Cz.
<b>s</b>	Acumulación de sesquióxidos, típico de los podzoles. Bs, también en los ferralsoles.
<b>q</b>	Acumulación de Sílice pedogenética Bq.
<b>g</b>	Moteado (abigarrado) por reducción del Fe. Manchas de colores pardos/rojos y gris/verde. Hidromorfía parcial. Bg Cg y más raramente Ag.
<b>r</b>	Reducción fuerte, como resultado de la influencia de la capa freática, colores gris verdoso / azulados (hidromorfía permanente, o casi). Cr Br.
<b>m</b>	Fuertemente cementado. Frecuentemente por carbonatos (Bmk), pero en otras condiciones puede ser por materia orgánica (Bmh), por sesquióxidos de Fe (Bms) o por sílice (Bmq)
<b>b</b>	Horizonte de suelo enterrado (paleosuelo) o bicíclico (p.e. Btb), (del inglés buried = enterrado).
<b>u</b>	No especificado, se utilizan con los horizontes A y B no calificados por otros sufijos, pero que pueden subdividirse verticalmente mediante sufijos numerales.

---

Fuente: Jordán López, A., 2005

#### **D. Cifras**

Se usan las cifras sufijo para indicar una subdivisión vertical de un horizontes del suelo. El número sufijo siempre va después de todas las letras símbolo. La secuencia numérica se aplica solo a un conjunto de letras determinado, de tal forma que la secuencia se empieza de nuevo en el caso de que el símbolo cambie (por ejemplo: Bt1 - Bt2 - Btg1 - Btg2). Sin embargo, una secuencia no se interrumpe por una discontinuidad litológica (por ejemplo; Bt1 - Bt2 - 2Bt3 - 2Bt4 - 3Bt5).

Se usan las cifras prefijo, en numeración arábica, para indicar discontinuidades litológicas, indican que el material que formó el suelo no era homogéneo, (por ejemplo, suelo formado a partir de distintos estratos sedimentarios superpuestos).

### **5.6.2. Descripción de horizontes**

Para el estudio de los horizontes ha de hacerse una completa descripción de sus características morfológicas, en el campo, junto a un completo análisis de sus propiedades físicas y químicas, en el laboratorio.

En líneas generales los datos se refieren: Al medio ambiente en el que se encuentra el suelo: localización geográfica, roca, relieve, vegetación y uso, clima, drenaje, etc.) A los horizontes en sí mismos. Con datos de campo (espesor, textura, estructura, color, consistencia y límites, presencia de raíces, porosidad visual) y datos del análisis del suelo en el laboratorio: análisis físicos (granulometría, retenciones de agua, densidades, etc.), químicos (materia orgánica, N, CaCO<sub>3</sub>, etc.), fisicoquímicos (pH, capacidad de cambio iónico, conductividad eléctrica, etc.) y micromorfológicos.

Con todos estos datos podrán establecerse interesantes conclusiones acerca de la clase de suelo, de sus propiedades, de su formación, de su fertilidad y de su uso más racional.

### **5.6.3. Valores diagnósticos (cualidades de la tierra y/o características de la tierra) para cada unidad cartográfica de Suelo**

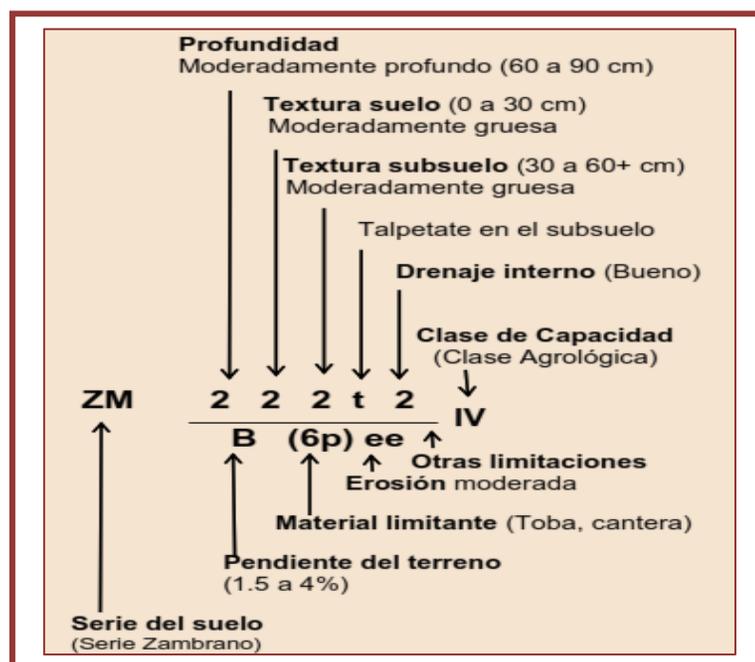
La ponderación de factores para cada tipo de uso de la tierra es una serie de valores críticos que muestran en qué medida un requerimiento de uso particular de la tierra es satisfecho por una condición del correspondiente factor diagnóstico, por ejemplo, para la cualidad del suelo, condiciones de enraizamiento (medida por la profundidad del suelo). Una profundidad mayor de 90 cm podría calificarse como altamente apropiada, una inferior a 20 cm como no apropiada, con valores correspondiente para moderada y marginalmente apropiada (Tellez, 2006).

La ponderación o calificaciones de factores se elaboran para cada cualidad de tierra seleccionada: Por ejemplo, condiciones de enraizamiento, disponibilidad de 30 humedad, riesgo de erosión. Debido a que los requerimientos de uso son diferentes la calificación de factores varía de un cultivo a otro.

Las unidades están representadas por símbolos sobre cada unidad cartográfica. Esta simbología o leyenda está constituida por letras mayúsculas, minúsculas y números que representan una síntesis de las características del suelo y el medio ambiente.

La expresión de las unidades cartográficas de suelos se identifica en los mapas según su leyenda. El significado de los términos que la integran se expresa a continuación de manera comprensiva en el siguiente esquema.

Figura 4: Leyenda de campo para interpretación y elaboración de mapas detallados de suelos



Fuente: Catastro e inventario de recursos naturales de Nicaragua. 1968.

### 5.7. Prácticas de manejo del suelo

Las prácticas de uso y manejo de suelos que se presentan en esta sección están basadas en la metodología desarrollada por Catastro e Inventario de Recursos Naturales de Nicaragua, Ministerio de Economía Industria y Comercio, Ministerio de Agricultura y Ganadería – Departamento de Suelos y Dasonomía (1971, pp. 59–70).

El objetivo principal del manejo de suelos para la agricultura es crear condiciones edafológicas favorables para el buen crecimiento de los cultivos, la germinación de las semillas, la emergencia de las plantas jóvenes, el crecimiento de las raíces, el desarrollo de las plantas, la formación del grano y la cosecha. Estas prácticas de uso y manejo se dividen en las siguientes categorías: (1) Prácticas Simples de Conservación, (2) Prácticas Especiales para Controlar la Erosión por agua, (3) Prácticas Especiales para el Control de la Erosión por Viento, (4) Prácticas de Drenaje, y (5) Reducción de Sales en Suelos Salinos.

### **5.7.1. Prácticas simples de conservación**

#### **A. Rotación de Cultivos**

La rotación de cultivos es efectiva como medida de conservación de suelos por ayudar a mantener condiciones físicas deseables y niveles apropiados de materia orgánica en el suelo.

La rotación de cultivos ideal debe incluir cultivos de alto rendimiento residual para ayudar a mantener niveles óptimos de materia orgánica, y debe incluir leguminosas que nodulan libremente sin necesidad de inoculantes, para aumentar el contenido de nitrógeno del suelo y reducir las necesidades de fertilizantes inorgánicos.

Es recomendable que la rotación de cultivos se efectúe en fincas de pequeña o mediana extensión para obtener mayor éxito.

#### **B. Mantenimiento de la materia orgánica del suelo y uso de residuos de los cultivos**

La materia orgánica del suelo, provee nutrientes esenciales para los cultivos, mejora la estructura del suelo (lo que induce aireación favorable y capacidad de retención de humedad) y reduce la susceptibilidad a la erosión. Es la “vida” del suelo.

La materia orgánica del suelo se reduce en dos formas principales: (1) por pérdidas directas, debido a la erosión por viento, o por agua, o por quemas, y (2) por descomposición a través de la acción de los microorganismos del suelo. Los nutrientes liberados por el proceso de descomposición, pueden ser tomados por el cultivo y ser removidos del suelo con la cosecha, o se pueden lixiviar fuera de la zona radicular de la planta.

La incorporación de los residuos del cultivo al suelo, es una de las formas que permiten guardar los niveles adecuados de materia orgánica en el suelo. También el manejo apropiado de los residuos del cultivo, es una de las medidas más importantes para prevenir la erosión.

Los mejores suelos cultivados se encuentran expuestos a la erosión por viento durante el periodo seco y por escorrentías durante las lluvias, así también los residuos de las cosechas pueden albergar pestes que afecten notablemente la cosecha siguiente. Por tanto se recomiendan cultivos que dejen residuos que puedan ser convertidos fácilmente en materia orgánica para su posterior aprovechamiento.

### **C. Fertilización**

La fertilización es requerida para corregir deficiencias de nutrientes en todos los suelos del área del levantamiento y para producir cosechas de óptimo rendimiento. Los altos rendimientos en las cosechas no solo son deseables por el factor económico, sino también porque proporcionan más residuos que ayudan a conservar el suelo.

Los principales elementos requeridos son nitrógeno y fósforo. Sin embargo, no siempre los dos son necesarios. Por ejemplo, los fertilizantes nitrogenados son antieconómicos cuando se usan sobre leguminosas o en tierras recién desmontadas, ricas en materia orgánica.

Un buen programa de fertilización debe considerar no solamente qué clase de nutrientes para las plantas son necesarios, sino también en qué forma aplicarlos, qué cantidad, cuándo y cómo aplicarlos. Análisis de suelos, investigaciones sobre

fertilizantes y la experiencia práctica deben combinarse para dar los mejores resultados.

#### **D. Mínimas labores de Labranza**

La labranza o el cultivo apropiado de los suelos es necesario para preparar una buena cama para la semilla, destruir las malezas y controlar la erosión. El número, clase y época en que deben hacerse las operaciones de labranza son todas importantes. Como toda labranza tiende a pulverizar la superficie del suelo, lo cual hace a la tierra más vulnerable a la erosión por el viento y por el agua, es importante mantener el número de operaciones en un mínimo necesario para preparar la tierra para la siembra y para el control de malezas. Asimismo, la velocidad de las operaciones de labranza o el cultivo del suelo, deben ser lo más lento posible dentro de lo práctico, porque la velocidad excesiva aumenta grandemente la pulverización del suelo.

Un error de labranza muy común es trabajar la tierra cuando está muy húmeda. Esto resulta en la destrucción de las características favorables de la estructura, la reducción de la permeabilidad superficial, y en la formación de capas compactas que impiden la penetración del agua y de las raíces. Las operaciones iniciales de labranza de la tierra, para la mayoría de los cultivos deberán hacerse no más de un mes antes de la fecha de siembra. Esto reduce el período de tiempo en que el suelo está expuesto a la erosión, da suficiente tiempo para que se efectúe la descomposición de los residuos y se estabilice el suelo para hacer una buena “cama” para la semilla. La preparación de suelos para la siembra con poco o ningún residuo del cultivo anterior puede posponerse hasta inmediatamente antes de la siembra del cultivo siguiente.

El disco es la herramienta más común usada en el área para una gran variedad de cultivos. Los mejores resultados se obtienen manteniendo los discos filosos, y variando la profundidad de arada entre 10 y 25 cm. La labranza constante a la misma profundidad, tiende a formar una capa impermeable en el suelo. En la labranza entre surcos de los cultivos anuales de surco, así como en la labranza de los cultivos perennes de línea, se deberá evitar el corte de las raíces de las plantas.

### **E. Subsoleo**

El subsoleo se usa para quebrar horizontes restrictivos en el perfil del suelo. Esto incluye los horizontes naturales y aquellos creados por el hombre. El “piso de arado” se desarrolla en algunos suelos por la labranza a una profundidad constante, cuando el suelo está muy húmedo, y por compactación debida al paso frecuente de equipo (por ejemplo entre surcos) sobre la misma área. Capas endurecidas existen naturalmente en muchos suelos de Nicaragua y se les llama estratos endurecidos o duripanes. Si estas capas están entre los 40 a 50 cm. de la superficie descansando sobre suelos más friables, el subsoleo las rompe y ayuda a la penetración de las raíces y de la humedad.

El subsoleo se efectúa mejor cuando el perfil del suelo está seco para asegurar fracturas máximas en los horizontes impermeables. También es aconsejable seguir el subsoleo con la siembra de plantas de raíces profundas para prevenir que se vuelvan a formar los horizontes restrictivos.

El subsolador deberá operarse a suficiente profundidad para penetrar el piso de arado o el horizonte endurecido, pero es impráctico profundizar a más de 50 o 60 cm. debido a los altos requerimientos de fuerza para verificar la operación.

### **F. Arada Revertida**

Este tipo de arada requiere un “arado reversible” que voltee la melga en la misma dirección, aunque se revierta la dirección del equipo en la operación. Es ventajosa en la tierra de riego para evitar la formación de “surcos muertos” y camellones que interfieran con la aplicación apropiada de las aguas de riego, dificultan el drenaje superficial y contribuyan a acelerar el escurrimiento y la erosión.

En tierras de pendientes más escarpadas, la melga es normalmente arrojada pendiente arriba para contrarrestar los movimientos del suelo pendiente abajo causados por otros implementos. En los suelos casi planos el surco es volteado en direcciones opuestas en años alternos.

## **G. Siembra en contorno**

La siembra en contorno significa la ejecución de las operaciones de labranza y siembra perpendicular a la dirección de la pendiente, tan a nivel como sea posible. Es efectiva en la reducción del escurrimiento y la erosión en tierras inclinadas, porque las marcas del cultivo forman terrazas en miniatura o diques que represan y retienen el agua, que de otra manera correría hacia abajo de la pendiente. Esto da al agua más tiempo para infiltrarse en el perfil del suelo.

La siembra en contorno es más efectiva en pendientes con rango del 3 al 10 por ciento, pero rinde algunos beneficios en pendientes más inclinadas.

### **5.7.2. Prácticas especiales para el control de erosión por agua**

#### **A. Sistema de Terrazas con Gradiente**

Una terraza es un canal con un camellón de soporte en el lado más bajo, construido en dirección perpendicular a la pendiente sobre una gradiente calculada, que intercepta el escurrimiento de agua proveniente de las tierras sobre ella y lo conduce a un desagüe empastado o canal principal de drenaje. Esto disminuye la velocidad y el volumen de las aguas que corren sobre un área dada, reduciendo al mínimo el riesgo de erosión. Usualmente las terrazas son requeridas en tierras de cultivo con pendientes mayores del uno por ciento en el Área de Levantamiento. El tamaño de cada terraza y el espacio entre ellas, lo determina el porcentaje de pendiente y la distancia que las aguas tienen que recorrer al desagüe revestido.

En pendientes de mayor inclinación, se requieren más terrazas, lo que aumenta el costo de las operaciones de labranza, de la construcción de terrazas y de mantenimiento.

#### **B. Canales o zanjas de desviación**

Un canal de desviación es una zanja reforzada por un camellón que intercepta el agua de escurrimiento. Se usa para reducir la erosión en suelos inclinados y las inundaciones o sedimentación en las áreas más planas. Una desviación debe tener un desagüe revestido.

El tamaño y gradiente del canal debe calcularse debidamente, conforme a la fuerza e intensidad del escurrimiento esperado, que varía considerablemente en los diferentes suelos y pendientes. Aunque algunos canales de desviación se siembran con los cultivos adyacentes, usualmente es mejor empastar los canales y camellones, con variedades adaptadas de pasto.

Se requiere el mantenimiento anual de los canales de desviación y de los camellones, para asegurar su operación continua y apropiada.

### **C. Desagües empastados o revestidos**

Desagüe empastado es un canal superficial, debidamente diseñado y protegido con una cubierta de grama. El canal se usa para encausar el agua que se escurre por la pendiente, previniendo así la erosión por cárcavas. Los canales de desagüe se usan comúnmente para dar salida al agua que descargan las terrazas o los canales de desviación, o pueden ser colocados en los drenes naturales para prevenir la erosión por cárcavas aunque no se practique el terraceo.

La erosión por cárcavas es una amenaza constante en muchos estas no sólo arrastran gran cantidad de suelo, sino que subdividen los campos en pequeños lotes, haciendo su explotación anti económica. La instalación de desagües empastados antes de que la erosión por cárcavas se vuelva severa, es una buena inversión.

### **D. Desagües mecánicos**

Los desagües construidos en pendientes con inclinación mayor del cuatro por ciento, en suelos de textura media, y en pendientes con inclinación mayor del dos por ciento en suelos arenosos, deben ser suplementados con estructuras mecánicas. Tales estructuras incluyen cañerías, rampas embaldosadas o revestidas de piedra, y estructuras de construcción de desagües.

### **E. Depósito de Sedimentación**

Un depósito de sedimentación se construye levantando un camellón o dique, a través de una cárcava o depresión del terreno, en donde se encausa el agua de escurrimiento. El depósito embalsa el agua y el limo se sedimenta. Para cada

depósito de sedimentación es necesario construir un desagüe revestido, y a menudo, un canal de desviación o una terraza con gradiente que sirva para este propósito.

Las terrazas en muchos casos pueden ser enderezadas, construyendo camellones más altos sobre las cárcavas y las depresiones, o sea, haciendo un depósito de sedimentación. La maquinaria agrícola puede cruzar por el depósito y con el tiempo este se rellena con el sedimento.

### **5.7.3. Prácticas especiales para el control de la erosión por viento (eólica)**

La erosión por viento se controla principalmente en dos formas: (1) usando rompevientos para reducir la velocidad del viento, etc., y (2) manteniendo la superficie del suelo protegida durante la época de los vientos, con residuos vegetales y con cultivos de cobertura, etc. El cultivo en franjas perpendiculares al viento es especialmente efectivo en este al respecto.

#### **A. Cultivo en franjas perpendiculares al viento**

El cultivo en franjas perpendiculares al viento, consiste en alternar diferentes cultivos en franjas o bandas de 15 a 30 metros de ancho, que se proyectan perpendicularmente a la dirección de los vientos dominantes. Las franjas alternas deben tener una cubierta establecida que resista la acción erosiva del viento. Esta cubierta puede consistir de cultivos perennes, la siembra temprana de cultivos anuales, o la maleza espontánea. Todas estas condiciones prestan medios de defensa a la franja adyacente en dirección del viento, que pueden sembrarse con cultivos de poca resistencia a la acción abrasiva y a la desecación causada por el viento.

El desarrollo de malezas brinda una cubierta aceptable en las franjas protectoras, donde los cultivos anuales están sembrados en bandas alternas. Las malezas que quedan en el campo después de cosechar la siembra temprana, protegen la siembra tardía en la banda defendida del viento. Después que la siembra tardía

está bien establecida, la maleza se puede incorporar con el arado en preparación para la siembra del siguiente cultivo.

Las franjas en el sistema de siembra en franjas perpendiculares al viento, deben ser lo suficientemente estrechas para que la franja con la cubierta protectora defienda las franjas vulnerables. Las franjas deben ser más estrechas en los suelos más susceptibles a la acción del viento y en áreas donde la velocidad del viento es más alta.

### **B. Siembra de topes o rompevientos**

Usualmente, para formar los rompevientos se siembran árboles o arbustos que son suficientemente altos y densos para reducir la velocidad del viento cerca de la superficie del suelo, disminuyendo así la erosión por viento. Cuando los árboles y arbustos sembrados son muy altos e interfieren el espolvoreo o la aspersión aérea, es preferible sembrar gramíneas altas perennes, como el Zacate Elefante o Mapire, Merkerón u otras especies adaptadas. Estas gramíneas a menudo se siembran en el camellón de las terrazas. Donde las terrazas siguen en dirección aproximada al ángulo recto, con respecto a la dirección de los vientos dominantes, la siembra de estas variedades de pastos ofrece protección considerable contra la erosión eólica, a los cultivos adyacentes que están al lado hacia donde sopla el viento. Una vez que los cultivos entre las terrazas se hallan bien establecidos, las gramíneas pueden ser recortadas, si interfieren con las operaciones agrícolas.

### **C. Cobertura de residuos vegetales (Mulching)**

Una cobertura vegetal es la aplicación de materiales a la superficie del suelo para protegerlo contra la erosión hídrica y eólica. Normalmente, se usan para cobertura materiales orgánicos, porque más tarde puede ser incorporada en el suelo para mejorar el cultivo, el contenido de materia orgánica y la fertilidad del suelo.

Los residuos de cosechas y las malezas que crecen en otros campos, son los materiales más usados, aunque también se usa el estiércol. Algunos materiales inorgánicos, tales como grava o roca triturada, son usados también con este fin.

El costo del material de cobertura y su distribución uniforme es relativamente alto, restringiendo esta práctica a sectores críticos muy pequeños.

#### **5.7.4. Prácticas de drenaje**

Cuando se ponen nuevas áreas de cultivo, o cuando las áreas sembradas tienen sistemas de terrazas, desagües empastados y sistemas instalados de drenaje, es generalmente necesario instalar también drenajes principales o laterales. A menos que éstos sean planeados o instalados para servir a toda la comunidad o para drenar la cuenca, daños por inundación y sedimentación ocurren en las tierras agrícolas adyacentes, en caminos y carreteras. Los desagües naturales frecuentemente deben ser ahondados, ensanchados y alineados para encausar el escurrimiento esperado, pudiéndose necesitar canales adicionales.

Para asegurar la máxima economía en la instalación y la efectividad en la operación, todo este trabajo deberá hacerse de acuerdo con un plan maestro, preparado para toda la comunidad o para toda la cuenca.

##### **A. Canales de drenaje**

Estos son drenes abiertos de profundidad superficial a moderada que son muy efectivos para remover el agua excesiva de la superficie de suelos que tienen permeabilidad lenta en el subsuelo. Los canales de drenaje deben tener un desagüe apropiado, y son más prácticos cuando la topografía permite una disposición paralela de los drenes.

##### **B. Drenaje subterráneo**

Actualmente, el drenaje subterráneo con tejas no se ha generalizado en el área del levantamiento de suelos debido al alto costo de la teja. Algunos suelos se beneficiarían con el desagüe inferior, pero usualmente es substituido con canales superficiales por su bajo costo, a pesar de que éstos no desempeñan una labor tan efectiva como el drene subterráneo.

El desagüe subterráneo o inferior se usa para remover el exceso de agua en el subsuelo, mientras que las zanjas de campo se emplean para remover el exceso de agua en o cerca de la superficie.

### **C. Drenaje Principal o lateral**

El tamaño, localización y desagües para terrazas y sistemas de drenajes deben ser planeados para una comunidad entera o para una cuenca. Esto asegura la reducción de los costos de instalación, y mayor eficiencia en la operación.

#### **5.7.5. Prácticas de riego**

Con riego en Nicaragua es posible obtener dos cosechas con óptimos rendimientos cada año. Pudiendo asegurar así una cosecha en la estación seca y otra en la estación lluviosa, asumiendo que los cultivos sembrados recibieron suficiente agua y control adecuado de plagas y enfermedades. Como la distribución de la precipitación durante la estación lluviosa no es uniforme, y las lluvias no ocurren cuando se les necesita para establecer un buen cultivo, o durante el período crítico de demanda de humedad de los distintos cultivos, el riego es necesario aún en parte de la estación lluviosa.

La capacidad del sistema de riego debe ser diseñado para suplir el requerimiento máximo de agua durante la estación seca, tal diseño es importante, porque un sistema de riego de diseño defectuoso puede crear riesgos de conservación al aumentar la erosión en algunas pendientes moderadamente escarpadas y escarpadas; y acumulación de sales en las tierras bajas si se forman capas freáticas por exceso de riego; o si hay exceso de extracción de agua o disminución de la tabla de agua.

Las buenas prácticas de riego protegen el suelo contra la erosión eólica al mantener el suelo húmedo cuando el terreno está descubierto, como durante la preparación de la cama de la semilla y durante la fase inicial de crecimiento de las plantas.

### **A. Riego por inundación**

El riego por inundación debe ser limitado a tierras planas o casi planas con suficiente contenido de arcilla y limo para evitar el exceso de infiltración. El método se usa generalmente para cultivos de siembra densa incluyendo pastos. Los suelos Vérticos y Vertisoles que se sembrarán de arroz o pasto son apropiados para el riego por inundación, con nivelación cruzada entre los diques o terrazas y con gradiente menor del uno por ciento para pasto y menos de 0.5 por ciento para arroz.

Un sistema bien diseñado de acequias o de cañerías subterráneas y compuertas de control, son requeridos para usar el agua eficientemente. También se necesitan drenes para encausar el agua sobrante.

