



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
Facultad de Tecnología de la Construcción

Monografía

**“EVALUACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS MORFOLÓGICAS E
HIDROFÍSICAS DE LOS SUELOS CULTIVADOS CON CAÑA DE AZUCAR
(Saccharum Officianarum L.) DE LA FINCA “JESÚS MARÍA” DE CASUR,
UBICADA EN EL MUNICIPIO DE NANDAIME”**

Para optar al título de Ingeniero Agrícola

Elaborado por

Br. César José Dávila Bravo

Tutor

Ing. José Méndez Úbeda

Managua, Febrero 2021



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
Facultad de Tecnología de la Construcción

Managua, 17 de noviembre de 2020

DR. OSCAR GUTIERREZ SOMARRIBA
DECANO FTC
Su Despacho

Estimado Dr. Gutiérrez Somarriba:

Reciba un cordial saludo.

Por este medio, remito el trabajo de monografía titulado **“Evaluación de las características morfológicas e hidrofísica de los suelos cultivados con caña de azúcar (*Saccharum officinarum* L.) de la Finca “Jesús María” de CASUR, ubicada en el municipio de Nandaime, Departamento de Granada, Nicaragua.”**, debidamente revisado cumpliendo con los objetivos planteados en el estudio y los requisitos para ser sometido a pre defensa, con fin de que el Br. César José Davila Bravo opte al **Título de Ingeniero Agrícola**.

Agradeciendo la atención a la presente, me despido deseándole el mayor de los éxitos en sus funciones.

Atentamente,

Ing. José Méndez Úbeda
Tutor

C/c: Archivo

Dedicatoria

Con mucho gozo, dedico este trabajo monográfico a:
Jesucristo; por darme la vida y la bendición de culminar este proyecto,
que se inició bajo su voluntad y dirección.

César José Dávila Bravo

AGRADECIMIENTOS

Lo que un día inicio como una meta, hoy se cumple con mucho esfuerzo y sacrificios. Muchas personas aportaron de diferentes maneras y les estoy infinitamente agradecido:

A mis padres

Hortensia Bravo, José Andrés Dávila y Calixto Téllez, quienes siempre me han apoyado incondicionalmente, en cada etapa de este proyecto y que ahora es satisfacción de todos.

A mis amigos

Reyna Mendoza, Danffer Sequeira, Omri López, Virgilio Bravo, Yarling López

A los ingenieros

José Méndez, Gonzalo Bonilla, Edgard Espinales, Santiago Vanegas, Horacio González y de manera especial al Arquitecto Jorge Martínez

RESUMEN

Para el presente trabajo, CASUR planteó la necesidad de evaluar las principales características morfológicas e Hidrofísicas de los suelos de la finca Jesús María que tiene un área de 261.18 ha. Esto con el fin de mejorar las prácticas de manejo y conservación del recurso.

De manera general se aplicó una metodología descriptiva, realizando sondeos de suelos al azar a tres diferentes profundidades de 0 – 20, 20 – 40 y 40 – 60 cm, respectivamente en una relación 1:9, es decir una muestra por cada 9 ha.

Para esta evaluación se realizaron varias actividades que requerían el apoyo de guías técnicas y formatos para la recolección de los datos de campo. Posteriormente la información generada sería manejada en ArcGIS, un software usado por CASUR; que, dicho sea de paso, es una de las herramientas más importantes para manejo y administración de información en las áreas de producción de caña del ingenio.

Los suelos identificados fueron, Suelos Jesús María (JM) y Suelos Aguajales (AG), en estos últimos se encontraron dos fases de suelos, además de inclusiones de la Serie de suelos Nandaimé (NN), donde dicha evaluación no refiere ninguna caracterización de ellos por tratarse de un área muy pequeña. También se clasificaron agrologicamente en: Clase III y Clase VI, presentando limitaciones particulares como profundidad efectiva, drenaje, erosión y gravas en la superficie y en el perfil.

En las propiedades Hidrofísicas se obtuvieron los siguientes valores:

- Velocidad de infiltración va desde 0.3 a 1.89 cm/hr, donde cualitativamente se puede decir que, los clasificados como Suelos Jesús María, presentan características de drenaje interno más favorables respecto a los suelos Aguajales quienes con valores en el extremo del rango antes mencionado, corren el riesgo de presentar encharcamientos y escorrentías moderadas, aspectos que deben ser considerados a la hora de diseñar y/o efectuar riego.
- La Capacidad de campo se clasifica de alta a media, con una capacidad de retención de humedad alta a media también, destacando dentro estos los suelos Vérticos, Aguajales en sus dos fases, con 41.05 a 40.91 % respectivamente y Suelos Jesús María, con valores hasta los 31%.

De manera general esta información fue muy atesorada por CASUR y promete ser la base para toma de decisiones en el manejo y operatividad de los suelos para futuros proyectos en la finca Jesús María.

INDICE

I.	INTRODUCCION.....	1
II.	ANTECEDENTES	2
III.	JUSTIFICACION.....	3
IV.	OBJETIVOS	4
	4.1. Objetivo General.....	4
	4.2. Objetivos Específicos	4
V.	MARCO TEORICO.....	5
	5.1. El suelo	5
	5.2. Formación de los suelos.....	6
	5.3. Composición del suelo.....	9
	5.3.1. Horizontes.....	10
	5.3.2. Letras subíndices	11
	5.4. Levantamiento de suelos	12
	5.5. Clases de capacidad.....	13
	5.6. Clases de suelos con aptitud para regadío	20
	Factores económicos	20
	Factores físicos.....	21
	5.7. Características morfológicas de los suelos	22
	5.7.1. Muestreo de suelos.....	23
	5.7.2. Calicatas	23
	5.7.3. Características que estudiar en el perfil	23
	5.8. Características Hidrofísicas del suelo	29
	5.8.1. Humedad del Suelo.....	30
	5.8.2. Capacidad de Campo. (CC)	30
	5.8.3. Punto de Marchites Permanente (PMP)	31
	5.8.4. Capacidad de infiltración	31
	5.8.5. Capacidad de almacenamiento de agua en el perfil de suelo	34
	5.8.6. Profundidad radicular.....	34
	5.9. Sistemas de Información Geográfica en los estudios de suelo.....	35

5.9.1.	ArcGIS 10.....	36
5.10.	Caña De azúcar.....	37
5.10.1.	Valor Nutricional	38
5.10.2.	Condiciones Agroecológicas	38
5.10.3.	Manejo del Cultivo.....	39
5.10.4.	Taxonomía	43
5.10.5.	Morfología	44
VI.	DISEÑO METODOLÓGICO	49
6.1.	Ubicación geográfica de CASUR.....	49
6.2.	Ubicación geográfica del área de estudio.....	50
6.3.	Descripción del área de estudio	51
6.3.1.	Geología.....	51
6.3.2.	Fisiografía	51
6.3.3.	Clima	52
6.3.4.	Hidrografía	54
6.3.5.	Uso de las tierras	54
6.4.	Materiales y métodos.....	54
6.4.1.	Fase de Pre-campo:.....	54
6.4.2.	Fase de campo:.....	56
6.4.3.	Fase de Post-campo.....	65
VII.	ANALISIS DE RESULTADOS	68
7.1.	Barrenadas generadas	68
7.2.	Unidades de mapa de suelos de campo.....	69
7.3.	Unidades cartográficas.....	72
7.4.	Determinación de las Propiedades Hidrofísicas.....	72
7.4.1.	Velocidad de infiltración.....	72
7.4.2.	Capacidad de Campo	76
7.4.3.	Punto De Marchites Permanente.....	76
7.4.4.	Humedad Disponible.....	77
7.4.5.	Profundidad Radicular	77
7.5.	Clasificación Taxonómica De Los Suelos.....	78
7.6.	Descripción Detallada De Los Suelos.....	79

7.6.1.	Jesús María (JM).....	80
7.6.2.	Suelos Aguajales (AG)	84
7.6.3.	Suelos JM Aguajales (AG)	88
7.7.	Evaluación de las principales características de los Suelos encontrados	91
7.7.1.	Características Morfológicas	91
7.7.2.	Características hidrofísicas	92
VIII.	CONCLUSIONES.....	94
IX.	RECOMENDACIONES	96
X.	BIBLIOGRAFIA.....	97
	Literatura citada.....	98
	Paginas web	99
XI.	ANEXOS DE TABLAS.....	100
7.1.	Anexos de figuras y gráficos.....	123
7.2.	Anexos de mapas generados según el estudio	129
7.3.	Anexos fotos de pruebas de campo.....	136

I. INTRODUCCION

Los suelos muestran gran variedad de características físicas, químicas y biológicas, en función de los materiales minerales y orgánicos que lo forman. Tales características definen sus aptitudes y aportan una manera de cómo tratarlos operativamente.

La importancia que ha tomado el suelo, desde el punto de vista de la agricultura ha desarrollado, en empresas de producción, una cultura de inventiva y creatividad en la forma de cómo establecer los cultivos de forma óptima. Tanto que, en los últimos años, las tendencias tecnológicas se han enmarcado en mejorar las técnicas de riego, fertilización y operación con el fin aumentar los rendimientos y controlar la degradación de los suelos en los sistemas de producción.

Pero estas tecnologías no alcanzan su máxima efectividad si se ignoran las características y propiedades de los suelos, donde se vayan a establecer estos sistemas de producción. Por eso, surge la necesidad de estudiar los suelos y determinar las características hidrofísica y morfológicas, donde los acreedores de estas tendencias con previo conocimiento de las cualidades de los suelos vean la rentabilidad y pertinencia de la inversión.

CASUR, compañía dedicada a la producción de azúcar, melaza y energía en el sur del país, carece de esta importante información en las fincas donde se establece su principal cultivo, la caña de azúcar (*Saccharum officinarum*); Por lo que, este estudio pretende mostrar, los beneficios y limitantes que tienen los suelos de una de sus fincas (Jesús María). Actualizando la información y respaldándola digitalmente por medio de SIG, tomando como referencia la información existente o recopilada.

II. ANTECEDENTES

La finca Jesús María, está ubicada a la altura del km 70 de la carretera Panamericana al sur de la Ciudad de Nandaime.

En estas tierras se ha establecido la caña de azúcar desde la década de los 70's como parte del Ingenio Amalia, luego su producción sigue bajo el nombre de Ingenio Javier Guerra a inicio de los 80's, hasta 2009 que cierra actividades. Luego retoma sus labores ahora como parte del Ingenio CASUR, en 2011. (INETER- 2013).

El primer estudio de suelo realizado en estas tierras se dio, con el Levantamiento de suelos de la región pacífica de Nicaragua, en 1968-1969, editado en octubre 1971. Los cuales fueron clasificados de acuerdo a su génesis y morfología entre las series de suelos Amalia, Vértico y Nandaime. El segundo estudio relacionado, es el Proyecto de desarrollo de agricultura bajo riego Nandaime – Rivas, en 1978. (INETER- 2013)

CASUR, no dispone de esta información y no ha realizado revisión bibliográfica para determinar la línea base de las propiedades de los suelos. Sin embargo, su departamento de investigación y desarrollo ha realizado estudios, tanto en Jesús María en el año de su adquisición, como en el resto de los suelos de las Fincas donde se establece la caña de azúcar, lo cual ha permitido como objetivo principal hacer una clasificación de sus suelos en: Livianos, Medios y Pesados.

III. JUSTIFICACION

Enmarcados en este estudio El ingenio CASUR, generaliza el manejo de los suelos en todas sus fincas, donde no se considera ninguna de las características al momento de establecer el cultivo.

Basados principalmente investigación descriptiva y bibliográfica de estudios edafológicos, se pretende crear un campo del conocimiento específicamente en los suelos de la finca Jesús María, ubicada en el municipio de Nandaime puedan ser aprovechados de manera integral. Con la información existente y generada se creará una base de datos, para los suelos de la finca y clasificarlos de acuerdo con sus características distintivas siguiendo las normas internacionales establecidas. Esto contribuirá a tener una base confiable de datos agrotécnicos con la cual se tomarán decisiones que promuevan el manejo integral y eficiente de los suelos; por lo que, bajo este contexto el estudio se enmarca en actualizar la información sin excluir lo antes planteado.

El conocimiento de estos parámetros se traduce en mejoras y beneficios para la empresa: ahorro de costos, mayor producción, un vasto compendio de información en el manejo general de los suelos, así como la proyección de sistemas de riego y drenaje a gran escala.

IV. OBJETIVOS

4.1. Objetivo General

Evaluar los parámetros morfológicos e hidrofísica de los suelos de la finca Jesús María de CASUR, ubicada en el municipio de Nandaime, Departamento de Granada.

4.2. Objetivos Específicos

- ❖ Hacer muestreo de suelo en el área de estudio por medio de barrenadas a diferentes profundidades.
- ❖ Describir las características morfológicas de los suelos de la finca Jesús María por medio de calicatas.
- ❖ Determinar los principales parámetros hidrofísicos de los suelos; velocidad de infiltración, capacidad de campo, punto de marchitez permanente, profundidad radicular.
- ❖ Ordenar la información existente y generada de suelos usando los Sistemas de información geográficos, (SIG).
- ❖ Comparar en el tiempo los posibles cambios de los suelos utilizando ArcGis, como herramienta de manejo

V. MARCO TEORICO

5.1.El suelo

Es la capa más superficial de la corteza terrestre, que resulta de la descomposición de las rocas por los cambios bruscos de temperatura y por la acción del agua, del viento y de los seres vivos.

Génesis de los suelos.

La génesis de un suelo o edafogénesis consiste en un conjunto de procesos progresivos por los cuales un material originario, posiblemente isotrópico, se transforma en un suelo con uno o más horizontes.

Tabla 1.

Proceso de génesis de los suelos.

ETAPAS DE LA EDAFOGENESIS	
ETAPA 1	<p>En la primera etapa se produce la alteración de la roca madre mediante el proceso denominado meteorización. La meteorización comprende todos los procesos de desintegración física de las rocas y su alteración química. Existen dos tipos de meteorización:</p> <ul style="list-style-type: none">• FISICA: Origina rupturas en las rocas sin modificar su composición.• QUIMICA: Consiste en reacciones químicas de oxidación, disolución e hidrólisis, que transforman minerales de la roca madre primarios, en otros más estables, secundarios. <p>El producto resultante de la meteorización se acumula sobre la roca madre en una capa denominada regolita que será base para la posterior formación del suelo</p>
ETAPA 2	<p>La segunda etapa consiste en la formación y mineralización de la materia orgánica (humus), a partir de restos vegetales depositados sobre la regolita.</p>
ETAPA 3	<p>Por último, se produce el transporte de materiales solubles y coloides formando las distintas capas de suelo, denominadas horizontes.</p>

Descripción de los tres factores principales que interviene en la formación del suelo.(Honorato, 2000).

5.2. Formación de los suelos

Generalmente los suelos se han originado por la acción combinada de factores y de procesos de formación, que determinan el desarrollo genético del suelo y la organización y distribución de los horizontes morfológicos y capas.

Los factores de formación que actúan en la evolución pedogenética de suelos en cualquier medio ambiente son: clima, organismos, relieve, roca madre, y tiempo. Los procesos de formación que ocurre en los suelos se determinan ganancias y adiciones, pérdidas o sustracciones, redistribuciones o transferencias y transformaciones.

- **El Clima**

Desde el punto de vista objetivo, este factor puede ser el más influyente en la evolución del suelo. Como hemos visto anteriormente la temperatura y la lluvia son los agentes responsables de los procesos físico-químicos, los cuales son medios esenciales para el desarrollo del perfil, (Marín E; 1978). Las condiciones de precipitación y temperatura que tienen lugar a lo largo del año determinan muchas de las propiedades de los suelos. Presenta el clima una acción directa sobre la humedad y la temperatura del suelo y una acción indirecta a través de la vegetación, (*Catastro, 1971*). Interviene en la formación del sustrato al controlar el tipo y la intensidad de los procesos. Así, la precipitación condiciona, el lavado, lixiviación y eluviación de partículas, minerales y sustancias, propiciando la alteración química del material de origen; y la temperatura incide directamente en la cantidad de energía que recibe el sistema y la alteración física de la roca madre, (*Ladreda, Fernández. 2008*).

- **Los organismos**

Influyen en el desarrollo de los suelos, abarcan desde seres microscópicos hasta grandes mamíferos, incluyendo al hombre. De hecho, casi cada organismo que vive sobre la superficie de la Tierra afecta al desarrollo del suelo en una u otra forma, (*Hernández, et.al. 2006*). Su descomposición y posterior alteración (procesos biológicos y bioquímicos) se

transforma en humus que se incorpora a la estructura del suelo. Plantas, animales, microorganismos y el hombre incorporan al suelo elementos específicos que tras el proceso de “humificación” -transformación de la materia orgánica en compuestos húmicos y en su caso de “mineralización”-transformación de los compuesto húmicos en elementos inorgánicos determinarán las características de las capas u horizontes formados.

- **El relieve**

Se refiere a las diferentes formas de la superficie terrestre. La naturaleza del relieve es uno de los factores de formación que más afecta a la génesis de los suelos, modificando el desarrollo del perfil de varias formas. Influye en el hidromorfismo, relieve y truncamiento de perfiles por procesos erosivos, favorece o impide la movilización de sustancias en la solución del suelo, etc. (*Bonilla, 2013*).

- **Roca madre o material original**

Se le puede definir como un elemento pasivo en la edafogénesis sobre el que actúan otros factores que lo transforman. Este material original aporta principalmente los minerales al suelo y representa el estado inicial del sistema. Puede ser una roca consolidada, un depósito no consolidado o un suelo preexistente cuando ha quedado enterrado como consecuencia de procesos geológicos o erosivos. (*Bonilla, 2013*).

- **El tiempo**

La formación de un suelo es un proceso muy lento que requiere miles y hasta millones de años y como eso supera con mucho a la vida humana, resulta imposible hacer afirmaciones categóricas acerca de las diversas etapas de su desarrollo. Los cambios periódicos en el clima y la vegetación introducen –variaciones en los procesos de formación del suelo en una u otra dirección. No todos los suelos se han estado desarrollando durante el mismo periodo de tiempo, la mayoría iniciaron su evolución en varios momentos de los últimos 100 millones de años, aunque su desarrollo ha estado condicionado por los diferentes periodos geológicos que han tenido lugar durante este tiempo.

Los suelos jóvenes, de menos de 10.000-15.000 años, se denominan suelos de ciclo corto, monocíclicos o monogénicos, o simplemente suelos actuales. Por el contrario, a medida que

un suelo es más viejo, mayor es la posibilidad de que su evolución se haya visto afectada por los cambios climáticos que han tenido lugar a lo largo del Cuaternario, (*Catastro, 1971.*)

Procesos de formación

La formación de un suelo resulta del efecto combinado de los procesos generales que implican adiciones, transformaciones, translocaciones y pérdidas de los componentes del material parental, (*Catastro, 1971.*). Estos procesos determinan, en última instancia, la composición química y mineralógica, así como las características físicas y morfológicas de cada uno de los horizontes del perfil del suelo.

- **Adiciones**

Corresponde a los procesos de incorporación al suelo de materiales minerales y orgánicos sólidos, líquidos y gaseosos. Incluyen: residuos vegetales y sus productos de descomposición, incluyendo el humus. Acido carbónico y nítrico (este último producido por las tormentas eléctricas), polvos finos o aerosoles y precipitación radioactiva, productos de la erosión y llevados, ladera abajo, por el agua o en forma combinada con la gravedad, materiales aluviales depositados, materiales eólicos (loess), materiales piroclásticos.

De estos solo los tres primeros se consideran adiciones normales al suelo. Los restantes, salvo que se agreguen en cantidades pequeñas que puedan ser inmediatamente incorporadas y asimiladas al suelo en formación son considerados materiales anormales que en grandes cantidades sepultan al suelo en formación, constituyéndose roca madre para un nuevo suelo. (*Fadda, 2012.*)

- **Perdidas**

Comprenden los procesos que llevan a la pérdida o a la completa eliminación de materias del perfil del suelo; implica la substracción de elementos y compuestos del suelo por lixiviación, por escorrentía y/o por el efecto de la erosión; los procesos de degradación del suelo, como la erosión y la remoción en masa, se consideran fenómenos que ocasionan pérdida de material mineral y orgánico en los suelos.

La remoción completa solo ocurre cuando la precipitación es mayor que la evapotranspiración potencial y cuando la cantidad de agua que penetra en el perfil es mayor de la que se necesita para saturar por completo, (*Fadda, 2012*).

- **Translocaciones**

Las translocaciones son procesos por medio de los cuales las sustancias minerales u orgánicas se movilizan de un sitio a otro dentro del perfil del suelo, con el flujo del agua que circula por él. Estos mecanismos involucran fenómenos de iluviación, calcificación, salinización, alcalinización, pedoturbación, entre otros; algunos de ellos se relacionan con procesos específicos de evolución, obteniendo como resultado la diferenciación de horizontes A, E y B. (*Fadda, G. 2012*).

- **Transformaciones**

Corresponden a alteraciones físicas, químicas o biológicas que afectan principalmente a las fracciones mineral y orgánica del suelo. Estas, pueden consistir en la destrucción de la estructura original de la roca y la generación de una estructura pedológica

Las transformaciones o alteraciones químicas pueden resultar del hidrólisis de algunos minerales primarios para formar minerales de arcillas y entre las transformaciones biológicas se destacan la humificación (procesos bioquímicos que llevan a la formación del humus) y la paludización (acumulación de masas espesas de materiales orgánicos en sitios pobremente drenados) que lleva a la individualización del epipedón hístico. (*Fadda, G. 2012*).

5.3. Composición del suelo

El suelo es un sistema disperso, heterogéneo, trifásico y poroso, en el cual el área interfacial por unidad de volumen puede ser muy grande. Las tres fases que representan el suelo son la fase sólida o matriz, la fase líquida o el agua del suelo, en la cual están disueltas sustancias y que se denomina comúnmente solución del suelo y la fase gaseosa o atmósfera del suelo.

El suelo está formado por restos de roca meteorizada, materia orgánica en descomposición, y huecos porosos que están rellenos de aire y/o agua.

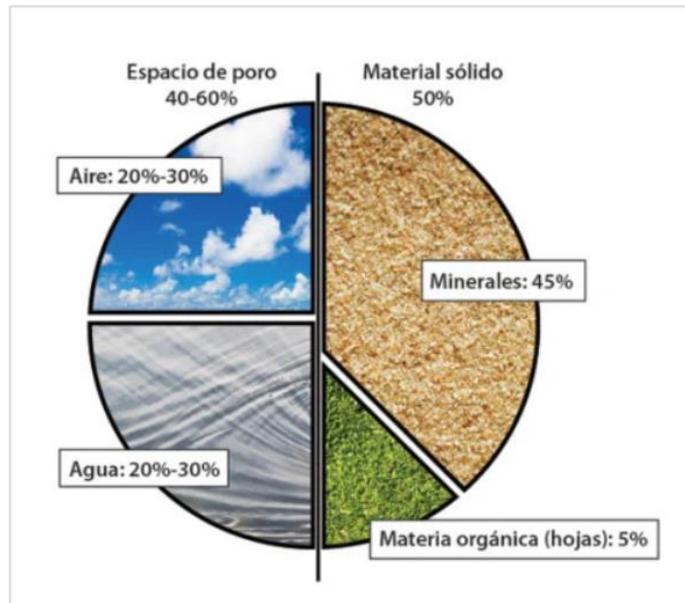


Imagen 1.
Composición del suelo

5.3.1. Horizontes

Es una capa o estrato de suelo aproximadamente paralela a la superficie del mismo con propiedades especiales producidas durante su formación y que lo distinguen de otras capas adyacentes.

Nomenclatura de los Horizontes del suelo

Horizonte O: Es la capa menos profunda del suelo. Alcanza una profundidad de unos pocos centímetros. Contiene una gran concentración de materia orgánica sin descomponer o

parcialmente descompuesta (restos vegetales), además en esta zona se produce mucha lixiviación.

Horizonte A: Contiene una gran cantidad de materia orgánica descompuesta (humus), procedentes de restos vegetales y animales. Según el grado de descomposición de materia orgánica se pueden distinguir hasta cinco sub horizontes. En este horizonte se producen procesos de transformación y de lavado de materia orgánica y de lavado de partículas minerales.

Horizonte B: Se produce la acumulación y precipitación de arcillas, coloides y soluciones provenientes del horizonte A, además de ser más denso y más resistente.

Horizonte C: Está formado por la fracción mineral de la roca madre. Esta poco afectado por los procesos biológicos propios del suelo, aunque si está afectado por procesos físico-químicos. Debajo del horizonte C, se encuentra la roca madre inalterada.

5.3.2. Letras subíndices

b: Horizonte enterrado

Ca: Acumulación de carbonatos alcalinotérreos, generalmente de calcio

Cs: Acumulación de sulfato de calcio

Cn: Acumulación de concreciones o nódulos duros no concrecionarios enriquecidos de sesquióxidos con o sin fosforo.

f: Horizonte congelado

g: Fuerte gleización

h: Humus iluvial

r: Presencia de hierro iluvial

m: Fuerte cementación

p: Capa arada o con otra alteración.

Sa: Sales más solubles que el CaCO_3

- Si:** Cementación con materiales silíceos, solubles en álcali
- t:** Acumulación de arcilla iluvial
- x:** Presencia de fragipán

5.4. Levantamiento de suelos

El levantamiento de suelos consiste en efectuar el estudio de los suelos en un área seleccionada y delimitarlos en un mapa base o fotografía aérea; donde esta última operación se denomina cartografía o mapeo de suelos.

El levantamiento de suelos es la parte primordial de todo levantamiento agrologico, por ser este el recurso natural el más importante de la producción agrícola. En base al grado de explotación de los recursos y las necesidades, se conocen cinco tipos de levantamientos: Exploratorios, preliminar, reconocimiento, semi detallado y detallado. Estos tipos de levantamiento difieren entre sí por el grado de detalle y tolerancia cartográfica admitida.

El principal propósito del levantamiento de suelos es posibilitar la realización de predicciones más precisas, numerosas y útiles sobre usos específicos de las tierras, que las que podrían realizarse de no contar con estudios de esta naturaleza. Para lograr este objetivo es necesario determinar el patrón de distribución de suelos, dividiendo la superficie del terreno en unidades relativamente homogéneas, cartografiar dichas unidades y caracterizar sus propiedades de modo de poder inferir el potencial productivo de las tierras para diferentes usos, así también como evaluar las respuestas de estas ante diferentes alternativas de manejo.

Muestreos de suelo

El análisis del suelo es una técnica de gran utilidad para prevenir o buscar solución a problemas que puedan presentar sistemas de producción en los suelos de una región o área en particular, (Fernández, 2008).

La toma de muestras de suelos es la principal fuente de variabilidad en los resultados finales, por lo que, ante la imposibilidad de muestrear toda el área de estudio, es fundamental lograr un muestreo representativo. La representatividad puede definirse como el grado en cual las muestras de forma "exacta" y precisa representan una característica de una población, variación de parámetro en un punto de muestreo o una condición ambiental. Aunque las muestras se colectan para obtener información respecto al cuerpo de suelo más grande denominado "población", tales muestras podrán ser o no representativas de la misma, dependiendo de cómo hayan sido seleccionadas y colectadas. (*Proyecto "Environmental Radionuclides as Indicators of Land Degradation in Latin American, Caribbean and Antarctic Ecosystems", 2009*).

No existe una metodología universal para la toma de muestras, pues los procedimientos para el muestreo están determinados por el propósito del mismo en cada caso particular. (*Lab. Edafología UNI 2011.*)

5.5. Clases de capacidad

Las clases de capacidad son grupos de subclases 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.** Las Clases de Capacidad de I a IV son diferenciadas entre sí después de la suma del grado de limitaciones o riesgos de deterioro al suelo que afectan sus requerimientos de manejo durante el uso continuo y sostenido para la siembra de los cultivos comunes (CENCA, 1978).

Clase I: Los suelos de la Clase I son tierras de excelentes características, no tienen o tienen muy pocas limitaciones que restringen su uso y son aptos para una amplia variedad de cultivos. Los suelos son casi planos, con pendientes menores de 1.5 por ciento y el peligro de erosión hídrica o eólica es leve a muy leve (sin terrazas); Son profundos (>90 cm); Bien drenados; Las texturas son medias a moderadamente finas en el suelo superficial (Franco a Franco arcilloso o Franco arcillo limoso) sobre un subsuelo de textura media a fina (Franco

a Arcilloso liviano); Tienen buena estructura; Buena capacidad de retención de agua; están bien provistos de nutrientes, o responden bien a las aplicaciones de fertilizantes.

Las tierras de la Clase I tienen capacidad de uso amplio e intensivo, son las tierras de más alto rendimiento económico, requieren un manejo ordinario y normal para sostener la productividad, incluyendo prácticas de agricultura orgánica, rotación de cultivos, manejo integrado de plagas y enfermedades, en caso necesario aplicación de fertilizantes, etc (Espinales *et al*, 2008).

Clase II: Suelos de Clase II tienen algunas limitaciones que reducen la escogencia de cultivos que se pueden sembrar por el riesgo de erosión 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: Relieve ligeramente inclinado u ondulado, con pendiente de 1.5 a 4 por ciento; Erosión hídrica o eólica muy leve a leve; Son moderadamente profundos (60 a 90 cm); Estructura o facilidad de labranza buena; Texturas moderadamente gruesas a finas en todo el perfil del suelo (Arenoso francoso muy fino a Arcilloso liviano); El drenaje interno del suelo es ligeramente excesivo a bien drenado; Contienen cantidad leve de sales o sodio intercambiable; no se inundan o se inundan alguna vez durante lluvias extremas ocasionales (Espinales *et al*, 2008).

Clase III: Los suelos de la Clase III tienen más restricciones que los de la Clase II cuando se usan para cultivos. Las limitaciones pueden ser cualquiera o una combinación de las siguientes características: relieve moderadamente inclinado u ondulado, con pendiente de 4 a 8 por ciento; erosión leve a moderada; es moderadamente superficial (40 a 60 cm); textura gruesa a fina en el suelo superficial (Arenoso a Arcilloso liviano) sobre un subsuelo de textura moderadamente gruesa a fina (Franco arenoso grueso a Arcilloso liviano); capacidad de retención de humedad moderada; el drenaje es bueno, moderadamente bueno o moderadamente excesivo; tienen baja fertilidad natural que no es fácilmente remediado; la salinidad leve o las condiciones sódicas son de leve a moderada (Espinales *et al*, 2008).

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, debido al riesgo de erosión que es alto. La adaptabilidad de los cultivos está limitada por una o más de las siguientes características desfavorables: relieve inclinado u ondulado, con pendiente de 8 a 15 por ciento; suelo superficial o zona radicular de 25 – 40 cm; texturas desfavorables que incluyen texturas gruesas (arenoso y arenoso franco) en el suelo superficial, o; texturas moderadamente gruesas a finas en el suelo superficial (Franco arenoso grueso a Arcilloso liviano) y son gravosos a muy gravosos en la superficie y/o en el perfil del suelo; o son de cualquier textura en el suelo superficial (menos muy gruesa) sobre un subsuelo arcilloso muy fino (Arcilla pesada); pedregosidad moderada; drenaje imperfecto; alta tabla de agua o inundaciones ocasionales a frecuentes (Espinales *et al*, 2008).

Estos suelos tienen un uso menos amplio que los de las clases I, II, y III, por el riesgo de erosión y degradación de los suelos, que es alto (Espinales *et al*, 2008).

Clase V: Las tierras en Clase V tienen restricciones que excluyen el crecimiento de los cultivos más comunes. Los suelos están en relieve casi plano, con pendiente de 0 a 1.5 por ciento, de texturas medias a finas (Franco a Arcilloso liviano) sobre un subsuelo de textura moderadamente fina a muy fina (Franco arcilloso a Arcilloso pesado) y limitaciones severas debido a uno o más de las siguientes condiciones: una tabla de agua cerca (<20 cm) o en la superficie durante la mayoría del año y un drenaje interno pobre a muy pobre, con poca posibilidad de mejorarlo; alta acumulación de sales; alto contenido de sodio intercambiable e inundaciones frecuentes (Espinales *et al*, 2008).

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 pastos 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.

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 bosques o refugio de la fauna. Donde

estos suelos son usados para bosques o para la fauna, no resulta práctico hacer mejoramientos de fertilización y control de agua.

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. Es posible conseguir beneficios regionales de su uso como refugio de la fauna, fuentes de abastecimiento de agua y como centros recreativos.

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

- **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, c – para condiciones climáticas, 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 contenido 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.

El sistema contempla estas cuatro subclases, las cuales se pueden usar solas o combinadas en orden de importancia:

1. Subclase “e”. Se usa para tierras que presentan riesgos de erosión o están erosionados, generalmente están ligadas al escurrimiento superficial del agua con la relación de pendiente, textura y precipitación.
2. Subclase “s”: Se usa para tipificar las limitaciones intrínsecas del suelo, tales como: texturas muy pesadas o muy livianas; poca profundidad, concentraciones de sales y/o álcalis; pedregosidad y/o rocosidad, etc.
3. Subclase “w” o “h”: Se usa para caracterizar problemas de exceso de humedad en el suelo que pueden ser: encharcamiento, mal drenaje, nivel freático cerca de la superficie, inundaciones, etc.
4. Subclase “c”: Se usa para determinar limitaciones de tipo climático, como temperaturas muy frías que limiten el desarrollo de los cultivos o que impidan la germinación de las semillas, durante gran parte del año.

- **Unidad de capacidad**

Una unidad de capacidad consiste de un grupo de unidades de mapeo con la misma clase y subclase y son similares en potencial y en limitaciones y peligros de erosión (Espinales et al, 2008).

Los suelos de una unidad de capacidad son suficientemente uniformes para producir cultivos y pastos similares con prácticas de manejo similares; requieren prácticas de manejo y conservación similares cuando están con el mismo tipo y condición de cubierta vegetal y tienen potencial productivo similar.

Los símbolos para unidades de capacidad tienen tres partes: la primera parte es un número romano que designa la clase de tierra, la segunda parte es una letra que indica la subclase y la tercera parte es un número arábigo o una combinación de número arábigos y letras que separan una unidad de capacidad de otra en la misma clase y subclase. Según el reporte, correspondiente a los resultados del estudio “Levantamiento de suelos de la Región Pacífica de Nicaragua”, cartografiados en foto mapas a escala 1:20,000 y que fueron editados en el

año 1971, los números de las unidades de capacidad son indicativos de las características siguientes (Espinales *et al*, 2008).

Números Primarios.

1 = Suelos profundos con textura franca a través de todo el perfil, que son permeables.

2 = Suelos profundos con textura franco arenosa a través del perfil, que tienen permeabilidad moderadamente rápida.

3 = Suelos con substratos o subsuelos lentamente permeables.

4 = Suelos con arcilla en el subsuelo, pero permeable.

5 = Suelos con estratos en el perfil que inhiben la penetración de raíces y humedad.

6 = Tierras cafetaleras en la zona de vida Bosque Premontano Tropical húmedo.

7 = Suelos muy húmedos, permeabilidad muy rápida.

Números Secundarios (sólo son usados cuando es necesario separar dos unidades)

.1 ó a1 = Suelos en climas húmedos

.2 ó a2 = Suelos en climas más secos

La letra secundaria “a” es usada sólo cuando es necesario separar dos unidades e indica una diferencia de topografía.

- **Unidad de mapeo de suelos**

La unidad de mapeo de suelos, que generalmente es un tipo de suelo o fase de un suelo, es una porción del relieve que tiene características y cualidades similares, con límites fijados por una definición.

La unidad de mapeo de suelos suministra información detallada sobre las propiedades de los suelos y es la unidad acerca de la cual se pueden hacer las afirmaciones y predicciones más precisas. Debido a que las unidades de mapeo de diferentes suelos pueden ser

bastante similares, pueden ser agrupadas en unidades de capacidad para propósitos de uso, manejo y prácticas de conservación (Manual Agrícola No. 210, Soil Survery Staff, 1961).

Hay unidades de mapeo de suelos que se generan en campo, que es también conocido como quebrado de campo y las unidades de mapeos editadas o unidad cartográfica, que no es más que el quebrado de campo emitido en un formato de leyenda para mapas a editar (Bonilla, 2008).

Unidades de mapas de suelos en campo

La leyenda consiste de símbolos que indican las series de suelos, tipos, fases y factores limitantes. Esta combinación de símbolo muestra la clase de Capacidad de Uso de la Tierra, la cual se indica por medio de números romanos. Un ejemplo de los símbolos usados para una unidad de suelo, es el siguiente:

Con el objetivo de facilitar la interpretación de la formula; véase en los Cuadros 48, anexo 7.1, utilizadas para la clasificación de cada característica morfológica.

