

Facultad de Tecnología de la Construcción

**EVALUACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS MORFOLÓGICAS E HIDROFÍSICAS DE LOS SUELOS CULTIVADOS CON CAÑA DE AZÚCAR (SACCHARUM OFFICINARUM L.) DE LA FINCA “SUCUYA” DEL INGENIO MONTELIMAR, UBICADA EN EL DEPARTAMENTO DE RIVAS, NICARAGUA.**

Trabajo Monográfico para optar al título de  
Ingeniero Agrícola

**Elaborado por:**

Br. Darling Eddith  
Sevilla Moreno  
Carnet: 2018-0845U

Br. Sinai Tamara  
Torrentes Vega  
Carnet: 2018-8022U

**Tutor:**

MSC. José Mamerto  
Méndez Úbeda

Managua, 05 de Mayo del 2023

Máster

**Miguel Fonseca Chávez**

Decano FTC - UNI

Su despacho

Estimado MSc. Fonseca Chávez:

Reciba un cordial saludo.

Por este medio, remito el trabajo de monografía titulado **“EVALUACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS MORFOLÓGICAS E HIDROFÍSICA DE LOS SUELOS CULTIVADOS CON CAÑA DE AZÚCAR (*SACCHARUM OFFICINARUM L.*) DE LA FINCA “SUCUYA” DEL INGENIO MONTELIMAR, UBICADA EN EL DEPARTAMENTO DE RIVAS, NICARAGUA**”, debidamente revisado cumpliendo con los objetivos planteados en el estudio y los requisitos para ser sometido a defensa, con fin de que el Br. Darling Eddith Sevilla Moreno y Br. Sinai Tamara Torrentes Vega opten al Título de Ingeniero Agrícola.

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

Atentamente,

**MSc. José Mamerto Méndez Úbeda**

**Tutor**

C/c: Archivo



DEC-FTC-REF-No.141  
Managua, 16 noviembre e del 2022

Bachilleres  
**DARLING EDDITH SEVILLA MORENO**  
**SINAI TAMARA TORRENTES VEGAS**  
Estimados Bachilleres:

Es de mi agrado informarles que el PROTOCOLO de su Tema **MONOGRAFICO**, titulado: **"EVALUACION DE LAS CARACTERISTICAS MORFOLOGICAS E HIDROFISICAS DE LOS SUELOS CULTIVADOS CON CAÑA DE AZUCAR (SACCHARUM OFFICIANARUM L.) DE LA FINCA "SUCUYA" DEL INGENIO MONTELMAR, UBICADA EN EL DEPARTAMENTO DE RIVAS, NICARAGUA"**. Ha sido aprobado por esta Decanatura.

Asimismo les comunico estar totalmente de acuerdo, que el **ING. JOSE MAMERTO MENDEZ UBEDA**. Sea el tutor de su trabajo final.

La fecha límite, para que presenten concluido su documento final, debidamente revisado por el tutor guía será el **16 de mayo del 2023**.

Esperando puntualidad en la entrega de la Tesis, me despido.

Atentamente



**M.Sc. Miguel Antonio Fonseca Chávez**  
Decano

CC: Protocolo  
**Tutor – ING. JOSE MAMERTO MENDEZ UBEDA**  
Archivo\*Consecutivo

## *Agradecimientos*

“Agradezco profundamente a todas las personas que han hecho posible la realización de esta monografía. En primer lugar, a Dios por su guía y bendición en cada paso del camino. A mi madre Blanca Moreno Escoto, por su amor incondicional y apoyo constante en todo momento. A mi familia, por su confianza y motivación. A mis amigos, por estar siempre presentes en los momentos más importantes de mi vida. A mis profesores, por compartir su sabiduría y experiencia en este camino de aprendizaje. A mi tutor, por su orientación y guía de mi trabajo. Agradezco también al Ing. Yader Molina e Ing. Guillermo Acevedo, por ser un impacto y un ejemplo a seguir en mi formación profesional. Gracias por su valiosa contribución en la investigación y su tiempo dedicado a mi crecimiento. Les estoy profundamente agradecido”. **[Darling Eddith Sevilla Moreno]**.

En primer lugar, deseo expresar mi profunda gratitud a Dios por permitirme alcanzar este logro profesional. Le agradezco por haberme brindado la inteligencia, la salud y la disposición necesarias para cumplir esta meta.

También quiero agradecer a mis padres por su apoyo incondicional durante todo el proceso, siempre me han brindado la fortaleza y determinación para superar los momentos difíciles.

De igual forma, extiendo mi agradecimiento al Ingeniero José Méndez, mi tutor de tesis, por su valiosa guía y apoyo en la investigación y elaboración de este estudio. Además, deseo expresar mi agradecimiento a la Ingeniera Emilseth Padilla y al Ingeniero Guillermo Acevedo por sus sabios consejos y apoyo durante este proceso.

Finalmente, no puedo dejar de mencionar a todos aquellos docentes que me acompañaron a lo largo de esta trayectoria, quienes me guiaron y forjaron como la persona y profesional que soy hoy en día. Gracias a todos ellos por su inestimable contribución en mi formación académica y en la consecución de este logro. **[Sinai Torrentes Vega]**.

## RESUMEN

La presente monografía titulada "**Evaluación de las Características Morfológicas e Hidrofísicas de los Suelos Cultivados con Caña de Azúcar (*Saccharum officinarum.*)**" se llevó a cabo en la finca "Sucuya" en el departamento de Rivas, Nicaragua. La finca cuenta con una superficie de 575 ha y forma parte del Ingenio Montelimar.

El estudio se dividió en tres fases: Pre-campo, Trabajo de Campo y Post-campo. Durante la primera fase, se recopiló información sobre la zona de estudio. En la segunda fase, se realizaron levantamientos de suelos, los cuales incluyeron reconocimiento de campo en una relación de 1:20 es decir, 1 muestra por cada 20 hectáreas, sondeos a dos profundidades (0-30 cm y 30-60 cm) y análisis de las características hidrofísicas de los suelos. Finalmente, en la fase de Post-campo se llevó a cabo la sistematización de la información generada utilizando herramientas como Excel y ArcGIS10.5.

Se identificaron seis clases texturales y se excavaron calicatas para evaluar las características morfológicas del suelo, encontrando una variedad de colores, texturas y estructuras. Se observó la presencia regular de moteados en el suelo y se clasificó el drenaje de la finca como imperfectamente drenado, con pendientes que varían entre 0 y 1.5%.

La velocidad de infiltración en los suelos es baja, oscilando entre 0.1 y 1.6 cm/hr. Esto puede aumentar la posibilidad de encharcamiento y escorrentía si el riego no es adecuado. No obstante, el lote 1618-0 presenta una velocidad de infiltración moderadamente rápida de 17.9 cm/hr debido a la estructura del suelo y baja compactación.

- La capacidad de campo se clasifica de alta a media, varía entre el 26% y el 50% y entre el 14% y el 27% el punto de marchitez permanente, con valores más altos en los lotes 1610-0 y 1618 y valores más bajos en los lotes 1636-2 y 1663-1.

Con los resultados obtenidos, se logró clasificar los suelos de la finca según sus características físicas, químicas y morfológicas los cuales fueron representados en mapas temáticos para guiar las decisiones en la planificación de las labores agrícolas.

## INDICE

|       |  |    |
|-------|--|----|
| I.    | INTRODUCCIÓN .....   | 1  |
| II.   | ANTECEDENTES .....   | 2  |
| III.  | JUSTIFICACIÓN .....  | 3  |
| IV.   | OBJETIVOS .....  | 4  |
| 4.1   | Objetivo General .....   | 4  |
| 4.2   | Objetivos Específicos .....  | 4  |
| V.    | MARCO TEÓRICO .....  | 5  |
| 5.1   | El Suelo .....   | 5  |
| 5.1.1 | Composición del suelo .....  | 5  |
| 5.1.2 | Horizontes del suelo .....   | 6  |
| 5.1.3 | Muestreo de suelos .....   | 9  |
| 5.2   | Calicata .....   | 9  |
| 5.2.1 | Características para estudiar en el perfil del suelo .....                   | 9  |
| 5.3   | PH .....   | 17 |
| 5.4   | Clasificación de los suelos .....  | 18 |
| 5.4.1 | Taxonomía de suelos .....  | 18 |
| 5.4.2 | Soil Taxonomy (United States Department of Agriculture) .....                | 19 |
| 5.5   | Propiedades hidrofísicas de los suelos .....                                 | 21 |
| 5.5.1 | Capacidad de Campo (CC) .....  | 21 |
| 5.5.2 | Punto de Marchitez Permanente (PP) .....                                     | 22 |
| 5.5.3 | Lámina de Agua Aprovechable .....  | 23 |
| 5.5.4 | Velocidad de infiltración .....  | 23 |
| 5.6   | Generalidades de la Caña de Azúcar ( <i>Saccharum Officinarum L.</i> ) ..... | 24 |
| 5.6.1 | Etapas del cultivo de caña de azúcar .....                                   | 25 |
| 5.6.2 | Requerimientos Edafoclimáticos .....   | 26 |

|       |   |     |
|-------|---|-----|
| 5.7   | Sistemas de Información Georreferenciada (SIG) .....                      | 26  |
| 5.7.1 | ArcGIS.....   | 27  |
| VI.   | METODOLOGÍA.....  | 28  |
| 6.1   | Descripción del Área de Estudio .....                                     | 28  |
| 6.1.1 | Clima .....   | 28  |
| 6.2   | Ubicación del Área de Estudio .....                                       | 28  |
| 6.2.1 | Macrolocalización .....   | 28  |
| 6.2.2 | Microlocalización .....   | 29  |
| 6.3   | Metodología .....   | 30  |
| 6.3.1 | Diseño metodológico .....   | 30  |
| 6.3.2 | Etapa Pre – Campo .....   | 32  |
| 6.3.3 | Etapa de Campo y Laboratorio.....   | 34  |
| 6.3.4 | Etapa Post – Campo .....  | 47  |
| VII.  | ANÁLISIS Y RESULTADOS.....  | 48  |
| 7.1   | Resultados de las Barrenadas .....  | 48  |
| 7.1.1 | Resultados de Clase Textural.....   | 54  |
| 7.1.2 | Resultados para la Variable Densidad Aparente (Da) .....                  | 55  |
| 7.1.3 | Resultados para la Variable Densidad Real (Dr) .....                      | 56  |
| 7.1.4 | Resultados para la Variable Conductividad Eléctrica (Ce) .....            | 57  |
| 7.1.5 | Resultados de la Variable PH.....   | 58  |
| 7.2   | Resultados de las Calicatas .....   | 59  |
| 7.2.1 | Descripción Morfológica de los perfiles del suelo de la Finca Sucuya..... | 71  |
| 7.3   | Características Hidrofísicas.....   | 98  |
| 7.3.1 | Velocidad de Infiltración (VI).....                                       | 98  |
| 7.3.2 | Capacidad de Campo (CC) y Punto de Marchitez Permanente (PMP) ...         | 106 |

|       |                                      |     |
|-------|--------------------------------------|-----|
| 7.4   | Mapas Temáticos.....                 | 108 |
| VIII. | CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES ..... | 118 |
| 8.1   | Conclusiones.....                    | 118 |
| 8.2   | Recomendaciones .....                | 119 |
| IX.   | BIBLIOGRAFÍA .....                   | 120 |

## Índice de figuras

|            |   |    |
|------------|---|----|
| Figura 1.  | Esquema general de las fracciones de un suelo.....                          | 5  |
| Figura 2.  | Características de los horizontes genéticos .....                           | 7  |
| Figura 3.  | Horizontes del suelo.....   | 8  |
| Figura 4.  | Paleta de colores Munsell .....   | 10 |
| Figura 5.  | Diagrama textural de la USDA .....  | 12 |
| Figura 6.  | Descripción de clases texturales.....                                       | 13 |
| Figura 7.  | Clasificación del PH para la disponibilidad de elementos por la planta..... | 18 |
| Figura 8.  | Sistema Taxonómico USDA.....  | 20 |
| Figura 9.  | Niveles jerárquicos taxonómicos y reglas de nomenclaturas .....             | 20 |
| Figura 10. | Órdenes de la Soil Taxonomy y sus principales características.....          | 21 |
| Figura 11. | La velocidad de infiltración (I) y la lámina total infiltrada .....         | 24 |
| Figura 12. | Etapas fenológicas del cultivo de caña de Azúcar .....                      | 25 |
| Figura 13. | Macro Localización .....  | 29 |
| Figura 14. | Micro Localización.....   | 30 |
| Figura 15: | Diagrama del Proceso metodológico .....                                     | 31 |
| Figura 16: | Mapa ubicación de las calicatas.....  | 41 |
| Figura 17: | Clases texturales por profundidad.....                                      | 54 |
| Figura 18: | Clase textural predominante .....   | 55 |
| Figura 19: | Distribución porcentual de la Da .....                                      | 56 |
| Figura 20: | Distribución porcentual de la Dr a dos profundidades.....                   | 57 |
| Figura 21: | Distribución porcentual de Ce a dos profundidades.....                      | 58 |
| Figura 22: | Distribución porcentual de PH a dos profundidades .....                     | 59 |

|   |     |
|---|-----|
| Figura 23: Representación gráfica de Ph, Ce, Dr, Da, Pr y Textura de las calicatas .... | 60  |
| Figura 24. Descripción del perfil # 1 .....   | 75  |
| Figura 25. Descripción del perfil de la calicata #2 .....                               | 79  |
| Figura 26. Descripción del perfil de la calicata #3 .....                               | 84  |
| Figura 27. Descripción del perfil de la calicata #4 .....                               | 89  |
| Figura 28: Perfil de calicata #5 .....  | 93  |
| Figura 29: Perfil de la calicata #6 .....   | 97  |
| Figura 30: Velocidad de infiltración lote 1610-0 .....                                  | 99  |
| Figura 31: Velocidad de infiltración lote 1618-0 .....                                  | 100 |
| Figura 32: Velocidad de infiltración lote 1636-2 .....                                  | 101 |
| Figura 33: Velocidad de infiltración lote 1647-0 .....                                  | 102 |
| Figura 34: Velocidad de infiltración lote 1650-0 .....                                  | 103 |
| Figura 35: Velocidad de infiltración lote 1663-1 .....                                  | 104 |
| Figura 36: Velocidad de infiltración lote 1666-0 .....                                  | 105 |
| Figura 37: %CC & %PMP por lote y horizonte .....  | 108 |
| Figura 38: Mapa de Densidad Aparente.....   | 109 |
| Figura 39: Mapa de Densidad Real 0-30 cm.....   | 110 |
| Figura 40: Mapa de Densidad Real 30 cm- 60 cm .....                                     | 111 |
| Figura 41: Mapa de Ph 0-30cm .....  | 112 |
| Figura 42: Mapa de Ph 30 cm-60 cm .....   | 113 |
| Figura 43: Mapa de Ce 0-30 cm Fuente: Elaboración propia.....                           | 114 |
| Figura 44: Mapa de Ce 30 cm-60 cm .....   | 115 |
| Figura 45: Mapa de clases texturales 0-30cm.....  | 116 |
| Figura 46: Mapa de clases texturales 30 cm-60 cm .....                                  | 116 |

## Índice de tablas

|  |     |
|--|-----|
| Tabla 2. Resultado de la primera fase del estudio .....            | 50  |
| Tabla 3. Resumen de las calicatas .....                            | 69  |
| Tabla 4: Descripción de la primera calicata #1 .....               | 72  |
| Tabla 5: Descripción del perfil de la calicata #2 .....            | 76  |
| Tabla 6. Descripción del perfil de la calicata #3 .....            | 80  |
| Tabla 7. Descripción del perfil de la calicata #4 .....            | 85  |
| Tabla 8. Descripción del perfil de la calicata #5 .....            | 90  |
| Tabla 9. Descripción del perfil de la calicata #6 .....            | 94  |
| Tabla 10: Capacidad de campo y punto de marchitez permanente ..... | 106 |

## I. INTRODUCCIÓN

El suelo es un componente importante desde una perspectiva productiva y económica en empresas de producción agrícola, de tal forma que en los últimos años se han incorporado en estas, tecnologías enfocadas en mejorar los métodos y técnicas de riego, fertilización y el implemento de la inteligencia agrícola en máquinas y equipos, con el objetivo de incrementar el rendimiento y a su vez controlar la degradación de los suelos, siendo este un proceso que afecta negativamente la biofísica interna del suelo, incluyendo aceptar, almacenar y reciclar agua, materia orgánica y nutrientes (FAO 2015).

La implementación de tecnologías en la producción agrícola sin una evaluación previa de las condiciones hidrofísicas y morfológicas del suelo puede resultar en una ineficiencia en su desempeño. Por lo tanto, es crucial llevar a cabo una valoración previa de dichas condiciones para seleccionar la tecnología más adecuada y optimizar la rentabilidad de la inversión. De esta manera, se asegura una implementación efectiva de las tecnologías y se eleva el potencial productivo del suelo. (Carpio Santos, 2018)

El Ingenio Montelimar, es una empresa de capital privado centroamericano que pertenece a la Agroindustria Nicaragüense, dedicada al procesamiento de la caña de azúcar para producción de azúcar, mieles y energía a partir de biomasa, ubicada en el occidente el país.

La empresa requiere de información sobre las propiedades hidrofísicos y morfológicas del suelo en la finca Sucuya, donde se establece su principal cultivo, la caña de azúcar (*Saccharum officinarum*), es por ello que este estudio pretende mostrar, los beneficios y limitantes que tienen estos suelos, actualizando la información y respaldándola digitalmente por medio de Sistemas de Información Geográfica (SIG), tomando como referencia la información existente y recopilada.

## II. ANTECEDENTES

En el año 2014, se llevó a cabo un proyecto de investigación en colaboración entre UNI-CASUR para actualizar las características de los suelos de la Finca Javier Guerra, en Nicaragua. Se identificaron cuatro tipos de suelo y se estructuró una sistematización de la información generada con la ayuda de herramientas software. En 2020, CASUR planteó la necesidad de evaluar nuevamente las principales características morfológicas e hidrofísicas de los suelos cultivados con caña de azúcar en la Finca "Jesús María" en Nandaime, donde se identificaron dos tipos de suelo clasificados en Clase III y Clase VI, con limitaciones particulares similares a las de la investigación anterior.

En el año 2019, se realizó un estudio enfocado en evaluar la calidad del suelo de la zona sur del Lago de Nicaragua, utilizando índices bióticos y abióticos en 14 sitios de muestreo (Revista Nicaragüense de Biodiversidad, 2019). Se midieron parámetros físico-químicos del suelo. Los resultados sugieren que la calidad del suelo en la zona sur del Lago de Nicaragua es buena, pero es importante seguir monitoreando la calidad del suelo y tomar medidas para prevenir la erosión y mantener la fertilidad del suelo.

Por último, se llevó a cabo un estudio en el municipio de Potosí en Nicaragua para evaluar la calidad del suelo y agua en 10 fincas cañeras en 2020. Se identificó que el tipo de suelo predominante era el franco arcilloso. La evaluación de la calidad del suelo fue importante para mejorar las prácticas de manejo y conservación de los recursos. El artículo se encuentra disponible en el Banco de Datos Científicos de Nicaragua.

La finca Sucuya corresponde a una de las zonas de producción industrial del Ingenio Montelimar, esta se encuentra ubicada en el departamento de Rivas a 5.11 Kilómetro (km) del municipio de Potosí. De acuerdo con la información brindada por coordinadores y superintendentes, la Corporación Montelimar, no dispone de estudios de suelos realizados en estas tierras, más que texturas a nivel de campo, realizándose esta práctica solamente cuando los lotes van a ser removidos para siembra, esto ha permitido identificar y clasificar el tipo de suelo que predomina, siendo este el franco arcilloso.

### **III. JUSTIFICACIÓN**

La finca Sucuya, perteneciente a la corporación Montelimar y ubicada en el departamento de Rivas, se dedica al cultivo de caña de azúcar mediante la metodología de riego por superficie o por gravedad, a descarga libre y gavetas. Sin embargo, la única fuente de abastecimiento de agua es el lago Cocibolca, lo que genera una preocupación por el manejo óptimo de este recurso. De acuerdo con el personal de trabajo de la finca, se presentan varias problemáticas, entre ellas una frecuencia de riego muy larga, baja lámina de riego diseñada y el drenaje de suelos. Estas dificultades se deben a la falta de estudios de suelos a nivel morfológico e hidrofísicos, los cuales son fundamentales para un diseño adecuado de riego y manejo del agua.

Por lo tanto, el objetivo de esta investigación es abordar una línea de estudio sobre las propiedades morfológicas e hidrofísicas de los suelos de la finca Sucuya. El conocimiento detallado de estas características permitirá crear una base de datos que clasifique los suelos según sus distintas propiedades. Esta información permitirá mejorar el uso eficiente del suelo y del agua, lo que se traducirá en ahorros de costos para la empresa, mayor producción, información detallada sobre el manejo general de los suelos y una mejor selección del diseño de los sistemas de riego y drenaje.

Esta investigación puede ser aplicable a otros cultivos y fincas que presenten problemáticas similares. Asimismo, contribuirá al desarrollo de un campo de conocimiento que permita el aprovechamiento eficiente de los recursos edafológicos y hídricos en la agricultura.

## **IV. OBJETIVOS**

### **4.1 OBJETIVO GENERAL**

- Evaluar las principales características morfológicas e hidrofísicas de los suelos de la finca Sucuya del Ingenio Montelimar, ubicada en el departamento de Rivas.

### **4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Identificar las características morfológicas de los suelos de la finca Sucuya por medio de barrenadas y calicatas.
- Determinar los principales parámetros hidrofísicos de los suelos de la finca Sucuya para diseño, operación y evaluación de los sistemas de riego.
- Mostrar la caracterización de los suelos de la finca Sucuya a través de mapas temáticos utilizando ArcGIS como herramienta de administración geográfica.

## V. MARCO TEÓRICO

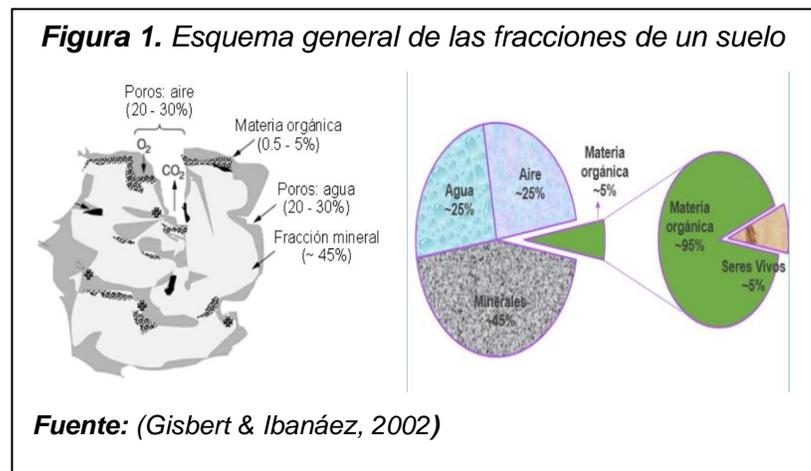
### 5.1 EL SUELO

El suelo es un cuerpo natural no consolidado, compuesto por materia mineral y orgánica, presente en la superficie de la tierra y capaz de soportar el crecimiento vegetal. Procede de la alteración de la roca o de materiales sedimentarios no consolidados, pero a diferencia de estos, es fuertemente anisotrópico pues presenta una elevada variabilidad espacial en cualquiera de los tres ejes espaciales x, y, z (Gisbert & Ibanáez, 2002).

#### 5.1.1 Composición del suelo

El suelo está compuesto por minerales, materia orgánica, diminutos organismos vegetales y animales, aire y agua (FAO, 1996).

El proceso de transformación en un suelo consiste en el cambio de la composición, estructura o forma de cualquiera de los constituyentes del suelo, ya sea partículas o huecos (Figura 1), y en cualquiera de sus formas (sólida, líquida o gaseosa).



*"Los suelos son sistemas complejos que se forman a través de procesos físicos, químicos y biológicos que interactúan en un ambiente dinámico y en constante cambio"* (Brady & Weil, 2016, p. 4). Los procesos de transformación en el suelo son muy diversos y complejos, ya que involucran reacciones químicas, alteraciones físicas y biológicas. La velocidad y magnitud de estos procesos dependen de varios factores ambientales como el clima, la topografía, la geología, la biología y las características del suelo en sí.

### 5.1.2 Horizontes del suelo

En un perfil del suelo, lo más reconocible a simple vista son los HORIZONTES: capas habitualmente horizontales a la superficie del suelo y que presentan unas características físicas y químicas diferenciadas del resto de capas dentro del mismo perfil del suelo, dando lugar a un “perfil bandeado o a capas”. Para la distinción de las capas u horizontes, se pueden utilizar variables tanto físicas como químicas. El color, por ejemplo, es una de las principales características que permiten identificar los diferentes horizontes del perfil (Biología-Geología, 2017).

#### ➤ Tipos de Horizontes

Los horizontes del suelo se clasifican en dos grandes grupos en base a su finalidad:

- HORIZONTES GENÉTICOS: utilizados para describir el perfil del suelo.
- HORIZONTES DE DIAGNÓSTICO: utilizados para clasificar un suelo.

Ambos tipos de horizontes responden a la génesis del suelo en estudio y están definidos de acuerdo con los dos grandes sistemas de taxonomía de los suelos a nivel mundial: la Soil Taxonomy (USDA) y WRB (Base Referencial Mundial del recurso suelo) (FAO).

Los horizontes genéticos, que únicamente describen la génesis del suelo, son bastante subjetivos y rápidos de identificar en campo. En cambio, los horizontes diagnósticos se definen con propiedades medibles del suelo y, por tanto, están objetiva y rigurosamente definidos. Para definirlos, se requieren análisis de laboratorio y se realiza una fase de gabinete con todos los datos analíticos disponibles

Es importante mencionar que ambos sistemas de taxonomía de los suelos utilizan letras mayúsculas para designar los horizontes o capas del suelo. En este sentido, la FAO establece 10 horizontes: H, O, A, E, B, C, R, I, L y W, mientras que el USDA define únicamente 9: O, L, A, E, B, C, R, M y W. (FAO, 2015) y (USDA-Natural Resources Conservation Service, 2014).

**Figura 2.** Características de los horizontes genéticos

| Clasificación    |                | HORIZONTES o CAPAS |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
|------------------|----------------|--------------------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
|                  |                | A                  | O | H | E | B | C | R | I | M | L | W |
| Posición         | Superficial    | X                  | X | X |   |   |   |   |   |   |   |   |
|                  | Subsuperficial |                    |   |   | X | X | X | X | X | X | X | X |
| Tipo de material | Orgánico       | *                  | X | X |   |   |   |   |   |   |   |   |
|                  | Mineral        | X                  |   |   | X | X | X | X | X | X | X | X |

**Fuente:** (FAO, 2015)

Para una mejor lectura e identificación de los principales horizontes, se detalla la composición y estructura de estos, un perfil de suelo:

- Horizonte o capa H

Son capas con presencia dominante de materiales orgánicos que se formaron desde las acumulaciones, ligeramente descompuestas o no descompuestas, en la parte superior del suelo que podría o no estar en condiciones ácuicas. En la actualidad esta capa presenta trabajos de drenaje superficial (FAO, 2009).

- Horizonte o capa O

Este horizonte presenta condiciones ácuicas por tiempos prolongados. Con presencia de materiales orgánicos, como desechos levemente descompuestos, algunos pueden ser musgo, hojas o ramas; acumulándose siempre en la superficie de suelos orgánicos o minerales (FAO, 2009).

- Horizonte o capa A

Esta capa se presenta debajo del horizonte O, como también, sobre la superficie; aquí la estructura del material parental desapareció completamente. Manifiesta algunas de estas características:

- ✓ Acumula materia orgánica humificada mezclada con la fracción mineral.
- ✓ Presenta propiedades resultantes de la labranza, el pastoreo y otros tipos de perturbación del suelo (FAO, 2009).

- Horizonte o capa E

Este horizonte se caracteriza por la eluviación de la arcilla silicatada, del hierro y el aluminio, o sus respectivas combinaciones; dejando concentraciones de limos y arenas, sin rastros del material parental. Siendo, casi frecuentemente, de color más claro que la capa subyacente (FAO, 2009).

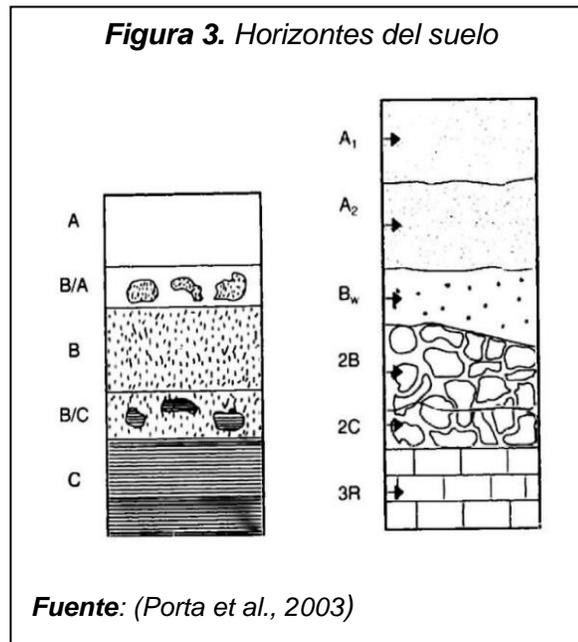
- Horizonte o capa B

Horizonte formado por debajo de los cuatro (04) horizontes mencionados

anteriormente, su característica identificable es la desintegración de casi todo el material parental, combinado con la iluviación de la arcilla silicatada; evidencia de remoción de carbonatos; concentración residual de sesquióxidos. La gran mayoría de los horizontes B fueron horizontes subsuperficiales (FAO, 2009).

- Horizonte o capa C

En este horizonte los procesos pedogenéticos fueron mínimos, observándose rastros del material parental, además no posee las características de las capas anteriormente descritas. La mayoría de este tipo de horizonte pertenece a estratos minerales, incluyendo algunas veces estratos silicios y calcáreos. Las raíces penetran y algunas veces atraviesan este horizonte, suministrando un medio de crecimiento importante. Se considera en este horizonte a los sedimentos, saprofita y roca madre en estado no consolidado, así como la acumulación de material altamente intemperizado que no cumplen las descripciones de los horizontes A, E y B (FAO, 2009).



- Horizonte o capa R

Consiste en el lecho de roca dura que subyace al suelo. El lecho de roca algunas veces presenta grietas, pero son muy pocas y pequeñas para que las raíces puedan avanzar (FAO, 2009).

- Horizontes o capas I, L y W

El horizonte I presenta capas de hielo (cuñas) de aproximadamente 75% de volumen, que separa los estratos orgánicos o minerales del suelo. La capa L acumula materiales límnicos (orgánicos e inorgánicos), amontonados en cuerpos de agua; y finalmente, la Capa W es una capa de agua en el suelo, pudiendo presentarse permanente o cíclicamente dentro de 24 horas (FAO, 2009).

### **5.1.3 Muestreo de suelos**

La operación del muestreo incluye la extracción del material que forma el suelo, de modo tal que tenga en cuenta la variabilidad y el manejo del mismo, la elaboración de la muestra, por último, la toma de fracciones de dicha muestra para la realización de las determinaciones analíticas concretas.

## **5.2 CALICATA**

Las calicatas son excavaciones en el terreno de 1.5 de largo x 0.80 o 1.0 m ancho y entre 1.2 y 1.50 m de profundidad, o hasta el contacto lítico con la roca madre en donde se encuentra expuesto el perfil completo del suelo (Servicio Nacional Forestal y de Fauna Silvestres SERFOR, 2016).

### **5.2.1 Características para estudiar en el perfil del suelo**

- Color

El color en un primer impacto visual es una de las primeras características de diferenciación de los horizontes en el perfil del suelo. *“Los agentes cromógenos con un fuerte poder de tinción son los responsables de que el color del suelo sea una de las*

*características más cambiantes en el perfil”* (Moreno Ramon, Blanquer, & Ibáñez Asensio, 2010).

Algunos ejemplos de agentes cromógenos son:

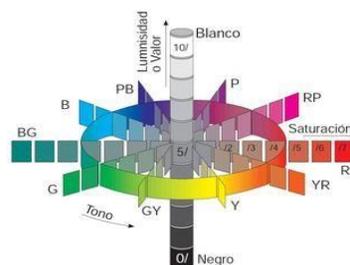
- El manganeso, de color negro.
- Los carbonatos, el yeso o las sales más solubles, de color blanco y actuando como diluyentes de color.
- Los componentes orgánicos (materia orgánica), que presentan una coloración parda, gris o negra, por lo que tiñen al suelo de oscuro, más intenso en la superficie y que va decreciendo con la profundidad.
- Los óxidos férricos, representados por la hematites son de un rojo intenso y los oxihidróxidos de color amarillo, cuyo representante más genuino es la goethita.

El conjunto de los diferentes agentes cromógenos le comunica al suelo un determinado color que varía a medida que se profundiza en el perfil debido a la diferente distribución de los distintos pigmentos.

**La determinación del color del suelo** se realiza por la comparación de éste con los diferentes patrones de color establecidos en las tablas Munsell. Las tablas Munsell son un sistema de notación de color basado en una serie de parámetros que nos permiten obtener una gama de colores que varían en función del matiz, brillo y croma (McReynolds, 2015).

Rojo, marrón, negro o gris, son algunos de los colores más característicos y descriptivos del suelo, pero no son exactos. Debido a esto, la comunidad científica decidió establecer como patrón de medición del color del suelo el sistema de notaciones de Color Munsell (figura 5), el cual permite a los científicos comparar suelos en cualquier lugar del mundo.

**Figura 4.** Paleta de colores Munsell



**Fuente:** Munsell Color

## ➤ Textura

Se define la textura del suelo como: *“La proporción (en porcentaje de peso) de las partículas menores a 2 mm de diámetro (arena, arcilla y limo) existentes en los horizontes del suelo”* (Porta, López Acevedo, & Roquero, 2003, pág. 629).

En edafología las partículas de un suelo se clasifican en elementos gruesos (tamaño de diámetro superior a 2 mm) y elementos finos (tamaño inferior a 2 mm). Estos últimos son los utilizados para definir la textura de un suelo.

Siguiendo la terminología establecida por la USDA (Departamento de Agricultura de los Estados Unidos de América), tenemos las siguientes clases de partículas inferiores a 2 mm de diámetro ( $\emptyset$ ):

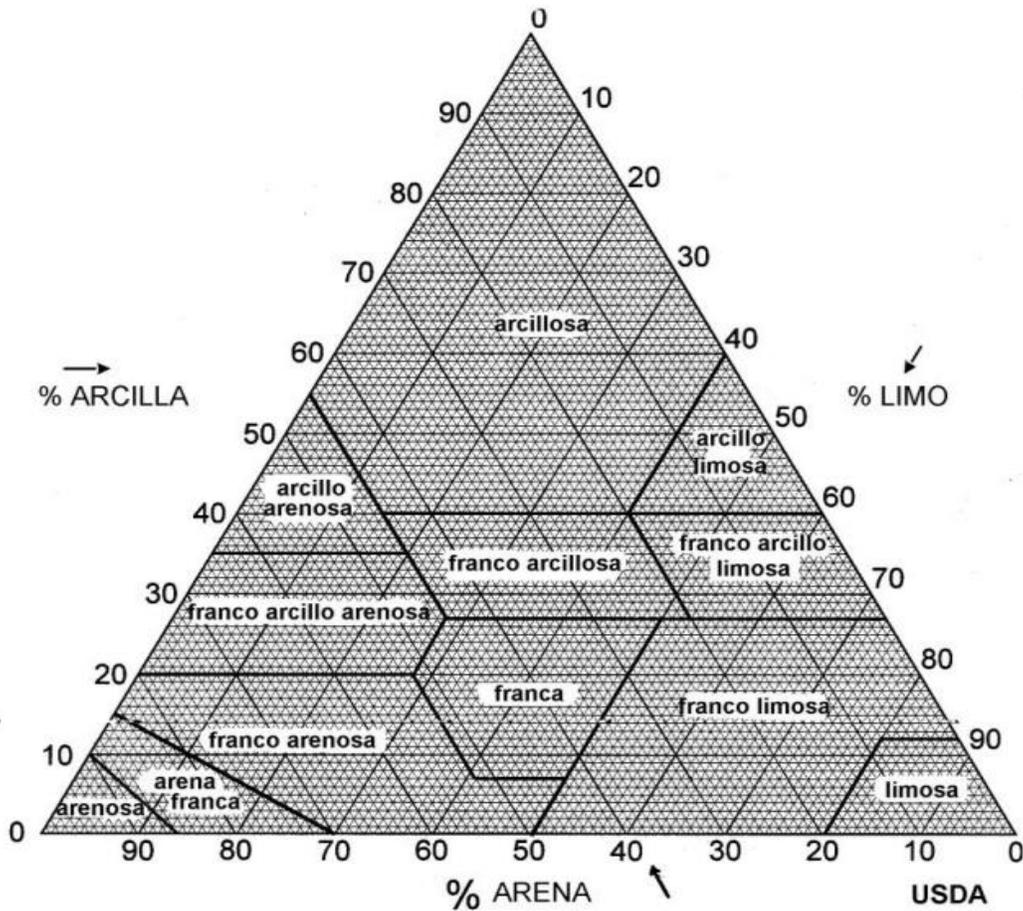
- Arena muy gruesa:  $2 \text{ mm} > \emptyset > 1 \text{ mm}$
- Arena gruesa:  $1 \text{ mm} > \emptyset > 0.5 \text{ mm}$
- Arena media  $0.5 \text{ mm} > \emptyset > 0.25 \text{ mm}$
- Arena fina  $0.25 \text{ mm} > \emptyset > 0.10 \text{ mm}$
- Arena muy fina  $0.10 \text{ mm} > \emptyset > 0.05 \text{ mm}$
- Limo  $0.05 \text{ mm} > \emptyset > 0.002 \text{ mm}$
- Arcilla  $\emptyset < 0.002 \text{ mm}$

La determinación de la textura de cada uno de los horizontes del suelo es un procedimiento que puede realizarse en la fase de descripción de perfil, o bien en la fase de laboratorio. Para su determinación exacta se usan métodos oficiales de análisis, como es el caso del método del densímetro de Bouyoucos (fase de laboratorio), aunque también se puede realizar de forma indirecta en campo (fase de descripción de perfil). Este Método es menos preciso, pero mediante la formación de una pequeña bola humedecida entre los dedos (con ayuda de una pequeña adición de agua si el suelo está demasiado seco) se pueden determinar las clases texturales.

La finalidad de ambos métodos es obtener la clase textural del horizonte, la cual se obtiene mediante los porcentajes de cada una de las clases de partículas, conocidas las

cuales, se recurre al diagrama textural de la USDA esta es una herramienta para obtener las clases texturales en función de los porcentajes de arena, limo y arcilla (Ver figura 5).

**Figura 5.** Diagrama textural de la USDA



**Fuente:** (USDA-Natural Resources Conservation Service, 2014)

Como se puede observar en el diagrama textural, varias son las clases texturales existentes, que a continuación se van a describir:

**Figura 6. Descripción de clases texturales**

|                        |                                       |   |
|------------------------|---------------------------------------|---|
| Arcillosa              | Arcilla $\geq 40$ %                   |   |
|                        | Limo $< 40$ %                         |   |
|                        | Arena $< 45$ %                        |   |
| Areno-arcillosa        | Arcilla $\geq 35$ %                   |   |
|                        | Arena $\geq 45$ %                     |   |
| Franco-arcillosa       | Arcilla = 27 a 40 %                   |   |
|                        | Arena = 20 a 45 %                     |   |
| Limo-arcillosa         | Arcilla $\geq 40$ %                   |   |
|                        | Limo $\geq 40$ %                      |   |
| Franco-limo-arcillosa  | Arcilla = 27 a 40 %                   |   |
|                        | Arena $< 20$ %                        |   |
| Franco-areno-arcillosa | Arcilla = 20 a 35 %                   |   |
|                        | Limo $< 28$ %                         |   |
|                        | Arena $\geq 45$ %                     |   |
| Franca                 | Arcilla = 7 a 27 %                    |   |
|                        | Limo = 28 a 50 %                      |   |
|                        | Arena $< 52$ %                        |   |
| Franco-limosa          | Sí Arcilla $< 12$ %                   |   |
|                        | Limo = 50 a 80 %                      |   |
|                        | Sí Arcilla = 12 a 27 %                |   |
| Limosa                 | Arcilla $< 12$ %                      |   |
|                        | Limo $\geq 80$ %                      |   |
| Franco-arenosa         | Arcilla $\leq 20$ %                   | ó |
|                        | Limo + (2.0 x Arcilla) $> 30$ %       |   |
|                        | Arena $\geq 52$ %                     |   |
| Arenosa-franca         | Sí Limo + (1.5 x Arcilla) $\geq 15$ % |   |
|                        | Arena = 85 a 90 %                     |   |
|                        | Sí Limo + (2.0 x Arcilla) $\leq 30$ % |   |
| Arenosa                | Limo + (1.5 x Arcilla) $\leq 15$ %    |   |
|                        | Arena $\geq 85$ %                     |   |

**Fuente:** (USDA-Natural Resources Conservation Service, 2014)

➤ Estructura

La estructura del suelo está definida por la forma en la que se hallan agrupadas las partículas de arena, limo y arcilla. Cuando las partículas individuales se agrupan, toman

el aspecto de partículas mayores y se les denominan agregados. Lo que se considera como buena estructura depende de la velocidad con que el aire y el agua se mueva a través del suelo. (FAO, 1996)

La mejor forma de describir la estructura del suelo es en función del grado (grado de agregación), la clase (tamaño medio) y el tipo de agregados (forma) (FAO, 1996).

La capacidad estructural del suelo se define: *"como su capacidad para formar terrones espontáneamente y que estos terrones se dividen en pedazos pequeños granos, o agregados, sin la intervención del hombre"* (Aguilera et al, 1990).

- Clasificación de la estructura

Según INTA/ FAO (2001), describe las diferentes formas de la estructura:

- ✓ Laminar: Los agregados del suelo se disponen en forma de lámina horizontal (en suelos vírgenes y subsuelo).
- ✓ Prismático: Se orientan verticalmente en forma de columnas, los cuales son más comunes en los horizontes inferiores de las regiones áridas y semiáridas.
- ✓ Cuboides: Los agregados se arreglan en forma de cubo o de bloques rectangulares. Casi todos se encuentran en los horizontes inferiores.
- ✓ Granular: Los agregados son redondeados, sueltos y fácilmente separables. Es la estructura más común de las capas superficiales y ricas en materia orgánica.

- Consistencia (en seco, en húmedo y en mojado)

La consistencia es el grado y el tipo de cohesión y adhesión entre las partículas del suelo, así como la resistencia del suelo a la deformación o ruptura después de aplicarle una cierta presión. Varía según el estado de humedad del suelo, por lo que interesa determinarla en seco, húmedo y mojado (Moreno Ramon, Blanquer, & Ibáñez Asensio, 2010).

- Consistencia en seco

En el caso de la consistencia en seco se determina la resistencia a la ruptura de los agregados y en su descripción se utilizan unos términos reestablecidos que a continuación definimos:

- ✓ Suelto. Se da en aquellos horizontes que carecen de estructura o la estructura que presentan es particular. No existen agregados en el suelo y falta cohesión entre ellas.
- ✓ Blando. Los agregados se rompen fácilmente entre los dedos en granos simples. Este tipo de consistencia suele estar asociado a estructuras migajosas o granulares.
- ✓ Ligeramente Duro. Se requiere de una ligera presión para romper el material, es decir, que es débilmente resistente a la presión del pulgar y el índice.
- ✓ Duro. Los agregados se rompen con dificultad entre ambos dedos y resiste moderadamente la presión.
- ✓ Muy duro. Los agregados se rompen difícilmente entre ambas manos pues presenta una resistencia elevada a la presión.
- ✓ Extremadamente duro. Los agregados no se pueden romper entre ambas manos y es extremadamente resistente a la presión. No se puede romper en la mano y algunas veces es necesario recurrir al martillo para desmenuzarlos

- Consistencia en húmedo

En la determinación de la consistencia en húmedo se estima el contenido en humedad del suelo comprendido entre su sequedad y la humedad de la capacidad de campo. Los diferentes grados de determinación son:

- ✓ Suelto. Sin coherencia
- ✓ Muy friable. Los agregados se rompen fácilmente entre el pulgar y el índice mediante una muy ligera presión. No obstante, se une cuando se comprime.
- ✓ Friable. Se necesita una ligera presión entre el pulgar y el índice para romper los agregados.

- ✓ Firme. Se requiere de una moderada presión para romper los agregados. El material se desmenuza bajo fuerte presión entre el índice y el pulgar, notándose una clara resistencia.
  - ✓ Muy firme. El material se desmenuza bajo fuerte presión, apenas desmenuzable entre el pulgar y el índice.
  - ✓ Extremadamente firme. El material se desmenuza solamente bajo una presión muy fuerte y se debe romper pedazo a pedazo.
- Consistencia en mojado

En la determinación de la consistencia en mojado, se estima la adhesividad y la plasticidad de los diferentes materiales y se suele realizar cuando la humedad del material está al nivel de la capacidad de campo o ligeramente superior.

- ✓ Adhesividad

La adhesividad o “pegajosidad” es la cualidad por la cual los materiales del suelo se adhieren a otros objetos. Se determina notando la adherencia del material cuando es presionado entre el pulgar y el índice.

- No adherente. No existe adhesión natural del material de suelo a los dedos. Ligeramente adherente. Cuando sobre el material del suelo aplicamos una pequeña presión, el suelo se adhiere a ambos dedos. No obstante, al separarlos, uno de ellos queda limpio.
- Adherente. En el momento de aplicar la presión, el material se adhiere a ambos dedos y tiende a estirarse un poco y a partirse antes de separarse de cualquiera de los dedos.
- Muy adherente. Bajo presión, el material del suelo se adhiere fuertemente a ambos dedos y cuando se separa se observa un estiramiento del material.

- ✓ Plasticidad

La plasticidad es la cualidad por la que el material edáfico varía de forma bajo la presión aplicada, manteniéndose dicha forma después de eliminar la presión. Se determina arrollando el material entre el pulgar y el índice.

- No plástico. Al enrollar el material entre las manos no se puede formar un cordón.
- Ligeramente plástico. Al enrollar el material entre las manos se forman pequeños cordones (1 cm) y se precisa de una presión moderada para deformar el bloque de material moldeado.
- Muy plástico. Se forma fácilmente un cordón y se requiere mucha presión para de formar un bloque de material moldeado.

### **5.3 PH**

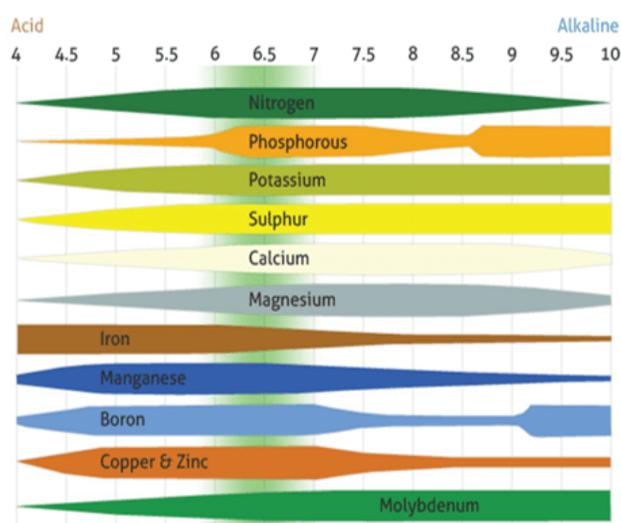
El pH de un suelo es un indicador de la química y la fertilidad del suelo. El pH afecta la actividad química de los elementos del suelo, y a muchas propiedades del suelo. El pH controla muchas de las actividades químicas y biológicas que tienen lugar en el suelo, y brinda información sobre el clima, la vegetación, y las condiciones hidrológicas bajo las que se formó el suelo (GLOBE, 2005).

El pH es un parámetro muy importante a la hora de cultivar, ya que nos indica si nuestro suelo es ácido o alcalino, dependiendo de ello sus propiedades químicas, físicas y biológicas. Las raíces toman los minerales de dicho suelo para crecer, es por eso que el rango del pH se relaciona directamente con la nutrición y el desarrollo de nuestros cultivos.

La escala de medición del pH va de los valores 0 (cero) a 14 (catorce). El rango más aceptable es de 6.0 a 6.5, aunque algunos investigadores sugieren que puede ser de 5.5 a 7.0 (Agropal, 2016).

Cuando tenemos un pH por debajo del rango recomendado, es muy probable que se presenten deficiencias de los siguientes macronutrientes: Nitrógeno, Fósforo Potasio, Azufre, Calcio y Magnesio. Por el contrario, si tenemos un pH por encima del rango recomendado, se reduce la absorción de los siguientes microelementos: Hierro, Manganeso, Boro, Cobre y Zinc (Agropal, 2016).

**Figura 7.** Clasificación del PH para la disponibilidad de elementos por la planta



**Fuente:** (Agropal, 2016)

## 5.4 CLASIFICACIÓN DE LOS SUELOS

La clasificación de los suelos se refiere a la agrupación de propiedades similares (químicas, físicas y biológicas) a unidades que podrían ser georreferenciadas y mapeadas (FAO, 1996).