### **B. Riego por surcos**

El riego por surcos se puede usar en los cultivos anuales de surco, y puede ser usado en tierras con mayor pendiente que en aquellas en que usa riego por inundación. El surco es el distintivo que caracteriza este sistema y debe tener una gradiente menor de 0.6 por ciento. El porcentaje actual predetermina por la permeabilidad del suelo. Suelos de textura gruesa requieren más gradiente y surcos comparativamente cortos en relación con los suelos de textura fina, para evitar pérdidas por exceso de infiltración. En pendientes uniformes, o pendientes cruzadas, el riego en contorno puede ser práctico para reducir la preparación de tierras.

### **C. Riego por Aspersión (sprinkler)**

El riego por aspersión puede ser usado en suelos con pendientes casi planos a escarpados, y aún puede ser usado para el riego de pastizales, de árboles frutales, o tierras muy escabrosas para el cultivo mecánico. El sistema deberá ser diseñado de manera que los aspersores suplan de manera efectiva la cantidad de agua que pueda ser absorbida de inmediato por el suelo, provea el agua suficiente para el crecimiento óptimo de las plantas y evite la aplicación de cantidades excesivas. La velocidad del viento debe ser considerada en el diseño del sistema por aspersión, pero no es un factor limitante.

#### **D. Riego por goteo**

El riego por goteo, igualmente conocido bajo el nombre de «riego gota a gota», es un método de regadío que permite la utilización óptima de agua y abonos. Este se puede implementar en suelos con pendiente desde casi planas hasta escarpadas y puede ser usado para el riego de árboles frutales, hortalizas en forma superficial o en pastizales y caña de manera subterráneas por las labores mecánicas que estos cultivos requieren.

El riego por goteo tiene muchas ventajas, la buena administración del agua para fines agrícolas, incluyendo: la eliminación de la escorrentía superficial, nivel constante en la humedad del suelo, alta eficiencia en el uso del agua (el agua es aplicada directamente a la zona radicular de la planta), flexibilidad en la aplicación de fertilizantes, previene el crecimiento de malezas y enfermedades de las plantas, llegando a tener este sistema eficiencias entre el 90-95 %.

#### **E. Nivelación de Tierras o Alisamiento**

La nivelación de tierras se requiere para el riego de superficie especialmente para el arroz de inundación, el cual requiere una profundidad mínima uniforme entre los diques para el control de malezas. En tierras recién niveladas ocurre el asentamiento de cierta cantidad de tierra, que causa irregularidades en la profundidad de las áreas inundadas. Esto causa el crecimiento de malezas en las partes más altas, que no están eficientemente inundadas, y necesita de futuras nivelaciones en los años subsiguientes. Las prácticas agrícolas normales, la erosión por viento y agua y la acumulación de sedimentos, son otros factores que contribuyen a la desigualdad del terreno. Por esta razón la nivelación o alisamiento periódico es esencial. En el área del Pacífico, los campos son generalmente nivelados cada año.

#### **5.7.6. Reducción de sales en los suelos salinos**

Los suelos afectados por el exceso de sales tienen restricciones de drenaje, de manera que un drenaje efectivo es parte integral de la reducción de sales.

Actualmente no es factible recuperar la mayor parte de las zonas de manglares para el cultivo. Algunos suelos salinos pueden ser mejorados por el drenaje, las enmiendas y las inundaciones, pero antes de realizar este tipo de operaciones es necesario estudiar cuidadosamente la factibilidad económica.

La lixiviación es otro método para reducir la cantidad de sales en el suelo. Esta se realiza drenando primero el área para bajar la tabla de agua, después de lo cual se inunda de nuevo de manera que el agua pueda infiltrarse a través de la zona de raíces y fuera del suelo. La lixiviación es más efectiva cuando se estanca el agua sobre la superficie total. Diques construidos en los contornos son usados sobre para este propósito y a menudo se siembra arroz en las áreas inundadas mientras progresa la lixiviación.

#### **5.8. SIG como herramientas de aplicación del conocimiento: ArcGIS**

Es un sistema de información geográfica, el cual posee una interface gráfica de usuario, de manejo sencillo con el ratón, posibilita cargar con facilidad datos espaciales y tabulares para ser mostrados en forma de mapas, tablas y gráficos, también provee las herramientas necesarias para consultar y analizar los datos y presentar los resultados como mapas con calidad de presentación. Algunos ejemplos de lo que se puede obtener es cartografía temática, creación y edición de datos, análisis espacial, geocodificación de direcciones, etc. ArcGIS se compone de tres aplicaciones que están incluidas en ArcInfo, ArcEditor y ArcView, las cuales son ArcMap, ArcCatalog y ArcToolbox (Puerta, R., Rengifo, J. & Bravo, N., 2007).

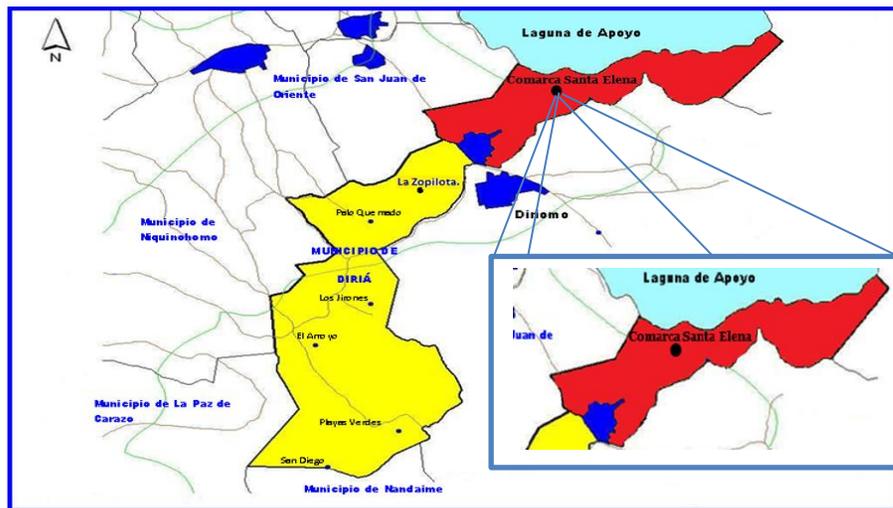
## VI. DISEÑO METODOLÓGICO

### 6.1. Localización del sitio

El estudio se realizó en la finca Monte Carmelo con una extensión de aproximadamente 6 Manzanas. Se encuentra ubicada en la comarca Santa Elena, Municipio de Diriá, Departamento de Granada.

La finca está localizada entre las coordenadas geográficas  $11^{\circ} 53' 04.07''$  N,  $86^{\circ} 02' 38.99''$  W, a una altura entre los 350 y 375 msnm.

Figura 5. Localización de la comarca Santa Elena, Municipio de Diriá



Fuente. Alcaldía de Diriá, 2015.

### 6.2. Condiciones climáticas

El clima de la zona de estudio es clasificado como trópico sub-húmedo, con temperatura que van desde los 22 a 28°C, precipitación media anual de 1200 a 1400 mm.

### 6.3. Tipo de investigación.

El presente estudio se clasifica como investigación descriptiva, debido a que, se empleó un análisis que describe las realidades de las condiciones actuales del suelo en la finca Monte Carmelo, para proponer una alternativa de formulación y programación de planes integrales de desarrollo agrícola mediante el ordenamiento sistemático de carácter práctico e interpretativo, fundamentado en

la aptitud natural que produce el suelo para producir constantemente un tratamiento continuo y usos específicos.

Para llevar a cabo la investigación se dividió en cuatro etapas: la primera fue de reconocimiento, para establecer las rutas de acceso y se obtuvo información acerca del uso actual que se le ha dado a la tierra; la segunda fase fue de recopilación de información de la zona de estudio, proporcionada por INETER; en la tercera fase se realizaron trabajos de campo, que consisten en levantamiento topográfico, georreferenciación de los sondeos, y descripción de calicatas para el análisis de las características y propiedades físico-químicas de los suelos; por último, en la cuarta fase se estructuró una sistematización de la información generada y existente mediante mapas con la ayuda de los software: Excel y ArcGIS 10.3.

#### **6.4. Etapa inicial**

En esta etapa se visitó al dueño de la propiedad con el objetivo de identificar la ruta de acceso y localización de la zona de estudio.

Al mismo tiempo se realizó una entrevista verbal donde se obtuvo información de los antecedentes de la finca, como han trabajado la tierra tradicionalmente, si han obtenido asistencia técnica y el uso actual que le están dando a la finca (Ver anexos, figura 6. Mapa de Uso actual del suelo, pág. xv).

Luego se procedió a visitar al Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales (INETER) con el fin de solicitar mapas e información técnica de los suelos del municipio de Dirià, donde se obtuvo lo siguiente:

- ✓ Mapa de Límites municipales de Nicaragua.
- ✓ Mapa de Series de suelo de la Meseta de los Pueblos.
- ✓ Mapa topográfico del departamento de Granada.
- ✓ Documentos. Levantamiento de Suelos de la Región Pacífica de Nicaragua: clasificación de suelos, uso y manejo de los suelos. Nicaragua.
- ✓ Formato. Leyenda de campo para interpretación y elaboración de mapas detallados de suelos.

## **6.5. Reconocimiento y trabajo de campo**

Con información obtenida en la etapa inicial, se realizó una serie de trabajos de campo para identificar y determinar el grado de heterogeneidad del sitio, que y como varían sus características, así como su magnitud con el fin de definir el tipo de muestreo a aplicar y ubicar los puntos de muestreo en el mapa mediante la generación de un modelo digital de elevación (DEM), con lo cual se produjo las curvas de nivel, pendientes y orientaciones (Ver anexos, figura 7. Mapa Modelo de Elevación, pág. xvii).

Por otro lado se aplicó un levantamiento-inventario físico sobre la cobertura vegetal del sitio para determinar los recursos con los que cuenta la finca y también el uso y manejo que se le ha venido aplicando a esta propiedad.

### **6.5.1. Levantamiento Topográfico**

El levantamiento topográfico del área total de la finca se realizó del 22 al 24 de noviembre de 2018, empleando un dispositivo GPS (Sistema de Posicionamiento Global) y Estación total con el propósito de georreferenciar el sitio de estudio, tanto en su perímetro como en el interior del mismo, obteniendo también las curvas de nivel que nos permitió determinar el grado de la pendiente y así como su clasificación de acuerdo a la metodología de CATASTRO E INVENTARIO DE RECURSOS NATURALES DE NICARAGUA (1971), obteniendo el modelo digital de elevación (DEM) del sitio.

### **6.5.2. Zona de vida y uso de la tierra**

Esta zona se considera como “Bosque seco tropical” (bs – T). Según el diagrama para la clasificación de las zonas de vida de Holdridge (1982). La vegetación natural fue de bosques moderadamente densos, pero en la actualidad casi todos los bosques han sido talados.

Actualmente en la finca se cultiva frijol (*Phaseolus vulgaris*), yuca (*Manihot esculenta* Crantz), guineo cuadrado (*Musa Paradisiaca*), mango (*Mangifera indica*), nancite (*Byrsonima crassifolia*), naranja (*Citrus sinensis*), mandarina (*Citrus reticulata*) y algunas especies forestales.

## **6.6. Características de la superficie del suelo**

La descripción de la superficie del suelo se realizó el 17 de julio de 2019 y se obtuvo mediante la clasificación de agentes externos como: afloramientos rocosos, fragmentos gruesos superficiales, erosión, encostramiento y grietas superficiales de acuerdo a como lo establece la guía de descripción de suelo de la FAO 2009 y Catastro e inventario de Recursos Naturales de Nicaragua 1971 (Ver anexos, cuadro 12 y 13, pág. v y vi).

Para la medición de los agentes externos del suelo se utilizó una cinta métrica del cual se obtuvo el diámetro promedio de los fragmentos gruesos superficiales.

## **6.7. Muestreo de suelos**

Se realizó un muestreo de caracterización para propósitos interpretativos generales, se tomaron muestras al azar utilizando como indicador el paisaje y la pendiente del terreno para definir el punto de muestreo como representativo del área determinada, este se efectuó el día 14 de mayo de 2019.

En total se hicieron 5 muestreos con barreno obteniéndose así una relación de 0.86 Ha por observación lo que nos sirvió para determinar el número y lugar donde se iban a realizar las calicatas.

Todos los puntos de muestreo fueron georreferenciados con GPS y se registraron en los formatos de campo las características del suelo descritas en las barrenadas a como se presenta a continuación:

- ✓ Profundidad del suelo
- ✓ Color (Tabla de colores de suelos Munsell)
- ✓ Pendiente del terreno en %
- ✓ Drenaje (Sub superficial)
- ✓ Textura (Tacto)
- ✓ Materiales gruesos (Grava)
- ✓ Erosión
- ✓ Consistencia (Mojado)
- ✓ Uso actual del suelo

- ✓ Material madre

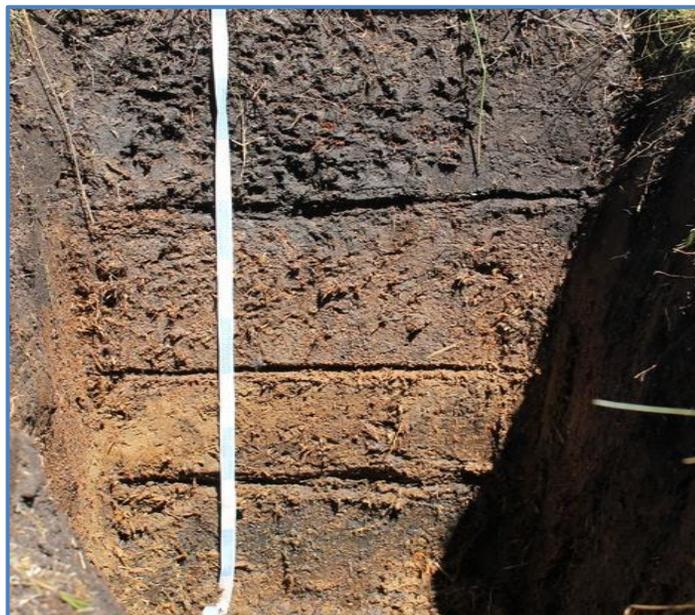
Una vez determinadas las observaciones en base a la homogeneidad de las muestras se estableció realizar cuatro calicatas con una profundidad suficiente para describir los horizontes de las unidades de suelo.

### **6.8. Descripción de Calicatas**

El objetivo de la descripción del suelo es ofrecer la información necesaria la cual permita conocer las características morfológicas del suelo, examinando el perfil in situ. Donde se realizaron 4 calicatas con dimensiones de 1.0 m de ancho por 1.5 m de largo, con una profundidad de 1.10 m o hasta el material limitante para describir y visualizar los rasgos fundamentales de los horizontes típicos de las diferentes unidades de suelos, consideradas como representativas de un área determinada de la finca, este trabajo se efectuó en el periodo del 15 al 16 de mayo de 2019.

La calicata se orientó de tal forma que el perfil quedara uniformemente iluminado dejando escalones para una mejor comodidad y facilidad en la descripción de los horizontes del suelo y toma de muestras para análisis de laboratorio (Ver figura 6).

Figura 6. Muestreo por calicata



Fuente: Jordán López, A., 2005

Las herramientas que se utilizaron en la excavación de los perfiles fueron:

- ✓ Coba
- ✓ Palín
- ✓ Cuchillo edafológico
- ✓ Pala
- ✓ Cinta métrica

Al momento de realizar el perfil se dividió su descripción en dos aspectos:

- ✓ Información acerca de las condiciones externas del sitio de la muestra.
- ✓ Descripción de los horizontes del suelo.

En la información del sitio se tomaron en cuenta las características siguientes:

- ✓ Número del perfil.
- ✓ Fecha de la observación.
- ✓ Ubicación del Perfil.
- ✓ Ubicación geográfica.
- ✓ Serie.
- ✓ Uso de la tierra.
- ✓ Pendiente del Perfil.
- ✓ Relieve
- ✓ Elevación
- ✓ Erosión
- ✓ Condiciones de Clima.
- ✓ Vegetación

La descripción del perfil se inició con la demarcación de los límites de los horizontes del suelo y en cada horizonte se describen cuidadosamente sus características:

- Profundidad y espesor de la parte superior e inferior del horizonte (cm).
- Símbolo del horizonte
- Color. (Tabla de colores de suelos Munsell)
- Manchas de color
- Textura.
- Estructura (grado, clase y tipo)
- Porosidad.
- Contenido de raíces
- Límite
- Capas endurecidas
- Consistencia
- Drenaje
- Presencia de grava.

Para la descripción de perfiles se utilizó el formato de descripción de perfiles de INETER y la guía de descripción de perfiles de la FAO 2009.

Una vez delimitado cada horizonte del perfil con sus respectivas descripciones, se procedió a tomar fotografías de cada perfil representativo, utilizando la cámara de nuestros dispositivos móviles.

Además de la descripción de cada horizonte, también se recolectó una muestra de suelo de aproximadamente 2 libras en una bolsa plástica rotulada, (número de perfil, símbolo del horizonte y profundidad) por cada horizonte para su análisis físico-químico realizados en el laboratorio de suelos y agua (LABSA) de la Universidad Nacional Agraria.

Para calcular las densidades (densidad aparente y densidad real), se introdujo un cilindro de 98.17 cm<sup>3</sup> en el primer y segundo horizonte y con una espátula cortamos la parte inferior que sobraba de la muestra de suelo, sin alterar la misma.

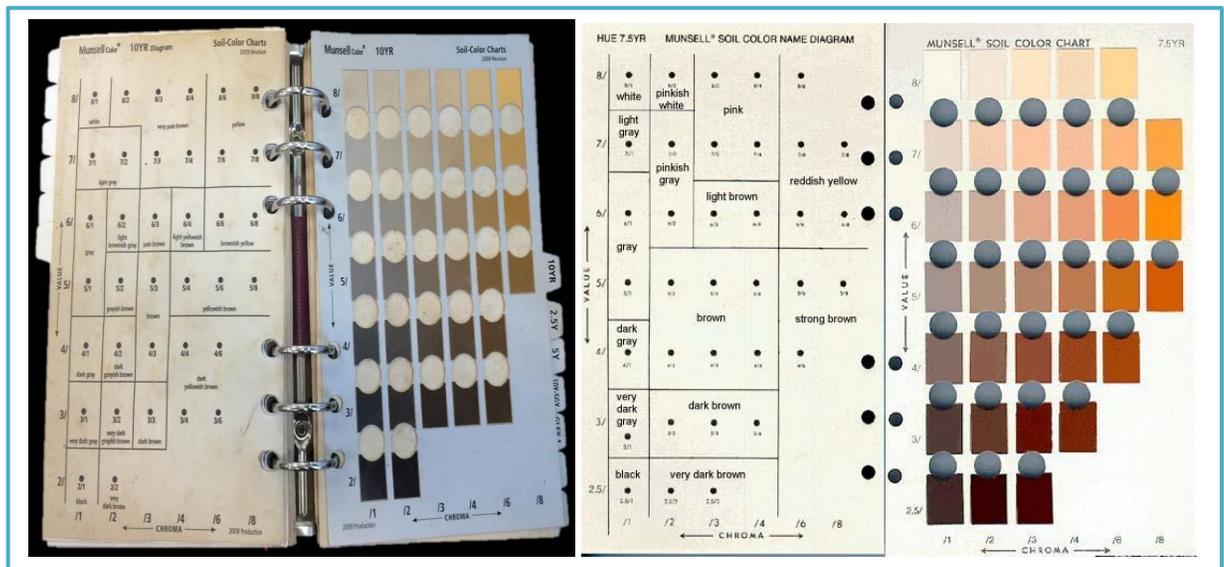
### **6.9. Determinación de propiedades físicas**

Las diferentes propiedades físicas del suelo se determinaron mediante procedimientos de campo y laboratorio, entre las más importante se destacan: Color, textura, estructura, densidad real, densidad aparente, porosidad.

### 6.9.1. Determinación del color del suelo

El color del suelo se determinó mediante la tabla de colores Munsell (Ver figura 7), para propósitos especiales, como para la clasificación del suelo, requerimos los colores adicionales de material molido o frotado. Se anotó la ocurrencia del contraste de colores relacionado con la organización estructural del suelo.

Figura 7: Tabla de clasificación de colores de suelo Munsell.



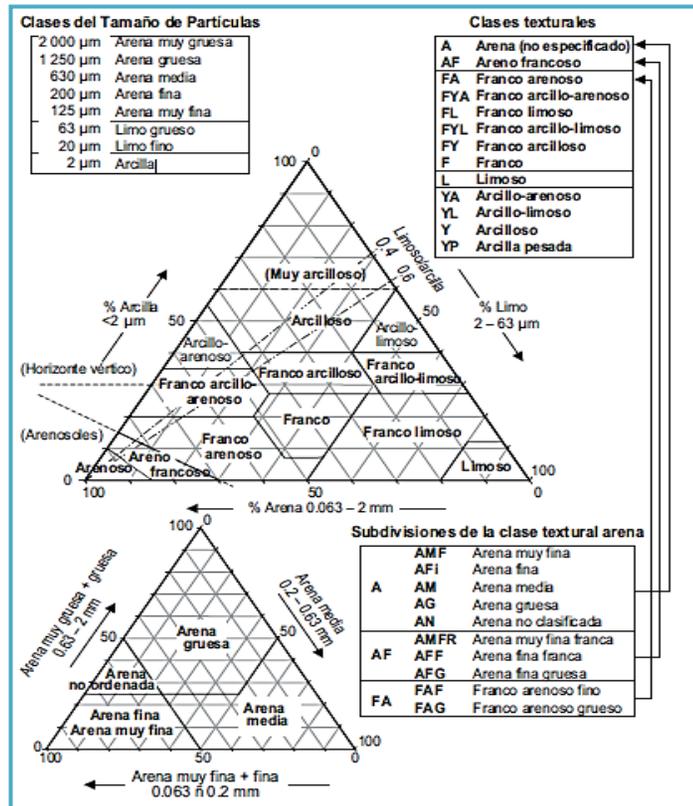
Fuente: Elaboración propia de la Tabla de colores Munsell, edición 2009

### 6.9.2. Determinación de la Textura del suelo

La textura se determinó de dos maneras, al tacto en campo, y en laboratorio de las muestras recolectadas para análisis de la granulometría con un hidrómetro denominado “hidrómetro de Bouyoucos”, graduado para leer directamente en gramos/litro: 0-60. Calibrado a 20°C.

Con este se obtuvo el contenido en porcentaje de limo + arcilla + arena, el cual lo utilizamos en el triángulo textural para definir así la textura del suelo. Ver figura 8.

Figura 8: Relación de los constituyentes de tierra fina por tamaño, definiendo las clases texturales y subclases de arena.



Fuente: FAO, 2009.

### 6.9.3. Determinación de la Estructura

Para la descripción de la estructura del suelo, tomamos un terrón de suelo grande del perfil, de varias partes del horizonte, necesitando solamente una observación de la estructura del suelo *in situ*.

La estructura del suelo se describió en términos de tamaño y tipo de agregados para su clasificación se usa como respaldo lo que establece el Cuadro 7 y la Figura 1 en anexos pág. iii y xiii.

De la Estructura depende que las raíces del cultivo penetren adecuadamente en el suelo, que circule bien el aire y el agua, y que sea más o menos intensa la vida microbiana del suelo.

#### **6.9.4. Densidad del suelo**

##### **A. Densidad real**

La densidad real del suelo se determinó con un picnómetro, el cual es un instrumento sencillo utilizado para determinar con precisión la densidad de líquidos. Con este obtuvimos la densidad relativa del suelo respecto a la del agua, a la temperatura de medición.

El contenido de los distintos elementos constituyentes de los suelos es el que determina las variaciones de su densidad real, por lo que la determinación de este parámetro permite por ejemplo, estimar su composición mineralógica. Si la densidad real es muy inferior a 2,65 gr/cm<sup>3</sup>, podemos inferir que el suelo posee alto contenido de yeso o de materia orgánica, si es significativamente superior a 2,65 gr/cm<sup>3</sup> podemos inferir que posee un elevado contenido de óxidos de FeO y minerales ferromagnésicos.

##### **B. Densidad aparente**

Para la densidad aparente se utilizó un cilindro de volumen conocido que se insertó en el suelo, teniendo cuidado de perturbar lo menos posible a este, se hace un registro para su identificación y se sitúa en la transportación.

La densidad aparente del suelo queda determinada por la ecuación:

$$Da = \frac{P_{ss}}{V_t}$$

Donde:

- Da = Densidad aparente (gr/cm<sup>3</sup>)
- P<sub>ss</sub> = Peso del suelo seco (gr)
- V<sub>t</sub> = Volumen del cilindro (cm<sup>3</sup>)

La densidad aparente del suelo es un buen indicador de ciertas importantes características del suelo, a saber: porosidad, grado de aireación y capacidad de infiltración.