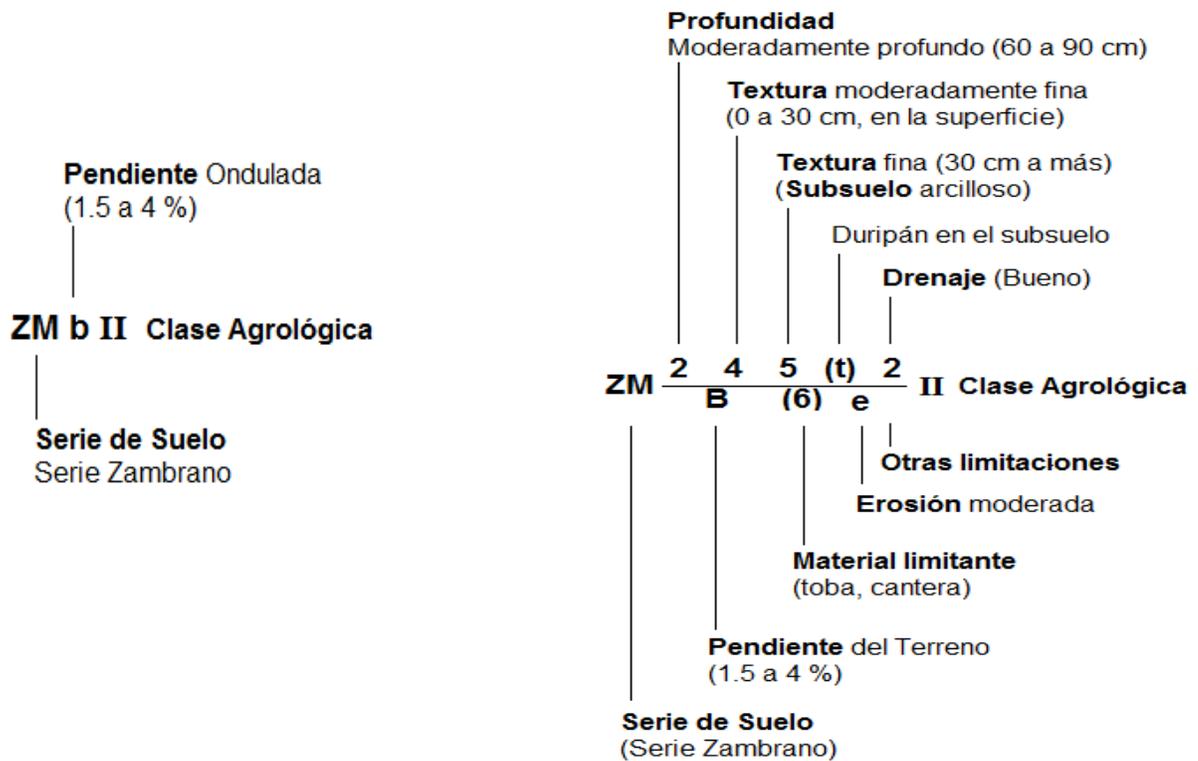
Unidad cartográfica

En el mapa de suelos se utiliza como unidad básica la “Unidad cartográfica”. Esta unidad se representa con un símbolo, que muestra la Serie de suelos, la subclase de capacidad y la clase de Capacidad de Uso de la Tierra (Bonilla, 2008).

El símbolo de cada unidad cartográfica (unidad de mapeo o fase de suelos), se presenta por una formula cartográfica compuesta de dos partes (Ver ejemplo abajo):

- La primera, representa el Nombre de la Serie de Suelo en mayúscula y la pendiente del terreno en minúscula, (ejemplo: Serie Zambrano = ZM).
- La segunda parte, en números romanos que expresa la Clase de Capacidad de Uso de la Tierra.

Un ejemplo de los símbolos usados para una unidad cartográfica, es el siguiente:



5.6. Clases de suelos con aptitud para regadío

Una categoría de Suelos para Regadío consiste en una agrupación de suelos para fines de regadío, que se asemejen con respecto al grado de sus limitaciones y riesgos en su uso.

Con el propósito de establecer condiciones y límites para el desarrollo de áreas bajo riego, se ha tomado como norma usar el sistema recomendado por el Bureau of Reclamation del Departamento de suelos de los Estados Unidos (USDI), para clasificar las tierras en función de su aptitud para el riego.

Este sistema considera los siguientes factores:

Factores económicos

Capacidad productiva: Adaptabilidad y rendimiento de los cultivos.

Costos de producción: Se refiere a los costos para obtener la cosecha.

Desarrollo de la tierra: Se refiere a la inversión/costos de infraestructura para riego.

Factores físicos

Suelos: La calidad del suelo es uno de los principales criterios para evaluar la tierra. De gran influencia en los factores anteriores.

Topografía: Refleja la factibilidad de desarrollo de la tierra para riego.

Drenaje: De gran impacto cuando debe ser efectuado por el agricultor, pues influye en todos los demás factores.

No puede establecerse una delimitación muy exacta entre las Categorías de Suelos para Regadío, sin embargo, hay ciertas características inherentes a cada una de ellas. A continuación, se definen brevemente cada una de las seis Categorías:

CLASE 1: Muy bien adaptada. Los suelos de esta Categoría son muy apropiados para el regadío y tiene escasas limitaciones que restringen su uso. Son suelos casi planos hasta 1.5% de pendiente, profundos, permeables y bien drenados, con una buena capacidad de retención de agua y una excelente productividad.

CLASE 2: Moderadamente bien adaptada. Los suelos de esta Categoría son moderadamente apropiados para el regadío, pendiente de 3%, profundidad mayor de 0.8 m y poseen algunas limitaciones que reducen la elección de cultivos y/o requieren prácticas especiales de conservación; una pequeña limitación con respecto a cualquiera de las características de los suelos mencionados bajo la Categoría 1, coloca generalmente los suelos en Categoría 2.

CLASE 3: Pobrementemente adaptada. Los suelos de esta Categoría son poco apropiados para el regadío y poseen serias limitaciones que reducen la elección de cultivos, entre las cuales presentan topografía variable (hasta 5%) y requieren de prácticas de conservación.

CLASE 4: Muy pobrementemente adaptada. Los suelos de esta Categoría son muy poco apropiados para el regadío y tienen limitaciones muy serias que restringen la elección de los cultivos; por ejemplo: pendientes mayores a 5%, profundidad baja (0.10 – 0.20 m), texturas

extremas por lo que requieren de un manejo muy cuidadoso y/o prácticas especiales de conservación.

CLASE 5: Esta es la Categoría de condiciones especiales. Los suelos de la Categoría 5 no cumplen con los requerimientos mínimos para las Categorías 1 a 4. Con condiciones climáticas favorables y prácticas especiales de tratamiento, manejo y conservación pueden ser aptos para ser usados en cultivos especiales.

CLASE 6: No apta. Los suelos de esta Categoría no son apropiados para el regadío y corresponden a aquellos que no cumplen con los requerimientos mínimos para ser incluidos en las Categorías 1 a 5.

- **Subclases opcionales**

R: Áreas designadas para cultivo de arroz

P: Áreas designadas para cultivo de pastos.

S: Áreas designada para riego por aspersión.

Cabe destacar que las subclases opcionales, pertenecen solamente a la clase 3 y 4.

- **Subclases de riego (Deficiencias)**

Son agrupaciones dentro de cada Categoría, en las cuales se indica la causa por la que una superficie determinada se considera inferior a la 1ª Categoría. Éstas deben indicarse colocando como subíndice las letras "s", "t" o "d" al número de la categoría, si la deficiencia es por "suelo", "topografía" o "drenaje". La Subcategoría refleja el factor más limitante para la condición de riego, sólo en forma muy ocasional y siempre que ello se justifique, se podrá usar más de un subíndice.

5.7. Características morfológicas de los suelos

La morfología de los suelos es la descripción cualitativa y cuantitativa de las características internas del mismo, que permiten ser observadas y medidas directamente en el campo; sus

características son las que reflejan la acción combinada de los factores y procesos de formación.

Las mediciones y observaciones se llevan a cabo en un perfil de suelo. Un perfil es un corte vertical, de dos dimensiones, en el suelo y de un lado del pedón. El pedón es la unidad tridimensional más pequeña del suelo, y no debe tener menos de 1 m², para adquirir el rango lateral de variabilidad. Es muy importante que, al examinar el perfil de un suelo, se consideren también las características externas más sobresalientes del paisaje que lo rodea, esto es trascendente para conocer las relaciones entre los perfiles y las varias combinaciones de los factores externos (pendiente, vegetación, clima, etc.).

5.7.1. Muestreo de suelos

El suelo es subdividido en estratos y horizontes que evidencian la naturaleza de su desarrollo. Para estudiar sus atributos, es necesario obtener muestras lo más representativas posible, tanto de cada sitio de muestreo como del área a estudio. El muestreo para clasificación y levantamientos de suelos involucra una gran simplificación de la realidad, ya que por razones prácticas incluye la toma de unas muestras sumamente pequeñas y la obtención de datos de análisis de suelos, requiere de una muestra todavía más pequeña. (Santillán, 2009).

5.7.2. Calicatas

Una calicata es un tipo de excavación utilizada en estudios morfológicos del suelo, de medidas variables, pero que se pueda realizar el estudio con comodidad. Su profundidad debe ser tal que permita llegar a comprender la organización del suelo como un todo, su génesis y respuestas frente a diversos usos.

5.7.3. Características que estudiar en el perfil

En un estudio de perfil de suelo hay varias características físicas, muy particulares de cada suelo que se toman en cuenta para un análisis.

- **Profundidad de los horizontes**

La medición se realiza en centímetros. La profundidad se cuantifica desde el borde superior del suelo propiamente dicho. Cuando existe una marcada variación en espesores de horizontes, se darán los valores extremos de la profundidad en los dos límites del horizonte juntamente con una nota indicadora de la amplitud de variación de la anchura del horizonte observado

- **Color**

El color es una de las características más importantes de observar y determinar en campo, además de representar una característica muy importante desde el punto de vista de la interpretación y clasificación del mismo. El color de la matriz de los horizontes individuales se describe, primero el nombre de los colores y luego las notaciones de la escala universal de los suelos (Munsell soil color chart) para matiz, pureza e intensidad.

Los códigos Munsell para los colores del suelo, están compuesto por tres componentes:

- Matiz (Hue): Identifica la cantidad de color que registra la vista, relativo a la magnitud de la onda de la luz que puede registrar el ojo humano.
- La intensidad (Value): Indica la claridad o que tan oscuro es un color en relación a una escala de color gris neutral.
- La pureza (Chroma): Indica el grado de dilución por un color gris neutral.

- **Moteados de color (Manchas)**

La presencia de manchas de color en un perfil de suelo puede ser muy significativa, en relación a su génesis o al drenaje y debe ser descrita cuidadosamente y estas se pueden encontrar con las siguientes particularidades en el perfil.

- Abundancia de manchas de color.
- Tamaño de las manchas de color.
- contraste entre manchas de color.

- Nitidez de los límites de las manchas de color.
- Color de las manchas.

- **Textura**

Cuando se realiza la descripción de un suelo es importante conocer la clase textural del suelo; sin embargo, para la determinación de esta característica es por el método del tacto, la persona o el edafólogo debe tener mucha habilidad en el establecimiento de la textura. La importancia de conocer esta característica es por varias razones, entre ellas:

- Ayuda en la designación de horizontes.
- Sirve en la correlación con otras características como la estructura y consistencia.
- Contribuye para la clasificación de los suelos, especialmente a nivel de familias taxonómicas.

- **Estructura**

La estructura del suelo se define por la forma en que se agrupan las partículas individuales de arena, limo y arcilla; cuando estas se agrupan, toman el aspecto de partículas mayores y se denominan agregados. La estructura se clasifica en sus tres componentes característicos que son: grado, clase y tipo de agregados.

- Tipo: Se refiere a la forma natural de agregación o configuración de cada uno de los agregados presentes o al menos la mayoría de las estructuras.
- Clase: La clase de la estructura describe el tamaño promedio de los agregados en forma individual.
- Grado: Es la intensidad de agregación y expresa la diferencia entre la cohesión dentro de los agregados y adhesividad entre agregados. Estas características varían de acuerdo al contenido de humedad del suelo y en lo posible, se debe determinar con la humedad normal, (no húmedo, ni tampoco seco). La terminología para el grado de estructura; sin estructura, débil, moderada, fuerte.

- **Consistencia**

La consistencia es una característica física que denota la resistencia del suelo a la deformación o ruptura y está influenciada por las propiedades de cohesión y adherencia de la masa del suelo. La consistencia se debe medir en tres estados que son:

Consistencia en seco. El estado seco se refiere a suelos con los contenidos mínimos de agua, se determina tratando de romper una masa de suelo seca al aire entre los dedos pulgar e índice, de una mano o bien con la ayuda de esos mismos dedos, pero con las dos manos.

Consistencia en húmedo. En el estado húmedo los suelos tienen un nivel de agua que no llega a la saturación, se determina con un contenido de humedad aproximadamente intermedio entre suelo seco al aire y en su capacidad de campo, intentando desmenuzar una masa de suelos que se encuentra ligeramente humedecida

Consistencia en mojado. En el estado mojado, el suelo llega hasta niveles de capacidad de campo o saturación, la consistencia se mide a través de la adhesividad y la plasticidad.

Adhesividad: Es la cualidad que tienen los materiales del suelo de adherirse a otros objetos. Se determina notando la adherencia del material cuando es presionado entre los dedos pulgares e índice.

Plasticidad: Es la cualidad por la cual el material edáfico cambia continuamente de forma, bajo la acción de una presión aplicada y mantiene dicha forma al eliminarse la presión.

- **Porosidad**

Los poros o espacios vacíos en el suelo son originados en su mayoría, como consecuencia de los procesos de formación y evolución de los suelos, así mismo por organismos que constituyen la fauna y flora que habita en el interior de este recurso. Los poros se describen de acuerdo a las características tales como su cantidad, tamaño y forma.

- **Concreciones**

Son fenómenos pedológicos que ocurren en el interior del suelo como consecuencia de los procesos que dan lugar a la formación del suelo. Las concreciones son estructuras de naturaleza esferoidal, con anillos concéntricos en su interior, las concreciones más comunes son la que se forman en suelos con problemas de drenaje. En estos suelos las concreciones son de manganeso y por lo tanto se les observa de colores entre gris oscuro y negro. En el campo para distinguir las concreciones de manganeso con otras estructuras o sustancias, bastara colocar una estructura dentro de una solución de agua oxigenada (peróxido de hidrogeno) y se observara inmediatamente la efervescencia al librarse el CO₂

- **Reacción pH**

Cuando resulte posible, el pH de cada horizonte se debe determinar y registrar en cada descripción de horizonte. La forma de realizarlo puede ser con métodos de campo y solamente se requiere contar con un tubo de ensayo, agua destilada y papel indicador de pH.

- **Contenido de raíces**

Es conveniente indicar el contenido de raíces en cada horizonte, haciendo notar cada aspecto que llame la atención en cuanto a la distribución normal de las raíces con la profundidad, siempre en relación con la vegetación existente o que ha existido en las áreas en que se ha disturbado la vegetación nativa. La ausencia de raíces en algún horizonte puede ser un aspecto sintomático de alguna limitante en el desarrollo de las mismas, por lo cual se debe anotar y tratar de estudiar con detenimiento.

- **Drenaje interno**

Se define como la cualidad del suelo que permite el exceso de agua hacia abajo y a través de él. El drenaje del suelo depende de: la pendiente, la permeabilidad de las capas u horizontes, la altura del nivel freático, textura y estructura.

- **Permeabilidad**

Es la intensidad del movimiento del agua y el aire a través del suelo. La permeabilidad de un suelo depende de gran parte de la textura y estructura del mismo, por lo que esta influye sobre: la penetración radicular, el grado de absorción de la humedad, el grado de drenaje interno, la lixiviación de nutrientes.

- **Humedad**

La humedad presente en el suelo es muy importante para saber las condiciones de campo en que se están describiendo todas las características mencionadas anteriormente, los términos usados comúnmente son: mojado, húmedo, moderadamente seco y seco.

- **Límite entre horizontes**

Este tema se refiere a las características que se encuentran en el espacio en donde termina un horizonte y empieza el otro (transición). Las características de los límites se les determinan por sus componentes que son el ancho, o la nitidez y la forma entre los límites.

Características externas de los suelos

Las características externas de los suelos más importantes son:

- **Pendiente**

Es el grado de inclinación de una superficie con respecto a un plano, normalmente se expresa en porcentaje, el cual indica los metros de caída a 100 de distancia horizontal, esta influye sobre: El grado de erosión del suelo, el uso de maquinaria agrícola, el sistema de irrigación, el escurrimiento superficial del agua y del grado de desarrollo del suelo.

- **Relieve**

Se define como las elevaciones o irregularidades del terreno, considerada en su totalidad y está relacionado estrechamente con la pendiente. Para indicar el relieve se utilizan términos como: plano, ondulado, escarpado, etc.

- **Altitud**

Es necesario observar el mapa topográfico la elevación del lugar en que se estudian los suelos, con el fin de correlacionar las descripciones entre si y con las observaciones geológicas, geomorfológicas y climáticas.

- **Escurrimiento o drenaje superficial**

Llamado escorrentía o drenaje externo, se refiere a la proporción relativa en que el agua es removida fluyendo sobre la superficie del suelo. Hay seis clases, que se basan en el movimiento relativo del agua sobre la superficie, determinados por las características del perfil las pendientes el clima y la cobertura: empozada, muy lento, lento, medio, rápido, muy rápido.

- **Pedregosidad**

Es la proporción relativa de piedras de más de 25 cms, de diámetro que se encuentran en la superficie. Aunque cabe destacar que la Pedregosidad del suelo, limita el uso de maquinaria agrícola, interfiere las labores de cultivo y labranza, además limita el uso de la tierra para determinados cultivos.

- **Erosión**

Es el desgaste de la superficie terrestre por medio de las fuerzas del agua y/o el viento.

Erosión hídrica: En general, la erosión hídrica se produce en tres formas: laminar, en surcos y en cárcavas.

Erosión eólica: Dependiendo de los casos la erosión eólica puede ser: leve, o moderada, fuerte, severa, y muy severa.

5.8. Características Hidrofísicas del suelo

Antes de planificar el riego, se debe tener en cuenta varios parámetros entre los cuales se encuentra la profundidad radicular (profundidad que llegan a alcanzar las raíces de un determinado cultivo en su máxima etapa de desarrollo vegetativo), y la cantidad de agua útil

o intervalo de humedad disponible, que corresponde teóricamente a la cantidad de agua que está disponible para las plantas en el suelo.

Esta última está definida como la diferencia entre dos parámetros de humedad del suelo: la capacidad de campo y el punto de marchites permanente.

5.8.1. Humedad del Suelo

Se denomina humedad del suelo a la cantidad de agua por volumen de tierra que hay en un terreno. Su medición exacta se realiza gravimétricamente, pesando una muestra de tierra antes y después del secado. De esta manera se tiene que:

$$\%H = \left(\frac{P_h}{P_s} \right) \times 100$$

Esta propiedad es de gran importancia determinarla ya que es el contenido de agua que posee un suelo antes del riego, siendo esta un porcentaje adicional a la aplicación de agua a la planta.

5.8.2. Capacidad de Campo. (CC)

Es el contenido de humedad de un suelo, después que el exceso ha sido drenado y la velocidad de descenso disminuida en grado considerable. La capacidad de campo es una constante característica de cada suelo y depende fundamentalmente de la textura, cantidad de materia orgánica y grado de compactación de éste. Y se determina de la siguiente manera:

$$C_c = \frac{P_{sh} - P_{ss}}{P_{ss}} \times 100$$

Dónde: CC= Capacidad de Campo. [%]

Psh= Peso de suelo húmedo.[gr]

Pss= Peso de suelo seco.[gr]

De acuerdo con la clase textural a la cual pertenece un determinado suelo se puede considerar los siguientes rangos admisibles de capacidad de campo:

Tabla 2.

Clasificación de la Capacidad de campo

Clase Textural	Capacidad de Campo (%)
Arenoso	2.5 - 7.5
Franco Arenoso	7.5 - 20.5
Franco Limoso	20.5 - 33.0
Arcilloso	33.0 - 50.0

Valores de referencia de la capacidad de campo, en relación con la textura del suelo

FUENTE: Blarl, E. Manual de Riego y Avenidas 1960

5.8.3. Punto de Marchites Permanente (PMP)

Es la tensión máxima que puede realizar un cultivo para extraer el agua del suelo. A partir de allí, la planta en esas condiciones de humedad no tendrá posibilidades de abastecerse de agua.

5.8.4. Capacidad de infiltración

La infiltración es una propiedad física muy importante en relación con el manejo del agua de riego en los suelos. Se refiere a la velocidad de entrada del agua en el suelo. La velocidad de infiltración es la relación entre la lámina de agua que se infiltra y el tiempo que tarda en hacerlo, se expresa generalmente en cm/hr o cm/min.

La cantidad de agua que se infiltra en un suelo en una unidad de tiempo, bajo condiciones de campo, es máxima al comenzar la aplicación del agua en el suelo y disminuye conforme aumenta la cantidad de agua que ya ha entrado en él.

Factores modificadores

Tipo de suelo: Entre mayor sea la porosidad, el tamaño de las partículas y el estado de fisuramiento del suelo, mayor será la capacidad de infiltración.

Grado de humedad del suelo: La infiltración varía en proporción inversa a la humedad del suelo.

Presencia de sustancias coloidales: Casi todos los suelos contienen coloides. La hidratación de los coloides aumenta su tamaño y reduce el espacio para la infiltración del agua.

Acción de la precipitación sobre el suelo: El agua de lluvia al chocar con el suelo facilita la compactación de su superficie disminuyendo la capacidad de infiltración

Cubierta vegetal: Con una cubierta vegetal natural aumenta la capacidad de infiltración y en caso de terreno cultivado, depende del tratamiento que se le dé al suelo.

Acción del hombre y de los animales: El suelo virgen tiene una estructura favorable para la infiltración, alto contenido de materia orgánica y mayor tamaño de los poros.

Temperatura: Las temperaturas bajas dificultan la infiltración.

Medida de la infiltración del suelo

La determinación de la infiltración se puede hacer empleando lisímetros o parcelas de ensayo (métodos de las entradas y salidas); así como también el uso de infiltrómetro y el método de los cilindros infiltrómetro siendo este el más eficiente y que arroja datos más confiables para el cálculo de la velocidad de infiltración.

La velocidad de infiltración se refiere a la relación entre una lámina de agua que se infiltra y el tiempo que tarda en hacerlo y se expresa en general [L/T]. El agua se acumula en los poros del suelo y así pasa a ser utilizada por las plantas. Esta es afectada por diferentes factores, por lo que presenta amplias variaciones en el espacio y en el tiempo.

Velocidad de Infiltración (V_i)

Es la velocidad con que el suelo absorbe el agua en un momento determinado; disminuye con el tiempo hasta alcanzar un valor constante. Expresada en cm/hr, mm/hr, cm/min.

$$I = Kt^{-n}$$

I = Infiltración instantánea; [mm/hr, cm/hr]

K = velocidad de infiltración durante el intervalo inicial (t=1).

t

= tiempo transcurrido; [min].

n = exponente adimensional, entre 0 y -1. Correspondiente de la curva e indica como la velocidad de infiltración disminuye con el tiempo.

Infiltración acumulada (I_a)

Es la lámina que se acumula en el suelo durante un tiempo; aumenta con el tiempo. En unidades de lámina de riego (L) cm o mm.

Para el cálculo de la infiltración acumulada, se integra la ecuación de Kostiakov, quedando de la siguiente forma:

$$I_a = \frac{K}{(n+1) * 60} * t^{n+1}$$

Dónde: I_a= Infiltración acumulada (cm).

t= tiempo transcurrido; [min].

Infiltración básica (I_b)

Es la velocidad de infiltración cuando alcanza un valor constante. Se considera que ha alcanzado cuando la disminución es del 10% en una hora.

Infiltración básica se estima de la siguiente manera:

$$I_b = a(-600(+b))^{-b}$$

La determinación de la velocidad de infiltración de agua en los suelos es fundamental para el cálculo de los tiempos de riego, diseño de los sistemas de riego y los caudales a manejar en las parcelas. Cuadro 53, anexo 7.1.

5.8.5. Capacidad de almacenamiento de agua en el perfil de suelo

Después de haber determinado las propiedades de los suelos y las condiciones de la zona de estudio donde se desarrolla el cultivo de la caña de azúcar, se procede a diseñar los requerimientos de riego refiriéndose exactamente a la lámina de agua retenida por el suelo.

Agua Útil (AU) o disponible (%A.D)

Es la diferencia entre los contenidos de agua a CC y PMP. Es la que se considera como agua utilizable o potencialmente extractable por las plantas en la zona de crecimiento radical. Esta es la fracción de agua del suelo que puede perderse por evaporación o variar por el consumo de las plantas.

Contenido hídrico del suelo

Se expresa en forma:

Específica (W_e) o gravimétrica (%A.D): se expresa en gr agua/100gr suelo.

$$\%A.D = C_c - PMP$$

Volumétrico (W_v) o humedad volumétrica (%Hv): resulta de multiplicar (%A. D) por la densidad aparente y se expresa en gr de agua/100 cm³ suelo.

$$\%H_v = \%A.D * D_r$$

Lamina de recepción: Lámina se refiere a una determinada cantidad de agua que se debe de aplicar al suelo para que se satisfaga las necesidades del cultivo: la cual se expresa en milímetros o centímetros (mm o cm).

$$Lamina = L(mm) = \%H_v * P_r$$

Dónde: P_r = Profundidad del cultivo por fase de crecimiento.

5.8.6. Profundidad radicular

Para efectos de programación del riego, es necesario conocer la profundidad a la cual las raíces extraen agua del suelo. El patrón típico de distribución de raíces de un cultivo se asemeja a un triángulo equilátero invertido, tal como se muestra en la figura 1.5. Según esta

figura, el 70% de la humedad extraída por el cultivo proviene del un medio superior de la zona radicular ($2/4$); por eso se considera como profundidad efectiva entre 70 y 80 % de la profundidad total de raíces (un valor práctico es 70 por ciento).

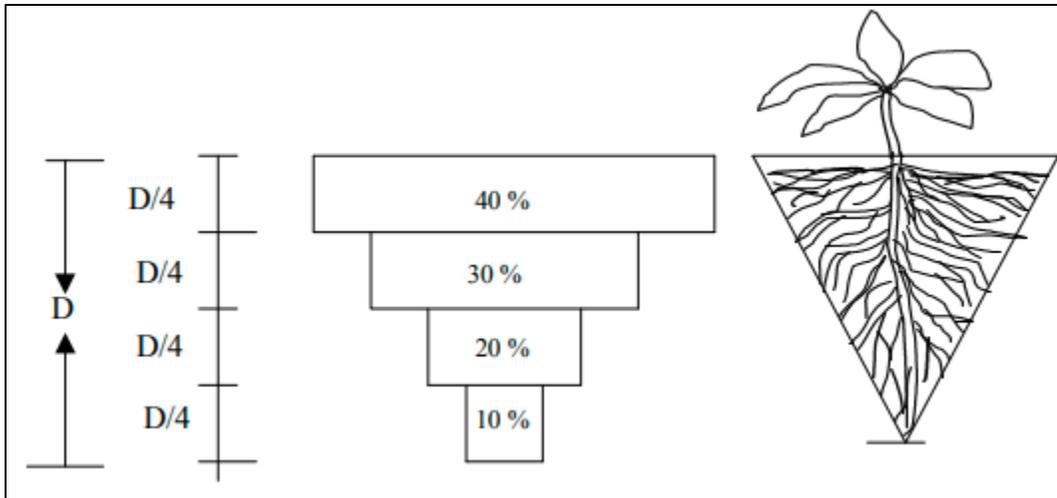


Imagen 2.

Distribución de raíces en el suelo.

5.9. Sistemas de Información Geográfica en los estudios de suelo.

Es cualquier sistema de información capaz de integrar, almacenar, editar, analizar, compartir y mostrar la información geográficamente referenciada. En un sentido más genérico, los SIG son herramientas que permiten a los usuarios crear consultas interactivas, analizar la información espacial, editar datos, mapas y presentar los resultados de todas estas operaciones.

La razón fundamental para utilizar un SIG es la gestión de información espacial.

El sistema permite separar la información en diferentes CAPAS (Layers) temáticas y las almacena independientemente, permitiendo trabajar con ellas de manera rápida y sencilla, y facilitando al profesional la posibilidad de relacionar la información existente a través de la topología de los objetos, con el fin de generar otra nueva que no podríamos obtener de otra forma.

Existen dos formas de almacenar los datos en un SIG: Raster y vectorial.

- **RASTER:** Cualquier tipo de imagen digital representada en mallas (PIXELS). Divide el espacio en celdas regulares donde cada una de ellas representa un único valor.
- **VECTORIAL:** Aquí los datos están basados en la representación vectorial de la componente espacial de los datos geográficos. Esta forma de expresión espacial implica la utilización de los tres tipos de elementos espaciales, de carácter geométrico, en que pueden ser interpretados los objetos geográficos: puntos, líneas y polígonos. Los atributos temáticos, que corresponden a las unidades espaciales, se manejan, habitualmente, desde tablas de datos.

5.9.1. ArcGIS 10

Programa informático producido y comercializado por ESRI, que agrupa varias aplicaciones para la captura, edición, análisis, tratamiento, diseño, publicación e impresión de información geográfica (Tutorial Básico de ArcGIS, UAM, 2010).

- ArcGIS Desktop, la familia de aplicaciones SIG de escritorio, es una de las más ampliamente utilizadas, incluyendo en sus últimas ediciones las herramientas ArcReader, ArcMap, ArcCatalog, ArcToolbox, ArcScene y ArcGlobe, además de diversas extensiones. ArcGIS Desktop se distribuye comercialmente bajo tres niveles de licencias que son, en orden creciente de funcionalidades (y coste): ArcView, ArcEditor y ArcInfo.

Módulos de ArcGIS 10

- ArcMap: Es la aplicación central para visualización y manipulación de datos geográficos.

- ArcCatalog: Es la aplicación que se utiliza para gestionar los archivos a utilizar: mapas, bases de datos etc. Ayuda a organizar la información geográfica y es imprescindible para mantener nuestros datos en orden.
- ArcToolBox: Sirve para realizar operaciones de procesamiento de información geográfica: análisis de datos espaciales, conversión de formatos, gestión de datos y muchas más operaciones.
- ArcScene: Permite visualizar datos en 3D.
Estos módulos son los que hacen posible el manejo de la herramienta ArcGIS y la facilidad con que estos se manejan permiten la realización del trabajo en cuestión

5.10. Caña De azúcar

La caña de azúcar, Saccharum officinarum L., es una antigua fuente de energía para los seres humanos y, en épocas más recientes, fue empleada por primera vez en el Sudeste Asiático y en la India Occidental como reemplazo del combustible fósil para vehículos a motor. Alrededor del año 327 A.C. la caña de azúcar era un cultivo importante en la India. Fue introducida en Egipto aproximadamente en 647 D.C. y, casi un siglo más tarde, sería introducida en España (755 D.C.), donde posteriormente España la llevó a América en el siglo XV. En la edad Media el azúcar fue un artículo de lujo en la Europa Occidental y se usaba principalmente para dulces exóticos y en preparaciones farmacéuticas.

Desde el siglo pasado el cultivo de la caña era importante desde el punto de vista económico, ya que se utilizaba en la fabricación de panela, que por lo general se procesa en pequeños trapiches y con procedimientos rudimentarios de elaboración.

El monocultivo de la caña domina la agricultura en muchos países de los trópicos y es uno de los principales artículos de comercio. Es un cultivo plurianual. Se corta cada 12 meses, y la plantación dura aproximadamente 5 años. Las épocas de siembra pueden existir todo el

año si se cuenta con riego, pero existen variedades de temporal que no se deben sembrar durante el verano, sino a principios de invierno.

La caña de azúcar es un recurso natural renovable, porque es fuente de azúcar, biocombustible, fibra, fertilizante y muchos otros productos y subproductos con sustentabilidad ecológica.

El jugo de la caña de azúcar es utilizado en la producción de azúcar blanca, azúcar completo (Gur) y azúcar centrifugado (de Khandsari). Los principales subproductos de la industria azucarera son el bagazo y las melazas.

Las melazas, el principal subproducto, es la materia prima para las industrias del alcohol y sus derivadas. Actualmente el exceso de bagazo es usado como materia prima para la industria del papel. Además, en la mayoría de los molinos azucareros es factible co-generar energía usando el bagazo de caña como combustible.

En Nicaragua existen cuatro Ingenios dedicados al manejo de este cultivo: Ingenio San Antonio ubicado en el departamento de Chinandega, Ingenio Pantaleón ubicado también en el departamento de Chinandega, el Ingenio Montelimar que se ubica en el departamento de Managua y el Ingenio CASUR, ubicado en el departamento de Rivas.

5.10.1. Valor Nutricional

El azúcar común es un producto que contiene alrededor del 99% de sacarosa y se obtiene industrialmente de la caña de azúcar y de la remolacha azucarera.

El azúcar sólo aporta energía, en concreto proporciona unas 4 calorías por gramo. El grado de refinado para la obtención del azúcar es tan elevado que sólo contiene sacarosa y ningún otro nutriente.

Así, podemos afirmar que sólo aporta energía afirmando que son "calorías vacías".

5.10.2. Condiciones Agroecológicas

- **Clima y Suelo**

La temperatura, la luz y la humedad son los principales factores del clima que controlan el desarrollo de la caña. La caña es una planta tropical y se desarrolla mejor en lugares calientes y asoleados.

A medida que aumenta la altitud, las temperaturas son más bajas y con un clima nebuloso la caña crece a menor velocidad y llega a la madurez a una edad mayor.

El cultivo intenso altera las propiedades del suelo y la falta de conocimiento de los cambios en las propiedades físicas, químicas y biológicas han sido la causa de la declinación de grandes civilizaciones en el pasado.

El suelo debe ser barbechado a la profundidad deseada rompiendo las capas impermeables que están cerca de la superficie con labores de subsuelo. El subsuelo se debe hacer a la profundidad requerida y en las condiciones adecuadas de humedad. El suelo superficial se debe trabajar con arados y rastras hasta que un mullimiento fino se obtenga en la zona donde se planta la caña. Se requiere un suelo húmedo y fino alrededor de la semilla para una germinación rápida.

5.10.3. Manejo del Cultivo

La caña de azúcar se desarrolla en forma de matas procedentes de trozos del tallo. En general produce tallos de 8 a 12 pies de longitud por año formando 3 canutos por mes. Cada planta tiene tallos primarios, secundarios y mamones; cada cual con sus propias raíces, tallos, hojas y espigas.

- **Siembra**

La caña de azúcar se propaga por trozos de tallo con una o más yemas. Los trozos varían de longitud desde una sola yema pregerminada hasta el tallo entero de 4 o más pies de largo. Los trozos de la punta de la porción madura de los tallos germinan más pronto de las porciones basales más viejas cuyas yemas se han endurecido por una larga exposición a la intemperie.

- **Germinación**

El ambiente en que se coloca la semilla es extremadamente importante para la germinación. Los factores que deben ser considerados son: la temperatura, humedad, tratamiento de la semilla, condiciones físicas del suelo.

- **Nutrición de la Caña de Azúcar**

Las plantas de caña están en buenas condiciones cuando tienen hojas grandes de color verde oscuro, entrenudo largo y de buen diámetro y un sistema radicular sano y bien desarrollado. El mal crecimiento de la caña puede ser debido a deficiencias de uno o más de los nutrientes esenciales o a toxicidades.

Nutrientes: nitrógeno, fósforo y potasio.

- **Fertilización**

Los fertilizantes se aplican generalmente cuando existen deficiencias en el suelo. Generalmente al aplicar cantidades adicionales de fertilizantes aumenta el nivel de los nutrientes en los diferentes tejidos de la planta. Cuando se aplica un exceso de fertilizantes los niveles de los tejidos que almacenan los nutrientes muestran mayores cambios en la composición.

- **Riego**

El agua que cae en forma de lluvia o que se aplica como riego, se infiltra en el suelo y el exceso se mueve lateralmente sobre la superficie. La distribución depende de la cantidad e intensidad de agua aplicada y de la pendiente y características de infiltración de la superficie del suelo.

Los riegos se pueden hacer por los siguientes métodos:

- Por inundación: ha sido usado por siglos en el riego de la caña.
- Por surcos: es el sistema que más se usa para la caña. Es adaptable a una amplia variedad de pendientes.
- Por infiltración subterránea

- Por aspersión: se ha generalizado rápidamente en los últimos años. Este tipo de riego se prefiere cuando los suelos son muy porosos para una buena distribución de agua rodada, los suelos son muy delgados para permitir la nivelación adecuada, la tierra tiene fuertes pendientes y se erosiona con facilidad.

- **Drenaje**

Favorece la aireación del suelo, estimula la actividad microbiana, acelera la elevación de temperatura de los suelos, ayuda a las labores de preparación y cultivo.

El primer paso para establecer un buen sistema de drenaje es asegurarse de que el agua superficial se drena o escurre rápidamente. El siguiente es mejorar el drenaje interno que permita el rápido movimiento del agua de gravedad.

- **Combate de las malas yerbas**

Se ha definido la mala yerba como una planta que crece fuera de lugar. Estas se reproducen por semillas o rizomas. Las malas yerbas son hospederas de enfermedades e insectos que atacan las plantas de caña.

Las malas yerbas son influidas por el suelo y por los factores de clima.

Los métodos de control de todas las malas yerbas incluyen la prevención de que asemillen. Aquellas que ya se han establecido deben ser erradicadas por medios mecánicos o químicos.

- **Floración**

La floración de la caña de azúcar, o sea la iniciación del proceso reproductivo, es un factor importante en la producción. Los cambios en el metabolismo que tienen lugar en la iniciación del botón floral ocasionan cambios marcados en el crecimiento de los tallos.

En la caña joven a menudo los tallos primarios más viejos son los únicos que florecen. Los tallos que crecen después no están suficientemente desarrollados para producir flores.