Clasificar suelos contempla poner en orden los conocimientos, proyectado siempre a transferir los datos obtenidos, así como, las metodologías utilizadas. El proceso de clasificar suelos permite obtener datos sólidos en la identificación y descripción del suelo, sirviendo de guía para las diversas utilidades agrarias, en el manejo de bosques naturales e instalados, infraestructuras de desarrollo urbano-rural, y otros. Por todas estas razones, se han desarrollado diversos sistemas de clasificación en el mundo. En la actualidad reconocemos dos sistemas: el World Reference Base for Soil Resources (WRB) y el Soil Taxonomy, estos dos sistemas tienen actualizaciones al año 2014 (INTAGRI, 2017).

### 5.4.1 Taxonomía de suelos

Existen diferentes sistemas clasificadores para suelos, los cuales consideran diferentes aspectos para determinar la clasificación de los mismos. En algunos sistemas, se toman en cuenta las propiedades y la interpretación del proceso ocurrido para que un suelo

obtenga dichos caracteres y propiedades. Por otro lado, hay otros investigadores que prefieren centrar la clasificación en la composición de los suelos, así como en su aspecto morfológico, evitando realizar interpretaciones y tratándose de clasificaciones morfométricas (Durand Ordoñez, V. E, 2022).

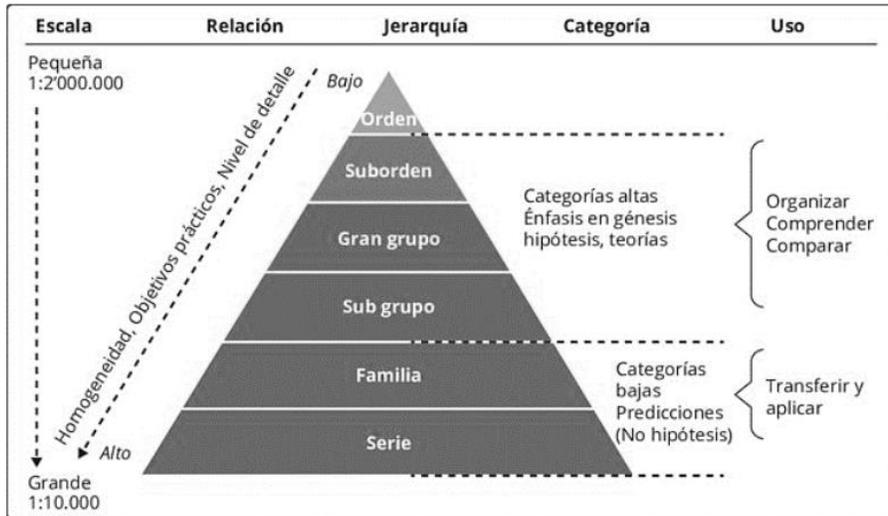
#### **5.4.2 Soil Taxonomy (United States Department of Agriculture)**

La Soil Taxonomy, también conocida como la Taxonomía de Suelos, es un sistema clasificador de suelos presentado por el Servicio de Conservación de Suelos de los Estados Unidos de América del Norte en el año 1975 y se utiliza como sistema referencial a nivel global. Este sistema consta de seis niveles jerárquicos, cada uno de ellos de uniformidad ascendente entre los suelos contenidos en cada nivel (Porta y López-Acevedo, 2005). Los nombres utilizados para identificar los suelos derivan de raíces griegas y latinas, lo que facilita su comprensión y los convierte en un sistema globalmente aceptado (Durand Ordoñez, V. E, 2022).

En cuanto a la metodología utilizada para clasificar los suelos a nivel jerárquico de subgrupo en la Soil Taxonomy, se requiere información específica, como suelos minerales y orgánicos, horizontes de diagnóstico (epipedones y endopedones, algunos mutuamente excluyentes), régimen de humedad y temperatura del suelo y características de diagnóstico. Para describir el nivel de familia se necesitan datos complementarios, como tipos de tamaño de partículas, tipos mineralógicos, profundidad de suelos, niveles de consistencia, tipos de revestimiento y grietas permanentes (Porta y López-Acevedo, 2005).

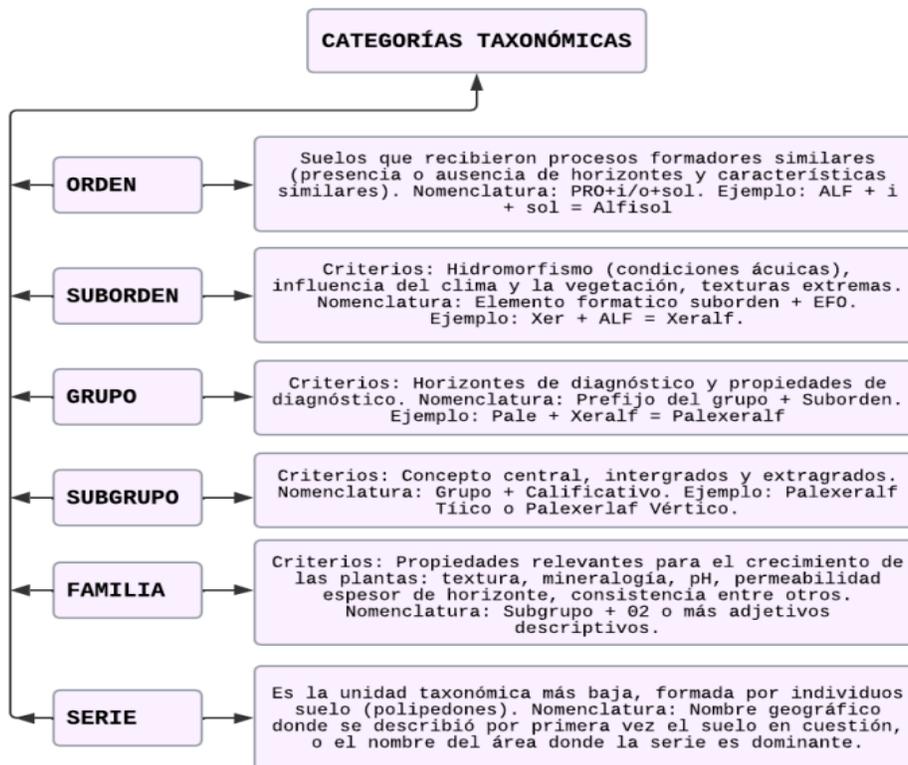
La Soil Taxonomy está conformada por seis categorías jerárquicas. Estas categorías se organizan de mayor a menor, y son: orden, suborden, gran grupo, subgrupo, familia y serie. Cada una de estas categorías se define de acuerdo con características específicas y se utiliza para clasificar los suelos en función de su génesis, morfología y propiedades (Porta y López-Acevedo, 2005).

**Figura 8. Sistema Taxonómico USDA**



Fuente: (Durand Ordoñez, V. E,2022)

**Figura 9. Niveles jerárquicos taxonómicos y reglas de nomenclaturas**



Fuente: (Durand Ordoñez, V. E,2022)

La Soil Taxonomy fija doce (12) órdenes y sesenta y cuatro (64) subórdenes, como clases principales de clasificación. Se describen obedeciendo el escrutinio jerárquico, eliminando sucesivamente, una tras otra, las clases que incluyen parámetros no hallados en el suelo en observación (Ver anexo, pág. i).

**Figura 10. Órdenes de la Soil Taxonomy y sus principales características**

| Orden      | Condiciones principales  |
|------------|--|
| Gelisol    | Suelo permanentemente helados.   |
| Histosol   | Suelos con alto contenido de materia orgánica (20-30 %) en los primeros 80 cm.   |
| Espodosol  | Suelos ácidos de clima húmedo con procesos de iluviación de materia orgánica con Fe y Al.  |
| Andisol    | Suelos oscuros y desarrollados a partir de materiales volcánicos y otros ricos en materiales amorfos.  |
| Oxisol     | Suelos extremadamente intemperizados y ácidos, ricos en óxidos de Fe y Al, pobres en bases, escasa cantidad de minerales alterables. Son característicos de regiones tropicales y subtropicales muy lluviosas. |
| Vertisol   | Suelos muy fértiles, con alto contenido de arcillas expandibles que forman grietas que se abren y cierran con cambios de humedad.  |
| Aridisol   | Suelos típicos de zonas áridas, con limitada disponibilidad de agua en todo el año.  |
| Ultisol    | Suelos subtropicales y tropicales muy evolucionados y pobres en bases, con iluviación de arcillas. Últimas etapas de meteorización y evolución.  |
| Mollisol   | Suelos ricos en materia orgánica y altamente productivos. Se encuentran en estepas o praderas de Europa, Asia, Norteamérica y Sudamérica.  |
| Alfisol    | Suelos con marcados procesos de translocación de minerales arcillosos (iluviación de arcilla), sin pérdida de bases (sodio, potasio, calcio o magnesio).   |
| Inceptisol | Suelos jóvenes con un desarrollo incipiente. Presentan agua disponible para las plantas por más de medio año o por más de tres meses consecutivos durante la estación seca.                                    |
| Entisol    | Son los suelos más jóvenes de esta clasificación, principalmente de composición mineral.   |

**Fuente:** (INTAGRI, 2017)

## 5.5 PROPIEDADES HIDROFÍSICAS DE LOS SUELOS

Para diseñar y operar correctamente un riego se debe conocer la lámina neta (LN) que se deberá aplicar a un determinado cultivo en un determinado suelo. La LN depende de la profundidad del suelo explorado por las raíces, del abatimiento máximo permitido del agua en el suelo ( $p$ ) y de los parámetros hídricos del suelo capacidad de campo (CC), punto de marchitez permanente (PMP) y el agua disponible (AD) (Alcalá, E, 2012).

### 5.5.1 Capacidad de Campo (CC)

Se define a la capacidad de campo como el contenido de humedad que tiene el suelo inmediatamente después de que el agua gravitacional ha drenado. O sea que es la máxima cantidad de agua que un suelo puede retener en contra de la fuerza de gravedad. El concepto de capacidad de campo es de gran utilidad por ser el límite superior de agua

aprovechable o disponible para el desarrollo de las plantas y además porque es el porcentaje de humedad al que la zona radicular debe regarse para que no existan desperdicios ni falta de agua a la planta (Sandoval Illescas , 2007).

Cuando se está en capacidad de campo, los poros grandes del suelo se llenan de aire, los microporos se encuentran llenos de agua y el movimiento del agua en el suelo es lento y debido a fuerzas capilares principalmente. Después de aplicar un riego pesado o una lluvia fuerte hasta humedecer completamente el perfil del suelo, el agua gravitacional tarda normalmente de 2 a 3 días para drenar, aunque el rango puede variar de pocas horas en suelos muy arenosos hasta 5 días o más en suelos muy arcillosos o con mal drenaje (presencia de capas impermeables o niveles freáticos superficiales) (Sandoval Illescas , 2007).

### **5.5.2 Punto de Marchitez Permanente (PP)**

El punto de marchitez permanente (PMP) se define como el porcentaje o contenido de humedad del suelo al cual las plantas no pueden obtener suficiente humedad para satisfacer sus requerimientos de transpiración. En otras palabras, cuando se alcanzan valores de PMP en el suelo, las plantas se marchitan y no son capaces de recuperarse, incluso si se exponen a una atmósfera saturada durante la noche en la que casi no se produce consumo de agua (Sandoval Illescas, 2007).

Además, el PMP corresponde al límite inferior del agua disponible para las plantas, y la tensión a la cual el agua está retenida por el suelo varía de 7 a 32 atmósferas, dependiendo de la velocidad de utilización del agua por la planta (transpiración), del tipo de cultivo, textura del suelo y contenido de sales en el suelo. En consecuencia, cuando aumenta la velocidad de transpiración, el marchitamiento se produce con tensiones más bajas y contenido de humedad mayor (Sandoval Illescas, 2007).

Finalmente, para la mayoría de los cultivos comerciales, el PMP se alcanza cuando la tensión de la humedad en el suelo es de las atmósferas, y es por esto que también se le define al PMP como el contenido de humedad que tiene el suelo cuando el agua está retenida a 15 atmósferas (Sandoval Illescas, 2007).

### 5.5.3 Lámina de Agua Aprovechable

De acuerdo al libro "Principios de Riego y Drenaje" de la FAO, la lámina de agua aprovechable hace referencia a la cantidad de agua disponible en la superficie del suelo que puede ser utilizada por las plantas para su crecimiento y desarrollo. Esta cantidad varía en función de diversos factores ambientales como las características del suelo, la calidad del agua, la cantidad y distribución de las lluvias y la temperatura, entre otros.

En este sentido, la humedad aprovechable (HA) es la cantidad de agua capilar que está disponible para las plantas, y se calcula como la diferencia entre el contenido de humedad del suelo a capacidad de campo (que representa el límite inferior aprovechable, es decir, 0% de humedad aprovechable) y el contenido de humedad del suelo en un momento determinado.

La humedad aprovechable puede expresarse como un porcentaje de humedad del suelo, lo que permite conocer con mayor precisión la cantidad de agua disponible para las plantas en un determinado momento. De esta manera, es posible determinar la cantidad y frecuencia de riego necesarias para mantener un nivel óptimo de humedad en el suelo y garantizar el crecimiento saludable de los cultivos (Sandoval Illescas , 2007).

$$\%HA = CC - PMP$$

Donde:

% HA = Humedad aprovechable (%)

CC = Capacidad de campo (%)

PMP = Punto de marchitez permanente (%)

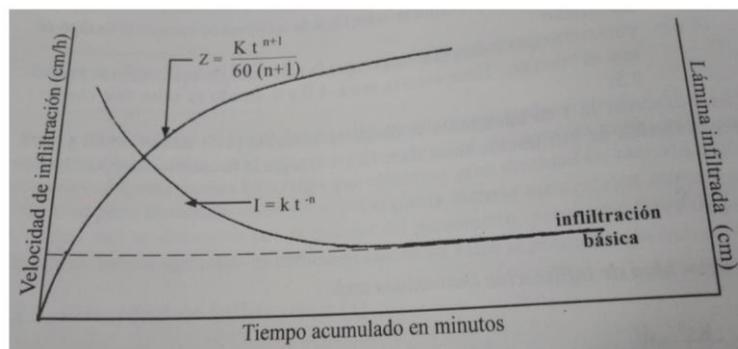
### 5.5.4 Velocidad de infiltración

La velocidad de infiltración es la entrada vertical del agua a través de los poros por unidad de tiempo. La velocidad con el agua penetra en el suelo depende de varios factores, entre los que se destacan principalmente la estructura y textura de suelo, es contenido de humedad del suelo, la compactación, la estratificación, la lámina empleada para la

prueba o riesgo, la temperatura del agua y suelo, y el estado físico- químico del suelo (Sandoval Illescas , 2007, pág. 39).

La velocidad de infiltración es una de las características del suelo más importantes para el diseño, operación y evaluación de sistemas de riego por aspersión y superficiales, es por esto que se hace necesario obtener información confiable de esta propiedad. Su determinación puede efectuarse en el laboratorio usando muestras alteradas. Pero se considera conveniente efectuarla con métodos de campo que no alteran el estado natural del suelo, dando resultados más confiables. Gráficamente la velocidad de infiltración ( $I$ ) y la lámina total infiltrada se representan en la Figura 11.

**Figura 11.** La velocidad de infiltración ( $I$ ) y la lámina total infiltrada



**Fuente:** (Sandoval Illescas , 2007)

Se llama infiltración básica ( $I_b$ ) a la velocidad de infiltración que permanece más o menos constante, es decir cuando la variación de la lámina infiltrada con respecto al tiempo es muy pequeña. Otra manera de definirla es el valor instantáneo cuando la velocidad de cambio de la infiltración para un periodo estándar es de 10% o menos de su valor. (Sandoval Illescas , 2007)

## 5.6 GENERALIDADES DE LA CAÑA DE AZÚCAR (*SACCHARUM OFFICINARUM L.*)

La caña de azúcar es una de las especies de plantas terrestres más eficientes, con alta producción de hojas y de tallos (caña integral) que en su madurez tiene la mitad de su biomasa en forma de fibra y azúcares. Potencialmente la caña puede producir alrededor

de 45 t de masa seca año ha-1, al considerar la parte aérea puede producir 22t azúcar año ha-1 (SAGARTA, 2021).

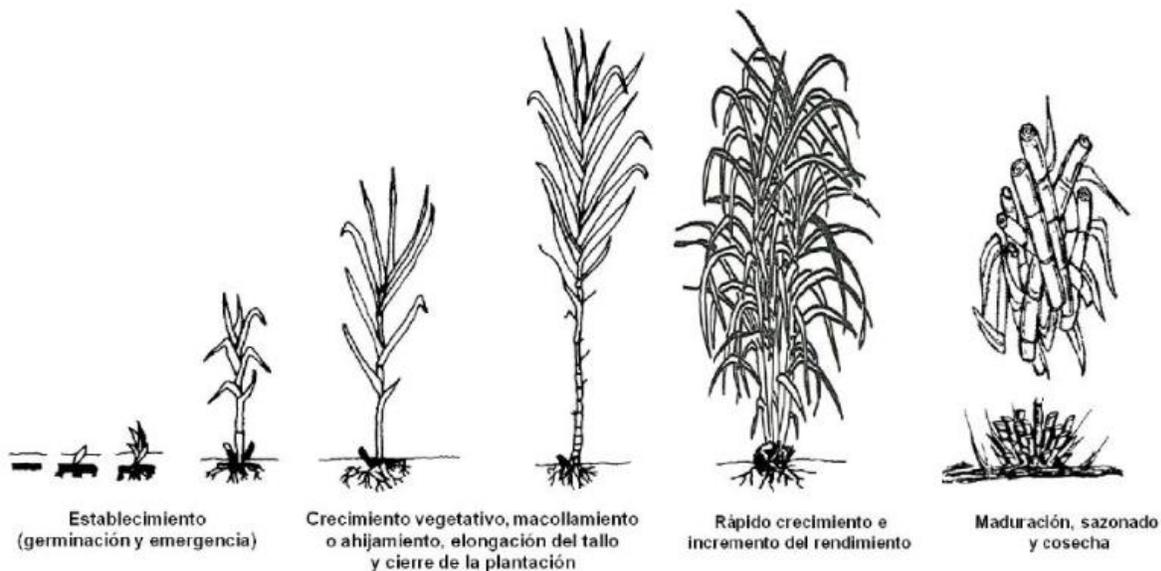
Las cañas cultivadas pertenecen a dos grupos, las llamadas nobles, por su tamaño, suavidad y alto contenido de azúcar que pertenecen a la especie *Saccharum officinarum* y los híbridos entre *S. officinarum* y *S.spontaneum*. *Saccharum officinarum* se originó en Nueva Guinea, derivada de una especie local, *S.robustum*. También pudiera derivarse de una especie de otro género, *Erianthus maximus*, o que esta se hibridizara con *Saccharum* para formar las cañas nobles.

### 5.6.1 Etapas del cultivo de caña de azúcar

La caña de azúcar tiene esencialmente cuatro fases de crecimiento:

- Fase de establecimiento; la cual implica germinación y emergencia, ya sea en plantación (plantillas) o en rebrote o retoños (socas y resocas) de los cuales crecerán nuevos tallos (macollamiento),
- Fase de ahijamiento, formativa o reposo fisiológico
- Fase de crecimiento rápido
- Fase de maduración y cosecha. Ver figura 12

**Figura 12.** Etapas fenológicas del cultivo de caña de Azúcar



**Fuente:** (Benvenuti, 2005, FAO, 2006)

### **5.6.2 Requerimientos Edafoclimáticos**

En relación a los requerimientos edafoclimáticos de la caña de azúcar, es importante destacar que se trata de una planta que presenta una notable capacidad de adaptación cuando es sometida a condiciones desfavorables, de clima, de manejo y de suelo. Es decir, se sustenta en ventajas como su adaptación a un amplio ámbito de condiciones agroecológicas, baja sensibilidad a pobres condiciones de fertilidad del suelo y a regímenes cálido- húmedos prolongados (SAGARTA, 2021).

- **Temperatura:** La caña de azúcar no soporta temperaturas inferiores a 0°C. Para crecer exige un mínimo de temperatura de 14 a 16°C y la temperatura óptima de germinación oscila entre 32-38°C (InfoAgro, 2017).
- **Humedad relativa:** Para que el crecimiento vegetativo de la caña de azúcar sea más rápido es necesario que la humedad relativa sea alta. En caso contrario (HR baja), y si además los riegos son deficitarios, la planta tenderá a madurar.
- **Radiación solar:** Es una planta que necesita y asimila la radiación solar llegando a conseguir una transformación de hasta el 2% de la energía incidente en biomasa. Por tanto, durante todo el ciclo este cultivo requiere de una buena iluminación si se pretenden conseguir óptimos resultados.
- **Riegos:** Los requerimientos hídricos son de 1200-1500mm anuales prefiriéndose un reparto adecuado de los aportes hídricos a lo largo de todo el período vegetativo. Por otro lado, para estimular la producción y acumulación de carbohidratos, se recomienda disminuir el aporte hídrico un mes antes de la cosecha.
- **Suelo:** Prefiere los suelos ligeros para alcanzar sus mejores rendimientos, pero sí es cierto que no es un cultivo muy exigente en cuanto a suelo. Únicamente presenta problemas en suelos ácidos y en calizos puede aparecer clorosis.

### **5.7 SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEORREFERENCIADA (SIG)**

Según Environmental Systems Research Institute (2020), un sistema de información geográfica (GIS, por sus siglas en inglés) es un sistema que crea, administra, analiza y mapea todo tipo de datos. GIS conecta los datos a un mapa, integrando datos de

ubicación, con todo tipo de información descriptiva. Esto proporciona una base para la cartografía y el análisis que se utiliza en la ciencia y en casi todas las industrias. GIS ayuda a los usuarios a comprender patrones, relaciones y contexto geográfico. Los beneficios incluyen una comunicación y eficiencia mejoradas, así como una mejor gestión y toma de decisiones.

### **5.7.1 ArcGIS**

ArcGIS es un “software” de Sistema de Información Geográfica diseñado por la empresa californiana Environmental Systems Research Institute (ESRI) para trabajar a nivel multiusuario. ArcGIS es un software utilizado en una amplia variedad de aplicaciones, incluyendo la agricultura. En el contexto de la agricultura, ArcGIS puede utilizarse para recopilar, analizar y visualizar datos geoespaciales para tomar decisiones informadas sobre la gestión de las explotaciones agrícolas (Puerta Tuesta, Rengifo Trigozo, & Bravo Morales, 2011).

## **VI. METODOLOGÍA**

### **6.1 DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO**

La finca Sucuya se encuentra en la zona número 6 de producción del ingenio de Montelimar, ubicado en el municipio de Potosí, en el departamento de Rivas, Nicaragua. Con una superficie total de 576.46 hectáreas, esta finca se ha especializado en el cultivo de caña de azúcar desde hace varios años. Para el riego de la caña de azúcar, la finca utiliza agua proveniente de un lago mediante riego por gravedad. El suelo predominante en la finca es franco arcilloso y se cultivan variedades de alta productividad, como CP72-2086, CP73-1547, NA56-42, CG02-163, RB84-5210, CG04-10295 y RB86-7515.

#### **6.1.1 Clima**

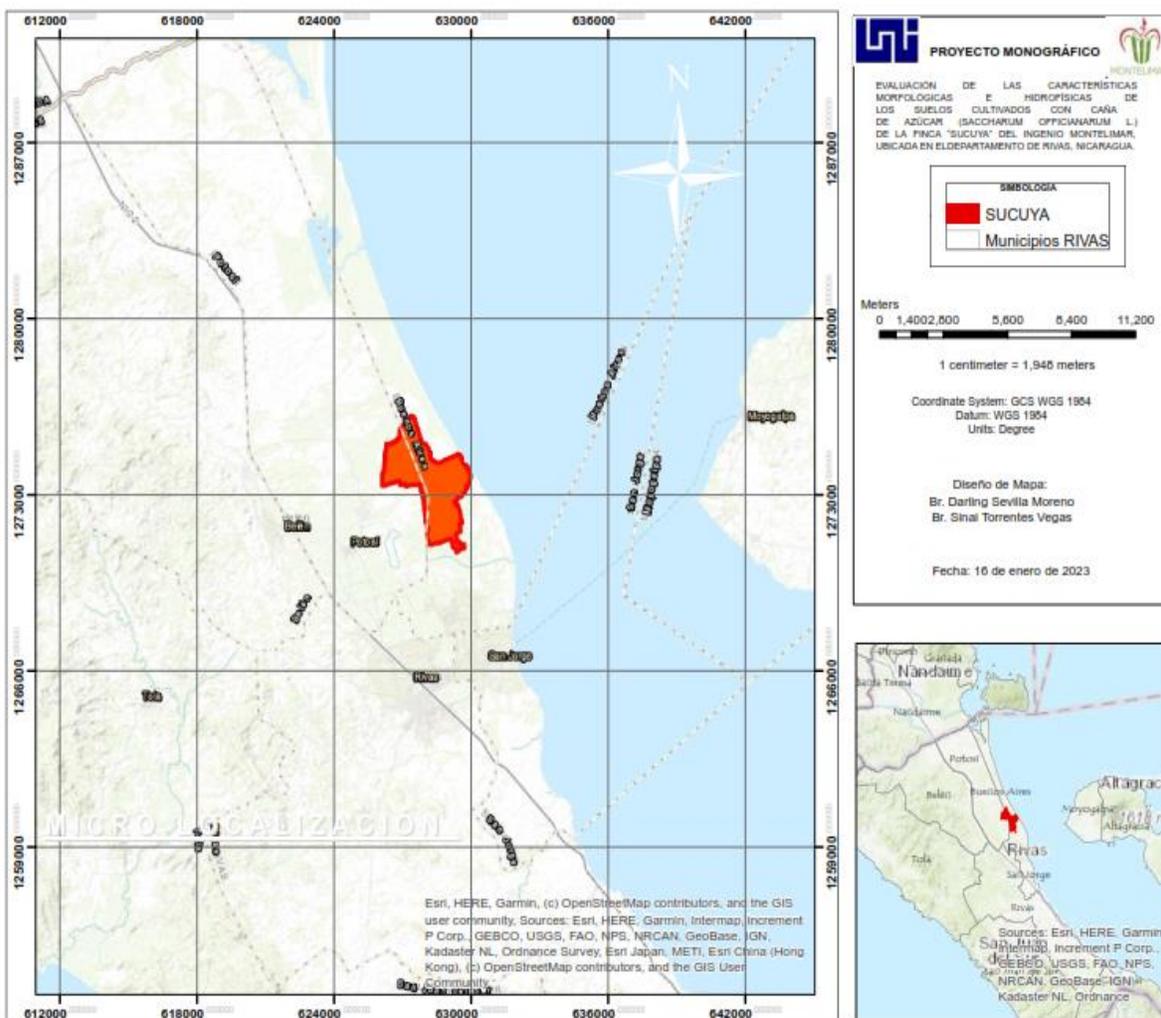
El clima en el municipio de Potosí, donde se encuentra la finca Sucuya, es de tipo tropical, con temperaturas promedio que oscilan entre 25°C y 32°C y una alta humedad. Se pueden distinguir dos estaciones climáticas bien definidas: la estación seca, que abarca de diciembre a abril, y la estación lluviosa, que se extiende desde mayo hasta noviembre.

### **6.2 UBICACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO**

#### **6.2.1 Macrolocalización**

El proyecto de investigación monográfica se encuentra ubicado en el municipio de Buenos Aires, en el departamento Rivas, Nicaragua. Rivas se localiza en la Región del Pacífico Sur de Nicaragua, limitada al norte con los departamentos de Granada y Carazo, al sur con el país de Costa Rica, al este con el Lago Cocibolca y al oeste con el Océano Pacífico. El departamento de Rivas se encuentra ubicado en las coordenadas 11°26'13.8" N 85°49.579' O, y abarca una superficie de 281 km<sup>2</sup>. Está conformado administrativamente por diez municipios: Altagracia, Belén, Buenos Aires, Cárdenas, Moyogalpa, Rivas, San Juan del Sur, Tola, San Jorge y Potosí (ver Figura 13).

**Figura 13. Macro Localización**

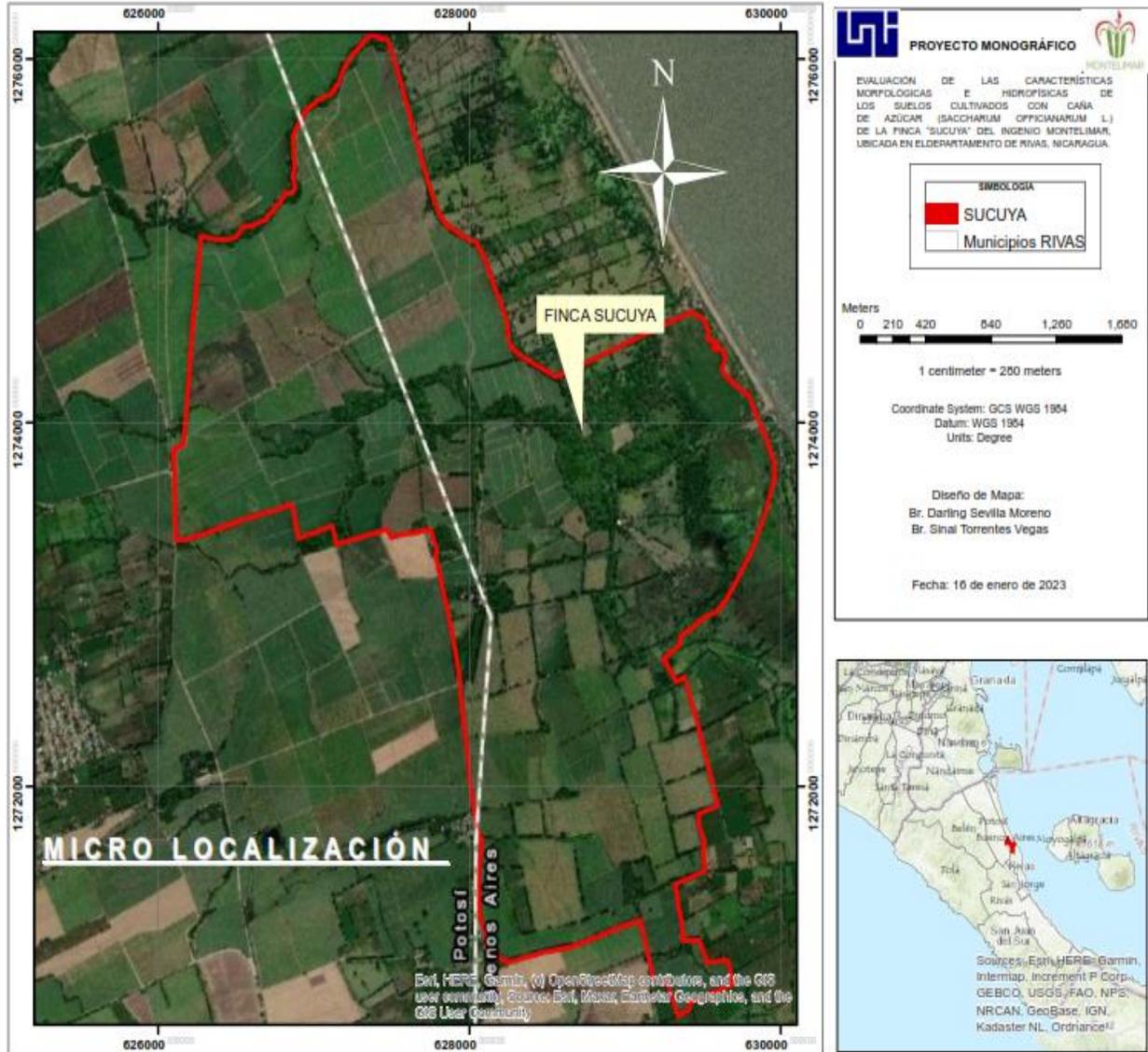


**Fuente:** Elaboración propia

### 6.2.2 Microlocalización

La presente investigación tuvo lugar en la Finca Sucuya, ubicada en el municipio de Buenos Aires en Rivas, Nicaragua. Las coordenadas de la finca son 11° 40' 49" N y 85° 46' 30" O, y cuenta con una extensión de 576.46 hectáreas. Limita al sur con el Piche, al este con el lago Coibolca, y al norte y oeste con Fincas del Ingenio CASUR. (Ver figura 14).

**Figura 14. Micro Localización**



**Fuente:** Elaboración propia

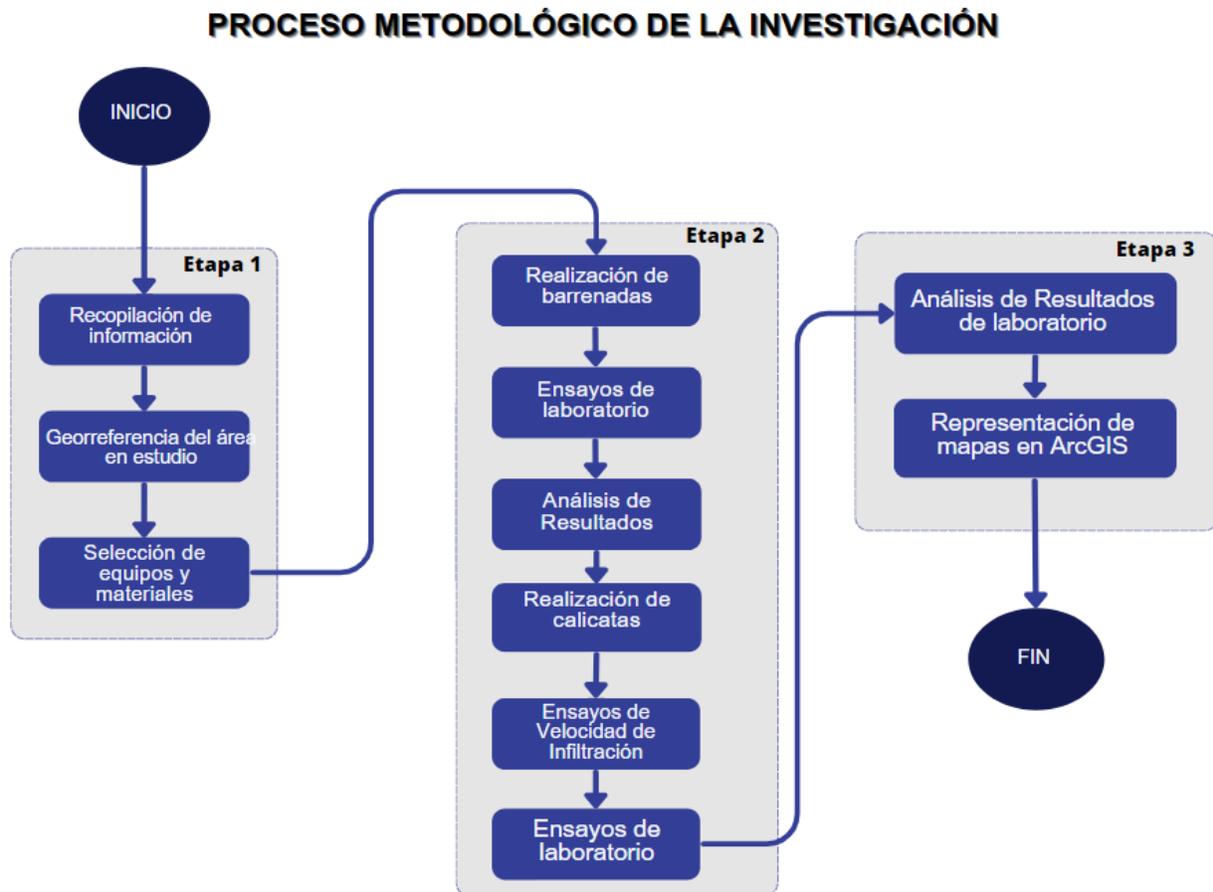
## 6.3 METODOLOGÍA

### 6.3.1 Diseño metodológico

El diseño del proyecto de investigación está vinculado al tipo de investigación, Descriptiva. Desarrollando este modelo de investigación se logrará especificar las propiedades y hallazgos importantes de los hechos y fenómenos que serán sometidos a una experimentación de laboratorio y campo.

El proyecto de investigación se desarrolló en tres etapas: la primera etapa se refiere a la fase de **pre-campo**, la segunda etapa se llevó a cabo en el **campo y el laboratorio**, y la tercera etapa corresponde a la fase **post-campo**. La figura 15 ofrece una representación visual de cada una de estas partes del proceso.

*Figura 15: Diagrama del Proceso metodológico*



*Fuente: Elaboración propia*

Con el objetivo de “**Identificar las características morfológicas de los suelos de la finca Sucuya a través de barrenadas y calicatas**”, se llevaron a cabo las etapas uno y dos del proceso, que se describen en los siguientes subtítulos: Pre-campo y campo y laboratorio.

### **6.3.2 Etapa Pre – Campo**

#### **➤ Recopilación de la Información**

En esta etapa se realizó la recopilación de información correspondiente al área en estudio con la que contaban los ingenieros a cargo de la finca. Entre la información recopilada, fue proporcionado el mapa de cortinas vivas de la finca, la cual se empleó como referencia para la ubicación estratégica de los puntos de muestreo (Ver anexo, pág.ii).

Otra de las fuentes empleadas para la recopilación de información fueron las correspondientes a buscadores de artículos como los sitios web Freefullpdf, Sciencedirect, Google académico, HighBram Research y el Repositorio Institucional Biblioteca UNI.

#### **➤ Ubicación Geográfica del Área De Estudio**

Para la ubicación georreferenciada de los puntos de muestreo se hizo uso de herramientas como Google Earth, GPS, y la aplicación móvil Avenza Maps.

#### **➤ Selección de Equipos y Materiales**

Los equipos y materiales empleados para el levantamiento de suelos variaron de acuerdo con el tipo de extracción a efectuar:

- ✓ Muestra alterada (superficial)

Para la toma de muestras alteradas superficiales se hizo empleo de:

- ✓ Barreno edafológico
- ✓ Pala
- ✓ Machete
- ✓ Bolsas de recolección de muestra
- ✓ Fichas de identificación

- ✓ Muestra alterada (Calicata)

Para la toma de las muestras alteradas correspondientes a las calicatas excavadas, se emplearon los siguientes materiales:

- ✓ Cinta métrica
- ✓ Pala
- ✓ Bolsas de recolección de muestras
- ✓ Fichas de identificación

- ✓ Descripción morfológica del perfil

Para la descripción morfológica del perfil se hizo empleo de los siguientes materiales:

- ✓ Tabla de colores Munsell
- ✓ Guía técnica para la determinación de textura, estructura, consistencia y plasticidad en campo.
- ✓ Navaja

- ✓ Muestra inalterada

Para las muestras inalteradas, empleadas en la determinación de la Densidad aparente, se usaron los siguientes materiales y equipos:

- ✓ Cilindro metálico de volumen conocido
- ✓ Fichas de identificación
- ✓ Machete
- ✓ Cinta métrica
- ✓ Bolsas de recolección de muestras
- ✓ Balanza
- ✓ Horno

- ✓ Velocidad de infiltración

Para la prueba de velocidad de infiltración se hizo empleo de los siguientes materiales:

- ✓ Balde
- ✓ Infiltrómetro de anillo doble portátil
- ✓ Cronómetro
  
- ✓ Capacidad de campo

Para la determinación de capacidad de campo de las muestras se emplearon los siguientes instrumentos.

- ✓ Embudo de cristal
- ✓ Papel filtro
- ✓ Balanza electrónica,  $\pm 0.01$  gr de sensibilidad
- ✓ Horno, termostáticamente controlado,  $105\text{ }^{\circ}\text{C}$ ,  $\pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$ .
- ✓ Pesafiltros, con sus tapas

### **6.3.3 Etapa de Campo y Laboratorio**

#### **➤ Realización de Barrenadas**

Para determinar el número de lotes a muestrear o barrenadas a realizar, se utilizó la relación 1:20, lo que indica que se extraería 1 barrenada cada 20 hectáreas (ha), número que se halla en el rango de los levantamientos de tipo semidetallado y de reconocimiento (Alexis Vásquez, 1991).

Dado que la finca Sucuya abarca una superficie de 575 hectáreas, se realizó la siguiente operación para obtener el número de barrenadas necesarias:

$$No\ barrenadas = \frac{575\ ha}{20\ ha} = 30\ puntos$$

El número total de barrenadas realizadas fue de 30, y se extrajeron un total de 90 muestras. Esto se debió a que se tomaron 3 muestras por cada barrenada, en donde:

Muestra 1: para la determinación de color, textura, ph, Conductividad eléctrica (Ce), Densidad real (Dr), a profundidad de 0-30cm.

Muestra 2: para la determinación de color, textura, ph, Ce, Dr, a profundidad de 30-60 cm.

Muestra 3: para la determinación de la Densidad Aparente (Da) (muestra inalterada).

La selección de los puntos exactos de muestreo fueron los centroides de cada subdivisión de la finca realizada con cuadrículas. (Ver anexo, pág.iii). Los lotes en que se realizaron dichas barrenadas fueron los siguientes: 1620-1, 1624-4, 1624-2, 1626-0, 1622-0, 1639-0, 1616-0, 1618-0, 1617-0, 1621-0, 1610-0, 1612-0, 1608-0, 1604-0, 1631-0, 1633-2, 1636-2, 1637-1, 1661-1, 1664-5, 1664-2, 1665-1, 1666-0, 1669-0, 1673-0, 1671-0, 1658-0, 1655-0, 1653-0, 1650-0.

- Para la toma de muestras se realizó el siguiente procedimiento:
  - ✓ Se seleccionó el punto exacto a muestrear; para ello se hizo uso del mapa de centroides (Ver anexo, pág.iii).
  - ✓ Se despejó de la superficie del punto de muestreo la cobertura vegetal y las piedras.
  - ✓ Con ayuda del barreno edafológico se tomaron las muestras a las profundidades establecidas. Luego fueron depositadas en las bolsas de muestreo previamente etiquetadas.
  - ✓ Luego con la ayuda del muestreador de impulsión de Da, se tomaron las muestras inalteradas.
  - ✓ Se repitió el procedimiento en cada uno de los puntos, siguiendo las indicaciones del muestreo predefinido.

La información recopilada correspondiente al área en estudio, se registró en un formato de llenado de datos con el fin de describir las condiciones topográficas y de drenaje del área que rodeaba al punto de muestreo. (Ver anexo, pág.vi).

## ➤ Ensayos de Laboratorio

Después de completar la extracción de muestras mediante barrenadas, se procedió a empacarlas adecuadamente para llevar a cabo los ensayos de laboratorio correspondientes, los cuales incluyeron la determinación de la textura, pH, conductividad eléctrica (Ce), densidad real (Dr) y densidad aparente (Da).

### 1. Método Hidrómetro de Bouyoucos, para la determinación de la textura del suelo

#### a) Calibración del hidrómetro:

- ✓ Adicionar 50 ml de la solución hexametáfosfato de sodio HMF a una probeta y aforar a 1 L en un cuarto de temperatura controlada.
- ✓ Mezclar vigorosamente con el agitador de plástico y tomar la temperatura.
- ✓ Introducir el hidrómetro en la solución y determine RL leyendo la parte superior del menisco en la escala del hidrómetro. Periódicamente, chequear RL durante el análisis de textura.

#### b) Dispersión del suelo:

- ✓ Pesar 50.0 gr de suelo seco al aire y colocarlos en una botella resistente al calor (105° C) de 500 ml calibrada a 250 ml.
- ✓ Agregar 125 ml de agua destilada, 50 ml de solución de HMF y permita que la muestra se remoje toda la noche. El tamaño de la muestra depende del tipo de textura del suelo. Podrían utilizarse de 10 a 20 g para suelos de texturas finas: limos y arcillas; y de 60 a 100 g para texturas gruesas, con lo cual se obtienen resultados reproducibles.
- ✓ Transferir la muestra tratada con el dispersante al vaso del agitador eléctrico (tipo licuadora) y agitar durante 5 min, o transfiera la suspensión a botellas y agite mecánicamente durante toda la noche en posición horizontal.
- ✓ Transferir la suspensión a una probeta de 1 L. Agregar los lavados de agua y adicionar agua destilada hasta completar a la marca.

#### c) Lecturas con el hidrómetro:

- ✓ Dar tiempo para que la suspensión se equilibre y tomar nota de la temperatura.

- ✓ Introducir el agitador manual a la probeta (Embolo agitador), y mezclar la suspensión vigorosamente, pero con precaución, sujetando la probeta de la parte baja para prevenir que se caiga. Asegúrese de que se muevan las arenas de la parte inferior de la probeta, y agite durante 1 min.
- ✓ Adicione unas gotas de alcohol amílico si la superficie de la suspensión está cubierta con espuma.
- ✓ Tan pronto haya terminado de agitar, introduzca el hidrómetro en la suspensión y tome una lectura después de 40 segundos y otra, después de 5 horas. Saque el hidrómetro, enjuague y seque.

Para llevar a cabo esta prueba se tomó como apoyo la Guía de Prácticas de fundamentos del suelo, elaborado por la Universidad Nacional de Ingeniería (UNI, 2019).

2. Método para la determinación de la Densidad aparente ( $D_a$ ) de las muestras de suelo.

Para la determinación de la  $D_a$  de las muestras de suelo se procedió de la siguiente forma:

- ✓ Inicialmente a realizar el pesaje de los beakers que contendrían las muestras de suelo.
- ✓ Luego, con especial cuidado, se continuó con el depósito del contenido total de las muestras en cada uno de los beakers.
- ✓ Una vez depositadas las muestras de suelo en cada uno de los beakers se introdujeron al horno para ser sometidas a calor durante un período de 24 horas.
- ✓ Al momento de extraer las muestras del horno para dejarlas que se enfriara y fuera posible manipularla.
- ✓ En este punto se realizó el pesaje del beaker con la muestra de suelo ya seca. A este pesaje se le denominó  $M_{ss}$  (Masa de suelo seco).

En (Anexo, pág.iv & v) se pueden observar imágenes del proceder para la determinación de la  $D_a$  en laboratorio.

Para la determinación de la  $D_a$  se debieron realizar los siguientes cálculos tales como:

- ✓ El volumen de muestra contenida en el cilindro al cual se le realizó la extracción de la muestra de suelo. La ecuación empleada para determinación del volumen contenido en el cilindro es:

**Ecuación 1:** *Cálculo del volumen*

$$V_c = \frac{\pi d^2}{4} \times h$$

Donde h y d se refieren a la altura y el diámetro del cilindro, respectivamente.

- ✓ La determinación de la  $D_a$  se realizó con la siguiente ecuación:

**Ecuación 2:** *Determinación de la  $D_a$  de los suelos*

$$D_a = \frac{M_{ss}}{V_c}$$

Donde  $V_c$  corresponde al volumen del cilindro que contenía la muestra de suelo.

3. Método del picnómetro para la determinación de la  $D_r$  de las muestras de suelo.

La determinación de la Densidad real de las muestras de suelo se efectuó a partir del método del picnómetro, el cual hace empleo del principio de Arquímedes, que consiste en determinar la densidad real midiendo el volumen de fluido desplazado por una masa conocida de suelo en un picnómetro.

A continuación, se detallan los procedimientos llevados a cabo para la determinación de la densidad real:

- ✓ Se realizó la pesada de los picnómetros designadas para cada una de las muestras de suelo. A este peso se le designaba el código de  $P_p$ .
- ✓ Se realizó el llenado de los picnómetros con agua destilada hasta la curva límite. Luego de eso se realizó la pesada en balanza. A este peso se le designó el código  $P_1$ , el cual era igual al peso del picnómetro más el peso del agua ( $P_1 = P_p + P_A$ ). Posteriormente se tomaba la temperatura correspondiente al agua contenida en el picnómetro. Esta fue caracterizada por el código  $T_1$ . Una vez tomada la

temperatura, se determinaba la densidad ( $d_1$ ) con ayuda de la tabla de densidades del agua a distintas temperaturas. (Ver anexo, pág.v).

- ✓ Luego se realizó el vaciado de los picnómetros y posterior secado de estos.
- ✓ Posteriormente, se agregó una porción de suelo seco previamente tamizada dentro del picnómetro, y se realizó la pesada P2, el cual era igual al peso de suelo agregado más el peso del picnómetro, es decir  $P_2 = P_S + P_p$ .
- ✓ Se agregó agua destilada al picnómetro con muestra de suelo, y se agitó por 5 minutos.
- ✓ Luego se añadió nuevamente agua destilada al picnómetro hasta enrasar. Debido a que en su mayoría las muestras tenían un alto contenido de materia orgánica, se realizó limpieza de la superficie con papel toalla. Posteriormente se realizó el pesaje de esta, denominada P3, donde  $P_3 = P_A + P_S + P_p$ . Luego se tomó la temperatura de este cuyo valor es denominado  $d_3$ , determinado de igual manera con ayuda de la tabla de densidades a distintas temperaturas. (Ver anexo, pág. vi).

La Densidad real fue finalmente calculada por medio de la siguiente ecuación:

***Ecuación 3: Determinación de Densidad real***

$$D_r = \frac{d_1 \times d_3 \times P_s}{d_3(P_1 - P_p) - d_1(P_3 - P_s - P_p)}$$

#### 4. Método del pH-metro para la determinación del Ph del suelo

Para la determinación del pH de las muestras se efectuó el procedimiento siguiente:

- ✓ De las muestras secas y tamizadas se realizó pesaje de 10 gramos de suelo que fueron añadidas en un envase contenedor de muestras.
- ✓ A este envase se le añadieron 25 ml de agua purificada para posteriormente agitar por 5 minutos.
- ✓ Al terminar el tiempo de agitación se llevó la muestra al equipo denominado pH-metro para obtener el valor correspondiente al pH de la muestra.

## 5. Método para la determinación de la Conductividad eléctrica (Ce)

Para la determinación de la Ce de las muestras de suelo se realizó lo siguiente:

- ✓ De las muestras y tamizadas se realizó un pesaje de 20 gramos de suelo que fueron añadidas en un envase contenedor de muestras.
- ✓ A este envase se le añadieron 50 ml de agua purificada para posteriormente agitar por 5 minutos.
- ✓ Al terminar el tiempo de agitación se llevó la muestra al equipo denominado conductímetro para obtener el valor correspondiente a la Ce de la muestra.