### **6.9.5. Porosidad**

La porosidad se obtuvo mediante la relación de la densidad real y aparente como se describe a continuación:

$$P = \left(1 - \frac{D_a}{D_r}\right) \times 100$$

Donde:

- P = porosidad total (%)
- $D_r$  = densidad real ( $\text{gr}/\text{cm}^3$ ) (generalmente igual a  $2.65 \text{ gr}/\text{cm}^3$ )
- $D_a$  = densidad aparente ( $\text{gr}/\text{cm}^3$ )

La porosidad del suelo tiene importancia especial porque constituye el medio por el cual el agua penetra al suelo y pasa a través de él para abastecer a las raíces y finalmente drenar el área; y también el espacio donde las raíces de las plantas y la fauna tienen una atmósfera, es decir, constituye la fuente de donde aquéllos obtienen el aire.

### **6.10. Determinación de propiedades químicas**

Las diferentes propiedades químicas del suelo se determinaron en el Laboratorio de Suelos y Agua (LABSA) de la Universidad Nacional Agraria (UNA), las muestras de suelo se ingresaron el día 17 de mayo y los resultados se retiraron el 12 de junio de 2019. Tales propiedades son: reacción del suelo pH, conductividad eléctrica (CE), capacidad de intercambio catiónico (CIC), contenido de materia orgánica, caracterización del contenido de los elementos esenciales para la nutrición de las plantas (macro nutrientes y micro nutrientes). Dichas propiedades son un indicador de la fertilidad del suelo, la cual determinara el tipo de cultivo que se puede establecer con cierta comodidad para el agricultor.

### **6.11. Caracterización de las unidades cartográficas de suelos y clasificación para la clase de capacidad agrológica**

Para la caracterización y clasificación de los suelos se hizo uso de la metodología desarrollada por Catastro e inventario de Recursos Naturales de Nicaragua en 1971, la cual consiste en ordenar las características y factores limitantes de las

tierras en un quebrado para luego ponderar las cualidades más restrictivas para clasificar por capacidad de uso.

En el quebrado de suelo el numerador agrupa las características del mismo como profundidad radicular, textura del suelo (0 a 30 cm) y del subsuelo (30 a 60 cm), drenaje y presencia de talpetate , el cual es indicado con una t entre las posiciones del tipo de textura, según su ocurrencia, si existe o no existe en el suelo. En lo que respecta al denominador tenemos los factores limitantes o modificadores del uso potencial de la tierra como: pendiente del terreno, erosión, materiales que limitan la profundidad, fragmentos rocosos, inundaciones, salinidad entre otras limitantes como se indican en las tablas para la caracterización de cada perfil, clasificación físico-química y uso de los suelos, anexos, pág. i.

#### **6.12. Elaboración de mapa de suelos**

Para elaborar el mapa de suelo se utilizaron como base los mapas nacionales de uso potencial de la tierra elaboradas por INETER-UNA(2015), este tiene fines prácticos, para evaluaciones de capacidades de uso y ordenaciones del sitio en estudio, cuyo procedimiento se realizó mediante el empleo de muestreos, calicatas, imágenes satelitales y el software Arc GIS. Donde se Identificaron las diferentes Unidades Cartográficas homogéneas, definiendo su temática y uso potencial.

#### **6.13. Criterios para la clasificación de uso, manejo y plan de aprovechamiento de los suelos de la finca**

Para la clasificación se consideraron factores que influyeron directamente en su determinación como:

- ✓ Factores edáficos
- ✓ Factores Topográficos
- ✓ Factores climáticos

#### **Factores edáficos**

Estos factores están relacionados a las características físicas, químicas y morfológicas de los suelos caracterizados, que influyen directamente en la

capacidad de uso y productividad de la tierra. Incluyendo las características más importantes para la evaluación de uso y manejo: profundidad efectiva, material de origen, drenaje interno y erosión.

### **Factores topográficos**

Este factor es de gran relevancia e influye directamente en el manejo y conservación de los suelos, ya que aumenta o disminuye los riesgos por erosión.

### **Factores climáticos**

Para este estudio fueron considerados:

- ✓ Régimen de temperatura
- ✓ Precipitación absoluta media anual
- ✓ Periodos caniculares de la zona

## **7. ANÁLISIS E INTERPRETACION DE RESULTADOS**

El presente trabajo se realizó en la finca Monte Carmelo, comunidad Santa Elena, Municipio de Diriá, Departamento de Granada, realizando un levantamiento de suelo a nivel de detalle caracterizándolos de acuerdo a la morfología y génesis que presentan cada uno de los perfiles de suelo, así mismo, las características fisicoquímicas del recurso para su respectivo análisis e interpretación.

### **7.1. Características de la superficie del suelo**

En el sitio de estudio no se encontraron afloramientos rocosos y la presencia de fragmentos gruesos fue casi nula, dado que estas se encontraban dispersas y con muy poca cobertura, presentando diámetros desde 0.5 cm hasta los 10 cm, clasificándose como gravas finas, medias, gruesas y piedras.

Por otra parte, en lo que respecta a la erosión, la mayor parte de la finca se encuentra con un buen porcentaje de cobertura vegetal, la cual sirve de protección al suelo, resultando una valoración de leve a moderada.

### **7.2. Descripción morfológica de los perfiles de suelo de la finca Monte Carmelo**

De las características que presenta un perfil de suelo, se ha descrito la nomenclatura, estructura morfológica y las propiedades físicas y químicas de cada horizonte, en base a esta descripción se determinaron cuatro unidades de suelo.

#### **7.2.1. Descripción del perfil P1**

Para el perfil P1, se presentan en el siguiente cuadro los datos generales del sitio como su ubicación, localización, fecha de realización del muestreo, también se detalla su topografía, características externas del suelo y su uso actual del área representativa de dicho perfil.

Cuadro 6

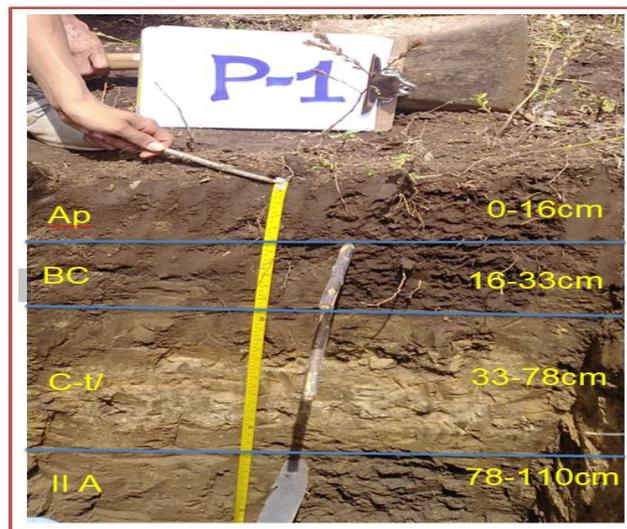
Información del sitio de la muestra del perfil P1.

<b>Departamento:</b> Granada	<b>Municipio:</b> Diríá.	<b>Comarca/Sitio:</b> Santa Elena.
<b>Localización del Perfil:</b> Finca Monte Carmelo.	<b>Coordenadas UTM:</b> X=604 144; Y=1313872	<b>Fecha de la observación:</b> 15/05/2019
<b>Elevación:</b> 371 msnm	<b>Fisiografía:</b> Meseta de los Pueblos.	<b>Serie Catastro 1971:</b> Diriomo
<b>Clima:</b> Trópico sub-húmedo	<b>Condición del perfil:</b> Húmedo	<b>Uso actual de la tierra:</b> Madera Dispersa/tierra en descanso
<b>Forma de la pendiente:</b> Convexo	<b>Pendiente del perfil:</b> 4-8%	<b>Erosión actual:</b> Leve
<b>Drenaje natural:</b> Bien drenado	<b>Pedregosidad:</b> No	<b>Unidad Cartográfica:</b> Unidad $MC \frac{144t2}{ce} III$

Fuente: Elaboración propia

A continuación en la siguiente imagen se presenta la estructuración de los horizontes del perfil P1 de acuerdo a sus características morfológicas y profundidad a la que se encuentran.

Figura 9: Descripción perfil P1



Fuente: Elaboración propia

La descripción de las características internas del suelo para el perfil P1 como: color, textura, estructura, consistencia, pH, materia orgánica, entre otras son detalladas en el cuadro 7, que se presenta a continuación.

Cuadro 7

*Descripción del perfil P1*

<b>Horizonte</b>	<b>Profundidad (cm)</b>	<b>Descripción de las características</b>
<b>Ap</b>	0-16	Color Pardo, fuerte oscuro (7.5 YR 2.5/2) en húmedo, textura franco-arcillosa, estructura bloque subangular, abundantes raíces finas y muy finas, pocos poros finos y muy finos, de consistencia muy friable en húmedo, PH levemente ácido y un muy alto contenido de materia orgánica.
<b>BC</b>	16-33	Color Pardo fuerte oscuro (10 YR 2/2) en húmedo, textura arcillosa, estructura bloque angular, frecuentes raíces finas y muy finas, muchos poros finos y muy finos, de consistencia friable a firme en húmedo, PH levemente ácido y un contenido muy alto de materia orgánica.
<b>C-t</b>	33-78	Capa de talpetate cementado con un color Pardo amarillo claro (10 YR 5/4-6/4), sin presencia de raíces, textura Franco arcillo-arenoso, PH neutro y un contenido alto de materia orgánica.
<b>II A</b>	78-110	Color Pardo oscuro (7.5 YR 3/2) en húmedo, textura arcillosa, estructura bloque angular, muy pocas raíces medias y finas, muchos poros medios y finos, de consistencia firme en húmedo, PH neutro y un contenido alto de materia orgánica.

Fuente: Elaboración propia

### **7.2.2. Descripción del perfil P2**

En el siguiente cuadro se presentan los datos generales del sitio para el perfil P2 como su ubicación, localización, fecha de realización del muestreo, también se detalla su topografía, características externas del suelo y su uso actual del área representativa de dicho perfil.

Cuadro 8

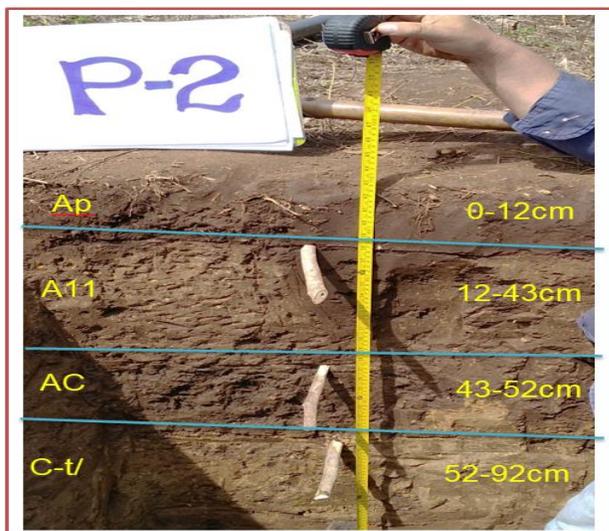
Información del sitio de la muestra del perfil P2

<b>Departamento:</b> Granada	<b>Municipio:</b> Diriá.	<b>Comarca/Sitio:</b> Santa Elena.
<b>Localización del Perfil:</b> Finca Monte Carmelo.	<b>Coordenadas UTM:</b> X=604 059; Y=1 313 844	<b>Fecha de la observación:</b> 15/05/2019
<b>Elevación:</b> 367 msnm	<b>Fisiografía:</b> Meseta de los Pueblos.	<b>Serie Catastro 1971:</b> Diriomo
<b>Clima:</b> Trópico sub-húmedo	<b>Condición del perfil:</b> Húmedo	<b>Uso actual de la tierra:</b> Tierra en descanso
<b>Forma de la pendiente:</b> Convexo	<b>Pendiente del perfil:</b> 1.5-4%	<b>Erosión actual:</b> Leve
<b>Drenaje natural:</b> Bien drenado	<b>Pedregosidad:</b> No	<b>Unidad Cartográfica:</b> Unidad $MC \frac{155t3}{Be} III$

Fuente: Elaboración propia

La siguiente figura presenta la estructuración de los horizontes del perfil P2 de acuerdo a sus características morfológicas y profundidad a la que se encuentran.

Figura 10: Descripción perfil P2



Fuente: Elaboración propia

La descripción de las características internas del suelo para el perfil P2 como: color, textura, estructura, consistencia, porosidad, materia orgánica, entre otras son detalladas en el cuadro 9 que se presenta a continuación.

Cuadro 9

*Descripción del perfil P2*

<b>Horizonte</b>	<b>Profundidad (cm)</b>	<b>Descripción de las características</b>
<b>Ap</b>	0-12	Color Pardo fuerte oscuro (7.5 YR 2.5/3) en húmedo, textura franco-arcillosa, estructura bloque subangular, frecuentes raíces finas y muy finas, pocos poros finos, de consistencia muy friable en húmedo, PH moderadamente ácido y un muy alto contenido de materia orgánica.
<b>A11</b>	12-43	Color Pardo oscuro (7.5 YR 3/2) en húmedo, textura arcillosa, sin estructura y masivo, muy pocas raíces muy finas, muchos poros finos, de consistencia muy dura en seco, PH levemente ácido y un contenido muy alto de materia orgánica.
<b>AC</b>	43-52	Color Pardo oscuro (7.5 YR 3/3) en húmedo, textura arcillosa, estructura bloque angular, pocas raíces muy finas, muy pocos poros finos, de consistencia muy dura en seco, PH levemente ácido y un contenido muy alto de materia orgánica.
<b>C-t</b>	52-92	Capa de talpetate débilmente cementado con un color Pardo amarillo claro (10 YR 6/4) en seco, sin presencia de raíces, muchos poros finos, textura Franco arcillosa, PH levemente ácido y un contenido muy alto de materia orgánica.

Fuente: Elaboración propia

### **7.2.3. Descripción del perfil P3**

Los datos generales del sitio del perfil P3 como su ubicación, localización, fecha de realización del muestreo, su topografía, características externas del suelo y el

uso actual del área representativa de dicho perfil, se presentan a continuación en el cuadro 10.

Cuadro 10

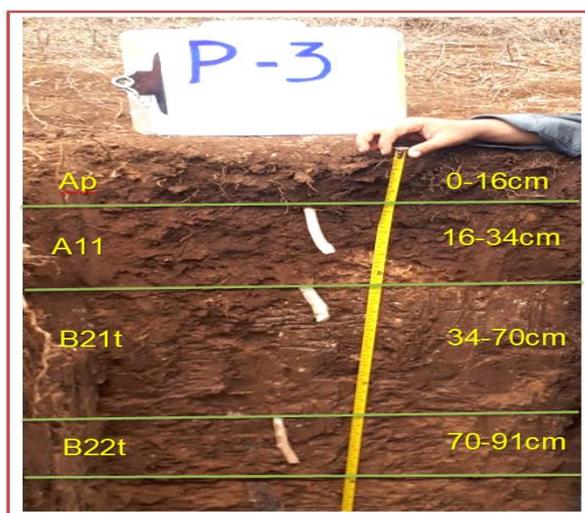
*Información del sitio de la muestra del perfil P3*

<b>Departamento:</b> Granada	<b>Municipio:</b> Diriá.	<b>Comarca/Sitio:</b> Santa Elena.
<b>Localización del Perfil:</b> Finca Monte Carmelo.	<b>Coordenadas UTM:</b> X=604 007; Y=1 313 989	<b>Fecha de la observación:</b> 16/05/2019
<b>Elevación:</b> 375 msnm	<b>Fisiografía:</b> Meseta de los Pueblos.	<b>Serie Catastro 1971:</b> Diriomo
<b>Clima:</b> Trópico sub-húmedo	<b>Condición del perfil:</b> Húmedo	<b>Uso actual de la tierra:</b> Tierra en descanso
<b>Forma de la pendiente:</b> Convexo	<b>Pendiente del perfil:</b> 8-15%	<b>Erosión actual:</b> Moderada
<b>Drenaje natural:</b> Bien drenado	<b>Pedregosidad:</b> No	<b>Unidad Cartográfica:</b> Unidad MC $\frac{145t3}{Dee}$ IV

Fuente: Elaboración propia

Con la siguiente imagen se observa la estructuración de los horizontes del perfil P3 de acuerdo a sus características morfológicas y profundidad a la que se encuentran.

Figura 11: Descripción perfil P3



Fuente: Elaboración propia

Las características internas del suelo para el perfil P3 como: color, textura, estructura, consistencia, porosidad, materia orgánica, entre otras son detalladas en el cuadro 12, que se presenta a continuación.

Cuadro 12

*Descripción del perfil P3*

<b>Horizonte</b>	<b>Profundidad (cm)</b>	<b>Descripción de las características</b>
<b>Ap</b>	0-16	Color Pardo fuerte oscuro (7.5 YR 2.5/2) en húmedo, textura franco-arcillosa, estructura bloque subangular, abundantes raíces medias, finas y muy finas, pocos poros finos y muy finos, de consistencia friable en húmedo, PH moderadamente ácido y un muy alto contenido de materia orgánica.
<b>A11</b>	16-25/34	Color Pardo oscuro (7.5 YR 3/2) en húmedo, textura franco-arcillosa, estructura bloque subangular, frecuentes raíces finas y muy finas, muchos poros finos, de consistencia friable a firme en húmedo, PH levemente ácido y un contenido alto de materia orgánica con actividad biológica.
<b>B21 t</b>	25/34-70	Color Pardo oscuro (7.5 YR 3/3) en húmedo, textura arcillosa, estructura columnar, muy pocas raíces y muy finas, muy pocos poros muy finos, de consistencia muy firme en húmedo, PH neutro y un contenido normal de materia orgánica.
<b>B22 t</b>	70-91	Color Pardo (7.5 YR 4/2) en húmedo, textura arcillosa, estructura bloque angular y columnar, muy pocas raíces muy finas, muchos poros muy finos, de consistencia muy firme en húmedo, PH neutro y un contenido normal de materia orgánica.

Fuente: Elaboración propia

#### **7.2.4. Descripción del perfil P4**

Los datos generales del área representativa del perfil P4 como su ubicación, localización, fecha de realización del muestreo, su topografía, características externas y uso actual del suelo, se muestran a continuación en el cuadro 13.

Cuadro 13

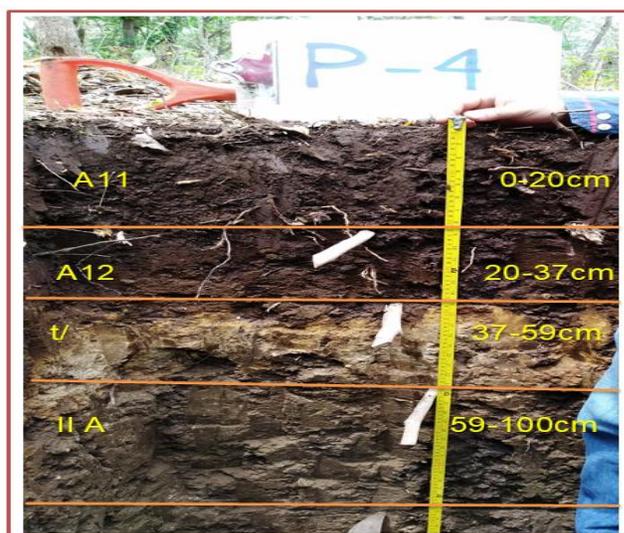
Información del sitio de la muestra del perfil P4

<b>Departamento:</b> Granada	<b>Municipio:</b> Diríá.	<b>Comarca/Sitio:</b> Santa Elena.
<b>Localización del Perfil:</b> Finca Monte Carmelo.	<b>Coordenadas UTM:</b> X=604 104; Y=1 314 023	<b>Fecha de la observación:</b> 16/05/2019
<b>Elevación:</b> 373 msnm	<b>Fisiografía:</b> Meseta de los Pueblos.	<b>Serie Catastro 1971:</b> Diriomo
<b>Clima:</b> Trópico sub-húmedo	<b>Condición del perfil:</b> Húmedo	<b>Uso actual de la tierra:</b> Tierra en descanso
<b>Forma de la pendiente:</b> Concavo	<b>Pendiente del perfil:</b> 1.5-4%	<b>Erosión actual:</b> Leve
<b>Drenaje natural:</b> Bien drenado	<b>Pedregosidad:</b> No	<b>Unidad Cartográfica:</b> Unidad $MC \frac{144t2}{Be} II$

Fuente: Elaboración propia

En la siguiente figura se muestra la estructuración de los horizontes del perfil P4 en base a sus características morfológicas y profundidad a la que se encuentran.

Figura 12: Descripción perfil P4



Fuente: Elaboración propia

Las características internas del suelo para el perfil P4 como: color, textura, estructura, porosidad, cantidad de raíces, material limitante, pH, materia orgánica, entre otras son detalladas en el cuadro 14.

Cuadro 14

*Descripción del perfil P4*

<b>Horizonte</b>	<b>Profundidad (cm)</b>	<b>Descripción de las características</b>
<b>A11</b>	0-20	Color Pardo fuerte oscuro (7.5 YR 2.5/2) en húmedo, textura franco-arcillosa, estructura bloque subangular, abundantes raíces medias, finas y muy finas, muchos poros medios, finos y muy finos, de consistencia friable en húmedo, PH levemente ácido y un muy alto contenido de materia orgánica.
<b>A12</b>	20-37	Color Pardo oscuro (7.5 YR 3/2) en húmedo, textura arcillosa, estructura bloque subangular, abundantes raíces medias, finas y muy finas, muchos poros medios y finos, de consistencia friable a firme en húmedo, PH levemente ácido y un contenido alto de materia orgánica.
<b>t</b>	37-59	Capa de talpetate débilmente cementado con un color Pardo muy claro (10 YR 7/4) en seco, presencia de raíces muy pocas y muy finas, no hay poros, textura Franco arcillo-arenoso, PH levemente ácido y un contenido normal de materia orgánica.
<b>IIA</b>	59-100	Color Pardo oscuro (7.5 YR 3/2) en húmedo, textura arcillosa, estructura bloque angular, muy pocas raíces finas y muy finas, muchos poros finos, de consistencia firme en húmedo, PH neutro y un bajo contenido de materia orgánica.

Fuente: Elaboración propia

### 7.3. Caracterización física y química de los suelos de la finca Monte Carmelo

La interpretación de los análisis físico-químicos de los suelos del sitio en estudio se ha realizado en base de los resultados de laboratorio de Suelos y Aguas (LABSA) de la Universidad Nacional Agraria, para su evaluación se seleccionó los dos primeros perfiles como referencia que en promedio representan los primeros 30 cm de los horizontes, debido a que esta área es la que sufre mayor impacto por las labores agrícolas.

A continuación en el cuadro 15 se presenta la evaluación de cada propiedad físico-química de los suelos de la finca Monte Carmelo.

Cuadro 15

Evaluación de Resultados Físico-Químicos.

Perfil	Horizontes	Da	Dr	Ph	MO	CE	CIC	K	P	N	Textura
	Unidades de medida	gr/cm3	gr/cm3	H2O	%	µS/cm	Meq/100 g suelo		ppm	%	
<b>P1</b>	<b>Ap/BC</b>	Baja	Medio	Ligeramente ácido	Muy alto	Normal	Alta	Alto	Pobre	Alto	F.A/A
<b>P2</b>	<b>Ap/A11</b>	Baja	Medio	Ligeramente ácido	Muy alto	Normal	Alta	Alto	Pobre	Alto	F.A/A
<b>P3</b>	<b>Ap/A11</b>	Baja	Medio	Moderadamente ácido	Muy alto	Normal	Alta	Alto	Pobre	Alto	F.A
<b>P4</b>	<b>A11/A12</b>	Baja	Medio	Ligeramente ácido	Muy alto	Normal	Alta	Alto	Pobre	Alto	F.A/A

Fuente: Elaboración propia, de los resultados analíticos de laboratorio de las muestras de suelos de los perfiles descritos.

**Da:** Densidad aparente

**Dr:** Densidad real

**Ph:** Reacción del suelo o nivel del suelo

**MO:** Materia Orgánica

**CE:** Conductividad Eléctrica

**CIC:** Capacidad de Intercambio Catiónico

**N:** Contenido de Nitrógeno

**P:** Contenido de Fosforo

**K:** Contenido Potasio

**F.A:** Franco Arcilloso. **A:** Arcilloso

Los suelos de la finca Monte Carmelo presentan textura Franco Arcillosa en el suelo superficial y arcillosa en el subsuelo la que se caracteriza por poseer una alta retención de agua y nutrientes, pero con un nivel medio de infiltración y aireación.

El contenido de Materia Orgánica (MO) en estos suelos llegan a tener valores de hasta 6.14 %, lo que indica que poseen un nivel alto de MO, factor que permite una mejoría en la aireación del suelo, percolación y el movimiento descendente del agua. A demás, el ácido orgánico solubiliza el fósforo y otros nutrientes del suelo, haciéndolos asimilables para los cultivos (FAO, 1986).

