

**UNIVERSIDAD LAICA ELOY ALFARO DE  
MANABÍ  
EXTENSIÓN CHONE**

**CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**

**TRABAJO DE TITULACIÓN, MODALIDAD  
PROYECTO DE INVESTIGACIÓN**

**Título:**

**“DETERMINACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS DE LOS  
SUELOS EN EL AREA DE ESTUDIO DEL PROYECTO  
MULTIPROPÓSITO CHONE”**

**AUTOR:**

**ZAMBRANO GÓMEZ JOSÉ DARÍO**

**TUTOR:**

**DR. ING. RAMÓN PEREZ LEIRA**

**CHONE - MANABÍ - ECUADOR**

**2018**

## CERTIFICACIÓN DEL TUTOR

ING. RAMÓN PEREZ LEIRA, Ph.D., Docente de la Universidad Laica “Eloy Alfaro” de Manabí, Extensión Chone, en calidad de Tutor del Trabajo de Titulación.

### CERTIFICO:

Que el presente trabajo de titulación: “**Determinación de las propiedades físicas de los suelos en el área de estudio del Proyecto Multipropósito Chone**”, ha sido exhaustivamente revisado en varias sesiones de trabajo y se encuentra listo para presentación y apto para su defensa.

Las opiniones y conceptos plasmados en este trabajo de titulación son fruto del trabajo, perseverancia y originalidad del autor: **José Darío Zambrano Gómez**, siendo de su exclusiva responsabilidad.

---

Ing. Ramón Pérez Leira, Ph.D.

TUTOR

Chone, Enero del 2018.

# **DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS**

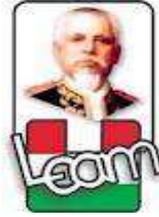
**José Darío Zambrano Gómez**, declaro ser autor del presente trabajo de titulación: **“Determinación de las propiedades físicas de los suelos en el área de estudio del Proyecto Multipropósito Chone”**, siendo el Ing. Ramón Pérez Leira PhD, tutor del presente trabajo; y eximo expresamente a la Universidad Laica “Eloy Alfaro” de Manabí y a sus representante legales de posibles reclamos o acciones legales. Además certificamos que las ideas, opiniones, investigaciones, resultados, conclusiones y recomendaciones vertidos en el presente trabajo, son de nuestra exclusiva responsabilidad.

Adicionalmente cedemos los derechos de este trabajo a la universidad Laica “Eloy Alfaro” de Manabí, para que forme parte de su patrimonio de propiedad intelectual de investigaciones, trabajos científicos o técnicos y trabajos de titulación, ya que ha sido realizado con apoyo, académico o institucional de la universidad.

**José Darío Zambrano Gómez**  
**AUTOR**

Chone, Enero del 2018

# APROBACIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN



## *UNIVERSIDAD LAICA “ELOY ALFARO” DE MANABÍ EXTENSIÓN CHONE*

*FACULTAD DE CIENCIAS TECNICAS*

*CARRERA DE INGENIERIA CIVIL*

Los miembros del Tribunal Examinador aprueban el Trabajo de Titulación siguiendo la modalidad de Proyecto técnico, titulado: **“Determinación de las propiedades físicas de los suelos en el área de estudio del Proyecto Multipropósito Chone”**, elaborado por el egresado: **José Darío Zambrano Gómez**, de la Escuela de Ingeniería Civil.

---

ING. ODILON SHNABELL  
DECANO

---

Ing. Ramón Pérez Leira, Ph.D.  
TUTOR

---

MIEMBRO DEL TRIBUNAL

---

MIEMBRO DEL TRIBUNAL

---

SECRETARIA

## **DEDICATORIA**

El presente trabajo de investigación se lo dedico a Dios, que en su infinita sabiduría supo darme paciencia y perseverancia para seguir avanzando en mis metas y objetivos que me he propuesto durante toda mi carrera universitaria.

A mi Madre, porque el amor de una madre es el combustible que hace que un ser humano logre lo imposible. Una Madre tiene algo de Dios y mucho de Ángel.

A toda mi familia, que supo brindarme todo el apoyo necesario y que no tenemos que olvidar nuestro pasado para avanzar.

A mis hijos, por haberme brindado su apoyo y cariño a través de los años, y que siempre tendré presente porque ellos fueron quién me convirtieron en la persona que soy ahora y para q tengan un mejor futuro una vida más digna.

*José Darío*

## AGRADECIMIENTOS

El presente trabajo me gustaría agradecerle a Dios por haberme dado fuerzas para continuar y seguir adelante frente a las dificultades de la vida.

Todo lo que yo sé, soy, y seré, se lo debo a la Ingeniería. Pero es gracias a la ayuda de mi Madre, que me he convertido en Ingeniero.

Le agradezco a todos los miembros de mi familia, porque ellos me motivaron a salir adelante en mi formación académica, me ilustraron que el éxito del perseverante es alcanzar sus metas sin sacrificar sus principios.

A mí querida Facultad de Ingeniería Civil, por haberme permitido estudiar la carrera y así demostrar que el hombre indicado puede hacer cualquier cosa posible.

A mi tutor, Ing. Ramón Pérez Leira, ya que con su acertada guía y colaboración ha aportado favorablemente en la terminación del presente proyecto de tesis.

A todos mis amigos que han compartido momentos buenos y malos tanto dentro como fuera del salón de clase.

*José Darío*

## SÍNTESIS

El objetivo de la investigación fue investigar los Suelos de uso agrícolas dentro del área del Proyecto Multipropósito Chone, para lo cual se determinaron las propiedades físicas de los suelos, como también la densidad aparente, la densidad real y la porosidad del suelo, tomando en cuenta del análisis de las experiencias de fuentes secundarias a nivel regional y nacional en el tema de las propiedades físicas de los suelos, hasta la valoración in situ de estas propiedades de los suelos, en ocho puntos escogidos estratégicamente dentro del área del proyecto, al mismo tiempo determinamos el tipo de textura del suelo, obteniendo tres punto de muestreos en suelos de textura fina y cinco puntos de muestreo en suelos de textura media mientras los valores de las densidades y la porosidad de dichos suelos se determinaron en el laboratorio para cada tipo y estructura de suelo y sus propiedades, en suelos de textura media así como los menores valores en suelos textura fina. Mientras que la Velocidad de Infiltración no reporto una correspondencia con relación a la textura del suelo, atendiendo a que los mayores valores de infiltración se obtuvieron en los puntos de suelo de textura fina, en tanto que, en los puntos de suelos de textura media, se produjeron dos grupos unos con velocidades de infiltración similares a los suelos de textura fina y otros con los menores valores de infiltración.

**PALABRAS CLAVES:** Propiedades físicas, densidad aparente, densidad real, porosidad del suelo, velocidad de infiltración, textura fina, textura media.

## **ABSTRACT**

The objective of the research was to investigate the soils of agricultural use within the area of the Chone Multipurpose Project, for which the physical properties of the soils, as well as the apparent density, the real density and the porosity of the soil were determined, taking into account Of the analysis of the experiences of secondary sources at regional and national level in the subject of the physical properties of the soils, to the in situ assessment of these properties of the soils, in eight points chosen strategically within the project area, at the same time We determined the soil texture type, obtaining three sampling points in fine textured soils and five sampling points in soils of medium texture while the values of the densities and the porosity of said soils were determined in the laboratory for each type and structure Of soil and its properties, in soils of medium texture as well as the lower values in soils fine texture. While the velocity of infiltration did not correspond to a correspondence to the texture of the soil, given that the highest values of infiltration were obtained in the points of soil with fine texture, while in the points of soils of medium texture, Two groups were produced with infiltration velocities similar to fine texture soils and others with the lowest infiltration values.

**KEY WORDS:** Physical properties, apparent density, real density, soil porosity, infiltration velocity, fine texture, medium texture.

# TABLA DE CONTENIDOS

CERTIFICACIÓN DEL TUTOR.....	II
DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS.....	III
APROBACIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN.....	IV
DEDICATORIA .....	V
AGRADECIMIENTOS.....	VI
SÍNTESIS .....	VII
ABSTRACT.....	VIII
TABLA DE CONTENIDOS .....	IX
INTRODUCCIÓN .....	1
CAPITULO I. ESTADO DEL ARTE.....	10
1.1. El suelo desde el punto de vista agrícola .....	10
1.2. Propiedades físicas de los suelos y su relación con el riego de los cultivos. ....	13
1.3. La textura del suelo agrícola. ....	14
1.3.1 Tipos de textura del suelo .....	15
1.4. Estructura del suelo Agrícola .....	17
1.4.1 Color del suelo.....	17
1.4.2 Consistencia del suelo.....	18
1.5. Método gravimétrico.....	18
1.5.1 Retención del agua en el suelo .....	19

1.5.2	Movimiento del agua en el suelo .....	20
1.5.3	Determinación del contenido de humedad del suelo .....	22
1.6.	Densidad real, aparente y porosidad del suelo .....	22
1.6.1	Peso específico o densidad real del suelo .....	23
1.6.2	Porosidad del suelo .....	25
1.7.	Valores de referencias sobre las propiedades físicas de los suelos .....	25
1.7.1	Relación entre suelo y agua.....	26
1.7.2	Relación entre agua y aire .....	26
1.8.	Método de la Plazoleta de Inundación .....	27
1.9.	Técnica del picnómetro .....	27
CAPITULO II. MATERIALES Y MÉTODOS.....		29
2.1	Caracterización de la zona de estudio.....	29
2.1.1	Población y Superficie. ....	29
2.2	Medio físico: clima, suelo y agua .....	30
2.3	Uso de suelos y tipos cultivos. ....	30
2.4	Caracterización geográfica y socioeconómica del Cantón Chone .....	33
2.6	Recursos de riego.....	36
2.6	Características de la cuenca del río Chone.....	37
2.7	Área de estudio en el Proyecto Multipropósito Chone .....	38
2.8	Desarrollo de las pruebas de campo en el área de estudio .....	40
Procedimiento para obtención de muestra de suelo .....		44

CAPITULO III. RESULTADOS Y DISCUSION.....	47
3.1 Resultados de las Pruebas de Campo.....	47
3.1.1 Resultados de la determinación de la densidad real, aparente y porosidad del suelo.....	47
CONCLUSIONES .....	63
RECOMENDACIONES .....	65
BIBLIOGRAFÍA.....	66
ANEXOS .....	68

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1. Composición del suelo y porcentaje de constituyentes.....	11
Figura 1.2. Nomenclatura de los horizontes del suelo.....	13
Figura 1.3. Gráfico para la denominación de los suelos según la textura.....	15
Figura 1.4. Clasificación Física y Biológica del Agua en el Suelo.....	21
Figura 2.1. Porcentaje de ocupación de la población económicamente activa diferenciada por género.....	29
Figura 2.2. Pastel representativo de los Uso de suelos en la provincia de Manabí.....	31
Figura 2.3. Áreas de cultivos cosechados en superficies equipadas para el riego con dominio total.....	33
Figura 2.4. Técnicas de riego en superficie equipada para el riego con dominio total...	33
Figura 2.5. Ubicación del Cantón Chone dentro de la Provincia Manabí.....	34
Figura 2.6. Superficie plantada en el Cantón Chone.....	35
Figura 2.7. Imagen de la Cuenca del Río Chone.....	38
Figura 2.8. Área de estudio en el Proyecto Multipropósito Chone diferenciada por texturas de suelo.....	39
Figura 2.8. Área de estudio en el Proyecto Multipropósito Chone diferenciada por texturas de suelo.....	40
Figura 2.10. Balanza electrónica empleada para pesar las muestras de suelo "in situ" y posteriormente en el laboratorio cuando fueron secadas.....	41
Figura 2.11. Estufa empleada para secar las muestras de suelo en el laboratorio de la Extensión Chone de la ULEAM.....	41
Figura 2.12. Peso de las muestras después de salir de la estufa.....	42

Figura 2.13. Pesos de las muestra de los 8 puntos de muestreo.....	43
Figura 2.14. Extracción de muestra de un perfil edáfico.....	44
Figura 3.1. Comportamiento de la Densidad Real del suelo en los ocho puntos.....	48
Figura 3.2. Comportamiento de la Densidad Aparente del suelo en los ocho puntos....	49
Figura 3.3. Comportamiento de la Porosidad del suelo en los ocho puntos.....	50

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1. Uso de suelos en el Cantón Chone.....	36
Tabla 2.2. Categorías de las parcelas atendiendo a su extensión y porcentaje de existencia.....	36
Tabla 2.3. Categorías de tamaño de parcelas del Cantón Chone.....	36
Tabla 2.4. Porcentaje del área con riego y sin riego en Chone.....	37

## INTRODUCCIÓN

El suelo es un cuerpo natural, tridimensional, no consolidado, producto de la interacción de los llamados factores formadores del suelo (clima, rocas, organismos, relieve, Está compuesto por sólidos (material mineral y orgánico), líquidos y gases, que se mezclan para formar los horizontes o capas diferenciales, resultado de las adiciones, pérdidas, transferencias y transformaciones de energía y materia a través del tiempo, y cuyo espesor puede ir desde la superficie terrestre hasta varios metros de profundidad (Kennedy, 1995).

El suelo desempeña funciones de gran importancia para el sustento de la vida en este planeta, es fuente de alimentos para la producción de biomásas, actúa como medio filtrante, amortiguador y transformador, es hábitat de miles de organismos, y el escenario donde ocurren los ciclos biogeoquímicos. En el suelo se llevan a cabo la mayoría de las actividades humanas, sirviendo de soporte físico y de infraestructura para la agricultura, actividades forestales, recreativas, y agropecuarias, además la socioeconómica como vivienda, industria y carreteras (Arias A. C., 2001).

Tiene la propiedad de retener sustancias mecánicamente o fijarlas por adsorción; tiene la capacidad de actuar como esponja y servir de acopio de materiales. Ambas características dependen fuertemente del contenido de materia orgánica presente (Departamento de suelos y agua UR, 2004).

Cuando la capacidad para almacenar materia se ve sobrepasada, ocurren muchos de los desastres naturales como son las inundaciones, se impide o modifica el correcto actuar de la capacidad útil que presenta el suelo, convirtiéndose en un riesgo para la salud no solo de las personas, sino también de todos los organismos que dependen y viven de él .

Dentro de los factores formadores del suelo los microorganismos juegan un papel muy importante pues son los encargados de la fertilidad del suelo y degradación de la materia orgánica; además, gracias al proceso de degradación, se liberan ciertos elementos esenciales para la nutrición de las plantas; así, la fertilidad del suelo se puede ver incrementada por el azufre, fósforo, o manganeso entre otros (Porta *et al.*, 2003), además de ser indispensable en los ciclos biogeoquímicos tanto del carbono, nitrógeno, mercurio como de muchos otros elementos.

La evolución de las propiedades físicas bajo distintos manejos del suelo está regulada por la textura superficial del mismo y estabilidad estructural de los suelos están directamente relacionadas con el contenido y especialmente, con su fracción lábil independientemente del manejo del suelo. En los sistemas se produce una fuerte estratificación pero no necesariamente en el desarrollo de una forma estructural superficial deseable.

Se puede sintetizar la caracterización del estado de la calidad del suelo, en la medición de un menor número, las propiedades físicas pueden ser alteradas por el hombre o los animales, estas propiedades permiten el transporte del aire, del calor, del agua y sus sustancias solubles en suelo (Arias, 2001) (Sanchez, 1981).

Bajo la Agricultura de Conservación se establece una nueva dinámica del suelo, dando lugar a fuertes interacciones entre la fauna, las raíces de las plantas, el agua, el aire, la temperatura y el reciclaje de los nutrientes. Como es difícil atribuir los cambios positivos a una o pocas propiedades del suelo, los efectos de la Agricultura de Conservación serán descritos por sus Propiedades físicas del suelo (agua, temperatura, porosidad, densidad) y sus Propiedades químicas del suelo (nutrientes y acidez).

Las propiedades biológicas del suelo (materia orgánica, micro y macro fauna) son discutidas en el módulo Materia orgánica y actividad biológica.

En la Agricultura de Conservación, se mantienen una estructura óptima del suelo y el mantillo, maximizando el acceso de los cultivos a los pocos nutrientes que constantemente son suministrados mediante la mineralización de la materia orgánica. En cierta medida, las raíces más profundas, que tienen un gran número de raíces absorbentes, pueden capturar grandes cantidades de nutrientes, incluso en horizontes del suelo con concentraciones extremadamente bajas de nutrientes.

Las grandes cantidades de biomasa depositadas en el suelo por los cultivos y los cultivos de Cobertura, con el correr del tiempo mejoran la estructura del suelo, de modo que la tierra permitirá que los cultivos accedan más eficientemente a las bajas concentraciones de nutrientes, de los horizontes superiores del perfil del suelo. Mientras tanto, la materia orgánica en la superficie del suelo o cerca de ella producida durante los períodos de barbecho, continúa suministrando nutrientes en pequeñas cantidades que pueden mantener razonablemente altos niveles de productividad, las propiedades físicas

del suelo tienen la responsabilidad del transporte del aire, del calor y de las sustancias solubles a través del suelo, son ampliamente variables en los suelos tropicales incluyendo algunas que se desconocen en las zonas templadas.

Su justificación se basa en la falta de información existente sobre las variables climáticas, de suelos y cultivos, que permitan organizar el riego sobre criterios técnicos y económicos. Se inserta en un escenario muy favorable que está potenciando el país dentro del fortalecimiento de la Matriz Productiva, materializado a través del Proyecto Multipropósito Chone en la zona de estudio.

En dicho Proyecto está previsto incrementar el riego en un área superior a las 2 200 ha en una zona con grandes potencialidades agro productivas pero con grandes limitaciones en los agricultores para asimilar el cambio necesario de una agricultura extensiva con prácticas inadecuadas sobre los recursos naturales a una agricultura tecnificada y sostenible.

Este proyecto pretende aportar en el conocimiento de la información básica requerida para la programación del régimen de riego de los cultivos en el Cantón Chone y definir sobre criterios técnicos y económicos la factibilidad del empleo de técnicas de riego en la zona de estudio. No se conocen evidencias de estudios análogos en la localidad de Chone, por lo cual representa un aspecto novedoso, a la vez que constituye una contribución al conocimiento de la agricultura en la región.

Con esta investigación se enfatiza la problemática de la deforestación en características físicas y químicas del suelo, cabe señalar que en la zona no se han realizado estudios relacionados a este tema, tomándose éste estudio como línea base para el desarrollo de investigaciones relacionadas con el deterioro de recursos naturales del país, siendo uno de los más importantes el suelo, considerado como sustento de vida de una extensa gama de microorganismos, como de vegetación nativa y hábitat natural para la adaptación y desarrollo de los mismos, de igual forma estos ecosistemas brindan recursos innumerables a la humanidad, siendo ésta la autora principal de su degradación y de la pérdida de biodiversidad. Con el crecimiento de la población y el incremento de la demanda de alimentos, la tierra cultivada en este sitio se ha expandido, para lograr este fin la vegetación de bosques es quemada y el suelo es labrado para fines agrícolas, ampliando el uso abonos químicos motivo por el cual la estructura del suelo cambia y su

fertilidad natural disminuye, zonas que posteriormente son convertidas en pastizales con fines ganaderos (Buytaert, 2002). Requerida por el hombre para satisfacer necesidades. Otras funciones que cumple el suelo son: la infiltración, amortiguamiento, resguardo de la cadena alimenticia y protección del agua subterránea a través de la transformación de sustancias que contaminan el ambiente, actuando como desintoxicador (soporta considerables cantidades de contaminantes), al mismo tiempo es la reserva de genes y biodiversidad por lo que es el hábitat biológico con mayor cantidad y calidad de organismos de toda la biota. Al no existir intervención en suelos de cobertura natural existe equilibrio entre los componentes de un ecosistema siendo soporte y fuente de nutrientes lo que conlleva a la productividad y sostenibilidad del recurso suelo, hechos que se pueden evidenciar en una mejor calidad ambiental, seguridad alimentaria y salud de la tierra (Collins & Qualset, 1998).