- **Sazonado y Maduración**

Los rendimientos máximos se pueden obtener tan solo si la cosecha está bien sazonada antes del corte y para que un tallo sazone debe mostrar primeramente un retardo en la velocidad del crecimiento. Las bajas temperaturas, la sequía moderada y el hambre de nitrógeno, son agentes efectivos para la maduración.

- **Cosecha**

En el momento de la cosecha interesa al cañero el contenido de humedad de la caña puesto que la calidad del jugo está asociada con el porcentaje de humedad.

Una cosecha adecuada debe asegurar que:

La caña sea cosechada en su máximo estado de madurez, evitando cortar caña sobre madura o inmadura.

El corte de la caña debe ser hasta el suelo, para cosechar los entrenudos inferiores ricos en azúcar, aumentando la producción y el rendimiento de azúcar.

El despunte debe hacerse a una altura adecuada para eliminar los entrenudos superiores inmaduros.

La caña debe estar limpia, removiendo los cuerpos extraños, tales como hojas, basura, raíces, etc.

- **Enfermedades**

- Enfermedad del Mosaico: Producida por un virus que ataca a las plantas desde jóvenes, haciendo aparecer en las hojas áreas verde pálido y amarillentas dentro del verde normal, las cañas se ponen raquílicas, causando esto bajas en la producción.
- Enfermedad del Raquitismo: Esta enfermedad que ataca preferentemente a las socas, se caracteriza por el adelgazamiento y poco desarrollo de los tallos, lo que conduce a una baja en la producción. El mejor control para el raquitismo de la soca, es el tratamiento térmico de la semilla (agua caliente).
- El Carbón: este nombre se deriva de la masa negra pulverulenta de esporas que siempre está asociada con la enfermedad. Las plantas afectadas muestran una

estructura característica como látigo que varía en tamaño de pocas pulgadas y pies. Estas son esporas del hongo **Ustilago scitaminea**. Se transmite por el viento, la lluvia, el agua de riego, las semillas, o los animales, todos estos distribuyen las esporas del hongo.

- La Roya: Producida por el hongo **Puccinia melanocéphala**, este produce muchas manchitas alargadas en las hojas por el as y el envés, por lo que las hojas no crecen y los tallos son delgados, por lo que baja la producción. Las manchas amarillentas se observan en toda la hoja

Existen otras enfermedades, como son: **La Mancha ojival, la Peca amarilla, las Rayas cloróticas, la Raya roja y la Gomosis**, que disminuyen la producción tanto de caña como el rendimiento en azúcar, todas dependen de las condiciones climáticas, algunas son estacionales.

- Variedades:

Hay cientos de variedades en todo el mundo. NOC-310, B42-231, B43-62, VCW54-40, PRIO-13 y la Pindar. Estas variedades se consideran la más importantes

5.10.4. Taxonomía

Botánicamente, la caña de azúcar pertenece a:

Reino:	Plantae
División:	Magnoliophyta
Clase:	Liliopsida
Subclase:	Commelinidae
Orden:	Poales
Familia:	Poaceae
Subfamilia:	Panicoideae

Tribu:	Andropogoneae
La sub-tribu:	Sacharae
Género:	Saccharum
Especie:	officinarum
Nombre científico:	Saccharum officinarum L.

5.10.5. Morfología

- **Semilla**

Los pedazos o secciones de los tallos son llamados “esquejes” o semillas. Cada esqueje contiene una o más yemas. Las yemas, localizadas en la banda radicular del nudo, son tallos embrionarios, que consisten en un tallo en miniatura con hojas pequeñas.

Las hojas externas se disponen en forma de escamas. La escama de yema más externa tiene la forma de una capucha. Normalmente, hay una yema en cada nudo y las yemas se alternan a cada lado del tallo.

Las variaciones de la yema en cuanto a tamaño, forma y otras características permiten distinguir las diferentes variedades. Cada esqueje también tiene un círculo de pequeños puntos sobre el nudo, que corresponden a los primordios radiculares. Cada primordio tiene un centro oscuro, que es la cofia radicular y un halo de color más claro.

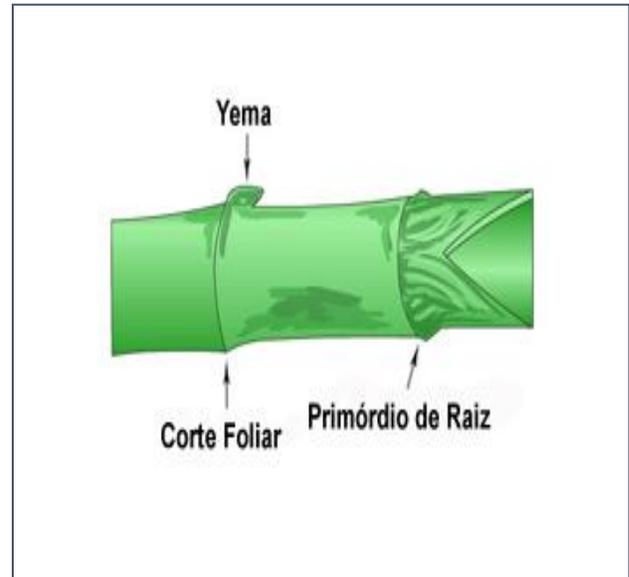


Imagen 3.
Esqueje o semilla

Bajo condiciones favorables la yema brota y da origen a un tallo primario, mientras que de los primordios se generan las raíces de esqueje.

Durante casi un mes después de la germinación, es decir, en la brotación de las yemas, la joven planta vive a expensas de las reservas presentes en el trozo de semilla, y usa parcialmente el agua y los nutrientes suministrados por las primeras raíces.

- **Tallo**

El tallo también se llama "caña triturable". Se desarrolla a partir de una yema del esqueje. Cuando el esqueje es plantado, cada yema puede formar un tallo primario. De este tallo nacen los tallos secundarios, llamados "retoños", que se forman de las yemas subterráneas del tallo primario. Sucesivamente, nuevos retoños pueden formarse de las yemas subterráneas de los tallos secundarios. El tallo está formado por segmentos llamados nudos

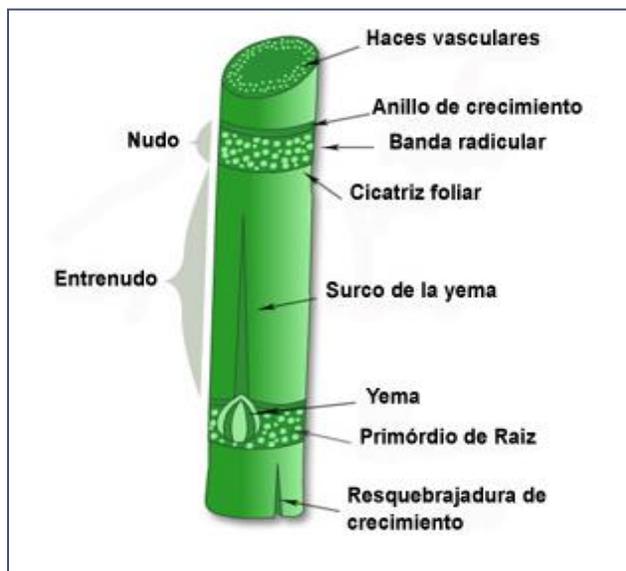


Imagen 4.
Descripción del tallo

Cada segmento está compuesto por un nudo y un entrenudo. El nudo es la parte por la cual la hoja se conecta al tallo y donde están las yemas y los primordios radiculares. En el nudo se observa una cicatriz foliar, en el punto donde cayó la hoja. La longitud y el diámetro de los nudos varían considerablemente entre los diferentes cultivares y condiciones de cultivo.

Los colores del tallo en la región de los entrenudos dependen de la variedad de caña en cuestión y de las condiciones ambientales.

Por ejemplo, la exposición de los entrenudos al sol puede causar un cambio total del color. La misma variedad cultivada en diferentes climas puede mostrar distintos colores. Todos los colores del tallo se derivan de dos pigmentos principales: el color rojo, proveniente de la antocianina y el color verde, de la clorofila.

La relación entre la concentración de estos dos pigmentos produce tonos que van desde el verde al rojo-violeta, rojo oscuro, casi negro. Los tallos amarillos indican una carencia relativa de estos pigmentos. Con excepción del anillo de crecimiento, la superficie del entrenudo está más o menos cubierta con cera. La cantidad de cera depende de la variedad.

El ápice del tallo tiene un contenido relativamente bajo de sacarosa y por lo tanto, es de poco valor para el molino. Sin embargo, el tercio superior de la planta tiene muchas yemas y recibe un buen suministro de nutrientes, que lo convierten en un material muy apreciado como semilla de caña para la plantación.

La sección transversal de un entrenudo muestra, desde el exterior al interior, los siguientes tejidos: epidermis, córtex o corteza, y un tejido de relleno conteniendo haces vasculares. Las células de la corteza tienen paredes gruesas y lignificadas.

Estas células ayudan a reforzar el tallo. Más hacia el centro, el tejido de relleno está compuesto por los haces vasculares de la xilema y del floema.

Los tubos de la xilema conducen el agua y sus minerales disueltos en un flujo ascendente desde las raíces, mientras que el tejido conductor del floema transporta los nutrientes y productos sintetizados por la planta en un flujo descendente hacia las raíces.

Ocasionalmente se pueden observar dos tipos de resquebraaduras en la superficie del tallo: unas inofensivas, pequeñas, corchosas, restringidas a la epidermis y otras resquebraaduras de crecimiento, que pueden ser profundas y corren a lo largo del entrenudo.

Las resquebraaduras de crecimiento son perjudiciales ya que provocan mayor pérdida de agua y exponen al tallo a la entrada de agentes patógenos e insectos. Las resquebraaduras de crecimiento dependen de la variedad y de las condiciones de cultivo.

- **La hoja**

La hoja de la caña de azúcar está formada por dos partes: la vaina y el limbo, separadas por la articulación de unión del limbo. El limbo o lámina, como su nombre indica, cubre completamente el tallo, extendiéndose casi por todo el entrenudo.

Las hojas generalmente están dispuestas en forma alternada a lo largo de los nudos, formando así dos flancos en lados opuestos. En su parte superior una planta madura de caña de azúcar tiene una superficie foliar cercana a 0.5 m² y el número de hojas verdes por tallo es alrededor de 10, dependiendo de la variedad y de las condiciones de cultivo.

En la unión del limbo se encuentran dos áreas triangulares llamadas ócreas o trozos ligulares. Las hojas son enumeradas según el sistema de Kuijper, definido por Casagrande (1991). La primera hoja desde el ápice hacia abajo que tiene ócreas visibles se designa como +1. Hacia abajo las hojas reciben sucesivamente los números +2 y +3. La hoja superior con ócreas visibles es un tejido de diagnóstico que es utilizado frecuentemente en la evaluación del estado nutricional.

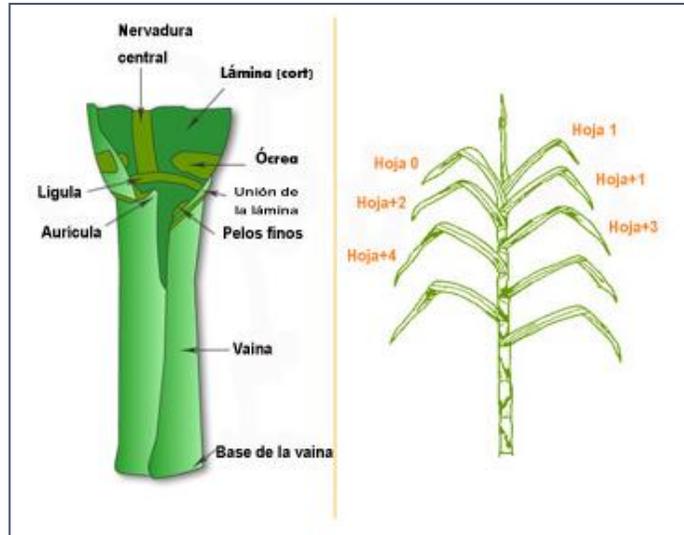


Imagen 5.
La hoja y su estructura

- **La inflorescencia**

Cuando la planta de caña de azúcar alcanza un estado de relativa madurez en su desarrollo, el ápice de crecimiento puede, bajo ciertas condiciones de fotoperíodo y humedad del suelo, pasar del estado vegetativo al reproductivo.

Esto significa que el ápice de crecimiento deja de formar primordios foliares y comienza a formar la inflorescencia. La caña de azúcar es una planta de día corto. Por lo tanto, en los trópicos puede fácilmente lograr condiciones fotoperiódicas. La inflorescencia de la caña de azúcar, o bohordo floral, es una panoja ramificada. También es conocida como “flecha”. Por lo tanto a la floración también se le conoce como “flechadura”. Cada flecha está formada por varios miles de pequeñas flores, cada una capaz de producir una semilla. Las semillas son extremadamente pequeñas, habiendo alrededor de 250 semillas por gramo o 113,500 por libra.

Para la producción comercial de caña de azúcar, el desarrollo de la inflorescencia tiene poca importancia económica. La floración es más importante para el cruzamiento y producción de variedades híbridas.

Generalmente, un largo de día de 12.5 horas y temperaturas nocturnas de 20 a 25°C desencadenarán la inducción floral. Condiciones óptimas de crecimiento durante la fase vegetativa (suelo fértil, aporte abundante de nitrógeno y agua) limitan la floración, en cuanto la ocurrencia de condiciones de estrés induce la formación de flores.



Imagen 6.
Inflorescencia

- **El sistema radicular**

En el cultivo comercial de caña de azúcar, que es propagada por vía asexual, el desarrollo del sistema radicular comienza luego después de la plantación de los esquejes con al menos una yema lateral.

Las primeras raíces en formarse son las de esqueje, que emergen como una banda de primordios radiculares sobre la cicatriz foliar de los nudos del esqueje. Las raíces de esqueje pueden emerger después de 24 horas de la plantación, aunque pueden ocurrir diferencias en la emergencia de las raíces entre variedades. Las raíces de esqueje son finas y muy ramificadas, y sustentan a la planta en crecimiento durante las primeras semanas después de la germinación.

Las raíces de tallo son el segundo tipo de raíces, que emergen desde la base del nuevo tallo a los 5-7 días de plantado. Las raíces de tallo son más gruesas y carnosas que las raíces de esqueje y se desarrollan hasta formar el principal sistema radicular de la planta. Las raíces de esqueje continúan creciendo por un período de 6-15 días después de la plantación, y la mayoría senesce y desaparece a los 60-90 días, a medida que el sistema de raíces de tallo se desarrolla y abastece con agua y nutrientes al tallo en crecimiento. A los 3 meses de edad, las raíces de esqueje son menos del 2% de la masa radicular total.

Inicialmente las raíces de esqueje tienen una tasa de elongación de unos pocos milímetros por día, y bajo condiciones favorables pueden llegar a 20 mm/día a los pocos días de la germinación. Las raíces de tallo crecen más rápidamente, llegando a observarse tasas de elongación máxima de hasta 80 mm/día, aunque por períodos cortos. Para períodos de 10 días la tasa de crecimiento promedio de las raíces de tallo llega a 40 mm/día en suelos arenosos y 28 mm/día en suelos arcillosos. También fueron relatadas tasas promedio de penetración de las raíces, o tasas de profundamiento del sistema radicular, de 20-30 mm/día. En otro ensayo la penetración de las raíces fue de 20 mm/día hasta una profundidad de 1.6 m en un cultivo de rulo (sin riego), reduciéndose en cultivos regados a 17 mm/día en el primer metro de suelo y a 6 mm/día entre 1.0 y 1.6 m.

La variación genotípica de los sistemas radiculares de la caña de azúcar está bien documentada y las variedades que producen muchos retoños normalmente producen muchas raíces, porque cada nuevo retoño es una fuente de nuevas raíces de tallo. Naturalmente, los cultivares que tienen un patrón más horizontal (menos gravitrópico) de penetración radicular son más resistentes a la tendedura que aquellos cultivares con un sistema radicular fuertemente gravitrópico.

La sección longitudinal de una raicilla está formada por cuatro partes:

- La cofia radicular.
- El ápice de crecimiento.

- La región de elongación.
- La región de los pelos radiculares.

La cofia radicular protege los tejidos más tiernos del ápice de crecimiento, a medida que la raíz penetra en el suelo. El ápice de crecimiento está formado principalmente por un meristemo apical, donde ocurre la división celular.

En la zona de elongación, las células aumentan de tamaño y diámetro hasta alcanzar su tamaño final. La región de los pelos radiculares se caracteriza por la presencia de células epidermales que forman evaginaciones (pelos) que aumentan fuertemente la superficie de absorción de las raíces.

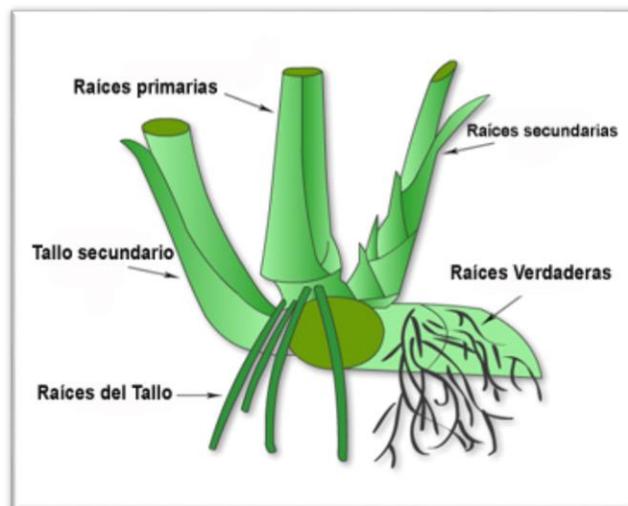
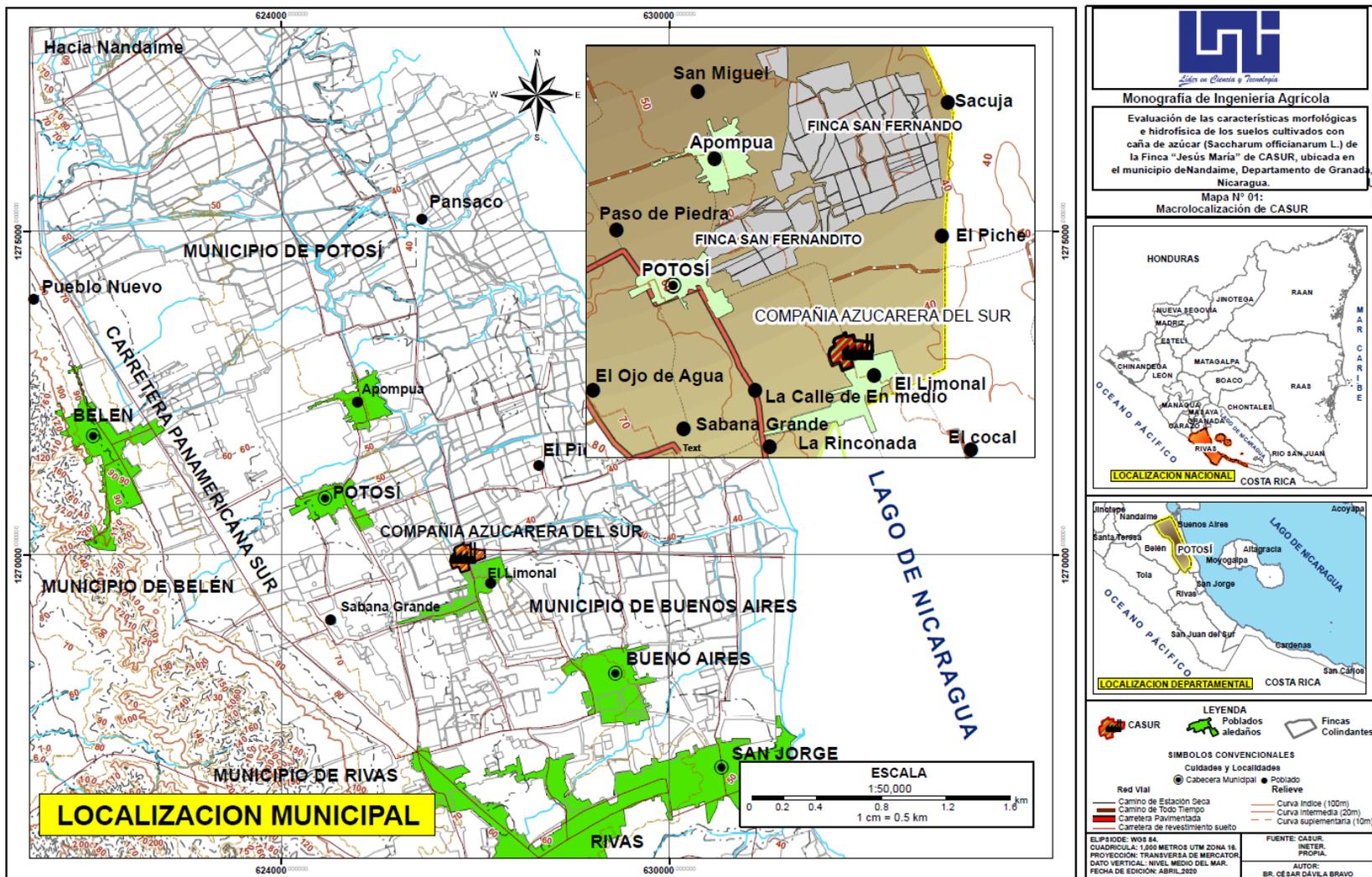


Imagen 7.
Estructura del Sistema radicular

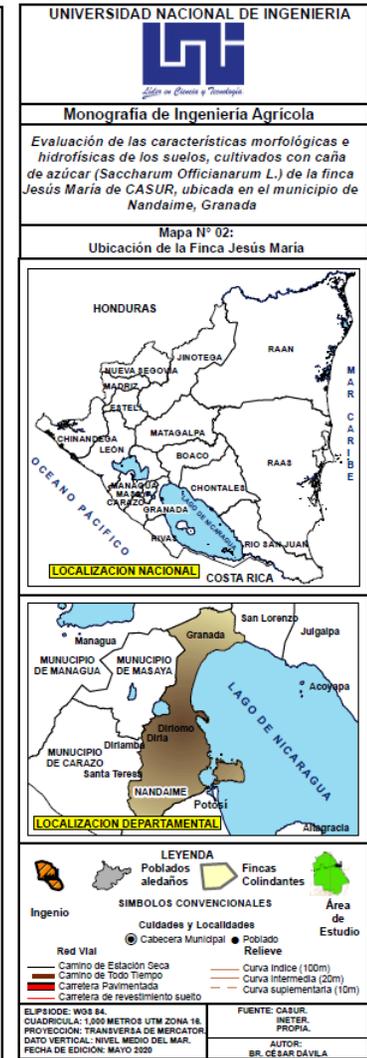
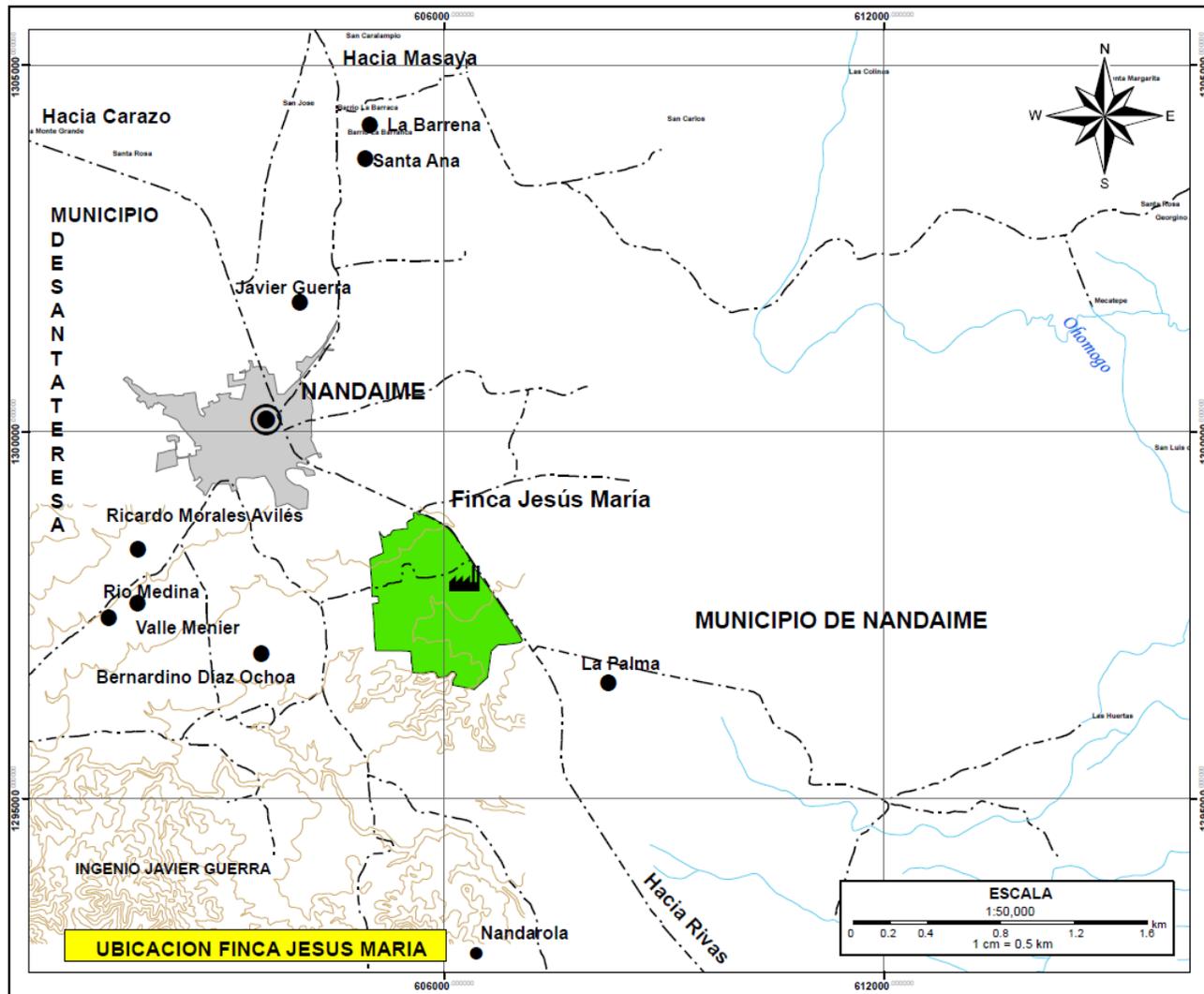
VI. DISEÑO METODOLÓGICO

6.1. Ubicación geográfica de CASUR



Fuente: Propia

6.2. Ubicación geográfica del área de estudio



Fuente: Propia

6.3. Descripción del área de estudio

6.3.1. Geología

La finca Jesús María, se ubica entre algunas de las estructuras geológicas más sobresalientes de Nicaragua. Primeramente, ocupa parte de la depresión Nicaragua, cerca de su falla oriental principal, la cual tiene una espesura variable de piroclásticos y lavas, (Tahal Consulthing, 1978).

Originada y asentada sobre rocas sedimentarias y formaciones de aluviones y Fluvio-coluviales cuaternarios, aquí se encuentran los depósitos volcánicos cuaternarios recientes compuestos por cenizas finas, pómez y piroclásticos gruesos. Litológicamente se trata de conglomerados y cascajos sueltos de varias clases (arenáceos, ígneos, etc.), arcillas y areniscas, además es muy frecuente la presencia de material volcánico como cenizas y tobas intercalado en los niveles conglomeráticos o arcillosos que fácilmente se pueden atribuir a una actividad volcánica también muy reciente, (Fenzl, 1988).

Tabla 3.

Geología de la finca Jesús María

Era	Periodo	Formación	Espesor en (m)	Litología
Cuaternaria	Reciente	Depósitos aluvionales	30	Aluviones, depósitos arcillosos y arenosos marinos. Intercalaciones de cenizas volcánicas.

Descripción geológica y de formación de la finca Jesús María según Catastro 1958.

6.3.2. Fisiografía

La finca Jesús María del Ingenio CASUR, corresponde a la región fisiográfica de la planicie Fulvio - Volcánica, la topografía se caracteriza por tener un relieve casi plano con pendientes 0 – 1.5% y ligeramente ondulado entre 1.5 – 4%. (Catastro, 1971).

6.3.3. Clima

- **Ciclos pluviales**

Los estudios del régimen pluviométrico han llevado a identificar en la costa del pacifico de Nicaragua una variación periódica de la precipitación correspondiente, durante este siglo, a tres periodos climáticos definidos. El primer periodo que abarca de principios del siglo hasta mediados de la década de los años veinte, se caracteriza por un régimen de precipitación media respecto al promedio multianual. El mismo fue seguido por un segundo periodo lluvioso que llego hasta fines de la década de los años treinta. Por último, sigue un periodo climático seco, que alcanza hasta la fecha, (INETER, 2013).

- **Precipitación.**

La estación meteorológica de Nandaime fue utilizada para caracterizar las condiciones climáticas de la finca Jesús María, la precipitación se distribuye en dos periodos bien diferenciados: un periodo lluvioso entre mayo y noviembre y una estación seca entre diciembre y abril. (Taha, 1978).

Tabla 4.

Precipitación media mensual, estación INGENIO XAVIER GUERRA BAEZ, Nandaime.

Estación Nandaime	Meses											
	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
(mm)	06.50	01.70	05.60	22.90	216.4	238.4	156.7	165.2	290.0	308.6	74.20	13.80
(%)	0.04	0.10	0.40	1.60	14.70	16.20	10.60	11.20	19.70	21.00	5.00	0.90

Datos de precipitación o pluviometría registrada en la estación meteorológica correspondiente según INETER 2012.

- **Evaporación.**

En la tabla 4, se presenta para las estaciones de Nandaime, los promedios mensuales de evaporación media en tanque clase A.

Según los datos del cuadro en el mes de abril se presentan los valores más altos de evaporación, los más baja ocurre en el mes de octubre en la parte norte del mismo, (INETER, 2013).

Tabla 5.

Evaporación mensual en evaporímetro de Pana.

Estación	Estación Lluviosa						Estación Seca					
	M	J	J	A	S	O	N	D	E	F	M	A
Nandaime	229.7	159.7	166.8	171.8	152.4	150.4	158.4	200.9	219.7	234.7	293.7	279.8

Datos promedio de evaporación mensual registrados por INETER, 2012. Entre el periodo (1958 - 2011)

- **Temperatura del aire**

Las temperaturas del área son algo cálidas y uniformes durante todo el año; aunque las temperaturas medias anuales, computadas durante los años hidrológicos presentan variaciones significativas en la zona de estudio, con valores desde 1 a 2°C respectivamente.

Normalmente las épocas más calurosas se encuentran entre los meses de abril y mayo, con temperaturas hasta 35.5 °C; en cambio las épocas frescas se ubican en los meses de noviembre a enero, con 31.6 a 31.9 °C de temperatura respectivamente. Estas variaciones entre meses y aun de día a día, en una misma estación, son causadas por un sin número de factores que incluyen cantidad de cobertura de nubes, la elevación sobre el nivel del mar y el movimiento del aire.

Tabla 6.

Promedios de temperaturas máximas y mínimas mensuales (°C)

Estación y Elevación	T*	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	Ma.	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.
Nandaime. 95 m	M	31.9	33.3	34.7	35.4	35.5	32.9	32.1	32.3	32.6	31.6	31.6	31.7
	m	28.9	29.8	30.0	30.4	31.0	28.7	29.3	29.4	23.0	28.8	28.5	28.4

*Temperatura promedio registrada mensualmente.

Fuente: INETER, 2012

- **Humedad relativa**

La humedad relativa oscila en el área estudiada entre 69 y 87% mostrando la parte septentrional valores levemente superiores con relación a la parte meridional, (INETER, 2013).

- **Vientos**

Los rumbos dominantes de los vientos que soplan en la finca son del este, con algunas variaciones el noreste y sudeste. Los vientos más fuertes soplan durante el trimestre

Diciembre, enero y febrero. Con los datos proporcionados por el Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales (INETER), se hizo un examen de las cifras mensuales el cual muestra un margen amplio de variación entre velocidades máximas y mínimas del viento ya que este valor se sitúa entre 46 y 2.5 Km

6.3.4. Hidrografía

En la zona de estudio se encuentra uno de los ríos principales del sur de Nicaragua como es El Ochomogo, este a su vez posee afluentes, siendo los más principales El Dorado, El Congo y La Cabeza que atraviesan el área hasta llegar a alimentar al río principal. El Ochomogo fluye por el valle desde las colinas situadas al norte y al oeste, hacia el lago de Granada.

6.3.5. Uso de las tierras

De acuerdo a las características edafológicas y climáticas de los suelos de la finca Jesús María, el cultivo de caña de azúcar se ha establecido como monocultivo desde hace varias décadas y solo una pequeña área de bosque tropical seco se encuentra complementando la cobertura vegetal de la finca, (Tahal, 1978).

6.4. Materiales y métodos

El estudio de suelo se realizó a nivel de detalle, utilizando metodologías de levantamientos de suelos, software de SIG como MapSurce, ArcGIS; mapas elaborados de las zonas de estudios proporcionados por el Dpto. de Explotación de Riego en CASUR (Mapa 4, anexo 7.3), Fotomapas de Suelos y Clasificación de la Tierra a escala 1:20,000 y hojas topográficas a escala 1:50,000.

El levantamiento de suelo de la Finca Jesús María correspondiente a la Zona 1 de CASUR, se efectuó para actualizar la clasificación Agrológica y Taxonómica, Capacidad de Uso, Clasificación de tierras para Riego y un estudio de las propiedades hidrofísicas, en la cual se desarrollaron los siguientes pasos metodológicos:

6.4.1. Fase de Pre-campo:

En esta fase se preparó y compiló el material cartográfico del área de influencia, proveniente de estudios anteriores. Se seleccionó la información general existente e información del

proyecto Sur Oeste. Posteriormente se planificaron las acciones que se realizarían, en una bitácora de campo, la que incluía procedimientos y tablas de recolección de datos.

- Selección y análisis de información relacionada a la identificación, descripción, clasificación y cartografía de los suelos; para ello se utilizó el Estudio del Catastro de los Recursos Naturales de Nicaragua (CRN, 1971), documento publicado en tres tomos (Descripción de los Suelos, Génesis y Clasificación, Uso y Manejo de los Suelos).
- Síntesis morfológica, genética, taxonómica y de clasificación agrológica, de cada serie y fase de suelo.
- En primera instancia con los mapas de las áreas cañeras se decidió la zona de estudio (Mapa 4 y 5, anexo 7.3).
- Se realizó un recorrido de campo por la zona para examinar las condiciones de trabajo y logística de las pruebas ejecutadas
- Con la ayuda de los responsables del área de drenaje y nivelación del Dpto. de Explotación de Riego de CASUR, se examinó el mapa de suelos del ingenio que se había realizado a nivel de percepción al tacto (Imagen 24, anexo 7.2).

6.4.2. Fase de campo:

En esta fase se realizaron las observaciones, en los puntos previamente seleccionados según recorrido de campo y estudio de la información recopilada, para el levantamiento de la información de campo que permitiera elaborar los mapas de suelos y sus características;

- Se hizo uso de la bitácora preelaborada de suelos e información de las series de suelo de CATASTRO 1971.
- Georreferenciación de las barrenadas con GPS.
- Toma de fotos de paisajes y perfiles en algunos casos ubicados en cortes de caminos y otras veces por estudios anteriores.

El trabajo inicial de campo o primera fase del proyecto incluía la realización de barrenadas (Mapa 6, anexo 7.3) para delimitar fronteras o los sectores con características distintivas, que me permitan agrupar por; pendiente natural del terreno, textura, color del suelo, indicios de erosión, drenaje natural y velocidad de infiltración.

Para examinar el suelo se expuso una sección vertical o un perfil de este. Cabe señalar que, donde no fue posible hacer un perfil, las barrenadas realizadas en las zonas suplieron la necesidad de examinar el suelo en esa área. Al estudio del perfil y las barrenadas realizadas se le examinaron las características de color, textura, estructura, consistencia, presencia de gravas y raíces, moteados, etc.

Se produjeron 50 sondeos de suelo con barreno hasta una profundidad de 60 cm, ya que esta fue la profundidad seleccionada en decisión con el Dpto. de Explotación de Riego o hasta donde lo ameritara (hasta 100 cm o más) obteniendo así una relación de un sondeo por cada 9 Ha. Esto debido a la homogeneidad de la zona de estudio, consecuentemente este trabajo realizado sirvió para determinar el número y lugar donde se iban a realizar las calicatas.

Tomando en cuenta lo anterior, se describieron 3 perfiles representativos de diferentes unidades geomorfológicas y distintas posiciones de paisajes. Para los análisis de laboratorio,

se obtuvieron 15 muestras de suelo de los perfiles antes mencionados (Imagen 16, 17, 18, capítulo IV).

- **Descripción de Perfiles de Suelo**

Esto se llevó a cabo construyendo una calicata para poder exponer el perfil de suelo en dónde se pudiera observar, describir y muestrear los horizontes que comprenden dicho perfil. Las dimensiones con las cuales se diseñó la calicata fueron de 1.20m largo X 1.50m de ancho y 1.30m de profundidad.

La calicata se orientó de manera que permitiera la exposición a la luz solar procurando una uniformidad de iluminación de modo que se apreciaran los horizontes sin ningún problema, también se dejaron escalones para facilitar la entrada y para una mejor comodidad de lectura, una vez terminado el trabajo se fotografió el perfil (Imagen 33, anexo 7.2).