Las densidades aparentes son de evaluación baja y las densidades reales aplican como clasificación media que promedian valores de 1.09 y 2.07 g/cm<sup>3</sup>, respectivamente, siendo un indicador del alto contenido de materia orgánica para dichos suelos, también presentan porosidades de hasta el 61.55 %. Esto favorece al crecimiento de raíces y da un ambiente propicio para la aireación.

El pH de los suelos de la finca Monte Carmelo se define entre moderadamente y ligeramente ácido, con rangos de valores entre 5.6 a 6.5, lo cual indica que son propicios para la agricultura y también poseen una conductividad eléctrica con valores normales en salinidad.

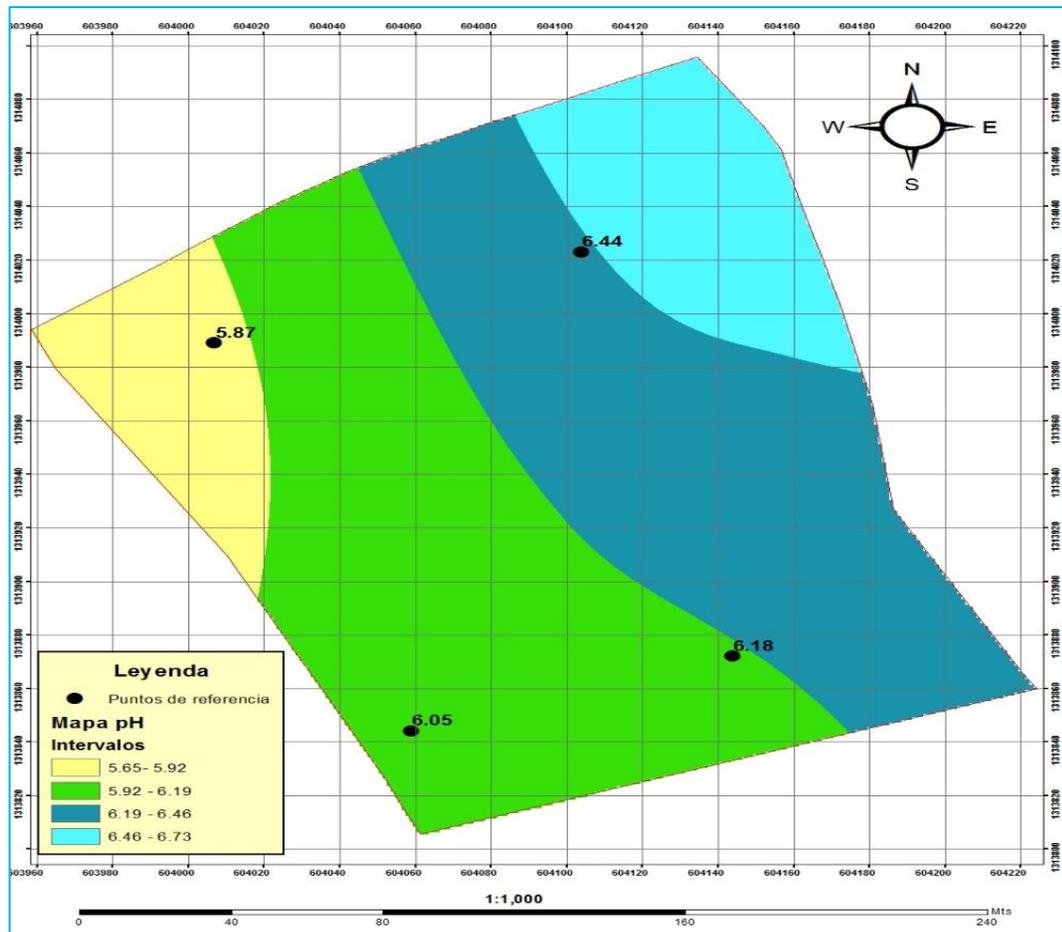
En lo que respecta a los macronutrientes, los suelos de la finca Monte Carmelo poseen cantidades de contenido de Fosforo (P) de clasificación media a pobre, este es fundamental para un buen transporte de nutrientes y transmisión de energía en el proceso de la fotosíntesis. En el caso del contenido de Potasio (K) y Nitrógeno (N) se obtuvo una evaluación alta, la importancia del primero radica en que mejora el aprovechamiento de agua, disminuye el estrés por sequedad y aumenta la resistencia natural de las plantas contra enfermedades y parásitos y el segundo es el elemento de mayor demanda para las plantas y favorece el crecimiento vegetativo, produce succulencia y da el color verde a las hojas (clorofila)

#### 7.4. Sistematización de resultados químicos de la finca Monte Carmelo

Según los datos obtenidos y realizados la sistematización de estos, mediante la herramienta ArcGIS 10.3 y su aplicación de interpolación de datos Spline representado en mapas temáticos que se describen a continuación:

##### ✓ *pH de los suelos de la finca Monte Carmelo*

Figura 13: Mapa de pH



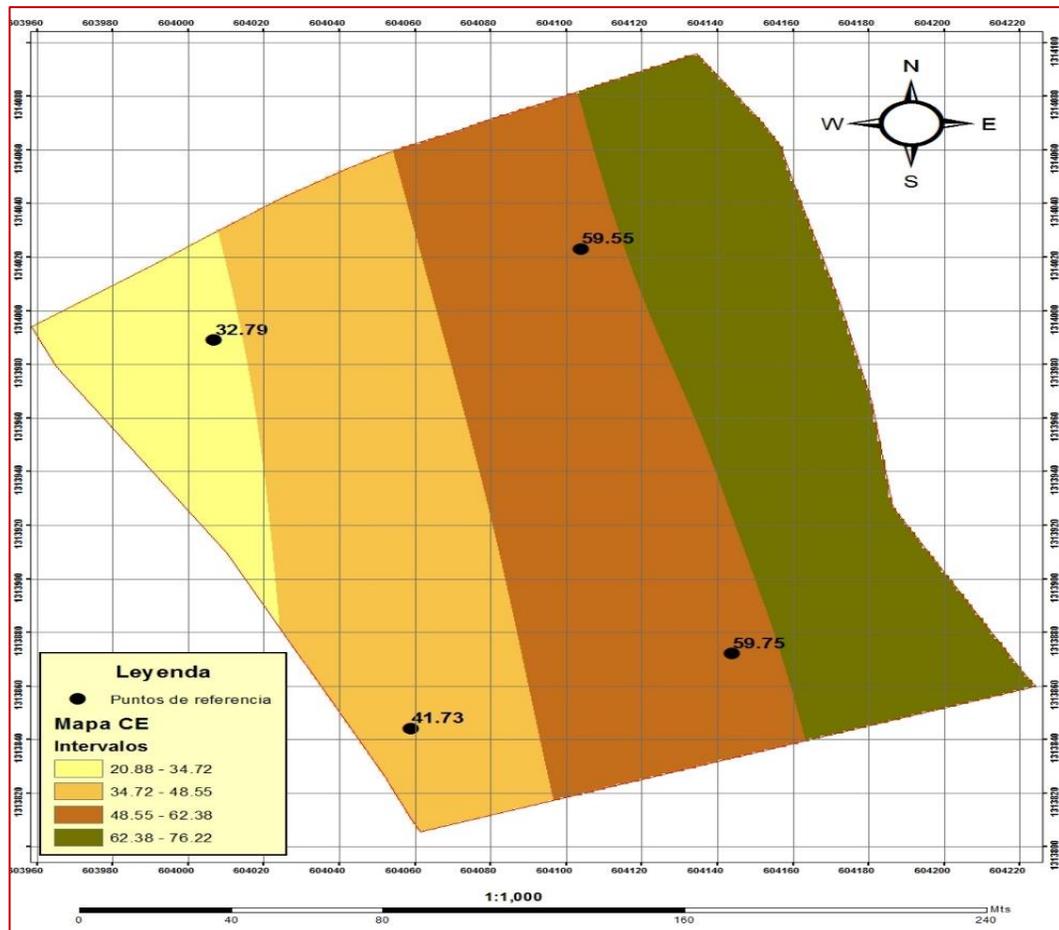
Fuente: Elaboración propia, de resultados analíticos de laboratorio LABSA y aplicación de SIG ArcGIS 10.3. Mayo-Julio 2019

La finca Monte Carmelo presenta rango de pH que fluctúan entre valores de evaluación ligeramente ácidos en la zona Este del área de estudio y moderadamente ácidos al Oeste del mismo, con un área del 10% del total, lo que

lo vuelve en suelos aptos para actividades agrícolas y forestales (Ver figura 13, Mapa De pH).

✓ **Conductividad Eléctrica de los suelos de la finca Monte Carmelo**

Figura 14: Mapa de Conductividad Eléctrica

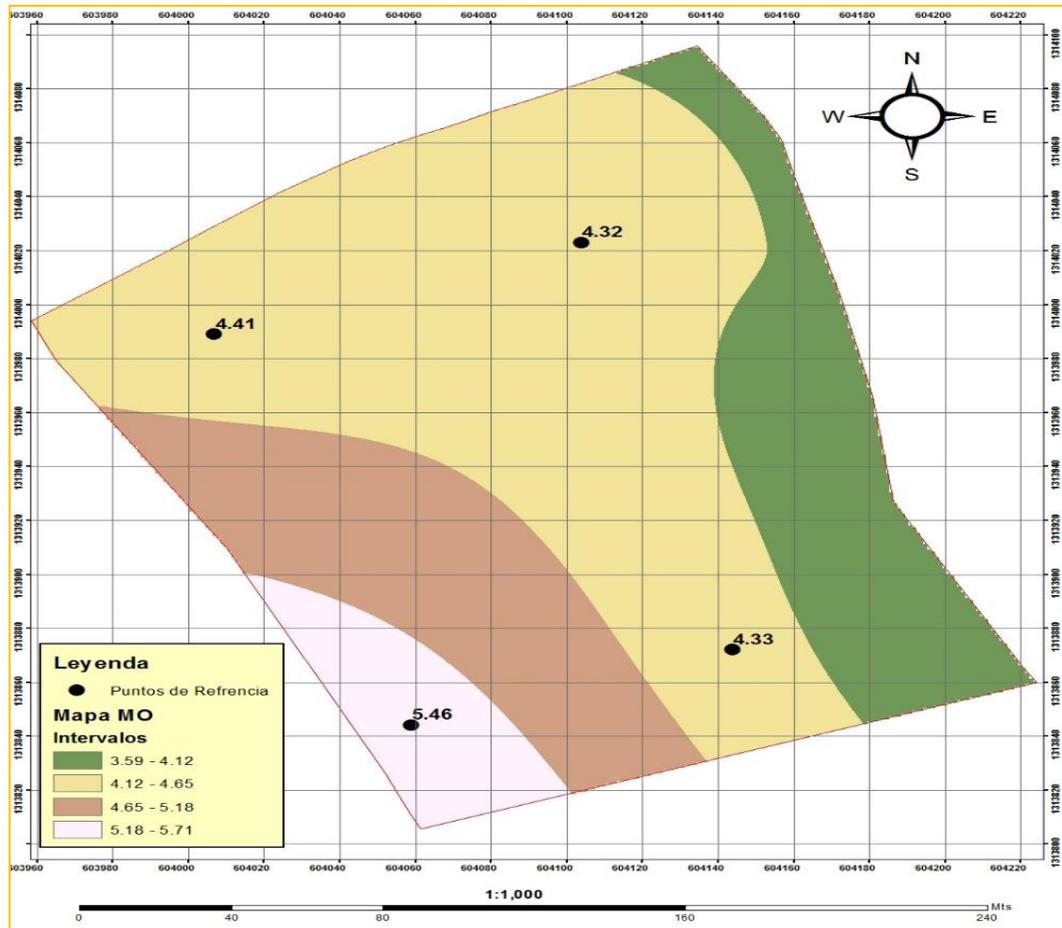


Fuente: Elaboración propia, de resultados analíticos de laboratorio LABSA y aplicación de SIG ArcGIS 10.3. Mayo-Julio 2019

La finca Monte Carmelo muestra una salinidad con rangos calificados como suelos normales o no salinos en toda el área de la propiedad, siendo esto condiciones idóneas para la absorción de agua por parte de las raíces y la asimilación de nutrientes (Ver figura 14, Mapa De Conductividad Eléctrica).

✓ **Materia Orgánica de los suelos de la finca Monte Carmelo**

Figura 15: Mapa de Materia Orgánica

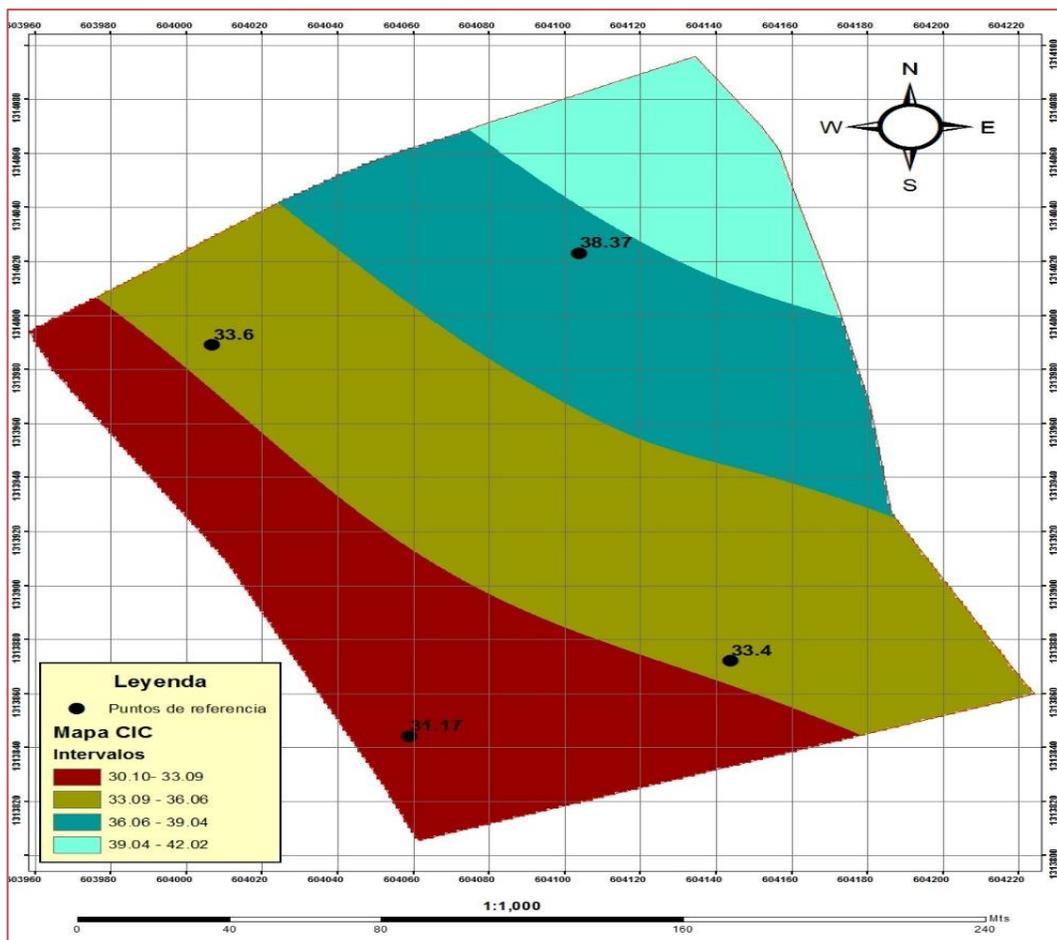


Fuente: Elaboración propia, de resultados analíticos de laboratorio LABSA y aplicación de SIG ArcGIS 10.3. Mayo-Julio 2019

En lo que respecta al contenido de Materia Orgánica, los suelos de la finca Monte Carmelo presenta niveles muy alto en el 100% del área del terreno, lo que indica que estos suelos son altamente fértiles por lo que tienden a tener muy buena productividad agrícola (Ver figura 15, Mapa de Materia Orgánica).

✓ **Capacidad de Intercambio Catiónica de los suelos de la finca Monte Carmelo**

Figura 16: Mapa de Capacidad de Intercambio Catiónico

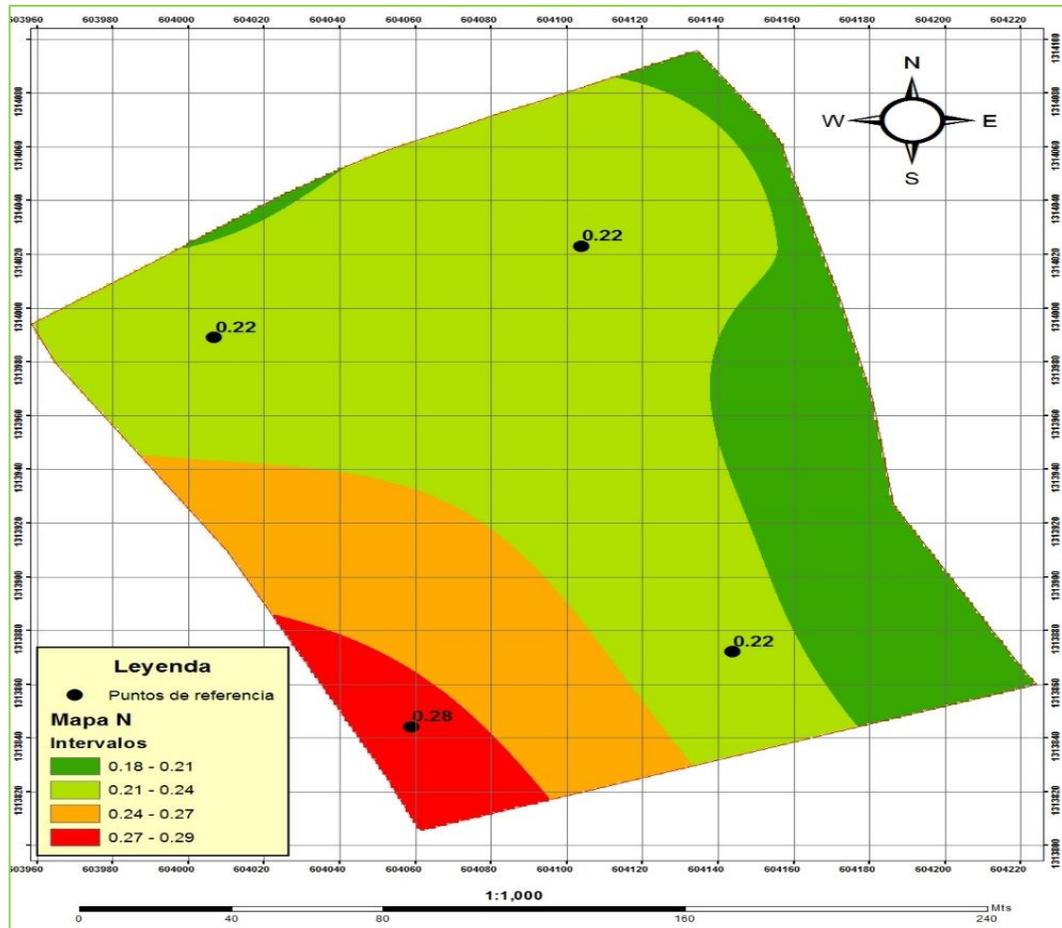


Fuente: Elaboración propia, de resultados analíticos de laboratorio LABSA y aplicación de SIG ArcGIS 10.3. Mayo-Julio 2019

Los suelos de la finca Monte Carmelo se encuentran con una alta Capacidad de Intercambio Catiónica, esta propiedad química está estrechamente relacionada con la fertilidad, lo que significa que dichos suelos poseen una elevada capacidad de intercambiar y almacenar nutrientes (Ver Mapa de Capacidad de Intercambio Catiónico, figura 16).

✓ **Contenido de Nitrógeno de los suelos de la finca Monte Carmelo**

Figura 17: Mapa de Contenido de Nitrógeno

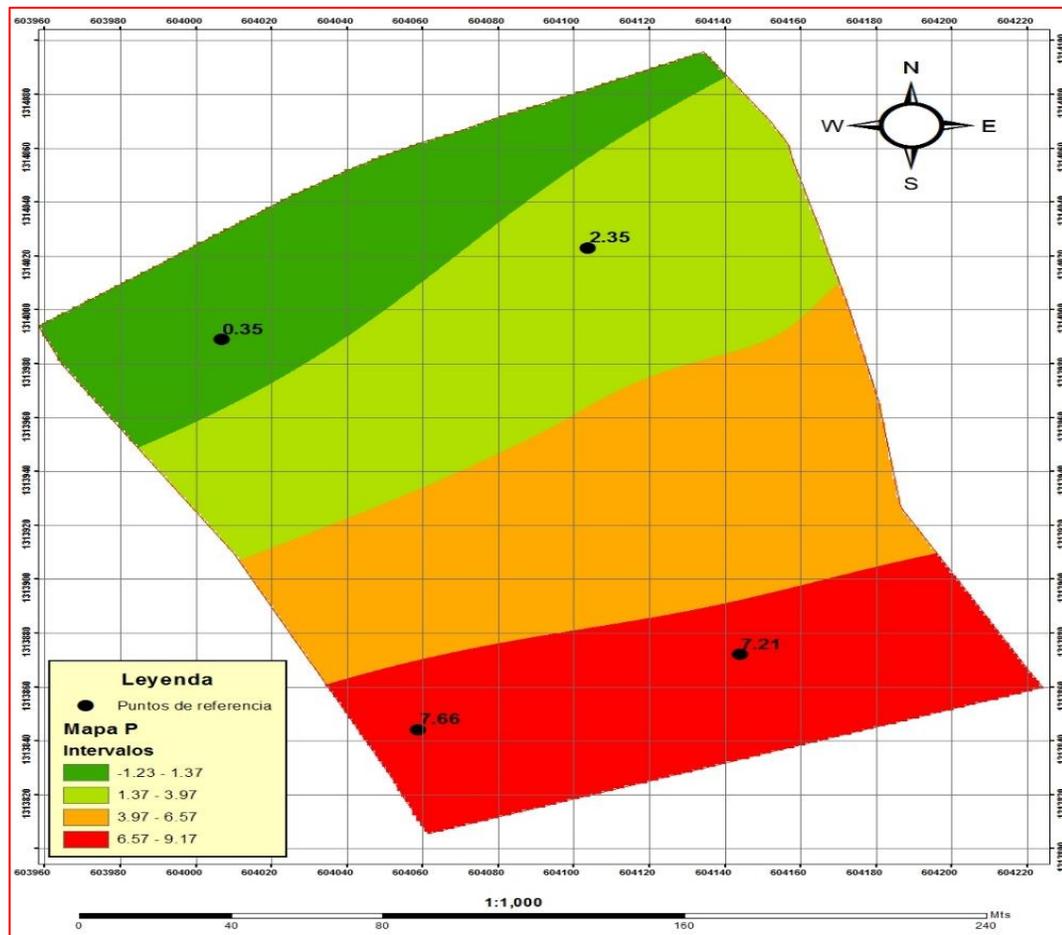


Fuente: Elaboración propia, de resultados analíticos de laboratorio LABSA y aplicación de SIG ArcGIS 10.3. Mayo-Julio 2019

La finca Monte Carmelo en su totalidad goza de suelos que tienen un alto contenido de Nitrógeno, siendo este el nutriente de mayor demanda que tiene un papel muy importante en el desarrollo vegetativo de las plantas (Ver Mapa de Contenido de Nitrógeno, figura 17).