Al ocurrir un cambio de uso de suelo el mismo que es capaz de soportar un ligero proceso de sequedad debido a la pérdida de humedad, aumentando el proceso de mineralización lo que modifica químicamente la capa orgánica, así también se indica que el cambio de cobertura produce una disminución drástica en el contenido de materia orgánica debido a su descomposición acelerada y a la falta de adición de hojarasca, perturbando propiedades físicas como: textura, estructura, conductividad hidráulica, retención de humedad y de la misma manera influye en la pérdida de nutrientes.

Debido a las razones mencionadas se ha visto necesario la ejecución de éste estudio con el fin de profundizar el conocimiento sobre cambios y alteraciones que se producen en características físicas y químicas del suelo a causa de la deforestación, comparando propiedades de suelos bajo cobertura no intervenida (bosque de neblina alto) con propiedades de suelos bajo coberturas intervenidas (pasto sin manejo, pasto con manejo y cultivos).

Los resultados obtenidos en esta investigación permitirán enriquecer conocimientos respecto a los cambios que sufren los suelos a causa de la deforestación para fines agropecuarios, permitiendo así la apertura de nuevas investigaciones que se enfoquen con mayor claridad en la influencia del cambio de cobertura en las propiedades del suelo, y de esta forma tomar de decisiones para proyectos de conservación de biodiversidad de la zona, como también proyectos para el manejo adecuado del suelo,

para incentivar el uso y recuperación de tierras abandonadas o de baja productividad para evitar la ampliación de la frontera agropecuaria.

El presente Proyecto de Investigación está en plena correspondencia con el Plan Nacional para el Buen Vivir 2013-2017 tributa directamente al objetivo 10.4 dentro de la Matriz de políticas y lineamientos estratégicos donde se expresa textualmente: “Impulsar la producción y la productividad de forma sostenible y sustentable, fomentar la inclusión y redistribuir los factores y recursos de la producción en el sector agropecuario, agrícola y pesquero.” Dentro del mencionado objetivo se enfatiza en el inciso i: “Incrementar la cobertura y el acceso equitativo al riego e impulsar la cogestión de los sistemas de irrigación, aprovechando las formas organizativas y saberes locales, para garantizar la soberanía alimentaria.” También se apoya en el objetivo 10.9 a donde se plantea: “Ampliar y mejorar la provisión, acceso, calidad y eficiencia de los servicios públicos de agua potable, riego y drenaje, saneamiento, energía eléctrica, telecomunicaciones, gas natural y el servicio postal.” (SENPLADES, 2013).

Los resultados esperados con la ejecución contribuye a la Transformación de la Matriz Productiva, propósito identificado como “uno de los retos más ambiciosos del país, ... que permitirá al Ecuador superar el actual modelo de generación de riquezas: concentrador, excluyente y basado en recursos naturales, por un modelo democrático, incluyente y fundamentado en el conocimiento y las capacidades de las y los ecuatorianos“ (SENPLADES, 2013). Se consideran los aspectos relacionados con la descentralización de los territorios asociados a las Competencias de Riego y Drenaje, además, está en correspondencia con el Dominio Seguridad Alimentaria, definido por la ULEAM para estructurar sus investigaciones, las Líneas y Programas definidos y aprobados por la Extensión Chone donde se recoge la “Fundamentación y Estructuración de las Investigaciones del Área Productiva ULEAM-Extensión Chone”, definidos para el año 2015.

Durante los últimos años, en muchas partes del mundo, el conocer sobre los recursos naturales cobra vital importancia, ya que no es suficiente su explotación en momentos de necesidad sin pensar en las futuras generaciones, más bien es imprescindible dar el mejor uso posible a los recursos limitados y una planificación sostenible de los mismos. Dentro de ésta perspectiva se hace soberbia la necesidad de generar el conocimiento de lo existente para que posteriormente se realicen planes de control y de manejo, como los

sistemas de riego. Es en éste marco que el conocimiento del recurso suelo se hace primordial por los beneficios que brinda a la humanidad en la producción agrícola.

También, un sistema de riego bien planificado y manejado es muy significativo para el desarrollo de la zona agrícola. Con la implementación de una agricultura bajo riego puede producir cambios en el manejo y uso del suelo que pueden afectar positiva o negativamente a las propiedades físicas y químicas del suelo. La aplicación del agua al suelo puede provocar impactos negativos como ser erosión, solidificación, salinización superficial del suelo, etc. Todos estos posibles impactos deben ser evaluados previamente, con el propósito de realizar recomendaciones de manejo que garanticen el uso y manejo sostenible del suelo.

Dentro del mencionado objetivo se enfatiza en el inciso i: “Incrementar la cobertura y el acceso equitativo al riego e impulsar la cogestión de los sistemas de irrigación, aprovechando las formas organizativas y saberes locales, para garantizar la soberanía alimentaria.” Se consideran los aspectos relacionados con la descentralización de los territorios asociados a las Competencias de Riego y Drenaje (SENPLADES, 2013).

También está comprendido dentro de las Líneas y Programas definidos y aprobados por la Extensión Chone donde se recoge la “Fundamentación y Estructuración de las Investigaciones del Área Productiva ULEAM en su Extensión Chone”, definidos para el año 2015. Se inserta en un escenario muy favorable que está potenciando el país dentro del fortalecimiento de la Matriz Productiva, materializado a través del Proyecto Multipropósito Chone en la zona de estudio. En dicho Proyecto está previsto incrementar el riego en un área aproximada de 3000 ha en una zona con grandes potencialidades agro productivas, pero con grandes limitaciones en los agricultores para asimilar el cambio necesario de una agricultura extensiva con prácticas inadecuadas sobre los recursos naturales a una agricultura tecnificada y sostenible. Su justificación se basa en la falta de información existente sobre las Propiedades físicas de los suelos para definir y planificar el Régimen de Riego de los Cultivos en la zona.

Este trabajo se complementa con las investigaciones de Zambrano (2016) desarrollado paralelo a esta investigación con el objetivo de analizar el comportamiento de las propiedades físicas de los suelos en la zona de estudio de referencia.

**Problema de investigación:** Se desconocen las Propiedades Físicas de los Suelos con fines agrícolas en el área prevista a regar con el Proyecto Multipropósito Chone

**Objeto de investigación o estudio:** Suelos con fines agrícolas dentro del Área de Estudio del Proyecto Multipropósito Chone

**Campo de acción:** Propiedades Físicas de los Suelos

**Hipótesis de la investigación:** La determinación de las Propiedades Físicas de los suelos con fines agrícolas permite definir con mayor precisión la porosidad y la capacidad de almacenamiento de agua en los suelos del Proyecto Multipropósito Chone.

**Objetivo general:** Determinar las Propiedades Físicas de los suelos en el Área de Estudio del Proyecto Multipropósito Chone.

**Variables:**

**Variables Técnicas:**

- ✓ Densidad Aparente
- ✓ Densidad Real
- ✓ Porosidad

**Tareas Científicas de Investigación**

**Tarea 1.** Examinar la experiencia Nacional y Regional relacionada con las propiedades Físicas de los suelos en Ecuador.

**Tarea 2.** Determinar los valores de Peso Específico Aparente, Peso Específico Real y Porosidad asociados a las texturas de los suelos existentes en el Área de Proyecto Multipropósito Chone.

**Tarea 3.** Analizar la variación de las propiedades estudiadas por profundidades y por su ubicación espacial.

**Tarea 4.** Valorar posibles agentes externos que puedan estar asociados a las causa de variación (textura, pendientes, usos del suelo, etc.)

## **Diseño del estudio**

**Etapa 1:** Caracterización del área de estudio a partir de las condiciones climáticas, de suelos, topografía, y datos de los cultivos a potenciar y de sus requerimientos hídricos (se apoyará en datos y mapas temáticos existentes, así como en otros trabajos de Titulación que se desarrollan en la zona de estudio de manera simultánea.

**Etapa 2:** Determinación de las Propiedades físicas del suelo.

**Etapa 3:** Procesamiento y análisis de las muestras

## **Esquema Metodológico.**

La investigación se ha estructurado en Introducción, tres Capítulos (que serán detallados a continuación), Conclusiones, Recomendaciones, Referencias Bibliográficas.

**Capítulo I: Estado del Arte.** Empeña los aspectos relacionados con la determinación de las propiedades físicas de los suelos. Métodos para su determinación y agrupación de dichas propiedades con otras características de los suelos atendiendo a su origen, topografía y zonas climáticas entre otras. Se relaciona la experiencia nacional e internacional sobre este tipo de estudios.

**Capítulo II: Materiales y Métodos.** En la zona de estudio se incluye una caracterización según el clima y los suelos. Se detallan todos los procedimientos y el equipamiento empleados para la determinación de la densidad real, la densidad aparente y la porosidad.

**Capítulo III: Resultados y Discusión.** Todos los resultados obtenidos en cada uno de los puntos de estudios. Se utilizan figuras y tablas para mostrar el resultado del estudio. Se comparan los resultados entre sí y también con los resultados de otros autores en estudios análogos.

**CAPITULO I**  
**ESTADO DEL ARTE**

# CAPITULO I. ESTADO DEL ARTE

## 1.1. El suelo desde el punto de vista agrícola

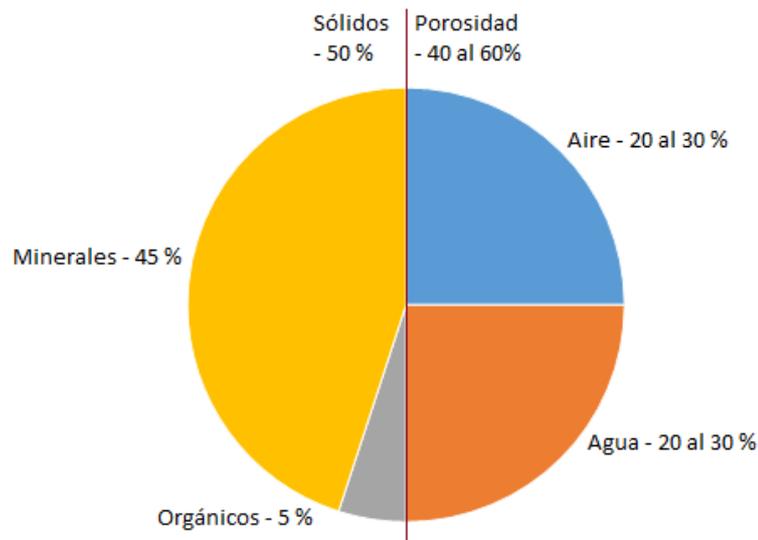
La agricultura ha sido practicada desde los inicios de la humanidad y esta íntimamente relacionada con los procesos socioeconómicos de las civilizaciones; se han realizado modificaciones en los espacios agrícolas a través del tiempo; cambios producidos en función de la adaptación a los factores naturales como también en función de los sistemas económicos y políticos.

Esto es importante para el Ecuador, que busca la productividad de las tierras con vocación agraria, mediante el estudio del régimen de evaluación del uso de las tierras y de adjudicación de las mismas constituye el núcleo del nuevo régimen agrario.

La agricultura es la segunda actividad más importante en la provincia de Manabí, acorde con eso, el cantón Chone se ha caracterizado por su potencial agropecuario, además, aporta con una suma considerable de frutas cítricas que son apetecibles en el mercado nacional e internacional, pero problemas como las inundaciones y la sequía ponen en riesgo esta actividad, de ahí, se consideró la importancia de un estudio preliminar de las características de los suelos desde el punto de vista agrícola.

Concordando con el objetivo de esta investigación, para determinar y analizar los parámetros de caracterización del suelo como son: humedad, densidad aparente, densidad real, porosidad, pH y materia orgánica para posteriormente, se puede determinar la calidad agrícola de los suelos. Se aporta en el entender los procesos físicos que ocurren en la relación agua, suelo y planta de la zona de riego.

Intuitivamente, esta medida nos dice cuán buena es la tierra para su uso agrícola (Gallegos del Tejo, 1997). Por analogía, la aptitud agrícola de los suelos se refiere a la capacidad de un tipo dado de suelo para la actividad agrícola; así una pobre aptitud agrícola de los suelos no significa de ningún modo que en ellos no se produzca cultivo alguno, significa que su productividad será baja a menos que se inviertan altas cantidades de recursos para superar las limitaciones, cuando esto sea posible.



**Figura 1.1. Composición del suelo y porcentaje de constituyentes.**

Fuente: (Sánchez, 2007)

Casi todos los suelos se forman a partir de roca (llamada roca madre) que es degradada paulatinamente en partículas cada vez más pequeñas por procesos de intemperismo biológico, químico y físico. Otros factores formadores del suelo son: el clima, los organismos vivos, el relieve y el tiempo. Su acción determina la dirección, velocidad y duración de los procesos formadores. La desintegración de la roca sólida en partículas minerales cada vez más finas y la acumulación de materia orgánica en el suelo requieren un tiempo muy largo, por lo común de miles de años (Gliessman, 2002). El suelo se forma de manera continua a medida que se va degradando la roca madre y su espesor de los suelos varía desde una película delgada hasta más de 3 metros (suelos desarrollados).

La relación entre el contenido de agua y aire depende de la época del año y del clima predominante asociado al régimen de lluvias, que en el caso del cantón Chone varían entre los meses de diciembre a mayo con mayor intensidad. Si el suelo está ubicado en un área cultivada, la relación aire-agua dependerá del manejo del riego que se esté haciendo por los agricultores, lo cual tiene un impacto determinante sobre el contenido de materia orgánica, la concentración de sales y otras propiedades del suelo.

El agua en el suelo influye en los procesos de formación, movilización y absorción de nutrientes en las plantas, regulación de la temperatura, procesos de óxido reducción, y problemas de erosión, además puede tener diversas sales disueltas, compuestos

orgánicos o inorgánicos solubles, moléculas provenientes de la degradación de herbicidas y pesticidas y partículas coloidales, orgánicas o inorgánicas en suspensión (Sánchez, 2007).

Para Gliessman (2002) el agua y el aire ocupan el espacio de poros del suelo, en el estado de saturación todos los poros están llenos de agua, y en los suelos bien drenados es un estado temporal ya que el exceso de agua se drena por los poros grandes por acción de la gravedad para ser reemplazados por aire.

Acorde a Thompson & Troeh (1998) el suelo está constituido por capas llamadas horizontes; el arreglo de los horizontes en el suelo se llama perfil edáfico. Los horizontes se definen como una capa de suelo aproximadamente paralela a la superficie, con características producidas por los procesos de formación, la textura, el espesor, el color, la naturaleza química y la sucesión de los diferentes horizontes que caracterizan un suelo y determinan su calidad. Los niveles que resultan de los procesos de formación de un suelo se clasifican en seis grupos u horizontes principales O, A, E, B, C, R (ver figura 1.2). La mayoría de los suelos desarrollados poseen al menos los horizontes A, B, C, otros suelos no tan desarrollados carecen de estos horizontes, se definen a continuación:

- **Horizonte A:** Llamado también Horizonte de Lavado por estar expuesto a la erosión y lavado de la lluvia. Es la capa más superficial del suelo, abundan las raíces y se pueden encontrar los microorganismos animales y vegetales, es de color oscuro debido a la presencia del humus.
- **Horizonte B:** Recibe el nombre también de Horizonte de Precipitación, ya que aquí se acumulan las arcillas que han sido arrastradas por el agua del horizonte, es de color más claro que el anterior y está constituido por humus mezclado con fragmentos de rocas.
- **Horizonte C:** Se le conoce también como Subsuelo o Zona de Transición, está formado por la roca madre fragmentada en proceso de desintegración.

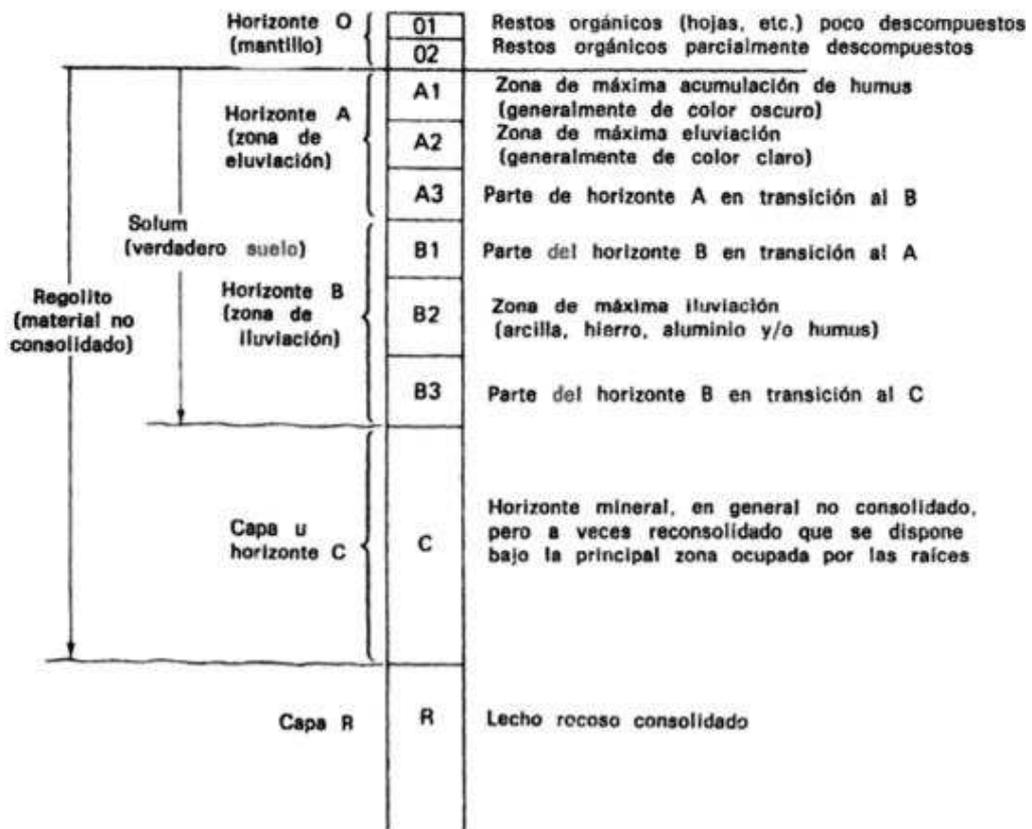


Figura 1.2. Nomenclatura de los horizontes del suelo.

Fuente: (Thompson & Troeh, 1998)

Sin embargo, esa composición ideal del suelo es una condición muy específica. Esto responde a la naturaleza del material que le ha dado origen al suelo y la combinación de los factores activos que inciden constantemente sobre el mismo (Sánchez, 2007).