### ➤ **Realización de Calicatas**

Con el propósito de examinar detalladamente las características del suelo en diferentes áreas de la finca, se decidió llevar a cabo la realización de calicatas. En primer lugar, se tomó en cuenta las variaciones de textura en los primeros 30 centímetros del suelo para determinar el número de calicatas necesarias. Posteriormente, a partir del análisis de las muestras obtenidas mediante barrenadas, se identificaron 6 clases texturales diferentes en la finca.

Para asegurarnos de obtener información representativa de cada clase textural, se seleccionó la ubicación de las calicatas de manera que cada una de ellas representara una de las clases texturales encontradas. En este sentido, se eligieron los lotes 1610-0, 1663-1, 1650-0, 1666-0, 1636-2 y 1618-0. Por último, en la figura siguiente se muestra el mapa con la ubicación de las calicatas perforadas para que sea fácilmente identificable para el lector (ver figura 16).

**Figura 16:** Mapa ubicación de las calicatas



**Fuente:** Elaboración propia

Después de determinar el número y la ubicación de cada una de las calicatas necesarias para el estudio del suelo, se llevaron a cabo las siguientes actividades:

- ✓ La perforación de las calicatas se realizó con el uso de maquinarias y herramientas, tales como la retroexcavadora y la pala (ver anexo, página vii).
- ✓ Con el objetivo de facilitar la entrada y salida de la calicata, se establecieron gradas en cada horizonte identificado.
- ✓ Las dimensiones de perforación de las calicatas fueron de 120 cm de largo, 150 cm de ancho y 145-150 cm de profundidad.
- ✓ En cada punto donde se designó una calicata, se extrajo una muestra alterada de cada horizonte identificado, así como también una muestra inalterada de los perfiles identificados, para la determinación de los parámetros Da, Dr, pH, Ce y Humedad Relativa.

- **Descripción del Perfil de la Calicata**

Una vez concluida la perforación de cada calicata, se procedió con el proceso de descripción de los perfiles identificados. El objetivo de este proceso fue obtener información detallada sobre las características del suelo en cada horizonte. Para la determinación de los perfiles de los horizontes se siguió el siguiente proceso:

- ✓ Una vez finalizada la calicata, se procederá a peinar el perfil del suelo con un cuchillo edafológico, con el fin de eliminar posibles irregularidades y obtener una visualización clara de los horizontes.
- ✓ Se diferenciarán los horizontes utilizando propiedades como el color, la textura, la estructura y la consistencia, lo que permitirá una clasificación inicial del suelo.
- ✓ Se medirá el espesor y la profundidad de cada uno de los horizontes que conforman el perfil del suelo utilizando una cinta métrica, lo que permitirá obtener información cuantitativa y precisa sobre el perfil.
- ✓ A través de la apreciación visual se determinará si en el perfil hay presencia de moteados y en qué cantidad. Además, se determinará si hay presencia de formaciones especiales (concreciones, eflorescencias y crotovinas), lo que permitirá una caracterización más completa del suelo.

- ✓ Se determinará la presencia y profundidad de raíces, así como la cantidad y el tipo de animales del suelo presentes, lo que permitirá obtener información sobre la actividad biológica del suelo.
- ✓ Posteriormente, se nombrarán cada uno de los horizontes y se describirán las transiciones, en caso de que existan, lo que permitirá obtener una descripción completa y detallada del perfil del suelo.
- ✓ Finalmente, se extraerá una muestra representativa de cada uno de los horizontes identificados, se depositará en una bolsa plástica previamente etiquetada y se trasladará al laboratorio para la realización de análisis físicos y químicos, lo que permitirá obtener información más precisa sobre las propiedades del suelo.

Esta clasificación se realizó basándose en la Guía de prácticas de campo y laboratorio de fundamentos del suelo, 2021, (Ver anexo, pág. x).

#### ➤ **Ensayos de Velocidad de infiltración (VI)**

Con el objetivo de **"Determinar los principales parámetros hidrofísicos de los suelos de la finca Sucuya para el diseño, operación y evaluación de los sistemas de riego"**, se llevaron a cabo ensayos de campo simultáneamente con las calicatas. Se midió la Velocidad de Infiltración (VI) para evaluar la capacidad de retención de agua de los suelos, y se realizaron ensayos de laboratorio para determinar la Capacidad de Campo (CC) y el Punto de Marchitez Permanente (PMP), dos propiedades hidrofísicas esenciales.

Para la determinación de la velocidad de infiltración, se utilizó el infiltrómetro de doble anillo portátil, ya que es uno de los más utilizados para diseñar, operar y evaluar sistemas de riego. Se realizaron un total de 7 ensayos de VI, incluyendo un punto de interés adicional para el ingenio.

El proceso de la prueba de VI se llevó a cabo de la siguiente manera:

- ✓ Lo primero que se realizó fue la selección del sitio para la instalación del instrumento, procurando ubicarlo lo más cerca del punto donde se ubicaba la calicata y que el área se hallase lo más despejado de fisuras, piedras y materia orgánica.

- ✓ Luego se introdujo el cilindro portátil a una profundidad de 10 a 15 cm que se mantuviera fijo y nivelado sobre la superficie del área escogida.
- ✓ Se llenó de agua el área comprendida por el cilindro exterior hasta marcar 1.
- ✓ El método consistió en tomar lecturas del descenso del nivel de agua en el anillo interior.
- ✓ Para la realización de la prueba, se inició siempre con un intervalo de tiempo pequeño entre lectura, a partir de 1, 2, 3, 4, 5 minutos, y se iba aumentando de acuerdo con el comportamiento de la infiltración de agua en el suelo a 10, 15, 20, 30, 40 hasta 60 minutos.

A la vez que se iba realizando la lectura en el equipo, se iba anotando en una ficha de campo, y calculando las velocidades de infiltración instantánea y acumulada para comprobar el momento en que los resultados mostraban una infiltración constante. En este punto se determinaba que el suelo ya estaba saturado, es decir, ya había alcanzado la infiltración básica y la prueba era finalizada.

### ➤ **Ensayos de laboratorio**

Después de completar la extracción de muestras de cada horizonte, se empacaron cuidadosamente para su posterior análisis en el laboratorio. Se realizaron varios ensayos para determinar las propiedades del suelo, incluyendo la Capacidad de Campo (CC) y el Punto de Marchitez Permanente (PMP), así como la textura, pH, conductividad eléctrica (Ce), densidad real (Dr) y densidad aparente (Da).

1. Métodos para la determinación de Capacidad de campo (CC) Y Punto de marchitez permanente (PMP)

### **CC- (Método del embudo de vidrio)**

#### Procedimiento

- ✓ Con una barrena de suelos se hace el muestreo de la parcela en estudio, tomando las muestras a una profundidad igual al valor de H.
- ✓ Las muestras representativas de suelos se colocarán en los pesafiltros para evitar la evaporación del agua.

- ✓ Los pesafiltros, con las muestras de suelos, son llevados al laboratorio de suelos para realizar el cálculo de la humedad a capacidad de campo.
- ✓ En un embudo de cristal grande colocar un papel filtro previamente humedecido; el embudo debe estar colocado en un anillo y unido a su soporte.
- ✓ Llenar el embudo con la muestra extraída hasta un poquito por debajo del papel filtro, se humedece hasta saturar la muestra y que comience a gotear, recogién dose en un beaker situado debajo.
- ✓ Se deja que escurra toda el agua gravitacional; en suelos sueltos o de textura gruesa debe esperarse 24 horas, en suelos medios 48 horas y en suelos pesados 72 horas.
- ✓ Una vez que haya cesado de escurrir el agua gravitacional de la muestra, se realiza la pesada (Psh).
- ✓ Se pone la muestra en la estufa a 105 C hasta obtener peso constante, se realiza la pesada (Pss).
- ✓ Se determina el tanto por ciento de humedad sobre la base de suelo seco, que será la capacidad de campo (Cc), con la siguiente fórmula:

***Ecuación 4: % Capacidad de campo***

$$\%CC = \frac{Psht - Psst}{Psst - Pt} * 100$$

### **PMP- Fórmula**

Para la determinación del PMP se empleó la siguiente fórmula empírica implementada en los laboratorios de edafología de la Universidad Nacional de Ingeniera (UNI, Guía laboratorio Prácticas de Fundamento de Suelos, 2019).

***Ecuación 5: % Punto de Marchitez permanente***

$$\%PMP = \frac{\%CC}{1.85} * 100$$

- **Método para la determinación de la humedad del suelo**

Para la determinación de la humedad del suelo se empleó la muestra correspondiente a la muestra inalterada.

El procedimiento efectuado fue el siguiente:

- ✓ Se realizó primeramente el pesaje de los beakers en donde irían las muestras de suelo.
- ✓ Luego se realizó el pesaje de los beakers con la muestra de suelo húmeda contenida en el beakers. A este peso se le denominó Psh más beakers, es decir Peso de suelo húmedo.
- ✓ Luego, el beakers fue sometido a calor al incorporarlo en horno por aproximadamente 8 horas continuas.
- ✓ Al ser extraídos del horno, y ser posteriormente enfriados se realizó el pesaje de suelo seca contenida en el beakers, a la cual se le denominó Pss más beakers, es decir Peso de suelo seco.

El método empleado para la determinación de estos valores fueron los correspondientes al método gravimétrico, a través del cual se determinó humedad en base a suelo seco y en base a suelo húmedo (UNI, Guía laboratorio Prácticas de Fundamento de Suelos, 2019).

***Ecuación 6: Porcentaje de humedad en base a suelo húmedo***

$$\%hbsh = \frac{Psh - Pss}{Psh} * 100$$

Donde:

Psh: Peso de suelo húmedo menos beáker

Pss: Peso de suelo seco menos beáker

% hbsh: % humedad en base a suelo húmedo

***Ecuación 7: Porcentaje de humedad en base a suelo seco***

$$\%hbss = \frac{Psh - Pss}{Pss} * 100$$

Donde:

Psh: Peso de suelo húmedo

Pss: Peso de suelo seco

% hbss: % humedad en base a suelo seco

## 2. Método para la determinación de Dr, Da, pH, Ce, Humedad del suelo

Para la realización de las pruebas de laboratorio de Dr, Da, pH, Ce y Humedad del suelo, se emplearon las muestras de suelo alteradas e inalteradas extraídas de cada uno de los horizontes identificados en cada calicata. Se utilizó el mismo procedimiento, materiales y equipos que se utilizaron en los ensayos de laboratorio para las muestras extraídas con barrenadas.

### 6.3.4 Etapa Post – Campo

Con el objetivo de **“Mostrar la caracterización de los suelos de la finca Sucuya a través de mapas temáticos utilizando ArcGIS como herramienta de administración geográfica”**. Para ello, se utilizaron los resultados obtenidos de los ensayos de laboratorio en la “etapa campo y laboratorio”. La elaboración de los mapas se llevó a cabo mediante la aplicación de técnicas geoestadísticas avanzadas, específicamente el método de interpolación Kriging, que permitió generar superficies estimadas a partir de un conjunto de puntos diversos.

Los mapas generados con la herramienta ArcGIS incluyen información relevante sobre las propiedades del suelo en la finca Sucuya, tales como:

- Mapa de Densidad Aparente
- Mapa de Densidad Real
- Mapa de pH del suelo
- Mapa de Conductividad eléctrica del suelo (Ce)
- Mapa textural

## **VII. ANÁLISIS Y RESULTADOS**

En este acápite se presentan los hallazgos obtenidos a través de las pruebas y ensayos realizados en el área de estudio, descritos previamente en la metodología. Se apoyó en diversas fuentes para interpretar y analizar los resultados de los ensayos de laboratorio. Los resultados se presentarán mediante mapas, tablas, gráficos y otros medios visuales.

### **7.1 RESULTADOS DE LAS BARRENADAS**

En la tabla 2, se muestran los resultados de las barrenadas representativas que se realizaron en cada punto de muestreo, presentando todos los datos de campo pertinentes para el análisis de los suelos del área en estudio.

**Tabla 1. Resultado de la primera fase del estudio**

| RESUMEN DE CARACTERISTICAS FÍSICAS Y QUÍMICAS DE LAS BARRENADAS |                        |                         |         |           |         |                      |                          |      |       |            |             |     |
|---|------------------------|-------------------------|---------|-----------|---------|----------------------|--------------------------|------|-------|------------|-------------|-----|
| LOTE  | Prof. De muestreo (cm) | Clase Textural          | Drenaje | Pendiente | Erosión | Gravas superficiales | Da (gr/cm <sup>3</sup> ) | Dr   | Ph    | Ce (µs/cm) | Porosidad % |     |
| 1620-1  | 0-30                   | Franco                  | Bueno   | 0-1.5%    | Leve    | No                   | 1.23                     | 2.25 | Bajo  | 7.13       | 683         | 55% |
|   | 30-60                  | Arcilloso               |         | 0-1.5%    | Leve    | No                   |                          | 2.28 | Bajo  | 7.1        | 302         | --- |
| 1624-4  | 0-30                   | Franco arcilloso        | Bueno   | 0-1.5%    | Leve    | No                   | 1.32                     | 2.25 | Bajo  | 7.14       | 596         | 59% |
|   | 30-60                  | Franco arcilloso        |         | 0-1.5%    | Leve    | No                   |                          | 2.32 | Bajo  | 7.55       | 670         | --- |
| 1624-2  | 0-30                   | Franco                  | Bueno   | 0-1.5%    | Leve    | No                   | 1.24                     | 2.41 | Medio | 7.09       | 472         | 52% |
|   | 30-60                  | Franco                  |         | 0-1.5%    | Leve    | No                   |                          | 2.28 | Bajo  | 7.4        | 596         | --- |
| 1626-0  | 0-30                   | Franco arcilloso        | Bueno   | 0-1.5%    | Leve    | No                   | 1.06                     | 2.23 | Bajo  | 7.34       | 636         | 48% |
|   | 30-60                  | Franco limoso           |         | 0-1.5%    | Leve    | No                   |                          | 2.22 | Bajo  | 7.8        | 444         | --- |
| 1622-0  | 0-30                   | Franco arcilloso        | Bueno   | 0-1.5%    | Leve    | No                   | 1.37                     | 2.40 | Medio | 7.3        | 572         | 57% |
|   | 30-60                  | Arcilloso               |         | 0-1.5%    | Leve    | No                   |                          | 2.29 | Bajo  | 7.52       | 393         | --- |
| 1639-0  | 0-30                   | Franco arcilloso        | Regular | 0-1.5%    | Leve    | No                   | 1.23                     | 2.29 | Bajo  | 7.82       | 444         | 54% |
|   | 30-60                  | Arcilloso               |         | 0-1.5%    | Leve    | No                   |                          | 2.28 | Bajo  | 7.33       | 654         | --- |
| 1616-0  | 0-30                   | Franco                  | Bueno   | 0-1.5%    | Leve    | No                   | 1.32                     | 2.33 | Bajo  | 6.94       | 483         | 57% |
|   | 30-60                  | Franco                  |         | 0-1.5%    | Leve    | No                   |                          | 2.28 | Bajo  | 7.64       | 538         | --- |
| 1618-0  | 0-30                   | Franco arcilloso limoso | Malo    | 0-1.5%    | Leve    | No                   | 1.25                     | 2.22 | Bajo  | 7.14       | 510         | 56% |
|   | 30-60                  | Franco arcilloso        |         | 0-1.5%    | Leve    | No                   |                          | 2.40 | Medio | 7.19       | 614         | --- |
| 1617-0  | 0-30                   | Franco arcilloso        | Malo    | 0-1.5%    | Leve    | No                   | 1.23                     | 2.28 | Bajo  | 7.1        | 324         | 54% |
|   | 30-60                  | Franco arcilloso        |         | 0-1.5%    | Leve    | No                   |                          | 2.16 | Bajo  | 7.34       | 704         | --- |

RESUMEN DE CARACTERISTICAS FÍSICAS Y QUÍMICAS DE LAS BARRENADAS

| LOTE   | Prof. De muestreo (cm) | Clase Textural           | Drenaje | Pendiente | Erosión | Gravas superficiales | Da (gr/cm <sup>3</sup> ) | Dr   | Ph       | Ce (µs/cm) | Porosidad % |     |
|--------|------------------------|--------------------------|---------|-----------|---------|----------------------|--------------------------|------|----------|------------|-------------|-----|
| 1621-0 | 0-30                   | Franco arcilloso         | Bueno   | 0-1.5%    | Leve    | No                   | 1.31                     | 1.79 | Bajo     | 7.21       | 527         | 74% |
|        | 30-60                  | Arcilloso                |         | 0-1.5%    | Leve    | No                   |                          | 2.17 | Bajo     | 7.29       | 869         | --- |
| 1610-0 | 0-30                   | Franco arcilloso arenoso | Bueno   | 0-1.5%    | Leve    | No                   | 1.39                     | 2.28 | Bajo     | 7.13       | 532         | 61% |
|        | 30-60                  | Franco                   |         | 0-1.5%    | Leve    | No                   |                          | 2.92 | Muy alto | 7.4        | 567         | --- |
| 1612-0 | 0-30                   | Franco arcilloso         | Bueno   | 0-1.5%    | Leve    | No                   | 1.42                     | 2.29 | Bajo     | 6.97       | 286         | 62% |
|        | 30-60                  | Franco arenoso           |         | 0-1.5%    | Leve    | No                   |                          | 2.05 | Bajo     | 7.42       | 500         | --- |
| 1608-0 | 0-30                   | Franco arcilloso         | Bueno   | 0-1.5%    | Leve    | No                   | 1.36                     | 2.36 | Bajo     | 7.24       | 479         | 58% |
|        | 30-60                  | Franco                   |         | 0-1.5%    | Leve    | No                   |                          | 2.37 | Bajo     | 6.95       | 512         | --- |
| 1604-0 | 0-30                   | Franco                   | Bueno   | 0-1.5%    | Leve    | No                   | 1.42                     | 2.40 | Medio    | 7.15       | 572         | 59% |
|        | 30-60                  | Franco arenoso           |         | 0-1.5%    | Leve    | No                   |                          | 2.02 | Bajo     | 7.41       | 745         | --- |
| 1631-0 | 0-30                   | Franco                   | Bueno   | 0-1.5%    | Leve    | No                   | 1.44                     | 2.36 | Bajo     | 6.97       | 417         | 61% |
|        | 30-60                  | Franco                   |         | 0-1.5%    | Leve    | No                   |                          | 2.22 | Bajo     | 6.84       | 475         | --- |
| 1633-2 | 0-30                   | Franco arenoso           | Bueno   | 0-1.5%    | Leve    | No                   | 1.50                     | 2.49 | Medio    | 7.09       | 563         | 60% |
|        | 30-60                  | Franco limoso            |         | 0-1.5%    | Leve    | No                   |                          | 2.47 | Medio    | 7.26       | 470         | --- |
| 1636-2 | 0-30                   | Franco                   | Bueno   | 0-1.5%    | Leve    | No                   | 1.42                     | 2.18 | Bajo     | 7.5        | 731         | 65% |
|        | 30-60                  | Franco                   |         | 0-1.5%    | Leve    | No                   |                          | 2.42 | Medio    | 7.46       | 502         | --- |
| 1637-1 | 0-30                   | Franco                   | Regular | 0-1.5%    | Leve    | No                   | 1.39                     | 2.51 | Medio    | 7.17       | 479         | 55% |
|        | 30-60                  | Franco                   |         | 0-1.5%    | Leve    | No                   |                          | 2.52 | Medio    | 6.91       | 462         | --- |
| 1661-1 | 0-30                   | Franco arcilloso         | Malo    | 0-1.5%    | Leve    | No                   | 1.32                     | 2.37 | Bajo     | 7.45       | 600         | 55% |
|        | 30-60                  | Arcilloso                |         | 0-1.5%    | Leve    | No                   |                          | 2.15 | Bajo     | 7.14       | 646         | --- |

RESUMEN DE CARACTERISTICAS FÍSICAS Y QUÍMICAS DE LAS BARRENADAS

| LOTE   | Prof. De muestreo (cm) | Clase Textural           | Drenaje | Pendiente | Erosión | Gravas superficiales | Da (gr/cm <sup>3</sup> ) | Dr     | Ph    | Ce (µs/cm) | Porosidad % |     |
|--------|------------------------|--------------------------|---------|-----------|---------|----------------------|--------------------------|--------|-------|------------|-------------|-----|
| 1664-5 | 0-30                   | Franco arcilloso         | Malo    | 0-1.5%    | Leve    | No                   | 1.42                     | 2.4633 | Medio | 7.2        | 717         | 58% |
|        | 30-60                  | Franco arcilloso arenoso |         | 0-1.5%    | Leve    | No                   |                          | 2.47   | Medio | 7.17       | 588         | --- |
| 1664-2 | 0-30                   | Franco arcilloso         | Malo    | 0-1.5%    | Leve    | No                   | 1.38                     | 2.25   | Bajo  | 7.15       | 640         | 61% |
|        | 30-60                  | Arcilloso                |         | 0-1.5%    | Leve    | No                   |                          | 2.35   | Bajo  | 7.13       | 600         | --- |
| 1665-1 | 0-30                   | Franco arcilloso         | Regular | 0-1.5%    | Leve    | No                   | 1.46                     | 2.52   | Medio | 7.03       | 711         | 58% |
|        | 30-60                  | Franco                   |         | 0-1.5%    | Leve    | No                   |                          | 2.39   | Bajo  | 7.22       | 566         | --- |
| 1666-0 | 0-30                   | Arcilloso                | Regular | 0-1.5%    | Leve    | No                   | 1.41                     | 2.22   | Bajo  | 7.16       | 581         | 64% |
|        | 30-60                  | Arcilloso                |         | 0-1.5%    | Leve    | No                   |                          | 2.32   | Bajo  | 7.41       | 349         | --- |
| 1669-0 | 0-30                   | Arcilloso                | Malo    | 0-1.5%    | Leve    | No                   | 1.17                     | 2.1882 | Bajo  | 7.42       | 375.7       | 54% |
|        | 30-60                  | Arcilloso                |         | 0-1.5%    | Leve    | No                   |                          | 2.11   | Bajo  | 7.13       | 84          | --- |
| 1673-0 | 0-30                   | Franco                   | Regular | 0-1.5%    | Leve    | No                   | 1.09                     | 2.60   | Medio | 7.1        | 733         | 42% |
|        | 30-60                  | Franco arcilloso         |         | 0-1.5%    | Leve    | No                   |                          | 2.31   | Bajo  | 7.12       | 633         | --- |
| 1671-0 | 0-30                   | Franco arcilloso         | Regular | 0-1.5%    | Leve    | No                   | 1.48                     | 2.4371 | Medio | 7.3        | 383         | 61% |
|        | 30-60                  | Arcilloso                |         | 0-1.5%    | Leve    | No                   |                          | 2.32   | Bajo  | 7.15       | 627         | --- |
| 1658-0 | 0-30                   | Franco arcilloso         | Malo    | 0-1.5%    | Leve    | No                   | 1.36                     | 2.21   | Bajo  | 7.27       | 581         | 61% |
|        | 30-60                  | Franco arcilloso         |         | 0-1.5%    | Leve    | No                   |                          | 2.29   | Bajo  | 7.46       | 630         | --- |
| 1655-0 | 0-30                   | Franco arcilloso         | Malo    | 0-1.5%    | Leve    | No                   | 1.37                     | 2.31   | Bajo  | 7.39       | 631         | 59% |
|        | 30-60                  | Arcilloso                |         | 0-1.5%    | Leve    | No                   |                          | 2.26   | Bajo  | 7.5        | 705         | --- |
| 1653-0 | 0-30                   | Franco arcilloso         | Regular | 0-1.5%    | Leve    | No                   | 1.52                     | 2.38   | Bajo  | 7.18       | 590         | 64% |
|        | 30-60                  | Franco arcilloso         |         | 0-1.5%    | Leve    | No                   |                          | 2.34   | Bajo  | 7.2        | 597         | --- |

RESUMEN DE CARACTERISTICAS FÍSICAS Y QUÍMICAS DE LAS BARRENADAS

| LOTE   | Prof. De muestreo (cm) | Clase Textural   | Drenaje | Pendiente | Erosión | Gravas superficiales | Da (gr/cm <sup>3</sup> ) | Dr     | Ph    | Ce (μs/cm) | Porosidad % |     |
|--------|------------------------|------------------|---------|-----------|---------|----------------------|--------------------------|--------|-------|------------|-------------|-----|
| 1650-0 | 0-30                   | Franco arcilloso | Malo    | 0-1.5%    | Leve    | No                   | 1.53                     | 2.4338 | Medio | 7.35       | 746         | 63% |
|        | 30-60                  | Franco arcilloso |         | 0-1.5%    | Leve    | No                   |                          | 2.27   | Bajo  | 7.41       | 613         | --- |

Da: Densidad Aparente

Ce: Conductividad Eléctrica

Ph: Potencial de Hidrógeno

Dr: Densidad real

**Fuente:** Elaboración propia

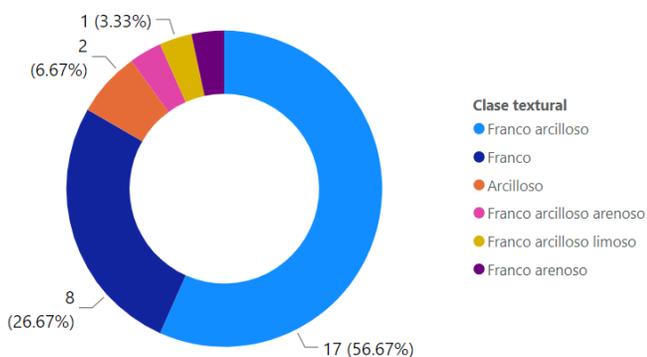
### 7.1.1 Resultados de Clase Textural

La composición textural de los suelos analizados en las profundidades 0-30 cm y 30-60 cm varía significativamente. Según los resultados obtenidos, se observa que en la primera profundidad predominan las clases texturales franco-arcillosa con un 56.67%, y el franco con 26.67%. Mientras que, en la segunda profundidad, los suelos arcillosos con un 33.33%, consecutivamente los franco arcilloso y francos, Ver figura 17. En general los suelos que predominan en la finca Sucuya son los franco-arcillosos, Ver figura18. (Se puede encontrar más detalles sobre los resultados en Anexos, pág. xviii - xxiv).

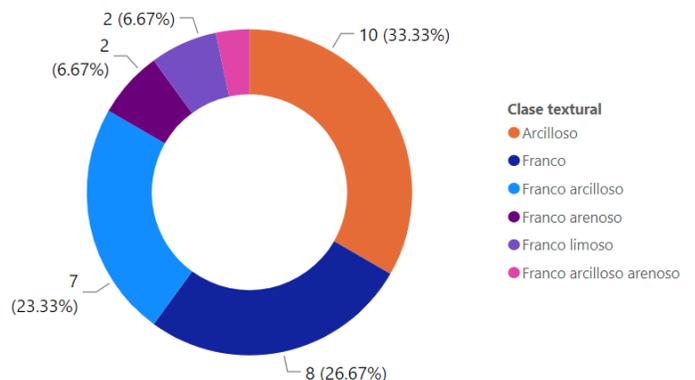
Para lograr un correcto desarrollo de la caña de azúcar, es esencial que los suelos presenten ciertas características texturales específicas. Según FAO (2015), los suelos más adecuados para el cultivo de esta planta son aquellos que tienen una textura franco-arcillosa, areno-arcillosa o limosa. Sin embargo, tras analizar las características texturales de los suelos disponibles, se ha comprobado que no todos cumplen con estas recomendaciones. Las figuras 45 y 46 de las páginas 116 y 117, respectivamente, representan los resultados de laboratorios obtenidos, a través de mapas temáticos. En particular, la información visual presentada en estos mapas puede ser utilizada para tomar decisiones más informadas y precisas con respecto a la gestión del suelo en futuras plantaciones de caña de azúcar.

**Figura 17: Clases texturales por profundidad**

Distribución de clases texturales por recuento de lotes (0-30cm)

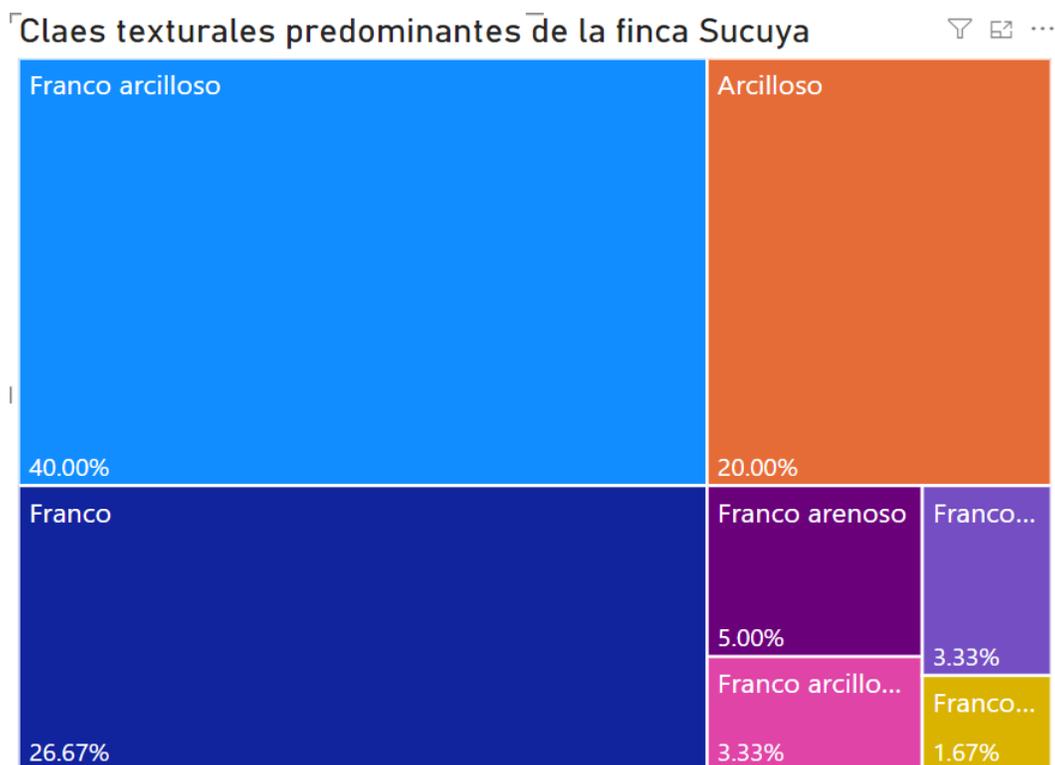


Distribución de clases texturales por recuento de lotes (30cm -60 cm)



**Fuente:** Elaboración propia

**Figura 18:** Clase textural predominante



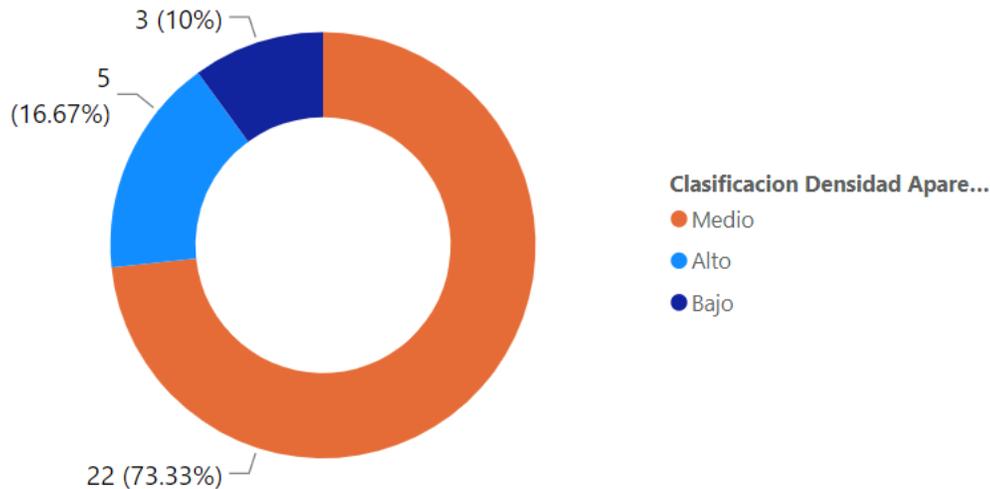
**Fuente:** Elaboración propia

### 7.1.2 Resultados para la Variable Densidad Aparente (Da)

Los valores de Da obtenidos en los suelos analizados oscilan entre 1.19 y 1.49 gr/cm<sup>3</sup>. La figura 38 de la página 109, ilustra los resultados obtenidos a través del mapa temático realizado con el software ArcGIS. Apara más detalles de estos resultados revisar (Anexo, pág. xxv & xxvi).

La figura 19 muestra que el 73% de los suelos de la finca Sucuya tienen una densidad aparente media, lo que está relacionado con el contenido de arcilla en los suelos, por ende, los valores más altos de Da corresponden en su mayoría a los suelos del norte ya que, estos suelos tienen un contenido de arcilla más alto que los suelos del sur. Una mayor densidad aparente indica un suelo más compacto con menos porosidad, lo que puede afectar la aireación, la infiltración de agua y nutrientes, y el crecimiento de las raíces de las plantas.

**Figura 19: Distribución porcentual de la Da**  
**Clasificación de la Densidad Apartente**



**Fuente:** Elaboración propia

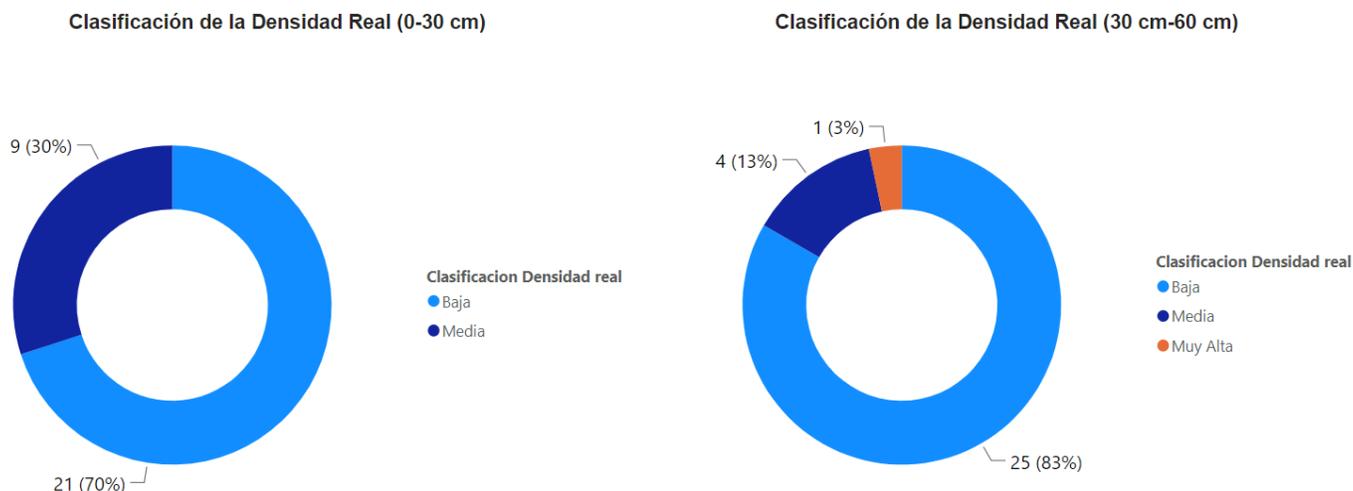
### 7.1.3 Resultados para la Variable Densidad Real ( $D_r$ )

La densidad real es una medida de la masa de los sólidos por unidad de volumen de los sólidos en un material. En el caso de los suelos, la densidad real varía según su composición mineralógica y estructura, y puede ser utilizada como un indicador de la presencia de minerales y materia orgánica. En las muestras analizadas de la capa superior del suelo (0-30 cm), se encontró que los valores de densidad real fluctúan entre 2.24 y 2.37  $\text{gr}/\text{cm}^3$ , indicando una densidad media y sugiriendo un alto contenido de minerales y un bajo contenido de materia orgánica. Por otro lado, en las muestras de la capa subyacente (30-60 cm), los valores de densidad real aumentaron entre 2.12 y 2.71  $\text{gr}/\text{cm}^3$ , lo que indica una mayor presencia de minerales en esta capa del suelo en comparación con la capa superior (ver figura 20).

Los valores mencionados anteriormente pueden visualizarse claramente en los mapas temáticos, los cuales se encuentran en las figuras 39 y 40 de las páginas 110 y 111, respectivamente. Para obtener información adicional sobre los resultados de la medición

de la densidad real, se recomienda consultar la tabla de evaluación correspondiente en (Anexo, páginas xxvii a xxxvii).

**Figura 20:** Distribución porcentual de la Dr a dos profundidades



**Fuente:** Elaboración propia

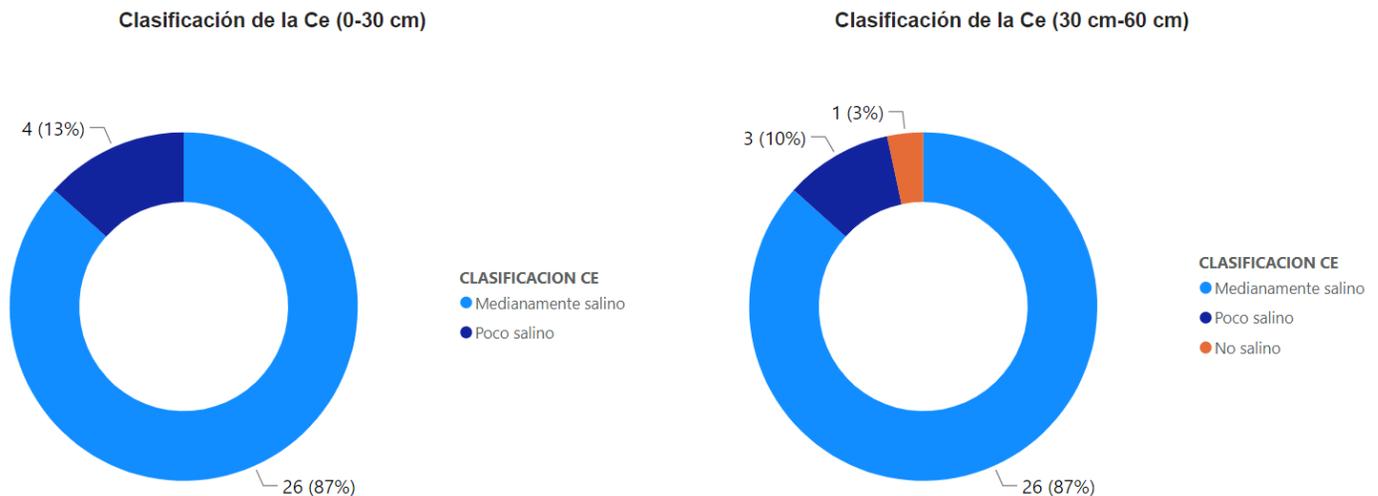
#### 7.1.4 Resultados para la Variable Conductividad Eléctrica (Ce)

Según la figura 21, se observa que la mayoría de los valores de conductividad eléctrica en los suelos, tanto en las profundidades de 0-30 cm como en 30-60 cm, se clasifican como moderadamente salinos, representando un 87% en ambos casos. Estos valores oscilan entre 395.9  $\mu\text{S}/\text{cm}$  y 869  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . Es importante mencionar que las áreas con valores de conductividad eléctrica más elevados se ubican en la zona noreste de la finca, sugiriendo que el agua del lago puede tener una influencia directa sobre estos valores (Ver mapas temáticos en la pag. X). Los valores mencionados de Ce pueden visualizarse claramente en los mapas temáticos, en las figuras 42 y 43 de las páginas 114 y 115, respectivamente.

La conductividad eléctrica óptima para el cultivo de caña de azúcar se considera entre 200-3000  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , sin embargo, según FAO (2015), la salinidad óptima para el cultivo de la caña de azúcar no debe exceder los 5000  $\mu\text{S}/\text{cm}$  para que la planta pueda efectuar correctamente la absorción de agua del suelo. Es importante mencionar que la conductividad eléctrica no es la única medida para determinar la salinidad del suelo, existen otras como el contenido de sales solubles, el pH y la conductividad osmótica. A

menudo se utilizan varios indicadores para determinar el grado de salinidad del suelo y para tomar decisiones de manejo. Se puede encontrar más detalles sobre los resultados en (Anexos, pág. xxxvii – xxxix).

**Figura 21:** Distribución porcentual de Ce a dos profundidades



**Fuente:** Elaboración propia

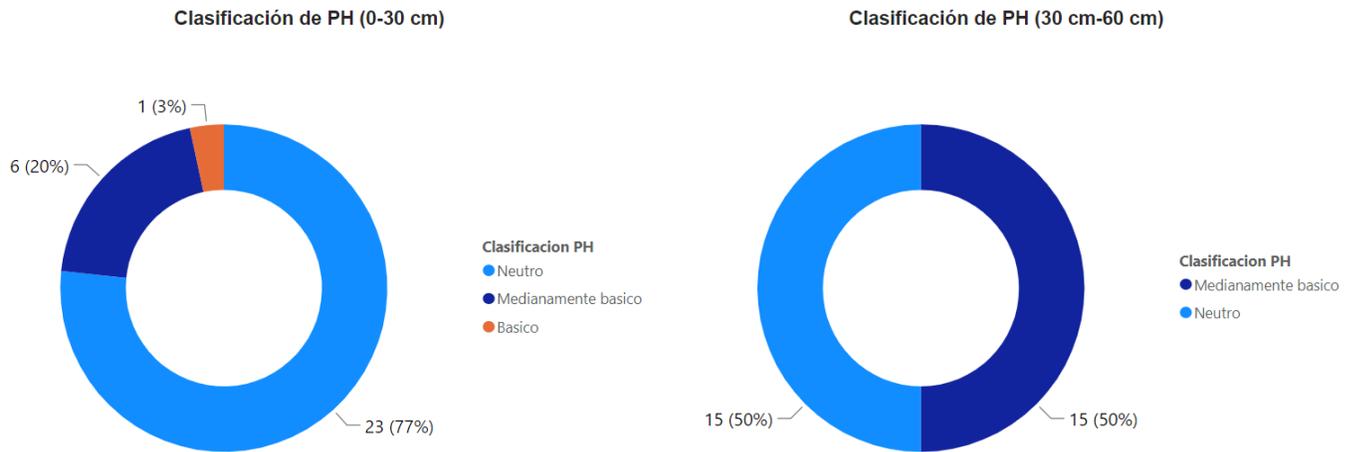
### 7.1.5 Resultados de la Variable PH

Los valores de acidez del suelo, medidos en pH, indican el nivel de acidez o alcalinidad del suelo. Según la FAO (2015), el rango óptimo para el crecimiento de la caña de azúcar se encuentra entre 5 y 8,5 (Ver Anexo, pág. xxxix). Los valores obtenidos en las muestras de suelo para las profundidades de 0-30 cm y 30-60 cm se encuentran dentro de este rango (5 y 8,5), lo que indica que el suelo tiene un nivel de acidez adecuado para la disponibilidad de nutrientes necesarios para el crecimiento de la planta.

Los valores de pH en la profundidad de 0-30 cm oscilan entre 6,95 y 7,7, mientras que en la profundidad de 30-60 cm los valores varían entre 7,20 y 7,44. En la figura 22 se puede apreciar que el 77% de los suelos a una profundidad de 0-30 cm son neutros, mientras que en la profundidad de 30-60 cm, la proporción de suelos moderadamente básicos y neutros es la misma. Estos resultados sugieren que los suelos de la finca no presentan problemas significativos de pH y que cualquier variación en estos valores podría deberse al agua de riego que proviene del lago. Para una mejor comprensión ver

mapas temáticos en las pag 112 y 113, además se encuentran más detalles en (Anexo, pág. xl – xlii).

**Figura 22:** Distribución porcentual de PH a dos profundidades



**Fuente:** Elaboración propia

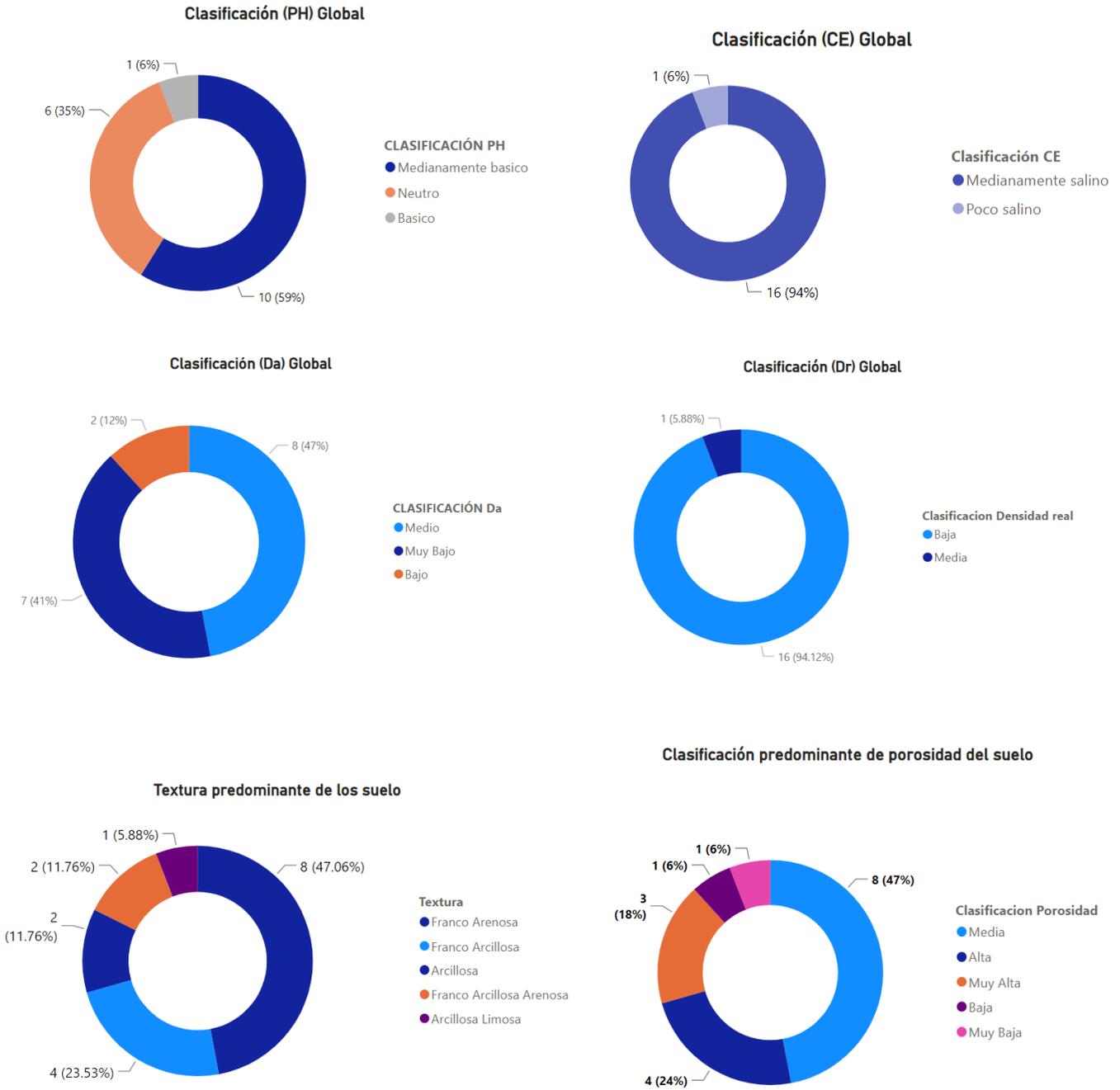
## 7.2 RESULTADOS DE LAS CALICATAS

En la tabla 3, se presentan los resultados de los ensayos de laboratorio realizados en cada uno de los horizontes identificados en las seis calicatas previamente seleccionadas y los datos obtenidos en el campo. Los anexos de las páginas xliii - xlviiii proporcionan información detallada sobre la ubicación de las calicatas y los puntos de extracción de las muestras utilizadas en el estudio.

En cuanto a los resultados de la tabla, se observa que el pH se clasifica como moderadamente básico en un 59% de los casos. En relación a la conductividad eléctrica (Ce), se evidencia que el 94% de los valores se clasifica como moderadamente salino. En cuanto a la densidad aparente (Da), se clasifica como media en un 47% de los casos y muy baja en un 41%. Por otro lado, la variable de densidad real (Dr) se clasifica como baja en un 94% de los casos. En cuanto a la porosidad, se evidencia una porosidad media en un 47%.

En cuanto a las texturas predominantes, se observa que son franco arenosas y franco arcillosas. Además, se identificaron tres horizontes en su mayoría. En las siguientes figuras se representan gráficamente estas variables.