✓ **Contenido de Fósforo de los suelos de la finca Monte Carmelo**

Figura 18: Mapa de Contenido de Fósforo

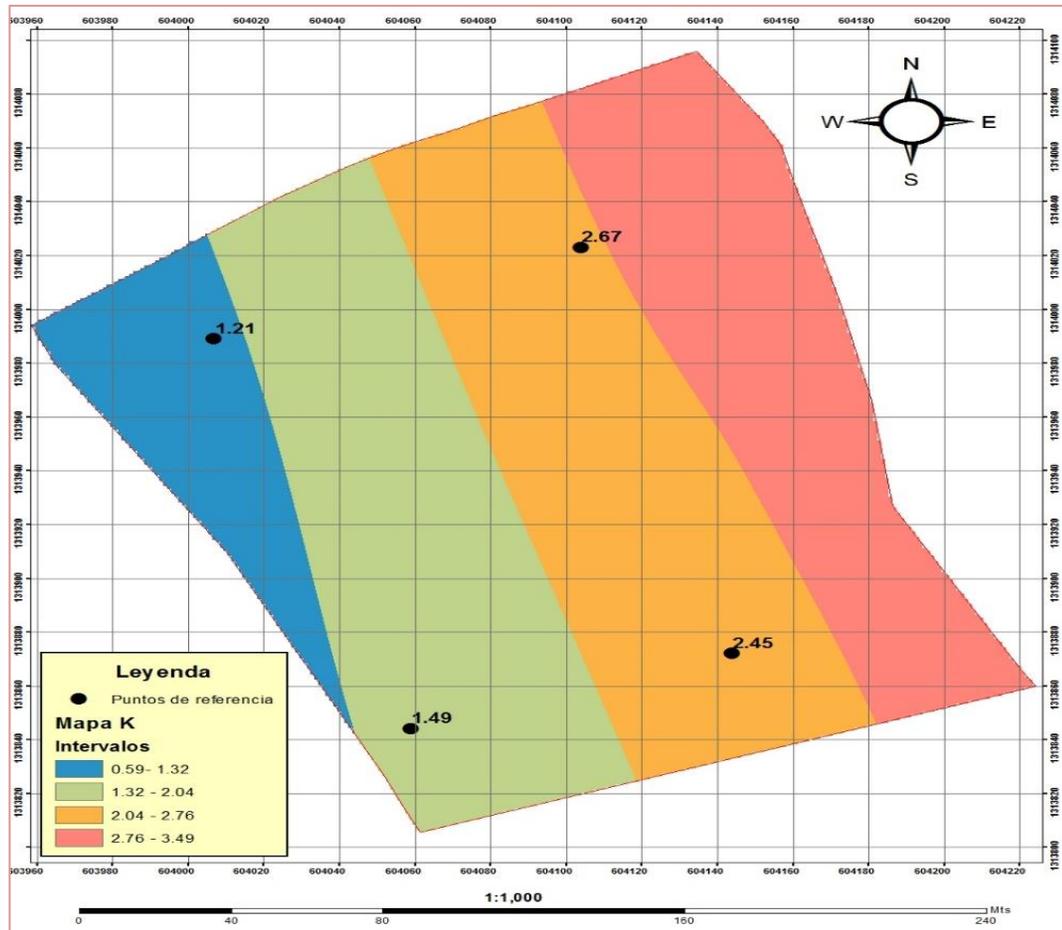


Fuente: Elaboración propia, de resultados analíticos de laboratorio LABSA y aplicación de SIG ArcGIS 10.3. Mayo-Julio 2019

Los niveles de fósforo de la propiedad en estudio presentan intervalos valorados como pobres, condición muy común en los suelos del país, la baja disponibilidad de este nutriente implica bajos rendimientos de producción y poca resistencia a enfermedades por parte de las plantas (Ver Mapa de Contenido de Fósforo, figura 18).

✓ **Contenido de Potasio de los suelos de la finca Monte Carmelo**

Figura 19: Mapa de Contenido de Potasio



Fuente: Elaboración propia, de resultados analíticos de laboratorio LABSA y aplicación de SIG ArcGIS 10.3. Mayo-Julio 2019

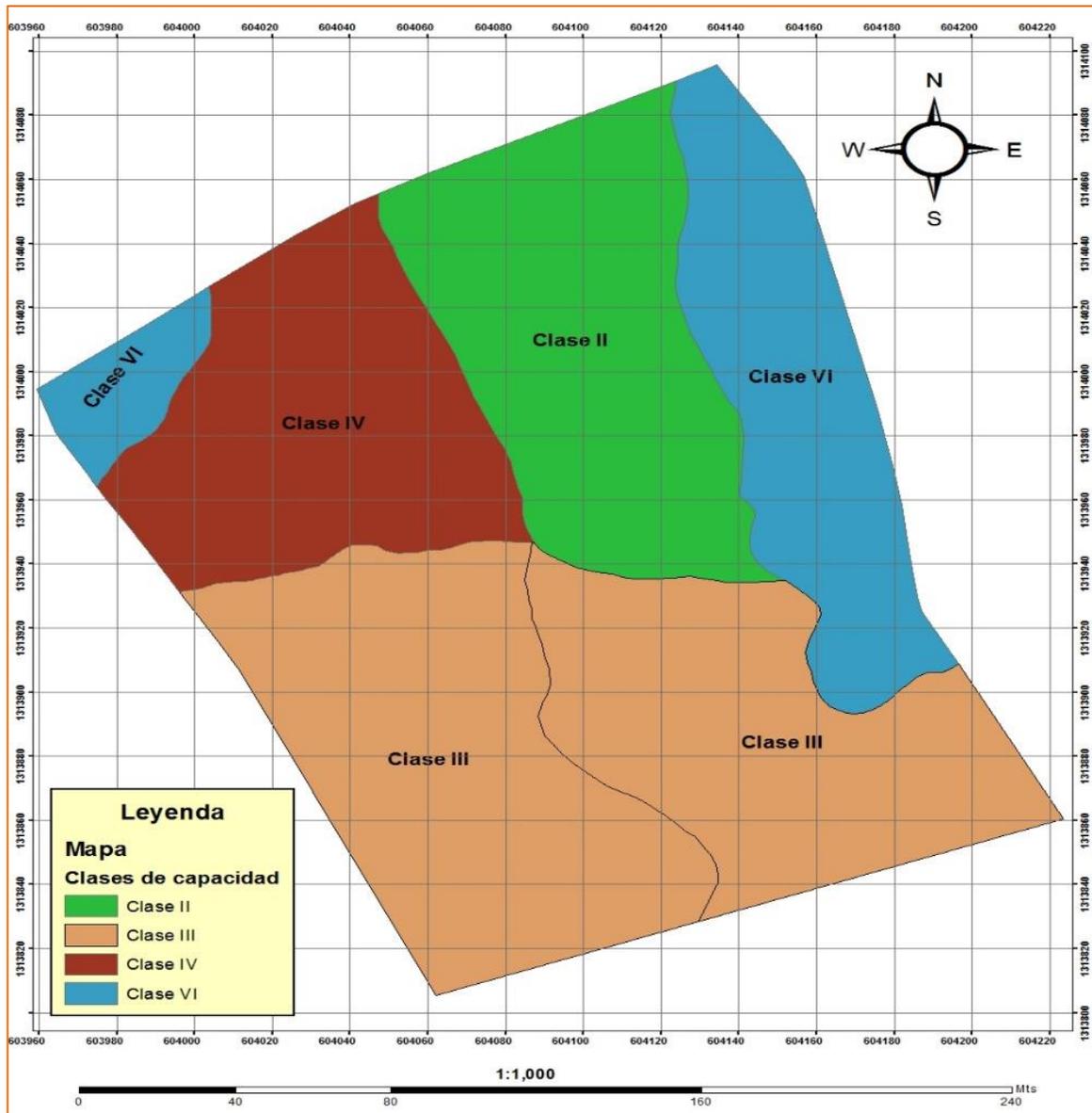
El área de estudio tiene suelos con niveles altos de Potasio en toda la propiedad, este nutriente es vital en el mecanismo de regulación para la fotosíntesis, lo cual favorece al crecimiento vegetativo, la fructificación, la maduración y la calidad de los frutos (Ver Mapa de Contenido de Potasio, figura 19).

### 7.5. Clase de capacidad Agrológica de los suelos de la finca Monte Carmelo

Los suelos de la finca Monte Carmelo cuenta con cuatro unidades de suelo cuya capacidad de uso se estableció en base a las descripciones morfológicas, resultados de análisis físicos-químicos y sus limitantes.

En el área sur del terreno encontramos unidades de suelo de clase III con limitaciones y características propias este sector, mismas que representan casi el 42% del área total de la finca, hacia el noroeste se encuentran suelos de clase IV y VI y al noreste clases de capacidad II y VI, lo que se ve en el Mapa de Clase de capacidad, figura 20 y se describen en el cuadro 16.

Figura 20: Mapa Clase de capacidad Agrológica



Fuente: Elaboración propia del levantamiento de suelos con los resultados analíticos y mapeo elaborado con aplicación de SIG ArcGIS 10.3., en la finca para este estudio. Mayo-Julio 2019

Cuadro 16

*Relación de las unidades cartográficas, clases de capacidad agrológica de los suelos y limitantes de la finca.*

Unidad Cartográfica	Clase de capacidad agrológica	Limitantes
Unidad <b>MC1</b> $\frac{144t2}{Ce}$	Clase III	✓ Pendiente del terreno de 4-8%. ✓ Deficiencia de nutrientes en fosforo.
Unidad <b>MC2</b> $\frac{155t3}{Be}$		✓ Drenaje interno del suelo. ✓ Deficiencia de nutrientes en fosforo.
Unidad <b>MC3</b> $\frac{145t3}{Dee}$	Clase IV	✓ Pendiente del terreno de 8-15%. ✓ Erosión hídrica moderada ✓ Suelos moderadamente ácidos. ✓ Deficiencia de nutrientes en fosforo.
Unidad <b>MC4</b> $\frac{144t2}{Be}$	Clase II	✓ Pendiente del terreno de 1.5-4%. ✓ Deficiencia de nutrientes en fosforo.
Unidad <b>MC5</b> $\frac{3452}{E4pe}$	Clase VI	✓ Pendiente del terreno 15-30%. ✓ Poca profundidad efectiva 40-60 cm por material limitante pómez suelta. ✓ Deficiencia de nutrientes en fosforo.

Fuente. Elaboración propia, del mapeo de suelos elaborado en la finca para este estudio.

Es importante señalar que la unidad MC5 no fue sometida a análisis de laboratorio debido a que presenta limitantes bastante severas por su alto grado de pendiente y material limitante que la coloca en clase VI de capacidad con prácticas de manejo más rigurosas, por lo que la mayoría de sus características se determinaron en campo.

### 7.6. Plan de aprovechamiento de la finca. Uso y manejo de los suelos.

Es importante señalar que con el agrupamiento de los suelos en clases de capacidad de uso se puede planificar una óptima utilización de los recursos y nutrientes que presenta y aporta el suelo, a la vez proyectar las obras de conservación de suelo de acuerdo a su uso, que permitan incrementar su productividad y descartar aquellos que por sus propias limitaciones son menos productivos, porque nos permiten definir y ordenar las prácticas de uso y manejo para estructurar el plan de aprovechamiento óptimo de la finca de acuerdo a sus limitaciones edafológicas, climáticas y topográficas.

Los suelos de la finca Monte Carmelo se dividen en dos grupos de capacidad, siendo el primero apto para cultivos intensivos, permanentes y otros usos, este grupo se encuentra integrado por la clase II, III y IV. El segundo grupo es indicado para cultivos permanentes, pastos y aprovechamiento forestal, correspondiente a la clase VI.

A continuación, se presenta la propuesta de aprovechamiento para la finca Monte Carmelo en base a las clases de capacidad que se encontraron:

Debido a que todas las unidades de suelos de la finca presentan las mismas limitaciones respecto a la deficiencia del contenido de fosforo se recomienda la siguiente práctica para todas las clases de capacidad.

- **Fertilización** para este se recomienda un buen programa de fertilización tomando en cuenta las recomendaciones locales específicas para cada cultivo.
- **Explorar** la agricultura orgánica o Agroecología para un mejor manejo de la finca y cuentan con buenas experiencias locales que pueden acceder como las experiencias de INTA, MAONIC, la Cooperativa EBENEZER y otras alternativas de acompañamiento que tienen presencia en la zona.

## A. Clase II

Esta clase de suelos no presenta limitaciones acentuadas para el desarrollo de los cultivos, únicamente es necesario elegir los cultivos que requieran prácticas de manejo simples.

Esta clase presenta algunas limitaciones como:

✓ ***Pendiente del terreno de 1.5-4%.***

Para corregir esta limitante en el uso y manejo de los suelos se proponen algunas prácticas específicas como son:

- ***Rotación de cultivos*** para mantener niveles óptimos de materia orgánica esta práctica debe incluir leguminosas para aumentar el contenido de nitrógeno del suelo.
- ***Uso de residuos de los cultivos*** para guardar los niveles adecuados de materia orgánica en el suelo y al mismo tiempo es una de las medidas importante para prevenir la erosión, se recomiendan cultivos que dejen residuos que puedan ser convertidos fácilmente en materia orgánica.
- ***Mínima labranza*** las operaciones iniciales de labranza de la tierra, para la mayoría de los cultivos deberán hacerse no más de un mes antes de la fecha de siembra para reducir el período de tiempo en que el suelo está expuesto a la erosión, y da lugar a que se efectúe la descomposición de los residuos y se estabilice el suelo para hacer una buena “cama” para la semilla.
- ***Siembra en contorno*** la siembra en contorno significa la ejecución de las operaciones de labranza y siembra perpendicular a la dirección de la pendiente, tan a nivel como sea posible.

Estos suelos de acuerdo a sus condiciones edafoclimáticas pueden usarse para los siguientes cultivos: Granos básicos (soya, frijol, maíz, arroz), Hortalizas

(tomate, pipián), Tubérculos (batata, yuca), Frutales (musáceas, marañón, piña, cacao, cítricos, cálala, aguacate, mango) (Ver requerimientos edafoclimáticos de los cultivos en la cuadro 19, anexos pág. viii).

### **B. Clase III**

Esta clase de suelos presenta limitaciones moderadas para el desarrollo de los posibles cultivos por establecer o bien requieren prácticas de conservación de suelo para algunos cultivos seleccionados en la zona. Las limitaciones presentan más restricciones que la clase II.

➤ **Unidad de cartográfica MC1**  $\frac{144t2}{ce}$

Esta unidad de suelo presenta las siguientes limitaciones:

- ✓ **Pendiente del terreno de 4-8%.**

Se recomiendan las mismas prácticas de manejo descritas para la clase II.

Estos suelos de acuerdo a sus condiciones edafoclimáticas pueden usarse para los siguientes cultivos: Granos básicos (soya, frijol, maíz, arroz), Hortalizas (tomate, pipián), Frutales (musáceas, marañón, piña, cacao, cítricos, cálala, aguacate) (Ver requerimientos edafoclimáticos de los cultivos en la cuadro 19, anexos pág. viii).

➤ **Unidad de cartográfica MC2**  $\frac{155t3}{Be}$

Esta unidad de suelo presenta las siguientes limitaciones:

- ✓ ***Drenaje interno del suelo.***

Moderadamente bien drenado, mantiene mayor humedad y la permeabilidad es más lenta que los otros suelos por la combinación de la textura y la capa de talpetate.

- ***Uso de residuos de los cultivos*** para guardar los niveles adecuados de materia orgánica en el suelo ya que la materia orgánica es un factor que

mejora la porosidad del suelo y por ende la aireación y drenaje interno del mismo.

- **Canales de drenaje** estos son drenes abiertos de profundidad superficial a moderada que son muy efectivos para remover el agua excesiva de la superficie de suelos que tienen permeabilidad lenta en el subsuelo.

Estos suelos de acuerdo a sus condiciones edafoclimáticas pueden usarse para cultivos: Granos básicos (soya, arroz), Hortalizas (tomate, pimiento), Tubérculos (batata), Frutales (piña, cacao, cítricos, aguacate, cítricos) (Ver requerimientos edafoclimáticos de los cultivos en la cuadro 19, anexos pág. viii).

### **C. Clase IV**

Estos suelos tienen limitaciones severas que restringen la escogencia de plantas y/o requieren manejo muy cuidadoso o de tipo específico. Aunque estos suelos pueden ser bien adaptados para algunos de los cultivos más comunes en el área, los rendimientos en ciertos casos pueden ser muy bajos en relación a las inversiones.

La clase IV presenta las siguientes limitaciones:

- ✓ **Pendiente del terreno de 8-15%.**

Se recomiendan las mismas prácticas de manejo descritas para la clase II.

- ✓ ***Erosión hídrica moderada***

- **Sistema de Terrazas con Gradiente** este es un canal con un camellón de soporte en el lado más bajo, construido en dirección perpendicular a la pendiente sobre una gradiente calculada, que intercepta el escurrimiento de agua proveniente de las tierras sobre ella y lo conduce a un desagüe empastado o canal principal de drenaje.
- **Canales o zanjas de desviación** es una zanja reforzada por un camellón que intercepta el agua de escurrimiento. Se usa para reducir la erosión en

suelos inclinados y las inundaciones o sedimentación en las áreas más planas. Una desviación debe tener un desagüe revestido.

- **Desagües empastados o revestidos** es un canal superficial, debidamente diseñado y protegido con una cubierta de grama o cultivos de gran cobertura. El canal se usa para encausar el agua que se escurre por la pendiente, previniendo así la erosión por cárcavas.
- ✓ **Suelos moderadamente ácidos.**
- **Aplicación de cal agrícola** esta es una alternativa para reducir la acidez del suelo sin embargo los costos pueden resultar muy elevados.
- **Elegir cultivos** que se adapten a estas condiciones de pH del suelo para tener una óptima productividad.

Estos suelos de acuerdo a sus condiciones edafoclimáticas pueden usarse para cultivos: Hortalizas (tomate, pipián), Frutales (marañón, piña, cacao, cítricos, aguacate, cálala) (Ver requerimientos edafoclimáticos de los cultivos en la cuadro 19, anexos pág. viii).

#### **D. Clase VI**

Los suelos para la Clase VI por lo general tienen limitaciones que los hacen no aptos para cultivos intensivos, aunque lo serian para cultivos agronómicos permanentes, pastoreo y actividad forestal. Sin embargo, la condición física del suelo es tal, que resulta práctico hacer mejoras en los pasos si son necesarias.

Las limitaciones para esta clase son:

- ✓ **Pendiente del terreno 15-30%.**
- **Sistema de Terrazas con Gradiente** este es un canal con un camellón de soporte en el lado más bajo, construido en dirección perpendicular a la pendiente sobre una gradiente calculada, que intercepta el escurrimiento de

agua proveniente de las tierras sobre ella y lo conduce a un desagüe empastado o canal principal de drenaje.

- **Canales o zanjas de desviación** es una zanja reforzada por un camellón que intercepta el agua de escurrimiento. Se usa para reducir la erosión en suelos inclinados y las inundaciones o sedimentación en las áreas más planas. Una desviación debe tener un desagüe revestido.
- **Desagües empastados o revestidos** es un canal superficial, debidamente diseñado y protegido con una cubierta de grama o cultivos de gran cobertura. El canal se usa para encausar el agua que se escurre por la pendiente, previniendo así la erosión por cárcavas.
- ✓ ***Poca profundidad efectiva 40-60 cm por material limitante pómez suelta.***
- ***Uso de residuos de los cultivos*** para guardar los niveles adecuados de materia orgánica en el suelo y al mismo tiempo es una de las medidas importante para prevenir la erosión.
- **Siembra de variedades mejoradas** que se adapten a las condiciones del sitio.
- **Cultivo en franjas perpendiculares al viento** esta práctica consiste en alternar diferentes cultivos en franjas o bandas de 15 a 30 metros de ancho, que se proyectan perpendicularmente a la dirección de los vientos dominantes. Estos cultivos pueden ser algunas variedades de pastos.

Estos suelos de acuerdo a sus condiciones edafoclimáticas pueden usarse para cultivos: Frutales (mango, marañón, piña, cacao, cítricos, aguacate, cálala) y pastos de buena cobertura. (Ver requerimientos edafoclimáticos de los cultivos en la cuadro 19, anexos pág. viii).

## **8. CONCLUSIONES**

La caracterización y clasificación de los suelos son un recurso fundamental en la toma de decisión, organización y planificación para el uso y manejo de las tierras con la finalidad de incrementar la productividad y rendimiento de la finca a mediano y largo plazo sin dejar de proteger el recurso suelo mediante prácticas de conservación de suelos.

Con base en las características internas y externas de los suelos del sitio de estudio, se identificaron cinco unidades cartográficas, las que presentan limitantes como pendiente, drenaje interno y profundidad efectiva, factores que determinaron la existencia de las clases de capacidad agrologica II, III, IV y VI.

Por otro lado basado en lo anterior se obtuvieron que las Clase II, III y IV presentan aptitudes para cultivos intensivos y permanentes, en lo que respecta a la Clase VI son adecuadas para el uso de cultivos permanentes, pasto y aprovechamiento forestal.

De acuerdo a los resultados y análisis físico-químicos de los suelos de la finca Monte Carmelo se obtuvieron valores de Materia Orgánica que va desde 4.32 hasta 5.46 %, Capacidad de Intercambio Catiónico de 31.17 hasta 38.37 meq/100 g, Contenido de Nitrógeno de 0.22 hasta 0.28 %, Potasio de 1.21 hasta 2.67 meq/100 g y fósforo de 0.35 hasta 7.21 ppm, por lo se ha concluido que estos suelos poseen una alta fertilidad natural y buena disponibilidad en la mayoría de nutrientes.

De acuerdo a las características edafoclimáticas del sitio de estudio, todas las clases de suelos encontradas presentan buena aptitud para una gran variedad de cultivos frutales, el 17% del área de la finca constituida por la clase agrologica IV permite el cultivo de algunas hortalizas y el 42% de la propiedad conformada por la clase agrologica III el cultivo de algunos granos básicos y hortalizas.

Únicamente el 20% del área total de la finca, que constituye la Clase agrologica II, posee las condiciones óptimas para una amplia gama de cultivos entre los que se

encuentran: granos básicos, frutales, hortalizas y tubérculos; sin limitaciones en las prácticas de manejo.+

Al comparar el uso actual de la finca con la aptitud de sus tierras se puede notar que las unidades determinadas, en su mayoría están siendo utilizadas en usos que no son apropiados, por lo que es fundamental seguir todas las propuestas descritas para este estudio con el fin de obtener resultados óptimos.

## **9. RECOMENDACIONES**

Para que la finca Monte Carmelo sea un modelo de planificación, explotación, uso y manejo de los suelos en el entorno recomendamos:

Realizar un cambio en el uso y manejo de los suelos de la finca Monte Carmelo, con base en las aptitudes de las unidades cartográficas encontradas en el presente estudio.

Para una mayor adaptabilidad y mejor aprovechamiento del suelo se recomienda cultivar granos básicos en las unidades cartográficas MC1, MC2 y MC3; frutales en MC1, MC2, MC3, MC4 y MC5; musáceas en MC1 y MC4; hortalizas en MC1, MC2, MC3 y MC4; y tubérculos en MC2 y MC4.

No se recomienda la introducción de ganadería, debido a que esto causaría problemas de compactación de los suelos por la baja densidad aparente presentes en la finca.

Se recomienda implementación de barreras rompevientos con el fin de proteger los cultivos evitando el acame.

Debido a que los suelos de la finca son arcillosos se recomienda que se realice la preparación del suelo (arado) en el momento indicado (momento tempero), para evitar la obstrucción del arado y la pérdida de suelo.

En relación a la aptitud y limitantes del suelo de la finca Monte Carmelo, se recomienda la implementación de un Plan de manejo de suelos para esta propiedad, con el fin de conservar y aprovechar cada una de las características descritas en cada unidad de suelo.

## 10. BIBLIOGRAFÍA

Anónimo (s.f.). *Taxonomía de suelos*. Editado el 02 de Marzo de 2018.  
Recuperado de  
<http://webdelprofesor.ula.ve/forestal/clifford/materias/suelos/TAXONOMIA MARIO.pdf>.

Arroyo, D., Bertel, D., Doria J. & Rocha, L. (2014). *Determinación de capacidad de intercambio catiónico (cic)*. Universidad de Sucre, Bolivia. Editado el 15 de Febrero de 2018. Recuperado de  
<https://es.scribd.com/doc/272522222/PRACTICA-DE-CAPACIDAD-DE-INTERCAMBIO-CATIONICO-pdf>.

Catastro e Inventario de Recursos Naturales de Nicaragua, Ministerio de Economía Industria y Comercio, Ministerio de Agricultura y Ganadería – Departamento de Suelos y Dasonomía, (1971). *Levantamiento de Suelos de la Región Pacífica de Nicaragua: uso y manejo de los suelos*. Nicaragua.

Cervantes, C. & Mojica, F. (1981). *Manual de Laboratorio de Edafología*. EUNA San José, Costa Rica. Editado el 16 de Febrero de 2018.

Cerveñansky, A. (2011). *Micronutrientes: fertilidad*. Editado el 14 de Febrero de 2018. Recuperado de  
[http://www.fagro.edu.uy/fertilidad/curso/docs/micronutrientes\\_impr.pdf](http://www.fagro.edu.uy/fertilidad/curso/docs/micronutrientes_impr.pdf).

Cuenca Piso, D. (2014). *Impacto de la ganadería sobre las características físicas-químicas del suelo predio Los Altares*. (Tesis inédita de Ingeniería Agroforestal). Universidad Nacional Abierta y a Distancia CEAD Florencia, Milán, Colombia. Editado el 14 de Febrero de 2018. Recuperado de  
<http://66.165.175.249/bitstream/10596/2652/1/1117495827.pdf>.

Departamento de Agricultura de los Estados Unidos, Servicio de Conservación de Recursos Naturales. (2000). *Libro de campaña para descripción y muestreo de suelos*. Argentina.

Departamento de Agricultura de los Estados Unidos, Servicio de Conservación de Recursos Naturales. (2006). *Claves para la Taxonomía de Suelos* (10ma. ed.). México: Campus Montecillo.

González Toro, C. (s.f.). *Erosión del Suelo*. Universidad de Puerto Rico, Recinto Universitario de Mayagüez. Editado el 03 de Marzo de 2018. Recuperado de <http://agricultura.uprm.edu/calentamiento/pdf/Erosion%20y%20sus%20efectos.pdf>.