Las herramientas utilizadas para la realización de este trabajo fueron:

- Palas.
- Cota.
- Cinta métrica.
- Cuchillo edafológico.
- Cámara fotográfica.

Según la Guía de Descripción de suelo de FAO, se debe de obtener dos tipos de información del perfil en estudio, siendo las siguientes:

Información general del sitio, registro y ubicación

- a) Número de perfil.
- b) Estado o tipo de descripción del perfil.
- c) Fecha de la descripción.
- d) Autores.
- e) Ubicación.
- f) Elevación.
- g) Coordenadas.

Factores de formación del suelo

- a) Condiciones atmosféricas del clima y tiempo.
- b) Geoforma y topografía (relieve).
 - i. Geoforma principal.
 - ii. Posición.
 - iii. Forma de la pendiente.
 - iv. Gradiente y orientación de la pendiente.
- c) Uso de la tierra y vegetación.
 - i. Uso de la tierra.
 - ii. Cultivos.
 - iii. Influencia humana.
 - iv. Vegetación.
- d) Material parental.

Procedimiento de descripción

Para esta actividad se requieren realizar los siguientes pasos:

3.1. La delimitación y nominación de los horizontes: Para describir el perfil y todas las características morfológicas del suelo, lo primero que tiene que realizarse y quizá la tarea más difícil es la identificación de los horizontes genéticos presentes.

3.2. Establecer la profundidad a la que se encuentra cada horizonte: Empezando desde la superficie y se va refiriendo el rango de profundidad para cada uno de los horizontes, la dimensión se toma en centímetros (cm).

3.3. Se identifican y tipifican todas las características morfológicas de cada horizonte, preferentemente en el siguiente orden: Color, textura y gravas, estructura, consistencia, presencia de carbonatos, alófono, concreciones de manganeso y otras, porosidad, presencia de raíces y límites de los horizontes.

Luego que se trabajó en cada horizonte del perfil, se procedió a tomar una muestra de suelo por cada uno de ellos con el motivo de realizarles su análisis físico en el Laboratorio de

Suelos, Plantas y Aguas de la Escuela Internacional de Agricultura y Ganadería (EIAG) Rivas (Tabla 64, anexo 7.1).

Para la extracción de cada una de las muestras se procedió de la siguiente manera:

1. Con la ayuda de un cuchillo edafológico se extrajo una muestra de suelos de cada horizonte, priorizando la parte céntrica. Al mismo tiempo con un cilindro de aluminio, con medidas ya conocidas, se extrajeron muestras complejas e inalteradas para la determinación de la densidad aparente (D_a).
2. Se ubicaron las muestras de suelo en una bolsa plástica, con una cantidad de 2 lb. aproximadamente, con su respectiva etiqueta de identificación (número de calicata, número de lote, nombre del lote, profundidad). De la misma manera las muestras de densidad aparente se colocaron en bolsas con respectiva identificación, para luego procesarlas en el laboratorio.

Análisis de Laboratorio

Tabla – 7.

Métodos de laboratorio usados para determinar las propiedades del suelo. *

DESCRIPCION	METODO DE LABORATORIO
Análisis Físicos:	
Textura (%Arena, %Limos, %Arcillas).	Método del Hidrómetro de Bouyoucos.
Densidad Real.	Método del cilindro
Densidad Aparente.	Picnómetros
Otras propiedades (Químicas e Hídricas):	
pH	pH-metro equipado con electrodo de vidrio (indicador y de referencia)
% M.O.	
Conductividad Eléctrica.	Método del Conductímetro
% C.c	Método de laboratorio (Presa de Richard)
% PMP	Método de laboratorio (Presa de Richard)

Disposición de variables para analizar en el suelo por los métodos de laboratorio.

- **Pruebas de Velocidad de Infiltración**

La finca Jesús María cuenta con 21 Lotes, de los cuales en este estudio solo 11 se trabajaron; debido a que estos presentaban las condiciones favorables de trabajo, dentro de las cuales podemos mencionar accesibilidad al lote, baja estatura de la caña, el suelo estaba a mediado de su frecuencia de riego y lotes cortados por periodos de zafra, cabe señalar que estos que presentaban estas ventajas favorecían la metodología de trabajo.

Dado que la infiltración está afectada por el contenido inicial de agua, al momento del muestreo, es importante que el contenido de agua del suelo sea el óptimo retenido por el suelo. La mejor manera de determinar la velocidad de infiltración es cuando el suelo está cerca de, o a capacidad de campo, para ello a cada muestra recolectada del muestreo de suelo se determinó la humedad *in situ*. Para la realización de esta prueba se recurrió al Método de los Cilindros Infiltrómetros.

Los materiales utilizados para la realización de las pruebas fueron:

- Cinta métrica.
- 6 cilindros metálicos.
- Barriles con agua.
- Plástico negro.
- Tres reglas de 30 cm
- Mazo metálico
- Trozo de madera
- Cronometro
- Formato para recopilación de datos

Método de los cilindros Infiltrómetros

La velocidad de infiltración es un parámetro que debe ser estudiado y determinado con detención, pues tiene un rol primordial en el manejo del agua a nivel predial. Según planteamientos del matemático Kostiakov, consiste en utilizar tres juegos de dos cilindros

concéntricos estos los identificaremos como C1, C2, C3. Los diámetros de estos son de 30 y 45 cm respectivamente.

La prueba en campo se llevó cabo de la siguiente manera: primeramente se seleccionó un área representativa, que hubiese la menor alteración posible (refiriéndose a la estructura y textura), en el punto escogido se ubicó un juego de cilindros y luego el otro juego de cilindros se colocó a 15 m de distancia y para el último se midió la mitad de la línea entre las dos cilindros y después se trazó 15 m perpendicularmente, quedando instalado de esta manera el tercer juego de cilindros; es decir que se ubicaron de forma que al estar en campo marquen un triángulo equilátero, de modo que los vértices de este queden entre los surcos. Luego se introdujeron los cilindros a una determinada profundidad, 15 cm el cilindro grande y 10 cm el pequeño aproximadamente, para ellos se utilizó un mazo de 16 lb para facilitar la penetración, al cilindro pequeño se le añadió una regla graduada para poder ver y dictaminar la lectura correspondiente y se cubrió con plástico lo más adherido a la pared, esto para evitar el contacto del agua con la superficie del suelo y la prueba inicie de igual manera en los tres cilindros instalados.

Listo todos los aspectos de la instalación, se procedió a llenar el cilindro externo de agua, el cual representa el movimiento lateral y vertical del agua, luego de manera inmediata se llenó el cilindro interno. Una vez llenados dio inicio la prueba quitando el plástico rápidamente y se hicieron las lecturas, las cuales correspondían a tiempo dictaminados, cada 1, 2, 3, 4, 5 minutos respectivamente, a medida que el agua descendía sobre el suelo las lecturas se tomaban más retirado cada 10, 15, 20, 25, 30 minutos respectivamente y luego cada 1, 2, 3 hasta 4 hr; el nivel del agua en el cilindro interior fue descendiendo a medida que la misma, se infiltraba en el interior del suelo, lo cual se midió en los tiempos antes mencionados.

Cuando el agua descendía rápidamente y llegaba a la mitad del cilindro que registraba las lecturas, se hacía un relleno de agua hasta el nivel con que se inició la prueba y se registraba el tiempo exacto. (Ver Imagen 15, anexo 7.3).

Durante la prueba para tiempos de intervalos alargados y constantes, ya el agua presentaba descensos de láminas iguales o muy semejantes, al repetirse estos datos análogos, se consideraba que la prueba había finalizado y que el suelo estaba saturado habiendo alcanzado la infiltración básica.

Los datos obtenidos en la prueba de la velocidad de infiltración se anotaron en formato de datos de campo de las velocidades de infiltración, con esto se realizan las curvas respectivas y los cálculos pertinentes para la corrección de esta, por medio de la utilización de la herramienta de Microsoft Excel, donde la curva de la velocidad de infiltración (I o V_i) será una curva de pendiente negativa y cuya ecuación es $V_i = kt^n$ (Ver Figuras 20, anexo 7.2).

El valor K y el valor n , es característico de cada suelo los cuales se determinan encontrando la ecuación de la curva que se genere al procesar los datos.

Los resultados obtenidos en las pruebas presentaron variabilidad provocada por la alteración de la estructura del suelo por monocultivo, mecanización, riego permanente, quemadas periódicas, compactación de los horizontes, piso de arado, etc.

La ecuación que se deriva de las pruebas de infiltración muestra como es el movimiento del agua con el tiempo transcurrido, siendo este: muy lento, lento y moderado, de modo que la infiltración y sus valores obtenidos, como en el caso de la infiltración básica entre otros, son valores utilizados en el diseño de riego.

- **Prueba de Capacidad de Campo**

El conocimiento del contenido de agua es fundamental para determinar los momentos óptimos de riego y su magnitud, evidentemente el contenido de humedad a capacidad de campo es de gran importancia en las planificaciones de riego.

Los materiales y equipos que se utilizaron para la determinación de la capacidad de campo fueron los siguientes:

- Cinta métrica.
- Pala
- Plástico negro
- Barriles con agua
- Barreno edafológico

- Horno eléctrico
- Balanza electronica
- Bolsas plásticas
- Formato de recolección de datos

En la determinación de la Capacidad de Campo lo primero que se hizo fue seleccionar áreas representativas de la serie de suelo encontradas en la zona, luego se preparó una superficie de terreno de un metro por un metro con bordes o camellones de 20 cm de altura, inundando esta superficie mediante la aplicación de una lámina de agua que permitiera saturar el suelo. Una vez que la lámina se infiltró se procedió a cubrir el lugar humedecido con plástico o mulch para evitar la evaporación.

Debido al movimiento horizontal del agua se mojó la periferia del m²; transcurridas 24 hrs se procedió a muestrear en el área inundada a diferentes profundidades de sondeo 0-20, 20-40, 40-60 cm respectivamente, con un barreno edafológico; trasladándose estas al laboratorio y determinar el contenido de humedad. Este mismo procedimiento se realizó constantemente cada 24 hr hasta un acumulado de 120 hr respectivamente, correspondiendo a 5 días de prueba (Ver Imagen 12, 13, anexo 7.3).

Los valores del porcentaje de humedad se utilizaron para construir las curvas de humedad en función del tiempo, mediante el uso de un sistema de coordenadas, colocando los tiempos en las abscisas y en las ordenadas el porcentaje de humedad, cuando la curva tiende a ser horizontal se obtendrá el valor de la Capacidad de campo .

Al igual que la velocidad de infiltración, la capacidad de campo es un dato indispensable en el diseño de riego, además representa una cantidad de agua que el suelo retiene, brindando la humedad óptima para que la planta no sufra estrés hídrico.

- **Profundidad radicular de la caña de azúcar.**

Cada cultivo tiene un determinado patrón de distribución de las raíces, el mismo varía según la edad, las condiciones de humedad, la naturaleza física de las partículas. En forma general se puede decir que los suelos de textura gruesa permiten una mayor profundidad de raíces, frente a los suelos de textura fina. Para la determinación de la profundidad radicular conocida

como Pr y también por la influencia en el cálculo de la lámina neta de aplicación Ln , existe un método muy importante el cual es el método de los pesos de las raíces, en el presente estudio se utilizó dicho método, así como también una apreciación visual del sistema radical para una mejor comprensión y esquematización de este.

Las herramientas y equipo utilizado para la determinación de la profundidad radicular fueron:

- Cinta métrica.
- Pala
- Coba
- Barra
- Navaja o espátula
- Tamiz No. 40
- Bolsas plásticas.
- Balanza electrónica
- Plástico
- Barril con agua
- Papel absorbente
- Formato para recolección de datos

Método de los pesos de las raíces

Si bien es cierto este método es algo tedioso, pero aún más eficiente. Para el estudio de la profundidad del sistema radicular se procedió a lo siguiente, en la calicata que se realizó para estudiar el perfil del suelo y las características del suelo, con dimensiones de 1.20 X 1.50 mts de ancho y 1.30 de profundidad, se procedió a dividir el perfil del suelo en cuatro cuadrículas (100 x 20 cm) para obtener la información de cuatro profundidades (0-20, 20-40, 40-60 y 60-80 cm respectivamente). Luego de esto se cavó un rectángulo por cada capa de 20 cm y con ayuda de una espátula de madera y profundizando 2.50 cm en el perfil del suelo en dirección a la planta. Cabe señalar que este análisis se llevó a la profundidad de muestreo donde ya no aparecieron raíces. (Ver Imagen 10, anexo 7.3).

Seguidamente todas las raíces recolectadas por cada capa se depositaron sobre una bolsa plástica y se trasladaron al laboratorio para realizarles los siguientes procedimientos:

- Se depositaron las muestras sacadas sobre el tamiz # 40, esto para separar los residuos de suelo de las raíces.
- Seleccionadas las raíces, se trasladaron a un lugar en donde se pudieran poner a secar a temperatura ambiente sobre papel kraf y expuestas a luz solar (Ver Imagen11, anexo 7.3).
- Pasadas 24 hr, se pesaron todas las raíces en una balanza electrónica, anotando sus pesos secos en el formato de campo.
- Según datos anteriores, se realizaron los cálculos pertinentes y así de esta manera determinar la profundidad efectiva del sistema radicular de caña de azúcar (Tabla 58, 59, 60, anexo 7.1).

De esta manera el medir la profundidad del sistema radicular va a permitir un conocimiento acertado de la forma y comportamiento de este en el suelo, además nos sirve de gran manera porque la profundidad efectiva explorada por las raíces en un parámetro de diseño de riego, en donde lo que se procura conocer a que profundidad de suelo se encuentra el 70 % de la masa radicular, y de esta manera poder manejar una efectiva planificación de riego y una adecuada explotación de los recursos disponibles y como consecuencia elevar la eficiencia de producción y rendimientos.

6.4.3. Fase de Post-campo

En esta etapa se elaboraron los mapas actualizados de: series de suelos y fases de esta, velocidad de infiltración, unidad de capacidad, tierras para regadíos y el informe técnico del trabajo para ello se utilizaron los equipos y herramientas siguientes:

- Formatos con datos recolectados de todas las pruebas.
- Computadora
- Mapas topográficos
- Mapas esquemáticos
- Cámara digital
- ArcGIS
- Excel

Se procedió al estudio y análisis de las características de los suelos, así como de las diferentes fases de cada suelo, para establecer las similitudes y diferencias de las

condiciones de los suelos actuales (series y unidades misceláneas). Donde se tomó en cuenta el cambio en los horizontes superficiales por pérdida de espesor, compactación por labranza, pisoteo animal, huellas de erosión hídrica y encostramientos. Todo eso a través de un recorrido de campo, donde se realizaron las observaciones de suelos en los sitios previamente seleccionados.

Este proceso metodológico se fundamenta inicialmente en la obtención del mapa base de la finca y las sistematizaciones de la información existente, además de mapas de apoyo, mapa topográfico escala 1:50000 y foto mapas, para obtener las características morfométricas y de drenaje del área.

El estudio fue desarrollado como un levantamiento detallado a nivel de Fincas, con escala 1:20,000.

La información de suelos se actualizó mediante la comprobación de campo; mientras que, para datos de clima, uso actual del suelo e infraestructura se apoyó de la información generada por el INETER. La verificación de campo y la información generada en la Unidad de Suelos (US-OT) del Departamento de Ordenamiento Territorial de INETER y Sistemas de Información Geográfica (SIG-OT) del mismo departamento.

VII. ANALISIS DE RESULTADOS

La ejecución de una bitácora de procedimientos descritos en el capítulo anterior conllevó a la realización de varias pruebas de campo y laboratorio que reflejan la razón de ser en este estudio. Ahora este capítulo presenta los resultados y el análisis de lo antes mencionado en sus diferentes etapas operativas

Por ser este un estudio dirigido a la explotación de riego en las diferentes metodologías usadas en CASUR. A continuación, por medio de cálculos, cuadros e imágenes presento los datos obtenidos en la respectiva evaluación.

7.1. Barrenadas generadas

Se generaron 33 barrenadas en toda el área de estudio y para un mejor manejo de la información en el trabajo de gabinete, se clasificaron en barrenadas oficiales y extras.

Las barrenadas oficiales fueron 11 y se les realizaba una descripción de sus características morfológicas con más detalle. En el siguiente cuadro (Tabla 8), se muestran los resultados de estas barrenadas, que se realizaron en cada punto de muestreo, registrándolas en los formatos de campo previamente diseñados y esto cubriría la primera etapa del análisis de suelo de la zona. Para una mayor comprensión del espacio muestral, así como su distribución estos resultados se plasmaron en un mapa de barrenadas (Mapa 6, anexo 7.3).

Las muestras que se sacaron de estas barrenadas fueron emitidas al laboratorio para ser analizadas texturalmente para poder tener un dato de referencia, por medio del método de Bouyoucos.

Las barrenadas extras fueron 22 y se realizaron con el objetivo cubrir más área y poder hacer las correlaciones necesarias a la hora de realizar la clasificación de suelos

La base para clasificar cada característica de la barreada se tomó del manual de suelos análogos del CENCA-1978, Guías de FAO, donde cada una de estas serviría para poder realizar el quebrado de campo.

Tabla – 8. Características morfológicas de los suelos analizados

FINCA: Jesús María		CARACTERÍSTICAS MORFOLOGICAS									
Nombre del lote	N° Lote	Prof. de suelo (cm)	Textura superficial	Textura Subsuelo	Drenaje	Pendiente	Erosión (e)	Gravas (g)*	Gravas (G)**	Tabla de agua	Material Limitante
Jesús María 01	759020	60+	Fina	Fina	Moderadamente bueno	0 - 1.5 %	Leve	No	>45	60 - 90 cm	Gravas, escoria volcánica y pómez
Jesús María 00	759030	40+	Fina	Fina	Moderadamente bueno	0 - 1.5 %	Leve	No	>45	60 - 90 cm	Gravas, escoria volcánica y pómez
Jesús María 02	759040	60+	Fina	Fina	Moderadamente bueno	0 - 1.5 %	Leve	g1	>45	50 - 90 cm	Gravas, escoria volcánica y pómez
Jesús María 07	759080	60	Muy fina	Muy fina	Imperfecto	0 - 1.5 %	Leve	No	>45	No	Gravas, escoria volcánica y pómez
J.M. – Aguajales 01	759100	90+	Muy fina	Muy fina	Muy pobre	0 - 1.5 %	No	No	>45	No	Gravas, escoria volcánica y pómez
J.M. – Aguajales 06	759180	60+	Muy fina	Muy fina	Imperfecto	1.5 - 4. %	Leve	No	>45	No	Gravas, escoria volcánica y pómez
J.M. – Aguajales 04	759130	60	Muy fina	Muy fina	Imperfecto	1.5 - 4. %	Leve	g1	>45	No	Gravas, escoria volcánica y pómez
J.M. – Aguajales 05	759170	60	Muy fina	Muy fina	Imperfecto	1.5 - 4. %	Leve	g1	8 - 15 %	No	Toba meteorizada
Jesús María 05	759060	60	Fina	Fina	Moderadamente bueno	0 - 1.5 %	Leve	No	8 - 15 %	No	Toba meteorizada
J.M. – Aguajales 03	759120	60	Muy fina	Muy fina	Imperfecto	1.5 - 4. %	Leve	g1	8 - 15 %	No	Toba meteorizada
Jesús María 04	759050	60+	Fina	Muy fina	Moderadamente bueno	0 - 1.5 %	Leve	No	>45	No	Gravas, escoria volcánica y pómez

Fuente: Propia

Según los datos de la Tabla 8, los tipos de suelos encontrados son arcilloso (A) en la mayoría de los casos, Franco arcillosos (FA) y Arcillo limosos (AL) en menor escala, con pendientes entre 0 – 8 % de inclinación correspondiendo a un tipo de relieve de plano a moderadamente ondulado o inclinado. Vale la pena mencionar que en el lote J.M. Aguajales 759180 se encontró inclusiones de suelos de textura medias (FA), con pendientes hasta del 8 %.

El drenaje de estos suelos es variable pues se clasifican en; moderadamente bien drenados, imperfectos y muy pobremente drenado. En la parte sur del área de estudio, tenemos suelos con pendientes entre el 4 y 8% que propicia una condición para que ocurra erosión hídrica, pero al ser estos de texturas pesadas minimizan un poco este efecto.

El material limitante para la profundidad efectiva, en la mayoría de los suelos encontrados, son los materiales piroclásticos emitidos por actividad volcánica, donde los materiales más comunes son toba meteorizada, cenizas, escoria y en proporciones moderadas pómez, esta deficiencia de suelo se traduce como un efecto al desarrollo de las raíces de la caña y por consiguiente a bajos rendimientos de producción.

Estos suelos son sometidos a riego por gravedad y por aspersión, altos programas de fertilización y mecanización en sentido de la preparación para la siembra y demás prácticas culturales. En el tiempo en que se generaron las barrenadas ya estaba sembrado y se estaba practicando riego en la mayoría de los lotes.

De acuerdo con las condiciones predominantes en el área de estudio los principales factores que han incidido en la degradación o evolución en orden de importancia son: primordialmente la influencia humana por las practicas realizadas en el suelo y la implementación del monocultivo; el clima por las variaciones significativas que este ha presentado a través de los tiempos y la roca madre ya que es el escenario en donde actúan estos factores.

7.2. Unidades de mapa de suelos de campo

Los quebrados de campo de cada barrenada se exponen en el cuadro 26, en la siguiente página, donde en cada uno de ellos muestran las características principales de los suelos encontrados, como lo son la textura, pendiente, drenaje, erosión entre otros analizados anteriormente (Mapa 7, anexo 7.3).

Tabla 9.

Unidades de mapeo de las barrenadas representativas.

FINCA: Jesús María		QUEBRADOS DE CAMPO
Nombre del lote	N° Lote	
Jesús María - 01	759020	$J.M - 01 \frac{2553}{A4ewG3} III$
Jesús María - 00	759030	$J.M - 00 \frac{2553}{A4ewG3} III$
Jesús María - 02	759040	$J.M - 02 \frac{2553}{A4ewgG3} III$
Jesús María - 07	759080	$J.M - 07 \frac{3664}{A6p - G} V$
J.M. – Aguajales 01	759100	$J.M - Ag01 \frac{1666}{A4 - -} VI$
J.M. – Aguajales 06	759180	$J.M - Ag06 \frac{2663}{B6pe - -} VI$
J.M. – Aguajales 04	759130	$J.M - Ag04 \frac{2664}{B6peg -} VI$
J.M. – Aguajales 05	759170	$J.M - Ag05 \frac{2664}{B6peg -} VI$
Jesús María - 05	759060	$J.M - 05 \frac{2553}{A6pe - G} IV$
J.M. – Aguajales 03	759120	$J.M - Ag03 \frac{2664}{B6peg -} VI$
Jesús María - 05	759050	$J.M - 04 \frac{2563}{A4e - G3} III$

Representación de las unidades de mapeo generadas del muestreo de suelos

FUENTE: Propia.

Tabla 10.

Resumen de las unidades de suelo.

FINCA	NOMBRE DEL SUELO	SIMBOLOGIA	QUEBRADO DE CAMPO
JESUS MARIA	Jesús María	JM	JM01 2553/A4ewG3 III
			JM00 2553/A4ewG3 III
			JM02 2553/A4ewgG III
			JM04 2563/A4eG3 III
	J.M - Aguajales	JM-Ag	JM-Ag01 1666/A4-- VI
			JM-Ag06 2664/B6p-- VI
			JM-Ag04 2664/B6pg VI
			JM-Ag05 2664/ B6pg VI
			JM-Ag03 2664/ B6pg VI

División de suelos según los quebrados de campo en la finca Jesús María

FUENTE: Propia.

En el cuadro anterior se presentó, en primera instancia el nombre de suelos que cada unidad tomará (Mapa 8, anexo 7.3) y con qué simbología se identificará, luego el quebrado de campo representativo siendo estas las principales observaciones de la unidad.

7.3. Unidades cartográficas

Las unidades cartográficas que representan los suelos de la finca Jesús María se expresan en el Cuadro 28, donde cada una está compuesta por la clave del nombre de suelo, la pendiente, deficiencias, limitaciones y la clase agrológica.

Estas son conocidas también como unidades cartográficas editadas, cada una de ellas se presentan en el mapa 11, del anexo 7.3. Las características de suelos diferenciadoras que marcan estas unidades son la pendiente, el drenaje, las gravas en el perfil y la erosión.

Tabla 11.

Unidades cartográficas

FINCA	NOMBRE DEL SUELO	PENDIENTE	UNIDAD CARTOGRAFICA
JESUS MARIA	Jesús María	a	JM a4eG3 III
			JM a4egG III
	J.M - Aguajales		JM-Ag a4-- VI
			JM-Ag a6pg VI
	Nandaime	b	JM-Ag b6p-- VI
		c	NN cee III

Subdivisión de suelos y las unidades cartográficas de los suelos de la finca Jesús María

FUENTE: Propia.

7.4. Determinación de las Propiedades Hidrofísicas

7.4.1. Velocidad de infiltración

En este estudio la velocidad de infiltración fue uno de los parámetros que más atención requería, pues el movimiento del agua en el suelo superficial y subsuelo permite condicionar varios elementos de diseño como; tiempo de riego ya que es un dato muy característico en

cada tipo de suelo. Por lo que, se hace mucho énfasis en la relación entre principales características morfológicas y capacidad de uso de suelos.

El capítulo anterior, nos describe un procedimiento que nos lleva a calcular el dato de velocidad de infiltración por el método de Kostiakov y se presentan en formulas con el cuadro, obteniendo de esta manera los valores de k y de n característicos de cada suelo.

Las fórmulas generadas representan el movimiento del agua en el perfil del suelo y estas son las que se usa en el diseño de la lámina de riego, en el caso de la primera columna “ y ” representa la velocidad con que se infiltra y “ t ” en el tiempo que tarda en hacerlo.

Los datos de campo se registraron en formatos, los cuales fueron diseñados para una fácil manipulación de la información y cálculo de la velocidad de infiltración y en los Cuadros 54, inciso 54.4, anexo 7.1, se presentan las hojas de registros de infiltración con datos originales, obtenidos en terreno, y consiguientemente la representación graficas de la V_i , en las figuras 20, anexo 7.2.

Tabla 12.
Resumen de velocidad de infiltración

FINCA	TIPO DE SUELO	FINCA	LOTE	ECUACIONES		
				INFILTRACION	INFILTRACION ACUMULADA	INFILTRACION BASICA
JESUS MARIA	Ar	Jesús María - 01	759020	$y = 28.603t^{-0.478}$	$I_a = \frac{28.603}{(-0.478 + 1) * 60} * t^{(-0.478) + 1}$	$I_b = 28.603(-600(-0.478))t^{(-0.478)}$
	Ar	Jesús María - 00	759030	$y = 17.212t^{-0.512}$	$I_a = \frac{17.2791}{(-0.512 + 1) * 60} * t^{(-0.512) + 1}$	$I_b = 17.2791(-600(-0.512))t^{(-0.512)}$
	Ar	Jesús María - 02	759040	$y = 43.739t^{-0.696}$	$I_a = \frac{43.739}{(-0.696 + 1) * 60} * t^{(-0.696) + 1}$	$I_b = 43.739(-600(-0.696))t^{(-0.696)}$
	Ar	Jesús María - 07	759080	$y = 85.754t^{-0.736}$	$I_a = \frac{85.754}{(-0.736 + 1) * 60} * t^{(-0.736) + 1}$	$I_b = 85.784(-600(-0.736))t^{(-0.736)}$
	Ar	J.M. – Aguajales 01	759100	$y = 5.1661t^{-0.376}$	$I_a = \frac{5.1661}{(-0.376 + 1) * 60} * t^{(-0.376) + 1}$	$I_b = 5.1661(-600(-0.376))t^{(-0.376)}$
	Ar	J.M. – Aguajales 06	759180	$y = 43.134t^{-0.984}$	$I_a = \frac{43.134}{(-0.984 + 1) * 60} * t^{(-0.984) + 1}$	$I_b = 43.134(-600(-0.984))t^{(-0.984)}$
	Ar	J.M. – Aguajales 04	759130	$y = 4.8444t^{-0.528}$	$I_a = \frac{4.8444}{(-0.528 + 1) * 60} * t^{(-0.528) + 1}$	$I_b = 4.844(-600(-0.528))t^{(-0.528)}$
	Ar	J.M. – Aguajales 05	759170	$y = 1.2395t^{-0.222}$	$I_a = \frac{1.2395}{(-0.222 + 1) * 60} * t^{(-0.222) + 1}$	$I_b = 1.2395(-600(-0.222))t^{(-0.222)}$
	Ar	Jesús María - 05	759060	$y = 200.01t^{-0.679}$	$I_a = \frac{200.01}{(-0.679 + 1) * 60} * t^{(-0.679) + 1}$	$I_b = 200.01(-600(-0.679))t^{(-0.679)}$
	Ar	J.M. – Aguajales 03	759120	$y = 37.668t^{-0.421}$	$I_a = \frac{37.668}{(-0.421 + 1) * 60} * t^{(-0.421) + 1}$	$I_b = 37.668(-600(-0.421))t^{(-0.421)}$
	Ar	Jesús María - 05	759050	$y = 33.159t^{-0.535}$	$I_a = \frac{33.159}{(-0.535 + 1) * 60} * t^{(-0.535) + 1}$	$I_b = 33.159(-600(-0.535))t^{(-0.535)}$

Fuente: Elaboración Propia.

Luego de generar las fórmulas que rigen la velocidad de cada suelo se calculan y clasifican, tomando en cuenta los datos in situ y los cálculos realizados. Las velocidades de infiltración encontradas van desde lenta hasta moderada, con valores desde 0.3 hasta 3.9 cm/hr, correspondiente a los suelos determinados en la zona de estudio.

Tabla 13.

Determinación y clasificación de la velocidad de infiltración en suelos analizados

FINCA	TIPO DE SUELO	FINCA	LOTE	Velocidad de Infiltración (cm/hr)	CLASIFICACION
JESUS MARIA	Ar	Jesús María - 01	759020	1.89	Moderadamente lenta
	Ar	Jesús María - 00	759030	1.67	Moderadamente lenta
	Ar	Jesús María - 02	759040	1.044	Moderadamente lenta
	Ar	Jesús María - 07	759080	3.004	Moderada
	Ar	J.M. – Aguajales 01	759100	0.776	Lenta
	Ar	J.M. – Aguajales 06	759180	0.301	Lenta
	Ar	J.M. – Aguajales 04	759130	0.339	Lenta
	Ar	J.M. – Aguajales 05	759170	0.405	Lenta
	Ar	Jesús María - 05	759060	3.851	Moderada
	Ar	J.M. – Aguajales 03	759120	3.929	Moderada
	Ar	Jesús María - 05	759050	2.5	Moderada

Comportamiento de la velocidad de infiltración de los suelos en todos los puntos de muestreo

Fuente:Propia

7.4.2. Capacidad de Campo

Consecutivo al acápite anterior esta la capacidad de campo que es el valor de humedad que requiere tener el suelo para que la planta se pueda desarrollar y esta proporcione los mayores rendimientos.

Se determinó por medio del método del metro cuadrado, siendo este de gran laboriosidad, pero de gran importancia; ya que se trabaja por medio del monitoreo de la humedad en condiciones de campo, siendo este dato acertado para las operaciones de riego, los resultados obtenidos en la aplicación de este método se muestran en el Tabla 14.

Tabla 14.

Determinación de capacidad de campo a diferentes profundidades en tres puntos representativos de los suelos analizados

FINCA	TIPO DE SUELO	FINCA (Lote representativo)	LOTE	Prof. (cm)	Capacidad de campo (%)	% C.c promedio
JESUS MARIA	Ar	Jesús María 01	759020	0 -20	30.76	31.08
				20 - 40	30.62	
				40 - 60	31.86	
	Ar	J.M - Aguajales 01	759100	0 -20	38.58	41.05
				20 - 40	40.68	
				40 - 60	43.90	
	Ar	J.M - Aguajales 06	759180	0 -20	41.72	40.91
				20 - 40	43.82	
				40 - 60	37.18	

Fuente: Elaboración propia.

El valor de capacidad de campo presentado, en lotes representativos del tipo de suelos encontrados en el área de estudio, entran en el rango de clasificación de media a alta. El cuadro anterior presenta como media la representación el lote Jesús María 01 y como capacidad de campo alta los lotes J.M - Ag 01 y J.M – Ag 06, con valores similares, debido a que dichos suelos presentan una alta capacidad de retención de humedad, fenómeno debido también al contenido de arcilla que estos poseen, con valores hasta del 60%.

7.4.3. Punto De Marchites Permanente

Tabla 15.

Determinación y clasificación de punto de marchitez permanente

FINCA	NOMBRE DEL SUELO	TIPO DE SUELO	FINCA (Lote representativo)	LOTE	Punto de Marchitez Permanente (%)	CLASIFICACION
JESUS MARIA	JM	Ar	Jesús María 01	759020	16.78	Media
	JM-Ag-1	Ar	J.M - Aguajales 01	759100	22.16	Media
	JM-Ag-2	Ar	J.M - Aguajales 06	759180	22.09	Media

Fuente: Elaboración propia

El Punto de Marchites permanente, es la condición de humedad en la cual el suelo no debe llegar, porque si no el cultivo se ve en un estado de estrés hídrico. Valores representados en la tabla 15

7.4.4. Humedad Disponible

La húmeda disponible en el suelo es la cantidad de agua que la planta puede aprovechar cuando se aplica riego, esta se puede obtener por medio de la diferencia de la capacidad de campo y el Punto de Marchitez Permanente. Los valores se aprecian en el cuadro 34.

La humedad disponible se califica como muy alta. Este dato es muy importante ya que es uno de los criterios para la clasificación de suelos.

Tabla 16.

Clasificación de la humedad disponible para los diferentes análisis realizados

FINCA	NOMBRE DEL SUELO	TIPO DE SUELO	Capacidad de campo (%)	Punto de Marchitez Permanente (%)	Humedad disponible (%)	CLASIFICACION
JESUS MARIA	JM	Ar	31.08	16.78	14.3	Media
	JM-Ag-1	Ar	41.05	22.16	18.89	Alta
	JM-Ag-2	Ar	40.91	22.09	18.82	Alta

Fuente: Elaboración propia

7.4.5. Profundidad Radicular

La variedad *CP-722086* se encuentra en toda la finca en estudio, esta presenta tallos fuertes y follaje copioso, el sistema radical es muy abundante y profundo, donde la mayor concentración se localiza a los 40 cm de profundidad; con pesos que varían entre 10.40 y 23.55 gr, y una exploración horizontal de 100 a 120 cm respectivamente.

En el Tabla 17 se resume la prueba del peso de las raíces, determinando de esta manera la profundidad del sistema radicular de la variedad en estudio.

En ellos se observa, que la mayor concentración de las raíces se sitúa a partir del tallo hasta los 40 a 60 cm de profundidad, siendo esta mayor en los primeros centímetros de exploración de las raíces sobre el suelo y alrededor de las cepas. El peso de las raíces mayores de 3 mm de diámetro, las cuales corresponderían a las raíces de sostén, se concentra alrededor de las plantas, lo cual influye marcadamente en el peso total obtenido en el horizonte superficial.

Tabla 17.

Determinación de la profundidad radicular en los suelos analizados

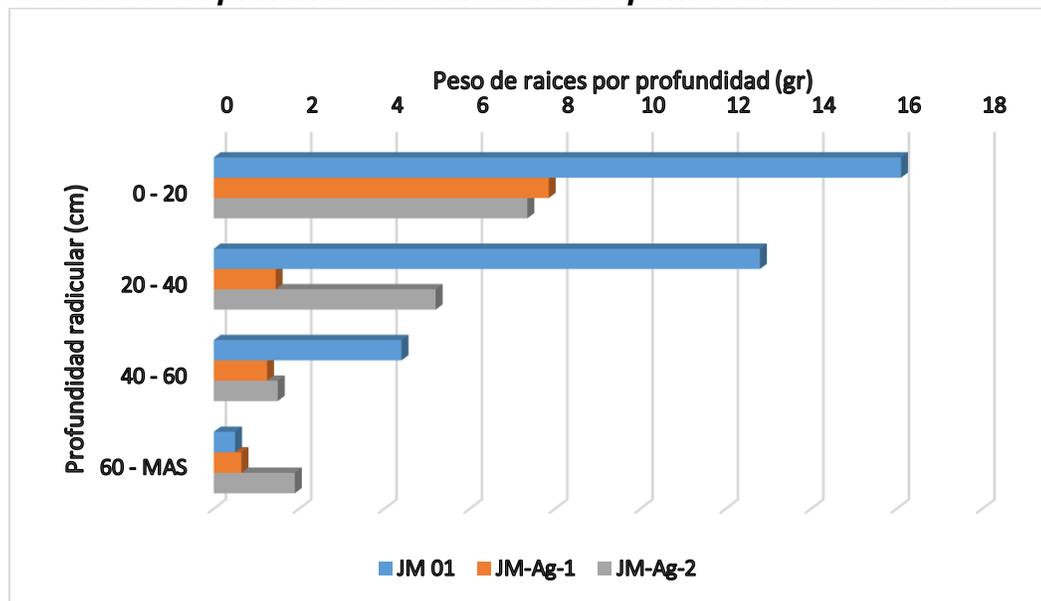
Profundidad (cm)	FINCA JESUS MARIA		
	NOMBRE DEL SUELO		
	JM 01	JM-Ag-1	JM-Ag-2
	Lotes Representativos		
	Jesús María 01	J.M - Aguajales 01	J.M - Aguajales 06
	$\Sigma\Pi\epsilon\sigma\sigma(\gamma\rho)$	$\Sigma\Pi\epsilon\sigma\sigma(\gamma\rho)$	$\Sigma\Pi\epsilon\sigma\sigma(\gamma\rho)$
0 - 20	16.1	7.85	7.35
20 - 40	12.8	1.45	5.2
40 - 60	4.4	1.25	1.5
60 - MAS	0.5	0.65	1.9

Distribución de raíces en los puntos de muestreo a diferentes profundidades

Fuente: Elaboración propia

Gráfico 1.