**Figura 23: Representación gráfica de pH, CE, Dr, Da, Pr y Textura de las calicatas**



**Fuente:** Elaboración propia

**Tabla 2. Resumen de las calicatas**

| UBICACIÓN: FINCA SUCUYA, RIVAS NICARAGUA |                  |     |                                       | RESUMEN DE CARACTERISTICAS FISICAS Y QUIMICAS DE CALICATAS |                         |                       |                          |                          |                    |           |       |            |      |            |             |
|--|------------------|-----|---------------------------------------|--|-------------------------|-----------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------|-----------|-------|------------|------|------------|-------------|
| N  | Cód. de muestreo | Hrz | Coordenadas UTM del punto de muestreo |  | Prof. del muestreo (cm) | Esp. de muestreo (cm) | Text.                    | Da (gr/cm <sup>3</sup> ) | %Humedad del suelo |           | Dr    |            | PH   | Ce (μs/cm) | Porosidad % |
|  |                  |     | N                                     | W  |                         |                       |                          |                          | hbs h (%)          | hbs s (%) | Valor | Evaluación |      |            |             |
| 1  | 1610-0           | HA  | 628281                                | 1271795  | 41                      | 41                    | Franco Arcillosa         | 1.12                     | 20%                | 25%       | 2.04  | Bajo       | 6.88 | 554        | 55%         |
|  |                  | HB  |                                       |  | 94                      | 53                    | Arenosa Franco Arcillosa | 0.73                     | 32%                | 47%       | 1.83  | Bajo       | 7.32 | 630        | 40%         |
|  |                  | HC  |                                       |  | 150                     | 97                    | Franco Arcillosa         | 0.79                     | 32%                | 47%       | 1.7   | Bajo       | 7.35 | 584        | 46%         |
| 2  | 1663-1           | HA  | 628028                                | 1272953  | 70                      | 70                    | Arcillosa                | 1.11                     | 15%                | 18%       | 2.41  | Medio      | 7.48 | 685        | 46%         |
|  |                  | HB  |                                       |  | 140                     | 70                    | Franco Arcillosa arenosa | 1.42                     | 14%                | 16%       | 2.11  | Bajo       | 7.7  | 694        | 67%         |
| 3  | 1650-0           | HA  | 628015                                | 1272974  | 35                      | 35                    | Franco Arcillosa         | 1.32                     | 20%                | 25%       | 2.32  | Bajo       | 7.34 | 624        | 57%         |
|  |                  | HB  |                                       |  | 138                     | 103                   | Franco Arcillosa         | 1.38                     | 22%                | 27%       | 2.18  | Bajo       | 7.71 | 689        | 63%         |
|  |                  | HC  |                                       |  | 148                     | 45                    | Arcillosa Limosa         | 1.25                     | 25%                | 33%       | 2.3   | Bajo       | 8.01 | 365        | 54%         |
| 4  | 1666-0           | HA  | 626267                                | 1274924  | 50                      | 50                    | Franco Arcillosa         | 1.45                     | 17%                | 20%       | 2.16  | Bajo       | 7.2  | 566        | 67%         |

| UBICACIÓN: FINCA SUCUYA, RIVAS NICARAGUA |                  |     |                                       |         | RESUMEN DE CARACTERISTICAS FISICAS Y QUIMICAS DE CALICATAS |                       |                  |                          |                    |           |       |            |      |            |             |
|--|------------------|-----|---------------------------------------|---------|--|-----------------------|------------------|--------------------------|--------------------|-----------|-------|------------|------|------------|-------------|
| N  | Cód. de muestreo | Hrz | Coordenadas UTM del punto de muestreo |         | Prof. del muestreo (cm)                                    | Esp. de muestreo (cm) | Text.            | Da (gr/cm <sup>3</sup> ) | %Humedad del suelo |           | Dr    |            | PH   | Ce (µs/cm) | Porosidad % |
|  |                  |     | N                                     | W       |  |                       |                  |                          | hbs h (%)          | hbs s (%) | Valor | Evaluación |      |            |             |
|  |                  | HB  |                                       |         | 81   | 31                    | Franco Arcillosa | 1.45                     | 19%                | 23%       | 2.28  | Bajo       | 7.36 | 630        | 63%         |
|  |                  | HC  |                                       |         | 131  | 100                   | Franco Arcillosa | 0.93                     | 17%                | 20%       | 2.2   | Bajo       | 7.33 | 706        | 42%         |
|  |                  | HA  |                                       |         | 40   | 40                    | Franco Arenosa   | 1.29                     | 22%                | 29%       | 2     | Bajo       | 7.08 | 474        | 64%         |
| 5  | 1636-2           | HB  | 629159                                | 1272254 | 100  | 60                    | Franco Arenosa   | 0.93                     | 26%                | 35%       | 1.91  | Bajo       | 7.6  | 503        | 49%         |
|  |                  | HC  |                                       |         | 115  | 15                    | Franco Arenosa   | 0.93                     | 14%                | 16%       | 1.89  | Bajo       | 7.46 | 573        | 49%         |
|  |                  | HA  |                                       |         | 35   | 35                    | Franco Arenosa   | 1.33                     | 30%                | 43%       | 1.89  | Bajo       | 7.3  | 507        | 71%         |
| 6  | 1618-0           | HB  | 627422                                | 1273923 | 110  | 75                    | Franco Arenosa   | 0.89                     | 26%                | 35%       | 1.74  | Bajo       | 7.25 | 518        | 51%         |
|  |                  | HC  |                                       |         | 140  | 65                    | Franco Arenosa   | 0.87                     | 0%                 | 0%        | 1.81  | Bajo       | 7.29 | 579        | 48%         |

**Fuente:** Elaboración propia

### **7.2.1 Descripción Morfológica de los perfiles del suelo de la Finca Sucuya**

En este apartado, se presenta una descripción detallada y comparativa de los diferentes horizontes genéticos del suelo, según los sistemas de clasificación de la (FAO 2009, 4th ed.) y (USDA 2014, 12th ed.) Se enfatizará en las características distintivas de cada horizonte, incluyendo su nomenclatura, estructura morfológica y propiedades físicas y químicas, con el objetivo de facilitar la identificación y designación precisa de cada horizonte en un perfil de suelo.

#### **➤ Descripción Morfológica de Calicata Número #1**

- Generalidades

Fecha de la observación: 14/12/2022

Ubicación del Perfil: Finca "Sucuya"

Lote: 1610-0

Ubicación geográfica (UTM): X: 1271795 Y: 628281

Uso de la tierra: Caña de Azúcar

Clima: Tropical Húmedo

Pendiente: 0 - 1.5%

Información general del suelo

Drenaje: Clase 4 - Bien drenado

Condición del perfil: Húmedo

Los tipos de suelos identificados en el perfil de la calicata número 1 son descritas en la siguiente tabla:

**Tabla 3:** Descripción de la primera calicata #1

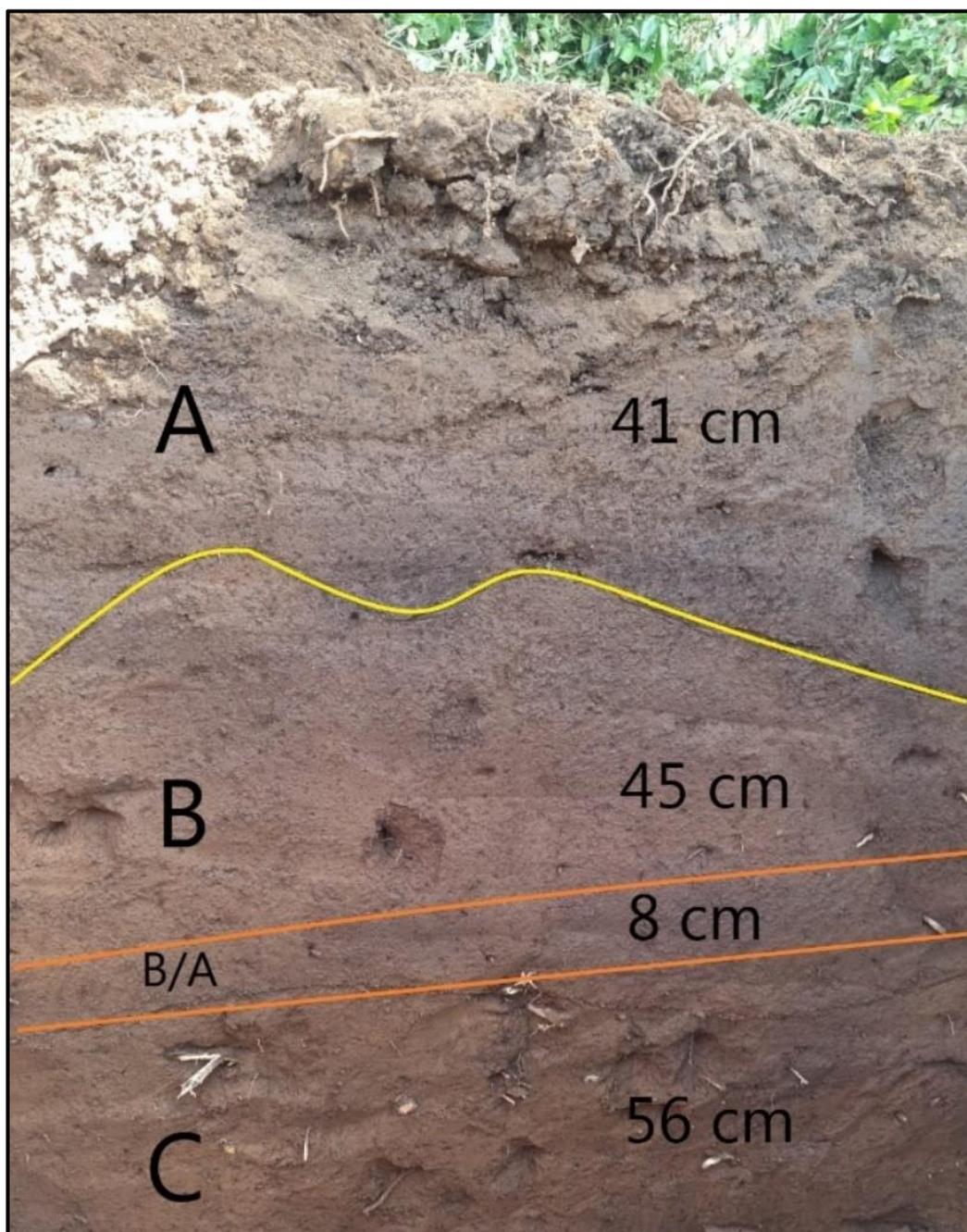
| Horizonte | Profundidad (cm) | Descripción de las características   |
|-----------|------------------|--|
| A         | 0 - 41           | <p><b>Color:</b> El suelo presenta un color marrón apagado amarillento en seco (4/3 Dull Yellowish Brown 10 YR) y rojizo en húmedo (3/3 Reddish 5 YR)</p> <p><b>Textura:</b> La textura del suelo es Franco arcillosa Arenosa.</p> <p><b>Estructura:</b> La estructura del suelo es Granular, lo que significa que tiene una estructura con esferoides que tienen una superficie curvilínea que no son moldes de las caras de los agregados vecinos, y con apenas poros en su interior.</p> <p><b>Grado de clase:</b> El suelo tiene un grado de clase fina.</p> <p><b>Grado de consistencia:</b> El suelo es duro en estado seco, friable en estado húmedo, presenta plasticidad y adherencia en estado mojado.</p> <p><b>Sin moteados:</b> El suelo no presenta moteados.</p> <p><b>Porosidad:</b> El suelo presenta poros finos con diámetro de 0.5-2 mm.</p> <p><b>Límite del horizonte:</b> El límite del horizonte del suelo tiene una nitidez difusa y forma ondulada.</p> <p><b>PH:</b> El pH del suelo es 6.88, lo que indica que es neutro.</p> <p>Para obtener más detalles sobre este tipo de suelo, se pueden consultar los (anexos, pág. xlvii- li).</p> |
| B         | 41 - 86          | <p><b>Color:</b> El suelo presenta un color marrón oscuro en seco (4/4 Brown 10 YR) y marrón claro en húmedo (3/4 Brown 5 YR)</p>  |

| Horizonte | Profundidad (cm) | Descripción de las características  |
|-----------|------------------|---|
|           |                  | <p><b>Textura:</b> La textura del suelo es Franco Arenosa, lo que indica una combinación de arena y una cantidad moderada de finos.</p> <p><b>Estructura:</b> La estructura del suelo es de tipo laminar, lo que indica un plano con dimensiones verticales limitadas, orientado sobre un plano horizontal y usualmente sobrepuesto.</p> <p><b>Grado de clase:</b> El suelo presenta un grado de clase medio.</p> <p><b>Grado de consistencia:</b> El suelo es suave en estado seco, friable en estado húmedo, no plástico y ligeramente adherente en estado mojado.</p> <p><b>Moteados:</b> El suelo presenta pocos moteados (0-2%)</p> <p><b>Porosidad:</b> El suelo presenta poros medios con diámetro de 2-5 mm.</p> <p><b>Límite del horizonte:</b> El límite del horizonte del suelo tiene una nitidez clara y forma fracturada.</p> <p><b>PH:</b> El pH del suelo es 7.32, lo que indica que es neutro.</p> <p>Para obtener más detalles sobre este tipo de suelo, se pueden consultar los (anexos, pág. xlvii- li).</p> |
| C         | 94 - 150         | <p><b>Color:</b> El suelo presenta un color marrón oscuro en seco (4/4 Brown 10 YR) y marrón claro en húmedo (3/4 Brown 5 YR)</p> <p><b>Textura:</b> La textura del suelo es Franco Arenosa, lo que indica una combinación de arena y una cantidad moderada de finos.</p>   |

| Horizonte | Profundidad (cm) | Descripción de las características   |
|-----------|------------------|--|
|           |                  | <p><b>Estructura:</b> La estructura del suelo es de tipo laminar, lo que indica un plano con dimensiones verticales limitadas, orientado sobre un plano horizontal y usualmente sobrepuesto.</p> <p><b>Grado de consistencia:</b> El suelo es suave en estado seco, friable en estado húmedo y presenta una ligera plasticidad en estado mojado.</p> <p><b>Moteados:</b> El suelo presenta pocos moteados (0-2%)</p> <p><b>Porosidad:</b> El suelo presenta poros finos con diámetro de 0.5-2 mm.</p> <p><b>Límite del horizonte:</b> El límite del horizonte del suelo tiene una nitidez clara y forma fracturada.</p> <p><b>PH:</b> El pH del suelo es 7.35, lo que indica que es neutro.</p> <p>Para obtener más detalles sobre este tipo de suelo, se pueden consultar los (anexos, pág. xlvii- li).</p> |

**Fuente:** *Elaboración propia*

**Figura 24.** Descripción del perfil # 1



**Fuente:** Elaboración propia

➤ **Descripción Morfológica de Calicata #2**

• **Generalidades**

Fecha de la observación: 15/12/2022

Ubicación del Perfil: Finca “Sucuya”

Lote: 1663-1

Ubicación geográfica (UTM): X: 1272953 Y: 628028

Uso de la tierra: Caña de Azúcar

Clima: Tropical Húmedo

Pendiente: 0 - 1.5%

Información general del suelo

Drenaje: Clase 2 – Imperfectamente drenado

Condición del perfil: Húmedo

Los tipos de suelos identificados en el perfil de la calicata número 1 son descritas en la siguiente tabla:

**Tabla 4:** Descripción del perfil de la calicata #2

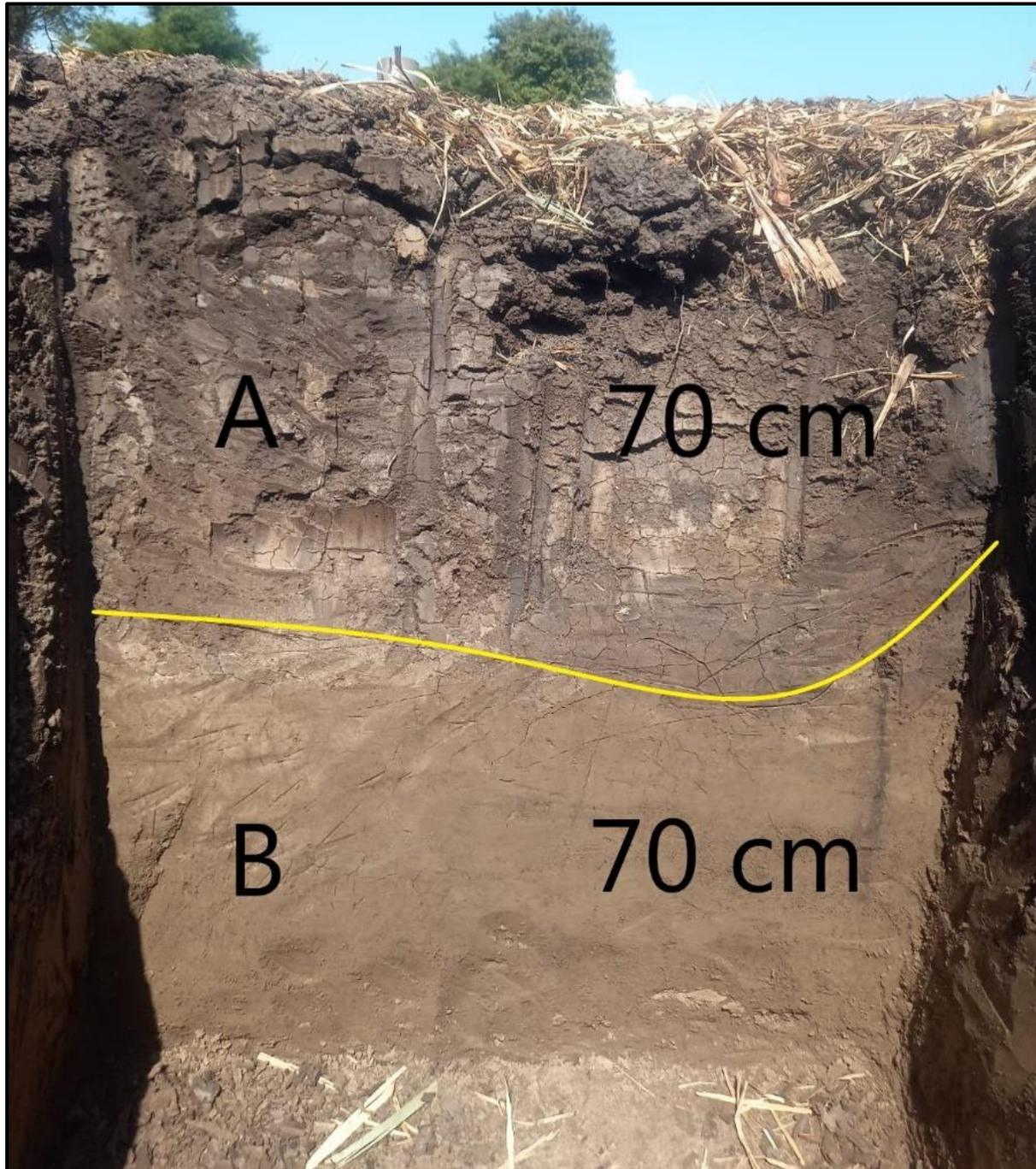
| Horizonte | Profundidad (cm) | Descripción de las características  |
|-----------|------------------|---|
| A         | 0 - 70           | <b>Color:</b> El suelo presenta un color gris rojizo en seco (5/1 Reddish Gray 10 R) y un color negro parduzco en húmedo (2/2 Brownish Black 5 YR).<br><b>Textura:</b> La textura del suelo es arcillosa, lo que indica que las partículas de arcilla son las que prevalecen en este perfil de suelo.<br><b>Estructura:</b> La estructura del suelo es de tipo bloques, lo que indica la presencia de bloques |

| Horizonte | Profundidad (cm) | Descripción de las características   |
|-----------|------------------|--|
|           |                  | <p>con superficies ligeramente redondeadas que son moldes de caras de los agregados vecinos.</p> <p><b>Grado de clase:</b> El suelo tiene un grado de clase fino/delgado.</p> <p><b>Grado de consistencia:</b> El suelo es duro en seco, muy firme en húmedo, plástico y no adherente en mojado.</p> <p><b>Sin moteados:</b> El suelo contiene una presencia común de moteados (5-15%).</p> <p><b>Porosidad:</b> El suelo presenta poros finos (0.5-2 mm).</p> <p><b>Límite del horizonte:</b> El límite del horizonte del suelo tiene una nitidez clara y forma suave.</p> <p><b>PH:</b> El pH del suelo es 7.48, lo que indica que es medianamente básico.</p> <p>Para obtener más detalles sobre este tipo de suelo, se pueden consultar los (anexos, pág. xlvii- li)..</p> |
| B         | 70 - 140         | <p><b>Color:</b> El suelo presenta un color marrón grisáceo opaco en seco (5/3 Grayish Brown Dull 7.5 YR), y un color marrón amarillo grisáceo en húmedo (4/2 Grayish Yellow Brown 10 YR).</p> <p><b>Textura:</b> La textura del suelo es Franco Arcillosa Arenosa, lo que indica una combinación de arena y partículas finas de arcilla, mayoritariamente.</p> <p><b>Estructura:</b> La estructura del suelo es de tipo laminar, lo que indica un plano con dimensiones verticales limitadas, orientado</p>   |

| Horizonte | Profundidad (cm) | Descripción de las características  |
|-----------|------------------|---|
|           |                  | <p>sobre un plano horizontal y usualmente sobrepuesto.</p> <p><b>Grado de clase:</b> El suelo tiene un grado de clase medio.</p> <p><b>Grado de consistencia:</b> El suelo es ligeramente duro en seco, friable en húmedo, no plástico y ligeramente adherente en mojado.</p> <p><b>Sin moteados:</b> El suelo presenta poca presencia de moteados (2-5%).</p> <p><b>Porosidad:</b> El suelo presenta poros medios (2-5 mm).</p> <p><b>Límite del horizonte:</b> El límite del horizonte del suelo tiene una nitidez clara y forma suave.</p> <p><b>PH:</b> El pH del suelo es 7.7, lo que indica que es medianamente básico</p> <p>Para obtener más detalles sobre este tipo de suelo, se pueden consultar los (anexos, pág. xlvii- li).</p> |

**Fuente:** *Elaboración propia*

**Figura 25.** Descripción del perfil de la calicata #2



**Fuente:** Elaboración propia

➤ **Descripción Morfológica de Calicata Número #3**

• **Generalidades**

Fecha de la observación: 16/12/2022

Ubicación del Perfil: Finca “Sucuya”

Lote: 1650-0

Ubicación geográfica (UTM): X: 1272974 Y: 628015

Uso de la tierra: Caña de Azúcar

Clima: Tropical Húmedo

Pendiente: 0 - 1.5%

Información general del suelo

Drenaje: Clase 2 – Imperfectamente drenado

Condición del perfil: Húmedo

Los tipos de suelos identificados en el perfil de la calicata número 1 son descritas en la siguiente tabla:

**Tabla 5.** Descripción del perfil de la calicata #3

| Horizonte | Profundidad (cm) | Descripción de las características   |
|-----------|------------------|--|
| A         | 0 - 35           | <b>Color:</b> El suelo presenta un color en seco marrón amarillo grisáceo (4/2 Grayish Yellow Brown 10 YR), y en húmedo un color marrón negro pardusco (3/2 Brownish Black Dark 5 YR).<br><b>Textura:</b> La textura del suelo es Franco Arcillosa, lo que indica hay una proporción parcialmente homogénea de las partículas de arena, arcilla y limo.<br><b>Estructura:</b> La estructura del suelo es de tipo Bloques angulares, lo que indica la presencia de bloques en el perfil que son ligeramente |

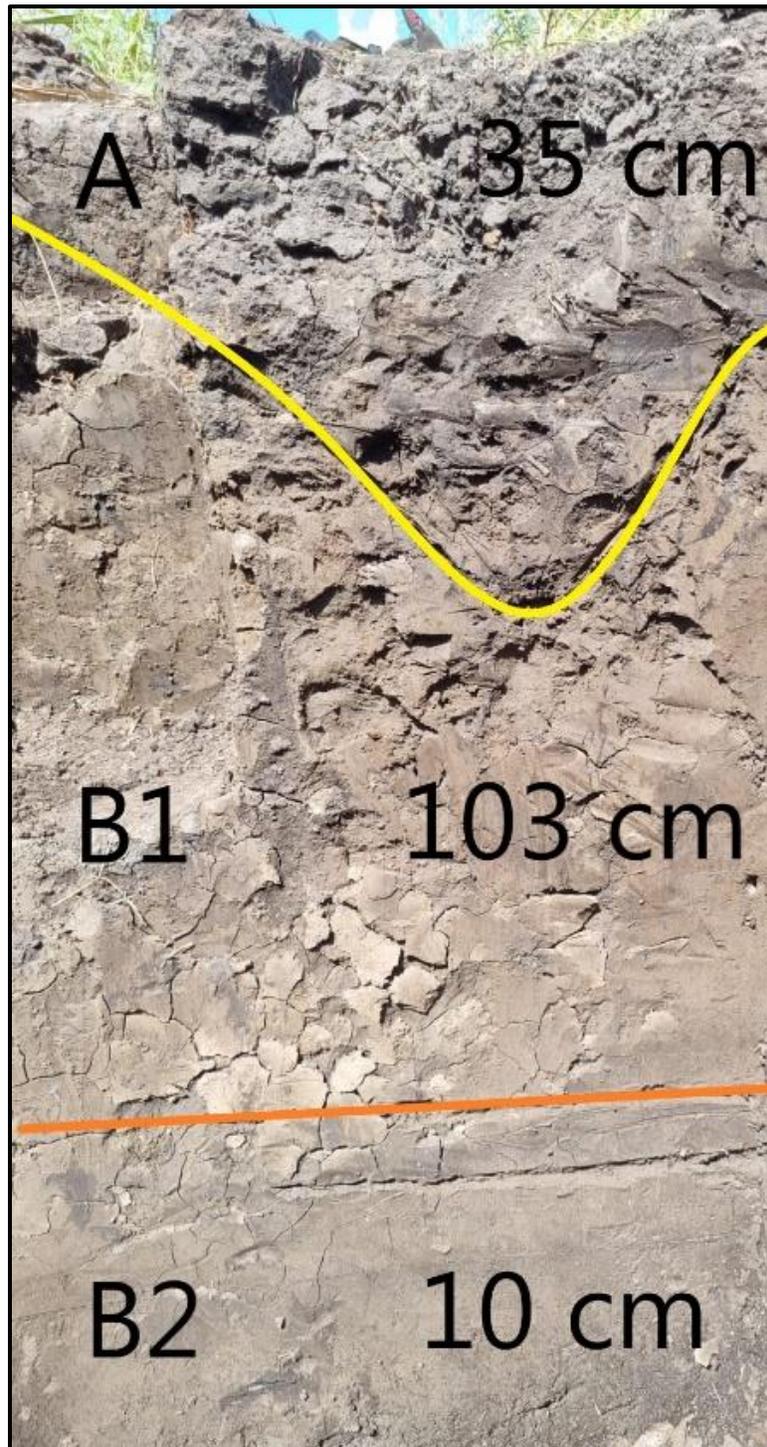
| Horizonte | Profundidad (cm) | Descripción de las características  |
|-----------|------------------|---|
|           |                  | <p>redondeadas y que son moldes de las caras de los agregados vecinos.</p> <p><b>Grado de clase:</b> El suelo tiene un grado de clase fino/delgado.</p> <p><b>Grado de consistencia:</b> El suelo es duro en seco, firme en húmedo, muy plástico y ligeramente adherente en mojado,</p> <p><b>Sin moteados:</b> El suelo cuenta con muy poca presencia de moteados (0-2%).</p> <p><b>Porosidad:</b> El suelo presenta poros medios (2-5 mm).</p> <p><b>Límite del horizonte:</b> El límite del horizonte del suelo tiene una nitidez difusa y forma ondulada.</p> <p><b>PH:</b> El pH del suelo es 7.34, lo que indica que es medianamente básico.</p> <p>Para obtener más detalles sobre este tipo de suelo, se pueden consultar los (anexos, pág. xlvii- li).</p> |
| B1        | 35 - 138         | <p><b>Color:</b> El suelo presenta un color en seco marrón amarillo grisáceo (5/2 Grayish Yellow Brown 10 YR), y en húmedo un color marrón grisáceo (4/2 Grayish Brown 7.5 YR)</p> <p><b>Textura:</b> La textura del suelo es Franco Arcillosa, lo que indica hay una proporción parcialmente homogénea de las partículas de arena, arcilla y limo.</p> <p><b>Estructura:</b> La estructura del suelo es de tipo Bloques angulares, lo que indica la presencia de bloques en el perfil que son ligeramente redondeadas y que son moldes de las caras de los agregados vecinos.</p>  |

| Horizonte | Profundidad (cm) | Descripción de las características  |
|-----------|------------------|---|
|           |                  | <p><b>Grado de clase:</b> El suelo tiene un grado de clase fino/delgado.</p> <p><b>Grado de consistencia:</b> El suelo es duro en seco, muy friable en húmedo, muy plástico y ligeramente adherente en mojado.</p> <p><b>Sin moteados:</b> El suelo presenta poca presencia de moteados (2-5%).</p> <p><b>Porosidad:</b> El suelo presenta poros finos (0.5 - 2 mm).</p> <p><b>Límite del horizonte:</b> El límite del horizonte del suelo tiene una nitidez difusa y forma suave.</p> <p><b>PH:</b> El pH del suelo es 7.71, lo que indica que es medianamente básico.</p> <p>Para obtener más detalles sobre este tipo de suelo, se pueden consultar los (anexos, pág. xvii- li).</p> |
| B2        | 138 - 148        | <p><b>Color:</b> El suelo presenta un color en seco marrón amarillo grisáceo (6/2 Grayish Yellow Brown 10 YR) y en húmedo un color gris pardusco (4/1 Brownish Gray 7.5 YR).</p> <p><b>Textura:</b> La textura del suelo es Arcillo Limoso, lo que indica que en el perfil hay un mayor contenido de partículas de arcilla y limo.</p> <p><b>Estructura:</b> La estructura del suelo es de tipo Bloques angulares, lo que indica la presencia de bloques en el perfil que son ligeramente redondeadas y que son moldes de las caras de los agregados vecinos, aunque en este perfil los bloques se hayan menos definidos que en los anteriores.</p>                                     |

| Horizonte | Profundidad (cm) | Descripción de las características  |
|-----------|------------------|---|
|           |                  | <p><b>Grado de clase:</b> El suelo tiene un grado de clase muy fino/delgado.</p> <p><b>Grado de consistencia:</b> El suelo es muy duro en seco, firme en húmedo, plástico y adherente en mojado.</p> <p><b>Sin moteados:</b> En el perfil no se presentaron moteados.</p> <p><b>Porosidad:</b> El suelo presenta poros muy finos (&lt;0.5mm).</p> <p><b>Límite del horizonte:</b> El límite del horizonte del suelo tiene una nitidez clara y una forma suave.</p> <p><b>PH:</b> El pH del suelo es 8.01, lo que indica que es básico.</p> <p>Para obtener más detalles sobre este tipo de suelo, se pueden consultar los (anexos, pág. xlvii- li).</p> |

**Fuente:** *Elaboración propia*

**Figura 26.** Descripción del perfil de la calicata #3



**Fuente:** Elaboración propia

➤ **Descripción Morfológica de Calicata Número #4**

• **Generalidades**

Fecha de la observación: 17/12/2022

Ubicación del Perfil: Finca “Sucuya”

Lote: 1666-0

Ubicación geográfica (UTM): X: 626267 Y: 1274924

Uso de la tierra: Caña de Azúcar

Clima: Tropical Húmedo

Pendiente: 0 - 1.5%

Información general del suelo

Drenaje: Clase 0 – Muy escasamente drenado

Condición del perfil: Húmedo

Los tipos de suelos identificados en el perfil de la calicata número 1 son descritas en la siguiente tabla:

**Tabla 6.** Descripción del perfil de la calicata #4

| Horizonte | Profundidad (cm) | Descripción de las calicatas   |
|-----------|------------------|--|
| O         | 0 – 15           | <p><b>Color:</b> El suelo presenta un color en seco gris marrón grisáceo (8/2 Grayish Brown Gray 7.5 YR), y en húmedo marrón grisáceo (4/2 Grayish Brown 7.5 YR).</p> <p><b>Textura:</b> La textura del suelo es Franco Arcilloso, lo que indica hay una proporción casi homogénea de las partículas de arena, limo y arcilla en el perfil en estudio.</p> <p><b>Estructura:</b> La estructura del suelo es de tipo Granular, es decir, en el perfil se presencian esferoides que tienen superficies curvilíneas que no son moldes de los agregados vecinos.</p> |

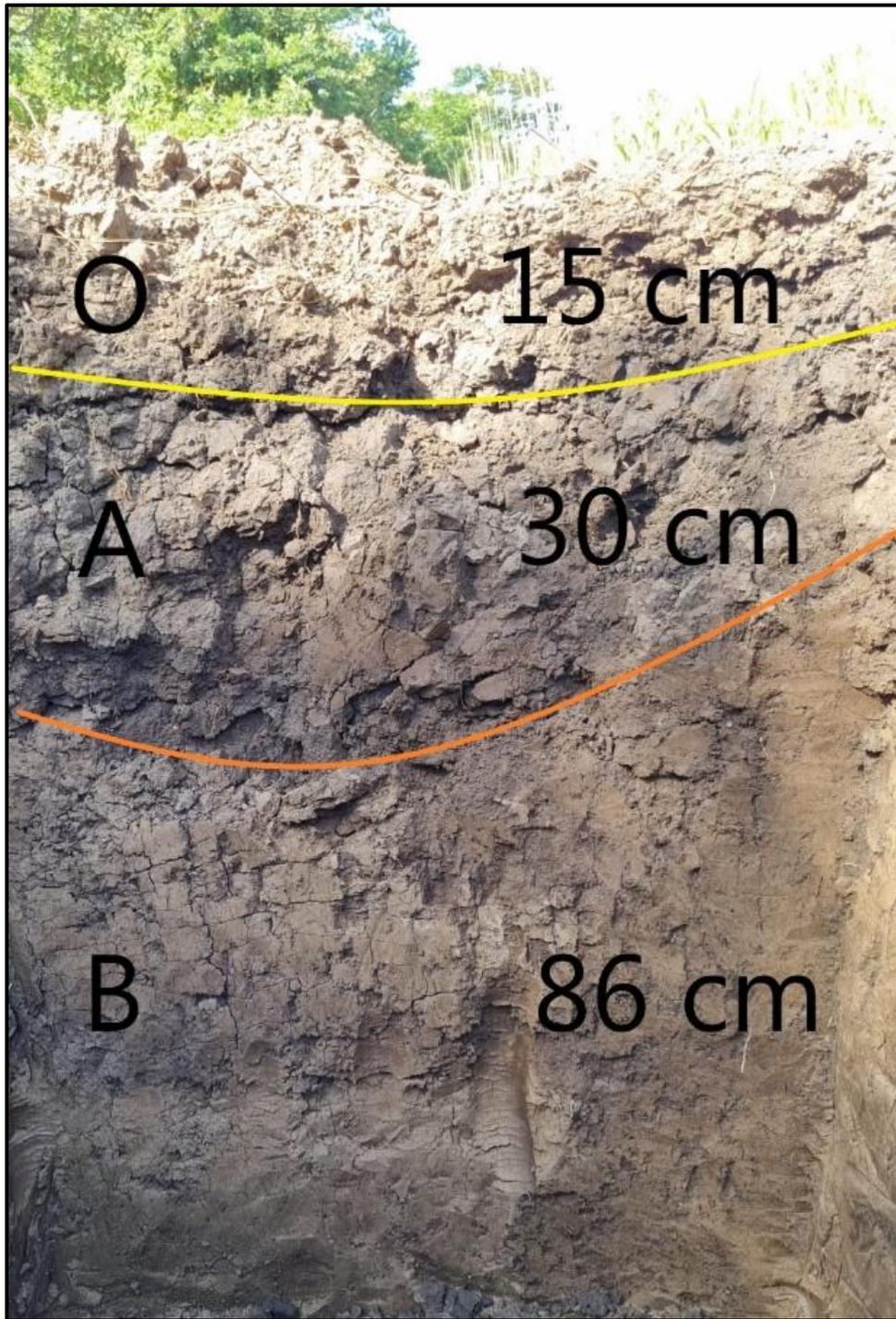
| Horizonte | Profundidad (cm) | Descripción de las calicatas  |
|-----------|------------------|---|
|           |                  | <p><b>Grado de clase:</b> El suelo tiene un grado de clase fino/delgado.</p> <p><b>Grado de consistencia:</b> El suelo es ligeramente duro en seco, friable en húmedo, ligeramente plástico y adherente en mojado.</p> <p><b>Sin moteados:</b> En el perfil no se presentaron moteados.</p> <p><b>Porosidad:</b> El suelo presenta poros finos (0.5 -2 mm).</p> <p><b>Límite del horizonte:</b> El límite del horizonte del suelo tiene una nitidez abrupta y una forma suave.</p> <p><b>PH:</b> El pH del suelo es 7.2, lo que indica que es neutro. Para obtener más detalles sobre este tipo de suelo, se pueden consultar los (anexos, pág. xlvii- li).</p>   |
| A         | 15 - 30          | <p><b>Color:</b> El suelo presenta un color en seco blanco grisáceo (8/0 Grayish White N), y en húmedo gris pardusco (5/1 Brownish Gray 10 R).</p> <p><b>Textura:</b> La textura del suelo es Franco Arcilloso, lo que indica hay una proporción casi homogénea de las partículas de arena, limo y arcilla en el perfil en estudio.</p> <p><b>Estructura:</b> La estructura del suelo es de tipo Bloques angulares, es decir, en el perfil se presencian bloques casi equidimensionales con superficies planas, ligeramente redondeados, que son moldes de las caras de los agregados vecinos.</p> <p><b>Grado de clase:</b> El suelo tiene un grado de clase fino/delgado.</p> <p><b>Grado de consistencia:</b> El suelo es ligeramente duro en seco, firme en húmedo, ligeramente plástico y adherente en mojado.</p> |

| Horizonte | Profundidad (cm) | Descripción de las calicatas  |
|-----------|------------------|---|
|           |                  | <p><b>Sin moteados:</b> En el perfil se presentaron pocos moteados (2-5%).</p> <p><b>Porosidad:</b> El suelo presenta poros finos (0.5 -2 mm).</p> <p><b>Límite del horizonte:</b> El límite del horizonte del suelo tiene una nitidez clara y una forma ondulada.</p> <p><b>PH:</b> El pH del suelo es 7.36, lo que indica que es neutro. Para obtener más detalles sobre este tipo de suelo, se pueden consultar los (anexos, pág. xlvii- li).</p>  |
| B         | 30 – 131         | <p><b>Color:</b> El suelo presenta un color en seco gris claro (8/1 Light Gray 2.5 YR), y en húmedo marrón grisáceo oscuro (5/3 Grayish Brown Dull 7.5 YR).</p> <p><b>Textura:</b> La textura del suelo es Arcillosa, lo que indica que la presencia de partículas de arcilla son las que predominan en el perfil en estudio.</p> <p><b>Estructura:</b> La estructura del suelo es de tipo Bloques angulares, es decir, en el perfil se presencian bloques casi equidimensionales con superficies planas, ligeramente redondeados, que son moldes de las caras de los agregados vecinos.</p> <p><b>Grado de clase:</b> El suelo tiene un grado de clase muy fino/delgado.</p> <p><b>Grado de consistencia:</b> El suelo es muy duro en seco, muy firme en húmedo, plástico y ligeramente adherente en mojado.</p> <p><b>Sin moteados:</b> En el perfil se presentaron pocos moteados (2-5%).</p> <p><b>Porosidad:</b> El suelo presenta poros muy finos (&lt;0.5 mm).</p> |

| Horizonte | Profundidad (cm) | Descripción de las calicatas   |
|-----------|------------------|--|
|           |                  | <p><b>Límite del horizonte:</b> El límite del horizonte del suelo tiene una nitidez clara y una forma suave.</p> <p><b>PH:</b> El pH del suelo es 7.33, lo que indica que es neutro. Para obtener más detalles sobre este tipo de suelo, se pueden consultar los (anexos, pág. xlvii- li).</p> |

**Fuente:** *Elaboración propia*

**Figura 27.** Descripción del perfil de la calicata #4



**Fuente:** Elaboración propia

➤ **Descripción Morfológica de la calicata número #5**

• **Generalidades**

Fecha de la observación: 18/12/2022

Ubicación del Perfil: Finca “Sucuya”

Lote: 1636-2

Ubicación geográfica (UTM): X: 629159 Y: 1272254

Uso de la tierra: Caña de Azúcar

Clima: Tropical Húmedo

Pendiente: 0 - 1.5%

**Información general del suelo**

Drenaje: Clase 4 – Bien drenado

Condición del perfil: Húmedo

Los tipos de suelos identificados en el perfil de la calicata número 5 son descritas en la siguiente tabla:

**Tabla 7.** Descripción del perfil de la calicata #5

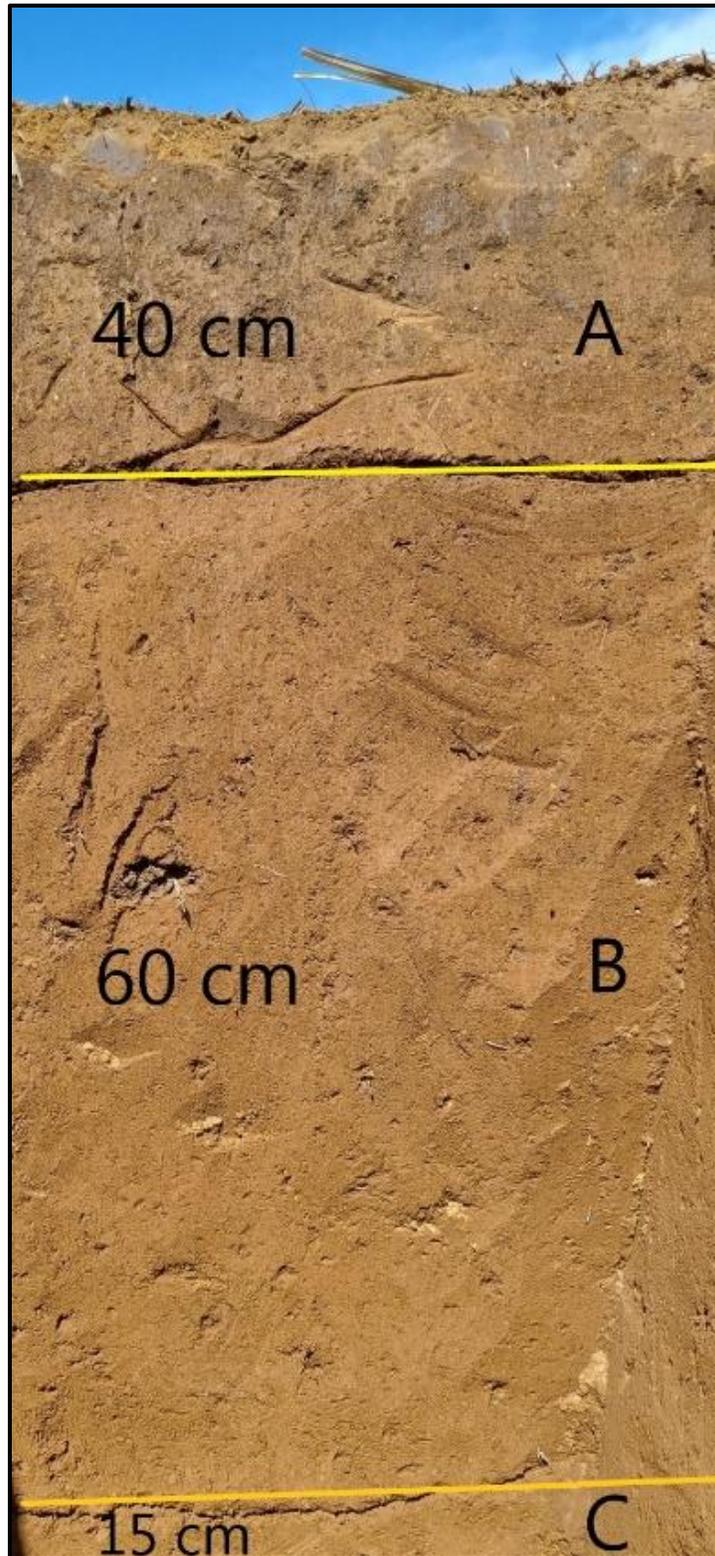
| Horizonte | Profundidad (cm) | Descripción de la calicata   |
|-----------|------------------|--|
| A         | 0-40             | <b>Color:</b> El suelo presenta un color en seco marrón (4/4 Brown 10 YR), y en húmedo negro pardusco (3/2 Brownish Black 7.5 YR).<br><b>Textura:</b> La textura del suelo es Franco Arenoso.<br><b>Estructura:</b> La estructura del suelo es de tipo migajosa, es decir, que se encuentran en el perfil agregados porosos de forma redondeada.<br><b>Grado de clase:</b> El suelo tiene un grado de clase medio. |

| Horizonte | Profundidad (cm) | Descripción de la calicata  |
|-----------|------------------|---|
|           |                  | <p><b>Grado de consistencia:</b> El suelo es suelto en seco, muy friable en húmedo, ligeramente plástico y ligeramente adherente en mojado.</p> <p><b>Sin moteados:</b> En el perfil no se encontró la presencia de moteados.</p> <p><b>Porosidad:</b> El suelo presenta poros con diámetro de tamaño medio (2-5 mm).</p> <p><b>Límite del horizonte:</b> El límite del horizonte del suelo tiene una nitidez clara y una forma suave.</p> <p><b>PH:</b> El pH del suelo es 7.08, lo que indica que es neutro. Para obtener más detalles sobre este tipo de suelo, se pueden consultar los (anexos, pág. xlvii- li).</p>  |
| B         | 40-100           | <p><b>Color:</b> El suelo presenta un color en seco marrón rojizo (5/3 Reddish Brown 10 R), y en húmedo naranja (6/6 Orange 7.5 YR).</p> <p><b>Textura:</b> La textura del suelo es Franco Arenoso.</p> <p><b>Estructura:</b> La estructura del suelo es de tipo migajosa, es decir, que se encuentran en el perfil agregados porosos de forma redondeada.</p> <p><b>Grado de clase:</b> El suelo tiene un grado de clase medio.</p> <p><b>Grado de consistencia:</b> El suelo es suelto en seco, muy friable en húmedo, ligeramente plástico y adherente en mojado.</p> <p><b>Sin moteados:</b> En el perfil no se encontró la presencia de moteados.</p> <p><b>Porosidad:</b> El suelo presenta poros con diámetro de tamaño medio (2-5 mm).</p> <p><b>Límite del horizonte:</b> El límite del horizonte del suelo tiene una nitidez clara y una forma suave.</p> |

| Horizonte | Profundidad (cm) | Descripción de la calicata  |
|-----------|------------------|---|
|           |                  | <p><b>PH:</b> El pH del suelo es 7.6, lo que indica que es medianamente básico.</p>   |
| C         | 100-115          | <p><b>Color:</b> El suelo presenta un color en seco amarillo naranja oscuro (6/3 Dull Yellow Orange 10 YR), y en húmedo marrón (4/6 Brown 7.5 YR).</p> <p><b>Textura:</b> La textura del suelo es Franco Arenoso.</p> <p><b>Estructura:</b> La estructura del suelo es de tipo migajosa, es decir, que se encuentran en el perfil agregados porosos de forma redondeada.</p> <p><b>Grado de clase:</b> El suelo tiene un grado de clase medio.</p> <p><b>Grado de consistencia:</b> El suelo es suelto en seco, muy friable en húmedo, ligeramente plástico y adherente en mojado.</p> <p><b>Sin moteados:</b> En el perfil no se encontró la presencia de moteados.</p> <p><b>Porosidad:</b> El suelo presenta poros con diámetro de tamaño medio (2-5 mm).</p> <p><b>Límite del horizonte:</b> El límite del horizonte del suelo tiene una nitidez clara y una forma suave.</p> <p><b>PH:</b> El pH del suelo es 7.46, lo que indica que es medianamente básico.</p> <p>Para obtener más detalles sobre este tipo de suelo, se pueden consultar los (anexos, pág. xlvii- li).</p> |

**Fuente:** Elaboración propia

**Figura 28:** Perfil de calicata #5



**Fuente:** Elaboración propia

➤ **Descripción Morfológica de la calicata número #6**

• **Generalidades**

Fecha de la observación: 19/12/2022

Ubicación del Perfil: Finca “Sucuya”

Lote: 1618-0

Ubicación geográfica (UTM): X: 627422 Y: 1273923

Uso de la tierra: Caña de Azúcar

Clima: Tropical Húmedo

Pendiente: 0 - 1.5%

**Información general del suelo**

Drenaje: Clase 2 – Imperfectamente drenado

Condición del perfil: Húmedo

Los tipos de suelos identificados en el perfil de la calicata número 6 son descritas en el siguiente Tabla 9:

**Tabla 8.** Descripción del perfil de la calicata #6

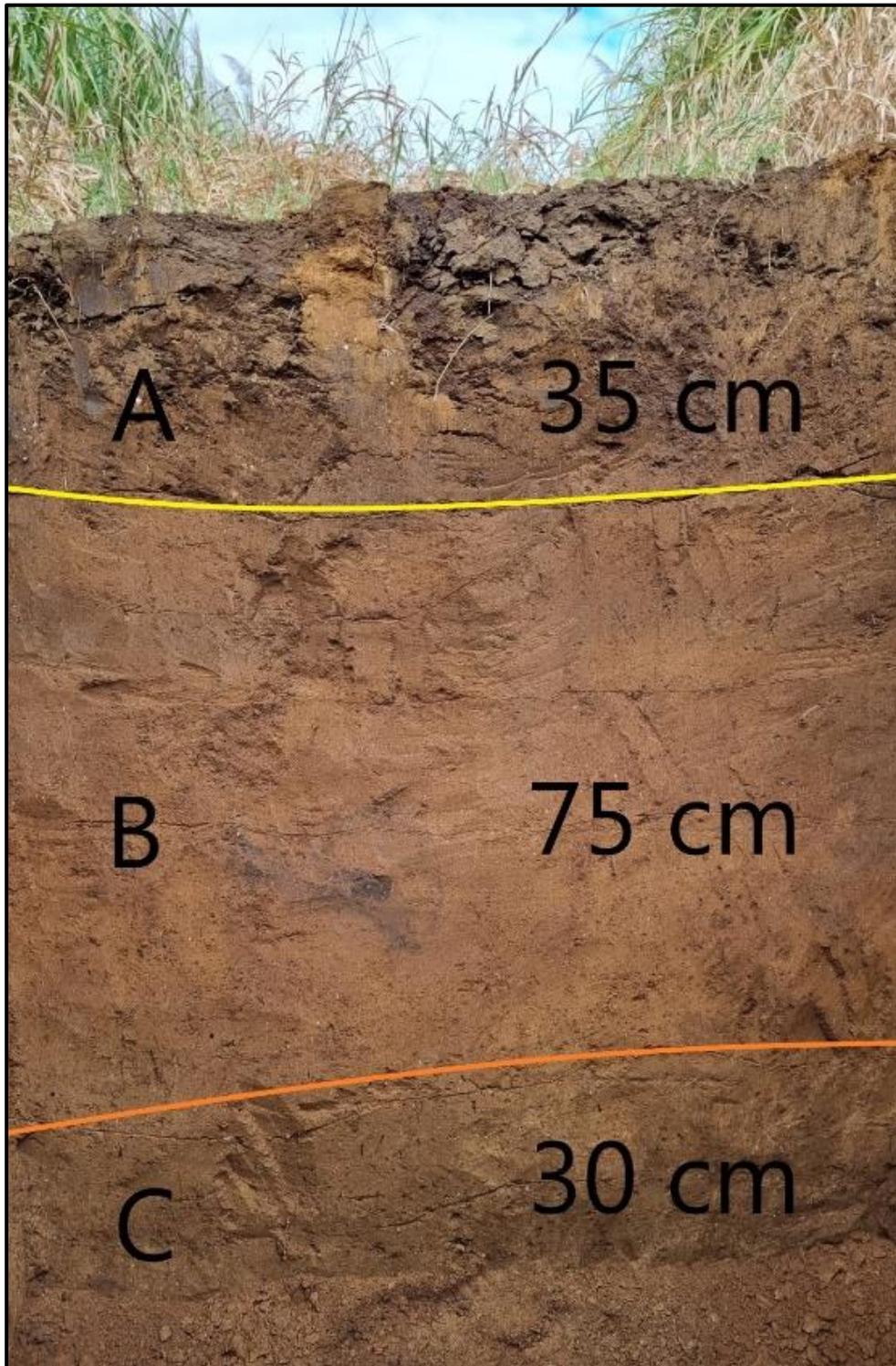
| Horizonte | Profundidad (cm) | Característica del perfil  |
|-----------|------------------|--|
| A         | 0-35             | <p><b>Color:</b> El suelo presenta un color en seco marrón amarillento opaco (5/3 Dull Yellowish Brown 10 YR), y en húmedo marrón negro pardusco (3/4 Brownish Black Brown 7.5 YR).</p> <p><b>Textura:</b> La textura del suelo es Franco Arenoso.</p> <p><b>Estructura:</b> La estructura del suelo es de tipo granular, es decir, que en el perfil se encontró la presencia de esferoides con superficies irregulares que no son molde de los agregados vecinos.</p> <p><b>Grado de clase:</b> El suelo tiene un grado de clase medio.</p> |

| Horizonte | Profundidad (cm) | Característica del perfil   |
|-----------|------------------|---|
|           |                  | <p><b>Grado de consistencia:</b> El suelo es duro en seco, friable en húmedo, no plástico y ligeramente adherente en mojado.</p> <p><b>Sin moteados:</b> En el perfil no se encontró la presencia de moteados.</p> <p><b>Porosidad:</b> El suelo presenta poros con diámetro de tamaño medio (2-5 mm).</p> <p><b>Límite del horizonte:</b> El límite del horizonte del suelo tiene una nitidez clara y una forma suave.</p> <p><b>PH:</b> El pH del suelo es 7.3, lo que indica que es neutro. Para obtener más detalles sobre este tipo de suelo, se pueden consultar los (anexos, pág. xlvii- li).</p>  |
| B         | 35-110           | <p><b>Color:</b> El suelo presenta un color en seco marrón (4/4 Brown 10 YR), y en húmedo marrón negro pardusco (3/4 Brownish Black Brown 5 YR).</p> <p><b>Textura:</b> La textura del suelo es Franco Arenoso.</p> <p><b>Estructura:</b> La estructura del suelo es de tipo migajosa, es decir, que se encuentran en el perfil agregados porosos de forma redondeada.</p> <p><b>Grado de clase:</b> El suelo tiene un grado de clase medio.</p> <p><b>Grado de consistencia:</b> El suelo es duro en seco, muy friable en húmedo, no plástico y ligeramente adherente en mojado.</p> <p><b>Sin moteados:</b> En el perfil no se encontró la presencia de muy pocos moteados (0-2%).</p> <p><b>Porosidad:</b> El suelo presenta poros con diámetro de tamaño medio (2-5 mm).</p> <p><b>Límite del horizonte:</b> El límite del horizonte del suelo tiene una nitidez difusa y una forma ondulada.</p> |

| Horizonte | Profundidad (cm) | Característica del perfil   |
|-----------|------------------|---|
|           |                  | <b>PH:</b> El pH del suelo es 7.25, lo que indica que es neutro.  |
| C         | 110-140          | <p><b>Color:</b> El suelo presenta un color en seco amarillo grisáceo (6/4 Grayish Yellow 25 YR), y en húmedo marrón (4/6 Brown 7.5 YR).</p> <p><b>Textura:</b> La textura del suelo es Franco Arenoso.</p> <p><b>Estructura:</b> La estructura del suelo es de tipo migajosa, es decir, que se encuentran en el perfil agregados porosos de forma redondeada.</p> <p><b>Grado de clase:</b> El suelo tiene un grado de clase medio.</p> <p><b>Grado de consistencia:</b> El suelo es duro en seco, muy friable en húmedo, no plástico y ligeramente adherente en mojado.</p> <p><b>Sin moteados:</b> En el perfil no se encontró la presencia de moteados.</p> <p><b>Porosidad:</b> El suelo presenta poros con diámetro de tamaño medio (2-5 mm).</p> <p><b>Límite del horizonte:</b> El límite del horizonte del suelo tiene una nitidez clara y una forma ondulada.</p> <p><b>PH:</b> El pH del suelo es 7.29, lo que indica que es básico.</p> |

**Fuente:** *Elaboración propia*

**Figura 29:** Perfil de la calicata #6



*Fuente:* Elaboración propia

### **7.3 CARACTERÍSTICAS HIDROFÍSICAS**

En este apartado se presentan los análisis de los ensayos de campo para la velocidad de infiltración (VI) y los ensayos de laboratorio para la capacidad de campo (CC) y el punto de marchitez permanente (PMP), las cuales son propiedades hidrofísicas relevantes del suelo.