## 1.2. Propiedades físicas de los suelos y su relación con el riego de los cultivos.

Las propiedades físicas de un suelo tienen mucho que ver con la capacidad que el hombre les da para muchos usos. Las características físicas de un suelo en condiciones húmedas y secas para las edificaciones, la capacidad de drenaje y de almacenamiento de agua, la plasticidad, la facilidad para la penetración de las raíces, la aireación, la retención de nutrimentos de las plantas, etc. Están íntimamente conectados con la condición física del suelo (Rodríguez, Olivera, & Vieras-Mar, 2015).

Se considera necesario para las personas involucradas en el uso de la tierra, conocer las propiedades físicas del suelo, para entender en qué medida y cómo influyen en el crecimiento de las plantas, y cómo la actividad humana puede llegar a modificarlas, y comprender la importancia de mantener las mejores condiciones físicas del suelo

posibles describe al suelo como cuerpo natural, como recurso natural y como medio para el crecimiento de las plantas:

El suelo es el substrato básico de toda forma de vida terrestre, puesto que sirve no solamente como un medio para el crecimiento de las plantas y la actividad microbiana, sino también como medio de reciclaje para muchos productos de desecho que de otra manera se acumularían y envenenarían al medio ambiente (Thompson & Troeh, 1998).

### **1.3. La textura del suelo agrícola.**

Textura de un suelo es combinación y distribución de diferentes tamaños de las partículas elementales que lo forman. Con arreglo al tamaño y con ayuda del triángulo de textura se determina exactamente el tipo de suelo (Sánchez, 2007).

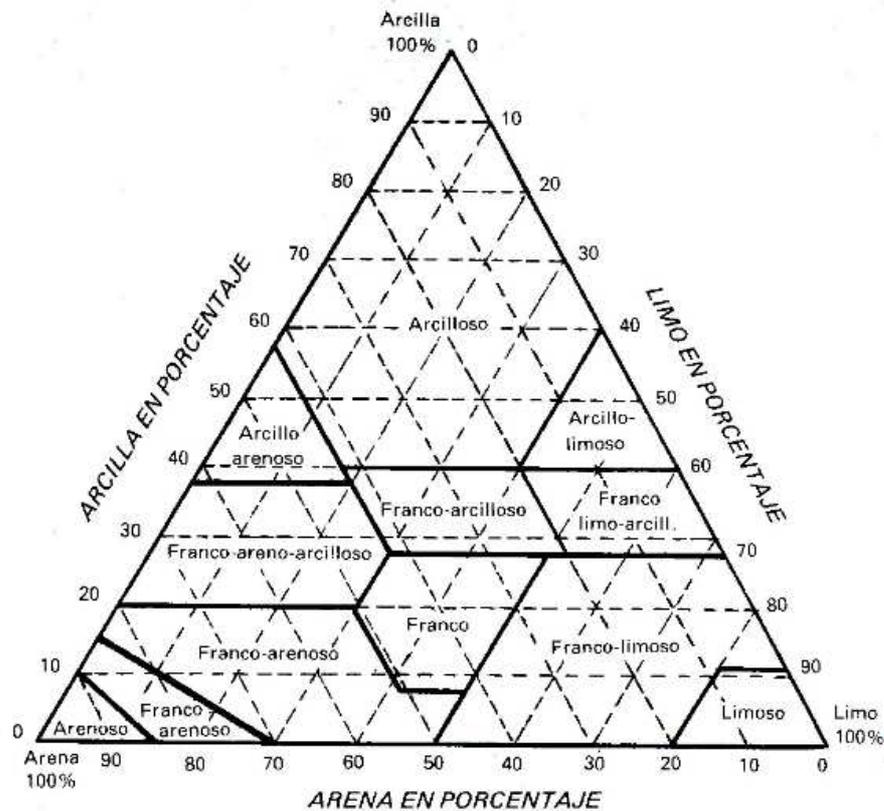
De forma general y considerando sólo en el contenido de arcilla del suelo, se puede clasificar en suelo arenoso (arcilla inferior al 10%), suelo franco (arcilla entre 10-30%), y suelo arcilloso (arcilla superior al 30%).

La textura influye decisivamente en el comportamiento del suelo respecto a su capacidad de retención de agua y nutrientes, su permeabilidad (encharcamiento, riesgo de lixiviación de agua y nitrógeno, etc.) y su capacidad para descomponer la materia orgánica.

Los suelos arenosos, sueltos, tienen pocos poros y grandes, están bien aireados, son permeables y pueden almacenar poca agua y nutrientes. Los suelos arcillosos, fuertes, con muchos más poros pero más pequeños, son más compactos, menos permeables y pueden retener una mayor cantidad de agua y elementos químicos. Su fertilidad es, por tanto, más elevada. La textura del suelo se refiere a la cantidad y tamaño de las sustancias inorgánicas que posee: arena, cal y arcilla.

La textura del suelo se refiere a la proporción de componentes inorgánicos de diferentes formas y tamaños como arena, limo y arcilla. Para conocer los porcentajes de composición de cada partícula es necesario tomar una muestra de suelo y después de haber procedido a secarla en una estufa a 105° C durante un período de 16 a 20 horas se procede a tamizarla por tamices de diferentes diámetros. El peso de las partículas que queda retenida en cada tamiz con respecto al peso total de la muestra seca es el que

define los porcentajes con que se debe trabajar con el triángulo textural para clasificar el suelo.



**Figura 1.3. Gráfico para la denominación de los suelos según la textura.**

Fuente: (Casanova, 2005)

La textura del suelo se refiere a la proporción de componentes inorgánicos de diferentes formas y tamaños como arena, limo y arcilla. La textura es una propiedad importante ya que influye como factor de fertilidad y en la habilidad de retener agua, aireación, drenaje, contenido de materia orgánica y otras propiedades.

El triángulo de textura de suelos según la se usa como una herramienta para clasificar la textura. Partículas del suelo que superan tamaño de 2.0mm se definen como piedra y grava y también se incluyen en la clase de textura. Por ejemplo, un suelo arenoso con 20% de grava se clasifica como franco arenoso con presencia de gravas. Cuando predominan componentes orgánicos se forman suelos orgánicos en vez de minerales.

### 1.3.1 Tipos de textura del suelo

El suelo está compuesto por tres partículas minerales de distintos tamaños: arena, limo y arcilla. A su vez, la arena se compone de partículas minerales gruesas, el limo de

partículas minerales finas y la arcilla, de partículas minerales muy finas. La combinación de estas partículas en distintas proporciones, vitales para el normal desarrollo de las plantas, se denomina textura.

Conocer el tipo de suelo con el que se trabaja es imprescindible. De su textura dependen sus propiedades físicas, las cuales determinan, en gran medida, su productividad. Casanova (2005) acorde al contexto internacional distingue varias de estas texturas:

**Franco.** Tiene una textura media (45% de arena, 40% de limo y 15% de arcilla), por lo que sus condiciones físicas y químicas son las mejores y el más apto para el cultivo.

**Turboso.** Está formado por tierra vegetal descompuesta, por lo que tiene un bajo contenido mineral y un exceso de materia orgánica. Una gran ventaja es que no requiere de materiales productores de humus. Sin embargo, ocasiona problemas en el drenaje y es demasiado ácido, por ello requiere un aporte notable de cal.

**Pedregoso.** Contiene partículas muy gruesas y su drenaje es muy bueno, pero no retiene ni el agua ni los nutrientes. Es un suelo difícil de cultivar, aunque no imposible. Las plantas que mejor sobreviven en estas condiciones son las de hoja gris, cerosa o con vellosidad, como la aquilea y el verbasco.

**Ligero o arenoso.** Este tipo de suelo tiene una textura gruesa con un 75% de arenas, un 5% de arcillas y un 20% de limo, lo que le permite una gran aireación. Aunque absorbe bien el agua, no la retiene y se filtra con facilidad hacia el fondo. Estos suelos se secan con rapidez y no almacenan el agua como los arcillosos, por lo que precisan de riego frecuente, pero en poca cantidad. El riego por goteo es el más adecuado. Para mejorar las pérdidas de materia orgánica, es preciso el aporte de productores de humos y fertilizantes de lenta liberación. En este tipo de suelos viven bien las plantas que no soportan un exceso de agua, como los céspedes, los cactus y las crasas, y diversas especies mediterráneas.

**Pesado o arcilloso.** Su fina textura le otorga una elevada retención de agua y nutrientes. Tiene un 45% de arcillas, un 30% de limo y un 25% de arena. No obstante, la porosidad es baja y carece de buenas posibilidades de aireación. Dificulta mucho el drenaje, el suelo se encharca y la mayoría de las plantas se pudren. En el momento de plantar, es necesario aportar una buena cantidad de mantillo o de turba, para airear y esponjar el

suelo. Entre las especies que mejor resisten destacan los ranúnculos, lirios, helechos, calas, fresnos, chopos o abedules.

#### **1.4. Estructura del suelo Agrícola**

La Estructura es la manera en que se unen las distintas partículas del suelo para formar agregados y la unión de éstos entre sí. De ella, depende que las raíces del cultivo penetren adecuadamente en el suelo, que circule bien el aire y el agua, y que sea más o menos intensa la vida microbiana del suelo.

La estructura es siempre más fácil de modificar que la textura. Cuando las partículas más pequeñas del suelo, soldadas por el humus en presencia de calcio, reemplazan al aire y al agua de los poros, la estructura del suelo es estable y porosa.

Cuando las labores se hacen con el tempero adecuado la estructura del suelo se mantiene. Cuando se incorporan al suelo los restos de las cosechas se mejora la estructura (Thompson & Troeh, 1998).

Se define por la forma en que se agrupan las partículas. Las más comunes pueden ser estructuras cúbicas, laminares, prismáticas, columnares y granulares, siendo esta última la más favorable para las plantas al permitir un buen drenaje y penetración de las raíces (Hernández, y otros, 2010).

##### **1.4.1 Color del suelo**

El color del suelo es una propiedad física relacionada con la longitud de onda del espectro visible que el suelo refleja al recibir los rayos de luz. El tono y la intensidad de los colores del suelo superficial y de sus horizontes permiten hacer inferencias sobre sus características y procesos pedogenéticos.

El color del suelo está determinado por la cantidad y estado de los minerales de hierro y/o manganeso, así como de la materia orgánica, además de la existencia de procesos de oxidación o reducción; su color afecta, indirectamente, la temperatura y la humedad, a través de su efecto sobre la energía radiante. Un suelo de color oscuro, bajo la misma cantidad de energía radiante, se secará más rápidamente que uno de color claro, debido a que el suelo oscuro absorberá mayor cantidad de energía radiante y, por tanto, tendrá mayor cantidad de energía calorífica disponible para un mayor grado de evaporación

(Hernández, y otros, 2010). Una cubierta vegetal o de residuos de cultivo, reducirá estos efectos.

Por último, este depende de sus componentes y varía con el contenido de humedad, materia orgánica presente y grado de oxidación de minerales presentes. Se puede evaluar como una medida indirecta ciertas propiedades del suelo. Se usa para distinguir las secuencias en un perfil del suelo, determinar el origen de materia parental, presencia de materia orgánica, estado de drenaje y la presencia de sales y carbonato.

#### **1.4.2 Consistencia del suelo**

La consistencia del suelo es la resistencia que éste opone a la deformación o ruptura por las prácticas de la labranza; se refiere al tipo y grado de cohesión y adhesión que existe entre las partículas del suelo. La adhesión se define como la atracción de materiales desiguales, manteniéndose unidas con mayor o menor firmeza por sus superficies adyacentes. La cohesión se define como la atracción de sustancias con características muy similares, como la atracción entre moléculas de agua.

La consistencia del suelo depende de la textura, tipo y contenido de los coloides orgánicos y minerales, de la estructura y, principalmente, del contenido de humedad del suelo. Cuando disminuye la humedad, el suelo pierde su adherencia y plasticidad volviéndose desmenuzable y blando, y cuando se seca, se vuelve duro y coherente.

Thompson (1998) comenta que algunas arcillas pueden ser duras cuando están secas, plásticas cuando están húmedas y pegajosas cuando están muy húmedas. Los óxidos de hierro o de aluminio y el carbonato de calcio son sustancias que provocan resistencia a la disrupción en algunos horizontes endurecidos, aunque esta resistencia a la disrupción también puede ser resultado de cierta compactación del suelo.

#### **1.5. Método gravimétrico**

Es el método tradicional para establecer el contenido de humedad de una muestra de suelo (Casanova, 2005). La muestra es pesada, secada en un horno a 105 °C durante 24 horas, determinándose mediante una balanza el peso del agua y el peso de suelo seco. Con éstas medidas se determina el contenido de humedad con base en peso. Un suelo puede presentar en un momento dado un contenido de humedad con base en peso (W%) mayor al 100%, un ejemplo de esto es presentado por aquellos suelos que poseen altos

contenidos de materia orgánica, así como densidades aparentes menores a 1.0 gr/cm<sup>3</sup> , capaces de tomar más agua que la que pueden pesar cuando están secos. Las principales fórmulas son:

$$W (\%) = (\text{Peso de suelo húmedo} - \text{Peso de suelo seco}) \times 100\%$$

$$W (\%) = (\text{Peso del agua} - \text{Peso de suelo seco}) \times 100\%$$

El gravimétrico es el único método directo para estimar el contenido de humedad en el suelo y es el estándar con el cual son comparados otros sistemas de estimación de humedad.

### **1.5.1 Retención del agua en el suelo**

La similitud del suelo con una esponja permite explicar los procesos de retención de agua. Cuando se toma una esponja que está aparentemente seca y se comienza a adicionar agua lentamente, ésta la absorberá. Al continuar el proceso, el agua empieza a drenar libremente; si se deja de aplicar, llega un momento en que cesa el drenaje. Sin embargo, en caso de ejercer presión sobre la esponja el agua continuará drenando. Al aplicar agua al suelo éste recibirá una cantidad de acuerdo con su capacidad de absorción, después de un intervalo de tiempo el agua empezará a drenar libremente.

Cuando se interrumpe el suministro de agua al suelo, continuará drenando hasta un punto en donde la fuerza con que está retenida el agua (tensión de humedad del suelo) sea de tal magnitud que no permita drenar libremente el agua. Este contenido de humedad se conoce como capacidad de campo. Las leyes físicas que explican la retención de agua en la esponja, son las mismas que la definen en los poros del suelo. Esta fuerza o tensión de humedad del suelo (potencial mátrico), con que el agua es retenida, es producto de la adhesión, o atracción entre la superficie de las partículas de suelo y el agua; y la cohesión, o la atracción entre las moléculas de agua. Este proceso de retención que depende de las características de tensión superficial del agua del suelo y del ángulo de contacto entre el agua y las partículas de suelo, es el mecanismo principal de retención de agua en los suelos livianos, mediados y dentro de determinados intervalos de humedad, también en los suelos pesados. En un suelo saturado, todos los poros están llenos con agua. La tensión de humedad del suelo (potencial mátrico o succión) es cercana a cero.

Si al suelo se le aplicara una fuerza externa, el agua sería desplazada primero de los poros más grandes, y luego reemplazada por aire. La disminución continua de agua en los poros del suelo produce simultáneamente el aumento de la fuerza con que es retenida el agua en el suelo y el incremento de la tensión de humedad del suelo, o potencial mátrico del mismo. Esto es debido a que entre menor sea el radio de los poros que retienen el agua, la tensión capilar es mucho mayor. Por tanto, a pesar de ser la capacidad de almacenamiento de agua en un suelo arcilloso mayor que en uno arenoso, la fuerza con que retiene el agua la arcilla es mayor a la de la arena.

### 1.5.2 Movimiento del agua en el suelo

Como se puede observar, este movimiento depende también de la estructura del suelo. Por tal motivo constituye un error pretender emitir un criterio de la velocidad de infiltración del suelo basándose exclusivamente en la textura del mismo.

El agua fluye en el suelo debido a varios tipos de fuerzas como de gravedad, ascenso capilar y osmosis. Entre fuerzas de succión 0 y 1/3 bar el agua fluye en el suelo por las fuerzas de gravedad, este fenómeno se nombra por flujo saturado. Fuerzas de succión más elevadas se nombran flujos no saturados (Thompson & Troeh, 1998).

Los flujos de agua se pueden medir en campo mediante la Conductividad Hidráulica. Se puede obtener información fundamental en la circulación del agua en el suelo mediante la descripción de suelos de las clases de drenaje y sus características asociadas (propiedades gléyicas y stágnicas).

	CH		Cc	Cs
<b>C. Física</b>	<i>Agua Higroscópica</i>	<i>Agua Capilar</i>		<i>Agua Gravitacional</i>
<b>C. Biológica</b>	<i>Agua no Aprovechable</i>	<i>Agua Aprovechable</i>		<i>Agua Superflua</i>
		<i>A.D.A</i>	<i>A.F.A.</i>	
	<i>Cm</i>	<i>Lp</i>		

Figura 1.4. Clasificación Física y Biológica del Agua en el Suelo.

Fuente: (Leiton, 1995)

Según el criterio físico el agua en el suelo puede tener las siguientes denominaciones atendiendo a las fuerzas que predominan sobre ella:

- **Agua Gravitacional:** Es el contenido de humedad que no puede ser retenido dentro de la matriz de suelo por el efecto combinado de las fuerzas capilares e higroscópicas y desciende a capas más profundas por efecto de su propio peso (predominio de la fuerza de gravedad sobre las demás).

- **Agua Capilar:** Es aquella parte del agua retenida dentro de la matriz de suelo por efecto de las fuerzas capilares que se engendran por el contacto entre el agua de los poros y la superficie de los granos que componen el suelo.

- **Agua Higroscópica:** Es la que es retenida en la matriz de suelo en forma de películas que rodean los granos y partículas del suelo por efecto de fuerzas electroquímicas de superficie.

- **Agua de Composición:** Es la que contienen las moléculas de la sustancia que forma la parte sólida del suelo y que sólo puede ser eliminada por procesos químicos.

Según el criterio biológico el agua en el suelo puede tener las siguientes denominaciones atendiendo a su disponibilidad para las plantas (figura 5):

- **Agua Superflua:** Se corresponde con el contenido de agua que se encuentra entre el Coeficiente de Saturación ( $C_s$ ) y la Capacidad de Campo ( $C_c$ ). Si el suelo tiene buen drenaje, este contenido tiene una permanencia en el suelo por un período máximo de 48 horas y no puede ser asimilado por las plantas.

- **Agua Aprovechable:** Es la que está contenida entre la Capacidad de Campo y el Coeficiente de Higroscopicidad ( $Ch$ ), equivalente también al Coeficiente de Marchitez ( $C_m$ ). Este contenido de agua es el que pueden utilizar las plantas y su presencia en el suelo depende de diversos factores climáticos, edáficos y fisiológicos del cultivo. A su vez esta agua aprovechable se subdivide en dos contenidos:

- **Agua Fácilmente Aprovechable (AFA):** Es el contenido de agua que puede ser tomado por las plantas sin tener ninguna implicación adversa sobre el rendimiento de los cultivos.

- **Agua Difícilmente Aprovechable (ADA):** Es el contenido de agua que puede ser tomado por las plantas pero que por su dificultad de absorción ya tiene una implicación sobre el rendimiento de los cultivos. El umbral entre el AFA y el ADA se define como Límite Productivo (Lp).