Representación de la profundidad radicular en 3 puntos muestreados.



Fuente: Elaboración propia

7.5. Clasificación Taxonómica De Los Suelos

La clasificación de los suelos del estudio se tomó de la clasificación que realizó Catastro e Inventario de Recursos Naturales por medio del "Soil Taxonomy" del Soil Survey Staff, U.S.

Departament of Agricultura, Soil Conservation Service, siendo esta la penúltima edición de clasificación conocida también como la Séptima Aproximación

La tabla 18, muestra la ordenación de las series de suelos identificadas, encuadradas, progresivamente en el marco del sistema taxonómico de clasificación, ver Mapa 5 en el anexo 7.2.

Tabla 18.

Relación de velocidad de infiltración en los suelos encontrados

Resumen de evaluación de suelos en el área de estudio		
Nombre del Suelo	Fases de suelos	Veloc. Infil. (cm/h)
		Param. (USDA)
Jesús María	<i>Jesús María</i> Arcilloso (JM a4eG3 III, JM a4egG III)	(0.01 - 1.5)
Aguajales	<i>Aguajales</i> Arcilloso (JM-Ag a6pg VI, JM-Ag a4-- VI)	
	<i>Aguajales</i> Arcilloso (JM-Ag b6p - VI).	

FUENTE: Elaboración Propia/Correlación, con CIRN, INETER.

Para determinar la ubicación de cada categoría dentro del sistema, se tomaron en cuenta las características morfológicas obtenidas durante el estudio de campo haciéndoles su respectiva correlación con lo existente. Algunos lotes en donde no se describió perfil o no se obtuvieron datos analíticos correspondientes fueron clasificados tentativamente, pero lo que sustenta el análisis de estos suelos son las barrenadas realizadas en campo y algunos datos de laboratorio.

7.6. Descripción Detallada De Los Suelos

Esta sección consiste en la descripción detallada de las características y propiedades de cada una de las series, de las unidades de suelo identificadas en el área estudiada, dando énfasis a su morfología, propiedades físicas y propiedades hidrofísicas también se hace referencia a su clasificación utilitaria con fines de riego.

Como resultado final del levantamiento de suelo se identificaron y delimitaron cartográficamente 2 series de suelo (Mapa 6, anexo 7.2), donde la distribución de estos con sus respectivas leyendas de los datos más importantes, sus fases de suelo se presentan en el Mapa 7, anexo 7.2

7.6.1. Jesús María (JM)

(Typic Argiustolls)

Suelos profundos a moderadamente profundos, bien drenados, pardo oscuro, derivados de aluviales viejos de cenizas volcánicas, que han sido lavados de las tierras altas y depositados en una planicie de relieve plano a ligeramente inclinado localizado al sur de Nandaime, humedad disponible y M.O moderada. Conocidos como Amalia según 1971. (Mapa 6, anexo 7.2)

Área: 85.19 Mz; es decir el 19.9 % del área total de estudio.

- **Generalidades**

Localización y Distribución

Estos suelos ocupan 32.8% del área estudiada, siendo los suelos que cubren buena parte, y se encuentran localizados principalmente en la parte norte de la antigua instalación del Ingenio Amalia, suelos derivados de cenizas volcánicas, comprende tres lotes completos, el 30% del lote 759040 y el 50% del lote 759030.

Características Geomorfología y Relieve

Estos suelos forman parte de la denominada Depresión Nicaragüense. Se encuentran en un relieve de pendientes casi planas, que está al sur de Nandaime, donde los valores de pendiente en porcentajes varían de 0 a 1.5 y en otra fase de 1.5 a 4%. El material originario sobre el cual se han desarrollado los suelos está formado de material piroclástico, cenizas volcánicas y rocas del Cuaternario (holoceno) hasta el reciente.

- **Drenaje**

El drenaje natural de estos suelos es bueno. La permeabilidad es lenta debido a la alta retención de humedad. El escurrimiento superficial es moderadamente bien drenado, gracias a la disposición del relieve característico de la zona.

- **Características morfogénicas**

Estos suelos se caracterizan por ser profundos a moderadamente profundos, bien drenados, tienen una secuencia de horizontes *Ap-Bah-Bg-Cx*. Las texturas superficiales son principalmente Arcillo arenoso, pero incluyen algunas áreas arcillo limosas. En el subsuelo, las texturas predominantes son franco limoso.

Estos suelos poseen una capa superficial de 0 a 30 cm de espesor de textura arcillo arenoso, moderadamente bien estructurado, con una consistencia muy friable y porosa en la superficie, pero Arcillo arenoso friable en el subsuelo, de colores que varían desde pardo grisáceo muy oscuro en la superficie a colores claros como el pardo amarillento en el subsuelo, y abundantes cantidades de raíces finas en los primeros 20 cm.

El subsuelo tiene en general un espesor moderadamente grueso (inferior a 1 metro), Arcillo arenoso, friable, con una estructura granular débil. La coloración oscila entre pardo oscuro a pardo amarillento. Esta capa permite un mejor movimiento del agua hacia en subsuelo. Contiene cierta cantidad de materiales primarios en un avanzado estado de meteorización, piedras pómez. El contenido de arcilla es significativamente menor (B argílico) con respecto a la capa superficial, pero con mucha actividad biológica visible.

La frecuencia de raíces es normalmente elevada en la parte superior a abundante y moderadamente abundante en la inferior. Poseen tabla de agua a profundidad de 60 a 90 cm, es decir que en tiempos de estación lluviosa esta aproximadamente a los 60 cm y al entrar a estación seca desciende hasta 90 cm profundidad.

Se encontró presencia de toba meteorizada en el último horizonte y talpetate además de presencia de grava de más de 10 mm de diámetro.

La descripción del perfil representativo se presenta en forma detallada en la tabla 61, anexo 7.1.

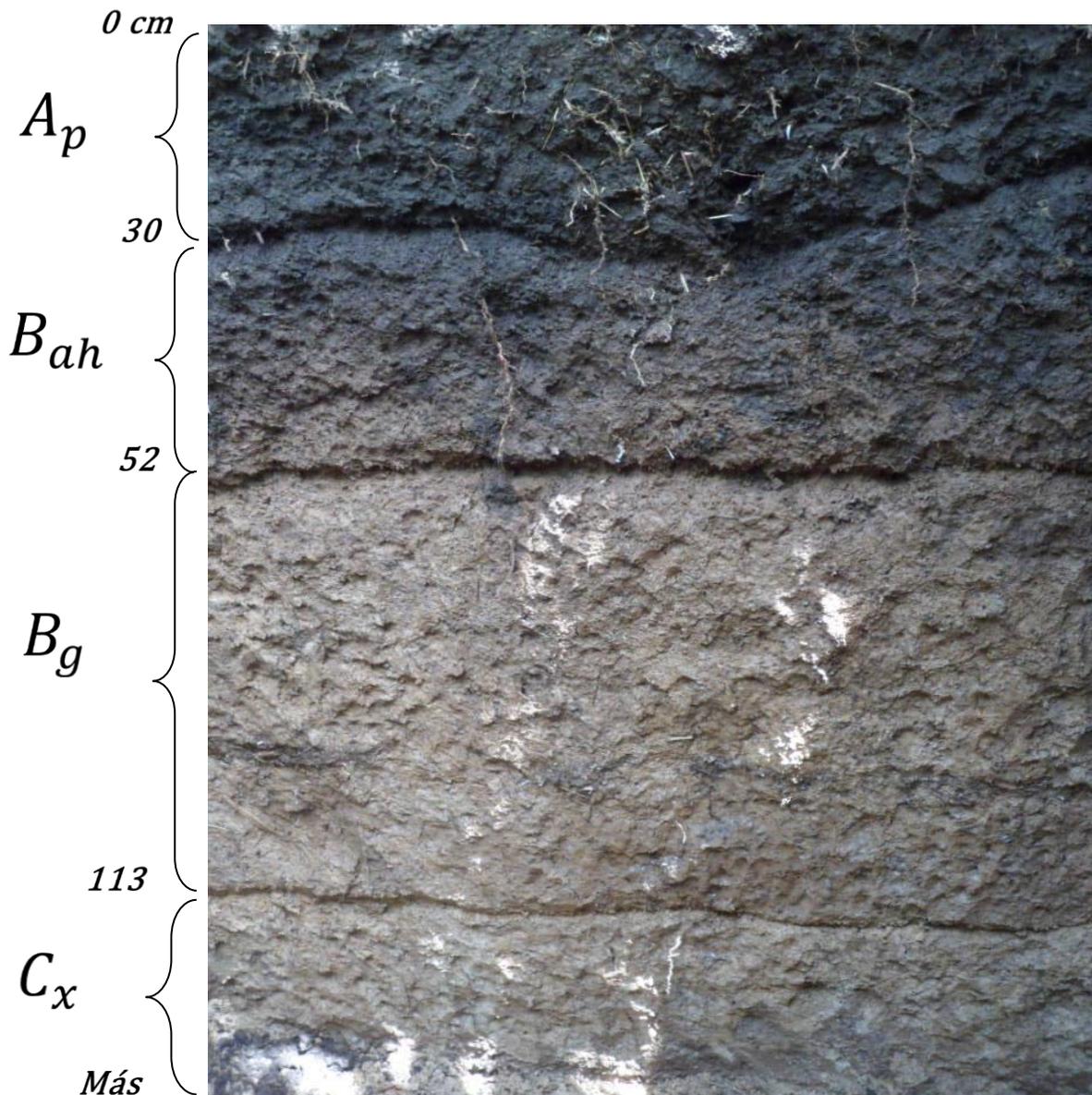
- **Características fisicoquímicas**

El contenido de materia orgánica es normalmente alto ($MO > 2\%$) en la capa superficial, decreciendo abruptamente en el subsuelo. Esta acumulación en la superficie se debe a la

gran cantidad de rastrojos de caña que se integran en las actividades culturales y que se van almacenando en esta capa.

Figura 8.

Perfil representativo, Suelos Jesús María 02, Lote 759020



Fuente: Elaboración Propia.
Fotografía: Br. César Dávila.

La reacción del suelo neutro a muy ligeramente ácido (pH 6.98 a 7.27) en la capa superficial, y ligeramente ácido (pH 7.47) en el subsuelo.

Estos suelos presentan una densidad aparente baja ($D_a=$ 0.94 a 0.97) en la superficie y creciente a medida que se va profundizando en el perfil ($D_a=$ 1.22), los valores de porosidad varía de valores altos (54.98%) en la superficie a valores medios en el subsuelo, $P=$ 48.78%

La conductividad eléctrica se clasifica como poco salinos, con valores que varía de 0.77 a 2.47 milimhos/cm; lo que quiere decir que el efecto salino será nulo o casi nulo y el rendimiento del cultivo de la caña será el óptimo.

- **Características hidrofísicas**

Las velocidades de infiltración realizadas en esta área, presenta en general un comportamiento alto al inicio de la prueba con valores hasta de 68 cm/hr, a medida que desciende al subsuelo y este alcanza su estado de saturación la velocidad es constante y representativa del tipo de suelo en prueba, valores bajos de 1.89 cm/hr; lo que significa que posee un ingreso del agua en el suelo y su correspondiente movimiento moderadamente lento.

La capacidad de humedad disponible alta (% $A. D=$ 14.3%), la capacidad de campo es media ($C.c=$ 31.8%), el Punto de Marchitez Permanente es medio ($PMP=$ 16.8%) y una zona radicular profunda, con más de 1 metro, pero con profundidad efectiva de 40 a 60 cm.

- **Variaciones**

La mayor parte de estos suelos tienen muy pocas a ligeras deficiencias, como, por ejemplo: pendiente, erosión, gravas en el perfil, entre otras; pero no afectan su valor agrícola.

Dentro de los suelos Jesús María fueron identificadas fases que presentan solo o en conjunto deficiencias de topografía (Pendientes a y b), erosión leve (e), y gravas en el perfil (G). Estas fases son las siguientes:

- Jesús María Arcilloso, 0 – 1.5% pendiente, moderadamente profundos, moderadamente drenados, erosión leve con Gravas en el perfil.

(JM a4eG3 III, JM a4egG III).

7.6.2. Suelos Aguajales (AG)

(Vertic Argiustolls)

Suelos profundos y moderadamente profundos, moderadamente drenados, arcillosos y arcillosos limosos, de color negro a gris oscuro que comprenden dos fases de suelo, estos son casi planos a ligeramente inclinados, se encuentran en las zonas de vida Bosque Subtropical Húmedo y Bosque Tropical Seco y sus transiciones. Capacidad de humedad disponible baja a alta, M.O moderada. Localizado al suroeste de Nandaime. Suelos Vérticos (VC) según 1971.

Fase 1: Aguajales Arcilloso, 0 – 1.5% de pendiente, moderadamente profundos, imperfectamente drenados, (***JM-Ag a6pg VI, JM-Ag a4-- VI***).

Área: 316.32 Mz; es decir el 74.0 % del área total de estudio.

- **Generalidades**

Localización y Distribución.

Las unidades de estos suelos se ubican oeste de las antiguas instalaciones del Ingenio Amalia, están distribuidas en el centro y conforman la mayor parte del área de estudio. Están en la parte alta de la cuenca del río Ochomogo y colindan con la vía principal entre Nandaime y Rivas.

Estos suelos están en 9 lotes completos y en el 50% del lote 759030 y en un 70% del lote 759040 colindando con los suelos Jesús María.

Características Geomorfología y Relieve.

Estos suelos forman parte de la denominada Depresión Nicaragüense. Se encuentran en un relieve moderadamente irregular de pendientes casi planas a ligeramente inclinada, se encuentra al suroeste de Nandaime, donde los valores de pendiente en porcentajes varían de 0 a 1.5 y en otra fase de 1.5 a 4%. El material originario sobre el cual se ha desarrollado los suelos está formado de material piroclástico, cenizas volcánicas y rocas del Cuaternario (Holoceno) hasta el reciente.

- **Drenaje**

El drenaje natural va de muy pobre a imperfecto, con permeabilidad lenta gracias a la naturaleza de las partículas, suelos arcillosos descendiendo a la superficie, y a estructura dispuestas en bloques y bloques subangulares. El escurrimiento superficial es lento por la disposición del relieve, debido a que el agua se elimina de manera lenta presenta altos porcentajes de humedad con relación a suelos similares.

- **Características morfogénicas**

Estos suelos se caracterizan por ser profundos a moderadamente profundos y en algunas fases del suelo moderadamente superficial. Con una secuencia de horizontes *Ap-Bat-Bt-C* (Figura 16). Con drenaje muy pobre, desarrollados de rocas piroclásticas, pómez en meteorización y cenizas volcánicas, donde se nota que en suelo está en proceso de desarrollo.

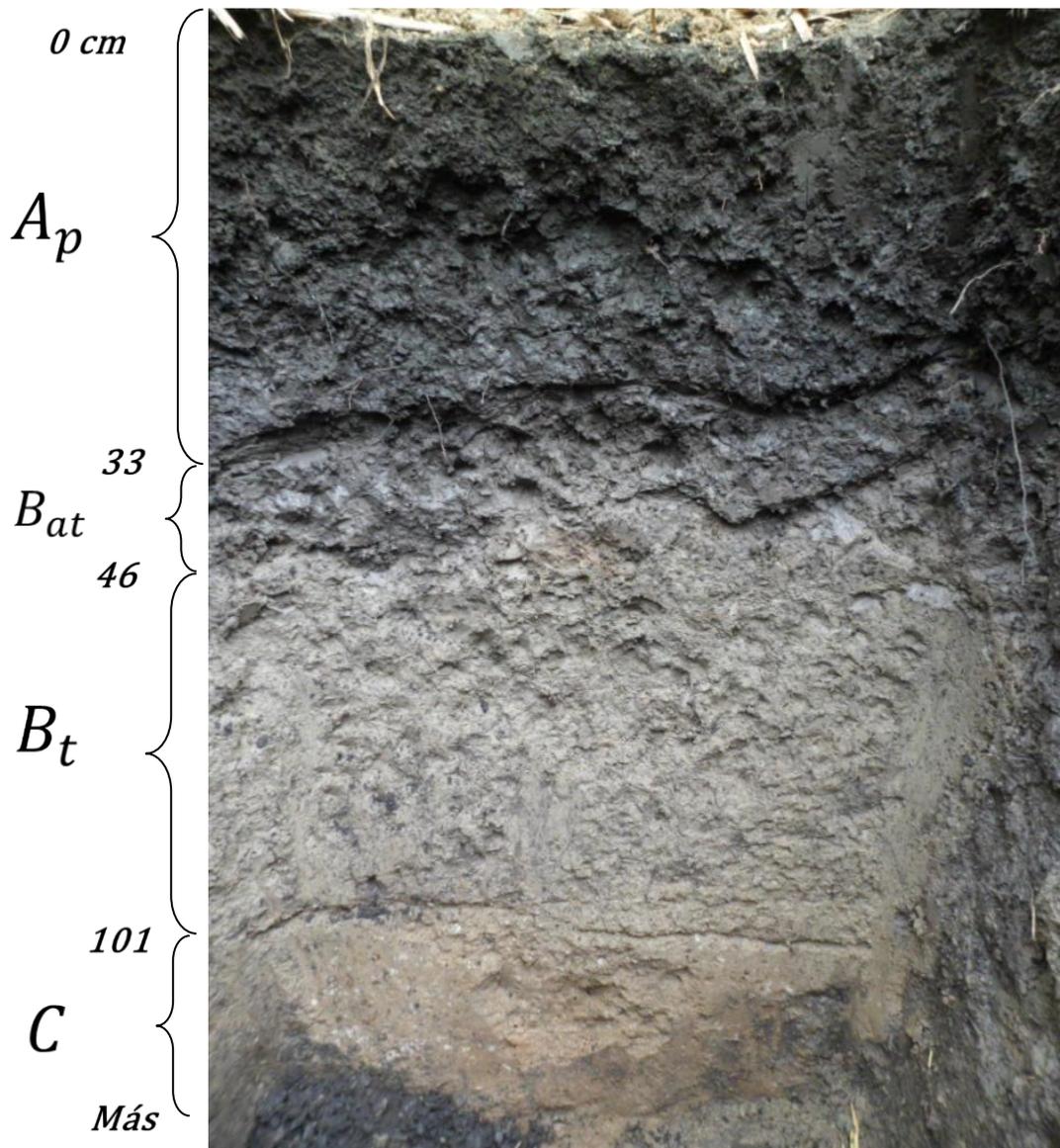
Estos suelos pertenecen al Orden Mollisol, pero como están asociados a los suelos Vérticos y Vertisoles no diferenciados, poseen algunas características de estos suelos en asociación; de manera que presentan en el perfil una capa superficial moderadamente gruesa (0 – 33 cm), de textura normalmente arcillosa, de consistencia firme y una porosidad media, de color Gris oscuro en seco y negro en húmedo, ligeramente plástico y muy pocas raíces de finas a muy finas al descender sobre el perfil.

El subsuelo es generalmente moderadamente desarrollado (menor o igual a medio metro), arcilloso, friable y porosidad media, con una estructura dispuesta en bloques angulares moderados de clase gruesos, con indicio de descomposición de materia orgánica y actividad biológica. Una característica encontrada en todo el subsuelo y al descender, es la acumulación de arcilla silicatada que se ha formado y ha sido subsecuentemente translocada en el horizonte o movida por iluviación dentro de él. Presenta gravas en el perfil de finas a muy finas hasta un 20%.

Los horizontes de este perfil representativo presentan límites netos a bruscos en la parte más inferior de la sección y con formas marcadas desde irregulares a planas, el material limitante toba meteorizada, pero no es el material de origen.

Por la naturaleza de este suelo con respecto a sus partículas que lo conforman al explorar las raíces, las cantidades encontradas pocas a muy pocas y finas, estas se alojaban en los espacios disponibles que deja la disposición de las partículas, estructura en bloques angulares.

Figura 9.
Perfil representativo, Suelos Aguajales 01, Lote 759100



Fuente: Elaboración Propia.
Fotografía: Br. César Dávila.

- **Características fisicoquímicas**

El contenido de materia orgánica es normalmente bajo (0.35%) en la capa superficial, lo que quiere decir que está en un estado de humificación y todavía no es aprovechable; sin embargo para el subsuelo hay valores fluctuantes desde 0.22 a 1.17 %, de manera que se puede decir que a través del tiempo se ha lixiviado.

La reacción del suelo se puede clasificar de muy ligeramente alcalino a medianamente alcalino (pH 7.31 a 8.25) en todo el perfil del suelo, debido a la mayoría de las bases que no han sido lavadas por escasa precipitación.

La evaluación de la densidad aparente es de baja a media ya que presenta valores de 1.01 a 1.2 gr/cm^3 , en donde la estimación más alta es en la capa superficial, $D_a= 1.2 gr/cm^3$. Los valores de porosidad varían de valores altos ($P= 52.21$ a 52.94 %) en la superficie y se mantiene con valores medios ($P=52.01$ a 49.27 %).

La conductividad eléctrica se clasifica como No salinos a poco salinos, con valores que varía de 0.67 a 2.00 milimhos/cm; lo que quiere decir que el efecto salino será nulo o casi nulo y el rendimiento del cultivo no se afecta.

- **Características hidrofísicas**

Las velocidades de infiltración realizadas en esta área, presenta en general un comportamiento moderado al inicio de la prueba con valores hasta de 16 cm/hr, a medida que desciende al subsuelo y este alcanza su estado de saturación la velocidad es constante y representativa del tipo de suelo en prueba, valores bajos de 0.77cm/hr; lo que significa que posee un ingreso del agua en el suelo y su correspondiente movimiento lento.

La capacidad de humedad disponibles es Alta (%A. $D= 18.89\%$), la capacidad de campo es alta ($C.c= 41.05\%$) el Punto de Marchitez Permanente es medio ($PMP= 22.16\%$) y una zona radicular profunda, con más de 1 metro, pero con profundidad efectiva de 40 a 60 cm.

7.6.3. Suelos JM Aguajales (AG)

(Vertic Argiustolls)

Fase 2: Aguajales Arcilloso, 1.5 – 4% de pendiente, moderadamente profundo, moderadamente drenado y erosión leve. (*JM-Ag b6p - VI*).

Área: 54.94 Mz; es decir el 12.9% del área total de estudio.

Suelos profundos y moderadamente profundos, moderadamente drenados a imperfecto, arcillosos, arcillosos limosos y francos arcillosos, de color pardo a pardo muy oscuro. Suelos casi planos a ligeramente inclinados. La capacidad de humedad disponible es de moderada a alta, M.O moderada.

- **Generalidades**

Localización y Distribución

Las unidades de estos suelos están ubicadas, en la parte sur del área de estudio, comprendiendo los lotes 759120, 759180 y un 20% de inclusión en el lote 759130 por lo que, están distribuidos de este a oeste sobre las partes altas de la cuenca del río Ochomogo.

Características Geomorfológicas y Relieve

Estos suelos forman parte de la denominada Depresión Nicaragüense. Se encuentran en un relieve moderadamente irregular de pendientes casi planas a ligeramente inclinadas, se encuentra al suroeste de Nandaime, donde los valores de pendiente en porcentajes varían de 0 a 1.5% y en otra fase de 1.5 a 4% o hasta 8%. El material originario sobre el cual se han desarrollado los suelos está formado de material piroclástico (toba meteorizada), cenizas volcánicas y rocas del Cuaternario (Holoceno) hasta el reciente.

- **Drenaje.**

El drenaje natural va de escaso a moderado, con permeabilidad lenta debido a la naturaleza de las partículas, suelos arcillosos descendiendo a la superficie, con una estructura prismática gruesa. El escurrimiento superficial es lento debido a la disposición del terreno; es decir relieve. Debido a que el agua se elimina de manera lenta presenta altos porcentajes de humedad con relación a suelos similares.

- **Características morfogénicas**

Estos suelos se caracterizan por ser profundos a moderadamente profundos y en algunas fases del suelo moderadamente superficial. Presentan una secuencia de horizontes A-Bat-C. Con drenaje moderado a imperfecto, desarrollado de rocas piroclásticas además se encontró una capa endurecida en el último horizonte, pómez en meteorización y cenizas volcánicas, donde se nota que el suelo está en proceso de desarrollo.

Estos suelos pertenecen al Orden Mollisol pero como están asociados a los suelos Vérticos y Vertisoles no diferenciados, poseen algunas características de estos suelos en asociación; de manera que presentan en el perfil una capa superficial moderadamente gruesa (0 – 35 cm), de textura normalmente arcillosa a arcillo limosa, de consistencia firme y una porosidad media, de color Gris parduzco claro en seco y pardo oscuro en húmedo, ligeramente plástico y muy pocas raíces de finas a muy finas al descender sobre el perfil. Con pocos poros finos y muy finos.

El subsuelo es generalmente moderadamente desarrollado de los 35 a 72 cm de profundidad de textura arcillosa, con estructura en bloque y extremadamente duro en seco y porosidad media. Con indicio de descomposición de materia orgánica y muy poca actividad biológica. Hay material meteorizado de color amarillo en el último horizonte.

Por la naturaleza de este suelo con respecto a sus partículas que lo conforman al explorar las raíces la cantidad encontrada corresponde de pocas a muy pocas y finas, estas se alojaban en los espacios disponibles que deja la disposición de las partículas.

La descripción del perfil representativo se presenta en forma detallada en la siguiente imagen.

Imagen 11.

Perfil representativo, Suelos Aguajales 06, Lote 759180



Fuente: Elaboración Propia.
Fotografía: Br. César Dávila.

- **Características hidrofísicas**

Las velocidades de infiltración realizadas en esta área, presenta en general un comportamiento alto al inicio de la prueba con valores hasta de 42 cm/hrs, a medida que desciende al subsuelo y este alcanza su estado de saturación la velocidad es constante y representativa del tipo de suelo en prueba, valores bajos de 0.30 cm/hr; lo que significa que posee un ingreso del agua en el suelo lento.

La capacidad de humedad disponibles es Alta (%A.D= 18.82%), la capacidad de campo es Alta (C.c= 40.91%) el Punto de Marchitez Permanente es medio (PMP= 22.09%) y una zona radicular profunda, con más de 1 metro.

7.7. Evaluación de las principales características de los Suelos encontrados

Los suelos productivos de la finca Jesús María ubicados en Nandaime, pertenecientes a CASUR, fueron sometidos a varias pruebas de campo con el objetivo de tener una evaluación de sus características morfológicas e Hidrofísicas, como factores de gran importancia a considerar en la producción agrícola por la empresa. Esta evaluación se hará tomando como referencia el LEVANTAMINETO DE LOS SUELOS DE LA REGION DEL PACIFICO DE NICARAGUA, realizado por la direccion ejecutiva de Catastro en 1971. Ya que este es el estudio mas importante en el ramo y que es referencia a nivel nacional.

Por tratarse este de un estudio a detalle, respecto a la referencia antes mencionada la evaluacion se divide en características morfológicas y características hidrofísicas respectivamente:

7.7.1. Características Morfológicas

Se identificaron tres tipos de suelos en el área de estudio, diferenciados por sus características generales y de formación están incluidos en la orden de los Mollisol, y el Gran Grupo Argiustolls, con dos subgrupos predominantes que son: los Typic Argiustolls y los Vertic Argiustolls, que son suelos con texturas de arcillas medias y livianas con rangos entre 35 a 60% de arcilla, con pendientes de 0 a 8%

Son suelos profundos a moderadamente profundo, con una estructura superficial de bloques y bloques subangulares en algunos casos; de igual forma en el subsuelo, presentan consistencia en seco que va de duro a extremadamente duro y en húmedo va de friables a muy friable. Presentan porosidad de alta a media con raíces comunes y abundantes en el perfil, con una variación en los valores de densidad aparente en los tres perfiles representativos considerados en el estudio y son Media, baja y muy baja, respectivamente.

En los suelos Jesús María en sus dos fases, presentan colores muy marcados que los diferencian, ya que varían desde pardo grisáceo muy oscuro en la superficie a colores claros como el pardo amarillento en el subsuelo y en el caso de los suelos aguajales pardos grisáceos, Gris parduzco claro en seco y pardo oscuro en húmedo; esta cualidad producto de su desarrollo a través del tiempo y de sus orígenes, por lo que; se encontró en el material

limitante: toba, cenizas volcánicas y piedra pómez, en toda su distribución, característicos de los suelos Molisoles en nuestro país.

7.7.2. Características hidrofísicas

Las características Hidrofísicas de los suelos en el área de estudio corresponde a los tipos de suelo encontrados, considerando que estos suelos han sido explotados desde hace mucho tiempo se han mantenido dichas características para la producción agrícola.

Por lo que puedo mencionar que tenemos valores muy aceptables de capacidad de campo para este tipo de suelos, por los rangos encontrados de 31 a 41%, que son valores que clasifican con media y alta retención de humedad. Así también puedo describir como aceptables, el punto de marchitez permanente y la humedad disponible.

El movimiento del agua en el perfil del suelo, según las características morfológicas mencionadas se clasifican en lenta, moderadamente lenta y moderada por las pruebas de velocidades de infiltración realizadas en toda el área de estudio (0.3 a 3.9 cm/hr) y dichos valores están en el rango permisible de los Molisoles.

En estos suelos, se propicia un buen desarrollo radicular por todas las características antes mencionadas ya que pueden anclarse y extenderse a profundidades de 60 cm X 100 cm de exploración horizontal aproximadamente.

En la tabla siguiente se presenta un resumen de la evaluación, ya que muestra los valores calculados tanto de la caracterización morfológica e hidrofísicas, donde describe que los suelos evaluados en la finca Jesús María ubicada en el Municipio de Nandaime, perteneciente a CASUR está en el límite de sus intervalos de clasificación con respecto a los valores referidos por el Servicio de conservación de suelo de los Estados Unidos. USDA.

Según esta evaluación considero que CASUR, puede continuar produciendo de manera segura obteniendo rentabilidad con la explotación de los suelos de esta finca, ya que son suelos jóvenes y aun en etapa de desarrollo.

Tabla 19.
Clasificación de suelos encontrados

Resumen de evaluación de suelos encontrados											
Nombre del Suelo	Fases de suelos	Veloc. Infil. cm/h		Densidad Aparente gr/cm ³		Capac. Campo %		March. Perma. %		Hum. Utiliz. %	
		Parámetro (USDA)	Valor determ.	Parámetro (USDA)	Valor determ.	Parámetro (USDA)	Valor determ.	Parámetro (USDA)	Valor determ.	Parámetro (USDA)	Valor determ.
Jesús María	Jesús María Arcilloso (JM a4eG3 III, JM a4egG III)	(0.01 - 1.5)	1.89	(1.2 - 1.4)	0.98	(31 - 40)	31.08	(15 - 20)	16.78	(15 - 25)	14.3
Aguajales	Aguajales Arcilloso (JM-Ag a6pg VI, JM-Ag a4-- VI)		0.77		1.05		41.05		22.16		18.89
	Aguajales Arcilloso (JM-Ag b6p - VI).		0.3		1.21		40.91		22.09		18.82

FUENTE: Elaboración propia y Grassi. C. Métodos de Riego. 1976.

VIII. CONCLUSIONES

Concluyo mi trabajo de monografía reflejando las acciones e interpretaciones de los resultados obtenidos quedando detallados de la siguiente manera:

- ❖ Se realizaron sondeos de suelos de manera que permitió la elaboración de mapas de series y fases de suelo del área de estudio; en la cual cada una representa una unidad de suelo con características similares. Estos sondeos se realizaron a una relación de 1: 9; es decir un sondeo por cada 9 Ha.
- ❖ Los Suelos identificados fueron 2: Suelos Jesús María (JM) y Suelos Aguajales (AG), en estos últimos se encontraron dos fases de suelos, además de inclusiones de la Serie de suelos Nandaime (NN), donde dicha evaluación no refiere ninguna caracterización de ellos. Clasificados agrologicamente en: Clase III y Clase VI, presentando limitaciones particulares como profundidad efectiva, drenaje, erosión y gravas en la superficie y en el perfil.
- ❖ Las propiedades hidrofísicas de los suelos se definen de la siguiente manera:
 - Los valores de velocidad de infiltración van desde 0.3 a 1.89 cm/hr, para estos valores se puede considerar un riesgo de ocasionar encharcamiento y escorrentía moderada, donde esto se debe de tomar en consideración a la hora de evaluar los métodos de riego implementados.
 - La Capacidad de campo se clasifica de alta a media, con una capacidad de retención de humedad alta a media también, destacando dentro estos los suelos Vérticos, Aguajales en sus dos fases, con 41.05 a 40.91 % respectivamente y Suelos Jesús María, con valores hasta los 31%.
- ❖ La variedad *CP-722086* presenta un sistema radicular desarrollado y profundo, sin embargo, la mayor concentración radicular (peso radicular) se situó lateralmente a partir del tallo a los 40 cms. y en los primeros cm. de profundidad del suelo y alrededor de las cepas. cabe destacar la edad de esta variedad en la cual se desarrolló en

estudio, Caña Planta. La mayor profundidad alcanzada por el sistema radicular fue de 80 a 100+ cms.

- ❖ La profundidad efectiva, en la mayoría de los suelos encontrados, son afectados por materiales piroclásticos emitidos por actividad volcánica, donde los materiales más comunes son toba meteorizada, cenizas, escoria y en proporciones moderadas la pómez, esta deficiencia de suelo se traduce como un efecto al desarrollo de las raíces de la caña y por consiguiente a bajos rendimientos de producción.

IX. RECOMENDACIONES

- ❖ Establecer o marcar los límites operativos de cada suelo y fase de suelo considerando la agrupación de las propiedades morfológicas presentadas, utilizando los mapas generados en este estudio.
- ❖ Considerar el uso de los datos hidrofísicos generados en este estudio para los diseños operativo de riego en esta finca, según la metodología que permita hacer una mejor explotación y aprovechamiento de los recursos suelo y agua.
- ❖ Complementar el estudio de las características morfológicas e hidrofísicas con un estudio detallado a nivel de fincas de Propiedades Químicas y Estudios de Fertilidad, tomando como referencia los datos presentados en el estudio, para proporcionar una herramienta más completa al equipo técnico de CASUR y respalde la toma de decisión y manejo agronómico del cultivo.

X. BIBLIOGRAFIA.

- Honorato P. Ricardo 2000 – Manual de Edafología. Editorial Alfaomega. 267 p. Cuarta edición, Chile.
- Espinales, E. (1971). *LEVANTAMIENTO DE LOS SUELOS DE LA REGION DEL PACIFICO DE NICARAGUA, DESCRIPCION DE SUELOS, 2da ed.* Managua, Nicaragua. Dirección ejecutiva de Catastro. MAG, Departamento de Suelos y Dasonomía.
- Rodriguez, I; et-al (2002). *Actualizacion del estado del recurso suelo y capacidad de uso de la tierra de los municipios de Santa Teresa y Nandaime.* Informe de suelo, UNA-FARENA. Managua-Nicaragua.
- Marín E. 1990. Estudio Agrológico y su aplicación al desarrollo productivo agropecuario región IV. Informe final “Ordenamiento del Sistema Productivo Agropecuario. Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG). Managua, Nicaragua. 240 pp.
- Leighton, W. L (1982). *TAXONOMIA DE SUELOS, Un Sistema Básico de Clasificación de Suelos para Hacer e Interpretar Reconocimiento de Suelo. Soli Suvery Staff.* Version abreviada en Español de “Soli Taxonomy”, Universidad de Chile. 258 p.
- Boul, S.W., Hole, F.D., McCracken, R.J. & Southard, R.J. 1997. Soil Genesis and Classification. Fourth Edition. Iowa State University Press / Ames. Unite State of America. 527 pp.
- Marín E. (1990). *Estudio Agrológico y su aplicación al desarrollo productivo agropecuario región IV. Informe final “Ordenamiento del Sistema Productivo Agropecuario.* Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG). Managua, Nicaragua. 240 pp.
- Soil Survey Staff. (1999). *"Soil Taxonomy A Basic Sistem Of Soil Classification For Making And Interpreting Soil Surveys".* USDA 2 Edition. pp 869.
- Ortega, V. P; Bonilla, E. A. (2010). *Aplicación de los Sistemas de Infirmacion Geografica para la planificacion del Uso Potencial de los suelos del Centro*

- Experimental Agrícola (CEA-UNI)*. Tesis para optar al grado de Ingeniero Agrícola. Universidad Nacional de ingeniería. Managua, Nicaragua.
- Cerda, C. J; Matus, K. J. (2008). *Determinacion de las Caracteristicas Hidrofisicas del suelo y el desarrollo radicular de la Caña de Azúcar En El Ingenio Monte Rosa*. Tesis para optar al grado de Ingeniero Agrícola. Universidad Nacional de ingeniería. Managua, Nicaragua.
 - García, E. I. (2004). *Caractrerización Fisico-Quimico y Morfológica Para El Uso y Manejo De Los Suelos De La “Finca La Puebla”, Municipio Las Flores, Departamento de Masaya*. Tesis para optar al grado de Ingeniero Agrícola. Universidad Nacional de ingeniería. Managua, Nicaragua.
 - López, L. S.; Méndez, J.(2011). *Guía de Prácticas de Campo y Laboratorio de la Asignatura Fundamentos del Suelo*, Universidad Nacional de Ingenieria, Managua-Naicaragua.
 - Instituto de Suelos, Academia de Ciencias de Cuba. *Genesis y Clasificación de los Suelos de Cuba*. 1973. (Texto explicativo del Mapa Genético de los suelos de Cuba, escala 1: 250,000). 311 p.
 - Cuaresma, T.; Morraz, J. (2012). *Manual basico de algunas Herramientas de ArcGis 10*. DGOT-INETER. Managua, Nicaragua. 35 p
 - Thompson, L.M.; Troeh, F.R. (1988). *Los Suelos y su Fertilidad*. Mc Graw Hill Book Company, New York, USA. Edición Original. 639 p.
 - Pacheco, J.; Rodriguez, N.; Pujol, O. Barreiro, E. (1995). *Riego y Drenaje*. Editorial Pueblo y Educación. La Habana, Cuba.
 - Seminario: “Suelos Analogos”. Tomo I. 1978. Ministerio de Agricultura y Ganadería. Centro Nacional de Capacitación (CENCA). 103 p.
 - Cartoteca, R. (2011) Tutorial (nivel básico) para la Elaboración de Mapas con ArcGis. Universidad Autónoma de Madrid, España. 48 p.
 - Valverde, J.C. (2007), *Riego y Drenaje*. 2 reimp de la 1ra ed. San Jose, C.R : EUNED. 244 p.