#### **7.3.1 Velocidad de Infiltración (VI)**

Los resultados de la velocidad de infiltración son indicativos de la capacidad del suelo para permitir el flujo de agua a través de él. Al inicio de la prueba, se observó una variabilidad en la velocidad de infiltración en los diferentes lotes investigados, con valores que oscilan entre moderadamente rápidos y moderados. Esto sugiere que la permeabilidad del suelo puede variar de un lote a otro, y que algunos suelos son más adecuados para el riego y el drenaje que otros.

A medida que el suelo se satura, la velocidad de infiltración se estabiliza y se vuelve representativa del tipo de suelo en cuestión. En este estudio, se encontraron valores bajos de 0.1 a 1.6 cm/hr en general, lo que es típico de suelos arcillosos a franco arcillosos, lo que indica una permeabilidad limitada en esos suelos. Sin embargo, se observó que el lote 1618-0, con textura franco arenosa, presentó un valor más alto de VI de 17.9 cm/hr. Aunque este valor es inusualmente alto para un suelo con esta textura, puede ser explicado por una combinación de factores.

Por un lado, el contenido de arena en este suelo aumenta su capacidad de infiltración y permite una mayor velocidad de infiltración del agua en comparación con los suelos más arcillosos. Además, este suelo presenta buena estructura, con poros bien desarrollados y conectados, lo cual juega un papel importante en la permeabilidad y permite una mayor velocidad de infiltración del agua.

Es importante tener en cuenta que los valores de VI pueden variar dependiendo de la ubicación y la época del año, por lo que se recomienda realizar varias mediciones para obtener una idea más precisa de la permeabilidad del suelo. Cabe destacar que la clasificación de los resultados se realizó con referencia al libro de principios de Riego y

Drenaje de la Universidad de Guatemala (Anexo, pág. I), lo que garantiza una evaluación consistente y rigurosa de los resultados.

Los gráficos a continuación ilustran los resultados de la velocidad de infiltración para cada uno de los lotes investigados. Además, en los (anexos, pág. lii - lxii), se proporcionan los registros de datos utilizados para calcular la velocidad de infiltración y en los (anexos pág. lxiii – lxvii) 25.1 y 25.2 se presentan las velocidades de infiltración corregidas. Estos documentos brindan una visión completa y detallada de los resultados obtenidos.

➤ **Gráficos de Velocidad de Infiltración ( $V_i$ )**

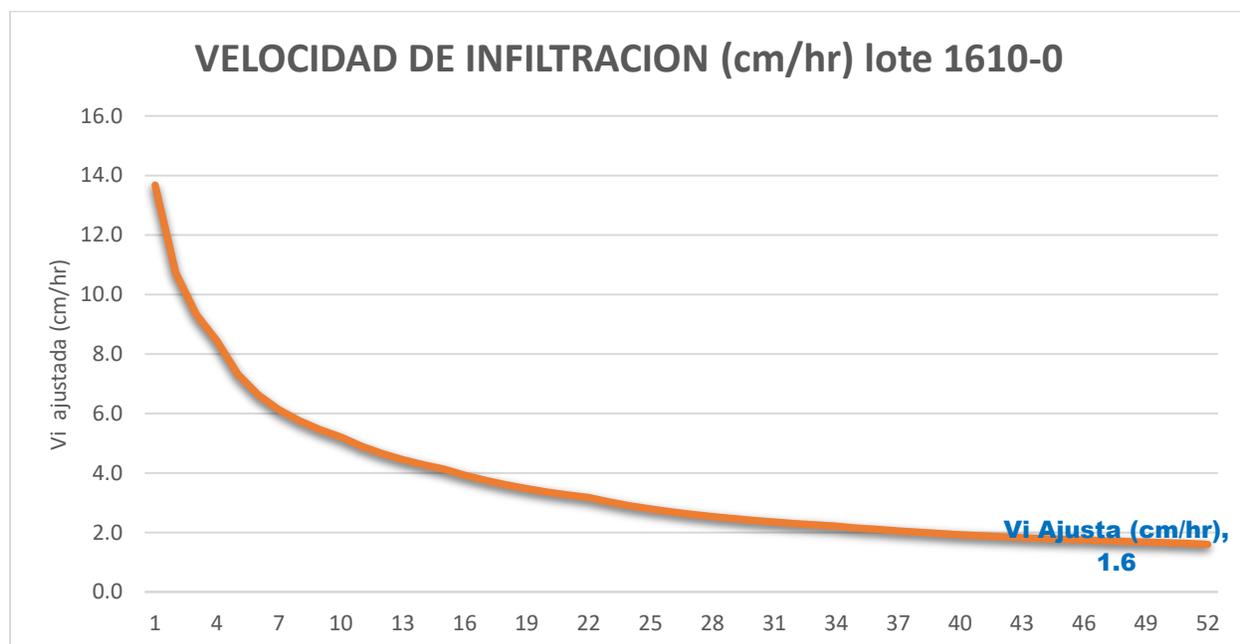
- **Ubicación de prueba de campo  $V_i$  Lote 1610-0**

**Textura:** Franco Arcilloso Arenoso

**Método usado:** Infiltrómetro de doble cilindro

**Fecha:** 14 de diciembre de 2022

**Figura 30:** Velocidad de infiltración lote 1610-0



**Fuente:** Elaboración propia

En el lote 1610-0, el análisis de la velocidad de infiltración ajustada por el método de los mínimos cuadrados arrojó un resultado de 1.6 cm/hr. Este resultado coincide y se ajusta con los rangos de velocidad establecidos para suelos con textura Franco-arcilloso, según se presenta en el (Anexo, pág. I). Por lo tanto, se puede afirmar que la capacidad de infiltración de este lote es adecuada para satisfacer los requerimientos de riego y drenaje.

Es importante tener en cuenta que la textura del suelo es un factor significativo en la evaluación de la velocidad de infiltración, y que la velocidad adecuada puede variar dependiendo de las condiciones específicas de cada área.

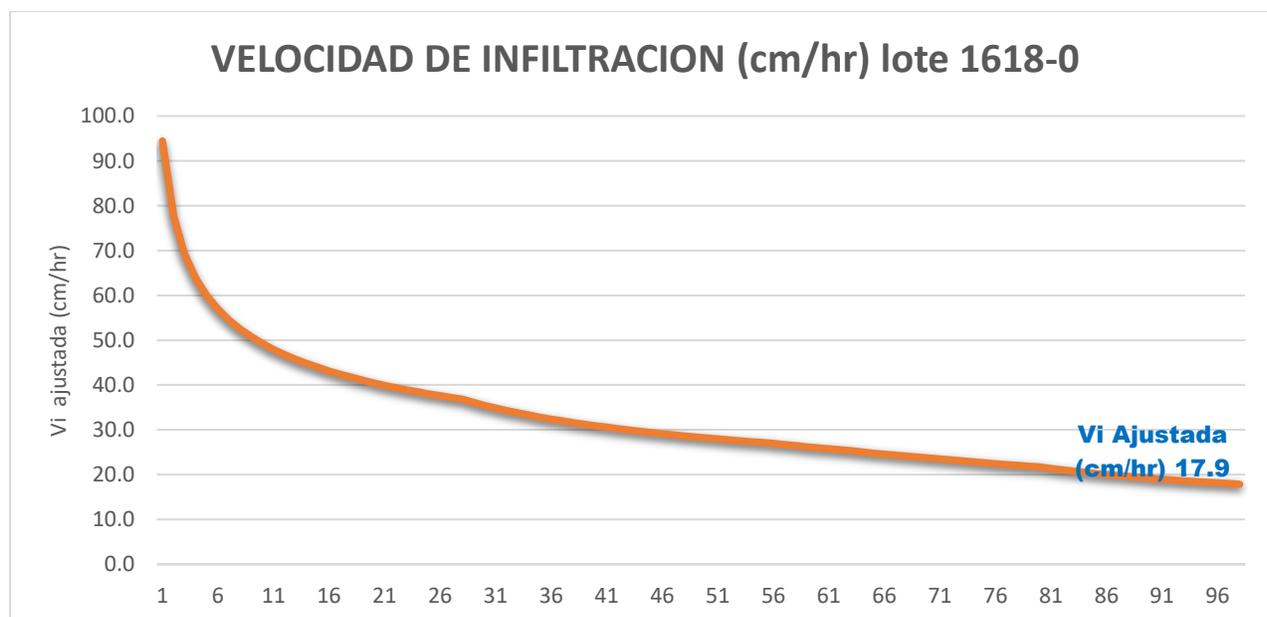
- **Ubicación de prueba de campo Vi Lote 1618-0**

**Textura:** Franco Arenoso

**Método usado:** Infiltrómetro de doble cilindro.

**Fecha:** 20 de diciembre de 2022.

**Figura 31:** Velocidad de infiltración lote 1618-0



**Fuente:** Elaboración propia

En el lote 1618-0, el análisis de la velocidad de infiltración ajustada por el método de los mínimos cuadrados arrojó un resultado de 17.9 cm/hr. La gráfica correspondiente

muestra que este valor se ajusta a suelos de tipo arenosos. A pesar de que el suelo de este lote es Franco-Arenoso, el resultado obtenido es superior a los rangos de velocidad establecidos para suelos con texturas franco-arenosas, según se presenta en el (Anexo, pág. I). Por lo tanto, se puede afirmar que la capacidad de infiltración de este lote es rápida, debido a que la densidad aparente es baja, por lo que el suelo tiene una alta cantidad de poros, influyendo en la velocidad de infiltración.

Es importante tener en cuenta que la velocidad de infiltración rápida, también puede presentar desafíos en la selección del emisor que se adapte a estas condiciones de suelo y en la gestión eficiente del riego, por lo que es importante considerar cuidadosamente los resultados obtenidos en este lote para realizar una gestión eficiente en las diferentes labores agrícolas que en él se realicen.

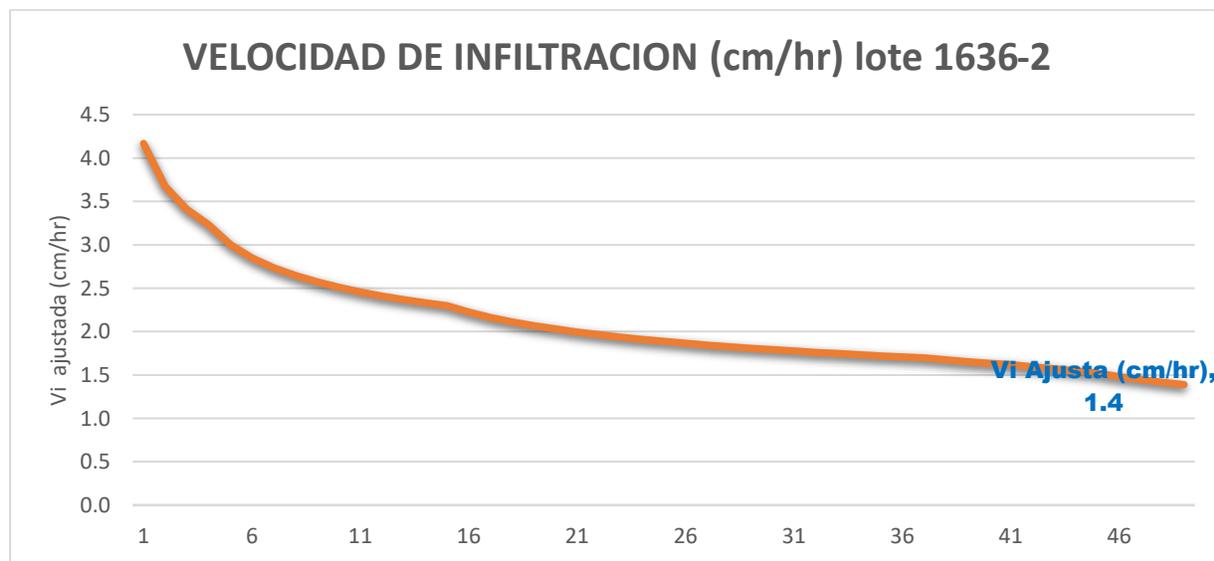
- **Ubicación de prueba de campo Vi Lote 1636-2**

**Textura:** Franco a Franco Arenoso

**Método usado:** Infiltrómetro de doble cilindro.

**Fecha:** 19 de diciembre de 2022

**Figura 32:** Velocidad de infiltración lote 1636-2



**Fuente:** Elaboración propia

En el lote 1636-2, los resultados de la velocidad de infiltración ajustada por el método de los mínimos cuadrados indicaron una velocidad de 1.4 cm/hr. Este resultado se ajusta a la textura del suelo y se encuentra dentro de los rangos establecidos para la velocidad de infiltración en el (Anexo, pág. li), basados en la textura. Por lo tanto, se puede decir que la infiltración en este lote es moderadamente baja.

No obstante, es importante señalar que la velocidad de infiltración es solo uno de los muchos factores que influyen en la capacidad de un suelo para retener y drenar adecuadamente el agua. Por lo tanto, es fundamental considerar otros aspectos al evaluar el potencial del lote para el riego y el drenaje.

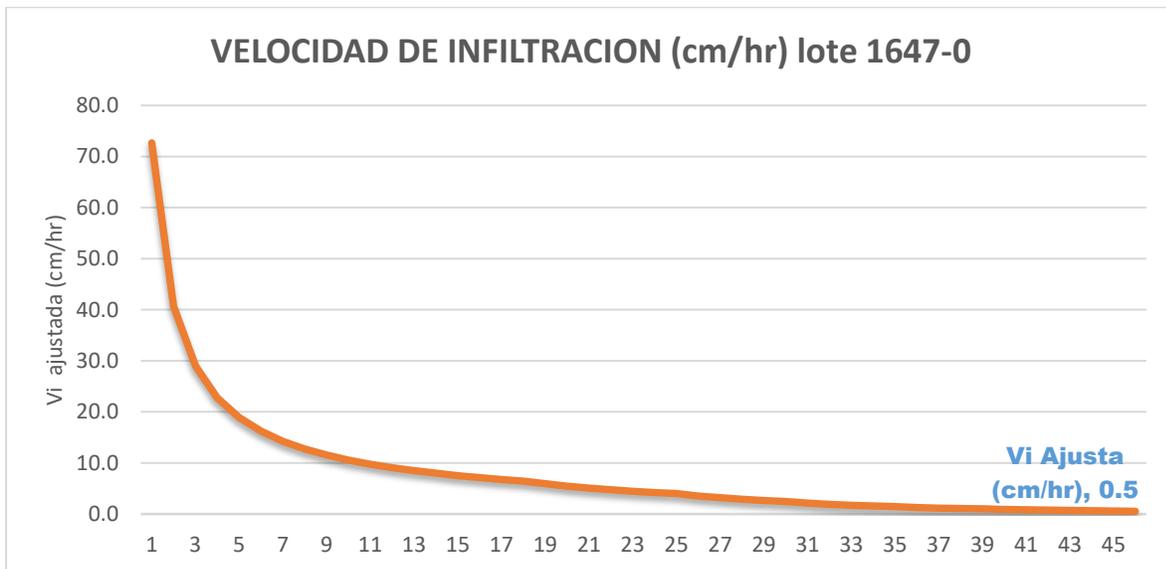
- **Ubicación de prueba de campo Vi Lote 1647-0**

**Textura:** Arcilloso

**Método usado:** Infiltrómetro de doble cilindro.

**Fecha:** 21 de diciembre de 2022

**Figura 33:** Velocidad de infiltración lote 1647-0



**Fuente:** Elaboración propia

En el lote 1647-0, los resultados de la velocidad de infiltración ajustada por el método de los mínimos cuadrados indicaron un valor de 0.5 cm/hr. Este valor se ajusta con la textura

del suelo, que se puede clasificar a través de los rangos de velocidad establecidos en el (Anexo, pág. li) el cual corresponde a suelos arcillosos. En resumen, se puede afirmar que la capacidad de infiltración en este lote es lenta, lo cual puede tener implicaciones en la eficiencia del riego y el drenaje en la zona.

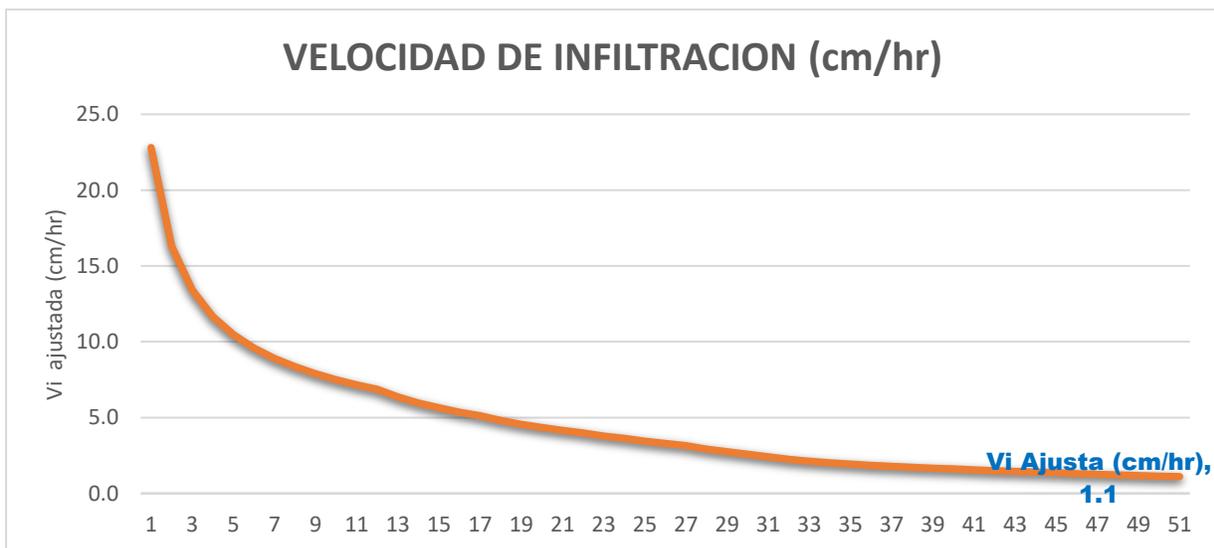
- **Ubicación de prueba de campo Vi Lote 1650-0**

**Textura:** Franco Arcilloso

**Método usado:** Infiltrómetro de doble cilindro.

**Fecha:** 16 de diciembre de 2022

**Figura 34:** Velocidad de infiltración lote 1650-0



**Fuente:** Elaboración propia

El lote 1650-0 presenta una capacidad de infiltración moderadamente lenta, con un valor ajustado de 1.1 cm/hr por el método de mínimos cuadrados. Este resultado se alinea con la clasificación de la textura del suelo en los rangos establecidos en (Anexo, pág. li).

La capacidad de infiltración de este lote puede ser indicador desfavorable para el riego y el drenaje, ya que lo ideal es una velocidad de infiltración más rápida para un buen drenaje y óptimo riego.

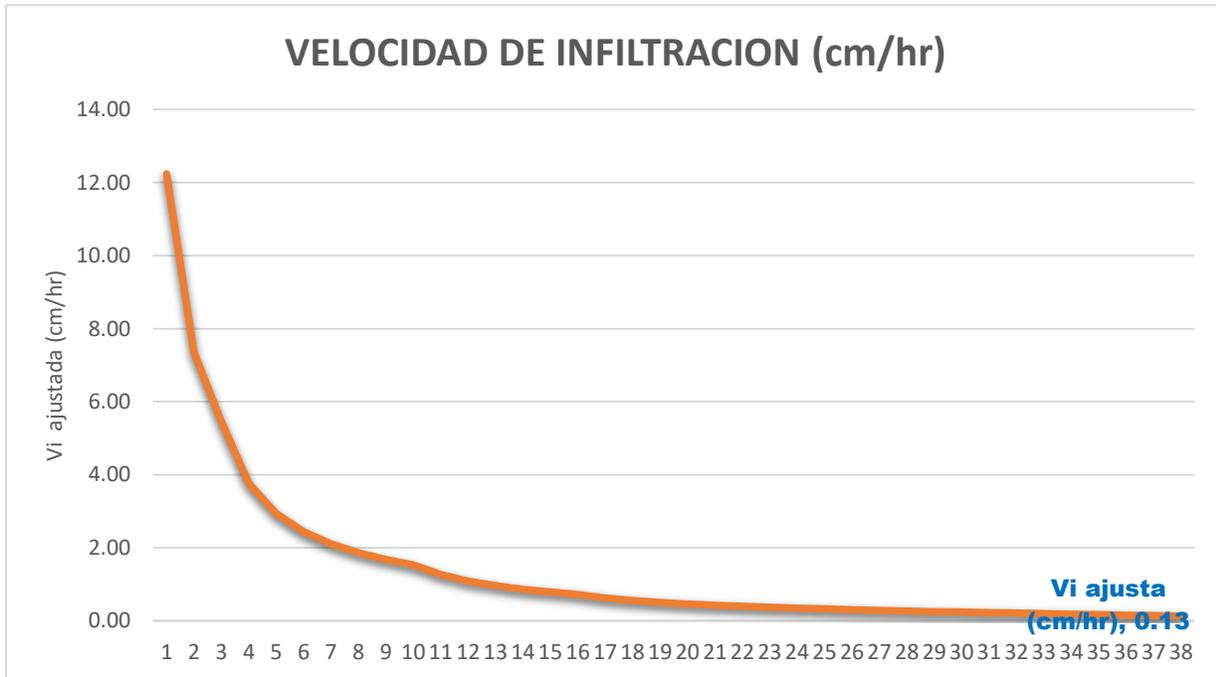
- **Ubicación de prueba de campo Vi Lote 1663-1**

**Textura:** Arcilloso

**Método usado:** Infiltrómetro de doble cilindro.

**Fecha:** 15 de diciembre de 2022.

**Figura 35:** Velocidad de infiltración lote 1663-1



**Fuente:** Elaboración propia

El lote 1663-1 exhibe una capacidad de infiltración lenta, con un valor medido de 0.13 cm/hr. Este resultado se encuentra dentro de los parámetros establecidos en la clasificación de textura del suelo en el (Anexo, pág. li). Esta capacidad de infiltración lenta puede ser adecuada para ciertos cultivos que requieren un riego frecuente, pero menos intenso. Además, la permeabilidad moderada del suelo puede ser una ventaja en términos de drenaje, permitiendo una eficaz eliminación del exceso de agua.

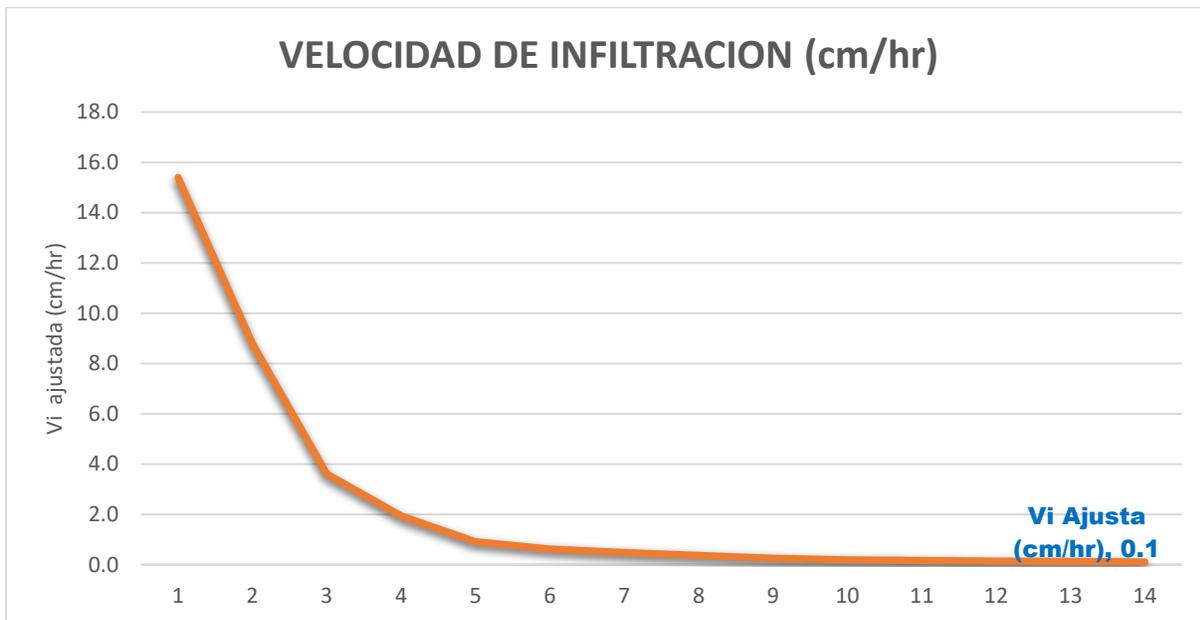
- **Ubicación de prueba de campo Vi Lote 1666-0**

**Textura:** Franco Arcilloso

**Método usado:** Infiltrómetro de doble cilindro.

Fecha: 17 de diciembre de 2022.

**Figura 36:** Velocidad de infiltración lote 1666-0



**Fuente:** Elaboración propia

El análisis realizado en el lote 1666-0 demuestra una velocidad de infiltración ajustada de 0.1 cm/hr. Según los principios establecidos en el libro de riego y drenaje de la Universidad San Carlos de Guatemala, esta velocidad de infiltración se considera muy lenta lo que indica que la capacidad del suelo para absorber y almacenar agua es muy limitada. Esto significa que el agua de lluvia o el agua de riego no se infiltra rápidamente en el suelo y se acumula en la superficie, lo que puede resultar en una escorrentía inadecuada, una menor eficiencia de riego y un mayor riesgo de erosión. También puede significar que el suelo tiene una capacidad limitada para retener agua y liberarla gradualmente a las raíces de las plantas, lo que puede afectar el crecimiento y la producción de los cultivos. En general, una velocidad de infiltración lenta requiere un enfoque cuidadoso y planificado en la gestión del riego y el drenaje en el lote en cuestión.

### 7.3.2 Capacidad de Campo (CC) y Punto de Marchitez Permanente (PMP)

En este estudio, se evaluó la capacidad de campo (CC) y el punto de marchitez permanente (PMP) en seis lotes de suelos cultivados con caña de azúcar en la finca Sucuya, una zona de producción de la corporación Montelimar en la región de Rivas, Nicaragua. Para garantizar la representatividad, se tomaron muestras rigurosas de CC y PMP, una por cada horizonte identificado en las calicatas, lo que proporciona una visión integral de la variabilidad de estas propiedades del suelo en cada lote. Los resultados de la evaluación de la CC y PMP en los diferentes lotes se resumen en la siguiente tabla:

**Tabla 9:** Capacidad de campo y punto de marchitez permanente

| Código de parcela de muestreo | Horizonte | %CC | Evaluación | %PMP | Evaluación |
|-------------------------------|-----------|-----|------------|------|------------|
| 1610-0                        | HA        | 34% | Media      | 18%  | Media      |
|                               | HB        | 42% | Alta       | 23%  | Media      |
|                               | HC        | 50% | Alta       | 27%  | Alta       |
| 1663-1                        | HA        | 35% | Media      | 19%  | Media      |
|                               | HB        | 31% | Media      | 17%  | Media      |
| 1650-0                        | HA        | 43% | Alta       | 23%  | Media      |
|                               | HB        | 33% | media      | 18%  | Media      |
|                               | HC        | 30% | Media      | 16%  | Media      |
| 1666-0                        | HA        | 32% | media      | 17%  | media      |
|                               | HB        | 32% | Media      | 17%  | Media      |
|                               | HC        | 44% | Alta       | 24%  | Media      |
| 1636-2                        | HA        | 26% | Media      | 14%  | Media      |
|                               | HB        | 34% | Media      | 18%  | Media      |
|                               | HC        | 41% | Alta       | 22%  | Media      |
| 1618-0                        | HA        | 46% | Alta       | 25%  | Alta       |
|                               | HB        | 40% | Alta       | 21%  | Media      |
|                               | HC        | 42% | Alta       | 23%  | Media      |

**Fuente:** Elaboración propia

En cuanto a los resultados de la Tabla 10, se observa una variabilidad significativa en la capacidad de retener agua de los suelos cultivados con caña de azúcar en los diferentes lotes evaluados. Los valores de la capacidad de campo (CC) oscilaron entre 26% y 50%, mientras que los valores del punto de marchitez permanente (PMP) estuvieron entre 14% y 27%.

En específico, los valores más altos de CC y PMP se registraron en los lotes 1610-0 y 1618-0, mientras que los valores más bajos se registraron en los lotes 1636-2 y 1663-1. La variación en estos parámetros puede estar relacionada con la textura del suelo y el manejo del cultivo en los diferentes lotes.

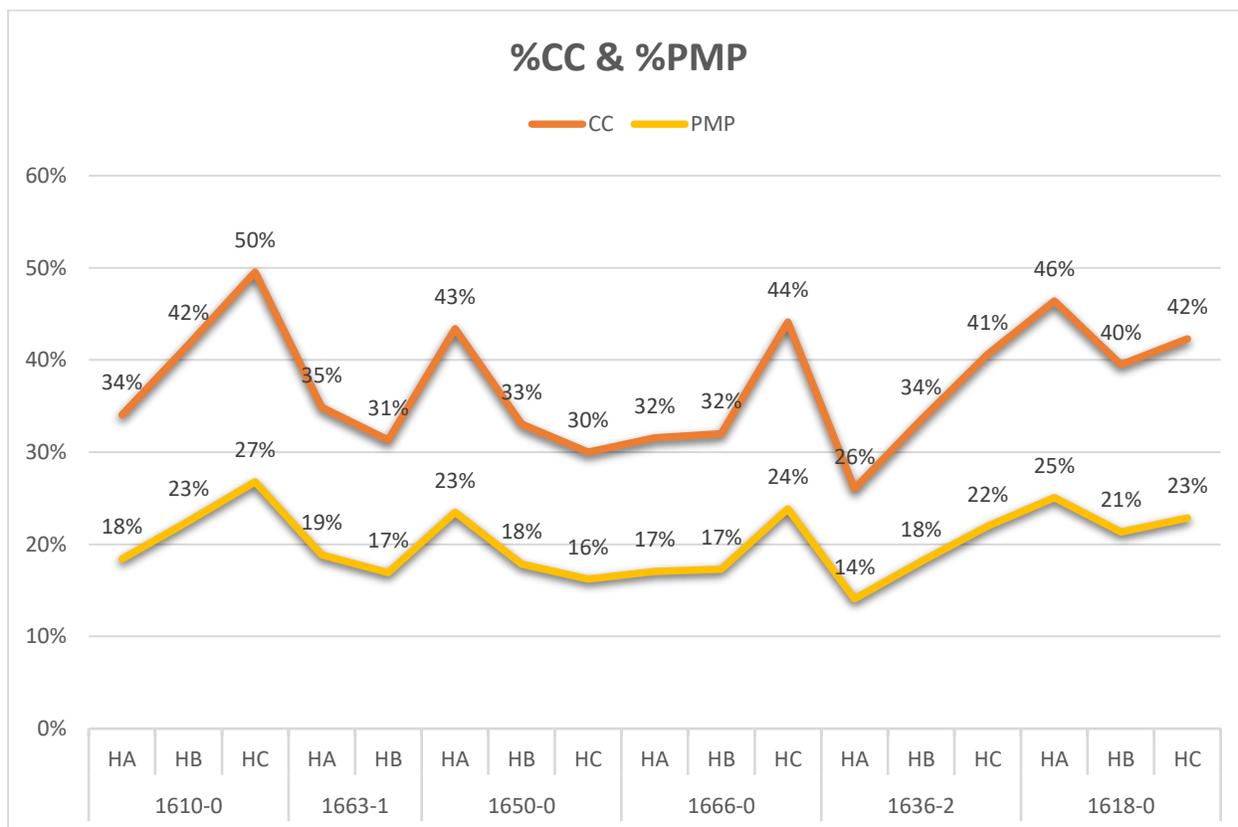
La correlación entre la textura del suelo y su capacidad de retener agua también se observó claramente en los resultados. Los suelos con una mayor proporción de partículas finas, como arcilla y limo, presentaron una mayor capacidad de retener agua (alta CC y bajo PMP) en comparación con los suelos con una mayor proporción de partículas gruesas. Este patrón se observó en el lote 1636-2, donde el suelo franco arenoso presentó la CC más baja (26%). Esto es consistente con lo que se ha encontrado en estudios previos sobre la hidrofísica del suelo y el libro de principios de Riego y drenaje (Sandoval Illescas , 2007). (Anexo, pag. lxvi & lxvii)

En cuanto a las implicaciones para la producción de caña de azúcar y la gestión del suelo en la finca Sucuya, los resultados sugieren la importancia de monitorear cuidadosamente la disponibilidad de agua en el suelo en cada lote, debido a la variabilidad significativa en la capacidad de retener agua. Es importante considerar que el método de riego empleado en estos lotes es el riego por gravedad mediante gavetas, lo cual puede afectar la distribución del agua en el suelo y, por ende, la estructura del mismo.

En resumen, los resultados de la capacidad de retener agua en los suelos cultivados con caña de azúcar en la finca Sucuya son altamente variables y están influenciados por la textura del suelo y el manejo del cultivo. Por tanto, es necesario tomar en cuenta esta variabilidad para lograr una gestión adecuada del agua en estos sistemas agrícolas.

En la siguiente figura se muestra un gráfico donde se representa la CC y PMP de cada lote y horizonte para una mejor comprensión

**Figura 37: %CC & %PMP por lote y horizonte**



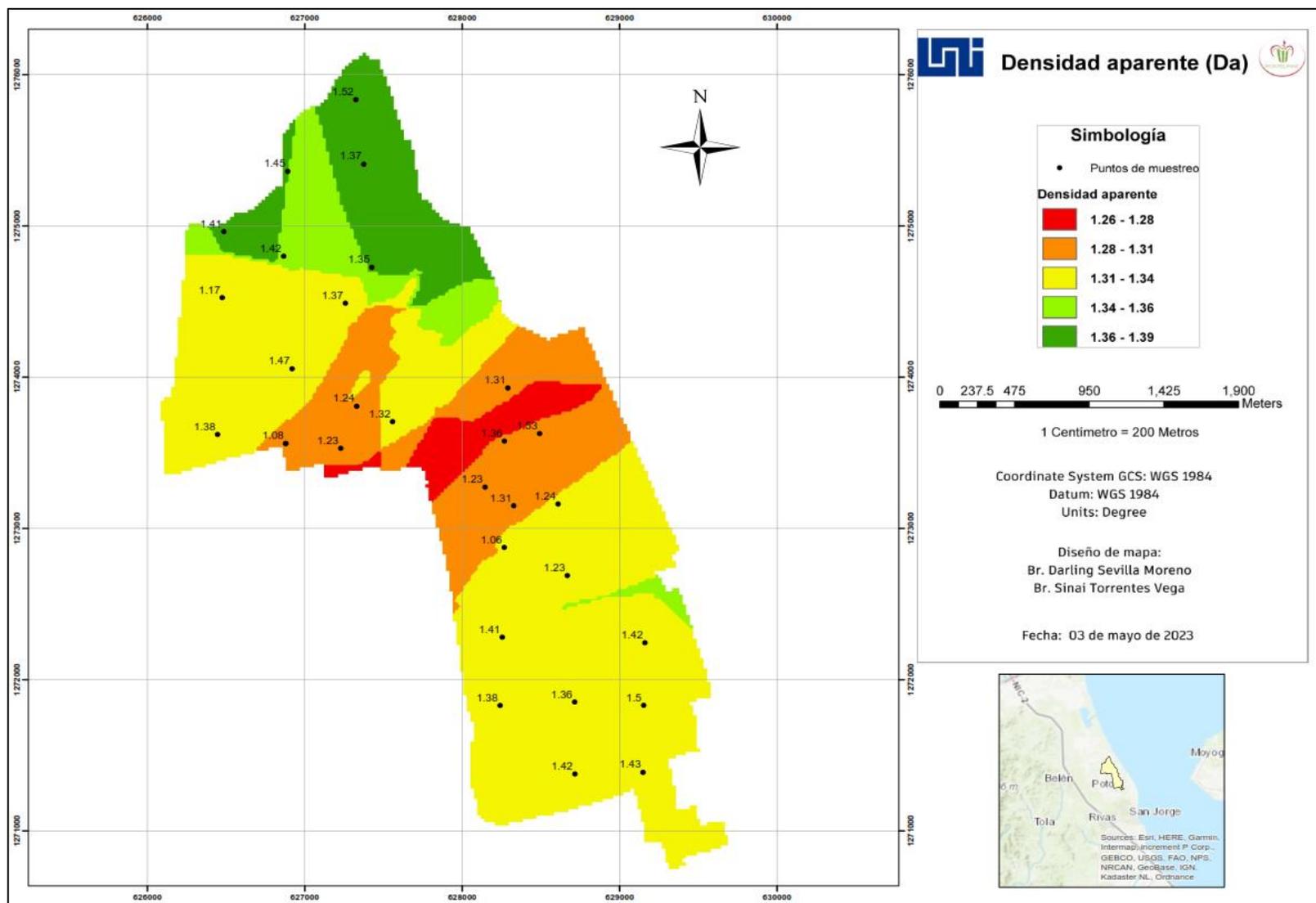
**Fuente:** Elaboración propia

## 7.4 MAPAS TEMÁTICOS

En este apartado se presentan los mapas temáticos elaborados utilizando el software ArcGIS y el método de interpolación kriging, los cuales muestran la caracterización de los suelos de la finca Sucuya. Es importante destacar que las variables representadas en estos mapas son la Densidad Aparente, la Densidad Real, el pH, la Conductividad Eléctrica (CE) y las clases texturales respectivamente. Es preciso mencionar que estos mapas han sido descritos con mayor detalle en el subcapítulo 7.1, específicamente en las páginas 48 a 58.

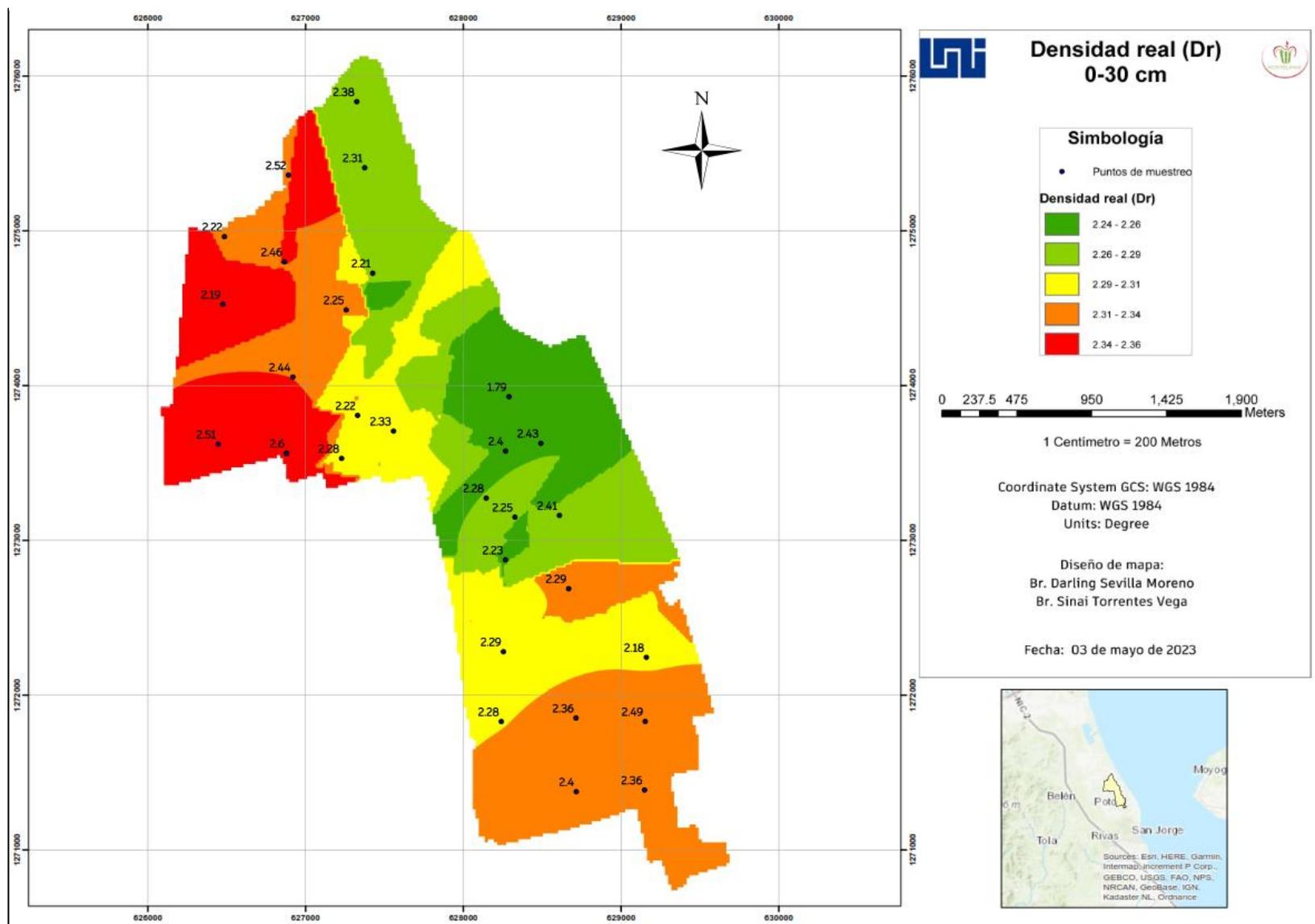
Por otro lado, es relevante destacar que los mapas elaborados representan una herramienta valiosa para la gestión y el manejo adecuado de los suelos de la finca Sucuya, ya que proporcionan una representación visual clara y detallada de los resultados obtenidos a través de los ensayos en laboratorio.