González, E., Pedraza, A., & Pérez, M. (2009). *Caracterización Agrológica del suelo y diagnóstico De su fertilidad en la estación Experimental del campus nueva Granada*. Editado el 24 de Febrero de 2018. Recuperado de <http://www.umng.edu.co/documents/63968/70312/CARACTERIZACION.pdf>.

Guevara, A. (2007). *Plantas Alimenticias que se ofertan en los Mercados de la Ciudad de León*. (Tesis inédita de Licenciatura en Biología). Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua, León, Nicaragua. Editado el 28 de Abril de 2019. Recuperado de <http://herbario.unanleon.edu.ni/BibliotecaHULe/Plantas%20Alimenticias%20que%20se%20ofertan%20en%20los%20mercados%20de%20Le%C3%B3n.pdf>

Guzmán, Gloria I. & Mielgo Antonio M. (s.f.). *Buenas prácticas en producción ecológica “Asociaciones y rotaciones*. Ministerio de medio ambiente, medio rural y marino, España. Editado el 13 Febrero de 2018. Recuperado de

[www.magrama.gob.es/es/ministerio/servicios/publicaciones/Asociaciones\\_y\\_rotaciones\\_tcm7-187413.pdf](http://www.magrama.gob.es/es/ministerio/servicios/publicaciones/Asociaciones_y_rotaciones_tcm7-187413.pdf).

Instituto Internacional de Agricultura Tropical, FAO, (2000). *Manual de prácticas integradas de manejo y conservación de suelos*. Boletín de tierras y aguas de la FAO, 8. Editado el 13 Febrero de 2018. Recuperado de <ftp://ftp.fao.org/agl/agll/docs/lw8s.pdf>.

Instituto Nacional Tecnológico Dirección General de Formación Profesional, (2017). *Manual del Protagonista: Granos básicos*. Nicaragua. Editado el 08 Agosto de 2019. Recuperado de [https://www.tecnacional.edu.ni/media/Manual\\_Granos\\_B%C3%A1sicos\\_opt.pdf](https://www.tecnacional.edu.ni/media/Manual_Granos_B%C3%A1sicos_opt.pdf)

Instituto Nacional Tecnológico Dirección General de Formación Profesional, (2017). *Manual del Protagonista: Cultivo de frutales*. Nicaragua. Editado el 08 Agosto de 2019. Recuperado de [https://www.jica.go.jp/project/nicaragua/007/materials/ku57pq0000224spz-att/Cultivo\\_de\\_Frutales.pdf](https://www.jica.go.jp/project/nicaragua/007/materials/ku57pq0000224spz-att/Cultivo_de_Frutales.pdf)

Instituto Nacional Tecnológico Dirección General de Formación Profesional, (2017). *Manual del Protagonista: Raíces y tubérculos*. Nicaragua. Editado el 08 Agosto de 2019. Recuperado de [https://www.jica.go.jp/project/nicaragua/007/materials/ku57pq0000224spz-att/Raices\\_y\\_Tuberculos.pdf](https://www.jica.go.jp/project/nicaragua/007/materials/ku57pq0000224spz-att/Raices_y_Tuberculos.pdf)

Instituto Nacional Tecnológico Dirección General de Formación Profesional, (2017). *Manual del Protagonista: Cultivos de Hortalizas*. Nicaragua. Editado el 08 Agosto de 2019. Recuperado de [https://www.tecnacional.edu.ni/media/Hortalizas\\_3X2OH2y.pdf](https://www.tecnacional.edu.ni/media/Hortalizas_3X2OH2y.pdf)

IV Censo Nacional Agropecuario, Instituto Nacional de Información de Desarrollo (INIDE) y Ministerio Agropecuario y Forestal (MAGFOR), (2013). *Departamento de Granada y sus municipios: uso de la tierra y el agua en el sector agropecuario*. Editado el 28 de Abril de 2019. Recuperado de <https://www.mag.gob.ni/documents/Publicaciones/CENAGRO/Granada.pdf>

Jordán López, A. (2005). *Manual de edafología*. Universidad de Sevilla, España. Editado el 07 de Mayo de 2019. Recuperado de <http://files.infoagroconstanza.webnode.es/200000017-c2dccc3d62/edafologia%20del%20suelo.pdf>

López Duarte, L. (2012). *Guía de prácticas de campo y laboratorio de fundamentos del suelo*. Universidad Nacional de Ingeniería, Managua, Nicaragua.

Marín Castillo, E. (1972). *Geología de la Región Pacífica de Nicaragua*. Departamento de Suelos y Dasonomía de Catastro e Inventario de Recursos Naturales. Editado el 07 de Mayo de 2019. Recuperado de <http://www.temasnicas.net/split109/geologiapacifico.pdf>

Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. (2006). *Guía para la descripción de suelos* (4ta. ed.). Roma, Italia: Viale delle Terme di Caralla.

Puerta, R., Rengifo, J. & Bravo, N. (2011). *ArcGIS Básico 10*. Universidad Nacional Agraria de la Selva, Recinto Universitario Tingo María, Perú. Editado el 15 de Octubre de 2018. Recuperado de <https://actswithscience.com/Descargas/ManualArcGis.pdf>.

Rago, Alejandro M. & Valeiro, Alejandro H. (2012). *Manejo integral de cultivos*. INTA, Argentina. Editado el 13 de Febrero de 2018. Recuperado de <http://inta.gob.ar/proyectos/PNIND-082001>.

Rioja Molina, A. (2002). *Apuntes de Fitotecnia General*. E.U.I.T.A., Ciudad Real, España. Editado el 16 de Febrero de 2018. Recuperado de [https://www.uclm.es/area/ing\\_rural/Proyectos/AntonioPavon/05-Anejolll.pdf](https://www.uclm.es/area/ing_rural/Proyectos/AntonioPavon/05-Anejolll.pdf).

Rivera Díaz, I. (2014). *Perfil del suelo*. Editado el 25 de Mayo de 2019. Recuperado de <https://es.slideshare.net/Chemivy123/perfil-del-suelo-2014>

Sipe Marion (s.f.). Tipos de muestreo del suelo. Editado el 14 de Febrero de 2018. Recuperado de [http://www.ehowenespanol.com/tipos-muestreo-del-suelo-lista\\_324698/](http://www.ehowenespanol.com/tipos-muestreo-del-suelo-lista_324698/).

Sorto P. (2012). *Perfil de suelo*. Editado el 07 de Marzo de 2018. Recuperado de <http://www.engormix.com/MA-agricultura/cultivos-tropicales/articulos/perfil-de-suelo-t3984/078-p0.htm>.

Téllez, E. & Cerrato, L. (2006). *Caracterización Físico-Química y Morfológica para el Uso y Manejo de Suelos de La Finca “ La Puebla”, Comunidad “Santa Clara”, Comarca “ Las Cortezas”, Municipio “Tisma”, Departamento de Masaya*. (Tesis inédita de Ingeniería Agrícola). Universidad Nacional de Ingeniería, Managua, Nicaragua

## 11. ANEXOS

### 11.1. Tablas para la caracterización de cada perfil, clasificación físico-química y uso de los suelos.

Cuadro 1

#### *Jerarquía de las geoformas principales*

1 <sup>er</sup> nivel	2 <sup>do</sup> nivel	Gradiente	Intensidad de relieve	Densidad de drenaje potencial
		(%)	(m km <sup>-1</sup> )	
L tierras a nivel	LP planicie	< 10	< 50	0–25
	LL meseta	< 10	< 50	0–25
	LD depresión	< 10	< 50	16–25
	LV piso de valle	< 10	< 50	6–15
S tierras con pendiente	SE zona escarpada de gradiente medio	10–30	50–100	< 6
	SH colina de gradiente medio	10–30	100–150	0–15
	SM montaña de gradiente medio	15–30	150–300	0–15
	SP planicie disectada	10–30	50–100	0–15
	SV valle de gradiente medio	10–30	100–150	6–15
T tierras escarpadas	TE zona escarpada de gradiente alto	> 30	150–300	< 6
	TH colina de gradiente alto	> 30	150–300	0–15
	TM montaña de gradiente alto	> 30	> 300	0–15
	TV valle de gradiente alto	> 30	> 150	6–15

Fuente: FAO, 2009.

Cuadro 2

#### *Clases de gradiente de la pendiente (%)*

<b>A</b>	0 – 1.5	Plano o casi plano
<b>B</b>	1.5 – 4	Ligeramente inclinado/ondulado
<b>C</b>	4 – 8	Moderadamente inclinado/ondulado
<b>D</b>	8 – 15	Fuertemente inclinado/ondulado
<b>E</b>	15 – 30	Moderadamente escarpado-Colinado
<b>F</b>	30 – 50	Escarpado – Montañoso
<b>FF</b>	50 – 75	Muy escarpado – Montañoso
<b>G</b>	> 75	Precipicio – Acantilado

Fuente: Catastro e inventario de recursos naturales de Nicaragua. 1971.

Cuadro 3

#### *Profundidad efectiva (cm)*

<b>1</b>	> 90	Profundo
<b>2</b>	60 – 90	Moderadamente profundo
<b>3</b>	40 – 60	Poco profundo
<b>4</b>	25 – 40	Superficial
<b>5</b>	< 25	Muy superficial

Fuente: Catastro e inventario de recursos naturales de Nicaragua. 1971.

Cuadro 4

*Textura del perfil*

<b>0</b>	MUY GRUESA	Arena gruesa, grava
<b>1</b>	GRUESA	Arena media, arena fina, arena muy fina, areno francoso grueso y areno francoso medio.
<b>2</b>	MODERADAMENTE GRUESA	Areno francoso muy fino, franco arenoso grueso, franco arenoso medio y franco arenoso fino.
<b>3</b>	MEDIA	Franco arenoso muy fino, franco, franco limoso y limo.
<b>4</b>	MODERADAMENTE FINA	Franco arcilloso, franco arcillo arenoso y franco arcillo limoso.
<b>5</b>	FINA	Arcillo arenoso, arcillo limoso y arcilloso con < 60% Fracción arcilla (Arcilla media en todo el perfil es clase IV).
<b>6</b>	MUY FINA	Arcilla pesada (Vertisoles) con > 60% Fracción arcilla.

Fuente: Catastro e inventario de recursos naturales de Nicaragua. 1971.

Cuadro 5

*Drenaje interno*

<b>0</b>	Drenaje excesivo
<b>1</b>	Drenaje ligero o moderadamente excesivo
<b>2</b>	Bien drenado
<b>3</b>	Moderadamente bien drenado
<b>4</b>	Drenaje imperfecto
<b>5</b>	Drenaje pobre
<b>6</b>	Drenaje muy pobre

Fuente: Catastro e inventario de recursos naturales de Nicaragua. 1971.

## Cuadro 6

### *Clasificación de la estructura de suelos agregados*

WE	Débil	Los agregados son apenas observables en el sitio y sólo hay un arreglo débil de las superficies naturales. Cuando está poco disturbado, el material de suelo se rompe en una mezcla de agregados completos, muchos agregados rotos, y muchos materiales sin caras agregadas. La cara superficial de los agregados difiere de alguna manera del interior de los agregados.
MO	Moderado	Los agregados son observables en sitio y hay un arreglo distinto de las superficies naturales. Cuando está disturbado, el material del suelo se rompe en una mezcla de muchos agregados completos, algunos agregados rotos y poco material sin caras agregadas. La cara superficial de los agregados muestra generalmente diferencias distintas con los interiores de los agregados.
ST	Fuerte	Los agregados son claramente observables en sitio y hay un arreglo prominente de las superficies naturales de debilidad. Cuando está disturbado, el material del suelo se separa principalmente en agregados completos. La superficie de los agregados difiere generalmente de manera marcada de los interiores de los agregados.
Las clases combinadas pueden ser construidas como sigue:		
WM	Débil a moderado	
MS	Moderado a fuerte	

Fuente: FAO, 2009.

## Cuadro 7

### *Clasificación de tipos de estructura del suelo.*

<b>Blocosa (bloques)</b>	Bloques o poliedros, casi equidimensionales, con superficies planas o ligeramente redondeadas que son moldes de caras de los agregados vecinos. Se recomienda la subdivisión en angular, con caras intersectando a ángulos relativamente agudos y bloques subangulares con las caras intersectando a ángulos redondeados.
<b>Granular</b>	Esferoides o poliedros, que tienen superficies curvilíneas o irregulares que no son moldes de las caras de los agregados vecinos.
<b>Laminar</b>	Planos con dimensiones verticales limitadas; generalmente orientados sobre un plano horizontal y usualmente sobrepuestos.
<b>Prismática</b>	Las dimensiones están limitadas en el plano horizontal y extendido a lo largo del plano vertical; las caras verticales están bien definidas; tienen superficies planas o ligeramente redondeadas que son moldes de las caras de los agregados circundantes. Las caras intersectan normalmente a los ángulos relativamente agudos. Las estructuras prismáticas que tienen una cubierta o casquete redondeado son distinguidas como Columnar.
<b>Estructura rocosa</b>	La estructura rocosa incluye la estratificación fina en sedimentos no consolidados y pseudomorfos de minerales intemperizados reteniendo sus posiciones relativas cada una y los minerales no intemperizados en saprolita de rocas consolidadas.

<b>Forma de cuña</b>	Lentes unidos, elípticos que terminan en ángulos afilados, confinados por caras de fricción; no limitado a materiales vérticos.
<b>Migajas, conglomerados y terrones</b>	Creado principalmente por alteración artificial; por ejemplo: la labranza.

FUENTE: FAO, 2009.

## Cuadro 8

### *Clases de tamaño para los tipos de estructura del suelo*

		Granular/laminar	Prismática/columnar/ forma de cuña	Blocosa/terrones/ desmenuzable/grumos
		(mm)	(mm)	(mm)
VF	Muy fino/delgado	< 1	< 10	< 5
FI	Fino/delgado	1–2	10–20	5–10
ME	Medio	2–5	20–50	10–20
CO	Grueso/espeso	5–10	50–100	20–50
VC	Muy grueso/espeso	> 10	100–500	> 50
EC	Extremadamente grueso	–	> 500	–

Fuente: FAO, 2009.

## Cuadro 9

### *Clases de tamaño combinadas para los tipos de estructura del suelo*

FF	Muy fino y fino
VM	Muy fino a medio
FM	Fino a medio
FC	Fino a grueso
MC	Medio a grueso
MV	Medio a muy grueso
CV	Grueso a muy grueso

Fuente: FAO, 2009.

## Cuadro 10

### *Combinaciones de tipo de estructura de los suelos.*

CO + PR	Ambas estructuras presentes
PR → AB	Estructura primaria cambiando con una secundaria
PL / PR	Una estructura fusionándose a otra

Fuente: FAO, 2009.

Cuadro 11

*Materiales que limitan la profundidad*

<b>1</b>	Arcilla impermeable o prácticamente impermeable
<b>2</b>	Arena gruesa, estrato demasiado grueso para retener agua
<b>3</b>	Material cementado: <b>3g</b> - grava, <b>3e</b> - escoria, <b>3c</b> - ceniza volcánica, <b>3p</b> - pómez
<b>4</b>	Material suelto: <b>4g</b> - grava, <b>4e</b> - escoria, <b>4c</b> - ceniza volcánica, <b>4p</b> - pómez
<b>5</b>	Duripan – principalmente sílice cementada
<b>6</b>	Cantera. <b>6p</b> - Toba o conglomerado de fragmentos piroclásticos
<b>7</b>	Formaciones sedimentarias – principalmente lutita, areniscas o concha
<b>7x</b>	Tierras aluviales, aluviones
<b>8</b>	Roca caliza
<b>9</b>	Rocas duras cristalinas: <b>9b</b> - basalto y/o andesita, <b>9c</b> - granito, <b>9i</b> - ignimbrita, <b>9r</b> - rhyolita, <b>9m</b> - brecha, <b>9n</b> - esquistos
<b>P</b>	Material piroclástico (rocas piroclásticas) no diferenciado, esto incluye 3 – 4 – 6 y 6p
<b>t</b>	Presencia de talpetate o duripan en suelo/subsuelo se indica en el numerador

Fuente: Catastro e inventario de recursos naturales de Nicaragua. 1971.

Cuadro 12

*Clasificación recomendada de afloramientos rocosos*

	Cobertura en la superficie	(%)	Distancia entre afloramientos rocosos	
			(m)	
N	Ninguna	0		
V	Muy poca	0–2	1	> 50
F	Poca	2–5	2	20–50
C	Común	5–15	3	5–20
M	Mucha	15–40	4	2–5
A	Abundante	40–80	5	< 2
D	Dominante	> 80		

Fuente: FAO, 2009.

Cuadro 13

*Clasificación de los fragmentos gruesos superficiales*

Cobertura en superficie (%)			Clases de tamaño (indicando la dimensión mas grande)		
			(cm)		
N	Ninguno	0	F	Grava fina	0,2–0,6
V	Muy pocos	0–2	M	Grava media	0,6–2,0
F	Pocos	2–5	C	Grava gruesa	2–6
C	Común	5–15	S	Piedras	6–20
M	Muchos	15–40	B	Cantos	20–60
A	Abundantes	40–80	L	Cantos grandes	60–200
D	Dominantes	> 80			

Fuente: FAO, 2009.

Cuadro 14

*Erosión hídrica (e), eólica (v)*

<b>e</b>	Erosión leve.
<b>ee</b>	Erosión moderada.
<b>E</b>	Erosión fuerte. Fuerte restricción para uso y productividad.
<b>E</b>	Erosión Severa. Protección Recursos Naturales.
<b>E</b>	
<b>v</b>	Ligera a moderada ocasionada por el viento

Fuente: Catastro e inventario de recursos naturales de Nicaragua. 1971.

Cuadro 15

*Criterio de clasificación del valor de pH.*

<b>Término descriptivo</b>	<b>Criterio: rango de pH</b>
Ultra ácido	< 3.5
Extremadamente ácido	3.5 a 4.4
Muy fuertemente ácido	4.5 a 5.0
Fuertemente ácido	5.1 a 5.5
Moderadamente ácido	5.6 a 6.0
Ligeramente ácido	6.1 a 6.5
Neutro	6.6 a 7.3
Ligeramente alcalino	7.4 a 7.8
Moderadamente alcalino	7.9 a 8.4
Fuertemente alcalino	8.5 a 9.0
Muy fuertemente alcalino	> 9.0

Fuente: USDA, 2000.

## Cuadro 16

*Valores estimativos de la CIC.*

<b>Evaluación</b>	<b>Rango de CIC (meq/100g suelo)</b>
Muy Baja	< 5
Baja	5–15
Media	15-25
Alta	25-40
Muy alta	> 40

Fuente: Universidad Nacional Agraria, Laboratorio de suelos y agua (LABSA).

## Cuadro 17

*Clasificación de los suelos según su salinidad*

<b>Tipo de suelo</b>	<b>Conductividad eléctrica <math>\mu\text{S}/\text{cm}</math></b>
Suelo normal	< 2000
Suelo ligeramente salino	2000–4000
Suelo salino	4000–8000
Suelo fuertemente salino	8000–16000
Suelo extremadamente salino	>16000

Fuente: Cervantes, C. & Mojica, F., 1981.

## Cuadro 18

*Interpretación de materia orgánica*

<b>Rango del %MO</b>	<b>Evaluación</b>
< 0.9	Muy bajo
1.0 – 1.9	Bajo
2.0 – 2.5	Normal
2.6 – 3.5	Alto
> 3.6	Muy alto

Fuente: Rioja Molina, A., 2002

## Cuadro 19

*Requerimientos edafoclimáticos de Cultivos propuestos a la finca Monte Carmelo*

Cultivos	Requerimientos Edafoclimáticos					
	Temperatura (°C)	Altitud (m.s.n.m)	Precipitación (mm/año)	Textura	Pendiente (%)	pH
<b>Maíz</b>	20-27	0-1000	500-1000	F, F.a, a	---	6.0-7.5
<b>Frijol</b>	20-27	50-1500	1000-1600	F, F.a	---	6.0-7.5
<b>Arroz</b>	22-32	0-700	800-2000	F, F.A, A	---	6.0-7.5
<b>Soya</b>	24-30	0-900	400-700	F.A, F.a	---	6.0-7.5
<b>Pipián</b>	22-32	---	600-1200	F.A	---	5.5-6.8
<b>Tomate</b>	22-28	---	1200 prom	F.A	---	5.5-7.0
<b>Musáceas</b>	25-38	0-700	400-2000	F, F.A, F.a	<8	6.0-7.0
<b>Aguacate</b>	17-30	---	1200-2000	F, F.A	<30	5.5-6.5
<b>Cálala</b>	22-28	---	1200-2000	F, F.A	---	5.5-7.0
<b>Cítricos</b>	23-30	---	1200-1800	F, F.A	---	5.5-7.0
<b>Cacao</b>	22-27	0-800	1500-2500	A, F, F.A	<35	5.0-7.5
<b>Mango</b>	25-35	100-800	700-1500	F, F.A	---	6.5-7.5
<b>Piña</b>	25-32	---	1000-1500	F, F.A	---	4.5-7.5
<b>Marañón</b>	17-38	0-600	800-1500	F, F.a	---	4.3-8.7
<b>Yuca</b>	25-29	0-1000	1000-2500	F, F.A	<5	6.0-7.0
<b>Batata</b>	16-35	---	500-800	F.A, F.L	<5	4.2-7.0

Fuente: Instituto Nacional Tecnológico. Nicaragua

11.2. Tablas de resultados de análisis físico-químicos de los suelos de la finca Monte Carmelo.  
Cuadro 20

Resultados Análisis Químico de Suelos

**Universidad Nacional Agraria - UNA**  
**Laboratorio de Suelos y Agua - LABSA**  
**Análisis Químico de Suelos**

Entidad: UNI (Tesis de Monografía)      Fecha: 21 de mayo del 2019      Finca: Monte Carmelo  
Contacto: Nelson Álvarez / Wilfredo Martínez      Depto. Municipio: Granada - Diria

No.	Cod LABSA	Descripción	RUTINA					Disponibles					BASES					MICROS				ANÁLISIS ESPECIALES				
			pH	MO	N	P-disp	CE	Al	K	Ca	Mg	K	Ca	Mg	Na	CIC	SB	Fe	Cu	Mn	Zn	Pb	B	SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>
			H <sub>2</sub> O	%	ppm	µs/cm		meq/100 g suelo										ppm				ppm				
1	521	Perfil # 1, Ap, 0 - 16 Cm	6.07	4.90	0.24	10.38	85.10	2.80	11.62	3.57	2.96	22.89	6.05	N.D	37.59	71.35		49.70								
2	522	Perfil # 1, Bc, 0 - 16 Cm	6.28	3.75	0.19	4.04	34.40	2.10	10.02	3.11	2.14	16.17	4.64	N.D	29.21	53.05		28.20								
3	523	Perfil # 1, C-T, 33 - 78 Cm	6.66	3.22	0.16	3.55	17.19	2.35	18.80	5.97	2.88	25.27	7.63	0.00	26.49	85.25		7.90								
4	524	Perfil # 1, II A, 78 - 110 Cm	6.80	2.67	0.13	1.42	19.14	1.27	11.14	4.85	1.57	12.59	5.40	0.63	22.98	116.55		7.40								
5	525	Perfil # 2, Ap, 0 - 12 Cm	5.90	5.99	0.30	10.52	62.80	2.23	12.22	4.52	2.14	12.89	4.74	0.03	32.53	81.25		80.00								
6	526	Perfil # 2, A II, 12 - 43 Cm	6.19	4.92	0.25	4.8	20.66	0.75	12.10	3.9	0.79	15.09	5.07	0.23	29.80	88.25		23.60								
7	527	Perfil # 2, A-C, 43 - 52 Cm	6.37	4.05	0.20	3.42	17.58	0.79	14.95	3.96	1.04	15.99	4.24	0.25	28.83	53.65		18.60								
8	528	Perfil # 2, C-T, 52 - 92 Cm	6.43	3.85	0.19	2.87	14.16	1.31	16.23	5.18	2.05	23.05	7.83	0.19	26.68	102.15		8.60								
9	529	Perfil # 3, Ap, 0 - 16 Cm	5.68	6.14	0.31	0.41	44.4	1.30	7.54	4.13	1.72	13.77	4.94	0.16	39.15	62.05		30.70								
10	530	Perfil # 3, A II, 16 - 25/34 Cm	6.06	2.67	0.13	0.29	21.17	1.12	6.16	3.24	1.77	14.11	5.07	0.39	28.05	79.05		7.50								
11	531	Perfil # 3, B21 T, 25/34 - 70 Cm	6.65	2.43	0.12	0.29	16.37	0.81	9.20	3.34	1.05	15.13	5.95	0.15	27.07	74.75		9.50								
12	532	Perfil # 3, B22 T, 70 - 91 Cm	7.01	2.30	0.12	0.18	16.48	0.68	8.24	3.77	0.67	13.75	6.88	0.09	25.32	68.15		6.60								
13	533	Perfil # 4, A II, 0 - 20 Cm	6.46	5.85	0.29	2.56	76.8	3.13	12.04	4.95	3.19	23.03	9.21	N.D	40.12	48.25		49.70								
14	534	Perfil # 4, A 12, 20 - 37 Cm	6.41	2.78	0.14	2.14	42.3	2.21	8.98	3.14	3.70	15.81	5.79	0.52	36.62	142.65		16.70								
15	535	Perfil # 4, Horizonte Talpetate, 37 - 59 Cm	6.33	1.97	0.10	9.89	16.73	1.05	13.51	5.91	1.34	21.40	8.92	0.61	44.21	106.15		6.60								
16	536	Perfil # 4, Horizonte II A, 59 - 100 Cm	6.59	1.32	0.07	0.76	11.00	0.35	9.64	4.82	0.50	15.03	7.21	0.11	33.51	88.25		10.10								

ND: No detectado

Fuente: Universidad Nacional Agraria. Laboratorio de Suelos y Agua.