Literatura citada

- Catastro e Inventario de Recursos Naturales, (1978), *Recursos de la Costa Atlántica, Departamento de Zelaya, “Reconocimiento Edafológico de la Región Sureste”* Managua D.N. Nicaragua.

- Soil Survey Staff. 1999. "Soil Taxonomy A Basic Sistem Of Soil Classification For Making And Interpreting Soil Surveys". USDA 2 Edition. pp 869.

Paginas web

- ❖ <http://www.monografias.com>
- ❖ <http://ingenieria.uaslp.mx>
- ❖ <http://es.scribd.com>
- ❖ www.edafologia.com.ar
- ❖ <http://www.interempresas.net>

XI. ANEXOS DE TABLAS

Tabla 20.
Profundidad efectiva

SIMBOLOGIA	CLASIFICACION	DESCRIPCION
1	> 90 cm	Profundo
2	60 – 90 cm	Moderadamente profundo
3	40 – 60 cm	Poco profundo
4	25 – 40 cm	Superficial
5	< 25 cm	Muy superficial

Valores o rangos que se usan para clasificar los suelos según la profundidad

Tabla 21.
Clasificación de Textura

SIMBOLOGIA	CLASIFICACION	DESCRIPCION
0	MUY GRUESA	Arena gruesa, grava
1	GRUESA	Arena media, arena fina, arena muy fina, areno francoso grueso y areno francoso medio.
2	MODERADAMENTE GRUESA	Areno francoso muy fino, franco arenoso grueso, franco arenoso medio y franco arenoso fino.
3	MEDIA	Franco arenoso muy fino, franco, franco limoso y limo.
4	MODERADAMENTE FINA	Franco arcilloso, franco arcillo arenoso y franco arcillo limoso.
5	FINA	Arcillo arenoso, arcillo limoso y arcilloso con menos de 60% arcilla.
6	MUY FINA	Arcilla pesada (Vertisoles) con > 60% de arcilla.

Valores o rangos que se usan para clasificar la textura de los suelos

Tabla 22.
Clasificación del drenaje

SIMBOLOGIA	CLASIFICACION
0	Drenaje excesivo
1	Drenaje ligero o moderadamente excesivo
2	Bien drenado
3	Moderadamente bien drenado
4	Drenaje imperfecto
5	Drenaje pobre
6	Drenaje muy pobre

Factores limitantes o modificadores del uso de la tierra (Denominador)

Tabla 23.
Pendiente del terreno

SIMBOLOGIA	CLASIFICACION	DESCRIPCION
A	< 1.5 %	Casi horizontales
B	1.5 – 4 %	Ligeramente ondulado - Ligeramente inclinado
C	4 – 8 %	Moderadamente ondulado – inclinado
D	8 – 15 %	Fuertemente ondulado – inclinado
E	15 – 30 %	Moderadamente escarpado – colinado
F	30 – 75 %	Escarpado a muy escarpado
G	> 75 %	Montañoso o precipicio

clasificación y representación del porcentaje de pendiente de los suelos

Tabla 24.
Materiales que limitan la profundidad.

SIMBOLOGIA	CLASIFICACION
1	Arcilla impermeable o prácticamente impermeable.
2	Arena gruesa – estrato demasiado grueso para retener agua para el mantenimiento de las plantas.
3	Material cementado: grava, escoria, ceniza volcánica o pómez.
4	Material suelto: grava, escoria, cenizas volcánicas o pómez.
5	Duripán (talpetate) – principalmente sílice cementada.
6	Toba (cantera).
6p	Toba o conglomerado de fragmentos piroclásticos.
7	Formaciones sedimentarias – principalmente lutita, areniscas o concha (roca sedimentaria).
8	Piedra caliza.

9	Rocas duras cristalinas: 9-ignimbritas; 9b-basalto y/o andesita; 9c-granito; 9r-rhyolita; 9m-brecha; 9n-esquisto.
P	Material piroclástico (rocas piroclásticas) no diferenciado, esto incluye 3 – 4 – 6 y 6p.
t	Presencia de talpetate o Duripán.

Tabla 25.
Clasificación de erosión

SIMBOLOGIA	CLASIFICACION
e	Erosión moderada.
ee	Erosión fuerte. Fuertes restricciones para uso y productividad.
E	Erosión severa. Protección de los Recursos Naturales
v	Erosión de ligera a moderada ocasionada por el viento

Tabla 26.
Fragmentos rocosos

%	DESCRIPCIÓN
15 a 35	(g1) Gravoso superficie
35 a 60	(g2) Muy gravoso en la superficie
>60	(g3) Extremadamente gravoso en la superficie
8 - 15	(G1) Gravas en el perfil
15 - 45	(G2) Gravas en el perfil
>45%	(G3) Gravas en el perfil
>45%	(C3) Guijarroso y/o Pedregoso sobre la superficie y dentro del perfil del suelo

Tabla 27.
Clasificación de Tabla de agua alta

SIMBOLOGIA	CLASIFICACION
w	Restricciones temporales para el crecimiento de las raíces (Nivel de agua entre 40 – 90 cm).
ww	Restricciones severas para el crecimiento de las raíces (Nivel de agua 25 a 40 cm).

Tabla 28.
Clasificación de Inundaciones

SIMBOLOGIA	CLASIFICACION
i	Inundaciones ocasionales.
ii	Inundaciones frecuentes.

Tabla 29.
Clasificación de la Salinidad encontrada en la descripción de perfiles de suelo

SIMBOLOGIA	CLASIFICACION
s	Salinidad leve a moderada.
ss	Salinidad moderada a severa.
sa	Salinidad leve a moderada y condiciones sódicas (álcali) de leve a moderada.
saa	Salinidad leve a moderada y condiciones sódicas (álcali) de moderada a severas.

Tabla 30.
Densidad aparente (Da)

Evaluación	gr/cm ³
Muy alta	> 1.65
Alta	1.2 - 1.65
Media	0.85 - 1.2
Baja	0.6 - 0.85
Muy baja	< 0.6

FUENTE: Eduardo Marín C, Def. y Parámetros de variables Edafológicas. 1979.

Tabla 31.
Densidad real (Dr)

Evaluación	Densidad Real gr/cm ³
Bajo	<2.40
Medio	2.40 – 2.60
Alto	2.60 – 2.80
Muy Alto	>2.80

Fuente: Guía de campo y de Laboratorio de Edafología. UNI-FTC

Tabla 32.
Clasificación de la Porosidad (P)

Evaluación	%
Muy Alta	>65
Alta	55 – 65
Media	45 – 55
Baja	40 – 45
Muy Baja	<40

Fuente: Guía de campo y de Laboratorio de Edafología. UNI-FTC

Tabla 33.
Resumen de las Propiedades del suelo

Textura	Veloc. Infil. cm/h	Porosidad %	P. esp. Apparent. gr/cm ³	Capac. Campo %	March. Perma. %	Hum. Utiliz. %
Arenosos	5 (2 - 25)	38 (32 - 42)	1.65 (1.5 - 1.8)	9 (6 - 12)	4 (2 - 6)	8 (7 - 18)
Franco arenosos	2.5 (1.3 - 7.6)	43 (40 - 47)	1.50 (1.4 - 1.6)	14 (10 - 18)	6 (4 - 8)	12 (9 - 15)
Franco	1.3 (0.8 - 2.0)	47 (43 - 49)	1.40 (1.3 - 1.5)	22 (18 - 26)	10 (8 - 12)	17 (14 - 19)
Franco arcillosos	0.8 (0.2 - 1.5)	49 (47 - 51)	1.35 (1.3 - 1.4)	27 (23 - 31)	13 (11 - 15)	19 (17 - 22)
Arcillo arenoso	0.25 (0.03 - 0.5)	51 (49 - 53)	1.30 (1.2 - 1.3)	31 (27 - 35)	15 (13 - 17)	23 (18 - 23)
Arcillosos	0.05 (0.01 - 0.1)	53 (51 - 55)	1.25 (1.2 - 1.3)	35 (31 - 39)	17 (15 - 19)	23 (20 - 25)

FUENTE: Grassi. C. Métodos de Riego. 1976.

Determinación de la Capacidad de campo (Método del Metro cuadrado).

Tabla 34.
Primer punto muestreado, día 1.

Determinación de la Capacidad de campo								
Zona:	Nandaime 2		Finca:	Jesús María		Coordenadas	X	Y
N° de Muestra:	1.1		Lote:	759020			605706	1298768
Profundidad (cm)	Tara	PT (gr)	T+S.H. (gr)	S.H (gr)	T+S.S (gr)	S.S (gr)	H2O (gr)	C.C (%)
0 - 20	56	14.1	80.45	66.35	62.8	48.7	17.65	36.24
20 - 40	18	13.45	72.8	59.35	55.35	41.9	17.45	41.65
40 - 60	33	14.35	88.85	74.5	65.95	51.6	22.9	44.38

Fuente: Propia

Tabla 35.
Primer punto muestreado, día 2.

Determinación de la Capacidad de campo								
Zona:	Nandaime 2		Finca:	Jesús María		Coordenadas	X	Y
N° de Muestra:	1.2		Lote:	759020			605706	1298768
Profundidad (cm)	Tara	PT (gr)	T+S.H. (gr)	S.H (gr)	T+S.S (gr)	S.S (gr)	H2O (gr)	C.C (%)
0 - 20	17	14.15	107.65	93.5	83.5	69.35	24.15	34.82
20 - 40	95	14.15	105.95	91.8	80.75	66.6	25.2	37.84
40 - 60	33	14.1	99.8	85.7	78.1	64	21.7	33.91

Fuente: Propia

Tabla 36.
Primer punto muestreado, día 3.

Determinación de la Capacidad de campo								
Zona:	Nandaime 2		Finca:	Jesús María		Coordenadas	X	Y
N° de Muestra:	1.3		Lote:	759020			605706	1298768
Profundidad (cm)	Tara	PT (gr)	T+S.H. (gr)	S.H (gr)	T+S.S (gr)	S.S (gr)	H2O (gr)	C.C (%)
0 - 20	37	14	105.35	91.35	82.6	68.6	22.75	33.16
20 - 40	92	14.2	101.65	87.45	78.05	63.85	23.6	36.96
40 - 60	74	13.9	108.95	95.05	85.65	71.75	23.3	32.47

Fuente: Propia

Tabla 37.
Primer punto muestreado, día 4.

determinación de la Capacidad de campo								
Zona:	Nandaime 2		Finca:	Jesús María		Coordenadas	X	Y
N° de Muestra:	1.4		Lote:	759020			605706	1298768
Profundidad (cm)	Tara	PT (gr)	T+S.H. (gr)	S.H (gr)	T+S.S (gr)	S.S (gr)	H2O (gr)	C.C (%)
0 - 20	92	14.2	94.45	80.25	75.35	61.15	19.1	31.23
20 - 40	84	13.8	84.75	70.95	65.85	52.05	18.9	36.31
40 - 60	90	13.75	108.15	94.4	85.05	71.3	23.1	32.4

Fuente: Propia

Tabla 38.
Primer punto muestreado, día 5.

Determinación de la Capacidad de campo								
Zona:	Nandaime 2		Finca:	Jesús María		Coordenadas	X	Y
N° de Muestra:	1.5		Lote:	759020			605706	1298768
Profundidad (cm)	Tara	PT (gr)	T+S.H. (gr)	S.H (gr)	T+S.S (gr)	S.S (gr)	H2O (gr)	C.C (%)
0 - 20	92	14.2	80.7	66.5	65.3	51.1	15.4	30.14
20 - 40	15	13.8	88.95	75.15	71.25	57.45	17.7	30.81
40 - 60	90	13.75	77.8	64.05	62.1	48.35	15.7	32.47

Fuente: Propia

Tabla 39.
Primer punto muestreado, día 6.

Determinación de la Capacidad de campo								
Zona:	Nandaime 2		Finca:	Jesús María		Coordenadas	X	Y
N° de Muestra:	1.6		Lote:	759020			605706	1298768
Profundidad (cm)	Tara	PT (gr)	T+S.H. (gr)	S.H (gr)	T+S.S (gr)	S.S (gr)	H2O (gr)	C.C (%)
0 - 20	26	13.95	114.05	100.1	90.5	76.55	23.55	30.76
20 - 40	17	14.2	83.3	69.1	67.1	52.9	16.2	30.62
40 - 60	92	14.25	94.55	80.3	75.15	60.9	19.4	31.86

Fuente: Propia

Tabla 40.
Resumen de C.C. en 6 días analizados en el primer punto.

Capacidad de campo acumulada						
Finca:	Jesús María		Muestra:	1	Lote:	759020
Profundidad (cm)	Día 1	Día 2	Día 3	Día 4	Día 5	Día 6
0 - 20	30.70	21.77	12.97	34.51	33.17	36.25
20 - 40	31.86	22.15	15.35	41.40	32.29	41.68
40 - 60	31.30	20.16	12.96	37.59	36.30	44.17
Promedio	31.29	21.36	13.76	37.83	33.92	40.70

Fuente: Propia

Tabla 41.
Segundo punto muestreado, día 1.

Determinación de la Capacidad de campo								
Zona:	Nandaime 2		Finca:	Aguajales 01		Coordenadas	X	Y
N° de Muestra:	2.1		Lote:	759100				
Profundidad (cm)	Tara	PT (gr)	T+S.H. (gr)	S.H (gr)	T+S.S (gr)	S.S (gr)	H2O (gr)	C.C (%)
0 - 20	67	13.65	82.05	68.4	62.15	48.5	19.9	41.03
20 - 40	41	13.85	75.85	62	55.85	42	20	47.62
40 - 60	57	14.85	90.3	75.45	66.4	51.55	23.9	46.36

Fuente: Propia

Tabla 42.
Segundo punto muestreado, día 2.

Determinación de la Capacidad de campo								
Zona:	Nandaime 2		Finca:	Aguajales 01		Coordenadas	X	Y
N° de Muestra:	2.2		Lote:	759100				
Profundidad (cm)	Tara	PT (gr)	T+S.H. (gr)	S.H (gr)	T+S.S (gr)	S.S (gr)	H2O (gr)	C.C (%)
0 - 20	100	13.85	94.85	81	80.7	66.85	14.15	21.17
20 - 40	56	14.25	73.3	59.05	60.35	46.1	12.95	28.09
40 - 60	80	13.05	84.8	71.75	70.15	57.1	14.65	25.66

Fuente: Propia

Tabla 43.
Segundo punto muestreado, día 3.

Determinación de la Capacidad de campo								
Zona:	Nandaime 2		Finca:	Aguajales 01		Coordenadas	X	Y
N° de Muestra:	2.3		Lote:	759100				
Profundidad (cm)	Tara	PT (gr)	T+S.H. (gr)	S.H (gr)	T+S.S (gr)	S.S (gr)	H2O (gr)	C.C (%)
0 - 20	78	13.65	112.65	99	97.8	84.15	14.85	17.65
20 - 40	84	13.65	108.65	95	98.95	85.3	9.7	11.37
40 - 60	87	13.9	100	86.1	84.8	70.9	15.2	21.44

Fuente: Propia

Tabla 44.
Segundo punto muestreado, día 4.

Determinación de la Capacidad de campo								
Zona:	Nandaime 2		Finca:	Aguajales 01		Coordenadas	X	Y
N° de Muestra:	2.4		Lote:	759100				
Profundidad (cm)	Tara	PT (gr)	T+S.H. (gr)	S.H (gr)	T+S.S (gr)	S.S (gr)	H2O (gr)	C.C (%)
0 - 20	14	13.9	88.35	74.45	63.85	49.95	24.5	49.05
20 - 40	16	13.05	99.05	86	71.25	58.2	27.8	47.77
40 - 60	3	13.95	72.3	58.35	53.25	39.3	19.05	48.47

Fuente: Propia

Tabla 45.
Segundo punto muestreado, día 5.

Determinación de la Capacidad de campo								
Zona:	Nandaime 2		Finca:	Aguajales 01		Coordenadas	X	Y
N° de Muestra:	2.5		Lote:	759100				
Profundidad (cm)	Tara	PT (gr)	T+S.H. (gr)	S.H (gr)	T+S.S (gr)	S.S (gr)	H2O (gr)	C.C (%)
0 - 20	42	14.45	86.4	71.95	65.7	51.25	20.7	40.39
20 - 40	26	13.9	86.75	72.85	63.25	49.35	23.5	47.62
40 - 60	84	13.75	72.85	59.1	53.45	39.7	19.4	48.87

Fuente: Propia

Tabla 46.
Segundo punto muestreado, día 6.

Determinación de la Capacidad de campo								
Zona:	Nandaime 2		Finca:	Aguajales 01		Coordenadas	X	Y
N° de Muestra:	2.6		Lote:	759100				
Profundidad (cm)	Tara	PT (gr)	T+S.H. (gr)	S.H (gr)	T+S.S (gr)	S.S (gr)	H2O (gr)	C.C (%)
0 - 20	59	15	93.45	78.45	68.4	53.4	25.05	46.91
20 - 40	46	13.85	87.15	73.3	64	50.15	23.15	46.16
40 - 60	100	13.85	83.85	70	61	47.15	22.85	48.46

Fuente: Propia

Tabla 47.
Resumen de C.C. en 6 días analizados en el segundo punto.

Capacidad de campo acumulada						
Finca:	Aguajales 01		Muestra:	2	Lote:	759100
Profundidad (cm)	Día 1	Día 2	Día 3	Día 4	Día 5	Día 6
0 - 20	41.03	21.17	17.65	49.05	40.39	46.91
20 - 40	47.62	28.09	11.37	47.77	47.62	46.16
40 - 60	46.36	25.66	21.44	48.47	48.87	48.46
Promedio	45.00	24.97	16.82	48.43	45.63	47.18

Fuente: Propia

Tabla 48.
Tercer punto muestreado, día 1.

Determinación de la Capacidad de campo								
Zona:	Nandaime 2		Finca:	Aguajales 06		Coordenadas	X	Y
N° de Muestra:	3.1		Lote:	759180				
Profundidad (cm)	Tara	PT (gr)	T+S.H. (gr)	S.H (gr)	T+S.S (gr)	S.S (gr)	H2O (gr)	C.C (%)
0 - 20	3	6.15	56.15	50	39.95	33.8	16.2	47.93
20 - 40	42	7.1	39.4	32.3	30.15	23.05	9.25	40.13
40 - 60	23	6.05	54	47.95	41.55	35.5	12.45	35.07

Fuente: Propia

Tabla 49.
Tercer punto muestreado, día 2.

Determinación de la Capacidad de campo								
Zona:	Nandaime 2		Finca:	Aguajales 06		Coordenadas	X	Y
N° de Muestra:	3.2		Lote:	759180				
Profundidad (cm)	Tara	PT (gr)	T+S.H. (gr)	S.H (gr)	T+S.S (gr)	S.S (gr)	H2O (gr)	C.C (%)
0 - 20	14	13.9	99.05	85.15	74.95	61.05	24.1	39.48
20 - 40	53	13.75	77	63.25	60.75	47	16.25	34.57
40 - 60	16	13.05	84.55	71.5	71.1	58.05	13.45	23.17

Fuente: Propia

Tabla 50.
Tercer punto muestreado, día 3.

Determinación de la Capacidad de campo								
Zona:	Nandaime 2		Finca:	Aguajales 06		Coordenadas	X	Y
N° de Muestra:	3.3		Lote:	759180				
Profundidad (cm)	Tara	PT (gr)	T+S.H. (gr)	S.H (gr)	T+S.S (gr)	S.S (gr)	H2O (gr)	C.C (%)
0 - 20	90	13.65	78.55	64.9	64.75	51.1	13.8	27.01
20 - 40	4	6.15	33.15	27	27.1	20.95	6.05	28.88
40 - 60	39	6.2	72.6	66.4	60.2	54	12.4	22.96

Fuente: Propia

Tabla 51.
Tercer punto muestreado, día 4.

Determinación de la Capacidad de campo								
Zona:	Nandaime 2		Finca:	Aguajales 06		Coordenadas	X	Y
N° de Muestra:	3.4		Lote:	759180				
Profundidad (cm)	Tara	PT (gr)	T+S.H. (gr)	S.H (gr)	T+S.S (gr)	S.S (gr)	H2O (gr)	C.C (%)
0 - 20	76	14	68.3	54.3	52.15	38.15	16.15	42.33
20 - 40	42	14.45	109	94.55	83.5	69.05	25.5	36.93
40 - 60	46	13.75	114.75	101	85.75	72	29	40.28

Fuente: Propia

Tabla 52.
Tercer punto muestreado, día 5.

Determinación de la Capacidad de campo								
Zona:	Nandaime 2		Finca:	Aguajales 06		Coordenadas	X	Y
N° de Muestra:	3.5		Lote:	759180				
Profundidad (cm)	Tara	PT (gr)	T+S.H. (gr)	S.H (gr)	T+S.S (gr)	S.S (gr)	H2O (gr)	C.C (%)
0 - 20	46	13.8	79.15	65.35	63.65	49.85	15.5	31.09
20 - 40	3	13.95	61.4	47.45	48.8	34.85	12.6	36.15
40 - 60	76	14	69.05	55.05	53.8	39.8	15.25	38.32

Fuente: Propia

Tabla 53.
Tercer punto muestreado, día 6.

Determinación de la Capacidad de campo								
Zona:	Nandaime 2		Finca:	Aguajales 06		Coordenadas	X	Y
N° de Muestra:	3.6		Lote:	759180				
Profundidad (cm)	Tara	PT (gr)	T+S.H. (gr)	S.H (gr)	T+S.S (gr)	S.S (gr)	H2O (gr)	C.C (%)
0 - 20	57	14.25	86.9	72.65	61.6	47.35	25.3	53.43
20 - 40	80	13.65	84.15	70.5	59.65	46	24.5	53.26
40 - 60	95	14.15	83.05	68.9	57.3	43.15	25.75	59.68

Fuente: Propia

Tabla 54.
Resumen de C.C. en 6 días analizados en el tercer punto.

Capacidad de campo acumulada						
Finca:	Aguajales 06		Muestra:	15	Lote:	759180
Profundidad (cm)	Dia 1	Dia 2	Dia 3	Dia 4	Dia 5	Dia 6
0 - 20	47.93	39.48	27.01	42.33	31.09	53.43
20 - 40	40.13	34.57	28.88	36.93	36.15	53.26
40 - 60	35.07	23.17	22.96	40.28	38.32	59.68
Promedio	41.04	32.41	26.28	39.85	35.19	55.46

Fuente: Propia

Tabla 55.

Determinación de la velocidad de infiltración (Métodos de los cilindros), Lote representativo 759020

DETERMINACIÓN DE LA INFILTRACIÓN BÁSICA																	
Ubicación:		Ingenio CASUR		Finca:	Jesús María	Zona:		Grupo 1- Nandaime		Lote:	759020	Coordenada X:				605706	
Orden de Suelo:		Mollisol										Coordenada Y:				1298768	
No. datos	HORA DE LECTURA	Tiempo		CILINDRO A				CILINDRO B				CILINDRO C				I.A.P	V.I.P.
		Trans	Acum	lectura regla	IP	I.A.	V.I.	lectura regla	IP	I.A.	V.I.	lectura regla	IP	I.A.	V.I.		
		min	min	cm	cm	cm	cm/hr	cm	cms	cm	cm/hr	cm	cm	cm	cm/hr		
0	11:02	0	0	28.5	0.0	0.0	0.0	30.0	0.0	0.0	0.0	30.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1	11:03	1	1	27.5	1.0	1.0	60.0	28.5	1.5	1.5	90.0	29.3	0.7	0.7	42.0	1.1	64.0
2	11:04	1	2	27.3	0.2	1.2	12.0	28.4	0.1	1.6	6.0	29.0	0.3	1.0	18.0	1.3	12.0
3	11:05	1	3	27.0	0.3	1.5	18.0	28.3	0.1	1.7	6.0	28.9	0.1	1.1	6.0	1.4	10.0
4	11:06	1	4	26.9	0.1	1.6	6.0	28.1	0.2	1.9	12.0	28.6	0.3	1.4	18.0	1.6	12.0
5	11:07	1	5	26.7	0.2	1.8	12.0	28.0	0.1	2.0	6.0	28.4	0.2	1.6	12.0	1.8	10.0
6	11:12	5	10	26.2	0.5	2.3	6.0	27.4	0.6	2.6	7.2	27.7	0.7	2.3	8.4	2.4	7.2
7	11:17	5	15	25.8	0.4	2.7	4.8	26.9	0.5	3.1	6.0	27.2	0.5	2.8	6.0	2.9	5.6
8	11:22	5	20	25.5	0.3	3.0	3.6	26.5	0.4	3.5	4.8	26.9	0.3	3.1	3.6	3.2	4.0
9	11:32	10	30	25.0	0.5	3.5	3.0	26.0	0.5	4.0	3.0	26.1	0.8	3.9	4.8	3.8	3.6
10	11:42	10	40	24.5	0.5	4.0	3.0	25.3	0.7	4.7	4.2	25.4	0.7	4.6	4.2	4.4	3.8
11	11:52	10	50	24.1	0.4	4.4	2.4	24.8	0.5	5.2	3.0	24.9	0.5	5.1	3.0	4.9	2.8
12	12:07	15	65	23.6	0.5	4.9	2.0	24.0	0.8	6.0	3.2	23.9	1.0	6.1	4.0	5.7	3.1
13	12:22	15	80	23.2	0.4	5.3	1.6	23.5	0.5	6.5	2.0	23.0	0.9	7.0	3.6	6.3	2.4
14	12:37	15	95	22.7	0.5	5.8	2.0	22.9	0.6	7.1	2.4	22.3	0.7	7.7	2.8	6.9	2.4
15	1:07	30	125	21.7	1.0	6.8	2.0	21.5	1.4	8.5	2.8	20.8	1.5	9.2	3.0	8.2	2.6
16	1:37	30	155	21.1	0.6	7.4	1.2	20.7	0.8	9.3	1.6	19.5	1.3	10.5	2.6	9.1	1.8
17	2:37	60	215	20.0	1.1	8.5	1.1	19.0	1.7	11.0	1.7	17.0	2.5	13.0	2.5	10.8	1.8
18	3:37	60	275	19.0	1.0	9.5	1.0	17.7	1.3	12.3	1.3	15.0	2.0	15.0	2.0	12.3	1.4

Tiempo T: Tiempo Transcurrido durante la prueba.

Tiempo A: Tiempo Acumulado durante la prueba.

Fuente: Elaboración Propia.

I.P: Infiltración Parcial.

I.A: Infiltración acumulada.

V.I: Velocidad de infiltración o Velocidad Instantánea

Tabla 56.

Determinación de la velocidad de infiltración (Métodos de los cilindros), Lote representativo 759100

DETERMINACIÓN DE LA INFILTRACIÓN BÁSICA																			
Ubicación:		Ingenio CASUR		Finca:		Aguajales 01		Zona:		Grupo 1- Nandaime		Lote:		759100		Coordenada X:		605420	
Orden de Suelo:		Mollisol		Finca:		Aguajales 01		Zona:		Grupo 1- Nandaime		Lote:		759100		Coordenada Y:		1297890	
No. Datos	HORA DE LECTURA	Tiempo		CILINDRO A				CILINDRO B				CILINDRO C				I.A.P	V.I.P.		
		Trans	Acum	lectura regla	IP	I.A.	V.I.	lectura regla	IP	I.A.	V.I.	lectura regla	IP	I.A.	V.I.				
		min	min	cm	cm	cm	cm/hr	cm	cms	cm	cm/hr	cm	cm	cm	cm/hr			cms	cm/hr
0	1:19	0	0	30.0	0.0	0.0	0.0	30.0	0.0	0.0	0.0	30.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0		
1	1:20	1	1	29.5	0.5	0.5	30.0	29.9	0.1	0.1	6.0	29.8	0.2	0.2	12.0	0.3	16.0		
2	1:21	1	2	28.9	0.6	1.1	36.0	27.6	2.3	2.4	138.0	25.0	4.8	5.0	288.0	2.8	154.0		
3	1:22	1	3	26.8	2.1	3.2	126.0	26.0	1.6	4.0	96.0	22.0	3.0	8.0	180.0	5.1	134.0		
4	1:23	1	4	25.8	1.0	4.2	60.0	25.0	1.0	5.0	60.0	19.9	2.1	10.1	126.0	6.4	82.0		
5	1:24	1	5	24.7	1.1	5.3	66.0	24.0	1.0	6.0	60.0	17.0	2.9	13.0	174.0	8.1	100.0		
6	1:29	5	10	17.8	6.9	12.2	82.8	20.9	3.1	9.1	37.2	9.5/30.0	7.5	20.5	90.0	13.9	70.0		
7	1:34	5	15	11.9/30.0	5.9	18.1	70.8	18.6	2.3	11.4	27.6	24.0	6.0	26.5	72.0	18.7	56.8		
8	1:39	5	20	29.5	0.5	18.6	6.0	16.7	1.9	13.3	22.8	18.5	5.5	32.0	66.0	21.3	31.6		
9	1:49	10	30	28.4	1.1	19.7	6.6	14.0/30.0	2.7	16.0	16.2	12.0/30.0	6.5	38.5	39.0	24.7	20.6		
10	1:59	10	40	27.4	1.0	20.7	6.0	27.0	3.0	19.0	18.0	22.0	8.0	46.5	48.0	28.7	24.0		
11	2:09	10	50	26.7	0.7	21.4	4.2	24.7	2.3	21.3	13.8	17.0	5.0	51.5	30.0	31.4	16.0		
12	2:21	15	65	25.6	1.1	22.5	4.4	21.0	3.7	25.0	14.8	10.0/30.0	7.0	58.5	28.0	35.3	15.7		
13	2:36	15	80	25.6	0.0	22.5	0.0	19.6	1.4	26.4	5.6	27.0	3.0	61.5	12.0	36.8	5.9		
14	2:51	15	95	24.7	0.9	23.4	3.6	17.0	2.6	29.0	10.4	21.0	6.0	67.5	24.0	40.0	12.7		
15	3:21	30	125	23.3	1.4	24.8	2.8	13.0/30.0	4.0	33.0	8.0	11.0/30.0	10.0	77.5	20.0	45.1	10.3		
16	3:51	30	155	23.3	0.0	24.8	0.0	26.2	3.8	36.8	7.6	18.0	12.0	89.5	24.0	50.4	10.5		
17	4:21	30	215	21.6	1.7	26.5	3.4	22.0	4.2	41.0	8.4	10.0/30.0	8.0	97.5	16.0	55.0	9.3		
18	4:51	30	245	20.5	1.1	27.6	2.2	16.5	5.5	46.5	11.0	14.0	16.0	113.5	32.0	62.5	15.1		
19	5:21	30	275	19.9	0.6	28.2	1.2	13.7/30.0	2.8	49.3	5.6	7.0/30.0	7.0	120.5	14.0	66.0	6.9		
20	6:21	30	305	18.8	1.1	29.3	2.2	10.3	19.7	69.0	39.4	23.0	7.0	127.5	14.0	75.3	18.5		

Tiempo T: Tiempo Transcurrido durante la prueba.
Tiempo A: Tiempo Acumulado durante la prueba.

Fuente: Elaboración Propia.

I.P: Infiltración Parcial.

I.A: Infiltración acumulada.

V.I: Velocidad de infiltración o Velocidad Instantánea

Tabla 57.

Determinación de la velocidad de infiltración (Métodos de los cilindros), Lote representativo 759180

DETERMINACIÓN DE LA INFILTRACIÓN BÁSICA																	
Ubicación:		Ingenio CASUR.		Finca:	Aguajales 06		Zona:	Grupo 1- Nandaime		Lote:	759180		Coordenada X:		605714		
Orden de Suelo:		Mollisol			Coordenada Y:			1296777									
No. datos	HORA DE LECTURA	Tiempo		CILINDRO A				CILINDRO B				CILINDRO C				I.A.P	V.I.P.
		Trans	Acum	lectura regla	IP	I.A.	V.I.	lectura regla	IP	I.A.	V.I.	lectura regla	IP	I.A.	V.I.		
		min	min	cm	cm	cm	cm/hr	cm	cms	cm	cm/hr	cm	cm	cm	cm/hr		
0	10:48	0	0	28.0	0.0	0.0	0.0	28.0	0.0	0.0	0.0	28.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1	10:49	1	1	27.5	0.5	0.5	30.0	27.0	1.0	1.0	60.0	27.4	0.6	0.6	36.0	0.7	42.0
2	10:50	1	2	27.4	0.1	0.6	6.0	26.7	0.3	1.3	18.0	27.3	0.1	0.7	6.0	0.9	10.0
3	10:51	1	3	27.3	0.1	0.7	6.0	26.7	0.0	1.3	0.0	27.3	0.0	0.7	0.0	0.9	2.0
4	10:52	1	4	27.3	0.0	0.7	0.0	26.7	0.0	1.3	0.0	27.1	0.2	0.9	12.0	1.0	4.0
5	10:53	1	5	27.3	0.0	0.7	0.0	26.7	0.0	1.3	0.0	27.0	0.1	1.0	6.0	1.0	2.0
6	10:58	5	10	27.2	0.1	0.8	1.2	26.5	0.2	1.5	2.4	26.8	0.2	1.2	2.4	1.2	2.0
7	11:03	5	15	27.1	0.1	0.9	1.2	26.2	0.3	1.8	3.6	26.5	0.3	1.5	3.6	1.4	2.8
8	11:08	5	20	27.1	0.0	0.9	0.0	26.2	0.0	1.8	0.0	26.4	0.1	1.6	1.2	1.4	0.4
9	11:18	10	30	27.1	0.0	0.9	0.0	26.1	0.1	1.9	0.6	25.9	0.5	2.1	3.0	1.6	1.2
10	11:28	10	40	27.0	0.1	1.0	0.6	26.0	0.1	2.0	0.6	25.6	0.3	2.4	1.8	1.8	1.0
11	11:38	10	50	27.0	0.0	1.0	0.0	25.8	0.2	2.2	1.2	25.6	0.0	2.4	0.0	1.9	0.4
12	11:53	15	65	26.9	0.1	1.1	0.4	25.7	0.1	2.3	0.4	24.9	0.7	3.1	2.8	2.2	1.2
13	12:08	15	80	26.8	0.1	1.2	0.4	25.5	0.2	2.5	0.8	24.4	0.5	3.6	2.0	2.4	1.1
14	12:23	15	95	26.8	0.0	1.2	0.0	25.4	0.1	2.6	0.4	24.0	0.4	4.0	1.6	2.6	0.7
15	12:53	30	125	26.7	0.1	1.3	0.2	25.1	0.3	2.9	0.6	23.0	1.0	5.0	2.0	3.1	0.9
16	1:23	30	155	26.5	0.2	1.5	0.4	25.0	0.1	3.0	0.2	22.5	0.5	5.5	1.0	3.3	0.5
17	2:23	60	215	26.4	0.1	1.6	0.1	24.7	0.3	3.3	0.3	21.5	1.0	6.5	1.0	3.8	0.5
18	3:23	60	275	26.3	0.1	1.7	0.1	24.1	0.6	3.9	0.6	20.5	1.0	7.5	1.0	4.4	0.6

Tiempo T: Tiempo Transcurrido durante la prueba.

Tiempo A: Tiempo Acumulado durante la prueba.

Fuente: Elaboración Propia.

I.P: Infiltración Parcial.

I.A: Infiltración acumulada.

V.I: Velocidad de infiltración o Velocidad Instantánea.

Tabla 58.
Determinación de la profundidad radicular, lote 759020, calicata 1.