**Figura 38: Mapa de Densidad Aparente**



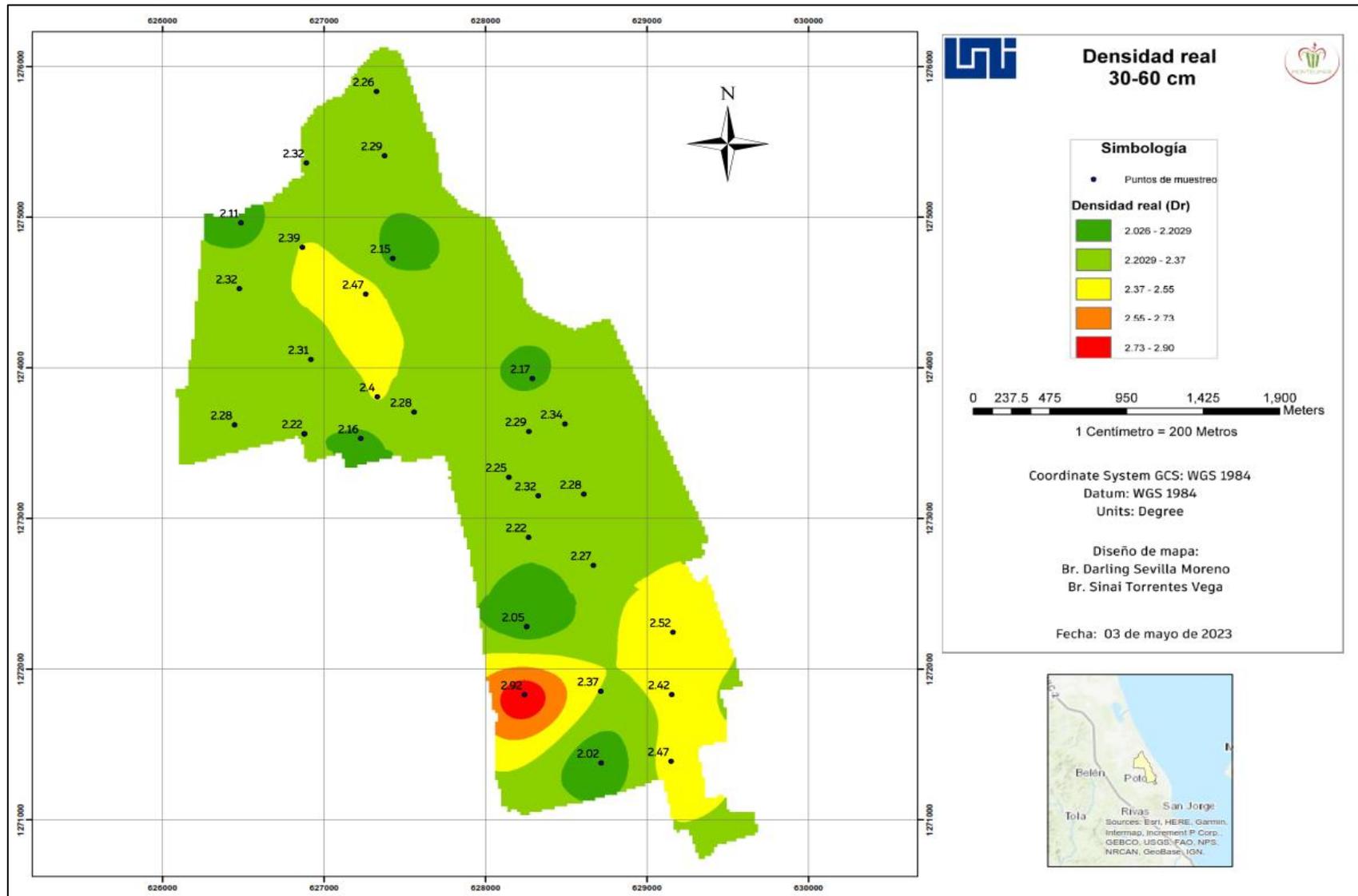
**Fuente:** Elaboración propia

Figura 39: Mapa de Densidad Real 0-30 cm



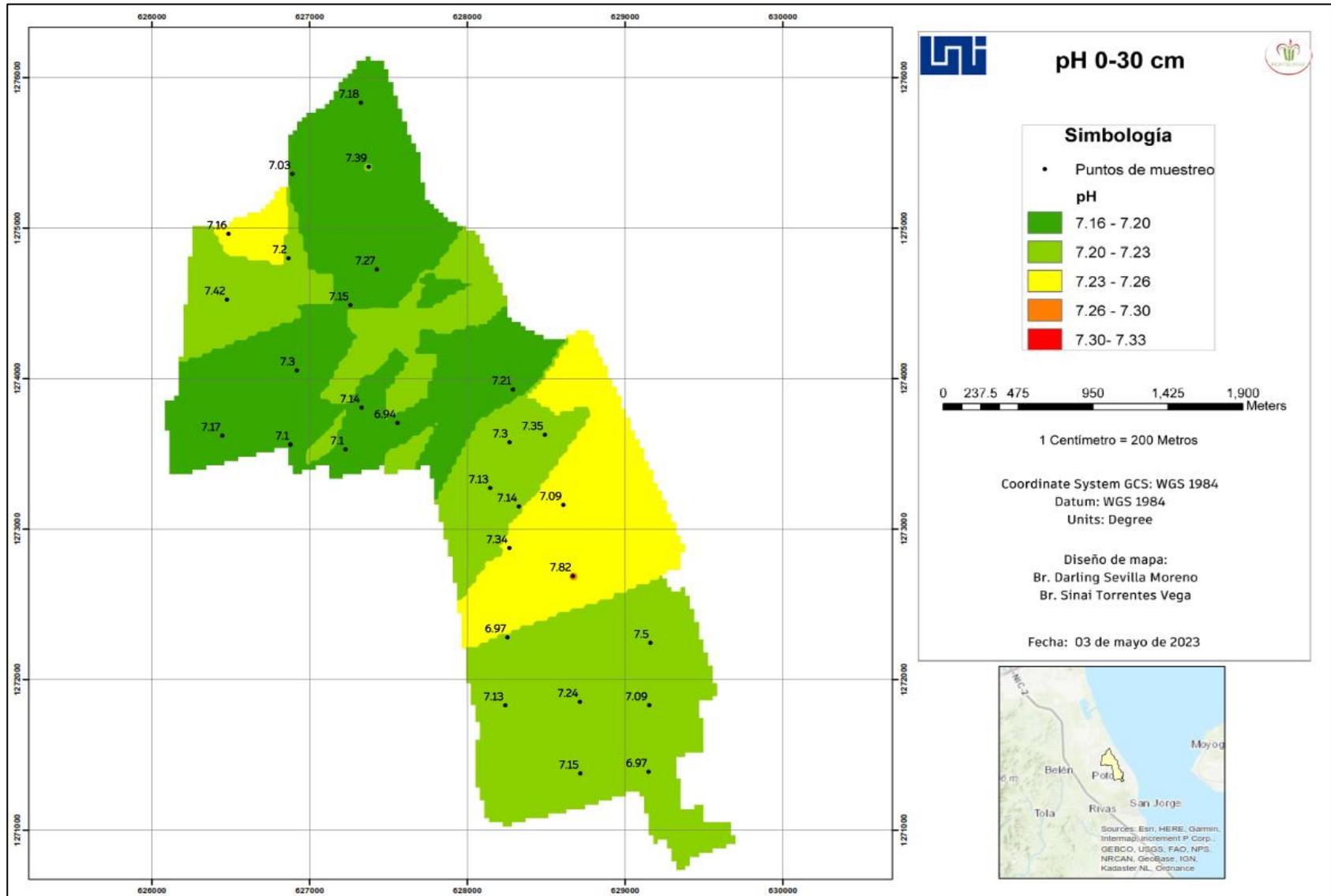
Fuente: Elaboración propia

Figura 40: Mapa de Densidad Real 30 cm- 60 cm



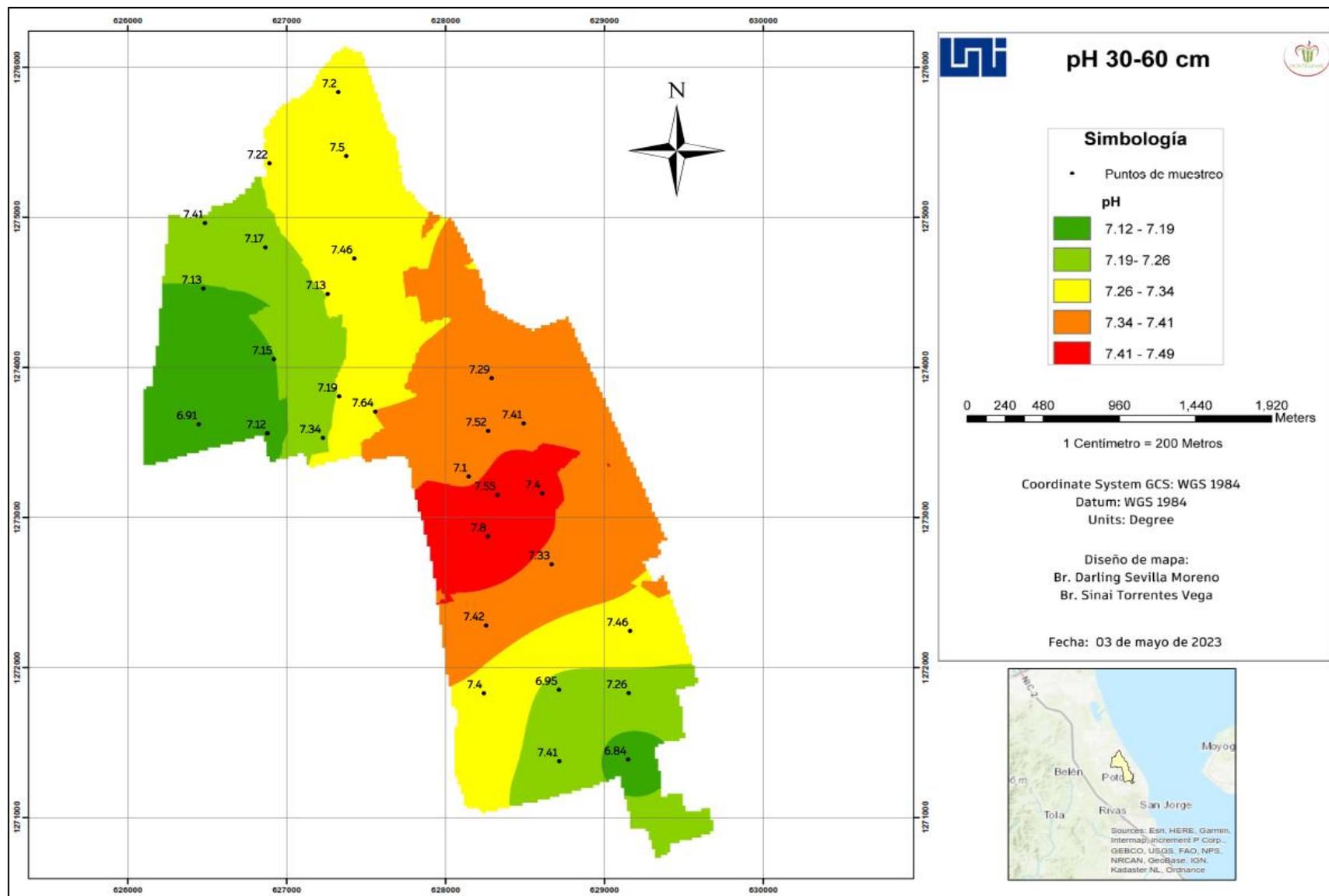
Fuente: Elaboración propia

Figura 41: Mapa de Ph 0-30cm



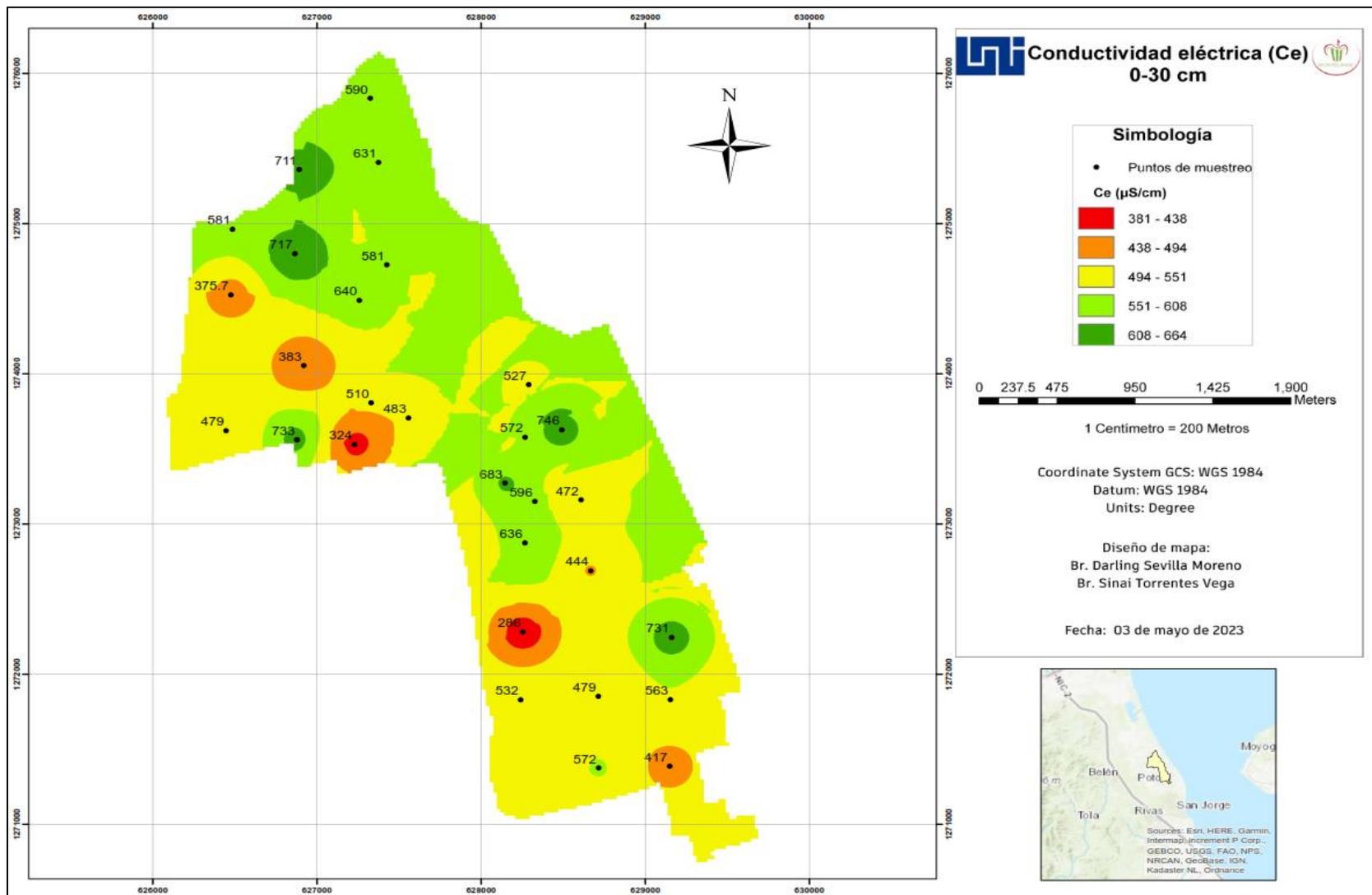
Fuente: Elaboración propia

Figura 42: Mapa de Ph 30 cm-60 cm



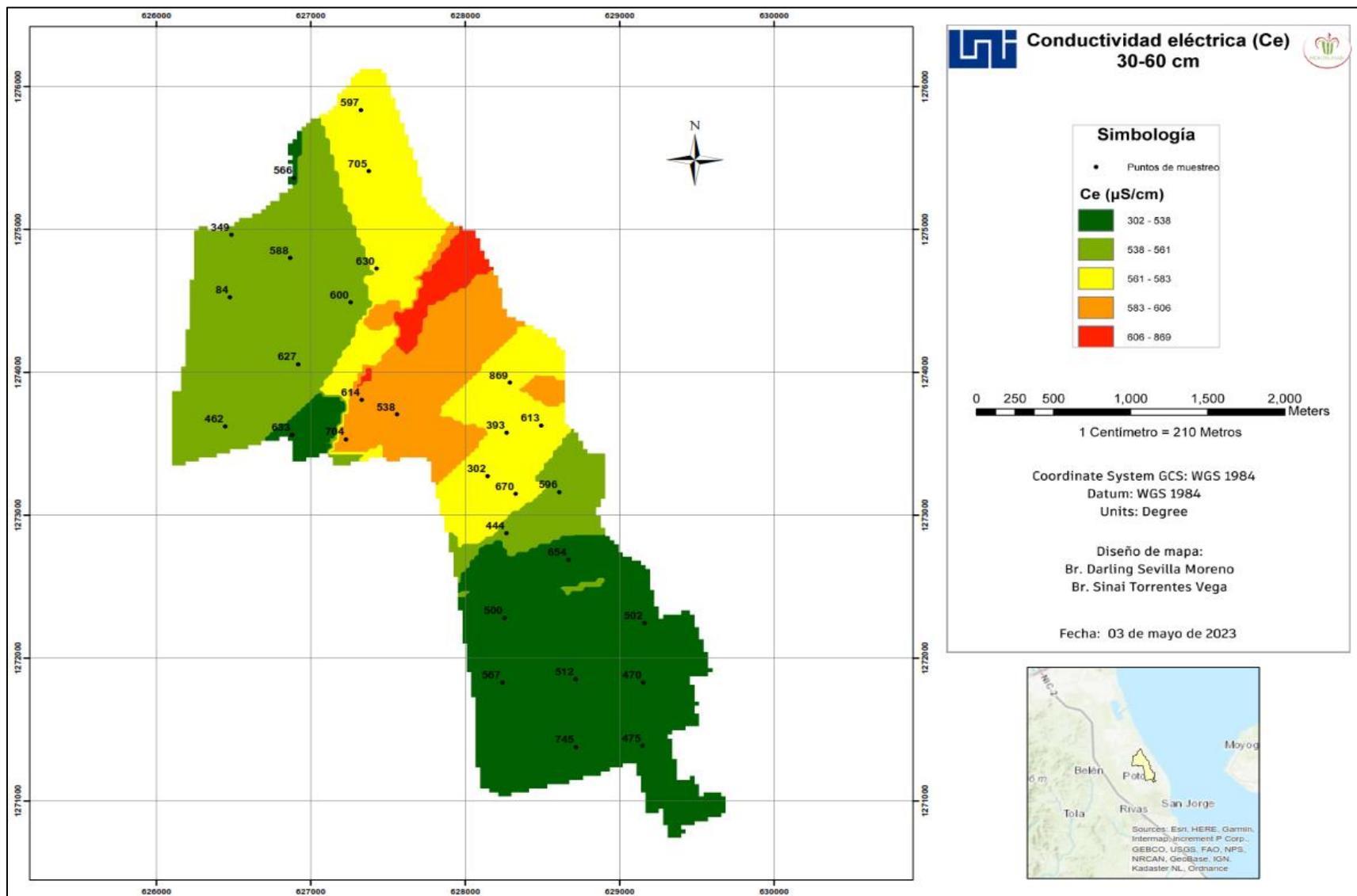
Fuente: Elaboración propia

**Figura 43: Mapa de Ce 0-30 cm**



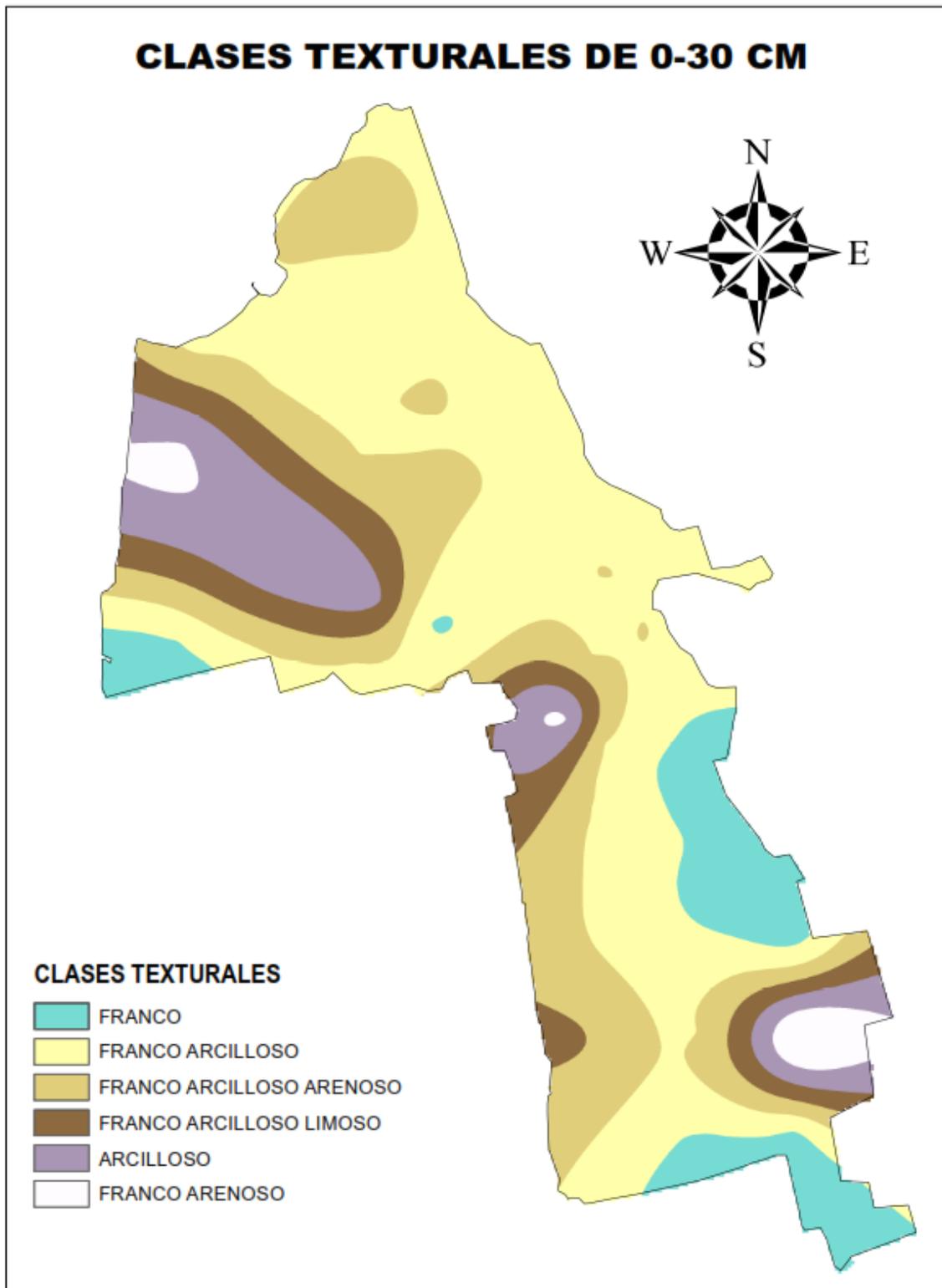
**Fuente:** Elaboración propia

**Figura 44: Mapa de Ce 30 cm-60 cm**



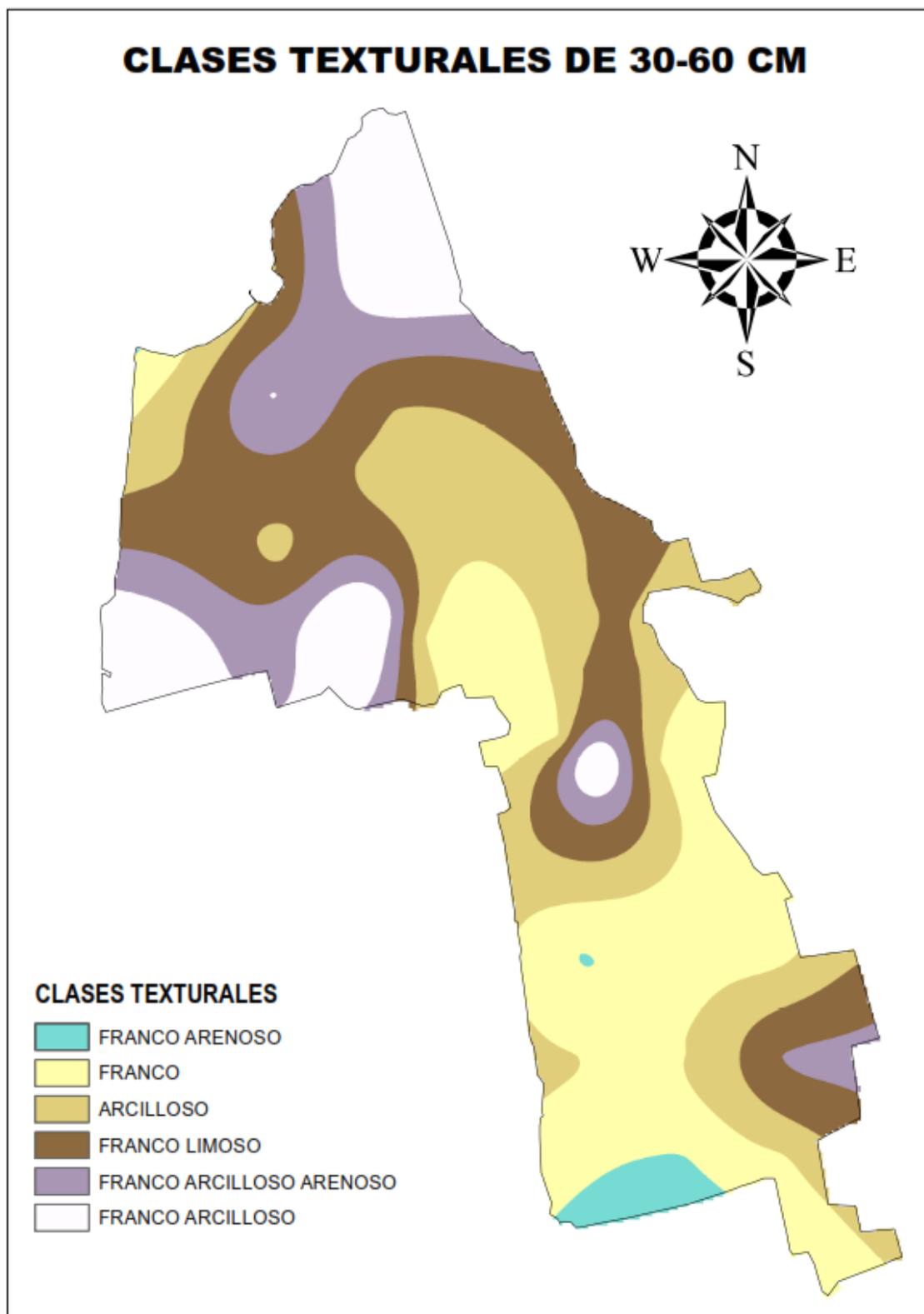
**Fuente: Elaboración propia**

**Figura 45:** Mapa de clases texturales 0-30cm



**Fuente:** Elaboración propia

**Figura 46:** Mapa de clases texturales 30 cm-60 cm



**Fuente:** Elaboración propia

## VIII. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 8.1 CONCLUSIONES

- En la finca Sucuya se realizaron 30 barrenadas y 6 calicatas para la identificación de las características de los suelos. Se encontraron seis clases texturales y en su mayoría, pH neutros oscilando entre 6,95 y 7,70. La densidad aparente varió de 1,19 a 1,49 gr/cm<sup>3</sup>, indicando una buena estructura y porosidad. La mayoría de las calicatas presentaron 3 horizontes con texturas franco-arcillosas y arcillosas en el subsuelo. También se encontraron variedades de colores como marrón, gris y rojizo, estructuras laminares y de bloques angulares, así como presencia de moteado. La topografía del terreno es relativamente suave, con pendientes que varían entre 0 y 1,5%. En resumen, estos resultados son importantes para la planificación y gestión del uso sostenible de los suelos en la finca Sucuya.
- Los valores de velocidad de infiltración en la finca Sucuya varían entre 0.1 y 1.6 cm/hr, lo que indica una baja tasa de infiltración de agua en el suelo y sugiere la posibilidad de encharcamiento y escorrentía si el riego no es adecuado. Sin embargo, se observó una velocidad de infiltración moderadamente rápida de 17.9 cm/hr en el lote 1618-0, influenciada principalmente por la estructura y la densidad aparente que indican una baja compactación del suelo en ese lote. La capacidad de campo en la finca Sucuya varía de alta a media, con valores entre 26% y 50%. El contenido de humedad a punto de marchitez permanente (PMP) oscila entre 14% y 27%, siendo más altos en los lotes 1610-0 y 1618 y más bajos en los lotes 1636-2 y 1663-1. Estos valores están influenciados principalmente por la textura del suelo y el manejo del cultivo de la caña de azúcar.
- Se generaron mapas temáticos mediante el uso de ArcGIS para proporcionar información visual a partir de la interpolación de puntos muestreados en las 575 ha de la finca Sucuya. Los mapas resultantes incluyen los parámetros de Dr, Da, pH, Ce del suelo, VI y textura. Estos mapas son una herramienta valiosa para la gestión y el manejo adecuado de los suelos.

## **8.2 RECOMENDACIONES**

- Implementar prácticas de manejo del agua, como la construcción de terrazas, la siembra en contorno y la construcción de canales para conducir el agua de manera controlada y reducir la erosión.
- Implementar un sistema de monitoreo y registro del uso del agua para identificar oportunidades de mejora en la eficiencia del riego y evitar el uso excesivo del agua del lago, lo cual influye en la salinidad de los suelos.
- Utilizar técnicas de riego por goteo o microaspersión que permitan una aplicación precisa y controlada del agua, lo que reduce la posibilidad de encharcamiento y escorrentía.
- Dividir los lotes de cultivo en subunidades de riego con diferentes tiempos y frecuencias de riego, de acuerdo con las características hidrofísicas de cada zona del lote.
- Realizar labores de aireación y escarificación del suelo para mejorar su estructura, lo que facilita la infiltración de agua y mejora su capacidad de retención de agua.
- Con base en los resultados obtenidos en la determinación de los principales parámetros hidrofísicos de los suelos de la finca Sucuya, se recomienda realizar un diseño, operación y evaluación del sistema de riego implementado en la finca en función de las características específicas de cada lote.

## IX. BIBLIOGRAFÍA

Agropal. (08 de Noviembre de 2016). *AGROPAL*. Obtenido de <http://www.agropal.com/es/el-ph-del-suelo/>

Barrios, i. (s.f.). *LA EDAFOLOGÍA: ORIGEN, CONCEPTOS Y DESARROLLO*.

Bracamonte de la Cruz, O. (Marzo de 1998). *EVALUACIÓN DE CUATRO INTERVALOS DE RIEGO SOBRE EL RENDIMIENTO DE FRUTOS Y EVAPOTRANSPIRACIÓN DEL CULTIVO DE MILTOMATE (Physalis philadelphica Lam.) EN EL CENTRO EXPERIMENTAL DOCENTE DE AGRONOMÍA*. Obtenido de [http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/01/01\\_1719.pdf](http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/01/01_1719.pdf)

Burbano, L., Puentes , G., & Benavides , H. (s.f.). *IMPORTANCIA DE LOS PARÁMETROS HIDROFÍSICOS DEL SUELO Y REQUERIMIENTOS HÍDRICOS DEL CULTIVO EN EL DISEÑO DE UN PROYECTO DE RIEGO POR ASPERSIÓN LIVIANA*. Obtenido de <file:///C:/Users/sinai/Documents/DEFENSA%20MONOGR%C3%81FICA%20ING%20AGR%C3%8DCOLA/Dialnet-ImportanciaDeLosParametrosHidrofisicosDelSueloYReq-6191459.pdf>

Cavero, M. (22 de Octubre de 2013). Obtenido de <https://gidahatari.com/wh-es/humedad-disponible-del-suelo#:~:text=Agua%20contenida%20en%20el%20suelo,identifica%20con%20el%20agua%20disponible>.

Choque Bautista, F. (2013). *CLASIFICACIÓN DE SUELOS SEGÚN LA APTITUD DE RIEGO EN LA COMUNIDAD DE CEBOLLULLO (MUNICIPIO DE PALCA-LA PAZ)*. Obtenido de <https://repositorio.umsa.bo/bitstream/handle/123456789/4162/T-1835.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Ciancaglini, N. (s.f.). *Guía para la determinación de textura de suelos por método*. Obtenido de [http://www.prosap.gov.ar/Docs/INSTRUCTIVO%20\\_R001\\_Gu%C3%ADa%20par](http://www.prosap.gov.ar/Docs/INSTRUCTIVO%20_R001_Gu%C3%ADa%20par)

a%20la%20determinaci%C3%B3n%20de%20textura%20de%20suelos%20por%  
20m%C3%A9todo%20organol%C3%A9ptico.pdf

CONADESUCA. (Enero de 2015). Obtenido de [https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/141823/Ficha\\_Tecnica\\_Ca\\_a\\_d\\_e\\_Az\\_car.pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/141823/Ficha_Tecnica_Ca_a_d_e_Az_car.pdf)

Crosara, A. (s.f.). Obtenido de <http://edafologia.fcien.edu.uy/archivos/Practico%202.pdf>

Durand Ordoñez, V. E. (2022). Caracterización de suelos de la microcuenca Chinamayo–Mariano Dámaso Beraún–Leoncio Prado, Huánuco.

FAO. (1996). Obtenido de <https://www.fao.org/3/w1309s/w1309s04.htm#:~:text=El%20suelo%20est%C3%A1%20compuesto%20por,de%20temperatura%20y%20el%20viento.>

FAO. (2015). Base referencial mundial del recurso suelo. En FAO, *Sistema internacional de clasificación de suelos para nomenclatura de suelos y creación de leyendas de mapas de suelos* (pág. Informes sobre recursos mundiales de suelos 106). Roma.

Gaete , N. (Octubre de 1994). *ANÁLISIS DE SUELO PRINCIPIO DE MUESTREO*. Obtenido de <https://biblioteca.inia.cl/bitstream/handle/20.500.14001/35567/NR17754.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Gisbert, J., & Ibanáez, S. (2002). *Génesis de Suelos*. Valencia: Universidad Politécnica de Valencia.

GLOBE. (2005). *Preparación del pH del suelo*. Obtenido de <https://www.globe.gov/documents/352961/9bc45bde-eccf-402c-9a6b-175cfd812f96#:~:text=En%20general%20los%20valores%20de,en%20un%20perfil%20de%20suelo.>

Ibanáez, S., Gisbert, J., & Moreno, H. (s.f.). Obtenido de <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/7774/consistencia.pdf>

InfoAgro. (2017). *InfoAgro.com*. Obtenido de [https://www.infoagro.com/documentos/el\\_cultivo\\_cana\\_azucar.asp#:~:text=REQUERIMIENTOS%20EDAFOLIM%3%81TICOS%20-%20Temperatura%3A%20La%20ca%C3%B1a%20de%20az%C3%BAcar,la%20temperatura%20%C3%B3ptima%20de%20germinaci%C3%B3n%20oscila%20entre%2032-38%C2%BA](https://www.infoagro.com/documentos/el_cultivo_cana_azucar.asp#:~:text=REQUERIMIENTOS%20EDAFOLIM%3%81TICOS%20-%20Temperatura%3A%20La%20ca%C3%B1a%20de%20az%C3%BAcar,la%20temperatura%20%C3%B3ptima%20de%20germinaci%C3%B3n%20oscila%20entre%2032-38%C2%BA).

INIA Tacuarembó . (20 de 05 de 2015). Obtenido de <http://inia.uy/Documentos/P%C3%ABlicos/INIA%20Tacuaremb%C3%B3/2015/El%20Suelo%2020%20de%20mayo.pdf>

INTA/ FAO, 2001. Manejo integrado de la fertilidad de los suelos de Nicaragua. Proyecto (Manual del extensionista) GCP /NIC /025 /NOR. INTA/ FAO. Gobierno de Nicaragua y Noruega. 130 pp.

Moreno Ramon, H., Blanquer, J. M., & Ibáñez Asensio, S. (2010). *Génesis de suelo*. Valencia: Universidad Politécnica de Valencia.

Obando Rivera, T. (2007). *Estado actual del conocimiento en el área de la Subcuenca Hidrográfica Tisma, Apoyo y Manares en la zona del Pacífico de Nicaragua*. Obtenido de [file:///D:/Documentos\\_TODO/MI%20MONOGRAF%3%8DA/geologia-de-nicaragua\\_compress.pdf](file:///D:/Documentos_TODO/MI%20MONOGRAF%3%8DA/geologia-de-nicaragua_compress.pdf)

Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación – FAO. (2009). Guía para la descripción de suelos. Cuarta edición. Roma.

Ph.D. Acuña, E., Ph.D. Orozco, M., & M.C. Aguirre, C. (2008). *UELOS, CAPACIDAD DE USO DE LA TIERRA Y CONFLICTOS*. Rivas: ASOCIACION DE MUNICIPIOS DE RIVAS.

Porta, J., López Acevedo, M., & Roquero, C. (2003). Edafología para la agricultura y el medio ambiente, 3ra edición. En J. Porta, M. López Acevedo, & C. Roquero, *Edafología para la agricultura y el medio ambiente* (pág. 629). Mundiprensa.

- Porta, C. y López-Acevedo, M. (2005). *Agenda de Campo de Suelos. Información de suelos para la agricultura y el medio ambiente*. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid
- Puerta Tuesta, R., Rengifo Trigozo, J., & Bravo Morales, N. (2011). *ArcGIS BASICO 10*. Obtenido de <https://actswithscience.com/Descargas/ManualArcGis.pdf>
- Reyes, A., Hernández, N., & Esquijerosa, T. (6 de Junio de 2016). *Comportamiento de las propiedades físicas e hidróficas en un suelo Pardo con carbonato para la producción de Caña de Azúcar como alimento animal*. Obtenido de [ergonomix.com: https://www.engormix.com/ganaderia-carne/articulos/comportamiento-propiedades-fisicas-hidroficas-t38904.htm](https://www.engormix.com/ganaderia-carne/articulos/comportamiento-propiedades-fisicas-hidroficas-t38904.htm)
- SAGARTA, (. D. (2021). *Ficha Técnica del Cultivo Caña de Azucar*. Veracruz: Universidad Veracruzana.
- Sadovski, Alexander. (2019). Study on pH in water and potassium chloride for Bulgarian soils. EURASIAN JOURNAL OF SOIL SCIENCE (EJSS). 8. 11-16. 10.18393/ejss.477560.
- Sandoval Illescas , J. E. (2007). *Principios de Riego y Drenaje*. Guatemala : Universidad San Carlos de Guatemala.
- Servicio Nacional Forestal y de Fauna Silvestres SERFOR*. (Enero de 2016). Obtenido de <http://siar.regionsanmartin.gob.pe/sites/default/files/archivos/public/docs/guia-rapida-para-el-levantamiento-de-suelos-en-campo.pdf>
- Soil Survey Staff. 2014. *Claves para la Taxonomía de Suelos, 12th ed.* USDA-Natural Resources Conservation Service, Washington, DC.
- UNI. (2019). *Guía laboratorio Prácticas de Fundamento de Suelos*.
- USDA-Natural Resources Conservation Service. (2014). *Claves para la Taxonomía de Suelos, 12th ed.* Washington, DC. USS Working Group WRB, 2015. Base referencial mundial del recurso suelo 2014, Actualización 2015. Sistema internacional de clasificación de suelos para la nomenclatura de suelos y la creación de leyendas de mapas de suelos. Informes sobre recursos mundiales de suelos 106. FAO, Roma.

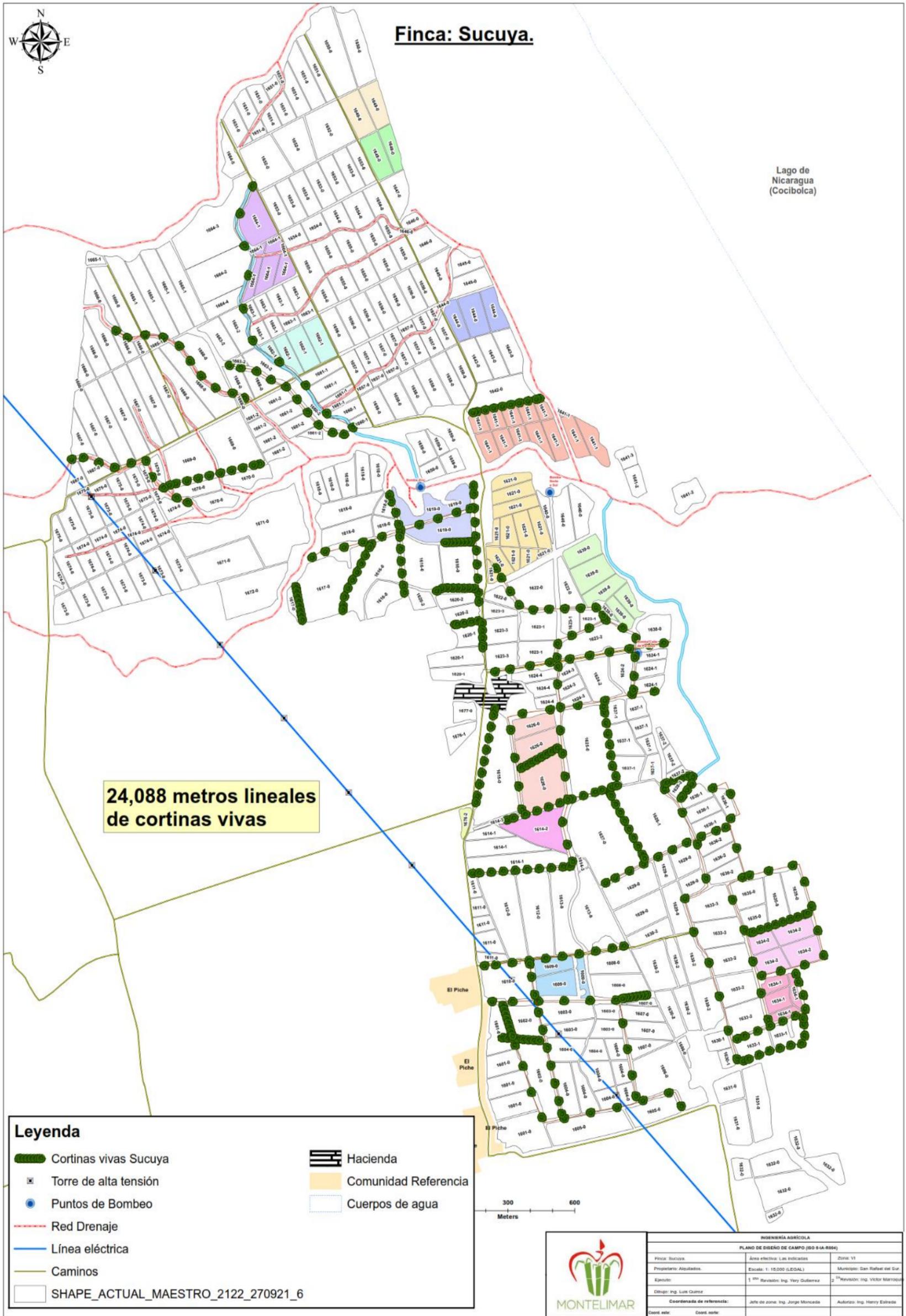
## ANEXOS

**Tabla 1.** Etimologías y significación de los elementos formativos de los órdenes.

| <b>Orden</b> | <b>Elemento<br/>formativo</b> | <b>Etimología</b>                   | <b>Significado</b>  |
|--------------|-------------------------------|-------------------------------------|---|
| VERTISOL     | <b>Ert</b>                    | L. <i>vertere</i> , voltear         | Arcillas expandibles, Self-mulching.  |
| ENTISOL      | <b>Ent</b>                    | Ing. <i>recent</i> (reciente)       | Suelos jóvenes.   |
| INCEPTISOL   | <b>Ept</b>                    | L. <i>inceptium</i><br>(incipiente) | Estado de meteorización bajo o inicial.<br>Relacionado con el clima y no con la edad del suelo. |
| ARIDISOL     | <b>Id</b>                     | L. <i>aridus</i> (árido)            | Seco.   |
| SPODOSOL     | <b>Od</b>                     | Gr. <i>spodos</i> (cenizas)         | Podzol, horizonte espódico.   |
| ULTISOL      | <b>Ult</b>                    | L. <i>ultimus</i> (último)          | Meteorizado. Edafogénesis prolongada  |
| MOLLISOL     | <b>Oll</b>                    | L. <i>mollis</i> (mullido)          | Rico en M.O., bien estructurado.  |
| ALFISOL      | <b>Alf</b>                    | De <i>pedalfer</i> (Marbut)         | Presencia de aluminio y hierro.   |
| OXISOL       | <b>Ox</b>                     | L. <i>oxide</i> (óxido)             | Horizonte óxico.  |
| ANDISOL      | <b>And</b>                    | J. <i>ando</i> (negro)              | Suelos negros desarrollados a partir de materiales volcánicos.                                  |
| HISTOSOL     | <b>Ist</b>                    | Gr. <i>histos</i> (tejido)          | Suelos orgánicos.   |
| GELISOL      | <b>El</b>                     | L. <i>gelu</i> (hielo)              | Permafrost.   |

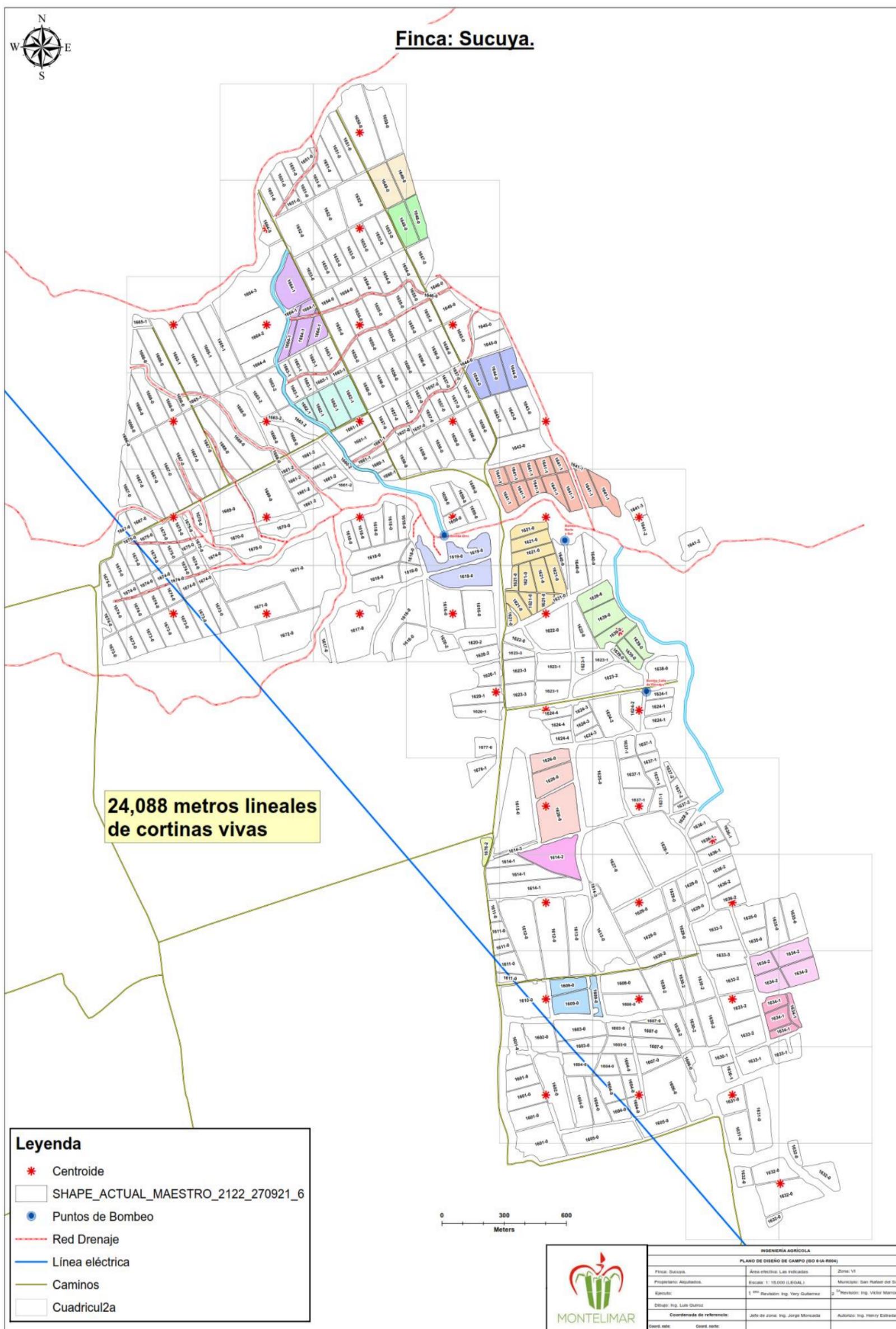
Fuente: Porta y López-Acevedo, 2005.