- **Agua No Aprovechable:** Es la que está contenida por debajo del Coeficiente de Marchitez (Cm). Este contenido de agua no es posible ser absorbido por las plantas. En esas condiciones, el cultivo está permanentemente marchito y no puede revivir cuando se le coloca en un ambiente saturado de agua. Al contacto manual, este suelo se siente casi seco o muy poco húmedo (FAO, 2006).

### **1.5.3 Determinación del contenido de humedad del suelo**

La erosión del suelo es un problema agrícola y ambiental ya que, debido a este fenómeno, parte del suelo fértil se pierde por escorrentía junto a nutrientes y pesticidas. Para poder determinar las causas de la erosión es esencial conocer en detalle todos los procesos involucrados en este fenómeno. La escorrentía por flujo no concentrado, en su discurrir por la superficie del suelo, es parcial y temporalmente retenida en las pequeñas depresiones del terreno. El agua -así inmovilizada- tiene más tiempo para infiltrarse, reduciéndose por tanto el riesgo de erosión por escorrentía; favoreciéndose, asimismo, el almacenamiento de humedad en el perfil del suelo. Además, este almacenamiento superficial de agua puede ser determinante en la respuesta de la capa freática a las precipitaciones y en la duración y magnitud de los flujos superficiales.

Entenderemos como almacenamiento superficial de agua (AS) a la máxima cantidad de agua retenida instantáneamente sobre la superficie del suelo, a una pendiente determinada.

### **1.6. Densidad real, aparente y porosidad del suelo**

El suelo como todo cuerpo poroso tiene dos densidades. La densidad real (densidad media de sus partículas sólidas) y la densidad aparente (teniendo en cuenta el volumen de poros)

$W_{SS}$ : Peso de suelo secado a 105°C hasta peso constante.

$V_S$ : Volumen original de la muestra de suelo.

Se debe considerar que para muestras de suelo que varíen su volumen al momento del secado, como suelos con alta concentración de “arcillas 2:1”, se debe expresar el contenido de agua que poseía la muestra al momento de tomar el volumen.

En construcción se considera la densidad aparente de elementos de obra, como por ejemplo de un muro de ladrillo, que contiene ladrillos, mortero de cemento o de yeso y huecos con aire (cuando el ladrillo es hueco o perforado).

La densidad aparente está relacionada con el peso específico de las partículas minerales y las partículas orgánicas así como por la porosidad de los suelos. Si se considera cierto volumen de suelo en sus condiciones naturales, es evidente que solo cierta proporción de dicho volumen está ocupada por el material del suelo (Hernández, y otros, 2010).

El resto lo constituyen espacios intersticiales que, en condiciones ordinarias de campo, están ocupados en parte por agua y en parte por aire. El peso de la unidad de volumen de suelo con espacios intersticiales es lo que da la densidad aparente (Wooding, 1967).

Casi todos los suelos minerales tienen una densidad aparente que varía de 0.4 a 2.0 g/CC. La densidad aparente es importante para estudios cuantitativos de suelo. Los resultados de las densidades aparentes son fundamentales para calcular los movimientos de humedad, los grados de formación de arcilla y la acumulación de los carbonatos en los perfiles de suelo, Los suelos orgánicos tienen muy baja densidad aparente en comparación con los suelos minerales (Thompson & Troeh, 1998).

La densidad del suelo puede llegar a ser un factor crítico en la productividad del suelo, cuando sobrepasa 1,7 g/cm<sup>3</sup> la conductividad hidráulica será baja y habrá dificultades en el drenaje. Sin embargo, no es el caso del muestreo de suelos de la zona de influencia del Proyecto Multipropósito Chone, el menor y mayor valor de la densidad aparente fue de 0,98 y 1,24 g/cm<sup>3</sup> respectivamente; estos datos también se encuentran dentro del rango de suelos minerales arcillosos, ya que ésta establece que, los suelos ubicados en una densidad aparente de 1,0 a 1,9 g/cm<sup>3</sup>, son suelos arcillosos.

### **1.6.1 Peso específico o densidad real del suelo**

Es la relación entre la unidad de peso y la unidad de volumen de la fase sólida del suelo, siendo más o menos constante, ya que está determinado por la composición química y mineralógica de la fase sólida. El peso específico de los componentes del

suelo es variado por ejemplo menor de 2,5 gr/cm<sup>3</sup> (humus y yeso), 2,5 a 3,0 (arcilla, cuarzo, feldspatos, calcitas, micas), de 3,0 a 4,0 (limonitas, piroxenos, olivinos) y mayor de 4,0 (hemáticas, magnetitas). No obstante, considerando que la mayor parte de los componentes del suelo (aluminosilicatos, sílice) poseen una densidad oscilante entre 2,6 y 2,7 g/cm<sup>3</sup>, se toma un valor medio de 2,65 gr/cm<sup>3</sup> (valor adoptado al realizar el análisis granulométrico), el contenido de los distintos elementos constituyentes de los suelos es el que determina las variaciones de su densidad real, por lo que la determinación de este parámetro permite por ejemplo estimar su composición mineralógica. Si la densidad real es muy inferior a 2,6 gr/cm, podemos pensar que el suelo posee alto contenido de yeso o de materia orgánica, si es significativamente superior a 2,65 gr/cm<sup>3</sup> podemos inferir que posee un elevado contenido de óxidos de Fe o minerales ferro magnésicos.

El contenido de los distintos elementos constituyentes de los suelos es el que determina las variaciones de su densidad real, por lo que la determinación de este parámetro permite estimar su composición mineralógica. Si la densidad real es inferior a 2,65 g/cm<sup>3</sup>, se puede pensar que el suelo posee un alto contenido de yeso o de materia orgánica, si es significativamente superior a 2,65 g/cm<sup>3</sup> se puede inferir que posee un elevado contenido de óxidos de Fe o minerales ferro magnésicos.

Para un horizonte dado será prácticamente constante a lo largo del tiempo al ser independiente de la estructura y variar poco la naturaleza de las partículas; los minerales de arcilla tienen una densidad real de 2,0 a 2,65 g/cm<sup>3</sup>.

Un suelo arcilloso retiene los metales pesados de diferentes formas o fases: como fase intercambiable en la superficie de minerales de arcilla, unidos a óxidos e hidróxidos de hierro y manganeso, absorbidos por las materias orgánicas y unidos a carbonatos.

Un medio de expresión del peso del suelo se manifiesta según la densidad de las partículas sólidas que lo constituye. Normalmente se define como la masa (o peso) de una unidad de volumen de sólidos del suelo y es llamada densidad de la partícula; aunque pueden observarse variaciones considerables en la densidad de los suelos minerales, individuales; la mayor parte de los suelos normales varían entre los límites estrechos de 2,60 a 2,7 g/cc. Debido a que la materia orgánica pesa mucho menos que un volumen igual de sólidos minerales, la cantidad de ese constituyente en un suelo

afecta marcadamente a la densidad de partículas. Como consecuencia, los suelos superficiales poseen generalmente una densidad de partículas más baja que la del subsuelo. La densidad más alta en estas condiciones, suele ser de 2,4g/cc. También se le define como el peso de un volumen conocido comparado con el peso de volumen igual de agua (Casanova, 2005).

### **1.6.2 Porosidad del suelo**

La porosidad es el volumen total de poros en la unidad de volumen del suelo. Las determinaciones de las porosidades (total, poros ocupados por agua y poros de aireación), se basan en la utilización de los valores de la densidad real, la densidad aparente y la humedad natural para poder realizar sus cálculos.

La porosidad del suelo es definida como el cociente entre el volumen de poros de una muestra y el volumen total aparente. La porosidad al ser la diferencia dada entre el volumen de poros y el volumen total se encuentra en conexión directa con la densidad de los suelos. Según, cita que suelos arenosos poseen una densidad del suelo de 1,20 a 1,80 g/cm<sup>3</sup> y una porosidad de 35 a 50%, mientras que suelos arcillosos poseen una densidad de 1,00 a 1,60 g/cm<sup>3</sup> y una porosidad de 40 a 60%.

La porosidad afecta, además, el crecimiento de las raíces de los cultivos. Porosidad y retención de agua son dos parámetros que se encuentran estrechamente vinculados ya que la capacidad de retención de agua en el suelo es dependiente del número de poros, de la distribución de tamaño de poros y la superficie específica de cada suelo. Se estudió la distribución del espacio poroso con diferentes manejos de suelo y se encontró que al agregar materia orgánica aumentan los poros de mayor diámetro, que retienen el agua con menor energía.

### **1.7. Valores de referencias sobre las propiedades físicas de los suelos**

Las tecnologías de manejo de la producción de caña de azúcar han evolucionado en lo referente a máquinas, implementos y capacidad de carga de los transportes (Laia *et al.* 2006), lo que provoca compactación del suelo. La mecanización de la cosecha afecta la producción, duración del cultivo y propiedades físicas, químicas y biológicas de los suelos (Souza *et al.*, 2005). Letey (1985) señaló que el crecimiento de las raíces lo determinan cuatro factores fundamentales: resistencia mecánica, disponibilidad de agua,

oxígeno y energía, precisando que las propiedades asociadas son la resistencia a la penetración, el potencial de agua, la aireación y la temperatura, respectivamente. Martino (2003) señaló que la disponibilidad de agua es el factor que rige el desarrollo de los cultivos, porque afecta marcadamente la tasa de difusión de oxígeno, la temperatura y la resistencia mecánica de los suelos.

### **1.7.1 Relación entre suelo y agua**

Toda masa de agua continental requiere de suelo donde poder alojarse, existen desde suelos permeables hasta suelos totalmente impermeables. En los suelos permeables ocurre la filtración del agua para ser retenida por los suelos y formar los acuíferos y nacimientos de agua. A mayor capacidad de retención de agua de los suelos mayor será la capacidad de un curso de agua permanente para mantenerse con caudal considerable en épocas críticas como, lo son los veranos. Un suelo con mayor capacidad de retención de agua posee mayor fragilidad a los deslizamientos cuando no soporta el peso del agua en una zona con pendiente o ladera. Los suelos impermeables no retienen Agua sino que la evacúan en forma de escorrentía superficial.

En muchos sitios existe la contaminación natural o artificial del agua por la presencia de agentes nocivos en el suelo.

### **1.7.2 Relación entre agua y aire**

El aire posee capacidad de contener agua de acuerdo a la temperatura del lugar y la magnitud de la fuente de humedad.

El aire mantiene mayor humedad cerca de cuerpos de agua superficiales y cerca de sitios donde ha ocurrido recientemente una precipitación considerable. Las diferencias de temperaturas de los sitios, la presión atmosférica y la saturación de humedad del aire hacen que esta se condense y se precipite en forma de lluvia, nieve o granizo, A la cantidad de agua presente en el aire se le conoce como HUMEDAD RELATIVA.

Solo me se divididas, pero juntas no sé, quizás: el agua necesita un suelo para poder alojarse, El aire posee capacidad de contener agua de acuerdo a la temperatura del lugar y la magnitud de la fuente de humedad.

### **1.8. Método de la Plazoleta de Inundación**

Este método se utiliza nivel variable y se lo realiza mediante una excavación rectangular simple en el suelo, cuyo procedimiento se le aplica frecuentemente para determinar la capacidad de infiltración de los suelos.

Este tipo de plazoleta sirve para hacer pruebas que determina la permeabilidad en suelos, simulando el proceso de infiltración del agua en el suelo desde áreas de inundación amplias. Su dimensión puede variar regularmente entre 100 a 160 cm y su altura entre 15 a 10 cm. Las pruebas se realizan enterrando verticalmente el anillo en el suelo unos centímetros llenándolo con agua de calidad similar a la lluvia típica del terreno y midiendo la tasa de descenso de esta agua. Así se simula el área de inundación.

Aun cuando este método consiste en un experimento simple realizado para medir tasa de infiltración, su precisión no deja de ser buena. Esta prueba es utilizada ampliamente y desde hace mucho tiempo en la ingeniería sobre todo para: calcular sistemas de riego, determinara portes al agua subterráneas, regular infiltraciones en canales, lagunas artificiales y reservorios, medir la percolación en rellenos sanitarios, probar la efectividad de capas impermeables y en obras de retención de líquidos, entre otras aplicaciones (Bouwer, 1986).

### **1.9. Técnica del picnómetro**

El Picnómetro es un instrumento de medición exacta cuyo volumen es conocido y permite conocer la densidad o peso específico de cualquier fluido ya sea líquido o sólido mediante gravimetría a una determinada temperatura, La metodología que estudia los resultados obtenidos mediante este instrumento se denomina Picnometría.

El picnómetro consta de un envase generalmente en forma de uso achatado en su base o cilíndrico de volumen calibrado construido por lo general con vidrio o acero inoxidable y que dispone de un tapón provisto de un finísimo capilar, de tal manera que puede obtenerse un volumen con gran precisión (Hernández, y otros, 2010). Esto permite medir la densidad de un fluido, en referencia a la de un fluido de densidad conocida como el agua (usualmente) o el mercurio (poco usado por ser tóxico).

**CAPITULO II**  
**MATERIALES Y MÉTODOS**

## CAPITULO II. MATERIALES Y MÉTODOS

### 2.1 Caracterización de la zona de estudio.

#### 2.1.1 Población y Superficie.

Manabí está ubicada en la costa oeste de Ecuador, posee una superficie general de 18 940 km<sup>2</sup> que equivale a 1 894 000 ha. Su población supera 1.3 millones de habitantes. El porcentaje de ocupación de la población económicamente activa, según los reportes del INEC (2010).

#### ¿EN QUÉ TRABAJAN LOS MANABITAS?



Ocupación*	Hombre	Mujer
Empleado privado	81.490	31.957
Cuenta propia	91.251	30.334
Jornalero o peón	97.362	3.249
Empleado u obrero del Estado, Municipio o Consejo Provincial	28.421	23.344
No declarado	16.225	13.866
Empleada doméstica	1.727	16.496
Patrono	9.207	3.772
Trabajador no remunerado	5.560	2.825
Socio	2.995	1.281
<b>Total</b>	<b>334.238</b>	<b>127.124</b>

**Figura 2.1. Porcentaje de ocupación de la población económicamente activa diferenciada por género.**

Fuente: (INEC, 2010).

Como se puede apreciar, un 14.2 % de los hombres se desarrollan como agricultores y trabajadores calificados a lo cual se le suma un 2.1 % de la población femenina. En estos porcentajes no está incluido el sector de la población que se vincula con la actividad agrícola como son las ocupaciones elementales (que incluye a los peones agropecuarios) ni tampoco otras ocupaciones que de manera indirecta se relacionan con las cadenas productivas de la agricultura

En Manabí la agricultura ha sido practicada desde los inicios de la humanidad. Se han realizado modificaciones en los espacios agrícolas a través del tiempo; cambios

producidos en función de la adaptación a los factores naturales como también en función de los sistemas económicos y políticos.

Con la revolución industrial y la consecuente necesidad del incremento de alimentos, la agricultura, que hasta ese momento había sido de carácter tradicional, se transforma progresivamente. El desarrollo de la técnica va a desempeñar un papel muy importante en los niveles de productividad y diversificación de los productos agrícolas.

Actualmente se distinguen dos tipos de enfoque de la agricultura como modo de producción:

- La agricultura como modo de vida, es decir, la concepción más tradicional.
- La agricultura como modo de ganarse la vida, es decir, con un punto de vista mucho más económico.

## **2.2 Medio físico: clima, suelo y agua**

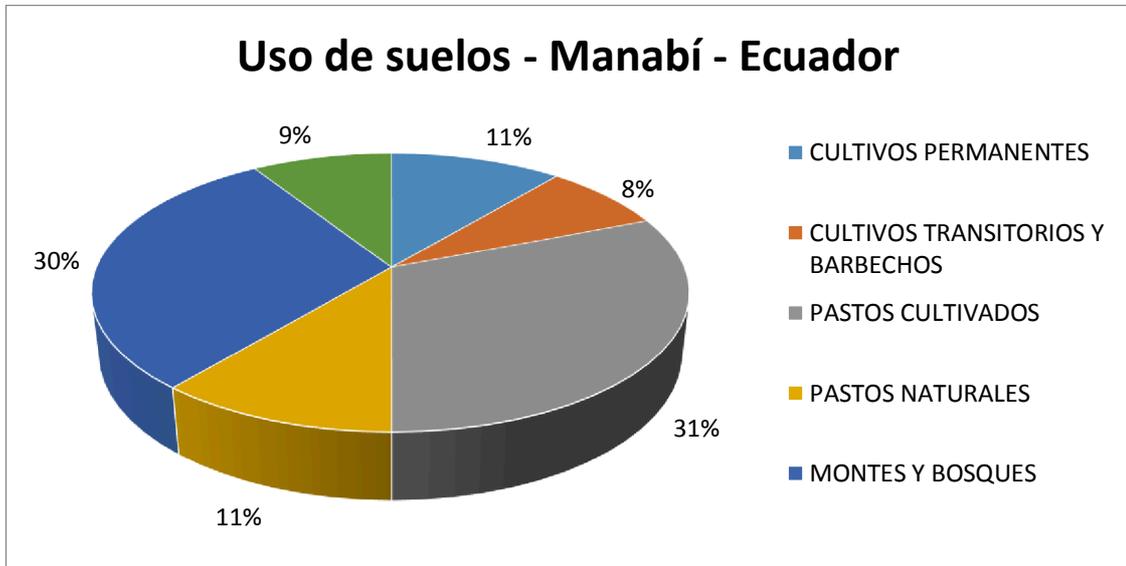
El conocimiento de los recursos básicos es imprescindible para cualquier tipo de planificación y en particular la de los regadíos. Los factores físicos que condicionan el desarrollo de los regadíos son fundamentalmente el clima, el suelo y el agua. El clima, en cuanto al régimen de insolación y temperaturas, condiciona el tipo de cultivos a implantar y la productividad en el regadío. El suelo se muestra menos limitativo ya que la superficie en riego suele coincidir con los mejores suelos y la superficie de tierras con aptitud para riego es mucho mayor que la permitida por los recursos hídricos y las limitaciones socioeconómicas. El agua condiciona el desarrollo de los regadíos en función de su calidad y su disponibilidad

## **2.3 Uso de suelos y tipos cultivos.**

El patrón del uso actual de la tierra revela que 2.979 km<sup>2</sup> (16%) están ocupados por cultivos permanentes, 570 km<sup>2</sup> (3%) por cultivos de ciclo corto, 6.370 km<sup>2</sup> (34%) por pastos, 3.330 km<sup>2</sup> (17%), con formaciones complejas, y 5.760 km<sup>2</sup> (30%) de tierras con Vegetación natural o sin vegetación. En resumen, cerca del 70% del territorio manabita está ocupado, mientras que solamente el 40% del total se considera potencialmente regable. Esto significa que no hay espacio físico para ampliar el área cultivada, y que para conseguir el desarrollo agrícola es necesario incrementar la intensidad de cultivo y los rendimientos unitarios mediante la introducción del riego.

Manabí es la provincia con mayor superficie agropecuaria con 1.2 millones de hectáreas, dejando solo un promedio de 694 000 ha como zonas para otros usos.

Como se puede observar en la figura 20, una extensión considerable de los suelos en la provincia está destinada a los pastos y a los cultivos de ciclo corto.