DETERMINACIÓN DE LA PROFUNDIDAD RADICULAR								
Ubicación:	Ingenio CASUR.	Finca:	Jesús María	Zona:	Nandaime	Lote:	759020	
Cultivo:	Caña de azúcar	Edad:	Planta: X	1R	2R	3R	4R	5R
Tipo de Suelo:	Arcilloso		Coordenada X:			605584		
N° de Calicata:	13		Coordenada Y:			1298523		
Profundidad de muestreo (cm)	Peso por Prof. de muestreo (gr)	Porcentaje sobre el total						
		Por Prof. de muestreo (%)	Acumulado (%)					
0 - 20	16.1	48.35	48.35					
20 - 40	12.8	38.44	86.79					
40 - 60	4.4	13.21	100.00					
Sumatoria (S)	33.3	100						

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 59.
Determinación de la profundidad radicular, lote 759100, calicata 2.

DETERMINACIÓN DE LA PROFUNDIDAD RADICULAR								
Ubicación:	Ingenio CASUR.	Finca:	Agujales 01	Zona:	Nandaime	Lote:	759100	
Cultivo:	Caña de azúcar	Edad:	Planta: X	1R	2R	3R	4R	5R
Tipo de Suelo:	Arcilloso		Coordenada X:			605420		
N° de Calicata:	14		Coordenada Y:			1297890		
Profundidad de muestreo (cm)	Peso por Prof. de muestreo (gr)	Porcentaje sobre el total						
		Por Prof. de muestreo (%)	Acumulado (%)					
0 - 20	7.85	74.41	74.41					
20 - 40	1.45	13.74	88.15					
40 - 60	1.25	11.85	100.00					
Sumatoria (S)	10.55	100						

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 60.

Determinación de la profundidad radicular, lote 759180, calicata 3.

DETERMINACIÓN DE LA PROFUNDIDAD RADICULAR						
Ubicación:	Ingenio CASUR.	Finca:	Aguajales 06	Zona:	Nandaime	Lote: 759170
Cultivo:	Caña de azúcar	Edad:	Planta: X	1R	2R	3R 4R 5R
Tipo de Suelo:	Arcilloso		Coordenada X:			601672
N° de Calicata:	15		Coordenada Y:			1296046
Profundidad de muestreo (cm)	Peso por Prof. de muestreo (gr)	Porcentaje sobre el total				
		Por Prof. de muestreo (%)	Acumulado (%)			
0 - 20	7.35	52.31	52.31			
20 - 40	5.2	37.01	89.32			
40 - 60	1.5	10.68	100.00			
Sumatoria (S)	14.05	100				

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 61.
Descripción de calicata, Perfil representativo 1

DESCRIPCION DE CALICATAS																			
Ubicación:		CASUR	Jesus Maria		Nandaime 2				Coordenada X:		605584			Elevacion:		123 m			
Serie Suelo:		Serie Amalia (AA)		N° de Calicata:				13		Coordenada Y:		1298523							
Vegetación:		Caña de azucar y bosques sub tropicales dispersos				0 - 2			Pedregosidad:			Clase 0			Cultivo:	Planta: X_ 1R_ 2R_ 3R_ 4R_ 5R_			
Fisiografía:		Relieve:			Planicie		Material Originario:			Aluviales de cenizas volcanicas			Drenaje:		Clase 3				
N°	Horizonte (Clave)	Profundidad (cm)	Color		Textura	Estructura			Consistencia				Moteados	Concreciones	Poros	Raices	limites		
			Seco	Humedo		Tipo	Clase	Grado	Seco	Humedo	Mojado						Nitidez	Forma	
											Adhesión	Plasticidad							
1	Ap	0 - 30	10YR 4/2 Dark grayish brown	10YR 2/1 Black	Arcillo arenoso	Bloques	Fina	Moderado	Duro	Muy friable	Ligeramente adherente	Muy plastico	-	-	Muchos con f (2 a 5 mm)	Abundantes	Gradual	Ondulado	
2	Bah	30 - 52	10YR 4/4 Dark yellowish brown	7.5YR 3/3 Dark brown	Arcillo arenoso	Granular	Mediana	Debil	Muy duro	Muy friable	Adherente	Muy plastico	10YR 2/1 y 5YR 3/1	-	Muchos con f (2 a 5 mm)	Pocas	Neto	Definido	
3	Bg	52 - 113	10YR 6/6 Brownish yellow	7.5YR 3/3 Dark brown	Franco limoso	Migajoso	Gruesa	Debil	Muy duro	Muy friable	Muy Adherente	Muy plastico	10YR 2/1	-	Pocos de 5 mm	Muy pocas	Neto	Definido	
4	Cx	113 a más	10YR 8/2 Very pale brown	10YR 5/4 Yellowish brown	Franco limoso	Migajoso	Fina	Debil	Muy duro	Friable	Adherente	Plastico	5YR 3/4 y 2.5Y 6/6	-	-	Muy pocas	Neto	Definido	
Observaciones:		1. Actividad biologica en los tres primeros horizontes, piedra pomes, cenizas volcanicas, aunque en el ultimo horizonte se encontro toba y talpetate de color amarillo 2. Un Ph neutro y con presencia de materia organica de poca a moderada. 3. Presencia de grava de mas de 10 mm de diametro en el ultimo horizonte.																	

Descripción In Situ de perfil de suelo representativo, serie Amalia (AA) Fuente: Propia

Tabla 62.
Descripción de calicata, Perfil representativo 2.

DESCRIPCION DE CALICATAS																		
Ubicación:		Departamento:		Granada														
Serie Suelo:		Aguajal 01		Nandaime 2														
Vegetación:		Arcilloso		14														
Fisiografía:		Relieve:		Planicie														
Material Original:		Depositos de materiales volcanicos.																
Pedregosidad:		Clase 0																
Cultivo:		Planta: X_1R_2R_3R_4R_5R_																
Elevación:		112 m																
Clase 3																		
N°	Horizonte (Clave)	Profundidad (cm)	Color		Textura	Estructura			Consistencia				Moteados	Concreciones	Poros	Raíces	límites	
			Seco	Humedo		Tipo	Clase	Grado	Seco	Humedo	Mojado						Nitidez	Forma
1	Ap	0 - 33	Dark grayish	veryDark gray	Arcilloso	Bloques	Muy fina	Moderado	ligeramente Duro	Friable	Adherente	Muy plastico	-	-	pocos con f (5 mm)	comunes	Gradual	Ondulado
2	Bat	33 - 46	2.5Y 4/1 Dark gray	veryDark gray	Arcilloso	Bloques	fina	Moderado	Extremad. Duro	Friable	Adherente	Muy plastico	-	-	-	Pocas	Gradual	Ondulado
3	Bt	46 - 101	Brownish yellow	2.5Y 4/1 dark gray	Arcillo arenoso	Bloques subangulares	media	Moderado	Duro	Friable	Liger. Adherente	Muy plastico	10YR 4/6 dark yellowish brown	-	-	Pocas	Neto	Ondulado
4	C	101 a más	Very pale brown	2.5Y 7/2 Light gray	Arenoso	Bloques subangulares	media	Debil	Extremad. Duro	Muy friable	No Adherente	No Plastico	10YR 7/3 very pale brown	-	-	-	brusco	Interrumpido
Observaciones:		1. Actividad biologica en los tres primeros horizontes, piedra pomes, cenizas volcanicas, aunque en el ultimo horizonte se encontro toba y talpetate de color amarillo 2. Un Ph ligeramente acido en el primer horizonte y neutro en los siguientes, con presencia de materia organica de poca a moderada en los tres primeros horizontes y sin presencia en el ultimo horizonte. 3. Presencia de grava gruesa en el ultimo horizonte con diametros entre 5 y 20 mm.																

Fuente: Propia

Tabla 63.
Descripción de calicata, Perfil representativo 2.

DESCRIPCION DE CALICATAS																			
Departamento: Granada											Coordenada X: 605735		Elevacion: 117m						
Ubicación: CASUR		Aguajal 01		Nandaime 2			Coordenada Y: 1296797		Serie Suelo: Arcilloso		No. De calicata: 15		Pedregosidad: Clase 0		Cultivo:		Planta: X_1R_2R_3R_4R_5R_		
Vegetacion: Caña de azucar y bosques sub tropicales dispersos				2 - 4 %			Fisiografia:		Relieve: Liger. inclinado		Material Original: Depositos de materiales volcanicos		Clase 3						
N°	Horizonte (Clave)	Profundidad (cm)	Color		Textura	Estructura			Consistencia				Moteados	Concreciones	Poros	Raices	limites		
			Seco	Humedo		Tipo	Clase	Grado	Seco	Humedo	Mojado						Nitidez	Forma	
1	Ap	0 - 35	Dark grayish	10YR 2/1 black	Arcilloso	Bloques subangulares	fina	fuerte	Extremad. Duro	Friable	Adherente	Plastico	-	-	con f (1 a 10mm)	abundantes	Gradual	Ondulado	
2	BAt	35 - 72	2.5Y 4/1 Dark gray	10YR 4/1 dark gray	Arcilloso	Bloques subangulares	grueso	Moderado	Extremad. Duro	Friable	Muy Adherente	Plastico	-	-	Pocos	Pocas	Gradual	Ondulado	
3	C	72 a mas	Brownish yellow	brownish yellow	Capa rocosa	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Observaciones:		1. Muy poca actividad biologica en el primer horizonte, pero se encontro una capa endurecida de toba en el ultimo horizonte.																	
		2. Un Ph acido en el primer horizonte y ligeramente acido en el segundo y con presencia de materia organica en los dos primeros horizontes.																	
		3. Los poros en el segundo horizonte no son apreciables a simple vista.																	

Fuente: Propia



ESCUELA INTERNACIONAL DE AGRICULTURA Y GANADERIA
RIVAS, NICARAGUA
LABORATORIO DE SUELOS, PLANTAS Y AGUAS

Cliente: Empresa Azucarera CASUR

Finca : CASUR

Dirección: Potosi Rivas

Fecha: 12 de Octubre de 2013

Calicata	Profundidad cms	Muestra	pH	Arcilla	% Limo	% Arena	Textura	% M. O	D.R mg/cm3	Conductividad Electrica	Codigo CASUR
C 13	0 - 30	68	6.97	40	22	38	Franco-Arcilloso	3.41	2.03	77	J. Maria 759020
	30 - 52	69	7.15	38	30	32	Franco-Arcilloso	0.94	2.12	109	
	52 - 113	70	7.5	36	28	36	Franco-Arcilloso	0.35	2.01	125	
	113 a mas	71	7.46	36	18	46	Franco-Arcilloso	0.05	2.00	101	
C 14	0 - 33	72	6.47	46	12	42	Arcilloso	2.62	2.16	159	Ag 1 759100
	33 - 46	73	7.99	50	18	32	Arcilloso	0.89	1.74	388	
	46 - 101	74	8.88	48	20	32	Arcilloso	0.00	1.84	502	
	101 a mas	75	8.86	42	22	36	Arcilloso	0.00	1.85	294	
C 15	0 - 35	76	7.64	26	44	30	Franco	0.41	1.87	340	Aguajal 06
	35 - 72	77	7.43	52	14	34	Arcilloso	0.21	1.88	210	

Fuente: Laboratorio de Suelos, Plantas y Agua, EIAG, Rivas.

Tabla 65.

Determinación de la humedad In Situ, Calicata 1: Finca Jesús María

DETERMINACION DE LA HUMEDAD IN SITU.									
Ubicación:	CASUR	Finca:	Jesus Maria	Zona:	Nandaime 2	Lote:	759020	Coordenada X:	605584
Tipo de Suelo:	N° de Muestra:			13			Coordenada Y:	1298523	
Profundidad (cm)	Ident. Tara	PT (gr)	T + S.H (gr)	S.H (gr)	T + S.S (gr)	S.S (gr)	H ₂ O (gr)	HUMEDAD (%)	
0 - 30	46	13.9	77.55	63.65	62.5	48.6	15.05	30.97	
30 - 52	76	14	86.15	72.15	69.85	55.85	16.3	29.19	
52 - 113	42	14.5	90.55	76.05	71.7	57.2	18.85	32.95	
113 - más	3	14	85.5	71.5	66.8	52.8	18.7	35.42	

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 66.

Determinación de la humedad In Situ, Calicata 2: Finca Aguajales 01

DETERMINACION DE LA HUMEDAD IN SITU.									
Ubicación:	CASUR	Finca:	Aguajales 01	Zona:	Nandaime 2	Lote:	759100	Coordenada X:	605444
Tipo de Suelo:	N° de Muestra:			14			Coordenada Y:	1297750	
Profundidad (cm)	Ident. Tara	PT (gr)	T + S.H (gr)	S.H (gr)	T + S.S (gr)	S.S (gr)	H ₂ O (gr)	HUMEDAD (%)	
0 - 33	16	12.95	93.1	80.15	74.2	61.25	18.9	30.86	
33 - 46	67	14.1	62.45	48.35	49.75	35.65	12.7	35.62	
46 - 101	14	13.8	62.1	48.3	52.05	38.25	10.05	26.27	
101 - Más	28	14.05	64.85	50.8	50.5	36.45	14.35	39.37	

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 67.

Determinación de la humedad In Situ, Calicata 3: Finca Aguajales 06

DETERMINACION DE LA HUMEDAD IN SITU.									
Ubicación:	CASUR	Finca:	Aguajales 06	Zona:	Nandaime 2	Lote:	759170	Coordenada X:	605735
Tipo de Suelo:	N° de Muestra:			15			Coordenada Y:	1296797	
Profundidad (cm)	Ident. Tara	PT (gr)	T + S.H (gr)	S.H (gr)	T + S.S (gr)	S.S (gr)	H ₂ O (gr)	HUMEDAD (%)	
0 - 35	32	13.95	66.95	53	53.45	39.5	13.5	34.18	
35 - 72	25	14.15	92.3	78.15	71.5	57.35	20.8	36.27	
No se extrajo muestra de este horizonte por tratarse de Material fuertemente consolidado.									

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 68.

Determinación de la densidad aparente, calicata 1

DETERMINACION DE LA DENSIDAD APARENTE (METODO DEL CILINDRO)									
Ubicación:	CASUR	Finca:	Jesus Maria	Zona:	Nandaime 2	Lote:	759020	Coord X:	605584
Serie de Suelo:	FAr		N° de Calicata:		13		Coord Y:	1298523	
Profundidad por Horizonte (cm)	Ident. Cilindro	Pc (gr)	rc (cm)	hc (cm)	Vc (cm3)	Pc+s.S (gr)	S.S (gr)	Da (gr/cm3)	
0 - 30	1E	435.85	4.50	11.00	174.95	595.35	159.50	0.91	
30 - 52	2A	432.35	4.50	11.20	178.13	618.45	186.10	1.04	
52 - 113	3E	444.10	4.50	11.30	179.72	603.05	158.95	0.88	
113 - más	4A	436.40	4.50	11.00	174.95	599.05	162.65	0.93	

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 69.

Determinación de la densidad aparente, calicata 2

DETERMINACION DE LA DENSIDAD APARENTE (METODO DEL CILINDRO)									
Ubicación:	CASUR	Finca:	Aguajales 01	Zona:	Nandaime 2	Lote:	759100	Coord X:	605444
Serie de Suelo:	Ar		N° de Calicata:		14		Coord Y:	1297750	
Profundidad por Horizonte (cm)	Ident. Cilindro	Pc (gr)	rc (cm)	hc (cm)	Vc (cm3)	Pc+s.S (gr)	S.S (gr)	Da (gr/cm3)	
0 - 30	2A	432.30	4.50	10.00	159.04	548.10	115.80	0.73	
30 - 52	D2	441.00	4.50	6.50	103.38	549.80	108.80	1.05	
52 - 113	D3	323.55	4.50	7.70	122.46	464.05	140.50	1.15	
113 - más	4A	436.65	4.50	7.40	117.69	600.65	164.00	1.39	

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 70.

Determinación de la densidad aparente, calicata 3

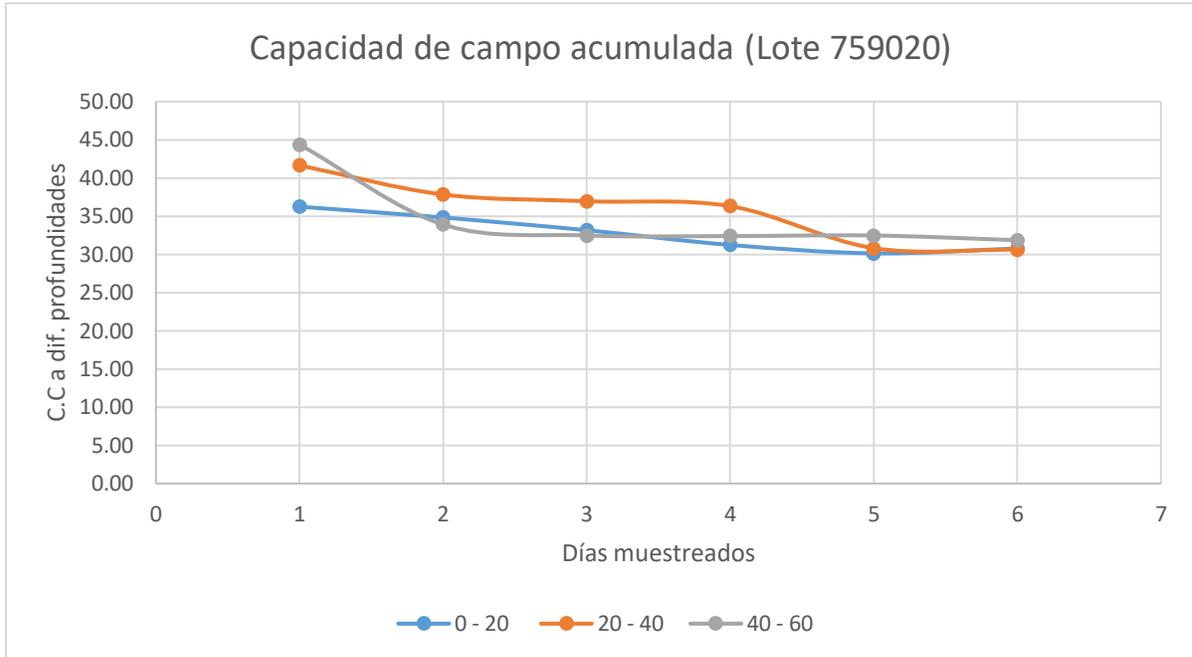
DETERMINACION DE LA DENSIDAD APARENTE (METODO DEL CILINDRO)									
Ubicación:	CASUR	Finca:	Aguajales 06	Zona:	Nandaime 2	Lote:	759180	Coord X:	605735
Serie de Suelo:	Ar		N° de Calicata:		15		Coord Y:	1296797	
Profundidad por Horizonte (cm)	Ident. Cilindro	Pc (gr)	rc (cm)	hc (cm)	Vc (cm3)	Pc+s.S (gr)	S.S (gr)	Da (gr/cm3)	
0 - 30	D2	441.00	4.50	11.00	174.95	543.95	102.95	0.59	
30 - 52	3E	444.10	4.50	8.10	128.83	599.90	155.80	1.21	

Fuente: Elaboración Propia.

7.1. Anexos de figuras y gráficos

Gráfico 2.

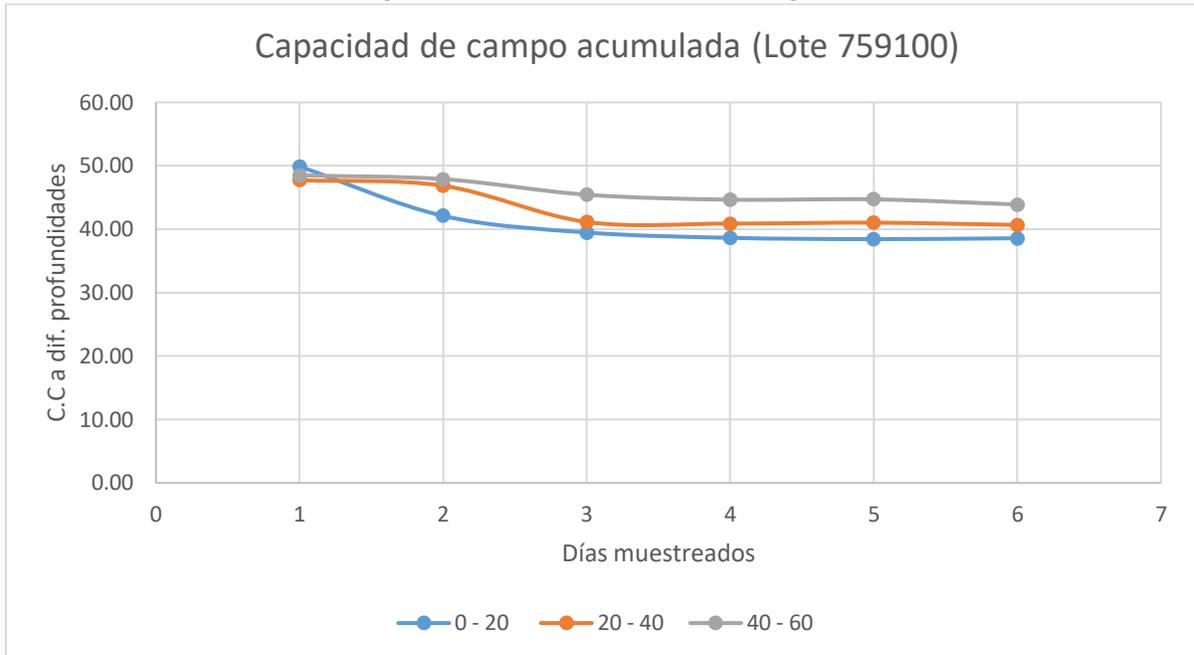
CC acumulada a diferentes profundidades en el lote representativo 759020



Representación gráfica del análisis de capacidad de campo

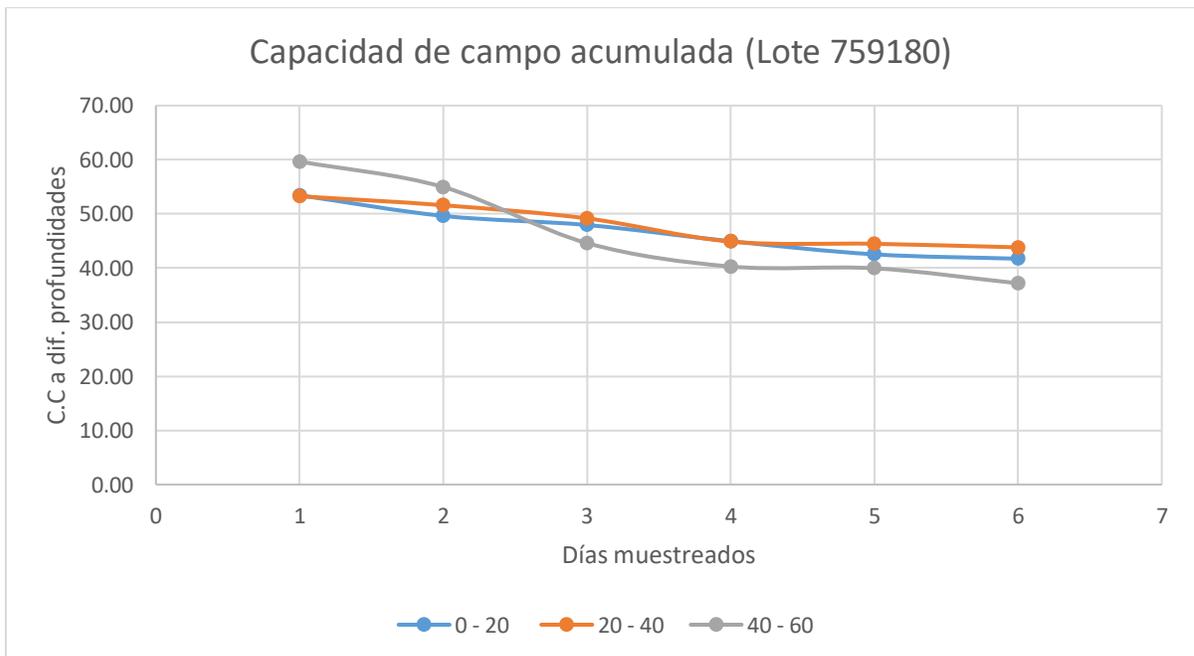
Fuente: Elaboración Propia.

Gráfico 3.
CC acumulada a diferentes profundidades en el lote representativo 759100



Fuente: Elaboración Propia.

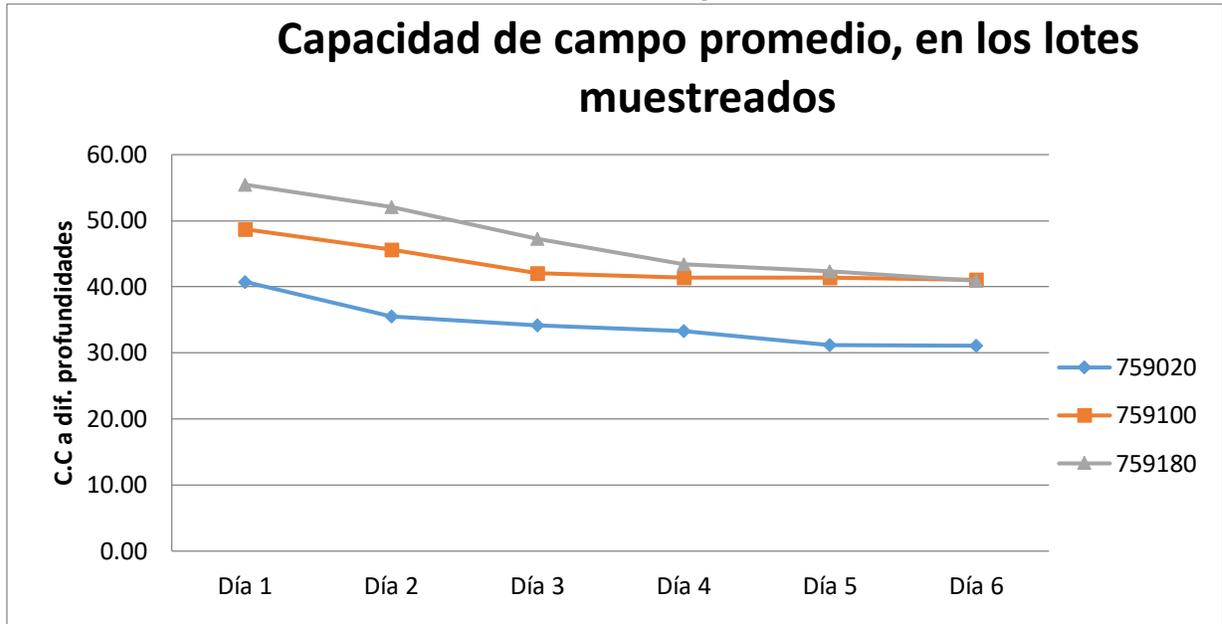
Gráfico 4.
CC acumulada a diferentes profundidades en el lote representativo 759180



Fuente: Elaboración Propia.

Gráfico 4.

Promedio de CC acumulada, en los tres lotes representativos

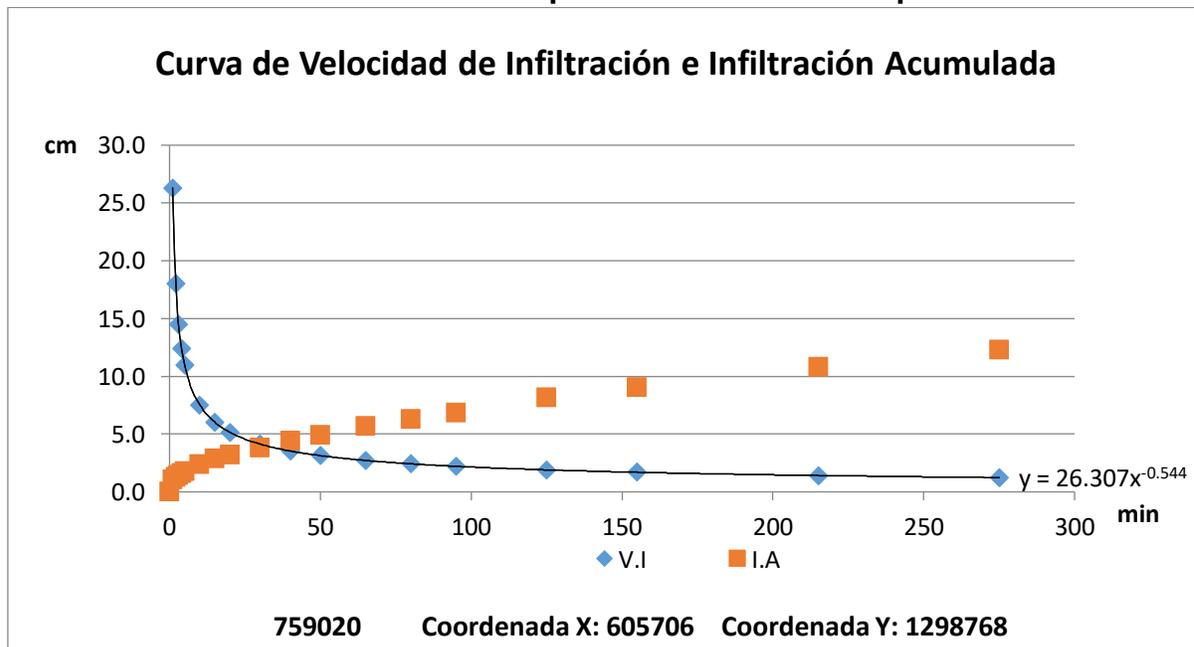


Fuente: Elaboración Propia.

Representación gráfica del análisis de Velocidad de infiltración en los suelos muestreados de la finca Jesús María.

Gráfico 5.

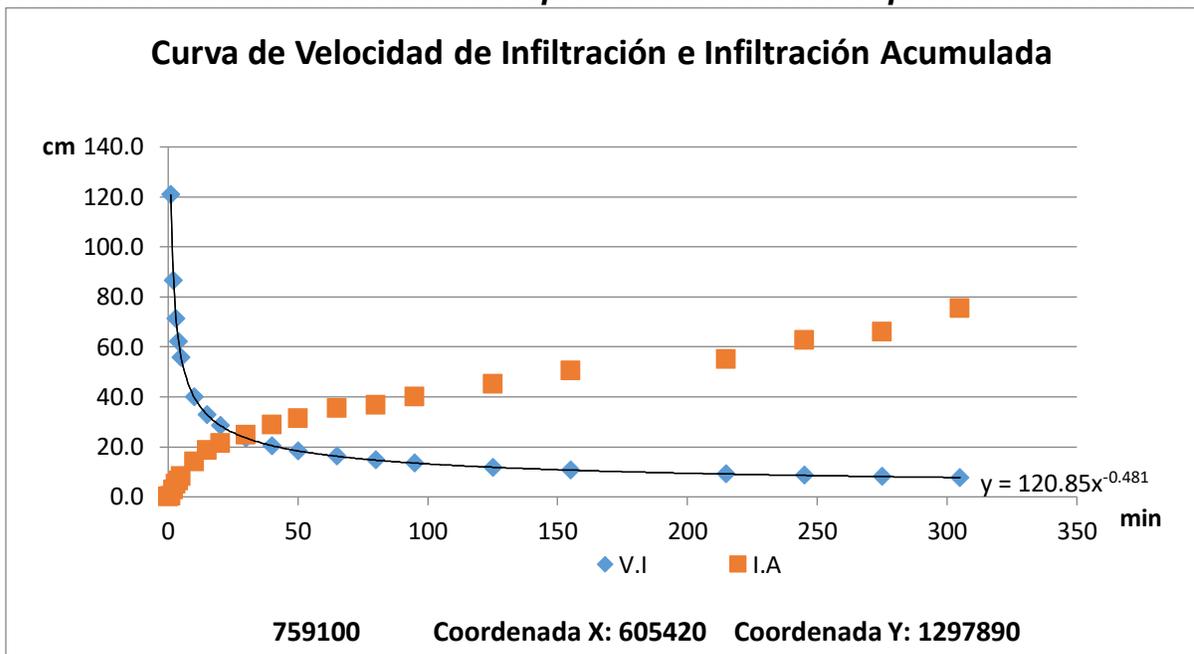
Velocidad de infiltración acumulada representativa del lote representativo 759020



Fuente: Elaboración Propia.

Gráfico 6.

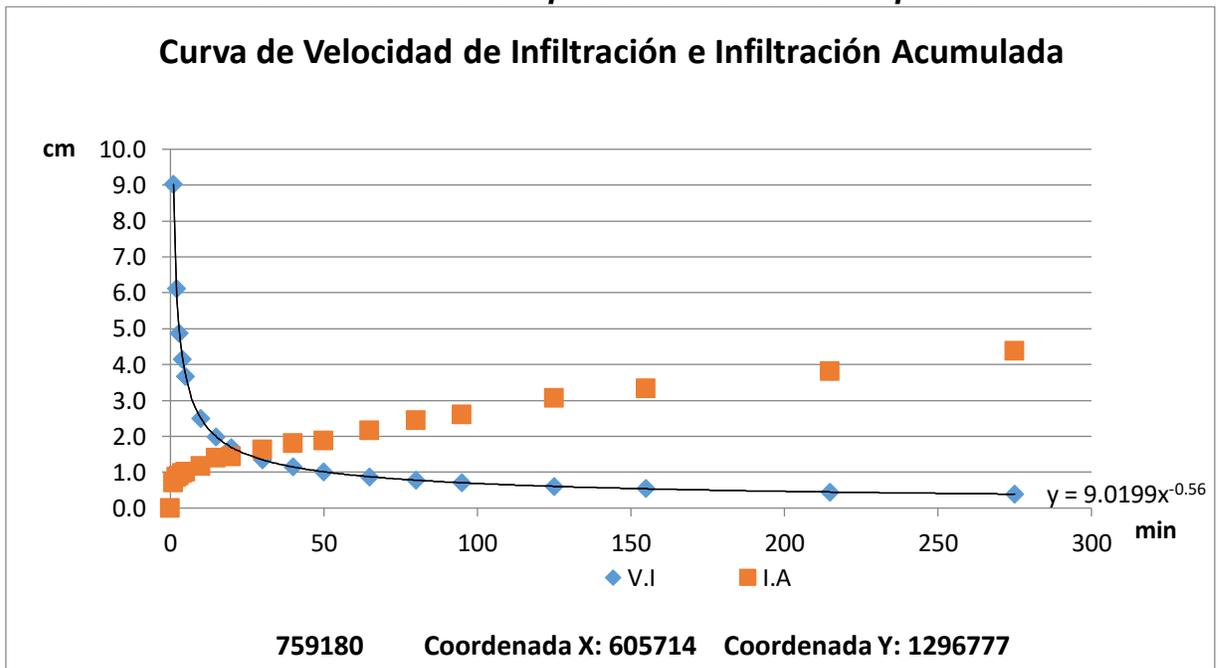
Velocidad de infiltración acumulada representativa del lote representativo 759100



Fuente: Elaboración Propia.

Gráfico 7.

Velocidad de infiltración acumulada representativa del lote representativo 759180

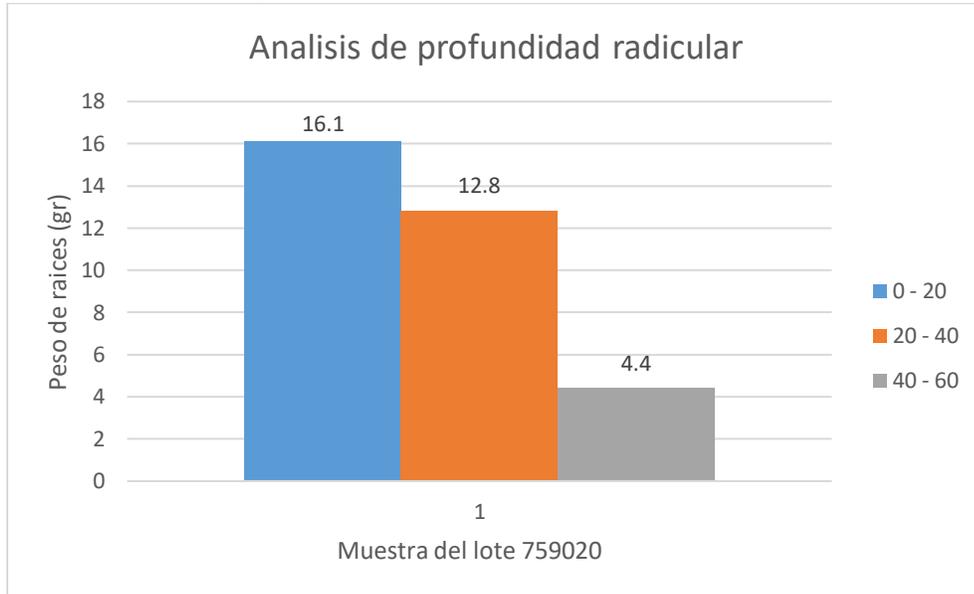


Fuente: Elaboración Propia.

Representación del Análisis de profundidad radicular por el método del peso de las raíces vs profundidad.

Gráfico 8.