Figura 1. Mapa de cortinas vivas de Finca Sucuya



Fuente: Corporación Montelimar

Figura 2. Puntos de muestreos (Centroides)



Fuente: Corporación Montelimar

**Figura 3:** Mezcla vertida en las probetas de 1000 ml



*Fuente: Elaboración propia*

**Figura 4:** Muestras correspondientes a  $D_a$  en horno



Pesaje de béaker



Beákers con muestras de suelo listas para ser sometidas a secado



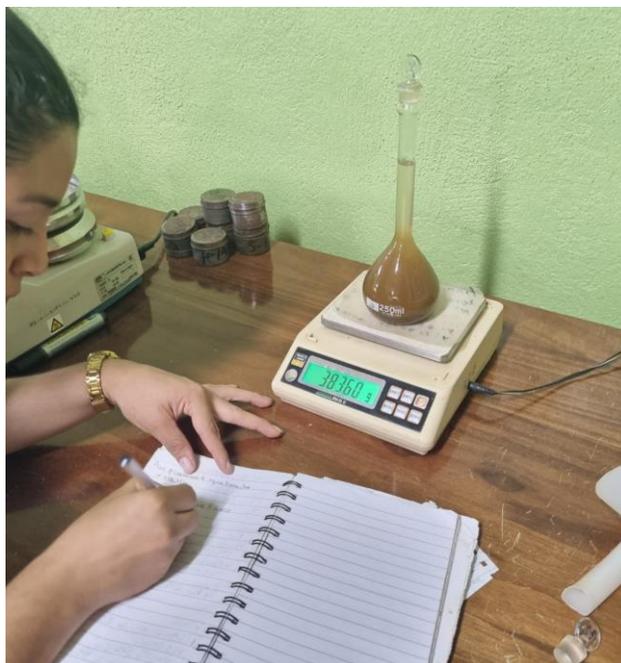
Enfriamiento de los béakers para realizar pesaje de peso seco



Pesaje de los béakers con las muestras secas

*Fuente: Elaboración propia*

**Figura 5:** Pesaje de P3 para determinación de Dr



*Fuente: Elaboración propia*

**Figura 6:** Ficha de llenado de datos para fase no.1**MUESTREO DE SUELOS: FICHA DE IDENTIFICACION DE MUESTRAS**

|                             |                          |
|-----------------------------|--------------------------|
| Fecha: _____                | Departamento: _____      |
| Municipio: _____            | Finca: _____             |
| Responsable: _____          |                          |
| No de lote (potrero): _____ | Establecimiento: _____   |
| Superficie: _____           | No de Submuestras: _____ |
| Prof. Muestreo: _____       |                          |

**Fuente:** (UNI, Guía Laboratorio de Fundamento de Suelos, 2019)

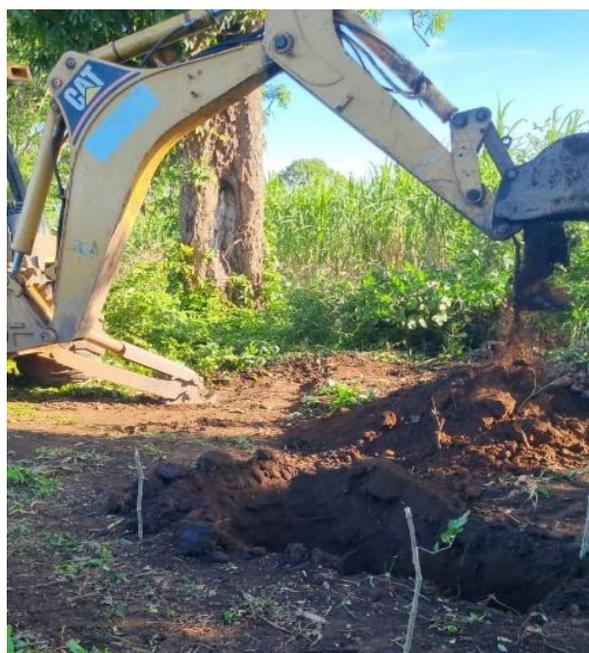
**Figura 7:** Densidad del agua destilada a diferentes temperaturas

| T (°C) | Densidad (gr/cm <sup>3</sup> ) | T (°C) | Densidad (gr/cm <sup>3</sup> ) | T (°C) | Densidad (gr/cm <sup>3</sup> ) |
|--------|--------------------------------|--------|--------------------------------|--------|--------------------------------|
| 0.0    | 0.999                          | 12.5   | 0.999                          | 25.0   | 0.997                          |
| 0.5    | 0.999                          | 13.0   | 0.999                          | 25.5   | 0.997                          |
| 1.0    | 0.999                          | 13.5   | 0.999                          | 26.0   | 0.997                          |
| 1.5    | 0.999                          | 14.0   | 0.999                          | 26.5   | 0.997                          |
| 2.0    | 0.999                          | 14.5   | 0.999                          | 27.0   | 0.997                          |
| 2.5    | 0.999                          | 15.0   | 0.999                          | 27.5   | 0.996                          |
| 3.0    | 0.999                          | 15.5   | 0.999                          | 28.0   | 0.996                          |
| 3.5    | 0.999                          | 16.0   | 0.999                          | 28.5   | 0.996                          |
| 4.0    | 1.000                          | 16.5   | 0.999                          | 29.0   | 0.996                          |
| 4.5    | 1.000                          | 17.0   | 0.999                          | 29.5   | 0.996                          |
| 5.0    | 1.000                          | 17.5   | 0.999                          | 30.0   | 0.996                          |
| 5.5    | 1.000                          | 18.0   | 0.999                          | 30.5   | 0.996                          |
| 6.0    | 1.000                          | 18.5   | 0.998                          | 31.0   | 0.995                          |
| 6.5    | 1.000                          | 19.0   | 0.998                          | 31.5   | 0.995                          |
| 7.0    | 1.000                          | 19.5   | 0.998                          | 32.0   | 0.995                          |
| 7.5    | 1.000                          | 20.0   | 0.998                          | 32.5   | 0.995                          |
| 8.0    | 1.000                          | 20.5   | 0.998                          | 33.0   | 0.995                          |
| 8.5    | 1.000                          | 21.0   | 0.998                          | 33.5   | 0.995                          |
| 9.0    | 1.000                          | 21.5   | 0.998                          | 34.0   | 0.994                          |
| 9.5    | 1.000                          | 22.0   | 0.998                          | 34.5   | 0.994                          |
| 10.0   | 1.000                          | 22.5   | 0.998                          | 35.0   | 0.994                          |
| 10.5   | 1.000                          | 23.0   | 0.998                          | 35.5   | 0.994                          |
| 11.0   | 1.000                          | 23.5   | 0.998                          |        |                                |
| 11.5   | 1.000                          | 24.0   | 0.997                          |        |                                |
| 12.0   | 1.000                          | 24.5   | 0.997                          |        |                                |

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

**Fuente:** (UNI, Guía Laboratorio de Fundamento de Suelos, 2019)

**Figura 8:** Backhoe en la perforación de la calicata #1



**Fuente:** *Elaboración propia*

**Figura 10:** Ficha de llenado de datos de los perfiles de cada calicata

| DESCRIPCION DE CALICATAS |                   |                |       |        |              |            |              |       |              |        |        |          |       |        |         |       |  |
|--------------------------|-------------------|----------------|-------|--------|--------------|------------|--------------|-------|--------------|--------|--------|----------|-------|--------|---------|-------|--|
| Ubicación                |                   | Departamento   |       |        | Coordenada X |            | Coordenada y |       | Elevación    |        |        |          |       |        |         |       |  |
| Serie suelo              |                   | N. de calicata |       |        | Coordenada x |            | Coordenada y |       | Elevación    |        |        |          |       |        |         |       |  |
| Vegetación               |                   | Pedregosidad   |       |        | Cultivo      |            |              |       |              |        |        |          |       |        |         |       |  |
| Fisiografía              |                   | Relieve        |       |        | Material     |            |              |       | Drenaje      |        |        |          |       |        |         |       |  |
| No.                      | Horizonte (clave) | Profundidad    | color |        | Textura      | Estructura |              |       | Consistencia |        |        | Moteados | poros | Raíces | Límites |       |  |
|                          |                   |                | Seco  | Humedo |              | Tipo       | Clase        | Grado | Seco         | Humedo | Mojado |          |       |        | Nitidez | Forma |  |
|                          |                   |                |       |        |              |            |              |       |              |        |        |          |       |        |         |       |  |
|                          |                   |                |       |        |              |            |              |       |              |        |        |          |       |        |         |       |  |
|                          |                   |                |       |        |              |            |              |       |              |        |        |          |       |        |         |       |  |

**Figura 11:** Infiltrómetro de doble anillo portátil, posicionado en calicata #1



**Tabla 2.** Datos de Levantamiento de Muestras Inalterada en la Finca Sucuya

| Código de parcelas de muestreo | Densidad aparente (Da)                |        | Profundidad de muestreo (cm) | Método de muestreo                |
|--------------------------------|---------------------------------------|--------|------------------------------|-----------------------------------|
|                                | Coordenadas UTM del punto de muestreo |        |                              |                                   |
|                                | N                                     | W      |                              |                                   |
| 1620-1                         | 1273273                               | 628145 | Altura cilindro              | Método del cilindro (laboratorio) |
| 1624-4                         | 1273150                               | 628327 | Altura cilindro              | Método del cilindro (laboratorio) |
| 1624-2                         | 1273161                               | 628609 | Altura cilindro              | Método del cilindro (laboratorio) |
| 1626-0                         | 1272874                               | 628267 | Altura cilindro              | Método del cilindro (laboratorio) |
| 1622-0                         | 1273577                               | 628268 | Altura cilindro              | Método del cilindro (laboratorio) |
| 1639-0                         | 1273627                               | 628492 | Altura cilindro              | Método del cilindro (laboratorio) |
| 1616-0                         | 1273706                               | 627558 | Altura cilindro              | Método del cilindro (laboratorio) |
| 1618-0                         | 1273807                               | 627330 | Altura cilindro              | Método del cilindro (laboratorio) |
| 1617-0                         | 1273530                               | 627228 | Altura cilindro              | Método del cilindro (laboratorio) |
| 1621-0                         | 1273928                               | 628290 | Altura cilindro              | Método del cilindro (laboratorio) |
| 1610-0                         | 1271829                               | 628241 | Altura cilindro              | Método del cilindro (laboratorio) |
| 1612-0                         | 1272281                               | 628255 | Altura cilindro              | Método del cilindro (laboratorio) |
| 1608-0                         | 1271852                               | 628714 | Altura cilindro              | Método del cilindro (laboratorio) |
| 1604-0                         | 1271376                               | 628716 | Altura cilindro              | Método del cilindro (laboratorio) |
| 1631-0                         | 1271387                               | 629149 | Altura cilindro              | Método del cilindro (laboratorio) |
| 1633-2                         | 1271830                               | 629153 | Altura cilindro              | Método del cilindro (laboratorio) |
| 1636-2                         | 1272244                               | 629161 | Altura cilindro              | Método del cilindro (laboratorio) |
| 1637-1                         | 1272688                               | 628668 | Altura cilindro              | Método del cilindro (laboratorio) |

---

| <b>Densidad aparente (Da)</b>         |  |        |                                     |                                   |
|---------------------------------------|--|--------|-------------------------------------|-----------------------------------|
| <b>Código de parcelas de muestreo</b> | <b>Coordenadas UTM del punto de muestreo</b> |        | <b>Profundidad de muestreo (cm)</b> | <b>Método de muestreo</b>         |
| 1661-1                                | 1274489                                      | 627258 | Altura cilindro                     | Método del cilindro (laboratorio) |
| 1664-5                                | 1275360                                      | 626891 | Altura cilindro                     | Método del cilindro (laboratorio) |
| 1664-2                                | 1274800                                      | 626866 | Altura cilindro                     | Método del cilindro (laboratorio) |
| 1665-1                                | 1274962                                      | 626486 | Altura cilindro                     | Método del cilindro (laboratorio) |
| 1666-0                                | 1274525                                      | 626476 | Altura cilindro                     | Método del cilindro (laboratorio) |
| 1669-0                                | 1274055                                      | 626919 | Altura cilindro                     | Método del cilindro (laboratorio) |
| 1673-0                                | 1273621                                      | 626446 | Altura cilindro                     | Método del cilindro (laboratorio) |
| 1671-0                                | 1273562                                      | 626880 | Altura cilindro                     | Método del cilindro (laboratorio) |
| 1658-0                                | 1273562                                      | 626877 | Altura cilindro                     | Método del cilindro (laboratorio) |
| 1655-0                                | 1274726                                      | 627426 | Altura cilindro                     | Método del cilindro (laboratorio) |
| 1653-0                                | 1275408                                      | 627375 | Altura cilindro                     | Método del cilindro (laboratorio) |
| 1650-0                                | 1275834                                      | 627325 | Altura cilindro                     | Método del cilindro (laboratorio) |
| Altura cilindro                       |  |        | 7 cm                                |                                   |

---

**Fuente:** *Elaboración propia*

**Tabla 3.** Datos de Levantamiento de Muestras Alterada en la Finca Sucuya

| <b>Densidad real, Textura, pH, Conductividad eléctrica</b> |  |          |                                     |
|--|--|----------|-------------------------------------|
| <b>Código de parcelas de muestreo</b>                      | <b>Coordenadas UTM del punto de muestreo</b> |          | <b>Profundidad de muestreo (cm)</b> |
|  | <b>N</b>                                     | <b>W</b> |                                     |
| 1620-1   | 1273273                                      | 628145   | 0-30                                |
|  |  |          | 30-60                               |
| 1624-4   | 1273150                                      | 628327   | 0-30                                |
|  |  |          | 30-60                               |
| 1624-2   | 1273161                                      | 628609   | 0-30                                |
|  |  |          | 30-60                               |
| 1626-0   | 1272874                                      | 628267   | 0-30                                |
|  |  |          | 30-60                               |
| 1622-0   | 1273577                                      | 628268   | 0-30                                |
|  |  |          | 30-60                               |
| 1639-0   | 1273627                                      | 628492   | 0-30                                |
|  |  |          | 30-60                               |
| 1616-0   | 1273706                                      | 627558   | 0-30                                |
|  |  |          | 30-60                               |
| 1618-0   | 1273807                                      | 627330   | 0-30                                |
|  |  |          | 30-60                               |
| 1617-0   | 1273530                                      | 627228   | 0-30                                |
|  |  |          | 30-60                               |

---

**Densidad real, Textura, pH, Conductividad eléctrica**

| Código de parcelas de muestreo | Coordenadas UTM del punto de muestreo |        | Profundidad de muestreo (cm) |
|--------------------------------|---------------------------------------|--------|------------------------------|
|                                | N                                     | W      |                              |
| 1621-0                         | 1273928                               | 628290 | 0-30                         |
|                                |                                       |        | 30-60                        |
| 1610-0                         | 1610-1                                | 1610-2 | 0-30                         |
|                                |                                       |        | 30-60                        |
| 1612-0                         | 1272281                               | 628255 | 0-30                         |
|                                |                                       |        | 30-60                        |
| 1608-0                         | 1271852                               | 628714 | 0-30                         |
|                                |                                       |        | 30-60                        |
| 1604-0                         | 1271376                               | 628716 | 0-30                         |
|                                |                                       |        | 30-60                        |
| 1631-0                         | 1271387                               | 629149 | 0-30                         |
|                                |                                       |        | 30-60                        |
| 1633-2                         | 1271830                               | 629153 | 0-30                         |
|                                |                                       |        | 30-60                        |
| 1636-2                         | 1272244                               | 629161 | 0-30                         |
|                                |                                       |        | 30-60                        |
| 1637-1                         | 1272688                               | 628668 | 0-30                         |

---

---

**Densidad real, Textura, pH, Conductividad eléctrica**

| Código de parcelas de muestreo | Coordenadas UTM del punto de muestreo |        | Profundidad de muestreo (cm) |
|--------------------------------|---------------------------------------|--------|------------------------------|
|                                | N                                     | W      |                              |
|                                |                                       |        | 30-60                        |
|                                |                                       |        | 0-30                         |
| 1661-1                         | 1274489                               | 627258 | 30-60                        |
|                                |                                       |        | 0-30                         |
| 1664-5                         | 1275360                               | 626891 | 30-60                        |
|                                |                                       |        | 0-30                         |
| 1664-2                         | 1274800                               | 626866 | 30-60                        |
|                                |                                       |        | 0-30                         |
| 1665-1                         | 1274962                               | 626486 | 30-60                        |
|                                |                                       |        | 0-30                         |
| 1666-0                         | 1274525                               | 626476 | 30-60                        |
|                                |                                       |        | 0-30                         |
| 1669-0                         | 1274055                               | 626919 | 30-60                        |
|                                |                                       |        | 0-30                         |
| 1673-0                         | 1273621                               | 626446 | 0-30                         |

---

---

**Densidad real, Textura, pH, Conductividad eléctrica**

| Código de parcelas de muestreo | Coordenadas UTM del punto de muestreo |         | Profundidad de muestreo (cm) |
|--------------------------------|---------------------------------------|---------|------------------------------|
|                                | N                                     | W       |                              |
|                                |                                       |         | 30-60                        |
| 1671-0                         | 1273562                               | 626880  | 0-30                         |
|                                |                                       |         | 30-60                        |
| 1658-0                         | 1273562                               | 626877  | 0-30                         |
|                                |                                       |         | 30-60                        |
| 1655-0                         | 1274726                               | 627426  | 0-30                         |
|                                |                                       |         | 30-60                        |
| 1653-0                         | 1653-0                                | 1275408 | 0-30                         |
|                                |                                       |         | 30-60                        |
| 1650-0                         | 1275834                               | 627325  | 0-30                         |
|                                |                                       |         | 30-60                        |

---

**Fuente:** *Elaboración propia*

**Tabla 4.** Tabla de datos para calcular textura en laboratorio por medio del método de Bouyoucos

| <b>Método del Hidrómetro de Bouyoucos</b> |                  |                             |                 |                  |                |                  |                     |                    |
|---|------------------|-----------------------------|-----------------|------------------|----------------|------------------|---------------------|--------------------|
| Código de muestra                         | Profundidad (cm) | Código de envase de muestra | Lectura 1 (40s) | Temperatura (°C) | Lectura 2 (5h) | Temperatura (°C) | Lect corrección 40s | Lect corrección 5h |
| 1604-0                                    | 30-60            | 15                          | 21              | 25.7             | 5              | 26.2             | 22.71               | 6.86               |
| 1604-0                                    | 0-30             | 12                          | 25              | 26.8             | 7              | 26.8             | 27.04               | 9.04               |
| 1608-0                                    | 0-30             | 11                          | 35              | 27.1             | 14             | 28.2             | 37.13               | 16.46              |
| 1608-0                                    | 30-60            | 21                          | 26              | 26.8             | 7              | 26.6             | 28.04               | 8.98               |
| 1610-0                                    | 0-30             | SK                          | 21              | 25.5             | 9              | 26.2             | 22.65               | 10.86              |
| 1610-0                                    | 30-60            | Sorgo2                      | 24              | 26.8             | 8              | 26.8             | 26.04               | 10.04              |
| 1612-0                                    | 0-30             | 1                           | 31              | 26.3             | 16             | 26.3             | 32.89               | 17.89              |
| 1612-0                                    | 30-60            | 12                          | 20              | 26               | 8              | 26.1             | 21.8                | 9.83               |
| 1616-0                                    | 30-60            | SF                          | 25              | 25.6             | 9              | 26.1             | 26.68               | 10.83              |
| 1616-0                                    | 0-30             | 0 59                        | 26              | 26               | 6              | 27.3             | 27.8                | 8.19               |
| 1617-0                                    | 0-30             | 15                          | 32              | 26.6             | 16             | 26.6             | 33.98               | 17.98              |
| 1617-0                                    | 30-60            | 1                           | 35              | 26.2             | 14             | 26.7             | 36.86               | 16.01              |
| 1618-0                                    | 0-30             | GR                          | 40              | 28.1             | 16             | 28.5             | 42.43               | 18.55              |
| 1618-0                                    | 30-60            | 0 5L                        | 30              | 26.2             | 16             | 26.8             | 31.86               | 18.04              |
| 1620-1                                    | 30-60            | 18                          | 30              | 26.1             | 10             | 26.8             | 31.83               | 12.04              |
| 1620-1                                    | 0-30             | 3                           | 37              | 26.2             | 18             | 26.9             | 38.86               | 20.07              |
| 1621-0                                    | 0-30             | Chele/Lvcs                  | 34              | 27               | 16             | 28.2             | 36.1                | 18.46              |
| 1621-0                                    | 30-60            | 2L                          | 38              | 26.2             | 21             | 27.2             | 39.86               | 23.16              |
| 1622-0                                    | 30-60            | 0 1                         | 40              | 26.4             | 26             | 26.3             | 41.92               | 27.89              |
| 1622-0                                    | 0-30             | Chele LVCS                  | 31              | 26               | 15             | 27.3             | 32.8                | 17.19              |
| 1624-2                                    | 0-30             | SNL-01                      | 24              | 26.1             | 7              | 26.9             | 25.83               | 9.07               |

---

**Método del Hidrómetro de Bouyoucos**

| Código de muestra | Profundidad (cm) | Código de envase de muestra | Lectura 1 (40s) | Temperatura (°C) | Lectura 2 (5h) | Temperatura (°C) | Lect corrección 40s | Lect corrección 5h |
|-------------------|------------------|-----------------------------|-----------------|------------------|----------------|------------------|---------------------|--------------------|
| 1624-2            | 30-60            | Sorgo2                      | 25              | 25.9             | 7              | 27.3             | 26.77               | 9.19               |
| 1624-4            | 30-60            | 2L                          | 30              | 26.1             | 15             | 26.2             | 31.83               | 16.86              |
| 1624-4            | 0-30             | 2L                          | 29              | 26.2             | 14             | 26.6             | 30.86               | 15.98              |
| 1626-0            | 30-60            | 0 5L                        | 35              | 26.4             | 3              | 26.5             | 36.92               | 4.95               |
| 1626-0            | 0-30             | 10                          | 32              | 26.5             | 16             | 26.7             | 33.95               | 18.01              |
| 1631-0            | 30-60            | 0 59                        | 28              | 27.8             | 7              | 28.4             | 30.34               | 9.52               |
| 1631-0            | 0-30             | 18                          | 23              | 25.9             | 7              | 26.2             | 24.77               | 8.86               |
| 1633-2            | 30-60            | S.N 01                      | 35              | 28               | 9              | 28.4             | 37.4                | 11.52              |
| 1633-2            | 0-30             | 25                          | 22              | 26.6             | 6              | 26.8             | 23.98               | 8.04               |
| 1636-2            | 30-60            | A12                         | 30              | 27.1             | 8              | 28.3             | 32.13               | 10.49              |
| 1636-2            | 0-30             | 3                           | 23              | 25.7             | 8              | 26.1             | 24.71               | 9.83               |
| 1637-1            | 0-30             | 10                          | 31              | 27.1             | 10             | 28.4             | 33.13               | 12.52              |
| 1637-1            | 30-60            | 201                         | 23              | 25.6             | 5              | 26.2             | 24.68               | 6.86               |
| 1639-0            | 0-30             | 11                          | 29              | 26               | 14             | 26.1             | 30.8                | 15.83              |
| 1639-0            | 30-60            | 20                          | 37              | 26.2             | 18             | 26.8             | 38.86               | 20.04              |
| 1650-0            | 0-30             | 20                          | 35              | 27.1             | 14             | 28.2             | 37.13               | 16.46              |
| 1650-0            | 30-60            | 201                         | 28              | 26.2             | 14             | 27.2             | 29.86               | 16.16              |
| 1653-0            | 0-30             | A 12                        | 29              | 26.2             | 12             | 26.7             | 30.86               | 14.01              |
| 1653-0            | 30-60            | 5K                          | 26              | 26               | 13             | 27.4             | 27.8                | 15.22              |

---

---

**Método del Hidrómetro de Bouyoucos**

| Código de muestra | Profundidad (cm) | Código de envase de muestra | Lectura 1 (40s) | Temperatura (°C) | Lectura 2 (5h) | Temperatura (°C) | Lect corrección 40s | Lect corrección 5h |
|-------------------|------------------|-----------------------------|-----------------|------------------|----------------|------------------|---------------------|--------------------|
| 1655-0            | 0-30             | 12                          | 32              | 26.1             | 16             | 27.2             | 33.83               | 18.16              |
| 1655-0            | 30-60            | 11                          | 34              | 26               | 19             | 27.3             | 35.8                | 21.19              |
| 1658-0            | 0-30             | Camoapa<br>4                | 33              | 26.1             | 15             | 27.2             | 34.83               | 17.16              |
| 1658-0            | 30-60            | SNL01                       | 35              | 26.1             | 17             | 27.2             | 36.83               | 19.16              |
| 1661-1            | 30-60            | Sorgo2                      | 33              | 26.4             | 20             | 26.4             | 34.92               | 21.92              |
| 1661-1            | 0-30             | A-12                        | 32              | 26               | 14             | 27.3             | 33.8                | 16.19              |
| 1664-5            | 30-60            | 11                          | 12              | 26.1             | 10             | 26.8             | 13.83               | 12.04              |
| 1664-5            | 0-30             | 0 5L                        | 34              | 28               | 14             | 28.4             | 36.4                | 16.52              |
| 1664-2            | 0-30             | 5K                          | 33              | 26.1             | 15             | 26.7             | 34.83               | 17.01              |
| 1664-2            | 30-60            | BSF                         | 36              | 26.2             | 20             | 26.7             | 37.86               | 22.01              |
| 1665-1            | 30-60            | 201                         | 26              | 26.5             | 7              | 26.8             | 27.95               | 9.04               |
| 1665-1            | 0-30             | BSF                         | 32              | 26.4             | 15             | 27.2             | 33.92               | 17.16              |
| 1666-0            | 30-60            | 25                          | 36              | 25.9             | 20             | 26.2             | 37.77               | 21.86              |
| 1666-0            | 0-30             | 25                          | 35              | 25.9             | 19             | 27.2             | 36.77               | 21.16              |
| 1669-0            | 30-60            | 20                          | 40              | 26.4             | 39             | 26.2             | 41.92               | 40.86              |
| 1669-0            | 0-30             | 10                          | 37              | 26.13            | 26             | 26.3             | 38.839              | 27.89              |

---

---

**Método del Hidrómetro de Bouyoucos**

| Código de muestra | Profundidad (cm) | Código de envase de muestra | Lectura 1 (40s)                                | Temperatura (°C) | Lectura 2 (5h) | Temperatura (°C) | Lect corrección 40s | Lect corrección 5h |
|-------------------|------------------|-----------------------------|--|------------------|----------------|------------------|---------------------|--------------------|
| 1671-0            | 0-30             | 21                          | 31   | 26.3             | 16             | 26.3             | 32.89               | 17.89              |
| 1671-0            | 30-60            | GR                          | 35   | 26.1             | 18             | 26.7             | 36.83               | 20.01              |
| 1673-0            | 0-30             | GR                          | 30   | 25.9             | 8              | 27.3             | 31.77               | 10.19              |
| 1673-0            | 30-60            | 11                          | 29   | 26.5             | 13             | 26.6             | 30.95               | 14.98              |
|                   | Blanco           |                             | 0  | 27.8             | 0              | 28.7             |                     |                    |
|                   | Blanco           |                             | 0  | 25.55            | 0              | 26.4             |                     |                    |
|                   | Blanco           |                             | 0  | 26.1             | 0              | 27               |                     |                    |
|                   | Blanco           |                             | 0  | 25.9             | 0              | 27.5             |                     |                    |
|                   |                  |                             | Factor corrección de excedentes de temperatura |                  |                |                  |                     |                    |
|                   |                  |                             | 0.3  |                  |                |                  |                     |                    |

---

**Fuente:** Elaboración propia

**Tabla 5.** Resultados de Textura de suelo (Método de laboratorio)

| Código de muestra | Profundidad (cm) | % Limo + Arcilla | % Arcilla | % Arena | % Limo | Clase textural           | % Total |
|-------------------|------------------|------------------|-----------|---------|--------|--------------------------|---------|
| 1604-0            | 30-60            | 45.42            | 14        | 55      | 32     | Franco arenoso           | 100     |
| 1604-0            | 0-30             | 54.08            | 18        | 46      | 36     | Franco                   | 100     |
| 1608-0            | 0-30             | 74.26            | 33        | 26      | 41     | Franco arcilloso         | 100     |
| 1608-0            | 30-60            | 56.08            | 18        | 44      | 38     | Franco                   | 100     |
| 1610-0            | 0-30             | 45.3             | 22        | 55      | 24     | Franco arcilloso arenoso | 100     |
| 1610-0            | 30-60            | 52.08            | 20        | 48      | 32     | Franco                   | 100     |
| 1612-0            | 0-30             | 65.78            | 36        | 34      | 30     | Franco arcilloso         | 100     |
| 1612-0            | 30-60            | 43.6             | 20        | 56      | 24     | Franco arenoso           | 100     |
| 1616-0            | 30-60            | 53.36            | 22        | 47      | 32     | Franco                   | 100     |
| 1616-0            | 0-30             | 55.6             | 16        | 44      | 39     | Franco                   | 100     |
| 1617-0            | 0-30             | 67.96            | 36        | 32      | 32     | Franco arcilloso         | 100     |
| 1617-0            | 30-60            | 73.72            | 32        | 26      | 42     | Franco arcilloso         | 100     |
| 1618-0            | 0-30             | 84.86            | 37        | 15      | 48     | Franco arcilloso limoso  | 100     |
| 1618-0            | 30-60            | 63.72            | 36        | 36      | 28     | Franco arcilloso         | 100     |
| 1620-1            | 30-60            | 63.66            | 24        | 36      | 40     | Franco                   | 100     |
| 1620-1            | 0-30             | 77.72            | 40        | 22      | 38     | Arcilloso                | 100     |
| 1621-0            | 0-30             | 72.2             | 37        | 28      | 35     | Franco arcilloso         | 100     |
| 1621-0            | 30-60            | 79.72            | 46        | 20      | 33     | Arcilloso                | 100     |
| 1622-0            | 30-60            | 83.84            | 56        | 16      | 28     | Arcilloso                | 100     |
| 1622-0            | 0-30             | 65.6             | 34        | 34      | 31     | Franco arcilloso         | 100     |
| 1624-2            | 0-30             | 51.66            | 18        | 48      | 34     | Franco                   | 100     |
| 1624-2            | 30-60            | 53.54            | 18        | 46      | 35     | Franco                   | 100     |
| 1624-4            | 30-60            | 63.66            | 34        | 36      | 30     | Franco arcilloso         | 100     |
| 1624-4            | 0-30             | 61.72            | 32        | 38      | 30     | Franco arcilloso         | 100     |

| Código de muestra | Profundidad (cm) | % Limo + Arcilla | % Arcilla | % Arena | % Limo | Clase textural           | % Total |
|-------------------|------------------|------------------|-----------|---------|--------|--------------------------|---------|
| 1626-0            | 30-60            | 73.84            | 10        | 26      | 64     | Franco limoso            | 100     |
| 1626-0            | 0-30             | 67.9             | 36        | 32      | 32     | Franco arcilloso         | 100     |
| 1631-0            | 30-60            | 60.68            | 19        | 39      | 42     | Franco                   | 100     |
| 1631-0            | 0-30             | 49.54            | 18        | 50      | 32     | Franco                   | 100     |
| 1633-2            | 30-60            | 74.8             | 23        | 25      | 52     | Franco limoso            | 100     |
| 1633-2            | 0-30             | 47.96            | 16        | 52      | 32     | Franco arenoso           | 100     |
| 1636-2            | 30-60            | 64.26            | 21        | 36      | 43     | Franco                   | 100     |
| 1636-2            | 0-30             | 49.42            | 20        | 51      | 30     | Franco                   | 100     |
| 1637-1            | 0-30             | 66.26            | 25        | 34      | 41     | Franco                   | 100     |
| 1637-1            | 30-60            | 49.36            | 14        | 51      | 36     | Franco                   | 100     |
| 1639-0            | 0-30             | 61.6             | 32        | 38      | 30     | Franco arcilloso         | 100     |
| 1639-0            | 30-60            | 77.72            | 40        | 22      | 38     | Arcilloso                | 100     |
| 1650-0            | 0-30             | 74.26            | 33        | 26      | 41     | Franco arcilloso         | 100     |
| 1650-0            | 30-60            | 59.72            | 32        | 40      | 27     | Franco arcilloso         | 100     |
| 1653-0            | 0-30             | 61.72            | 28        | 38      | 34     | Franco arcilloso         | 100     |
| 1653-0            | 30-60            | 55.6             | 30        | 44      | 25     | Franco arcilloso         | 100     |
| 1655-0            | 0-30             | 67.66            | 36        | 32      | 31     | Franco arcilloso         | 100     |
| 1655-0            | 30-60            | 71.6             | 42        | 28      | 29     | Arcilloso                | 100     |
| 1658-0            | 0-30             | 69.66            | 34        | 30      | 35     | Franco arcilloso         | 100     |
| 1658-0            | 30-60            | 73.66            | 38        | 26      | 35     | Franco arcilloso         | 100     |
| 1661-1            | 30-60            | 69.84            | 44        | 30      | 26     | Arcilloso                | 100     |
| 1661-1            | 0-30             | 67.6             | 32        | 32      | 35     | Franco arcilloso         | 100     |
| 1664-5            | 0-30             | 72.8             | 33        | 27      | 40     | Franco arcilloso         | 100     |
| 1664-5            | 30-60            | 27.66            | 24        | 72      | 4      | Franco arcilloso arenoso | 100     |
| 1664-2            | 0-30             | 69.66            | 34        | 30      | 36     | Franco arcilloso         | 100     |
| 1664-2            | 30-60            | 75.72            | 44        | 24      | 32     | Arcilloso                | 100     |

| Código de muestra | Profundidad (cm) | % Limo + Arcilla | % Arcilla | % Arena | % Limo | Clase textural   | % Total |
|-------------------|------------------|------------------|-----------|---------|--------|------------------|---------|
| 1665-1            | 30-60            | 55.9             | 18        | 44      | 38     | Franco           | 100     |
| 1665-1            | 0-30             | 67.84            | 34        | 32      | 34     | Franco arcilloso | 100     |
| 1666-0            | 30-60            | 75.54            | 44        | 24      | 32     | Arcilloso        | 100     |
| 1666-0            | 0-30             | 73.54            | 42        | 26      | 31     | Arcilloso        | 100     |
| 1669-0            | 30-60            | 83.84            | 82        | 16      | 2      | Arcilloso        | 100     |
| 1669-0            | 0-30             | 77.678           | 56        | 22      | 22     | Arcilloso        | 100     |
| 1671-0            | 0-30             | 65.78            | 36        | 34      | 30     | Franco arcilloso | 100     |
| 1671-0            | 30-60            | 73.66            | 40        | 26      | 34     | Arcilloso        | 100     |
| 1673-0            | 0-30             | 63.54            | 20        | 36      | 43     | Franco           | 100     |
| 1673-0            | 30-60            | 61.9             | 30        | 38      | 32     | Franco arcilloso | 100     |

**Fuente:** Elaboración propia

**Tabla 6.** Tabla de datos para calcular Densidad Aparente en laboratorio, método del cilindro

| <b>Tabla de datos de laboratorio</b> |                     |                   |                       |        |                          |                       |
|--------------------------------------|---------------------|-------------------|-----------------------|--------|--------------------------|-----------------------|
| No. Beáker                           | Peso de Beáker (gr) | Código de parcela | Coordenadas del punto |        | Fecha de toma de muestra | Peso seco de muestras |
|                                      |                     |                   | N                     | W      |                          |                       |
| B8                                   | <b>147.3</b>        | 1620-1            | 1273273               | 628145 | 25/08/2022               | <b>498.7</b>          |
| B7                                   | <b>147.2</b>        | 1637-1            | 1272688               | 628668 | 25/08/2022               | <b>541.95</b>         |
| B9                                   | <b>147.55</b>       | 1608-0            | 1271852               | 628714 | 25/08/2022               | <b>535.95</b>         |
| SOFIMA                               | <b>147.8</b>        | 1624-4            | 1273150               | 628327 | 24/08/2022               | <b>523.7</b>          |
| La virgen 2                          | <b>147.35</b>       | 1616-0            | 1273706               | 627558 | 24/08/2022               | <b>524.7</b>          |
| Sofi2                                | <b>149.3</b>        | 1669-0            | 1274055               | 626919 | 26/08/2022               | <b>484.15</b>         |
| A1                                   | <b>145.9</b>        | 1671-0            | 1273562               | 626880 | 26/08/2022               | <b>567.65</b>         |
| G1                                   | <b>145.25</b>       | 1664-2            | 1274800               | 626866 | 26/08/2022               | <b>537.15</b>         |
| B3                                   | <b>145.8</b>        | 1610-0            | 1271829               | 628241 | 25/08/2022               | <b>540.95</b>         |
| STL                                  | <b>146.75</b>       | 1618-0            | 1273807               | 627330 | 24/08/2022               | <b>502.5</b>          |
| G1                                   | <b>145.25</b>       | 1636-2            | 1272244               | 629161 | 25/08/2022               | <b>550.6</b>          |
| B5                                   | <b>146.15</b>       | 1665-1            | 1274962               | 626486 | 26/08/2022               | <b>561.7</b>          |
| La Virgen 1                          | <b>146.35</b>       | 1622-0            | 1273577               | 628268 | 24/08/2022               | <b>536.35</b>         |
| St Lucia                             | <b>147.3</b>        | 1661-1            | 1274489               | 627258 | 26/08/2022               | <b>522.25</b>         |
| STL                                  | <b>146.75</b>       | 1633-2            | 1271830               | 629153 | 25/08/2022               | <b>574.6</b>          |
| Calicata 2                           | <b>145.7</b>        | 1666-0            | 1274525               | 626476 | 26/08/2022               | <b>548.95</b>         |
| Sofi 2                               | <b>149.3</b>        | 1626-0            | 1272874               | 628267 | 24/08/2022               | <b>451.8</b>          |
| SOFIMA                               | <b>147.8</b>        | 1664-5            | 1275360               | 626891 | 26/08/2022               | <b>553.4</b>          |
| B7                                   | <b>147.2</b>        | 1639-0            | 1273627               | 628492 | 24/08/2022               | <b>498.05</b>         |
| B8                                   | <b>147.3</b>        | 1673-0            | 1273621               | 626446 | 26/08/2022               | <b>457</b>            |
| B3                                   | <b>145.8</b>        | 1621-0            | 1273928               | 628290 | 24/08/2022               | <b>520.1</b>          |
| La Virgen 2                          | <b>147.35</b>       | 1617-0            | 1273530               | 627228 | 24/08/2022               | <b>499.2</b>          |
| B9                                   | <b>147.55</b>       | 1604-0            | 1271376               | 628716 | 25/08/2022               | <b>553.55</b>         |
| A1                                   | <b>145.9</b>        | 1612-0            | 1272281               | 628255 | 25/08/2022               | <b>549.4</b>          |
| Sofi 2                               | <b>149.3</b>        | 1655-0            | 1274726               | 627426 | 27/08/2022               | <b>541.1</b>          |
| Calicata 2                           | <b>145.7</b>        | 1631-0            | 1271387               | 629149 | 25/08/2022               | <b>555.25</b>         |
| B7                                   | <b>147.2</b>        | 1624-2            | 1273161               | 628609 | 24/08/2022               | <b>502</b>            |
| B5                                   | <b>146.15</b>       | 1650-0            | 1275834               | 627325 | 27/08/2022               | <b>582.65</b>         |
| B9                                   | <b>147.55</b>       | 1653-0            | 1275408               | 627375 | 27/08/2022               | <b>581.4</b>          |
| STL                                  | <b>146.75</b>       | 1658-0            | 1273562               | 626877 | 27/08/2022               | <b>533.65</b>         |

**Fuente:** Elaboración propia

**Tabla 7.** Resultados de Da de suelo (Método de laboratorio)

| <b>Código de muestra</b>    | <b>Da (gr/cm<sup>3</sup>)</b> |
|-----------------------------|-------------------------------|
| 1620-1                      | 1.23                          |
| 1637-1                      | 1.39                          |
| 1608-0                      | 1.36                          |
| 1624-4                      | 1.32                          |
| 1616-0                      | 1.32                          |
| 1669-0                      | 1.17                          |
| 1671-0                      | 1.48                          |
| 1664-2                      | 1.38                          |
| 1610-0                      | 1.39                          |
| 1618-0                      | 1.25                          |
| 1636-2                      | 1.42                          |
| 1665-1                      | 1.46                          |
| 1622-0                      | 1.37                          |
| 1661-1                      | 1.32                          |
| 1633-2                      | 1.50                          |
| 1666-0                      | 1.41                          |
| 1626-0                      | 1.06                          |
| 1664-5                      | 1.42                          |
| 1639-0                      | 1.23                          |
| 1673-0                      | 1.09                          |
| 1621-0                      | 1.31                          |
| 1617-0                      | 1.23                          |
| 1604-0                      | 1.42                          |
| 1612-0                      | 1.42                          |
| 1655-0                      | 1.37                          |
| 1631-0                      | 1.44                          |
| 1624-2                      | 1.24                          |
| 1650-0                      | 1.53                          |
| 1653-0                      | 1.52                          |
| 1658-0                      | 1.36                          |
| <b>Dimensiones cilindro</b> |                               |
| Diámetro interno (cm)       | 3.6                           |
| Altura (cm)                 | 7                             |

**Fuente:** Elaboración propia

**Tabla 8:** Tabla de datos para calcular Densidad Real (Dr) de suelo

| Código de parcela | Profundidad de muestreo (cm) | Pp (gr) | (Pp + Ps) (gr) | Ps (gr) | P1 (gr) | P3 (gr) | Temperatura de P1 (°C) | Densidad del agua a Temperatura P1 (gr/cm <sup>3</sup> ) | Temperatura de P3 (°C) | Densidad del agua a Temperatura P3 (gr/cm <sup>3</sup> ) |
|-------------------|------------------------------|---------|----------------|---------|---------|---------|------------------------|--|------------------------|--|
| 1604-0            | 30-60                        | 126.9   | 145.35         | 18.45   | 375.55  | 384.9   | 27.6                   | 0.996  | 27.6                   | 0.996  |
| 1604-0            | 0-30                         | 122.35  | 146.2          | 23.85   | 371.45  | 385.4   | 24.9                   | 0.997  | 24.9                   | 0.997  |
| 1608-0            | 0-30                         | 123.3   | 146.45         | 23.15   | 372.85  | 386     | 26.8                   | 0.997  | 28.6                   | 0.996  |
| 1608-0            | 30-60                        | 123.15  | 148.8          | 25.65   | 371.65  | 386.5   | 26.1                   | 0.997  | 26.8                   | 0.997  |
| 1610-0            | 0-30                         | 121.85  | 146.6          | 24.75   | 371.2   | 384.9   | 28.7                   | 0.996  | 31                     | 0.995  |
| 1610-0            | 30-60                        | 116.6   | 147.1          | 30.5    | 365.05  | 385.15  | 26.3                   | 0.997  | 26.5                   | 0.997  |
| 1612-0            | 30-60                        | 116.65  | 149.8          | 33.15   | 365.8   | 382.6   | 29.3                   | 0.996  | 30.8                   | 0.995  |
| 1612-0            | 0-30                         | 114.65  | 145.3          | 30.65   | 364.4   | 381.95  | 27.5                   | 0.996  | 26                     | 0.997  |

| Código de parcela | Profundidad de muestreo (cm) | Pp (gr) | (Pp + Ps) (gr) | Ps (gr) | P1 (gr) | P3 (gr) | Temperatura de P1 (°C) | Densidad del agua a Temperatura P1 (gr/cm <sup>3</sup> ) | Temperatura de P3 (°C) | Densidad del agua a Temperatura a P3 (gr/cm <sup>3</sup> ) |
|-------------------|------------------------------|---------|----------------|---------|---------|---------|------------------------|--|------------------------|--|
| 1616-0            | 30-60                        | 126.55  | 147.9          | 21.35   | 376.05  | 387.85  | 29.2                   | 0.996  | 31                     | 0.995  |
| 1616-0            | 0-30                         | 126.45  | 151.9          | 25.45   | 375.9   | 390.45  | 26.1                   | 0.997  | 27.2                   | 0.997  |
| 1617-0            | 30-60                        | 123.05  | 145.1          | 22.05   | 371.75  | 383.6   | 27.3                   | 0.997  | 27.3                   | 0.997  |
| 1617-0            | 0-30                         | 121.55  | 148.25         | 26.7    | 370.1   | 385.1   | 25.7                   | 0.997  | 25.7                   | 0.997  |
| 1618-0            | 0-30                         | 122.15  | 145            | 22.85   | 370.65  | 383.25  | 28.4                   | 0.996  | 28.6                   | 0.996  |
| 1618-0            | 30-60                        | 121.55  | 146.8          | 25.25   | 370.55  | 385.3   | 24.6                   | 0.997  | 25.9                   | 0.997  |
| 1620-1            | 30-60                        | 121.4   | 147.05         | 25.65   | 371.6   | 385.9   | 25.7                   | 0.997  | 27.1                   | 0.997  |
| 1620-1            | 0-30                         | 121.9   | 147.2          | 25.3    | 371.1   | 385.35  | 25.7                   | 0.997  | 26.7                   | 0.997  |

| Código de parcela | Profundidad de muestreo (cm) | Pp (gr) | (Pp + Ps) (gr) | Ps (gr) | P1 (gr) | P3 (gr) | Temperatura de P1 (°C) | Densidad del agua a Temperatura P1 (gr/cm <sup>3</sup> ) | Temperatura de P3 (°C) | Densidad del agua a Temperatura a P3 (gr/cm <sup>3</sup> ) |
|-------------------|------------------------------|---------|----------------|---------|---------|---------|------------------------|--|------------------------|--|
| 1621-0            | 0-30                         | 115.2   | 147.95         | 32.75   | 365.05  | 379.3   | 30.5                   | 0.996  | 31.4                   | 0.995  |
| 1621-0            | 30-60                        | 115.85  | 147.45         | 31.6    | 365.5   | 382.6   | 25.8                   | 0.997  | 26.1                   | 0.997  |
| 1622-0            | 30-60                        | 114.7   | 145.1          | 30.4    | 363.05  | 380.2   | 27.5                   | 0.996  | 27.8                   | 0.996  |
| 1622-0            | 0-30                         | 126.45  | 151.35         | 24.9    | 375.6   | 389.9   | 26                     | 0.997  | 27.5                   | 0.996  |
| 1624-2            | 0-30                         | 115.65  | 147.95         | 32.3    | 364.75  | 383.7   | 27.2                   | 0.997  | 27.2                   | 0.997  |
| 1624-2            | 30-60                        | 123.1   | 148.1          | 25      | 371.75  | 385.8   | 26.1                   | 0.997  | 27                     | 0.997  |
| 1624-4            | 30-60                        | 122.95  | 145.2          | 22.25   | 372.1   | 384.8   | 27.1                   | 0.997  | 26.8                   | 0.997  |
| 1624-4            | 0-30                         | 122.7   | 148.05         | 25.35   | 371.6   | 385.7   | 25.8                   | 0.997  | 26.7                   | 0.997  |

| Código de parcela | Profundidad de muestreo (cm) | Pp (gr)    | (Pp + Ps) (gr) | Ps (gr) | P1 (gr) | P3 (gr) | Temperatura de P1 (°C) | Densidad del agua a Temperatura P1 (gr/cm <sup>3</sup> ) | Temperatura de P3 (°C) | Densidad del agua a Temperatura a P3 (gr/cm <sup>3</sup> ) |
|-------------------|------------------------------|------------|----------------|---------|---------|---------|------------------------|--|------------------------|--|
| 1626-0            | 0-30                         | 123<br>.15 | 147.75         | 24.6    | 372.75  | 386.35  | 26.3                   | 0.997  | 26.4                   | 0.997  |
| 1626-0            | 30-60                        | 127<br>.05 | 145.4          | 18.35   | 375.75  | 385.88  | 28.9                   | 0.996  | 28.6                   | 0.996  |
| 1631-0            | 0-30                         | 114<br>.6  | 148.2          | 33.6    | 363.1   | 382.5   | 27.9                   | 0.996  | 28.2                   | 0.996  |
| 1631-0            | 30-60                        | 121<br>.65 | 145.4          | 23.75   | 370.5   | 383.6   | 28.7                   | 0.996  | 28.4                   | 0.996  |
| 1633-2            | 30-60                        | 123<br>.3  | 145.4          | 22.1    | 371.15  | 384.35  | 29                     | 0.996  | 28.2                   | 0.996  |
| 1633-2            | 0-30                         | 115<br>.3  | 149.5          | 34.2    | 364.1   | 384.6   | 25.9                   | 0.997  | 26.8                   | 0.997  |
| 1636-2            | 30-60                        | 115<br>.3  | 145.4          | 30.1    | 364.05  | 381.5   | 27.1                   | 0.997  | 28.4                   | 0.996  |
| 1636-2            | 0-30                         | 114<br>.45 | 146.4          | 31.95   | 363.4   | 380.75  | 26.1                   | 0.997  | 27.3                   | 0.997  |

| Código de parcela | Profundidad de muestreo (cm) | Pp (gr) | (Pp + Ps) (gr) | Ps (gr) | P1 (gr) | P3 (gr) | Temperatura de P1 (°C) | Densidad del agua a Temperatura P1 (gr/cm <sup>3</sup> ) | Temperatura de P3 (°C) | Densidad del agua a Temperatura P3 (gr/cm <sup>3</sup> ) |
|-------------------|------------------------------|---------|----------------|---------|---------|---------|------------------------|--|------------------------|--|
| 1637-1            | 0-30                         | 121.95  | 147            | 25.05   | 370.3   | 385.4   | 28.4                   | 0.996  | 28.4                   | 0.996  |
| 1637-1            | 30-60                        | 126.95  | 145.3          | 18.35   | 375.2   | 386.3   | 26.3                   | 0.997  | 26.5                   | 0.997  |
| 1639-0            | 0-30                         | 115.65  | 146.15         | 30.5    | 364.9   | 381.9   | 29.9                   | 0.996  | 31.3                   | 0.995  |
| 1639-0            | 30-60                        | 123.4   | 148.15         | 24.75   | 372.15  | 386.1   | 26.2                   | 0.997  | 26.5                   | 0.997  |
| 1650-0            | 0-30                         | 115.35  | 145.65         | 30.3    | 363.55  | 381.45  | 27.8                   | 0.996  | 28.4                   | 0.996  |
| 1650-0            | 30-60                        | 126.45  | 152.1          | 25.65   | 376.15  | 390.3   | 26.7                   | 0.997  | 28.5                   | 0.996  |
| 1653-0            | 0-30                         | 127     | 152.05         | 25.05   | 376.35  | 390.9   | 25.5                   | 0.997  | 25.2                   | 0.997  |
| 1653-0            | 30-60                        | 115.85  | 140.8          | 24.95   | 365.4   | 379.75  | 27.5                   | 0.996  | 28.9                   | 0.996  |
| 1655-0            | 0-30                         | 123.1   | 148.2          | 25.1    | 372.15  | 386.45  | 27.8                   | 0.996  | 27.6                   | 0.996  |

| Código de parcela | Profundidad de muestreo (cm) | Pp (gr) | (Pp + Ps) (gr) | Ps (gr) | P1 (gr) | P3 (gr) | Temperatura de P1 (°C) | Densidad del agua a Temperatura P1 (gr/cm <sup>3</sup> ) | Temperatura de P3 (°C) | Densidad del agua a Temperatura a P3 (gr/cm <sup>3</sup> ) |
|-------------------|------------------------------|---------|----------------|---------|---------|---------|------------------------|--|------------------------|--|
| 1655-0            | 30-60                        | 115.8   | 145.8          | 30      | 365.2   | 381.75  | 25.7                   | 0.997  | 27.7                   | 0.996  |
| 1658-0            | 0-30                         | 122.15  | 147.9          | 25.75   | 371.5   | 385.65  | 27.8                   | 0.996  | 28                     | 0.996  |
| 1658-0            | 30-60                        | 127.2   | 146.5          | 19.3    | 375.65  | 386.3   | 26.5                   | 0.997  | 28.2                   | 0.996  |
| 1661-1            | 30-60                        | 127.05  | 145.3          | 18.25   | 375.9   | 385.95  | 27.5                   | 0.996  | 26.7                   | 0.997  |
| 1661-1            | 0-30                         | 115.25  | 145.85         | 30.6    | 363.7   | 381.2   | 26.7                   | 0.997  | 27.8                   | 0.996  |
| 1664-2            | 0-30                         | 122.8   | 145.1          | 22.3    | 371.7   | 384.1   | 27.3                   | 0.997  | 26.2                   | 0.997  |
| 1664-2            | 30-60                        | 123.6   | 149.45         | 25.85   | 371.55  | 386.45  | 26                     | 0.997  | 26.2                   | 0.997  |
| 1664-5            | 0-30                         | 122.1   | 149.8          | 27.7    | 370.6   | 387.1   | 28.1                   | 0.996  | 28.9                   | 0.996  |

| Código de parcela | Profundidad de muestreo (cm) | Pp (gr) | (Pp + Ps) (gr) | Ps (gr) | P1 (gr) | P3 (gr) | Temperatura de P1 (°C) | Densidad del agua a Temperatura P1 (gr/cm <sup>3</sup> ) | Temperatura de P3 (°C) | Densidad del agua a Temperatura a P3 (gr/cm <sup>3</sup> ) |
|-------------------|------------------------------|---------|----------------|---------|---------|---------|------------------------|--|------------------------|--|
| 1664-5            | 30-60                        | 122.9   | 146.65         | 23.75   | 371.5   | 385.65  | 26.4                   | 0.997  | 26.65                  | 0.997  |
| 1665-1            | 30-60                        | 122.8   | 147.95         | 25.15   | 371.15  | 385.8   | 26.4                   | 0.997  | 26.2                   | 0.997  |
| 1665-1            | 0-30                         | 115.25  | 145.2          | 29.95   | 363.3   | 381.4   | 26.1                   | 0.997  | 26.7                   | 0.997  |
| 1666-0            | 30-60                        | 114.7   | 146            | 31.3    | 363.3   | 380.9   | 27.2                   | 0.997  | 28.2                   | 0.996  |
| 1666-0            | 0-30                         | 127.2   | 152.15         | 24.95   | 375.95  | 389.7   | 25.9                   | 0.997  | 26.8                   | 0.997  |
| 1669-0            | 0-30                         | 126.85  | 148.6          | 21.75   | 375.7   | 387.55  | 27.6                   | 0.996  | 27.9                   | 0.996  |
| 1669-0            | 30-60                        | 114.6   | 145.05         | 30.45   | 364.25  | 380.3   | 26                     | 0.997  | 26.2                   | 0.997  |
| 1671-0            | 0-30                         | 114.55  | 145.35         | 30.8    | 362.95  | 381.15  | 25.9                   | 0.997  | 26.4                   | 0.997  |

| Código de parcela | Profundidad de muestreo (cm) | Pp (gr)    | (Pp + Ps) (gr) | Ps (gr) | P1 (gr) | P3 (gr) | Temperatura de P1 (°C) | Densidad del agua a Temperatura P1 (gr/cm <sup>3</sup> ) | Temperatura de P3 (°C) | Densidad del agua a Temperatura a P3 (gr/cm <sup>3</sup> ) |
|-------------------|------------------------------|------------|----------------|---------|---------|---------|------------------------|--|------------------------|--|
| 1671-0            | 30-60                        | 123<br>.15 | 148.7          | 25.55   | 372.65  | 387.2   | 25.3                   | 0.997  | 26                     | 0.997  |
| 1673-0            | 30-60                        | 126<br>.95 | 150.7          | 23.75   | 375.7   | 389.2   | 29.1                   | 0.996  | 30.9                   | 0.996  |
| 1673-0            | 0-30                         | 123<br>.12 | 141.3          | 18.18   | 371.1   | 382.3   | 25.5                   | 0.997  | 27                     | 0.997  |