**Figura 2.2. Pastel representativo de los Uso de suelos en la provincia de Manabí.**

Fuente: (MAGAP, 2011)

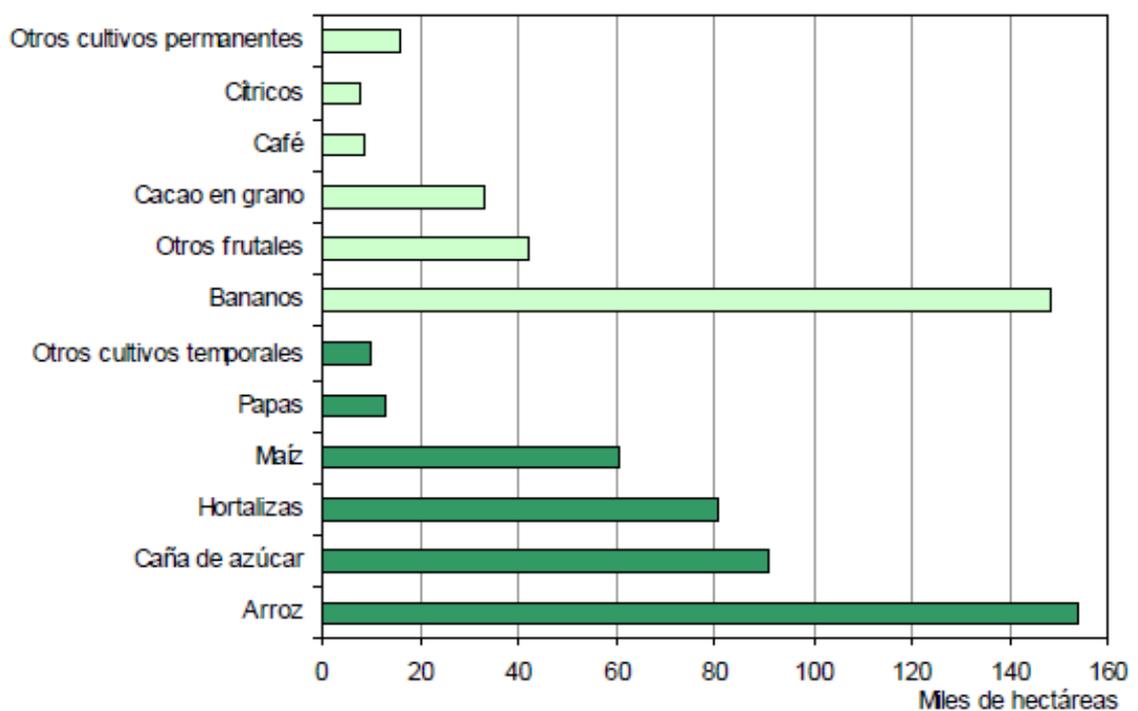
El número de hectáreas disponibles en el Ecuador en el año 2008, es de 11.8 millones, las cuales se distribuyen en el 39% en la sierra el 40% en la costa y el resto en la amazonia y Galápagos .la mayor cantidad del suelo corresponde a pastizales cultivados (31%) montes y bosques (30%). Luego constan los cultivos permanentes (11%) cultivos transitorios (8%) y otros usos el (9%)

Posee un área de 22,463.46 km<sup>2</sup> de acuerdo al Instituto Geográfico Militar (IGM), la cual representa el 8.73% del territorio ecuatoriano. Según el Censo de Población y Vivienda (CPV) del año 2010, generado por el Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INEC), la población fue de 1,737,793 habitantes, con una tasa de crecimiento anual de 2,49%; y una densidad poblacional de 47 habitantes por km<sup>2</sup> .

Su economía se fundamenta básicamente en actividades agrícolas ganaderas, pesca, acuicultura y turísticas. La Población Económicamente Activa (PEA) rural para el año 2012 fue de 262,750 personas, que representan el 12% de la PEA rural a nivel nacional

(2, 196,907). Según la Agenda Zonal para el Buen Vivir de SENPLADES del año 2010, la pluviosidad promedio anual en el sector oscila entre 200 y 4,000 mm y la temperatura entre 18 °C y 36 °C. Existen dos estaciones bien diferenciadas: el invierno entre enero y abril y el verano entre mayo y diciembre. La actividad agrícola de la Zona es importante, pues ocupa el primer lugar a nivel nacional en la producción de café (área cultivada y producción) y el segundo lugar en la producción de maíz duro seco. También se cultivan productos destinados al mercado internacional, como flores tropicales, palmito, malanga y abacá.

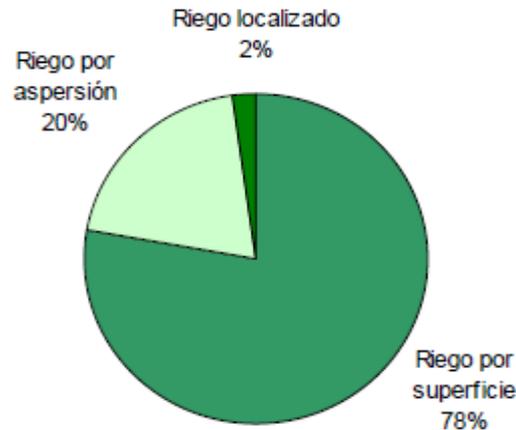
Los cultivos permanentes en Manabí abarcan una superficie sembrada de 475 622 ha, dentro de estos cultivos se destacan por sus producciones, el Cacao, el Café, el Plátano y los Cítricos. Estos cuatro cultivos permanentes representan más del 50 % de la producción total de la provincia. Mientras que para el caso particular del café, se destaca que el 24% de producción nacional se ejecuta en la provincia de Manabí. En la figura 2.3 se ofrece la distribución porcentual de cada cultivo con respecto al área total sembrada de cultivos permanentes en Manabí, el total de hectáreas es de 666320.



**Figura 2.3. Áreas de cultivos cosechados en superficies equipadas para el riego con dominio total.**

Fuente: (MAGAP, 2011)

La distribución porcentual de los métodos y técnicas de riego empleadas según reportes del INEC (2014), con un total de 853400 ha, se puede apreciar en la figura 2.4.



**Figura 2.4. Técnicas de riego en superficie equipada para el riego con dominio total.**

Fuente: (MAGAP, 2011)

Como se puede valorar, no existe una diversificación en cuanto a métodos ni técnicas de riego en el país, ni tampoco en la provincia Manabí. Se emplea mayoritariamente el riego superficial, lo cual repercute en que no se economizan los recursos hídricos, ni se emplean a partir de análisis de factibilidad técnica sustentados en criterios de suelo, clima, demanda de los cultivos y aspectos económicos de los sistemas de riego, entre otros factores (SENPLADES, 2013).

#### **2.4 Caracterización geográfica y socioeconómica del Cantón Chone**

Este proyecto de investigación se encuentra ubicado en el Cantón Chone, perteneciente a la Provincia Manabí en Ecuador (ver figura 2.5.). Sus coordenadas se ubican en  $0^{\circ} 41' 0''$  S y  $80^{\circ} 6' 0''$  W. Su altitud máxima sobre el nivel del mar asciende a 560 m y la mínima es de 5 aproximadamente. Este Cantón fue fundado el 7 de Agosto de 1789 y cuenta con una superficie total de 3 570.6 km<sup>2</sup> distribuidos en 9 parroquias: dos parroquias urbanas (Chone y Santa Rita) y 7 parroquias rurales (Canuto, Convento, Chibunga, San Antonio, Eloy Alfaro, Ricaurte y Boyacá). La población de Chone supera ya los 126 mil habitantes (INEC, 2010).

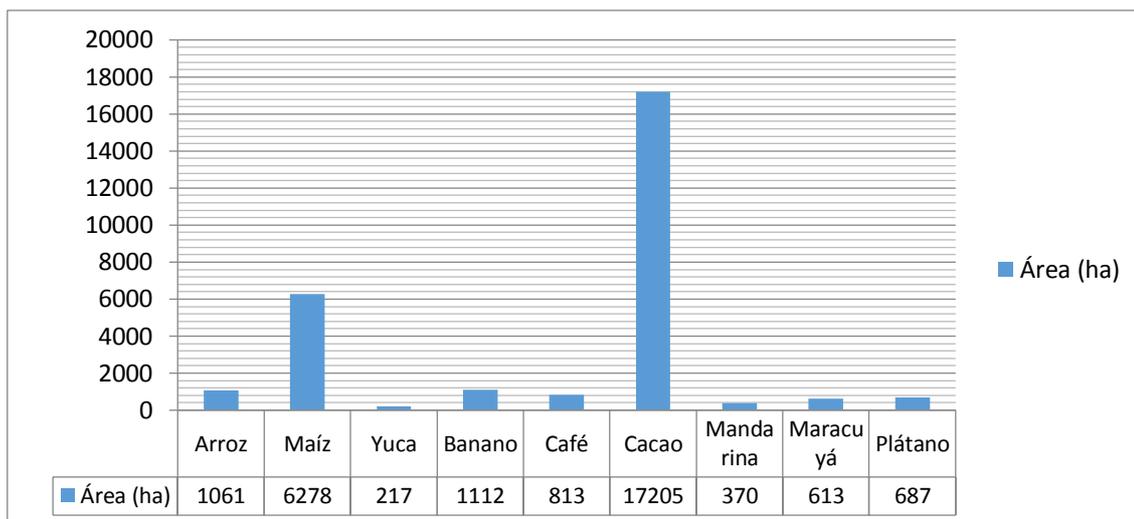


**Figura 2.5. Ubicación del Cantón Chone dentro de la Provincia Manabí.**

Fuente: (INEC, 2010).

#### **2.4.1. Producción Agrícola**

La producción agrícola en el Cantón Chone se divide en cultivos de ciclos cortos (maíz, yuca, arroz, papaya melón, sandía, pimiento, tomate, pepino) y cultivos perennes (cacao, frutas cítricas, plátano), todos en un orden de área sembrada e importancia comercial (ver figura 2.6). Chone es un Cantón que reúne condiciones netamente agropecuarias por lo que la mayoría de los habitantes se dedican a la labor del cultivo de cítricos. Los meses de mayor producción son junio, julio, agosto y septiembre, presenciando una gran cantidad de productos cítricos (mandarina, naranja, toronja, maracuyá)



**Figura 2.6. Superficie plantada en el Cantón Chone.**

Fuente: Fuente: (MAGAP, 2011)

La distribución porcentual de las Categorías y el Uso de la Tierra del Cantón Chone se puede apreciar en la siguiente tabla 2.1. Este uso de la tierra tiene una marcada influencia sobre las propiedades del suelo, como ya fue descrito en el capítulo I.

Otro elemento a tener en cuenta en las proyecciones de desarrollo agropecuario es el tamaño de las Parcelas u las Upas. En función de este parámetro es que deberán definirse las estrategias de desarrollo a gran escala que abarquen infraestructuras como los viales y las redes hidráulicas para riego. En las tablas 1 y 2 se muestran respectivamente las categorías de las Upas (Unidades de Producción Agropecuaria) Parcelas y las parcelas atendiendo a su extensión y al porcentaje de existencia en el Cantón Chone, según reportes del IEE y MAGAP (2013).

**Tabla 2.1. Uso de suelos en el Cantón Chone.**

	Áreas (ha)	Porcentaje (%)
Cultivos Permanentes	41114	13,2
Cultivos Transitorio y barbecho	11158	3,6
Descanso	6381	2
Pastos cultivados	207843	66,7
Pastos naturales	2563	0,8
Bosque natural, montes, etc.	39782	12,8
Otros usos	2925	0,9
<b>Total:</b>	<b>311766</b>	<b>100</b>

Fuente: (MAGAP, 2011)

Categorías de las Upas atendiendo a su extensión y al porcentaje de existencia en el Cantón Chone y el tamaño de las parcelas (ver tablas 2.2 y 2.3).

**Tabla 2.2. Categorías de las parcelas atendiendo a su extensión y porcentaje de existencia**

Tamaño de UPAs	Número de UPAs	Número de UPAs (%)	Sup. (ha)	Sup. (%)	Superficie por UPA (ha/UPA)	(Relación cantón/Provincia) (%)
UPAs ≤ a 10 ha	3 002	39	10 957	3	4	6
UPAs 10 a ≤ 50 ha	2 931	38	74 098	24	25	15
UPAs > a 50 ha	1 714	23	226 712	73	132	24
<b>Total</b>	<b>7 647</b>	<b>100</b>	<b>311 767</b>	<b>100</b>		

Fuente: (MAGAP, 2011)

**Tabla 2.3. Categorías de tamaño de parcelas del Cantón Chone.**

<b>TAMAÑO DE PARCELAS DEL CANTÓN CHONE</b>		
<b>TAMAÑO</b>	<b>AREA (ha)</b>	<b>PORCENTAJE (%)</b>
Grandes > 50 hectáreas	179 772,76	58,87
Medianas >10 hasta 50 hectáreas	48 901,99	16,01
Pequeñas hasta 10 hectáreas	28 825,38	9,44
No aplicable	47 888,97	15,68
<b>TOTAL</b>	<b>305 389,11</b>	<b>100,00</b>

Fuente: (MAGAP, 2011)

Como se puede observar en la tabla 1, a pesar de que hay un predominio de las Upas como unidad económica inferior a las 10 ha (39 %), en la tabla 2 existe un predominio evidenciado (58.87 %) del tamaño de las parcelas Grandes que son las superiores a 50 ha.

## 2.6 Recursos de riego

Según IEE y MAGAP (2013), el Cantón Chone tiene 5 587,03 ha (1,83 %) con algún sistema de riego, localizadas en el centro y sur del cantón. Una superficie de 251 914,99 ha agro productivas no tiene riego (82,49 %). Las restantes 47 887,09 ha, que corresponden al 15,68 %, tienen la categoría de “no aplicable”, pues son zonas naturales, las mismas que se muestran en la tabla 2.4.

**Tabla 2.4. Porcentaje del área con riego y sin riego en Chone**

<b>RIEGO</b>	<b>ÁREA (ha)</b>	<b>PORCENTAJE (%)</b>
<b>Con Riego</b>	5 587,03	1,83

<b>Sin Riego</b>	251 914,99	82,49
<b>No Aplicable</b>	47 887,09	15,68
<b>TOTAL</b>	305 389,11	100,00

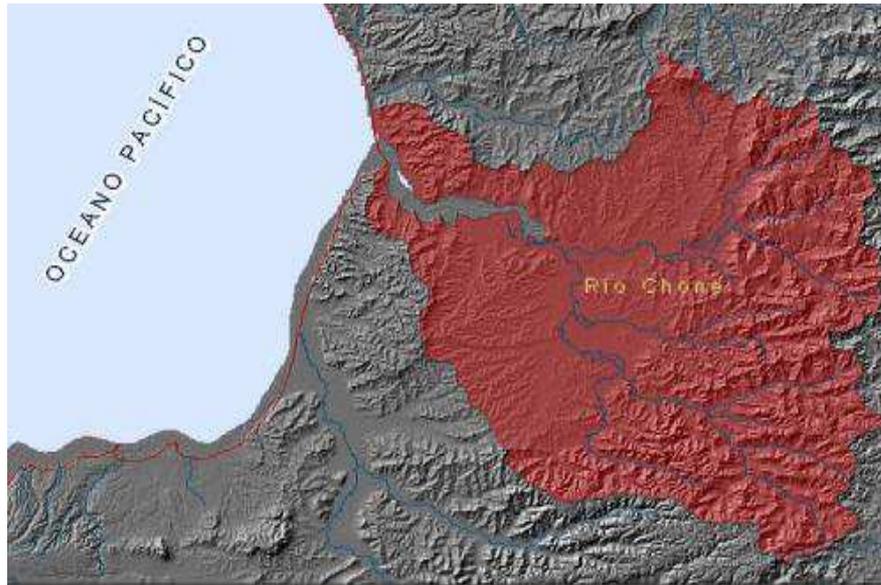
Fuente: (SENPLADES, 2013)

Con esto datos se argumenta la necesidad de acometer estudios y proyectos que permitan potenciar el riego en el territorio, como lo ha sido la ejecución de la Primera Etapa del Proyecto Multipropósito Chone ubicado en la Cuenca del Río del mismo nombre y que está previsto para beneficiar 3 000 hectáreas de tierras cultivadas (tabla 2.4).

## **2.6 Características de la cuenca del río Chone**

La cuenca del Río Chone está comprendida entre las coordenadas 1°4'15.04"S, 0°27'20.14"S; 80°27'14.23"W, 79°52'11.79"W, y cubre un área de aproximadamente 2.267 Km<sup>2</sup> (ver Figura 1). Limita al norte con las cuencas del Río Briseño y Río Jama al sur con las cuencas del Río Portoviejo y Río Guayas, al este con el océano pacífico, la cuenca del Estero Pajonal y al oeste con la cuenca del Río Guayas (ver figura 2.7).

En la zona baja de la cuenca, los paisajes litorales poseen formas fluvio-marinas y planas con altitudes entre 0 y 100 msnm. En la zona media, los relieves presentan colinas suaves y algunas áreas de valles fluviales; hacia el este, en la zona alta de la cuenca del río Chone los relieves abruptos van tomando presencia de entre 100 y 400 msnm (Centro del Agua y Desarrollo Sostenible, 2012). Existen también zonas de paisaje de mesa, llegando a tener altitudes de hasta 600 msnm.

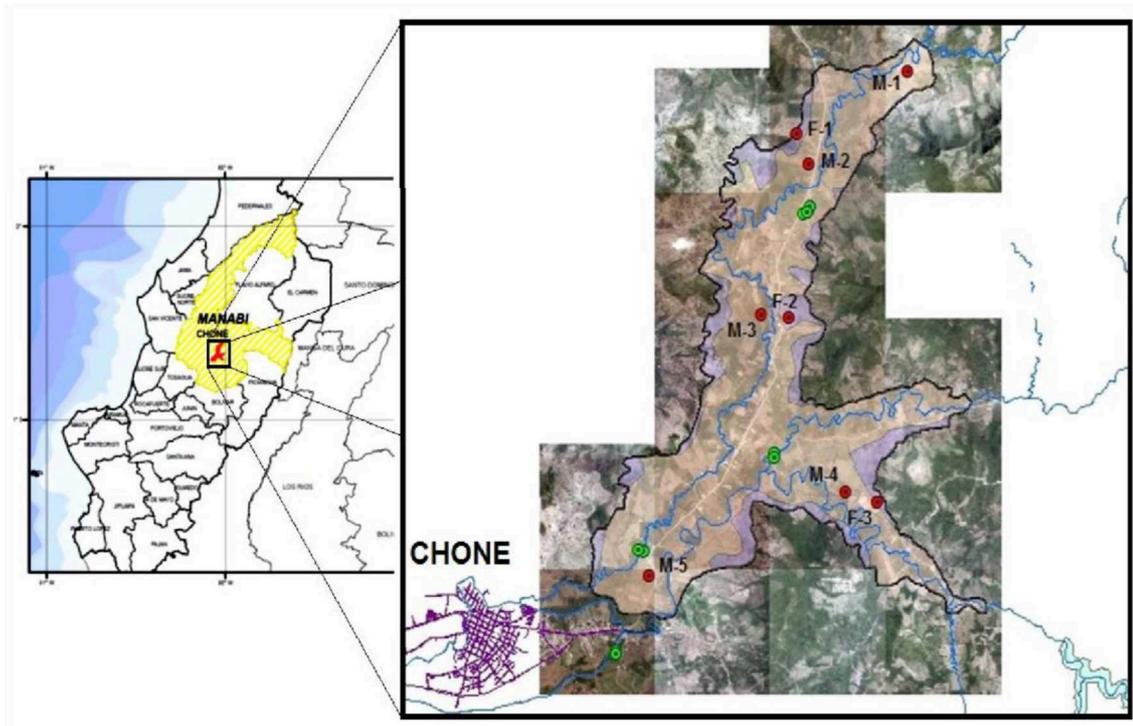


**Figura 2.7. Imagen de la Cuenca del Río Chone.**

Fuente: (MAGAP, 2013)

### **2.7 Área de estudio en el Proyecto Multipropósito Chone**

En la figura se muestra la ubicación del área vinculada al Proyecto Multipropósito Chone (3 mil ha) y una diferenciación por colores de la superficie para evidenciar los dos tipos de textura de suelo existentes en el área: textura media (predominante) y textura fina (en algunos sitios específicos).