Cuadro 22

*Promedio para los dos primeros horizontes. Resultados Químico de Suelos. Universidad Nacional Agraria, Laboratorio de Suelos y Aguas LABSA*

<b>Perfil</b>	<b>Ph</b>	<b>Mo</b>	<b>N</b>	<b>P</b>	<b>CE</b>	<b>K</b>	<b>Ca</b>	<b>Mg</b>	<b>CIC</b>	<b>Fe</b>	<b>Mn</b>
<b>P1</b>	6.18	4.33	0.22	7.21	59.75	2.45	10.82	3.34	33.40	62.20	38.95
<b>P2</b>	6.05	5.46	0.28	7.66	41.73	1.49	12.16	4.21	31.17	84.75	51.80
<b>P3</b>	5.87	4.41	0.22	0.35	32.79	1.21	6.85	3.69	33.60	70.55	18.10
<b>P4</b>	6.44	4.32	0.22	2.35	59.55	2.67	10.51	4.05	38.37	95.45	33.20

Fuente: Elaboración propia de los resultados analíticos de laboratorio. Mayo 2019

Cuadro 23

*Resultados de densidad real de suelos. Universidad Nacional de Ingeniería Facultad de Tecnología de la Construcción Laboratorio de Edafología*

<b>DENSIDAD REAL</b>										
<b>Picnometro</b>	<b>Perfil</b>	<b>Horizontes</b>	<b>d1 (g/cm3)</b>	<b>d3 (g/cm3)</b>	<b>P1 (g)</b>	<b>P2 (g)</b>	<b>P3 (g)</b>	<b>Pp (g)</b>	<b>Ps (g)</b>	<b>Dr (g/cm3)</b>
<b>7</b>	<b>P1</b>	<b>Ap</b>	0.997	0.997	364.60	144.60	381.90	115.5	29.10	2.46
<b>1</b>		<b>BC</b>	0.997	0.997	364.25	169.20	397.00	115.15	54.05	2.53
<b>4</b>	<b>P2</b>	<b>Ap</b>	0.997	0.997	365.35	158.60	390.45	116.3	42.30	2.45
<b>3</b>	<b>P3</b>	<b>Ap</b>	0.997	0.997	370.90	163.00	395.50	121.9	41.10	2.48
<b>9</b>		<b>A11</b>	0.997	0.997	375.85	166.90	399.25	126.85	40.05	2.40
<b>6</b>		<b>B21t</b>	0.997	0.997	365.95	154.50	389.35	116.75	37.75	2.62
<b>14</b>	<b>P4</b>	<b>A11</b>	0.997	0.997	376.10	175.80	405.40	126.9	48.90	2.49
<b>5</b>		<b>A12</b>	0.997	0.997	371.65	147.65	386.70	122.65	25.00	2.51

Fuente: Elaboración propia de los resultados analíticos de laboratorio. Mayo 2019

Cuadro 24

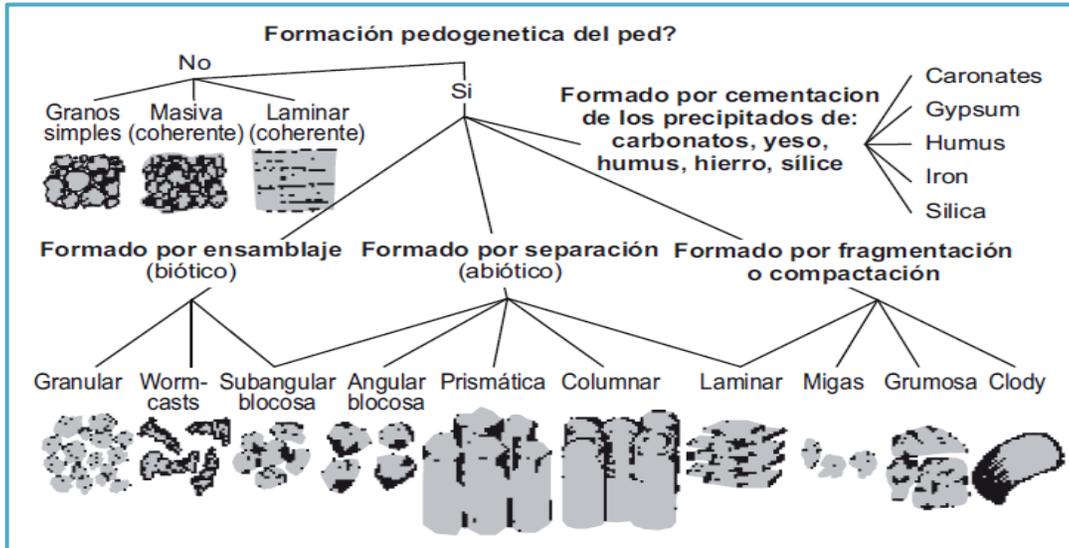
*Resultados de densidad aparente de suelos. Universidad Nacional de Ingeniería  
Facultad de Tecnología de la Construcción Laboratorio de Edafología*

<b>DENSIDAD APARENTE</b>						
<b>Perfil</b>	<b>Horizontes</b>	<b>Vol. Cil. (cm<sup>3</sup>)</b>	<b>Wsst (g)</b>	<b>Wt(g)</b>	<b>Wss(g)</b>	<b>Da (g/cm<sup>3</sup>)</b>
<b>P1</b>	<b>Ap</b>	98.17	345.35	241.25	104.10	1.06
	<b>BC</b>	98.17	219.60	99.15	120.45	1.23
<b>P2</b>	<b>Ap</b>	98.17	204.4	99.55	104.85	1.07
<b>P3</b>	<b>Ap</b>	98.17	206.55	98.35	108.20	1.10
	<b>A11</b>	98.17	196.65	98.9	97.75	1.00
	<b>B21t</b>	98.17	226.75	99.6	127.15	1.30
<b>P4</b>	<b>A11</b>	98.17	351.45	241.7	109.75	1.12
	<b>A12</b>	98.17	193.4	98.85	94.55	0.96

Fuente: Elaboración propia de los resultados analíticos de laboratorio. Mayo 2019

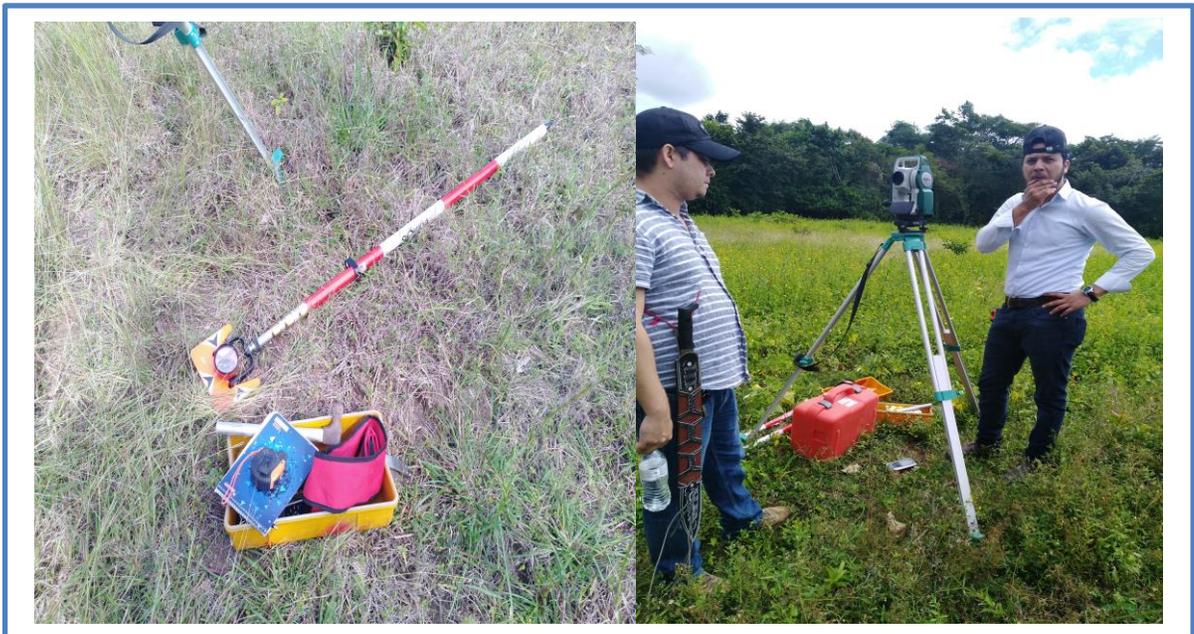
## 6.1. Figuras y mapas.

Figura 1: Tipos de estructura del suelo y su formación



Fuente: FAO, 2009.

Figura 2: Georreferenciación del sitio de estudio



Fuente: Elaboración propia del levantamiento de campo realizado en noviembre 2018.

Figura 3: Muestreo por barreno



Fuente: Elaboración propia del levantamiento de campo realizado en mayo 2019.

Figura 4: Muestreo por calicata y caracterización de suelos



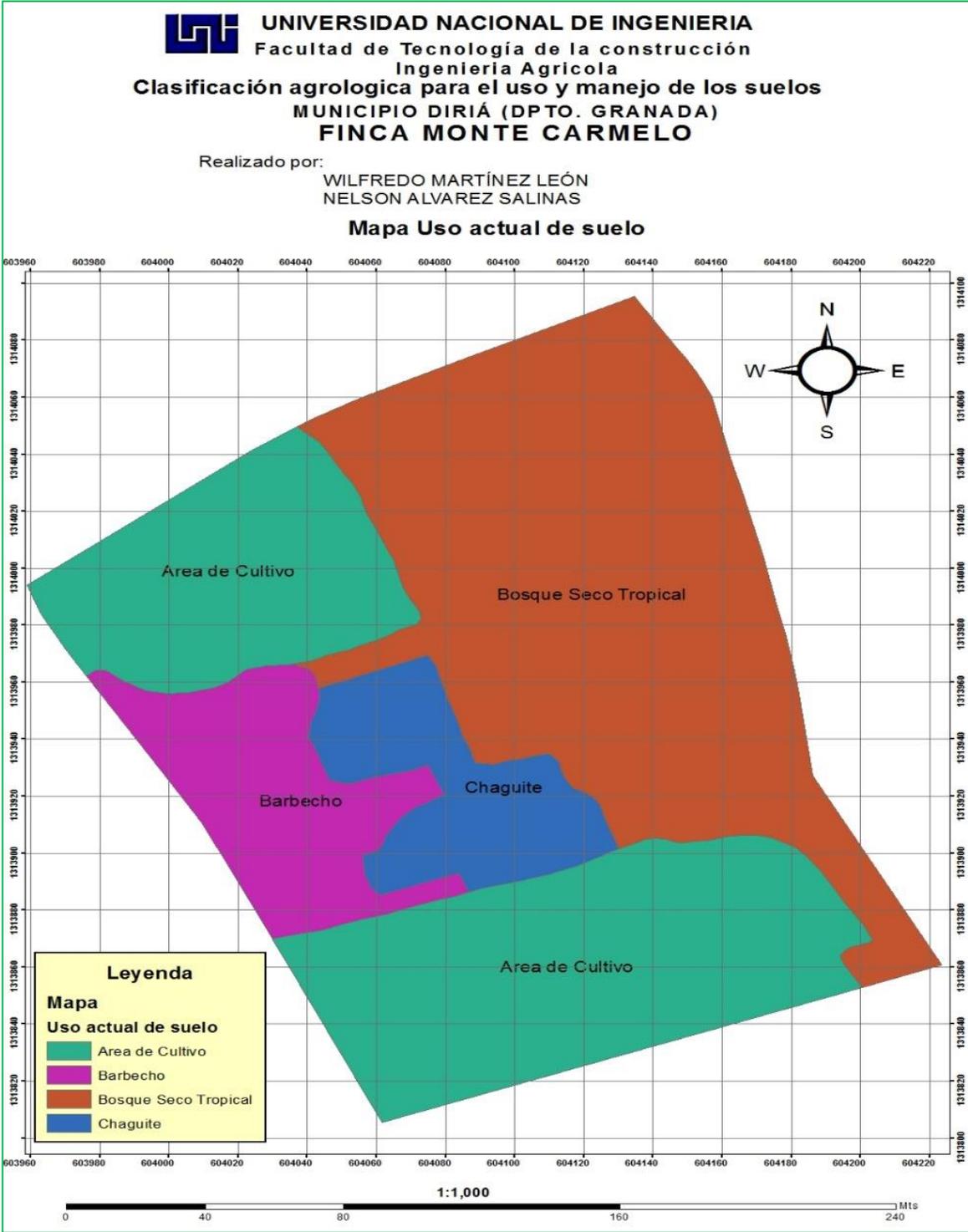
Fuente: Elaboración propia del levantamiento de campo realizado en mayo 2019.

Figura 5: Determinación de las Densidades reales y aparentes en laboratorio



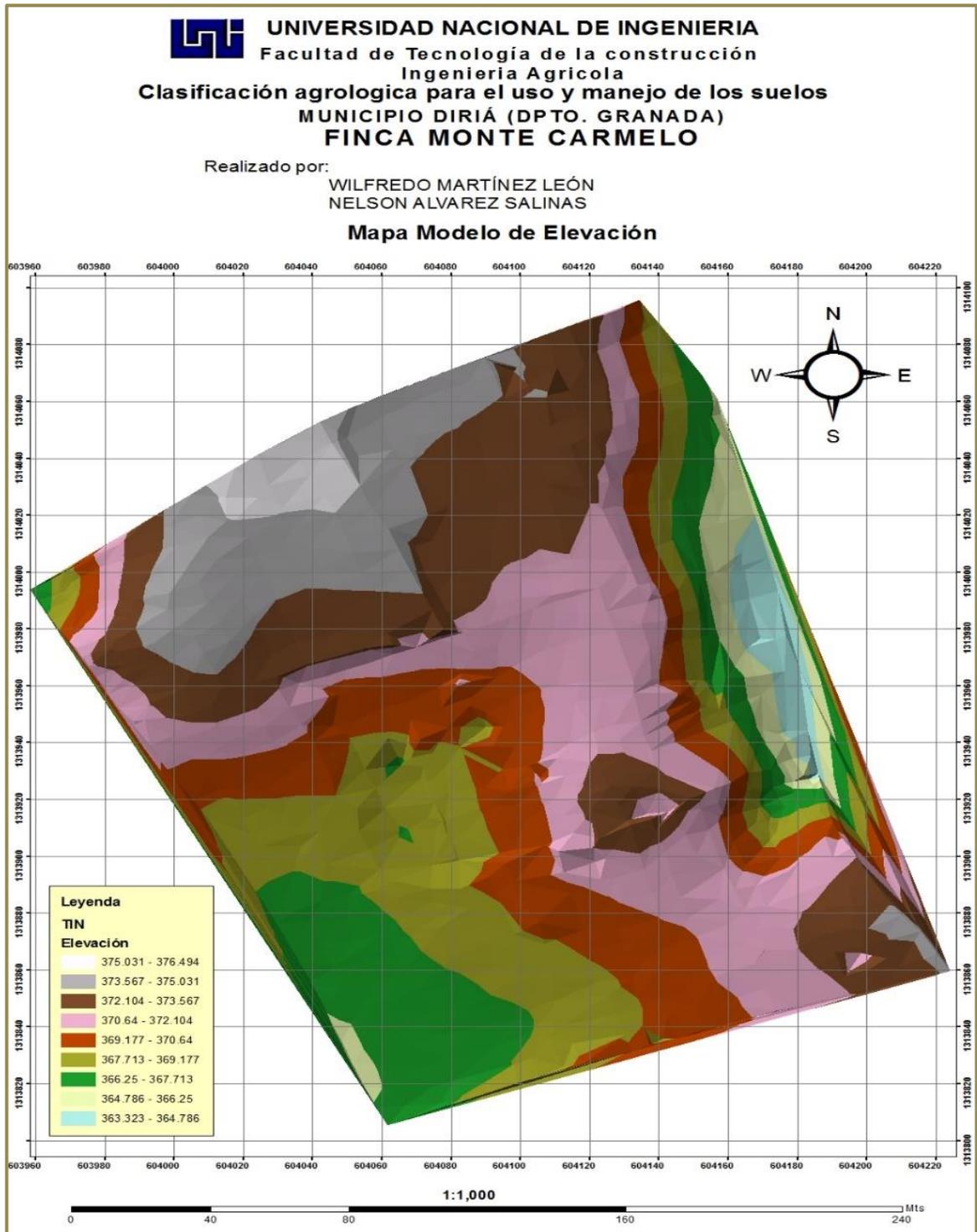
Fuente: Elaboración propia de los análisis de laboratorio realizados en mayo 2019.

Figura 6: Mapa de Uso actual del suelo



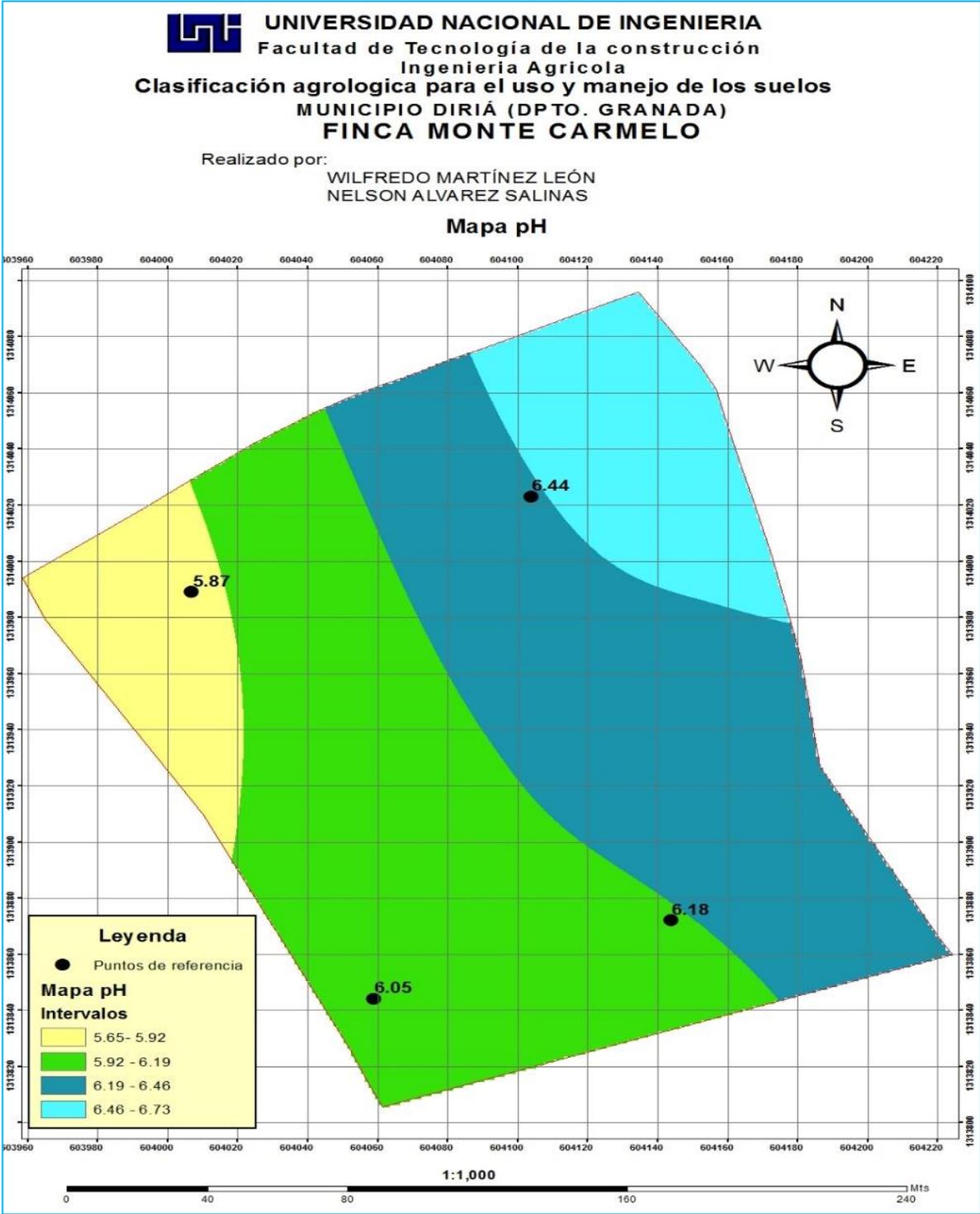
Fuente. Elaboración propia del levantamiento de campo y aplicación de SIG ArcGIS 10.3., realizado en octubre 2018.

Figura 7: Mapa Modelo de Elevación



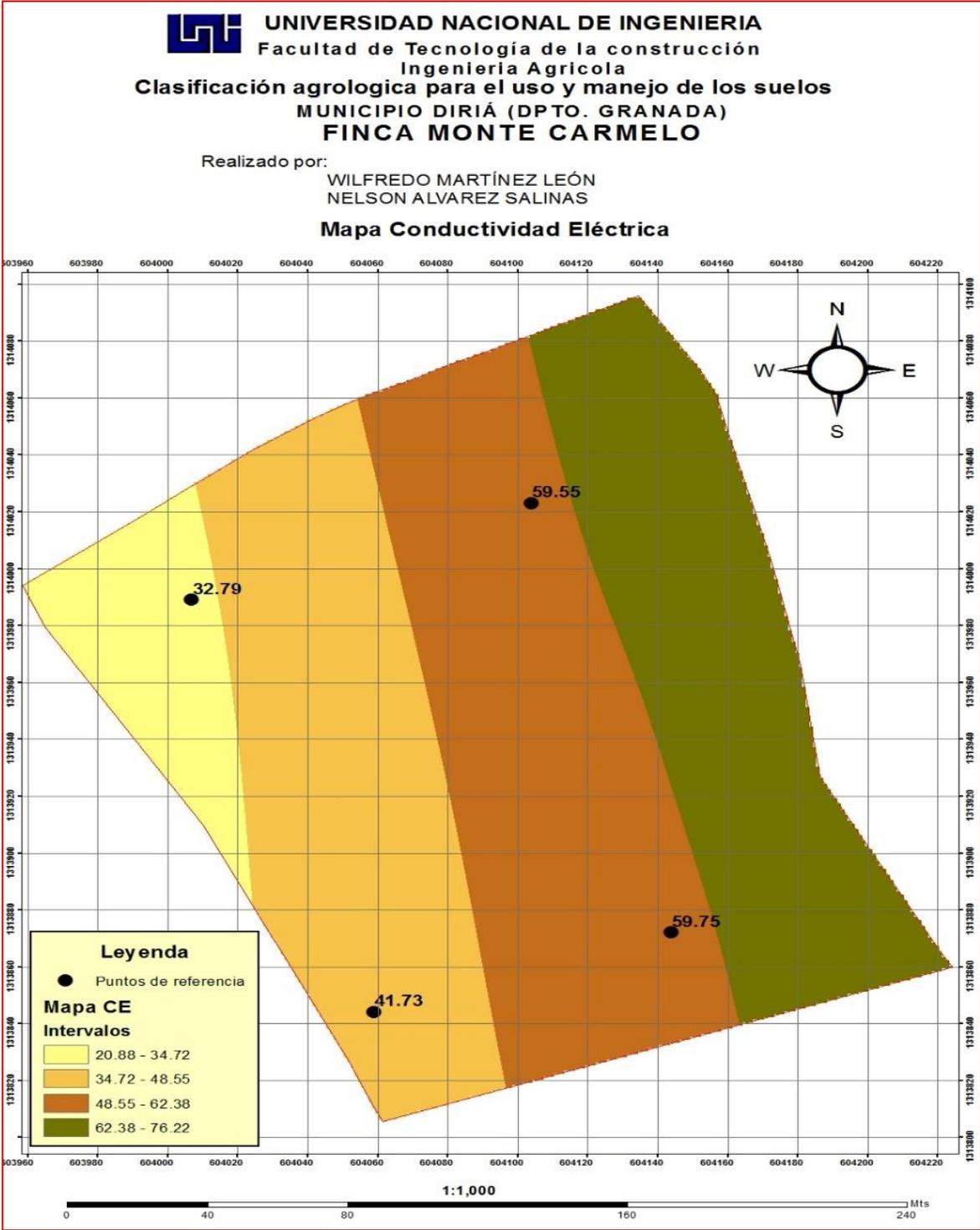
Fuente: Elaboración propia del levantamiento de campo y aplicación de SIG ArcGIS 10.3.  
Diciembre 2018.