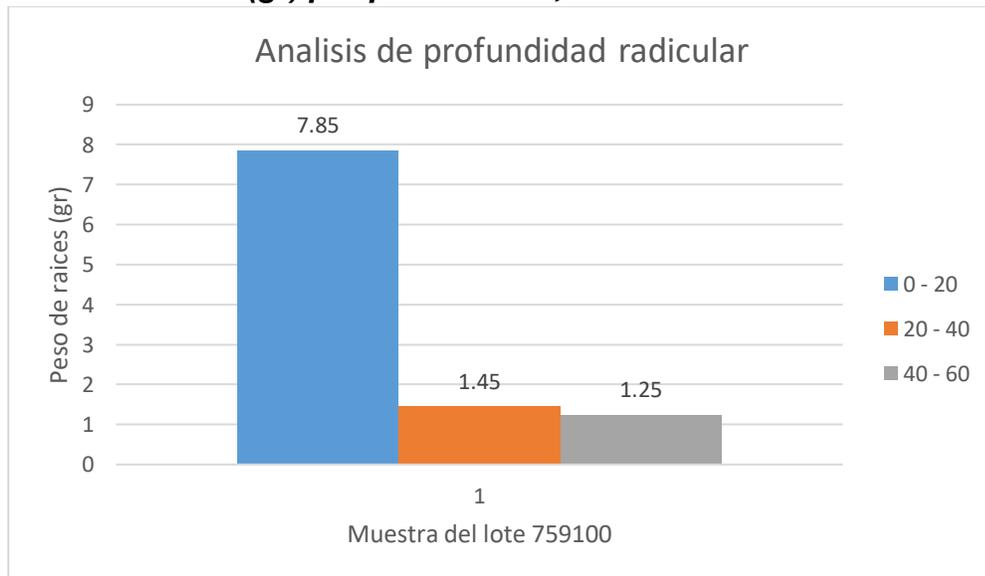
Distribución de raíces en (gr) por profundidad, calicata 1



Fuente: Elaboración Propia.

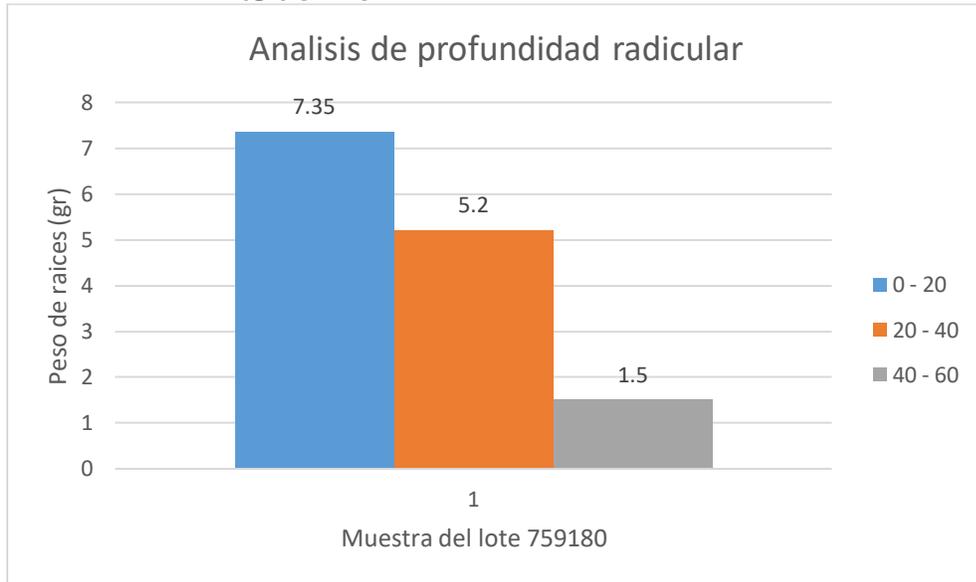
Gráfico 9.

Distribución de raíces en (gr) por profundidad, calicata 2



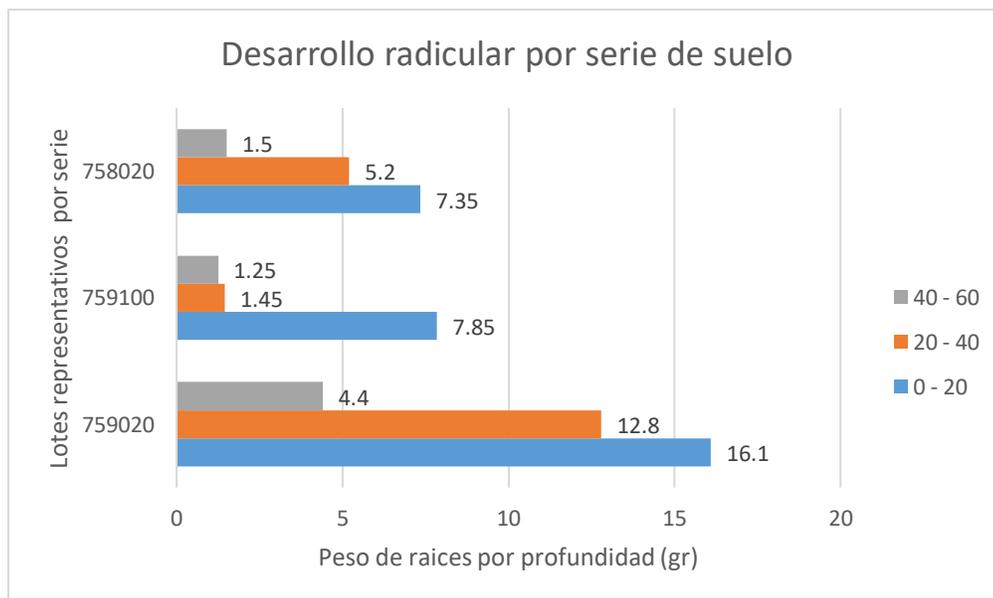
Fuente: Elaboración Propia.

Gráfico 10.
Distribución de raíces en (gr) por profundidad, calicata 3



Fuente: Elaboración Propia.

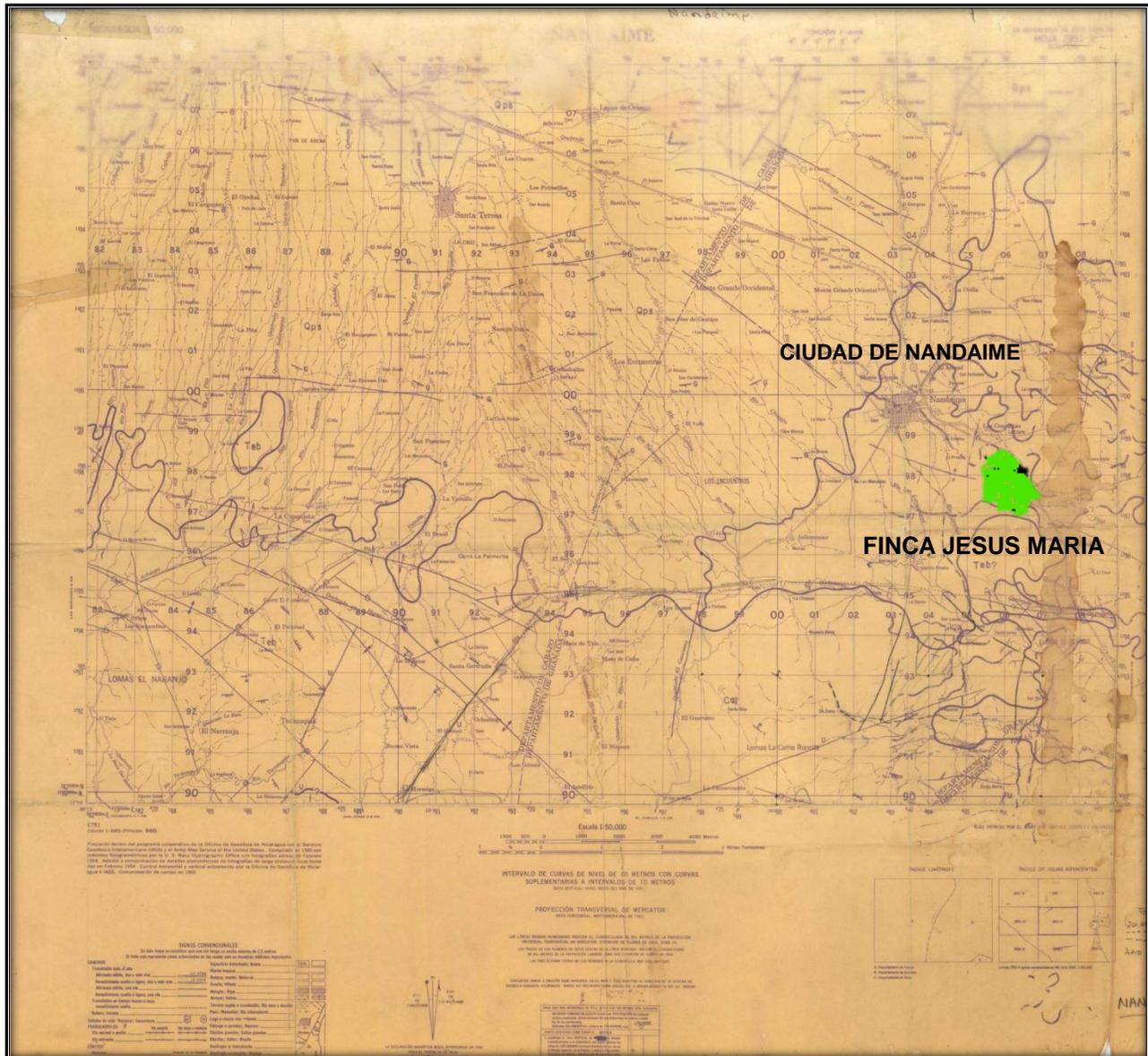
Gráfico 10.
Representación del desarrollo radicular por serie de suelo



Fuente: Elaboración Propia.

7.2. Anexos de mapas generados según el estudio

Mapa 3.
Mapa geológico



FUENTE: INETER

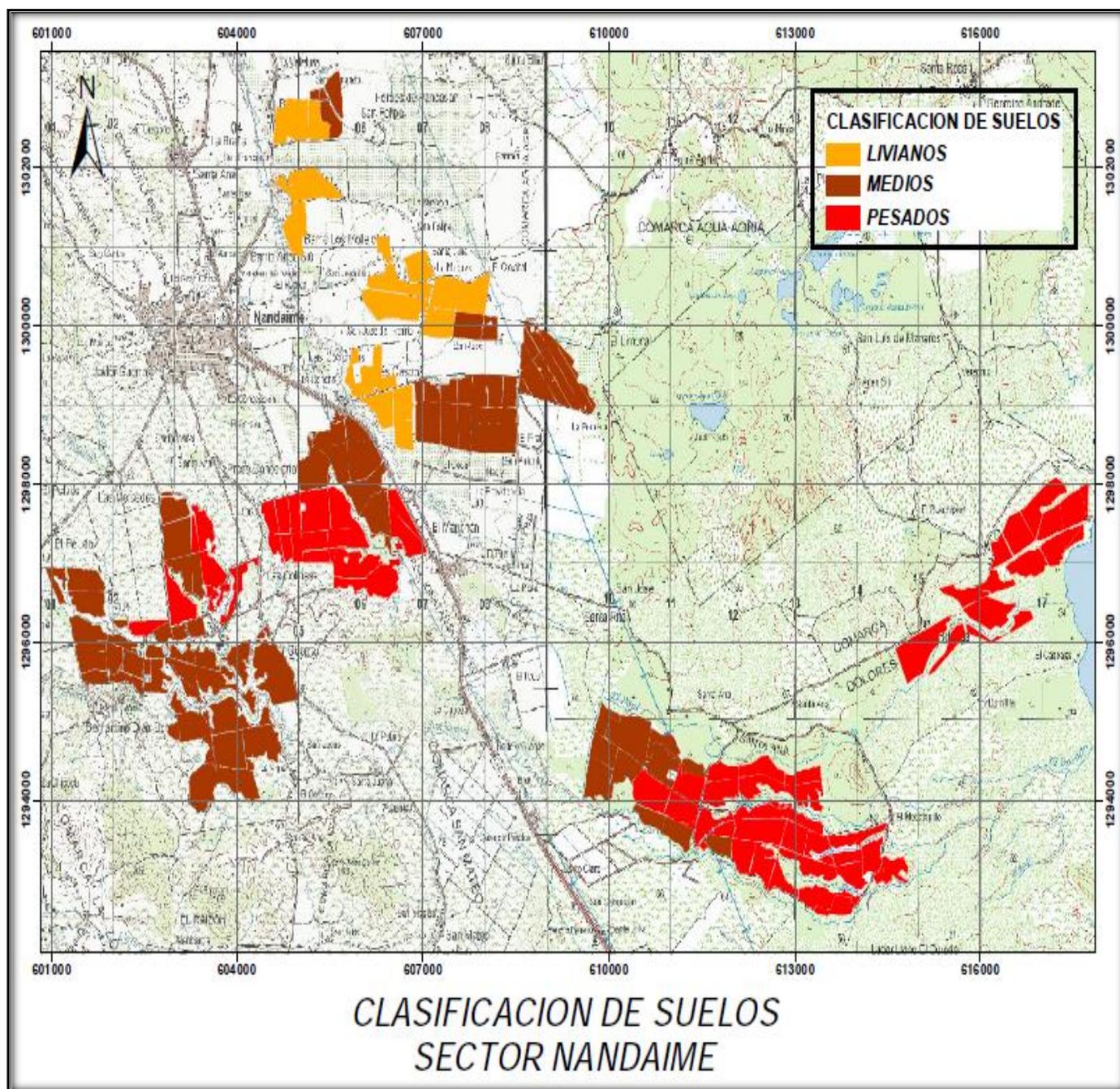
Mapa 4. Geomorfología del municipio de Nandaime



LEYENDA DE FORMA DE TIERRA				
123	1	Terreno bajo (lowland)	a	Plano de inundación (floodplain, doab)
	2	Terreno intermedio (upland)	b	Terraza (terrace, raised beach)
	3	Terreno alto (highland)	c	Abanico (fan, piedmont slope, cone)
12200000m.N.	C	Coluvial	d	Delta (delta, delta plain, drowned estuary)
	F	Fluvial	e	Valle rellenado (filled valley)
	L	Lacustre	f	Plano (plain, coastal plain)
	M	Marino	g	Ondulado (rolling)
	P	Plutónico	h	Pantanosos (marsh)
	V	Volcánico	i	Playa (beach, old strandline)
	X	Metamórfico	j	Cuesta
			k	Loma homoclinal (homoclinal ridge, hogback)
			l	Barra (spit)
			m	Talud (scree, talus)
			n	Estrato lacustre (lakebed)
			o	Cono (cone, scoria mound)
			p	Punton (spine)
			q	Caldera (maar, crater)
			r	Flujo (lava, ignimbrite)
			s	Meseta (plateau, mesa, butte)
		t	Intrusión de roca ignea (stock, plug)	

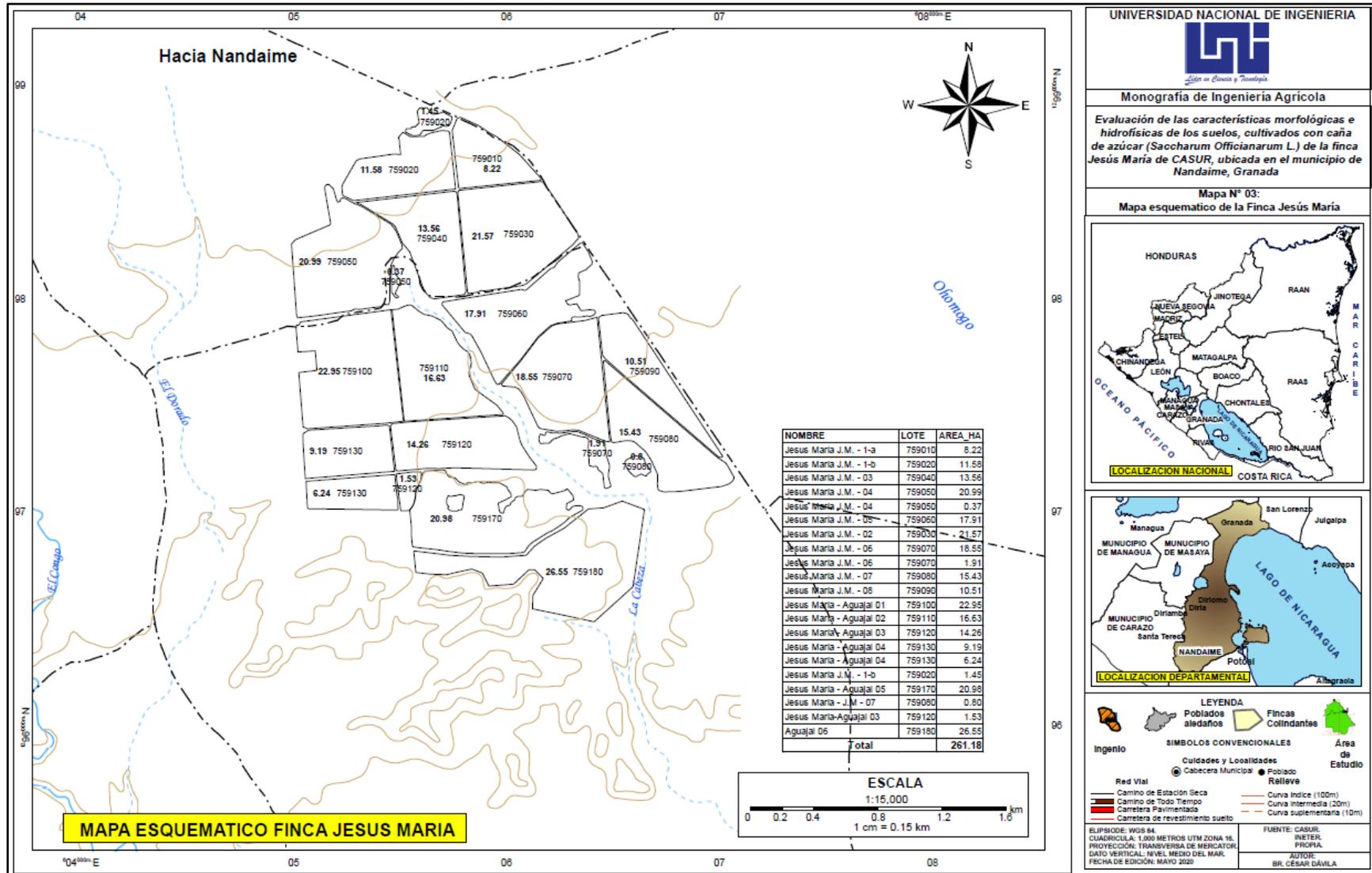
FUENTE: INETER

Mapa 5.
Clasificación operativa de suelos según CASUR



Fuente: CASUR

Mapa 6.
Mapa esquemático de la finca Jesús María



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

Monografía de Ingeniería Agrícola

Evaluación de las características morfológicas e hidrofísicas de los suelos, cultivados con caña de azúcar (Saccharum Officianarum L.) de la finca Jesús María de CASUR, ubicada en el municipio de Nandaime, Granada

Mapa N° 03:
Mapa esquemático de la Finca Jesús María

LOCALIZACIÓN NACIONAL

LOCALIZACIÓN DEPARTAMENTAL

LEYENDA

INGENIO

Red Vial

Simbolos Convencionales

Área de Estudio

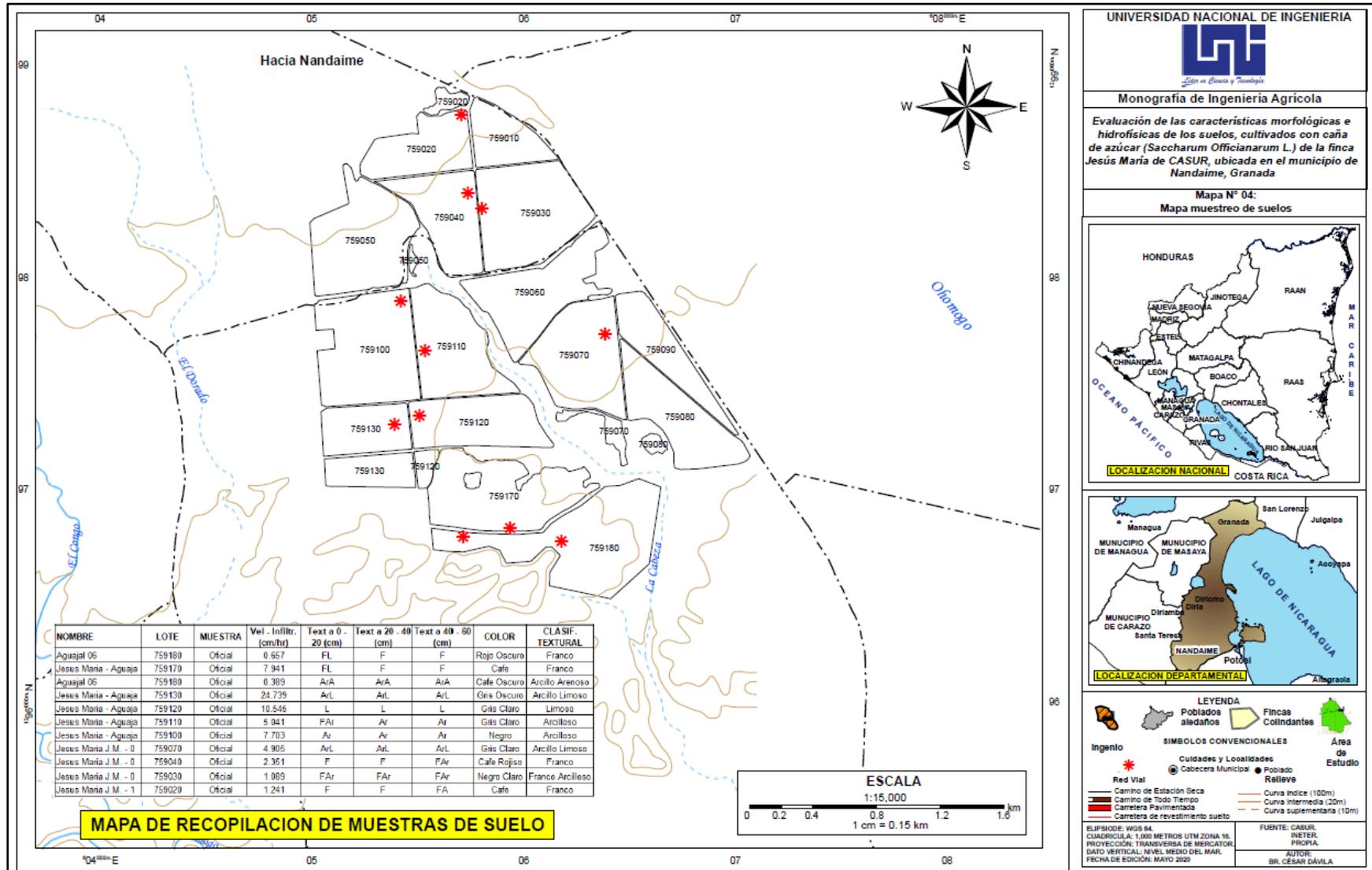
FUENTE: CASUR, INETER, PROPIA.

AUTOR: BR. CESAR DÁVILA

FECHA DE EDICIÓN: MAYO 2020

Fuente: Elaboración Propia.

Mapa 7.
Mapa de recopilación de muestras de suelos



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

Monografía de Ingeniería Agrícola

Evaluación de las características morfológicas e hidrofísicas de los suelos, cultivados con caña de azúcar (Saccharum officinarum L.) de la finca Jesús María de CASUR, ubicada en el municipio de Nandaime, Granada

Mapa N° 04:
Mapa muestreo de suelos

LOCALIZACIÓN NACIONAL

LOCALIZACIÓN DEPARTAMENTAL

LEYENDA

POBLADOS ALDEAÑOS **FINCAS COLINDANTES** **ÁREA DE ESTUDIO**

SÍMBOLOS CONVENCIONALES

● Cabecera Municipal ● Poblado ● Ralipero

— Camino de Estación Secca — Curva Índice (100m)
— Camino de Todo Tiempo — Curva Intermedia (20m)
— Carretera Pavimentada — Curva suplementaria (10m)
— Carretera de revestimiento suelo

INGENIO

Red Vial

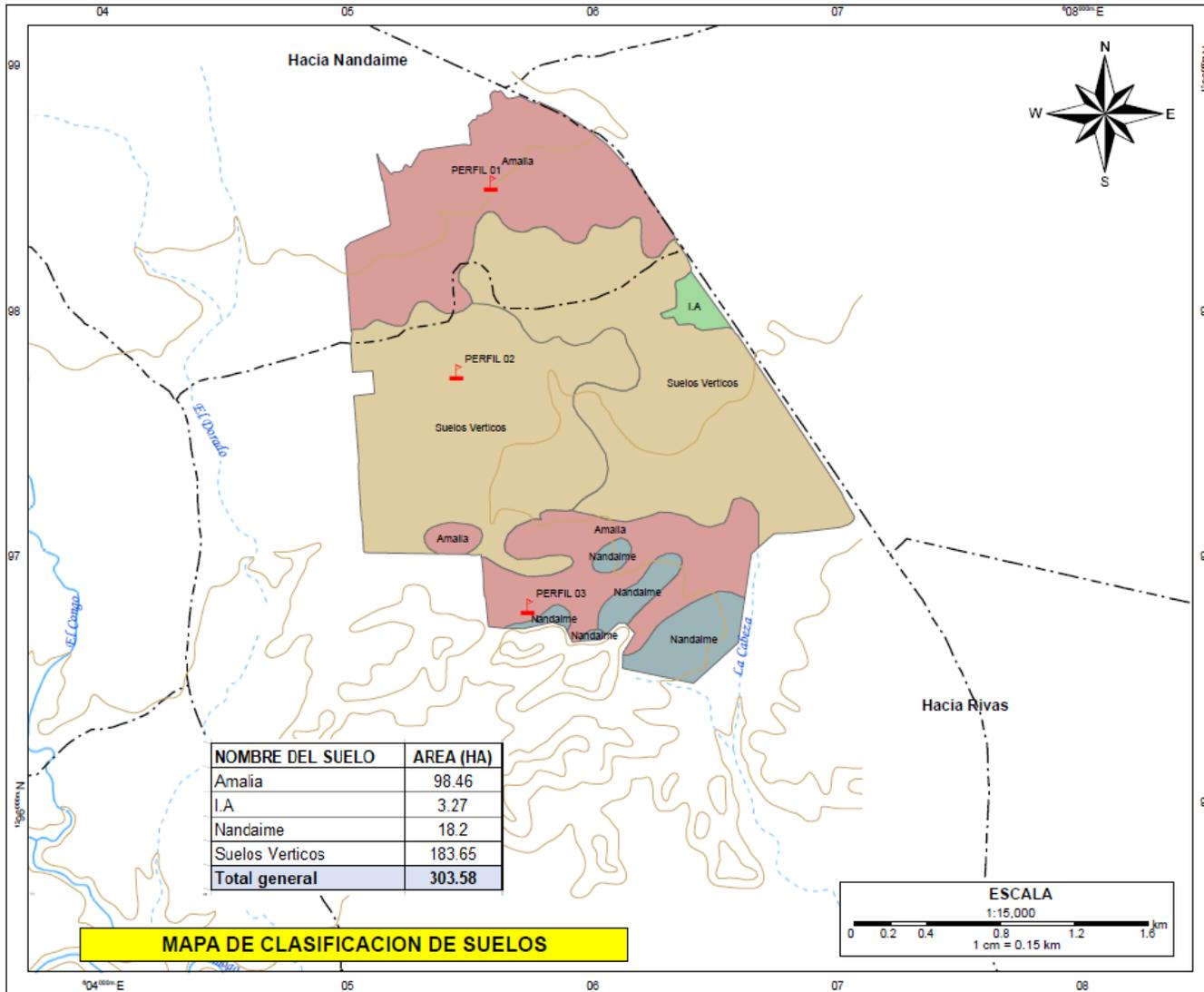
ESCALA
1:15,000
0 0.2 0.4 0.8 1.2 1.6 km
1 cm = 0.15 km

FUENTE: CASUR, INETER, PROPIA.
SUJETO: BR. CÉSAR DÁVALA

ELIPSOIDE: WGS 84 **CUADRICULA:** 1,000 METROS UTM ZONA 18
PROYECCIÓN: TRANSVERSA DE MERCATOR
DATO VERTICAL: NIVEL MEDIO DEL MAR
FECHA DE EDICIÓN: MAYO 2020

Fuente: Elaboración Propia.

Mapa 8.
Mapa de clasificación de los suelos en la finca Jesús María



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

Monografía de Ingeniería Agrícola

Evaluación de las características morfológicas e hidrofísicas de los suelos, cultivados con caña de azúcar (Saccharum Officinarum L.) de la finca Jesús María de CASUR, ubicada en el municipio de Nandaime, Granada

Mapa N° 05:
Mapa de clasificación de suelos finca Jesús María

LOCALIZACIÓN NACIONAL

LOCALIZACIÓN DEPARTAMENTAL

LEYENDA

POBLADOS ALEDAÑOS
 Cuidades y Localidades
 Cabeceras Municipales
 Poblado
 Raliferos

FINCAS COLINDANTES
 Curva Índice (100m)
 Curva Intermedia (20m)
 Curva suplementaria (10m)

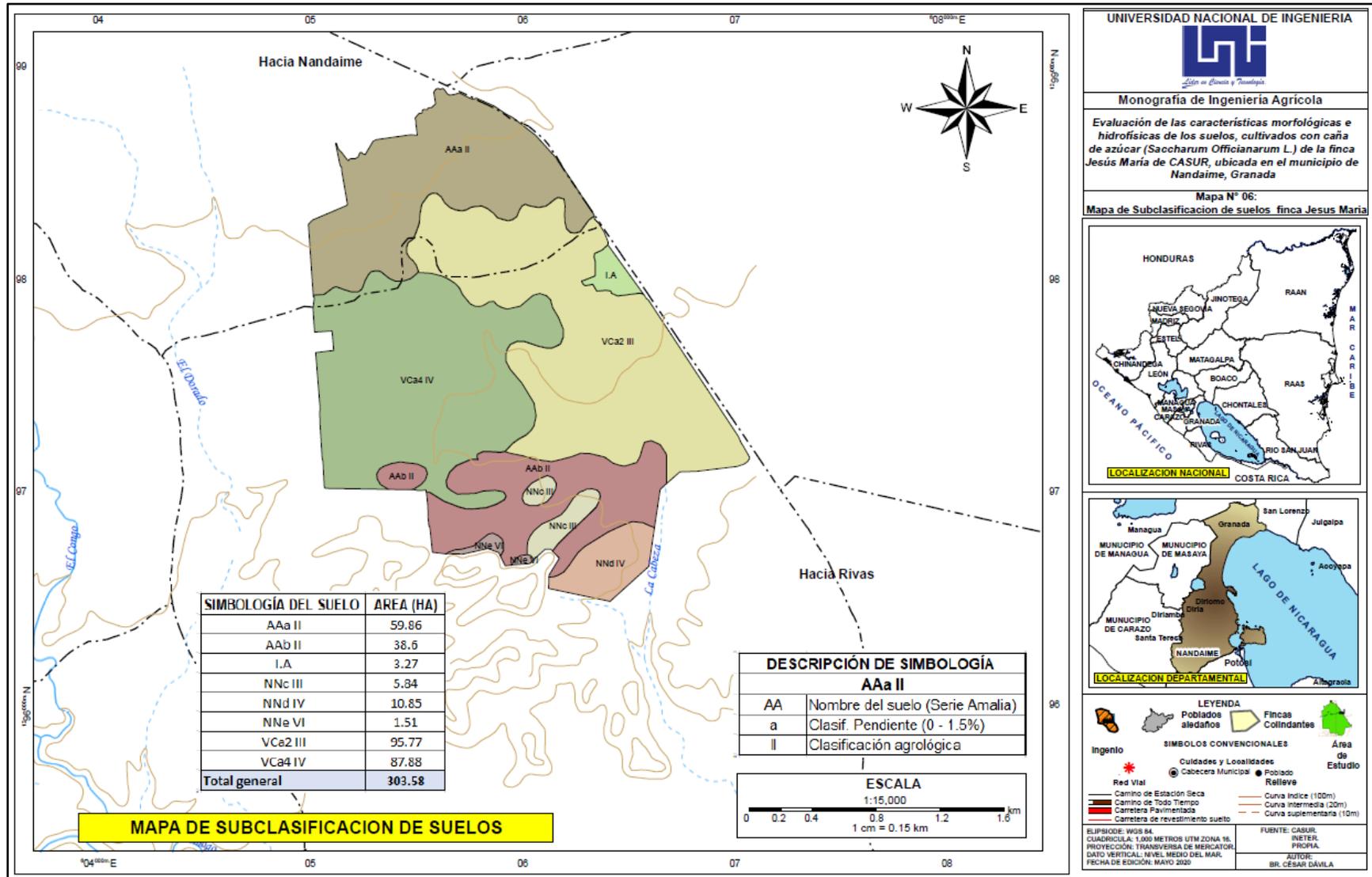
ÁREA DE ESTUDIO
 Área de Estudio

INGENIO
 Red Vial
 Camino de Estación Seca
 Camino de Todo Tiempo
 Carretera Pavimentada
 Carretera de revestimiento suelo

FUENTE: CASUR, INETER, PROPIA, JUJUE
FECHA DE EDICIÓN: MAYO 2020
 BR. CÉSAR DÁVILA

Fuente: Elaboración Propia.

Mapa 9.
Mapa de subclasificación de los suelos en la finca Jesús María



Fuente: Elaboración Propia.

7.3. Anexos fotos de pruebas de campo

Anexo 1. Muestreo de suelos por medio de barrenadas, en el lote 759020 de Jesús María.



Imagen 1. Extracción de de suelo con barreno edafológico



Imagen 2. Recolección de muestra de suelo georreferenciadas.

Anexo 2. Determinación de la humedad de las muestras de suelos, recolectadas por barrenadas y procesamiento en el orden descrito respectivamente de la imagen 3 a la imagen 5.



Imagen 3. Muestra de suelo In Situ



Imagen 4. Secado de muestras con horno a 105 °C por 24 hrs



Imagen 5. Muestras de suelo secas

Anexo 3. Perforación de calicata, en el lote 759020 de Jesús María.



Imagen 6. Elaboración de calicata de 1.20 m largo, 1.50 m de ancho y 1.30 m de profundidad.

Anexo 4. Descripción de la calicata número 1 en el lote 759020.



Imagen 7. Delimitación o identificación de horizontes y lectura de calicata.

Anexo 5. Descripción de calicata número 2, ubicada en el lote 759100



Imagen 8. Delimitación o identificación de horizontes y lectura de calicata.

Anexo 6. Descripción de calicata número 3, en el lote 759180



Imagen 9. Perfil descubierto listo para ser descrito.

Anexo 7. Determinación de la profundidad radicular, lote 759020



Imagen 10. Extracción de raíces a profundidad 20, 40 y 60 centímetros



Imagen 11. Preparación de raíces para posterior análisis

Anexo 8. Procesamiento de muestras de capacidad de campo en el laboratorio provisional.



Imagen 12. Extracción de muestra de suelo a capacidad de campo



Imagen 13. Secado de muestras de suelo a capacidad de campo a 105 °C por 24 horas.

Anexo 9. Prueba de velocidad de infiltración con cilindros concéntricos.



Imagen 14. Instalación de los cilindros concéntricos, se usa plástico para controlar que la prueba inicie en simultaneo con los tres cilindros

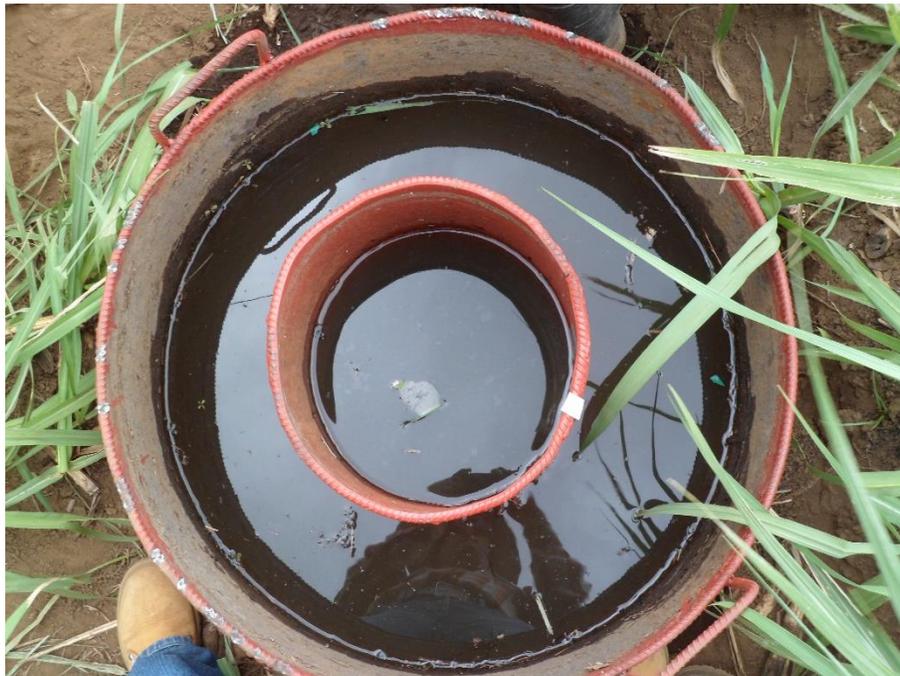


Imagen 15. Prueba de velocidad de infiltración ya iniciada

Anexo 9. Extracción de muestra de suelo para determinar densidad aparente.



Imagen 16. Uso del cilindro para determinación de densidad aparente

Anexo 9. Extracción de muestra de suelo para determinar densidad aparente.



Imagen 17, 18, 19. Equipo de trabajo para la recolección de datos de campo