**Figura 2.8. Área de estudio en el Proyecto Multipropósito Chone diferenciada por texturas de suelo.**

Fuente: (Cedeño, 2017)

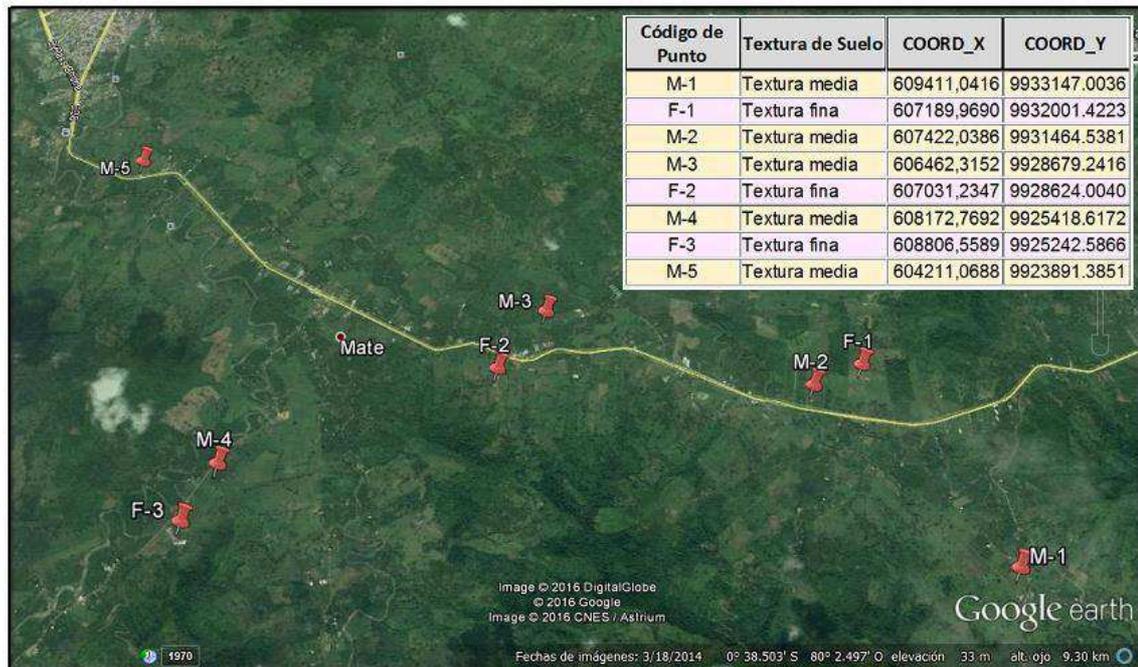
Sobre la consideración de la limitación de recursos financiero y el tiempo disponible para acometer esta investigación exploratoria, se decidió tomar muestras no probabilísticas para definir los puntos de observación en el campo.

A partir del criterio de Conveniencia se definieron 8 puntos para el estudio de los suelos. La selección de los puntos de observación se realizó a partir de los siguientes criterios:

- Que estuvieran ubicados en las dos texturas de suelo (media y fina) en proporciones y ubicaciones acorde a la magnitud y distribución de las mismas.
- Que los puntos estuvieran ubicados en áreas asequibles con medios de transporte ligero.
- La existencia de energía eléctrica y fuentes de agua para poder disponer de los mismos durante la ejecución de las pruebas de campo.
- Que los suelos analizados estuvieran siendo utilizados con fines agrícolas y lo más alejado posible de influencias antrópicas que modificaran sus propiedades naturales.

A partir de estas consideraciones se definieron 8 puntos (tres para la textura fina del suelo: identificados como F-1, F-2 y F-3 y 5 puntos para la textura media del suelo: M-1, M-2, M-3, M-4 y M-5) .El mapa de las texturas de suelo mostrado en la figura 27 fue tomado del MAGAP (2016) y su escala original fue de 1:250 000.

La ubicación espacial de dichos puntos y sus coordenadas se muestra con mayor detalle en la imagen satelital de la figura 15.



**Figura 2.9. Imagen satelital con las coordenadas de los puntos de observación.**

Fuente: Google Earth (2017)

## 2.8 Desarrollo de las pruebas de campo en el área de estudio

En estas pruebas de campo se determinó la densidad real, la aparente y la porosidad por el método de la Plazoleta de Inundación descrito brevemente en el Capítulo 1 de este trabajo. Las muestras de suelo se tomaron después de transcurridas 72 horas de la saturación a partir de considerar que los suelos eran de textura fina y media.

Se tomaron tres muestras para cada horizonte (ver anexo 7.1) de 10 cm de espesor desde la superficie hasta 50 cm de profundidad (5 profundidades: 0-10 cm, 10-20 cm, 20-30 cm, 30-40 cm y 40-50 cm). Lo cual genera un total de 15 muestras de suelo por cada punto a muestrear (ver figura 2.10).



**Figura 2.10. Balanza electrónica empleada para pesar las muestras de suelo "in situ" y posteriormente en el laboratorio cuando fueron secadas.**

Fuente: Elaboración Propia

Esta operación se efectuó para una réplica en la misma plazoleta (ver anexo 7.3 y 7.4), lo cual generó un total de 30 muestras (dos perforaciones con 15 muestras en cada perforación). Este proceso se llevó a cabo a todos los 8 puntos de muestrear para extraer las muestras y llevarlas al laboratorio para su respectivo proceso de secado y analizados.



**Figura 2.11. Estufa empleada para secar las muestras de suelo en el laboratorio de la Extensión Chone de la ULEAM.**

Fuente: Elaboración Propia

Posteriormente las 30 muestras fueron conducidas al Laboratorio de la Carrera de Ingeniería Civil ubicado en la Extensión Chone de la ULEAM. Allí fueron destapadas y colocadas en la estufa para secarlas durante 18 a 24 horas a una temperatura de 105 °C (ver figura 2.11).

Una vez transcurrido este tiempo, y después de que las muestras volvieron a alcanzar la temperatura del ambiente fuera de la estufa fueron pesadas nuevamente en la misma balanza.

La diferencia de peso entre el suelo húmedo y seco fue determinada para cada una de las muestras por la siguiente expresión:

$$CH = \frac{PSH - PSS}{PSS - T} \times 100$$

Donde:

- CH: Contenido de Humedad (% PSS)
- PSH: Peso de Suelo Húmedo (g)
- PSS: Peso de Suelo Seco (g)
- T: Tara o peso del recipiente vacío (g)

Después de este proceso volvemos a colocar las muestras de campo extraídas después de haber saturado el suelo y q hayan transcurrido las 72 horas del suelo completamente húmedo donde llevamos las muestras al laboratorio, a la estufa a pasar el proceso de secarlas durante 18 a 24 horas a una temperatura de 105 °C.



**Figura 2.12. Peso de las muestras después de salir de la estufa.**

Fuente: Elaboración Propia

Luego secamos la muestra de la estufa y volvemos a pesarlas para después seguir con el proceso de la porosidad donde utilizamos un picnómetro



**Figura 2.13. Pesos de las muestra de los 8 puntos de muestreo.**

Fuente: Elaboración Propia

Luego secamos la muestra de la estufa y volvemos a pesarlas para después seguir con el proceso de la porosidad donde utilizamos un picnómetro.

Aquí en esta figura podemos observar cómo hacemos la medición de cada una de las muestra por medio del picnómetro para saber su diferencias de peso húmedo y el peso seco después q la sacamos de la estufa y cuanto es el % de aire en la muestra (ver anexo 7.2).

Aquí en esta figura (21) podemos visualizar como extraemos la muestra de un perfil edáfico de uno de los puntos a muestrear cada 10 cm para llevarlas al laboratorio, a la estufa y luego hacemos el proceso de secado y del % de porosidad.



**Figura 2.14. Extracción de muestra de un perfil edáfico.**

Fuente: Elaboración Propia

### **Procedimiento para obtención de muestra de suelo**

- 1.- Buscamos o localizamos el punto por GPS donde tenemos las coordenadas del área de estudio.
- 2.- Encontramos el sitio y proseguimos a hacer una limpieza y buscamos estratégicamente el mejor lugar que haiga dentro de las coordenadas.
- 3.- Seguimos con una pala, azadón, machete, cinta métrica, 20 litros de agua y un plástico que mide 2 x 2 m, donde realizamos a plantear una terraza.
- 4.- Después de tener la terraza completamente saturada al ver transcurrido 72 horas sacamos las muestras del sitio por medio de una herramienta (barrena).
- 5.- Luego sacamos las muestra de suelo y las colocamos en unas taras de aluminio 3 por cada 10 cm son 50 cm de profundidad las pesamos al sacarlas del suelo y las transportamos bien cuidadosamente las muestra en taras y las llevamos al laboratorio para secarlas en el horno por 24 horas a 105 grados centígrados.
- 6.- Sacamos las muestra del horno después que se hallan enfriado naturalmente sin contaminarlas y las pesamos de nuevo para saber el % de humedad que han tenido cada una de las muestra.

7.- Luego trituramos el suelo seco y lo introducimos en un picnómetro para medir su poros (capacidad de aire q tiene cada grano) por medio de agua donde sacamos por medio de una función matemática las densidades y la porosidad del suelo.

8.- Donde identificamos la textura, el tipo de arcilla el color del suelo, el % de humedad y el % de porosidad q tiene cada muestra y vemos si es idóneo para la riego.

**Humedad del Suelo Seco:**

$$H_{SS} = \frac{\text{Masa de agua (g)}}{\text{Masa de suelo seco (g)}} \times 100 \%$$

**Peso específico aparente:**

$$Pea = \frac{W_s}{V_T}$$

Donde:

Ws= Peso del suelo seco

Vt= Volumen total del suelo seco

**Peso específico real:**

$$Per = \frac{1 - Pea}{h}$$

Donde:

h= Porcentaje de humedad

**CAPITULO III**  
**RESULTADOS Y DISCUSION**

## CAPITULO III. RESULTADOS Y DISCUSION

### 3.1 Resultados de las Pruebas de Campo.

#### 3.1.1 Resultados de la determinación de la densidad real, aparente y porosidad del suelo.

Los resultados de las pruebas de campo realizadas para los 8 puntos de estudio se muestran de manera individual para los suelos de textura fina con un análisis comparativo para esta textura de suelo.

Una descripción detallada del resultado en cada punto se muestra a continuación:

##### 3.1.1.1 Resultados de la evaluación de la Densidad Real.

Se muestran la Densidad Real del suelo por cada punto, en la figura 3.1 se muestra el punto F1 donde en los superficial entre 0 a 10 cm la densidad real tiende a  $2,3 \text{ g/cm}^3$  y en lo más profundo de 40 a 50 cm la densidad real tiende a  $2,7 \text{ g/cm}^3$ .

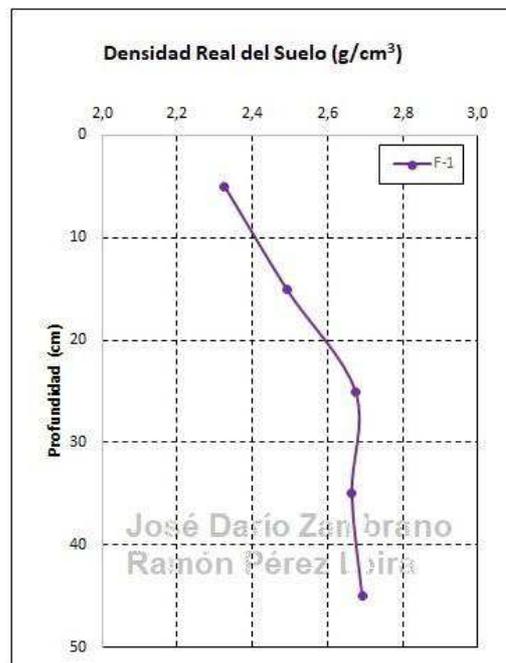
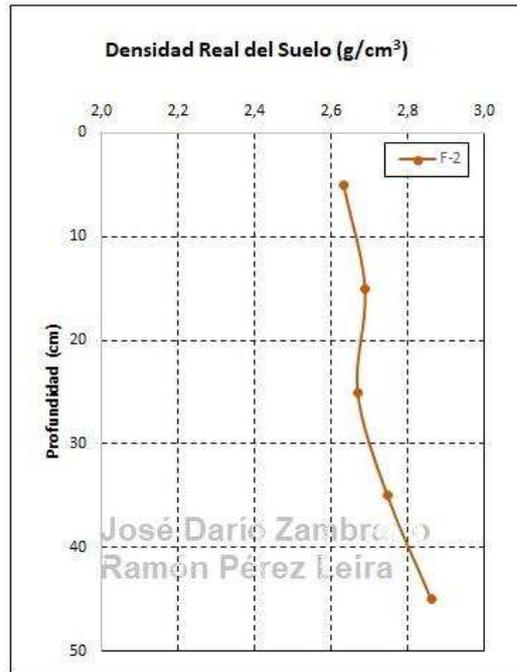


Figura 3.1. Comportamiento de la Densidad Real del suelo en el punto F1.

Fuente: Elaboración Propia

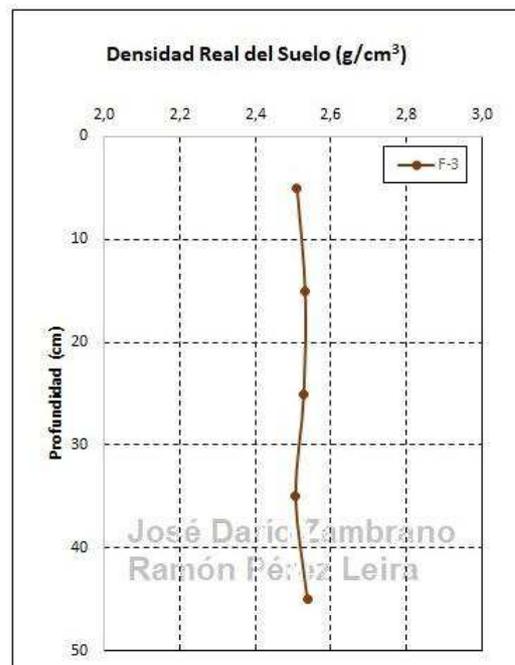
En la figura 3.2 se muestra el punto F2 donde en los superficial entre 0 a 10 cm la densidad real tiende a  $2,6 \text{ g/cm}^3$  y en lo más profundo de 40 a 50 cm la densidad real tiende a  $2,9 \text{ g/cm}^3$ .



**Figura 3.2. Comportamiento de la Densidad Real del suelo en el punto F2.**

Fuente: Elaboración Propia

En la figura 3.3 se muestra el punto F3 donde en los superficial entre 0 a 10 cm la densidad real tiende a  $2,5 \text{ g}/\text{cm}^3$  y en lo más profundo de 40 a 50 cm la densidad real tiende a  $2,5 \text{ g}/\text{cm}^3$ .



**Figura 3.3. Comportamiento de la Densidad Real del suelo en el punto F3.**

Fuente: Elaboración Propia

En la figura 3.4 se muestra el punto M1 donde en los superficial entre 0 a 10 cm la densidad real tiende a 2,2 g/cm<sup>3</sup> y en lo más profundo de 40 a 50 cm la densidad real tiende a 2,4 g/cm<sup>3</sup>.

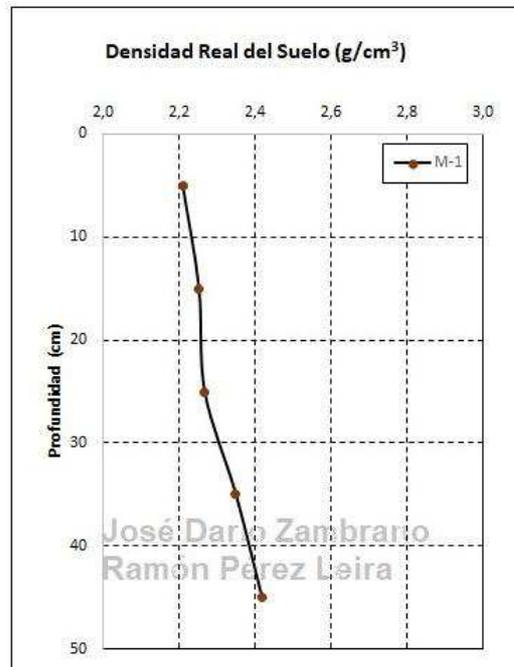


Figura 3.4. Comportamiento de la Densidad Real del suelo en el punto M1.

Fuente: Elaboración Propia

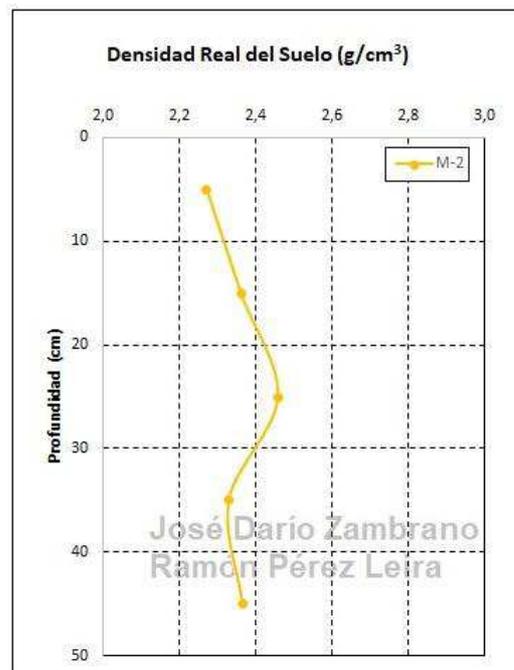
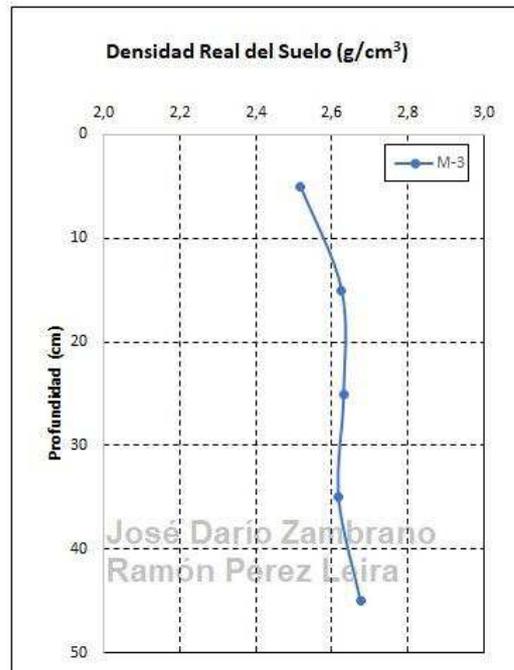


Figura 3.5. Comportamiento de la Densidad Real del suelo en el punto M2.