Figura 8: Mapa de pH de la finca Monte Carmelo



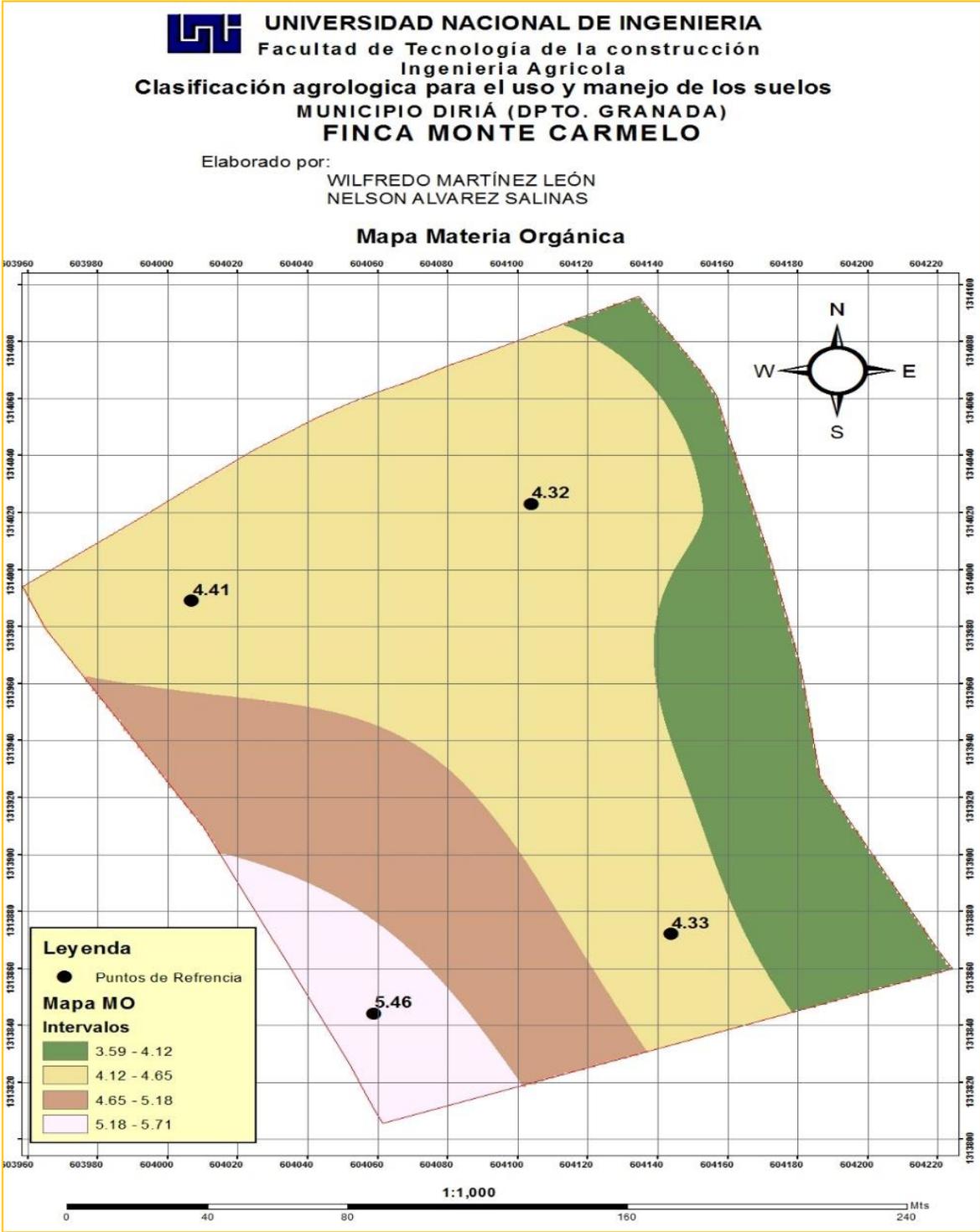
Fuente: Elaboración propia, de resultados analíticos de laboratorio LABSA y aplicación de SIG ArcGIS 10.3. Mayo-Julio 2019

Figura 9: Mapa de CE de la finca Monte Carmelo



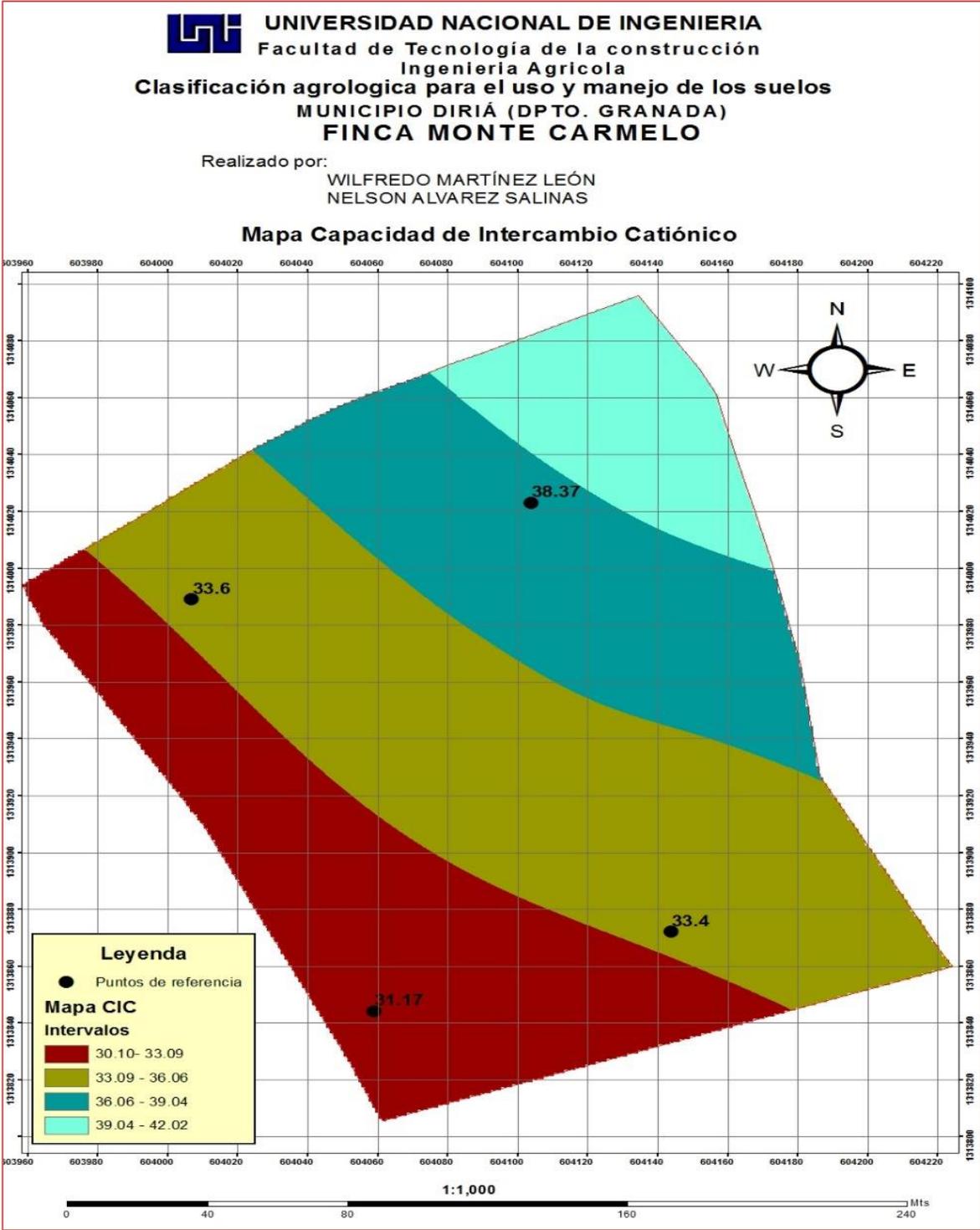
Fuente: Elaboración propia, de resultados analíticos de laboratorio LABSA y aplicación de SIG ArcGIS 10.3. Mayo-Julio 2019

Figura 10: Mapa de MO de la finca Monte Carmelo



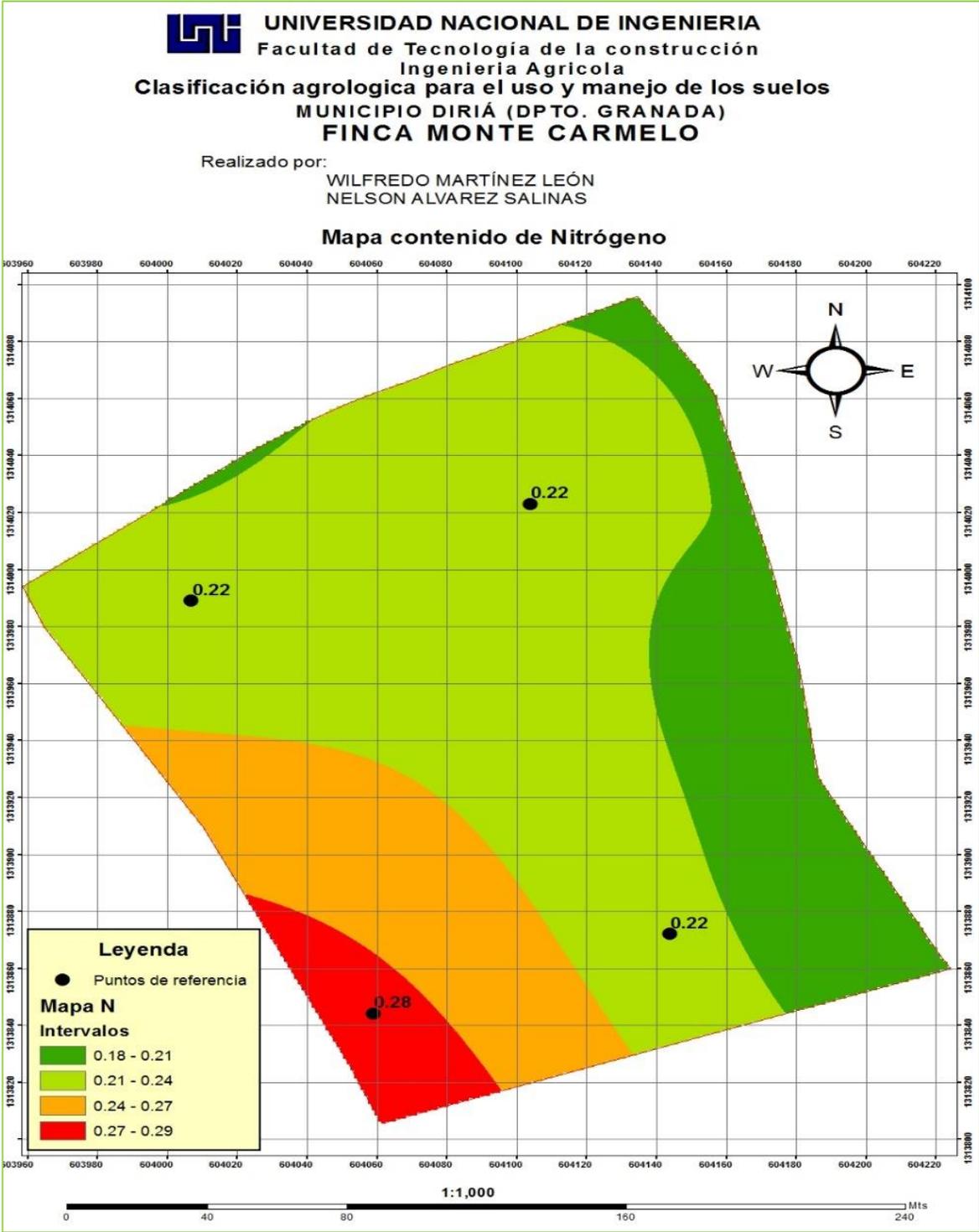
Fuente: Elaboración propia, de resultados analíticos de laboratorio LABSA y aplicación de SIG ArcGIS 10.3. Mayo-Julio 2019

Figura 11: Mapa de CIC de la finca Monte Carmelo



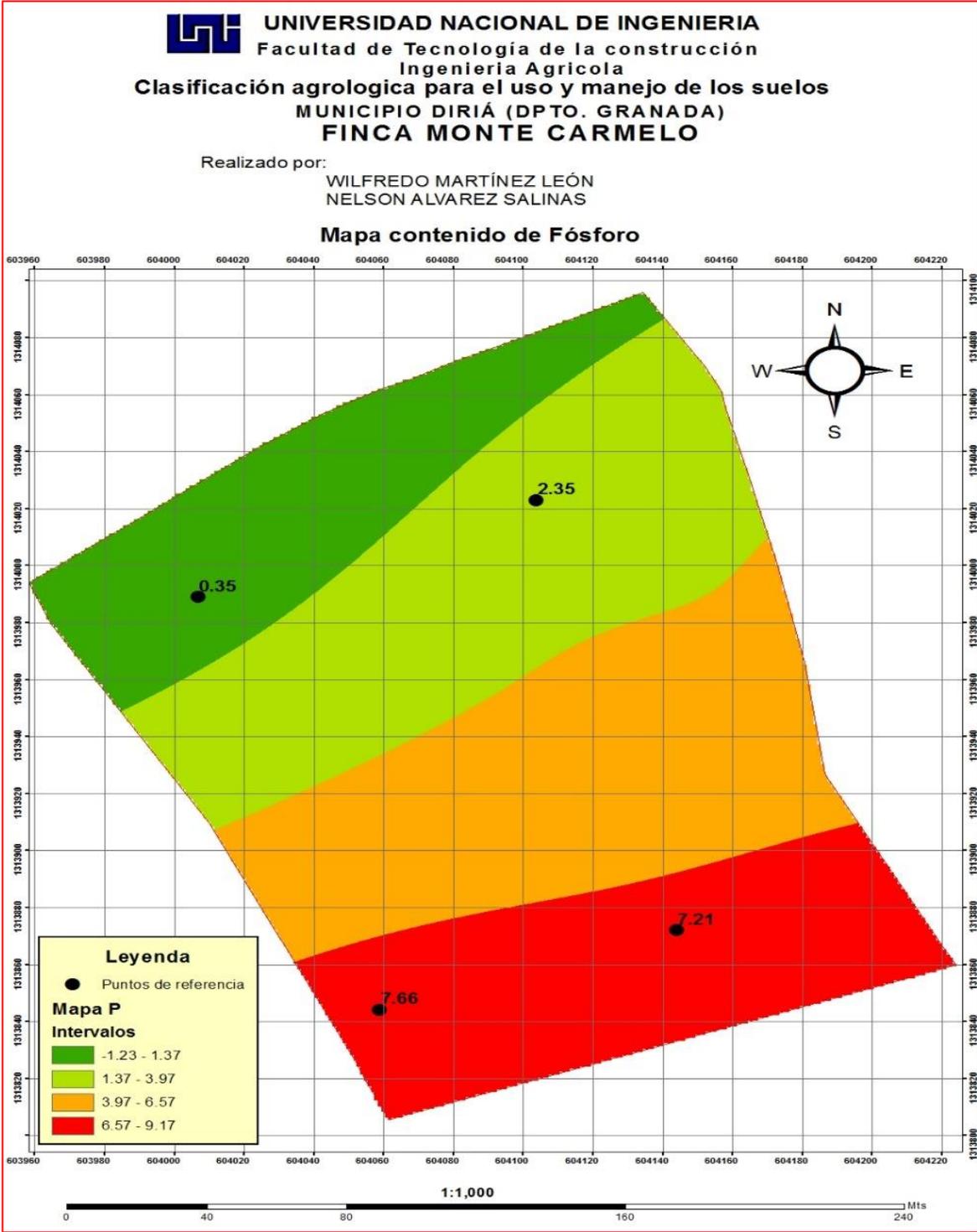
Fuente: Elaboración propia, de resultados analíticos de laboratorio LABSA y aplicación de SIG ArcGIS 10.3. Mayo-Julio 2019

Figura 12: Mapa de N de la finca Monte Carmelo



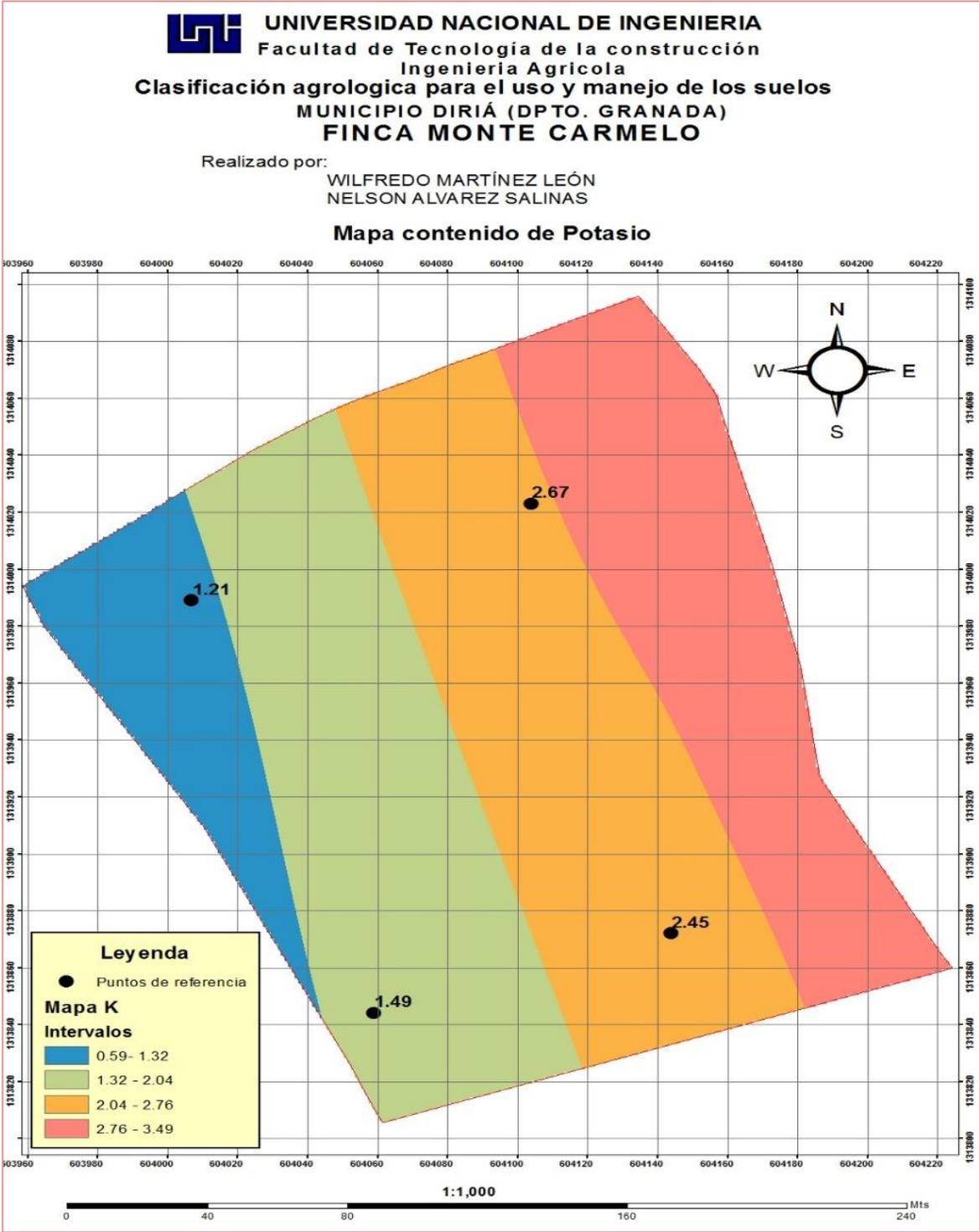
Fuente: Elaboración propia, de resultados analíticos de laboratorio LABSA y aplicación de SIG ArcGIS 10.3. Mayo-Julio 2019

Figura 13: Mapa de P de la finca Monte Carmelo



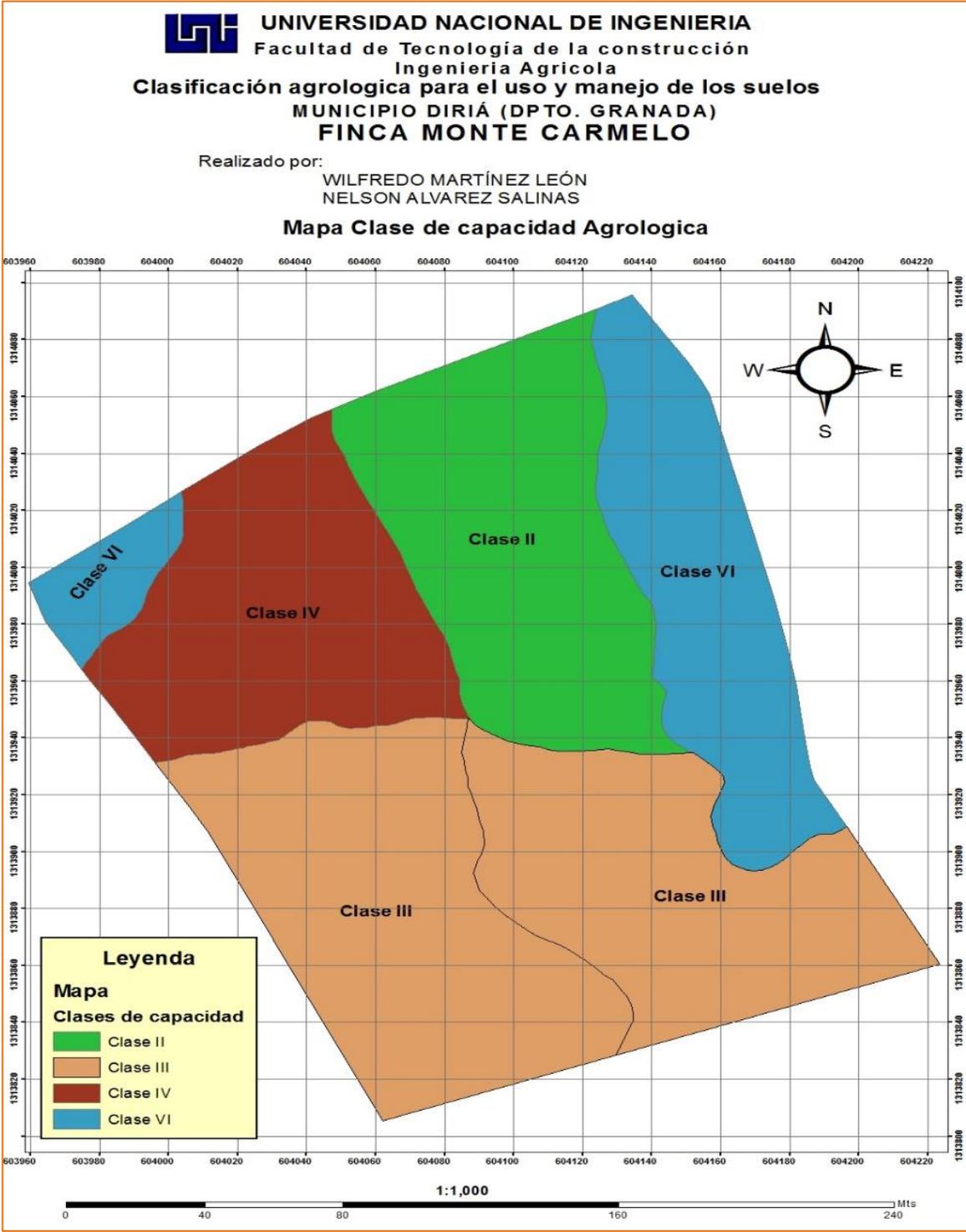
Fuente: Elaboración propia, de resultados analíticos de laboratorio LABSA y aplicación de SIG ArcGIS 10.3. Mayo-Julio 2019

Figura 14: Mapa de K de la finca Monte Carmelo



Fuente: Elaboración propia, de resultados analíticos de laboratorio LABSA y aplicación de SIG ArcGIS 10.3. Mayo-Julio 2019

Figura 15: Mapa Clase de capacidad Agrológica de los suelos de la finca Monte Carmelo



Fuente: Elaboración propia del levantamiento de suelos con los resultados analíticos y mapeo elaborado con aplicación de SIG ArcGIS 10.3., en la finca para este estudio. Mayo-Julio 2019