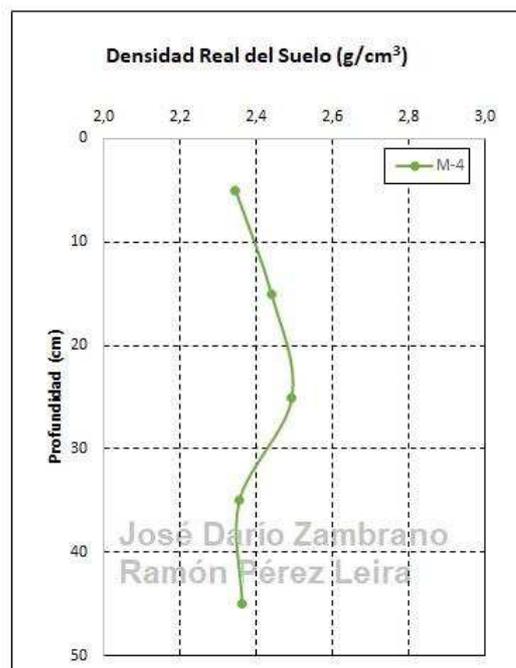
Fuente: Elaboración Propia

En la figura 3.5 se muestra el punto M2 donde en los superficial entre 0 a 10 cm la densidad real tiende a  $2,3 \text{ g/cm}^3$  y en lo más profundo de 40 a 50 cm la densidad real tiende a  $2,4 \text{ g/cm}^3$ . En la figura 3.6 se muestra punto M3 donde en los superficial entre 0 a 10 cm la densidad real tiende a  $2,5 \text{ g/cm}^3$  y en lo más profundo de 40 a 50 cm la densidad real tiende a  $2,7 \text{ g/cm}^3$ .



**Figura 3.6. Comportamiento de la Densidad Real del suelo en el punto M3.**

Fuente: Elaboración Propia

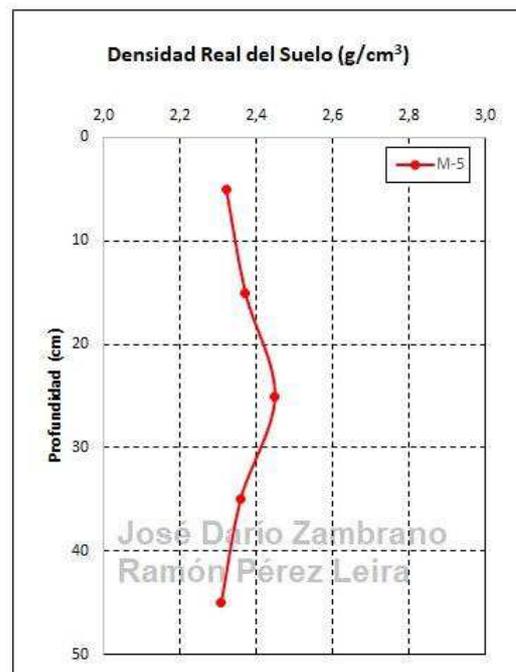


**Figura 3.7. Comportamiento de la Densidad Real del suelo en el punto M4.**

Fuente: Elaboración Propia

En la figura 3.7 se muestra el punto M4 donde en los superficial entre 0 a 10 cm la densidad real tiende a  $2,3 \text{ g/cm}^3$  y en lo más profundo de 40 a 50 cm la densidad real tiende a  $2,4 \text{ g/cm}^3$ .

En la figura 3.8 se muestra el punto M5 donde en los superficial entre 0 a 10 cm la densidad real tiende a  $2,3 \text{ g/cm}^3$  y en lo más profundo de 40 a 50 cm la densidad real tiende a  $2,3 \text{ g/cm}^3$ .



**Figura 3.8. Comportamiento de la Densidad Real del suelo en el punto M5.**

Fuente: Elaboración Propia

Los valores de Densidad Real del suelo para los puntos ubicados en suelos de textura fina presentaron un valor promedio de  $2,64 \text{ g/cm}^3$  mientras que para los suelos de textura media solo alcanzaron un valor de  $2,41 \text{ g/cm}^3$ . El valor promedio de todos los puntos fue de  $2,53 \text{ g/cm}^3$ , lo cual coincide con los valores de referencia reflejados por otros autores.

Como se observa en la figura 3.9, este parámetro mostró una estabilidad a lo largo del perfil de suelo estudiado.

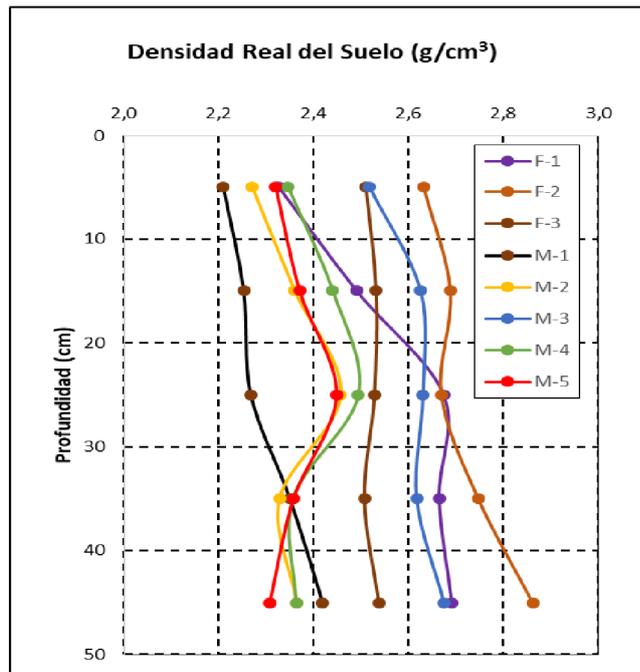


Figura 3.9. Comportamiento de la Densidad Real del suelo en los ocho puntos.

Fuente: Elaboración Propia

### 3.1.1.2 Resultados de la evaluación de la Densidad Aparente.

Se muestran la Densidad Aparente del suelo por cada punto, en la figura 3.10 se muestra el punto F1 donde en los superficial entre 0 a 10 cm la densidad aparente tiende a 1,05 g/cm<sup>3</sup> y en lo más profundo de 40 a 50 cm la densidad aparente tiende a 1,35 g/cm<sup>3</sup>.

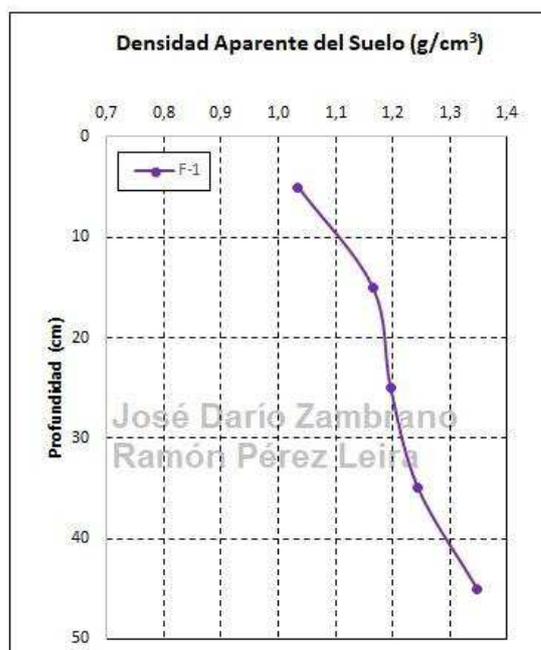


Figura 3.10. Comportamiento de la Densidad Aparente del suelo en el punto F1.

Fuente: Elaboración Propia

En la figura 3.11 se muestra el punto F2 donde en los superficial entre 0 a 10 cm la densidad aparente tiende a 1,20 g/cm<sup>3</sup> y en lo más profundo de 40 a 50 cm la densidad aparente tiende a 1,35 g/cm<sup>3</sup>.

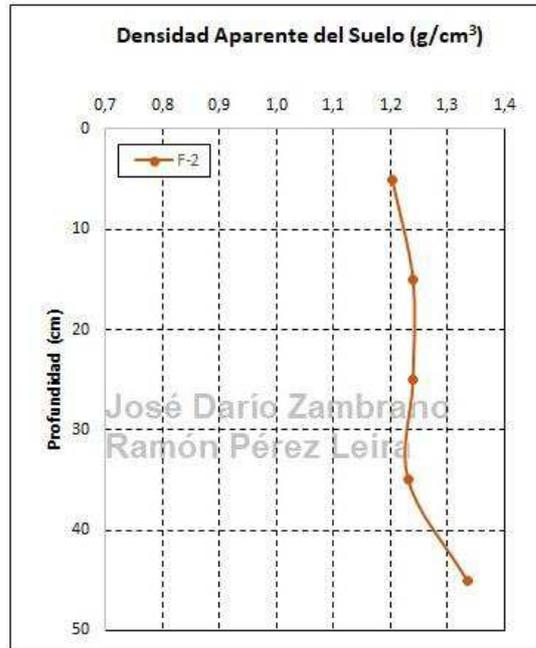


Figura 3.11. Comportamiento de la Densidad Aparente del suelo en el punto F2.

Fuente: Elaboración Propia

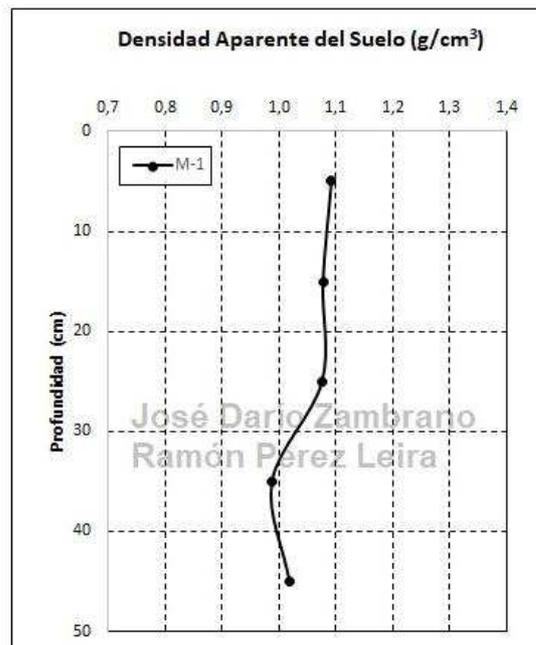
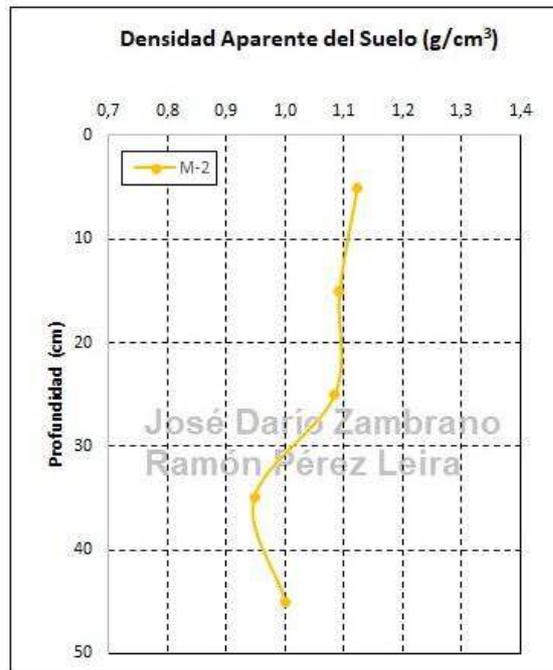


Figura 3.12. Comportamiento de la Densidad Aparente del suelo en el punto M1.

Fuente: Elaboración Propia

En la figura 3.12 se muestra el punto M1 donde en los superficial entre 0 a 10 cm la densidad aparente tiende a  $1,10 \text{ g/cm}^3$  y en lo más profundo de 40 a 50 cm la densidad aparente tiende a  $1,00 \text{ g/cm}^3$ .

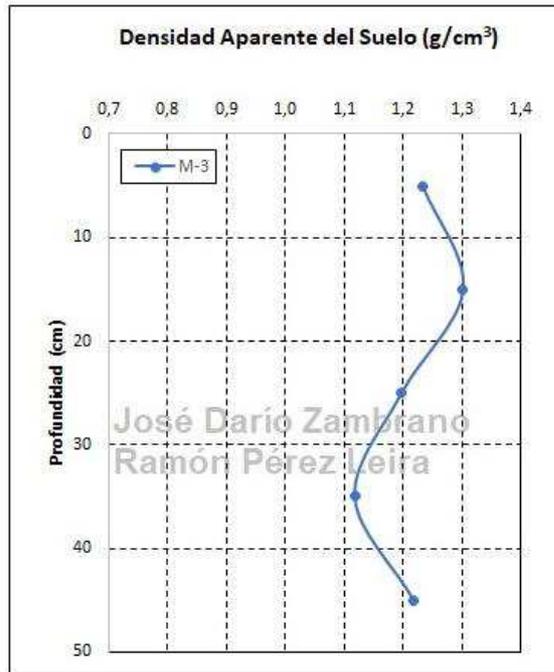


**Figura 3.13. Comportamiento de la Densidad Aparente del suelo en el punto M2.**

Fuente: Elaboración Propia

En la figura 3.13 se muestra el punto M2 donde en los superficial entre 0 a 10 cm la densidad aparente tiende a  $1,10 \text{ g/cm}^3$  y en lo más profundo de 40 a 50 cm la densidad aparente tiende a  $1,00 \text{ g/cm}^3$ .

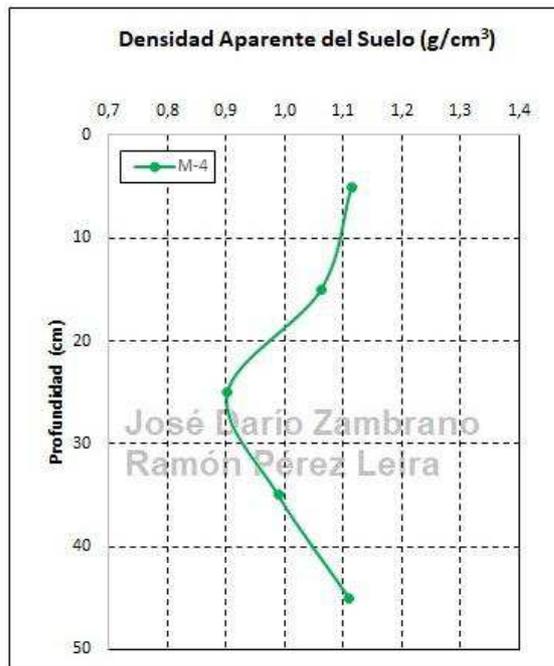
En la figura 3.14 se muestra el punto M3 donde en los superficial entre 0 a 10 cm la densidad aparente tiende a  $1,25 \text{ g/cm}^3$  y en lo más profundo de 40 a 50 cm la densidad aparente tiende a  $1,20 \text{ g/cm}^3$ .



**Figura 3.14. Comportamiento de la Densidad Aparente del suelo en el punto M3.**

Fuente: Elaboración Propia

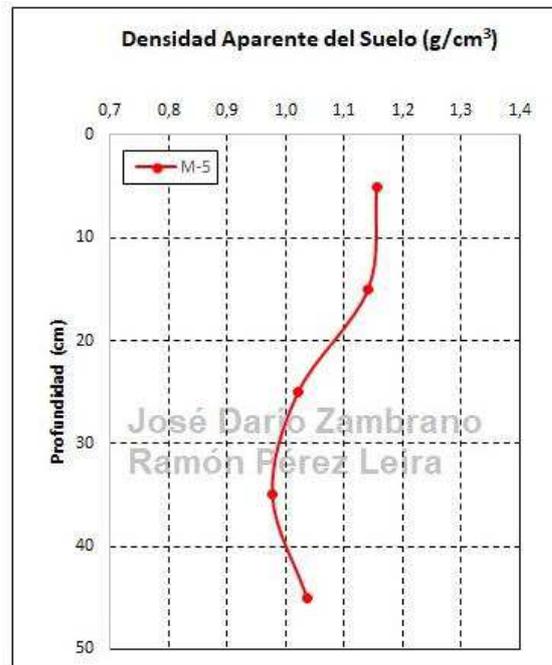
En la figura 3.15 se muestra el punto M4 donde en los superficial entre 0 a 10 cm la densidad aparente tiende a 1,10 g/cm<sup>3</sup> y en lo más profundo de 40 a 50 cm la densidad aparente tiende a 1,10 g/cm<sup>3</sup>.



**Figura 3.15. Comportamiento de la Densidad Aparente del suelo en el punto M4.**

Fuente: Elaboración Propia

En la figura 3.16 se muestra el punto M5 donde en los superficial entre 0 a 10 cm la densidad aparente tiende a 1,15 g/cm<sup>3</sup> y en lo más profundo de 40 a 50 cm la densidad aparente tiende a 1,05 g/cm<sup>3</sup>.

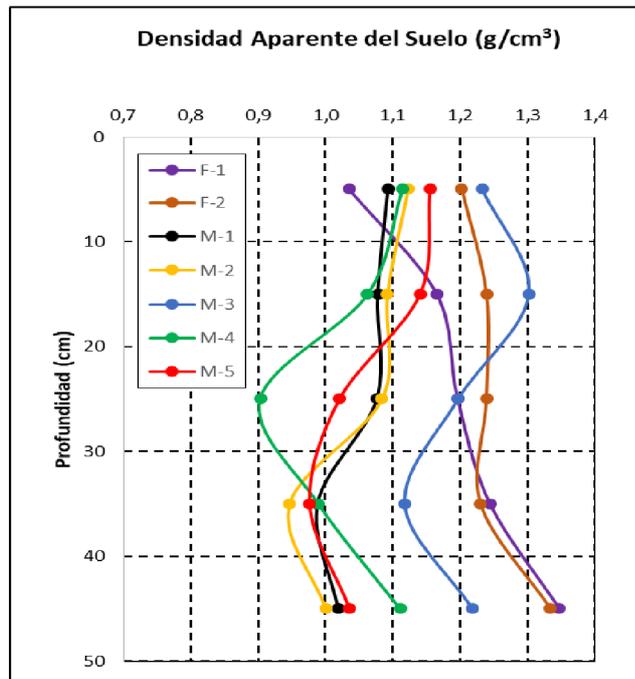


**Figura 3.16. Comportamiento de la Densidad Aparente del suelo en el punto M5.**

Fuente: Elaboración Propia

Los valores de Densidad Aparente del suelo para los puntos ubicados en suelos de textura fina presentaron un valor promedio de 1.22 g/cm<sup>3</sup> mientras que para los suelos de textura media solo alcanzaron un valor de 1.08 g/cm<sup>3</sup>. El valor promedio de todos los puntos fue de 1.15 g/cm<sup>3</sup>, lo cual coincide con los valores de referencia de 1 a 1.6 g/cm<sup>3</sup> indicados por Brady (2010).

Como se observa en la figura 3.17 este parámetro también mostró una estabilidad a lo largo del perfil de suelo estudiado con ligeras variaciones entre los 20 y 40 cm de profundidad.

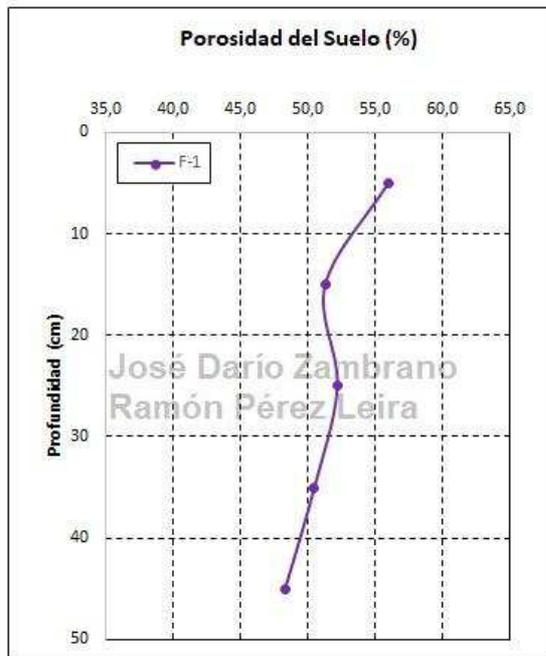


**Figura 3.17. Comportamiento de la Densidad Aparente del suelo en los ocho puntos.**

Fuente: Elaboración Propia

### 3.1.1.3 Resultados de la determinación de la Porosidad.

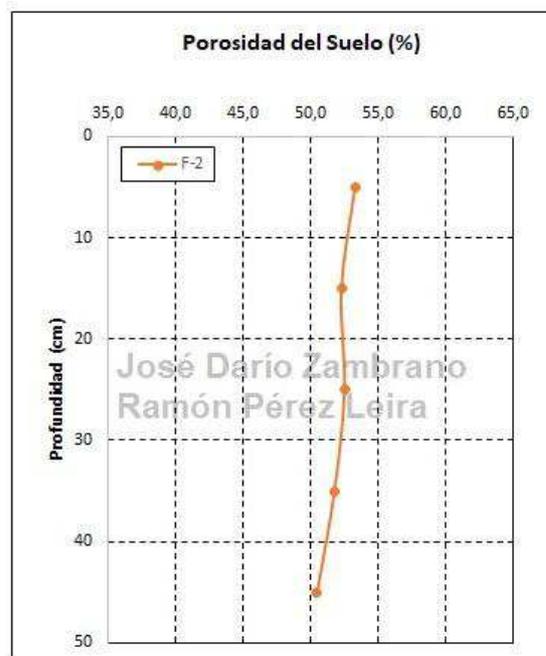
Como se observa en la figura 3.18 se muestra el punto F1 donde en los superficial entre 0 a 10 cm la porosidad tiende a 57% y en lo más profundo de 40 a 50 cm la porosidad tiende a 48%;



**Figura 3.18. Comportamiento de la Porosidad del suelo en el punto F1.**

Fuente: Elaboración Propia

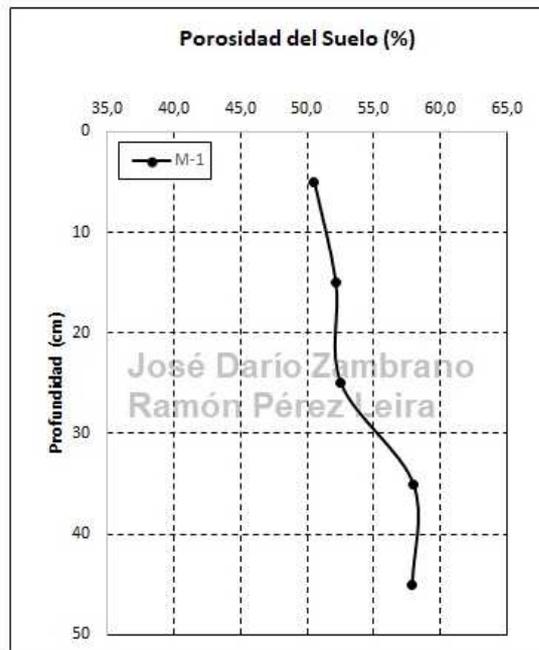
En la figura 3.19 Se muestra el punto F2 donde en los superficial entre 0 a 10 cm la porosidad tiende a 53% y en lo más profundo de 40 a 50 cm la porosidad tiende a 50%.



**Figura 3.19. Comportamiento de la Porosidad del suelo en el punto F2.**

Fuente: Elaboración Propia

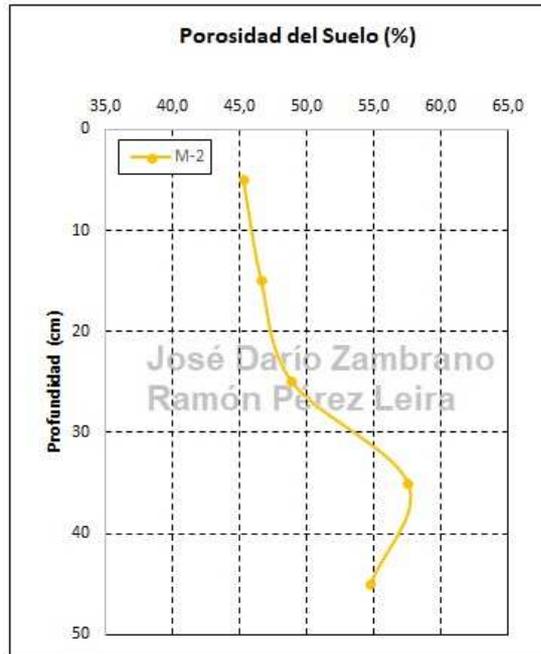
En la figura 3.20 se muestra el punto M1 donde en los superficial entre 0 a 10 cm la porosidad tiende a 50% y en lo más profundo de 40 a 50 cm la porosidad tiende a 58%.



**Figura 3.20. Comportamiento de la Porosidad del suelo en el punto M1.**

Fuente: Elaboración Propia

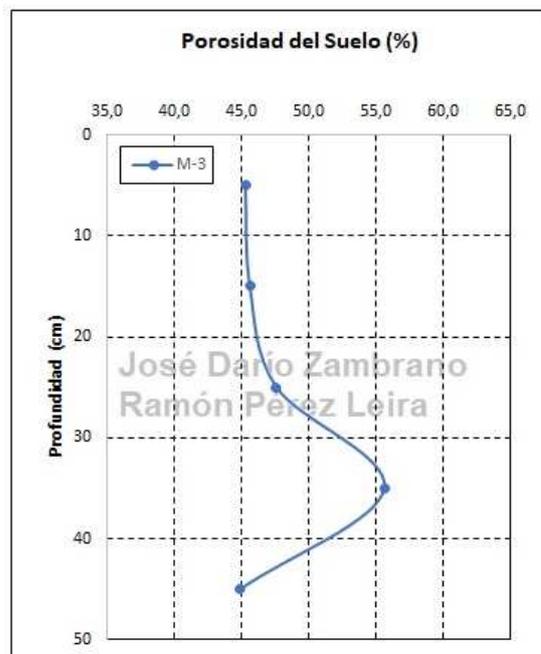
En la figura 3.21 se muestra el punto M2 donde en los superficial entre 0 a 10 cm la porosidad tiende a 45% y en lo más profundo de 40 a 50 cm la porosidad tiende a 55%;



**Figura 3.21. Comportamiento de la Porosidad del suelo en el punto M2**

Fuente: Elaboración Propia

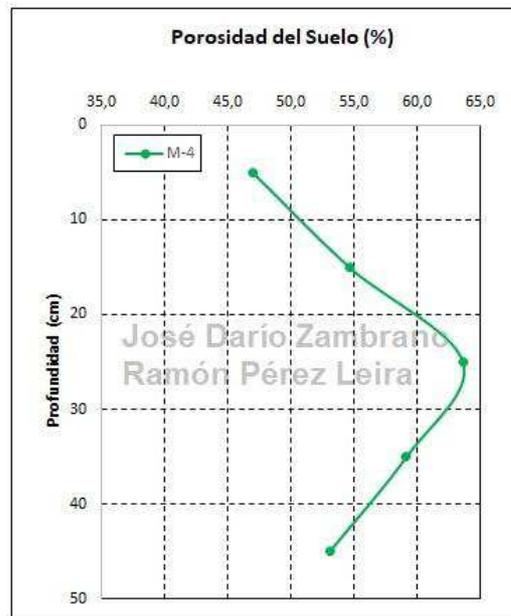
En la figura 3.22 el punto M3 donde en los superficial entre 0 a 10 cm la porosidad tiende a 45% y en lo más profundo de 40 a 50 cm la porosidad tiende a 45%.



**Figura 3.22. Comportamiento de la Porosidad del suelo en el punto M3.**

Fuente: Elaboración Propia

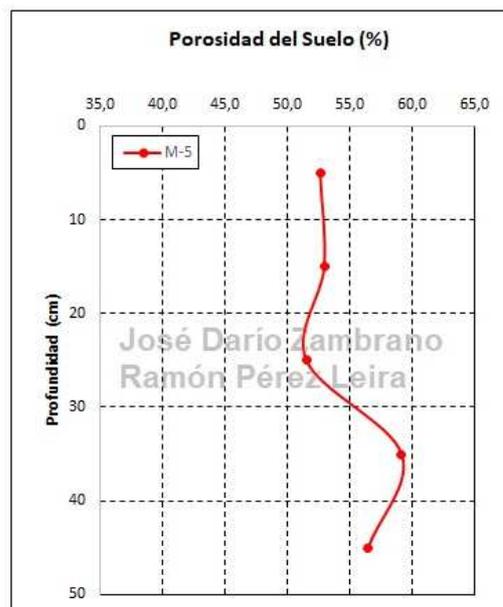
En la figura 3.23 se muestra el punto M4 donde en los superficial entre 0 a 10 cm la porosidad tiende a 47% y en lo más profundo de 40 a 50 cm la porosidad tiende a 53%;



**Figura 3.23. Comportamiento de la Porosidad del suelo en el punto M4.**

Fuente: Elaboración Propia

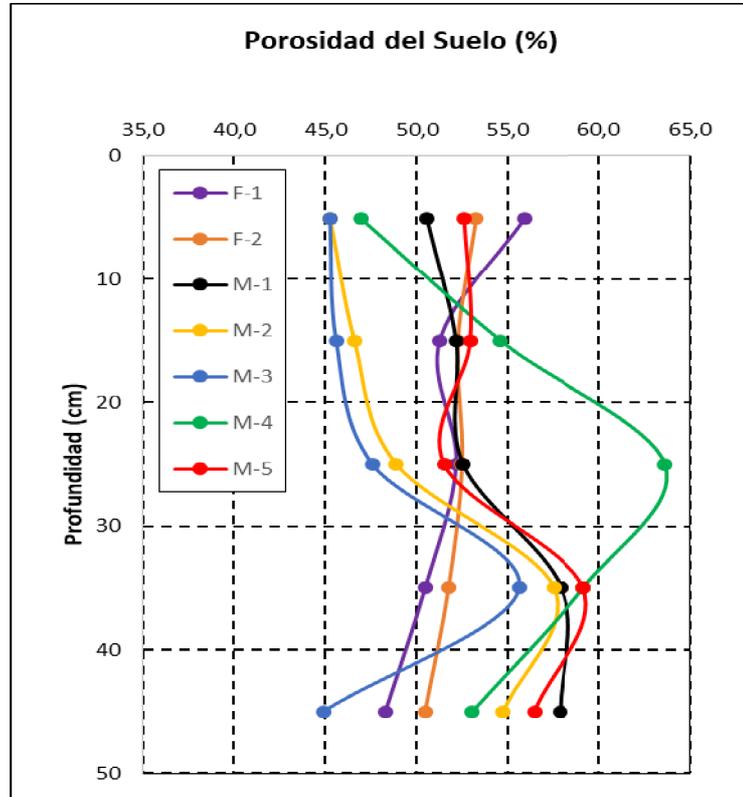
En la figura 3.24 el punto M5 donde en los superficial entre 0 a 10 cm la porosidad tiende a 53% y en lo más profundo de 40 a 50 cm la porosidad tiende a 57%.



**Figura 3.24. Comportamiento de la Porosidad del suelo en el punto M5.**

Fuente: Elaboración Propia

Estos valores de porosidad concuerdan con el obtenido por Carrera-Villacrés (2017) en su caracterización físico-química de los suelos en la zona de riego del Proyecto Multipropósito Chone en el cual obtuvo un valor promedio de 50.6 %.



**Figura 3.25. Comportamiento de la Porosidad del suelo en los ocho puntos.**

Fuente: Elaboración Propia

Los valores de Porosidad del suelo para los puntos ubicados en suelos de textura fina presentaron un valor promedio de 51.83 % mientras que para los suelos de textura media alcanzaron un valor de 52.52 %. El valor promedio de todos los puntos fue de 52.18 %, con lo cual se evidencia poca diferencia entre la porosidad de los suelos de textura fina y media.

## CONCLUSIONES

La revisión realizada en este trabajo, sobre la experiencia nacional y regional, relacionada con las propiedades físicas de los suelos, demuestra que en los últimos años se han generado nuevas técnicas y procedimientos para la determinación de estas propiedades, a partir de análisis directos o indirectos sobre el suelo. Sin embargo, los resultados obtenidos por otros métodos tradicionales, coinciden con los valores de referencia expresados por otros autores.

La determinación y el conocimiento de la densidad aparente, densidad real y porosidad del suelo, siguen siendo elementos básicos necesarios para una correcta proyección y organización de los sistemas de riego.

Este estudio realizado sobre el comportamiento de estas texturas del suelo en la zona prevista con el Proyecto Multipropósito Chone muestra que en los suelos la Densidad Aparente del suelo para los puntos ubicados en suelos de textura fina presentaron un valor promedio de  $1.22 \text{ g/cm}^3$  mientras que para los suelos de textura media solo alcanzaron un valor de  $1.08 \text{ g/cm}^3$ . El valor promedio de todos los puntos fue de  $1.15 \text{ g/cm}^3$ , lo cual coincide con los valores de referencia de 1 a  $1.6 \text{ g/cm}^3$ . Además, se demostró estabilidad a lo largo del perfil de suelo estudiado con ligeras variaciones entre los 20 y 40 cm de profundidad.

Los valores de Porosidad del suelo para los puntos ubicados en suelos de textura fina presentaron un valor promedio de 51.83 % mientras que para los suelos de textura media alcanzaron un valor de 52.52 %. El valor promedio de todos los puntos fue de 52.18 %, con lo cual se evidencia poca diferencia entre la porosidad de los suelos de textura fina y media. Este parámetro también mostró una ligera variación a lo largo del perfil de suelo entre los 15 y 35 cm de profundidad.

Por último, no se demostró que exista una clara relación entre el comportamiento de la texturas del suelo, lo que hace considerar la influencia que pueden tener en este parámetro físico otros factores como son: la existencia de estratos subyacentes con menos permeabilidad que los superficiales, el grado de compactación, el uso que hayan

tenido estos suelos durante un tiempo prolongado y el grado de precisión de los mapas de suelo de los que se disponen y que se hallan conseguido a lo largo de este estudio.

## RECOMENDACIONES

Se debe aumentar el tamaño de la muestra, para que la densidad de puntos a analizar en el área de estudio permita poder hacer un análisis geo-estadístico profundo de su distribución espacial.

Se debe identificar el grado de precisión de los mapas de suelos existentes en la zona de estudio, y de ser posible conocer la información básica que sirvió de sustento a los mismos.

Se debe tomar los resultados de este proyecto como acercamiento a las condiciones reales para futuros proyectos y planificaciones del régimen de riego en la región, en tanto no se obtengan datos más precisos de las propiedades físicas de los suelos en el área prevista a regar con el Proyecto Multipropósito Chone.

## BIBLIOGRAFÍA

- Arias, A. C. (2001). *Suelos Tropicales*. Costa Rica : Universidad Estatal a Distancia San Jose .
- Bouwer, H. (1986). *Cilinder infiltrometer*. Phoenix, Arizona: U.S. Water Conservation Laboratory, ARS, USDA.
- Buytaert, W. (2002). Impact of land use changes on the hydrological properties of volcanic ash soils in South Ecuador. *Wiley*.
- Casanova, E. (2005). *Introducción a las Ciencia del Suelo*. Caracas: Universidad Central de Venezuela.
- Cedeño, H. (2017). *Determinar las Propiedades Hidrofísicas del suelo del Proyecto Propósito Múltiple Chone*. Chone: ULEAM.
- Centro del Agua y Desarrollo Sostenible. (2012). *Perfil territorial con enfoque en gestión de riesgo de Cantón Chone*. Chone: ESPOL.
- Collins, W., & Qualset, C. (1998). *Biodiversity in Agroecosystems*. CRC Press.
- Departamento de suelos y agua UR. (2004). *Propiedades físicas del suelo*. Montevideo, Uruguay: Facultad de Agronomía de la Universidad de la República.
- FAO. (2006). *Guidelines for soil description. 4th Edition*. Roma: FAO.
- Gallegos del Tejo, A. (1997). *La aptitud agrícola de los suelos: La pedología aplicada a las actividades agropecuarias*. Trillas.
- Gliessman, S. (2002). *Agroecología: Procesos ecológicos en la Agricultura sostenible*. CATIE.
- Hernández, A., Bojórquez, J., Morell, F., Cabrera, A., Ascanio, M., García, J., y otros. (2010). *Fundamentos de la estructura de suelos tropicales*. Tepic: INCA - Universidad Autónoma de Nayarit.
- Kennedy, S. P. (1995). *Suelos del Trópicos - Características y Manejo*. Costa Rica: Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura.

- Leiton, J. (1995). *Riego y Drenaje*. EUNED.
- MAGAP. (noviembre de 2011). *Plan Nacional de Riego y Drenaje 2011-2026*. Recuperado el 02 de octubre de 2017, de subsecretaria de riego y drenaje 2011.
- MAGAP. (2013). *Generación de geoinformación para la gestión del territorio a nivel nacional escala 1:2500. Sistemas Productivos*. Chone: CGSIN.
- Rodríguez, M., Olivera, D., & Vieras-Mar, R. (2015). Degradación de las propiedades físicas de los suelos ferralíticos rojos lixiviados, por la acción antrópica en Banao, Sancti Spiritus. Cuba. *Revista DELOS*.
- Sánchez, E. (2007). *Estudios de suelos pre-plantación*. Fruticultura&Diversificación.
- Sanchez, P. A. (1981). *Suelos del Tropicos - Características y Manejo*. Costa Rica : Instituto Interamericano de Cooperacion para la Agricultura .
- SENPLADES. (2013). *Plan Nacional del Buen Vivir 2013-2017*. Quito.
- SENPLADES. (2013). *Territorio y Descentralización. Competencia de riego y drenaje*. Quito.
- Thompson, L., & Troeh, F. (1998). *Los suelos y su fertilidad*. Reverte.
- Zambrano, R. (2016). *Composición de las propiedades físicas y químicas del suelo*. Calceta: ESPAM-MFL.

## ANEXOS



**Anexo 7.1.** Extracción de muestras de suelo saturado de 10 a 50 cm de profundidad



**Anexo 7.2.** Análisis de cada una de las muestra para él % de porosidad



**Anexo 7.3.** Ensayo de saturación de la plazoleta de infiltración a 200 litros.



**Anexo 7.4.** Plazoleta de inundación completamente saturada con aislante de temperaturas.