**Fuente:** Elaboración propia

**Tabla 9:** Resultados de Dr de suelo (Método de laboratorio)

| Densidad real (Dr)<br>(gr/cm <sup>3</sup> ) | Evaluación de la<br>Densidad real |
|---|-----------------------------------|
| 2.02  | Bajo                              |
| 2.40  | Medio                             |
| 2.36  | Bajo                              |
| 2.37  | Bajo                              |
| 2.28  | Bajo                              |
| 2.92  | Muy alto                          |
| 2.05  | Bajo                              |
| 2.29  | Bajo                              |
| 2.28  | Bajo                              |
| 2.33  | Bajo                              |
| 2.16  | Bajo                              |
| 2.28  | Bajo                              |
| 2.22  | Bajo                              |
| 2.40  | Medio                             |
| 2.25  | Bajo                              |
| 2.28  | Bajo                              |
| 1.79  | Bajo                              |
| 2.17  | Bajo                              |
| 2.29  | Bajo                              |
| 2.40  | Medio                             |
| 2.41  | Medio                             |
| 2.28  | Bajo                              |
| 2.32  | Bajo                              |
| 2.25  | Bajo                              |
| 2.23  | Bajo                              |
| 2.22  | Bajo                              |
| 2.36  | Bajo                              |

| Densidad real (Dr)<br>(gr/cm <sup>3</sup> ) | Evaluación de la<br>Densidad real |
|---|-----------------------------------|
| 2.22  | Bajo                              |
| 2.47  | Medio                             |
| 2.49  | Medio                             |
| 2.42  | Medio                             |
| 2.18  | Bajo                              |
| 2.51  | Medio                             |
| 2.52  | Medio                             |
| 2.29  | Bajo                              |
| 2.28  | Bajo                              |
| 2.43  | Medio                             |
| 2.27  | Bajo                              |
| 2.38  | Bajo                              |
| 2.34  | Bajo                              |
| 2.31  | Bajo                              |
| 2.26  | Bajo                              |
| 2.21  | Bajo                              |
| 2.29  | Bajo                              |
| 2.15  | Bajo                              |
| 2.37  | Bajo                              |
| 2.25  | Bajo                              |
| 2.35  | Bajo                              |
| 2.46  | Medio                             |
| 2.47  | Medio                             |
| 2.39  | Bajo                              |
| 2.52  | Medio                             |
| 2.32  | Bajo                              |
| 2.22  | Bajo                              |
| 2.19  | Bajo                              |
| 2.11  | Bajo                              |

| Densidad real (Dr)<br>(gr/cm <sup>3</sup> ) | Evaluación de la<br>Densidad real |
|---|-----------------------------------|
| 2.44  | Medio                             |
| 2.32  | Bajo                              |
| 2.31  | Bajo                              |
| 2.60  | Medio                             |

*Fuente: Elaboración propia*

**Tabla 10:** Resultados de Conductividad eléctrica de suelo (Método de laboratorio)

| Código de<br>muestras | Profundidad<br>de muestreo<br>(cm) | Ce<br>( $\mu\text{s/cm}$ ) |
|-----------------------|------------------------------------|----------------------------|
| 1604-0                | 30-60                              | 745                        |
| 1604-0                | 0-30                               | 572                        |
| 1608-0                | 0-30                               | 479                        |
| 1608-0                | 30-60                              | 512                        |
| 1610-0                | 0-30                               | 532                        |
| 1610-0                | 30-60                              | 567                        |
| 1612-0                | 30-60                              | 500                        |
| 1612-0                | 0-30                               | 286                        |
| 1616-0                | 30-60                              | 538                        |
| 1616-0                | 0-30                               | 483                        |
| 1617-0                | 0-30                               | 324                        |
| 1617-0                | 30-60                              | 704                        |
| 1618-0                | 0-30                               | 510                        |
| 1618-0                | 30-60                              | 614                        |
| 1620-1                | 30-60                              | 302                        |
| 1620-1                | 0-30                               | 683                        |
| 1621-0                | 0-30                               | 527                        |
| 1621-0                | 30-60                              | 869                        |

| <b>Código de muestras</b> | <b>Profundidad de muestreo (cm)</b> | <b>Ce (<math>\mu\text{s/cm}</math>)</b> |
|---------------------------|-------------------------------------|---|
| 1622-0                    | 30-60                               | 393                                     |
| 1622-0                    | 0-30                                | 572                                     |
| 1624-2                    | 0-30                                | 472                                     |
| 1624-2                    | 30-60                               | 596                                     |
| 1624-4                    | 30-60                               | 670                                     |
| 1624-4                    | 0-30                                | 596                                     |
| 1626-0                    | 30-60                               | 444                                     |
| 1626-0                    | 0-30                                | 636                                     |
| 1631-0                    | 0-30                                | 417                                     |
| 1631-0                    | 30-60                               | 475                                     |
| 1633-2                    | 30-60                               | 470                                     |
| 1633-2                    | 0-30                                | 563                                     |
| 1636-2                    | 30-60                               | 502                                     |
| 1636-2                    | 0-30                                | 731                                     |
| 1637-1                    | 0-30                                | 479                                     |
| 1637-1                    | 30-60                               | 462                                     |
| 1639-0                    | 0-30                                | 444                                     |
| 1639-0                    | 30-60                               | 654                                     |
| 1650-0                    | 0-30                                | 746                                     |
| 1650-0                    | 30-60                               | 613                                     |
| 1653-0                    | 0-30                                | 590                                     |
| 1653-0                    | 30-60                               | 597                                     |
| 1655-0                    | 0-30                                | 631                                     |
| 1655-0                    | 30-60                               | 705                                     |
| 1658-0                    | 30-60                               | 630                                     |
| 1658-0                    | 0-30                                | 581                                     |
| 1661-1                    | 30-60                               | 646                                     |
| 1661-1                    | 0-30                                | 600                                     |

| Código de muestras | Profundidad de muestreo (cm) | Ce ( $\mu\text{s/cm}$ ) |
|--------------------|------------------------------|-------------------------|
| 1664-2             | 0-30                         | 640                     |
| 1664-2             | 30-60                        | 600                     |
| 1664-5             | 0-30                         | 717                     |
| 1664-5             | 30-60                        | 588                     |
| 1665-1             | 30-60                        | 566                     |
| 1665-1             | 0-30                         | 711                     |
| 1666-0             | 30-60                        | 349                     |
| 1666-0             | 0-30                         | 581                     |
| 1669-0             | 0-30                         | 375.7                   |
| 1669-0             | 30-60                        | 84                      |
| 1671-0             | 0-30                         | 383                     |
| 1671-0             | 30-60                        | 627                     |
| 1673-0             | 0-30                         | 733                     |
| 1673-0             | 30-60                        | 633                     |

*Fuente: Elaboración propia*

**Tabla 11:** Clasificación de pH por EE. UU. y la FAO.

| USA accepted classification |          | FAO accepted classification |                        |
|-----------------------------|----------|-----------------------------|------------------------|
| Denomination                | pH range | pH(H <sub>2</sub> O)        | Reaction               |
| Ultra acid                  | < 3.5    | < 3.0                       | Extremely acid         |
| Extremely acid              | 3.5-4.4  | 3.0-4.0                     | Very strongly acid     |
| Very strongly acid          | 4.5-5.0  | 4.1-5.0                     | Strongly acid          |
| Strongly acid               | 5.1-5.5  | 5.1-6.0                     | Moderately acid        |
| Moderately acid             | 5.6-6.0  | 6.1-6.9                     | Slightly acid          |
| Slightly acid               | 6.1-6.5  | 7.0                         | Neutral                |
| Neutral                     | 6.6-7.3  | 7.1-7.5                     | Very slightly alkaline |
| Slightly alkaline           | 7.4-7.8  | 7.6-8.1                     | Slightly alkaline      |
| Moderately alkaline         | 7.9-8.4  | 8.2-8.6                     | Moderately alkaline    |
| Strongly alkaline           | 8.5-9.0  | 8.7-8.9                     | Alkaline               |
| Very strongly alkaline      | > 9.0    | 9.0-10.0                    | Strongly alkaline      |
|                             |          | 10.1-11.0                   | Very strongly alkaline |

First, for each of the soils all models (a), (b), (c) and (d) are calculated. Results of corresponding correlation coefficients  $R^2$  are presented in Table 5. Because of their small numbers of data Mountainous Meadow soils

*Fuente: Sadovski, Alexander. (2019)*

**Tabla 12:** Resultados de PH de suelo (Método de laboratorio)

| Código de muestras | Profundidad            |      |
|--------------------|------------------------|------|
|                    | de<br>muestreo<br>(cm) | pH   |
| 1604-0             | 30-60                  | 7.41 |
| 1604-0             | 0-30                   | 7.15 |
| 1608-0             | 0-30                   | 7.24 |
| 1608-0             | 30-60                  | 6.95 |
| 1610-0             | 0-30                   | 7.13 |
| 1610-0             | 30-60                  | 7.4  |
| 1612-0             | 30-60                  | 7.42 |
| 1612-0             | 0-30                   | 6.97 |
| 1616-0             | 30-60                  | 7.64 |
| 1616-0             | 0-30                   | 6.94 |
| 1617-0             | 0-30                   | 7.1  |
| 1617-0             | 30-60                  | 7.34 |
| 1618-0             | 0-30                   | 7.14 |
| 1618-0             | 30-60                  | 7.19 |
| 1620-1             | 30-60                  | 7.1  |
| 1620-1             | 0-30                   | 7.13 |
| 1621-0             | 0-30                   | 7.21 |
| 1621-0             | 30-60                  | 7.29 |
| 1622-0             | 30-60                  | 7.52 |
| 1622-0             | 0-30                   | 7.3  |
| 1624-2             | 0-30                   | 7.09 |
| 1624-2             | 30-60                  | 7.4  |
| 1624-4             | 30-60                  | 7.55 |
| 1624-4             | 0-30                   | 7.14 |
| 1626-0             | 30-60                  | 7.8  |

---

| Código de muestras | Profundidad |      |
|--------------------|-------------|------|
|                    | de          | pH   |
|                    | muestreo    |      |
|                    | (cm)        |      |
| 1626-0             | 0-30        | 7.34 |
| 1631-0             | 0-30        | 6.97 |
| 1631-0             | 30-60       | 6.84 |
| 1633-2             | 30-60       | 7.26 |
| 1633-2             | 0-30        | 7.09 |
| 1636-2             | 30-60       | 7.46 |
| 1636-2             | 0-30        | 7.5  |
| 1637-1             | 0-30        | 7.17 |
| 1637-1             | 30-60       | 6.91 |
| 1639-0             | 0-30        | 7.82 |
| 1639-0             | 30-60       | 7.33 |
| 1650-0             | 0-30        | 7.35 |
| 1650-0             | 30-60       | 7.41 |
| 1653-0             | 30-60       | 7.2  |
| 1653-0             | 0-30        | 7.18 |
| 1655-0             | 0-30        | 7.39 |
| 1655-0             | 30-60       | 7.5  |
| 1658-0             | 30-60       | 7.46 |
| 1658-0             | 0-30        | 7.27 |
| 1661-1             | 30-60       | 7.14 |
| 1661-1             | 0-30        | 7.45 |
| 1664-2             | 0-30        | 7.15 |
| 1664-2             | 30-60       | 7.13 |
| 1664-5             | 0-30        | 7.2  |
| 1664-5             | 30-60       | 7.17 |
| 1665-1             | 30-60       | 7.22 |
| 1665-1             | 0-30        | 7.03 |

---

| Código de muestras | Profundidad            |      |
|--------------------|------------------------|------|
|                    | de<br>muestreo<br>(cm) | pH   |
| 1666-0             | 30-60                  | 7.41 |
| 1666-0             | 0-30                   | 7.16 |
| 1669-0             | 0-30                   | 7.42 |
| 1669-0             | 30-60                  | 7.13 |
| 1671-0             | 0-30                   | 7.3  |
| 1671-0             | 30-60                  | 7.15 |
| 1673-0             | 0-30                   | 7.1  |
| 1673-0             | 30-60                  | 7.12 |

*Fuente: Elaboración propia*

**Tabla 13:** Datos de Excavación de Calicatas en la Finca Sucuya

| <b>Densidad aparente (Da) y Contenido de humedad (%)</b> |                               |           |                                       |         |                               |                          |                                  |
|--|-------------------------------|-----------|---------------------------------------|---------|-------------------------------|--------------------------|----------------------------------|
| Calicata   | Código de parcela de muestreo | Horizonte | Coordenadas UTM del punto de muestreo |         | Profundidad del muestreo (cm) | Espesor de muestreo (cm) | Método de muestreo               |
|  |                               |           | N                                     | W       |                               |                          |                                  |
|  |                               | HA        |                                       |         | 41                            | 41                       | Método de cilindro (laboratorio) |
| 1  | 1610-0                        | HB        | 628281                                | 1271798 | 94                            | 53                       | Método de cilindro (laboratorio) |
|  |                               | HC        |                                       |         | 150                           | 97                       | Método de cilindro (laboratorio) |
|  |                               | HA        |                                       |         | 70                            | 70                       | Método de cilindro (laboratorio) |
| 2  | 1663-1                        |           | 628028                                | 1272953 |                               |                          | Método de cilindro (laboratorio) |
|  |                               | HB        |                                       |         | 140                           | 70                       | Método de cilindro (laboratorio) |
|  |                               | HA        |                                       |         | 35                            | 35                       | Método de cilindro (laboratorio) |
| 3  | 1650-0                        | HB        | 628015                                | 1272974 | 138                           | 103                      | Método de cilindro (laboratorio) |
|  |                               | HC        |                                       |         | 148                           | 45                       | Método de cilindro (laboratorio) |

---

**Densidad aparente (Da) y Contenido de humedad (%)**

| Calicata | Código de parcela de muestreo | Horizonte | Coordenadas UTM del punto de muestreo |         | Profundidad del muestreo (cm) | Espesor de muestreo (cm) | Método de muestreo               |
|----------|-------------------------------|-----------|---------------------------------------|---------|-------------------------------|--------------------------|----------------------------------|
|          |                               |           | N                                     | W       |                               |                          |                                  |
|          |                               | HA        |                                       |         | 50                            | 50                       | Método de cilindro (laboratorio) |
| 4        | 1666-0                        | HB        | 626267                                | 1274924 | 81                            | 31                       | Método de cilindro (laboratorio) |
|          |                               | HC        |                                       |         | 131                           | 100                      | Método de cilindro (laboratorio) |
|          |                               | HA        |                                       |         | 40                            | 40                       | Método de cilindro (laboratorio) |
| 5        | 1636-2                        | HB        | 629110                                | 1272214 | 100                           | 60                       | Método de cilindro (laboratorio) |
|          |                               | HC        |                                       |         | 115                           | 15                       | Método de cilindro (laboratorio) |
|          |                               | HA        |                                       |         | 35                            | 35                       | Método de cilindro (laboratorio) |
| 6        | 1618-0                        |           | 627422                                | 1273923 |                               |                          | Método de cilindro (laboratorio) |
|          |                               | HB        |                                       |         | 110                           | 75                       | Método de cilindro (laboratorio) |

---

---

**Densidad aparente (Da) y Contenido de humedad (%)**

| Calicata | Código de parcela de muestreo | Horizonte | Coordenadas UTM del punto de muestreo |   | Profundidad del muestreo (cm) | Espesor de muestreo (cm) | Método de muestreo               |
|----------|-------------------------------|-----------|---------------------------------------|---|-------------------------------|--------------------------|----------------------------------|
|          |                               |           | N                                     | W |                               |                          |                                  |
|          |                               | HC        |                                       |   | 140                           | 65                       | Método de cilindro (laboratorio) |

---

*Fuente: Elaboración propia*

**Anexo 17. Datos de Excavación de Calicatas en la Finca Sucuya**


---

**Densidad real, Textura, pH, Conductividad eléctrica (Ce)**

| Calicata | Código de parcela de muestreo | Horizonte | Coordenadas UTM del punto de muestreo |         | Profundidad del muestreo (cm) | Espesor de muestreo (cm) |
|----------|-------------------------------|-----------|---------------------------------------|---------|-------------------------------|--------------------------|
|          |                               |           | N                                     | W       |                               |                          |
|          |                               | HA        |                                       |         | 41                            | 41                       |
| 1        | 1610-0                        | HB        | 628281                                | 1271798 | 94                            | 53                       |
|          |                               | HC        |                                       |         | 150                           | 97                       |
| 2        | 1663-1                        | HA        | 628028                                | 1272953 | 70                            | 70                       |

---

---

**Densidad real, Textura, pH, Conductividad eléctrica (Ce)**

| Calicata | Código de parcela de muestreo | Horizonte | Coordenadas UTM del punto de muestreo |         | Profundidad del muestreo (cm) | Espesor de muestreo (cm) |
|----------|-------------------------------|-----------|---------------------------------------|---------|-------------------------------|--------------------------|
|          |                               |           | N                                     | W       |                               |                          |
|          |                               | HB        |                                       |         | 140                           | 70                       |
|          |                               | HA        |                                       |         | 35                            | 35                       |
| 3        | 1650-0                        | HB        | 628015                                | 1272974 | 138                           | 103                      |
|          |                               | HC        |                                       |         | 148                           | 45                       |
|          |                               | HA        |                                       |         | 50                            | 50                       |
| 4        | 1666-0                        | HB        | 626267                                | 1274924 | 81                            | 81                       |
|          |                               | HC        |                                       |         | 131                           |                          |
|          |                               | HA        |                                       |         | 40                            | 40                       |
| 5        | 1636-2                        | HB        | 629110                                | 1272214 | 100                           | 60                       |
|          |                               | HC        |                                       |         | 115                           | 15                       |

---

---

**Densidad real, Textura, pH, Conductividad eléctrica (Ce)**

| Calicata | Código de parcela de muestreo | Horizonte | Coordenadas UTM del punto de muestreo |         | Profundidad del muestreo (cm) | Espesor de muestreo (cm) |
|----------|-------------------------------|-----------|---------------------------------------|---------|-------------------------------|--------------------------|
|          |                               |           | N                                     | W       |                               |                          |
|          |                               | HA        |                                       |         | 35                            | 35                       |
| 6        | 1618-0                        | HB        | 627422                                | 1273923 | 110                           | 75                       |
|          |                               | HC        |                                       |         | 140                           | 65                       |

---

*Fuente: Elaboración propia*

**Tabla 14:** Resultados de Textura por Horizontes (Calicatas) Método Bouyoucos

| Código de muestra | Horizonte | % Limo + Arcilla | %Arcilla | %Arena | %Limo | Clase Textural           |
|-------------------|-----------|------------------|----------|--------|-------|--------------------------|
| 1610-0            | HA        | 51               | 27       | 49     | 24    | Franco Arcillosa Arenosa |
|                   | HB        | 37               | 8        | 63     | 29    | Franco Arenosa           |
|                   | HC        | 33               | 8        | 67     | 25    | Franco Arenosa           |
| 1663-1            | HA        | 71               | 40       | 29     | 31    | Arcillosa                |
|                   | HB        | 36               | 28       | 64     | 8     | Franco Arcillosa arenosa |
| 1650-0            | HA        | 59               | 28       | 41     | 31    | Franco Arcillosa         |

---

| Código de muestra | Horizonte | % Limo + Arcilla | %Arcilla | %Arena | %Limo | Clase Textural   |
|-------------------|-----------|------------------|----------|--------|-------|------------------|
|                   | HB        | 65               | 34       | 35     | 31    | Franco Arcillosa |
|                   | HC        | 87               | 40       | 13     | 47    | Arcillosa Limosa |
|                   | HA        | 69               | 32       | 31     | 37    | Franco Arcillosa |
| 1666-0            | HB        | 58               | 28       | 42     | 30    | Franco Arcillosa |
|                   | HC        | 66               | 38       | 34     | 28    | Franco Arcillosa |
|                   | HA        | 45               | 12       | 55     | 33    | Franco Arenosa   |
| 1636-2            | HB        | 45               | 12       | 55     | 33    | Franco Arenosa   |
|                   | HC        | 25               | 8        | 75     | 17    | Franco Arenosa   |
|                   | HA        | 45               | 12       | 55     | 33    | Franco Arenosa   |
| 1618-0            | HB        | 34               | 10       | 66     | 24    | Franco Arenosa   |
|                   | HC        | 33               | 8        | 67     | 25    | Franco Arenosa   |

*Fuente: Elaboración propia*

**Tabla 15:** Resultados de Da y % de Humedad por Horizontes (Calicatas)

| Calicata | Código de parcela de muestreo | Horizonte | Da (gr/cm <sup>3</sup> ) | hbsh (%)   | hbss (%)   |
|----------|-------------------------------|-----------|--------------------------|------------|------------|
|          |                               | HA        | 1.12                     | <b>20%</b> | <b>25%</b> |
| 1        | 1610-0                        | HB        | 0.73                     | <b>32%</b> | <b>47%</b> |
|          |                               | HC        | 0.79                     | <b>32%</b> | <b>47%</b> |
| 2        | 1663-1                        | HA        | 1.11                     | <b>15%</b> | <b>18%</b> |

| Calicata | Código de parcela de muestreo | Horizonte | Da (gr/cm <sup>3</sup> ) | hbsh (%) | hbss (%) |
|----------|-------------------------------|-----------|--------------------------|----------|----------|
|          |                               | HB        | 1.42                     | 14%      | 16%      |
|          |                               | HA        | 1.32                     | 20%      | 25%      |
| 3        | 1650-0                        | HB        | 1.38                     | 22%      | 27%      |
|          |                               | HC        | 1.25                     | 25%      | 33%      |
| 4        | 1666-0                        | HA        | 1.45                     | 17%      | 20%      |
|          |                               | HB        | 1.45                     | 19%      | 23%      |
|          |                               | HA        | 1.29                     | 17%      | 20%      |
| 5        | 1636-2                        | HB        | 0.93                     | 22%      | 29%      |
|          |                               | HC        | 0.93                     | 26%      | 35%      |
|          |                               | HA        | 1.33                     | 14%      | 16%      |
| 6        | 1618-0                        | HB        | 0.89                     | 30%      | 43%      |
|          |                               | HC        | 0.87                     | 26%      | 35%      |

\*hbsh: humedad en base a suelo húmedo

\*hbss: humedad en base a suelo seco

*Fuente: Elaboración propia*

**Tabla 16.** Resultados de Dr por Horizontes (Calicatas)

| <b>Tabla de datos de laboratorio</b> |                   |           |  |                                |
|--------------------------------------|-------------------|-----------|--|--------------------------------|
| Calicata                             | Código de parcela | Horizonte | Densidad real (Dr) (gr/cm <sup>3</sup> ) | Evaluación de la Densidad real |
|                                      |                   | HA        | 2.04                                     | Bajo                           |
| 1                                    | 1610-0            | HB        | 1.83                                     | Bajo                           |
|                                      |                   | HC        | 1.70                                     | Bajo                           |
|                                      |                   | HA        | 2.41                                     | Medio                          |
| 2                                    | 1663-1            | HB        | 2.11                                     | Bajo                           |
|                                      |                   | HA        | 2.32                                     | Bajo                           |
| 3                                    | 1650-0            | HB        | 2.18                                     | Bajo                           |
|                                      |                   | HC        | 2.30                                     | Bajo                           |
|                                      |                   | HA        | 2.16                                     | Bajo                           |
| 4                                    | 1666-0            | HB        | 2.28                                     | Bajo                           |

**Tabla de datos de laboratorio**

| Calicata | Código de parcela | Horizonte | Densidad real (Dr) (gr/cm <sup>3</sup> ) | Evaluación de la Densidad real |
|----------|-------------------|-----------|--|--------------------------------|
| 5        | 1636-2            | HC        | 2.20                                     | Bajo                           |
|          |                   | HA        | 2.00                                     | Bajo                           |
|          |                   | HB        | 1.91                                     | Bajo                           |
|          |                   | HC        | 1.89                                     | Bajo                           |
| 6        | 1618-0            | HA        | 1.89                                     | Bajo                           |
|          |                   | HB        | 1.74                                     | Bajo                           |
|          |                   | HC        | 1.81                                     | Bajo                           |

*Fuente: Elaboración propia*

**Tabla 17: Resultados de PH por Horizontes (Calicatas)**

| Calicata | Código de parcela | Horizonte | Profundidad de muestreo | pH   |
|----------|-------------------|-----------|-------------------------|------|
| 1        | 1610-0            | HA        | 41                      | 6.88 |
|          |                   | HB        | 94                      | 7.32 |
|          |                   | HC        | 150                     | 7.35 |
| 2        | 1663-1            | HA        | 70                      | 7.48 |
|          |                   | HB        | 140                     | 7.7  |
| 3        | 1650-0            | HA        | 35                      | 7.34 |
|          |                   | HB        | 138                     | 7.71 |
|          |                   | HC        | 148                     | 8.01 |
| 4        | 1666-0            | HA        | 50                      | 7.2  |
|          |                   | HB        | 81                      | 7.36 |
|          |                   | HC        | 131                     | 7.33 |
| 5        | 1636-2            | HA        | 40                      | 7.08 |
|          |                   | HB        | 100                     | 7.6  |
|          |                   | HC        | 115                     | 7.46 |
| 6        | 1618-0            | HA        | 35                      | 7.3  |
|          |                   | HB        | 110                     | 7.25 |
|          |                   | HC        | 140                     | 7.29 |

*Fuente: Elaboración propia*

**Tabla 18:** Resultados de Ce por Horizontes (Calicatas)

| Calicata | Código de parcela | Horizonte | Profundidad de muestreo | Ce  |
|----------|-------------------|-----------|-------------------------|-----|
| 1        | 1610-0            | HA        | 41                      | 554 |
|          |                   | HB        | 94                      | 630 |
|          |                   | HC        | 150                     | 584 |
| 2        | 1663-1            | HA        | 70                      | 685 |
|          |                   | HB        | 140                     | 694 |
| 3        | 1650-0            | HA        | 35                      | 624 |
|          |                   | HB        | 138                     | 689 |
|          |                   | HC        | 148                     | 365 |
| 4        | 1666-0            | HA        | 50                      | 566 |
|          |                   | HB        | 81                      | 630 |
|          |                   | HC        | 131                     | 706 |
| 5        | 1636-2            | HA        | 40                      | 474 |
|          |                   | HB        | 100                     | 503 |
|          |                   | HC        | 115                     | 573 |
| 6        | 1618-0            | HA        | 35                      | 507 |
|          |                   | HB        | 110                     | 518 |
|          |                   | HC        | 140                     | 579 |

*Fuente:* Elaboración propia

**Tabla 19:** Resumen de las Propiedades Físicas del Suelo en Función de su textura

| Textura del suelo | Densidad aparente gr/cm <sup>3</sup> | Velocidad de infiltración cm/hora | Espacio poroso total % |
|-------------------|--------------------------------------|-----------------------------------|------------------------|
| Arenoso           | 1.65<br>(1.55 - 1.80)                | 5<br>(2.5 - 25.5)                 | 38<br>(32 - 42)        |
| Franco arenoso    | 1.50<br>(1.40 - 1.60)                | 2.5<br>(1.3 - 7.6)                | 43<br>(40 - 47)        |
| Franco            | 1.40<br>(1.5 - 1.50)                 | 1.3<br>(0.8 - 2.0)                | 47<br>(43 - 49)        |
| Franco-arcilloso  | 1.35<br>(1.30 - 1.40)                | 0.8<br>(0.25 - 1.5)               | 49<br>(47 - 51)        |
| Arcilloso-arenoso | 1.30<br>1.25 - 1.35)                 | 0.25<br>(0.03 - 0.5)              | 51<br>(49 - 53)        |
| Arcilloso         | 1.25<br>(1.20 - 1.30)                | 0.5<br>(0.01 - 0.10)              | 53<br>(51 - 55)        |

Fuente: Israelsen y Hansen (1979)

Registro de Datos para el Cálculo de la Velocidad de Infiltración

**Tabla 20:** Registro de Datos para el Cálculo de la Velocidad de Infiltración LOTE 1610-0

| HOJA DE CAMPO PARA LEVANTAMIENTO DE DATOS |         |              |       |                        |       |                                   |       |
|---|---------|--------------|-------|------------------------|-------|-----------------------------------|-------|
| HORA                                      | LECTURA | TIEMPO (min) |       | LAMINA INFILTRADA (cm) |       | VELOCIDAD DE INFILTRACION (cm/hr) |       |
|   |         | Parc.        | Acum. | Parc.                  | Acum. | Inst.                             | Acum. |
| 09:19                                     | 1       | 0            | 0     | 0                      | 0     |                                   |       |
| 09:20                                     | 1.5     | 1            | 1     | 0.5                    | 0.5   | 30                                | 30.0  |
| 09:21                                     | 1.9     | 1            | 2     | 0.4                    | 0.9   | 24                                | 27.0  |
| 09:22                                     | 2.1     | 1            | 3     | 0.2                    | 1.1   | 12                                | 22.0  |
| 09:23                                     | 2.3     | 1            | 4     | 0.2                    | 1.3   | 12                                | 19.5  |
| 09:25                                     | 2.4     | 2            | 6     | 0.1                    | 1.4   | 3                                 | 14.0  |
| 09:27                                     | 2.6     | 2            | 8     | 0.2                    | 1.5   | 6                                 | 11.3  |
| 09:29                                     | 2.8     | 2            | 10    | 0.2                    | 1.7   | 6                                 | 10.2  |
| 09:31                                     | 3       | 2            | 12    | 0.2                    | 1.9   | 6                                 | 9.5   |
| 09:33                                     | 3.2     | 2            | 14    | 0.2                    | 2.1   | 6                                 | 9.0   |
| 09:35                                     | 3.3     | 2            | 16    | 0.1                    | 2.2   | 3                                 | 8.3   |
| 09:38                                     | 3.6     | 3            | 19    | 0.3                    | 2.5   | 6                                 | 7.9   |
| 09:41                                     | 3.8     | 3            | 22    | 0.2                    | 2.7   | 4                                 | 7.4   |
| 09:44                                     | 4.1     | 3            | 25    | 0.3                    | 3     | 6                                 | 7.2   |
| 09:47                                     | 4.2     | 3            | 28    | 0.1                    | 3.1   | 2                                 | 6.6   |
| 09:50                                     | 4.3     | 3            | 31    | 0.1                    | 3.2   | 2                                 | 6.2   |
| 09:55                                     | 4.6     | 5            | 36    | 0.3                    | 3.5   | 3.6                               | 5.8   |
| 10:00                                     | 5       | 5            | 41    | 0.4                    | 3.9   | 4.8                               | 5.7   |
| 10:05                                     | 5.2     | 5            | 46    | 0.2                    | 4.1   | 2.4                               | 5.3   |
| 10:10                                     | 5.5     | 5            | 51    | 0.3                    | 4.4   | 3.6                               | 5.2   |
| 10:15                                     | 5.7     | 5            | 56    | 0.2                    | 4.6   | 2.4                               | 4.9   |
| 10:20                                     | 6       | 5            | 61    | 0.3                    | 4.9   | 3.6                               | 4.8   |
| 10:25                                     | 6.1     | 5            | 66    | 0.1                    | 5     | 1.2                               | 4.5   |
| 10:35                                     | 6.5     | 10           | 76    | 0.4                    | 5.4   | 2.4                               | 4.3   |
| 10:45                                     | 7(1)    | 10           | 86    | 0.5                    | 5.9   | 3                                 | 4.1   |
| 10:55                                     | 1.2     | 10           | 96    | 0.2                    | 6.4   | 1.2                               | 4.0   |
| 11:05                                     | 1.5     | 10           | 106   | 0.3                    | 6.6   | 1.8                               | 3.7   |
| 11:15                                     | 2.1     | 10           | 116   | 0.6                    | 6.9   | 3.6                               | 3.6   |
| 11:25                                     | 2.6     | 10           | 126   | 0.5                    | 7.5   | 3                                 | 3.6   |
| 11:35                                     | 3       | 10           | 136   | 0.4                    | 8     | 2.4                               | 3.5   |
| 11:45                                     | 3.5     | 10           | 146   | 0.5                    | 8.4   | 3                                 | 3.5   |
| 11:55                                     | 3.9     | 10           | 156   | 0.4                    | 8.9   | 2.4                               | 3.4   |
| 12:05                                     | 4.4     | 10           | 166   | 0.5                    | 9.3   | 3                                 | 3.4   |
| 12:15                                     | 4.9     | 10           | 176   | 0.5                    | 9.8   | 3                                 | 3.3   |
| 12:25                                     | 5.1     | 10           | 186   | 0.2                    | 10.3  | 1.2                               | 3.3   |
| 12:40                                     | 5.8     | 15           | 201   | 0.7                    | 10.5  | 2.8                               | 3.1   |
| 12:55                                     | 6.2     | 15           | 216   | 0.4                    | 11.2  | 1.6                               | 3.1   |

---

**HOJA DE CAMPO PARA LEVANTAMIENTO DE DATOS**

| HORA  | LECTURA | TIEMPO (min) |       | LAMINA INFILTRADA (cm) |       | VELOCIDAD DE INFILTRACION (cm/hr) |       |
|-------|---------|--------------|-------|------------------------|-------|-----------------------------------|-------|
|       |         | Parc.        | Acum. | Parc.                  | Acum. | Inst.                             | Acum. |
| 13:10 | 6.9 (1) | 15           | 231   | 0.7                    | 11.6  | 2.8                               | 3.0   |
| 13:25 | 1.6     | 15           | 246   | 0.6                    | 12.3  | 2.4                               | 3.0   |
| 13:40 | 2.2     | 15           | 261   | 0.6                    | 12.9  | 2.4                               | 3.0   |
| 13:55 | 2.6     | 15           | 276   | 0.4                    | 13.5  | 1.6                               | 2.9   |
| 14:10 | 3       | 15           | 291   | 0.4                    | 13.9  | 1.6                               | 2.9   |
| 14:25 | 3.7     | 15           | 306   | 0.7                    | 14.3  | 2.8                               | 2.8   |
| 14:40 | 4.5     | 15           | 321   | 0.8                    | 15    | 3.2                               | 2.8   |
| 14:55 | 5       | 15           | 336   | 0.5                    | 15.8  | 2                                 | 2.8   |
| 15:10 | 5.5     | 15           | 351   | 0.5                    | 16.3  | 2                                 | 2.8   |
| 15:25 | 6       | 15           | 366   | 0.5                    | 16.8  | 2                                 | 2.8   |
| 15:40 | 6.4     | 15           | 381   | 0.4                    | 17.3  | 1.6                               | 2.7   |
| 15:55 | 6.9 (1) | 15           | 396   | 0.5                    | 17.7  | 2                                 | 2.7   |
| 16:10 | 1.5     | 15           | 411   | 0.5                    | 18.2  | 2                                 | 2.7   |
| 16:25 | 2       | 15           | 426   | 0.5                    | 18.7  | 2                                 | 2.6   |
| 16:40 | 2.5     | 15           | 441   | 0.5                    | 19.2  | 2                                 | 2.6   |
| 17:10 | 3.5     | 30           | 471   | 1                      | 19.7  | 2                                 | 2.5   |

Ubicación: Finca Sucuya Lote 1610-0

Textura: Franco Arcilloso Arenoso

Método usado: Infiltrómetro de doble cilindro.

Fecha: 14 de Diciembre de 2022.

---

**Fuente:** Elaboración propia

**Tabla 21:** Registro de Datos para el Cálculo de la Velocidad de Infiltración LOTE 1618-0

---

**HOJA DE CAMPO PARA LEVANTAMIENTO DE DATOS**

| HORA  | LECTURA | TIEMPO (min) |       | LAMINA INFILTRADA (cm) |       | VELOCIDAD DE INFILTRACION (cm/hr) |       |
|-------|---------|--------------|-------|------------------------|-------|-----------------------------------|-------|
|       |         | Parc.        | Acum. | Parc.                  | Acum. | Instant.                          | Parc. |
| 08:00 | 1       | 0            | 0     | 0                      | 0     |                                   |       |
| 08:01 | 2.5     | 1            | 1     | 1.5                    | 1.5   | 90                                | 90.0  |
| 08:02 | 3.9     | 1            | 2     | 1.4                    | 2.9   | 84                                | 87.0  |
| 08:03 | 5       | 1            | 3     | 1.1                    | 4     | 66                                | 80.0  |
| 08:04 | 5.8     | 1            | 4     | 0.8                    | 4.8   | 48                                | 72.0  |
| 08:05 | 6.7     | 1            | 5     | 0.9                    | 5.7   | 54                                | 68.4  |
| 08:06 | 7.5 (1) | 1            | 6     | 0.8                    | 6.5   | 48                                | 65.0  |
| 08:07 | 2       | 1            | 7     | 1                      | 7.5   | 60                                | 64.3  |
| 08:08 | 3       | 1            | 8     | 1                      | 8.5   | 60                                | 63.8  |
| 08:09 | 3.9     | 1            | 9     | 0.9                    | 9.4   | 54                                | 62.7  |

---

---

**HOJA DE CAMPO PARA LEVANTAMIENTO DE DATOS**


---

| HORA  | LECTURA | TIEMPO (min) |       | LAMINA INFILTRADA (cm) |       | VELOCIDAD DE INFILTRACION (cm/hr) |       |
|-------|---------|--------------|-------|------------------------|-------|-----------------------------------|-------|
|       |         | Parc.        | Acum. | Parc.                  | Acum. | Instant.                          | Parc. |
| 08:10 | 4.8     | 1            | 10    | 0.9                    | 10.3  | 54                                | 61.8  |
| 08:11 | 5.6     | 1            | 11    | 0.8                    | 11.1  | 48                                | 60.5  |
| 08:12 | 6.3     | 1            | 12    | 0.7                    | 11.8  | 42                                | 59.0  |
| 08:13 | 7.1 (1) | 1            | 13    | 0.8                    | 12.6  | 48                                | 58.2  |
| 08:14 | 1.6     | 1            | 14    | 0.6                    | 13.2  | 36                                | 56.6  |
| 08:15 | 2.3     | 1            | 15    | 0.7                    | 13.9  | 42                                | 55.6  |
| 08:16 | 3.2     | 1            | 16    | 0.9                    | 14.8  | 54                                | 55.5  |
| 08:17 | 3.9     | 1            | 17    | 0.7                    | 15.5  | 42                                | 54.7  |
| 08:18 | 4.7     | 1            | 18    | 0.8                    | 16.3  | 48                                | 54.3  |
| 08:19 | 5.4     | 1            | 19    | 0.7                    | 17    | 42                                | 53.7  |
| 08:20 | 6       | 1            | 20    | 0.6                    | 17.6  | 36                                | 52.8  |
| 08:21 | 6.7 (1) | 1            | 21    | 0.7                    | 18.3  | 42                                | 52.3  |
| 08:22 | 1.6     | 1            | 22    | 0.6                    | 18.9  | 36                                | 51.5  |
| 08:23 | 2.3     | 1            | 23    | 0.7                    | 19.6  | 42                                | 51.1  |
| 08:24 | 2.9     | 1            | 24    | 0.6                    | 20.2  | 36                                | 50.5  |
| 08:25 | 3.7     | 1            | 25    | 0.8                    | 21    | 48                                | 50.4  |
| 08:26 | 4.4     | 1            | 26    | 0.7                    | 21.7  | 42                                | 50.1  |
| 08:27 | 5       | 1            | 27    | 0.6                    | 22.3  | 36                                | 49.6  |
| 08:28 | 5.6     | 1            | 28    | 0.6                    | 22.9  | 36                                | 49.1  |
| 08:30 | 6.8 (1) | 2            | 30    | 1.2                    | 24.1  | 36                                | 48.2  |
| 08:32 | 2.1     | 2            | 32    | 1.1                    | 25.2  | 33                                | 47.3  |
| 08:34 | 3.5     | 2            | 34    | 1.4                    | 26.6  | 42                                | 46.9  |
| 08:36 | 4.7     | 2            | 36    | 1.2                    | 27.8  | 36                                | 46.3  |
| 08:38 | 5.8     | 2            | 38    | 1.1                    | 28.9  | 33                                | 45.6  |
| 08:40 | 6.9 (1) | 2            | 40    | 1.1                    | 30    | 33                                | 45.0  |
| 08:42 | 2       | 2            | 42    | 1                      | 31    | 30                                | 44.3  |
| 08:44 | 3       | 2            | 44    | 1                      | 32    | 30                                | 43.6  |
| 08:46 | 4.4     | 2            | 46    | 1.4                    | 33.4  | 42                                | 43.6  |
| 08:48 | 5.4     | 2            | 48    | 1                      | 34.4  | 30                                | 43.0  |
| 08:50 | 6.5     | 2            | 50    | 1.1                    | 35.5  | 33                                | 42.6  |
| 08:52 | 7.4     | 2            | 52    | 0.9                    | 36.4  | 27                                | 42.0  |
| 08:54 | 8.3 (1) | 2            | 54    | 0.9                    | 37.3  | 27                                | 41.4  |
| 08:56 | 2       | 2            | 56    | 1                      | 38.3  | 30                                | 41.0  |
| 08:58 | 3.1     | 2            | 58    | 1.1                    | 39.4  | 33                                | 40.8  |
| 09:00 | 4.2     | 2            | 60    | 1.1                    | 40.5  | 33                                | 40.5  |
| 09:02 | 5.2     | 2            | 62    | 1                      | 41.5  | 30                                | 40.2  |
| 09:04 | 6.3     | 2            | 64    | 1.1                    | 42.6  | 33                                | 39.9  |
| 09:06 | 7.1 (1) | 2            | 66    | 0.8                    | 43.4  | 24                                | 39.5  |
| 09:08 | 2       | 2            | 68    | 1                      | 44.4  | 30                                | 39.2  |
| 09:10 | 3.1     | 2            | 70    | 1.1                    | 45.5  | 33                                | 39.0  |

---

---

**HOJA DE CAMPO PARA LEVANTAMIENTO DE DATOS**


---

| HORA  | LECTURA | TIEMPO (min) |       | LAMINA INFILTRADA (cm) |       | VELOCIDAD DE INFILTRACION (cm/hr) |       |
|-------|---------|--------------|-------|------------------------|-------|-----------------------------------|-------|
|       |         | Parc.        | Acum. | Parc.                  | Acum. | Instant.                          | Parc. |
| 09:12 | 4.1     | 2            | 72    | 1                      | 46.5  | 30                                | 38.8  |
| 09:14 | 5       | 2            | 74    | 0.9                    | 47.4  | 27                                | 38.4  |
| 09:16 | 5.9     | 2            | 76    | 0.9                    | 48.3  | 27                                | 38.1  |
| 09:18 | 6.9 (1) | 2            | 78    | 1                      | 49.3  | 30                                | 37.9  |
| 09:20 | 1.7     | 2            | 80    | 0.7                    | 50    | 21                                | 37.5  |
| 09:22 | 2.7     | 2            | 82    | 1                      | 51    | 30                                | 37.3  |
| 09:24 | 3.7     | 2            | 84    | 1                      | 52    | 30                                | 37.1  |
| 09:27 | 5       | 3            | 87    | 1.3                    | 53.3  | 26                                | 36.8  |
| 09:30 | 6.5 (1) | 3            | 90    | 1.5                    | 54.8  | 30                                | 36.5  |
| 09:33 | 2.2     | 3            | 93    | 1.2                    | 56    | 24                                | 36.1  |
| 09:36 | 3.7     | 3            | 96    | 1.5                    | 57.5  | 30                                | 35.9  |
| 09:39 | 4.9     | 3            | 99    | 1.2                    | 58.7  | 24                                | 35.6  |
| 09:42 | 6.1     | 3            | 102   | 1.2                    | 59.9  | 24                                | 35.2  |
| 09:45 | 7.3 (1) | 3            | 105   | 1.2                    | 61.1  | 24                                | 34.9  |
| 09:49 | 2.7     | 4            | 109   | 1.7                    | 62.8  | 25.5                              | 34.6  |
| 09:53 | 4.5     | 4            | 113   | 1.8                    | 64.6  | 27                                | 34.3  |
| 09:57 | 6       | 4            | 117   | 1.5                    | 66.1  | 22.5                              | 33.9  |
| 10:01 | 7.6 (1) | 4            | 121   | 1.6                    | 67.7  | 24                                | 33.6  |
| 10:05 | 2.5     | 4            | 125   | 1.5                    | 69.2  | 22.5                              | 33.2  |
| 10:09 | 4.2     | 4            | 129   | 1.7                    | 70.9  | 25.5                              | 33.0  |
| 10:13 | 5.8     | 4            | 133   | 1.6                    | 72.5  | 24                                | 32.7  |
| 10:17 | 7.4 (1) | 4            | 137   | 1.6                    | 74.1  | 24                                | 32.5  |
| 10:21 | 2.6     | 4            | 141   | 1.6                    | 75.7  | 24                                | 32.2  |
| 10:26 | 4.7     | 5            | 146   | 2.1                    | 77.8  | 25.2                              | 32.0  |
| 10:31 | 6.5 (1) | 5            | 151   | 1.8                    | 79.6  | 21.6                              | 31.6  |
| 10:36 | 2.9     | 5            | 156   | 1.9                    | 81.5  | 22.8                              | 31.3  |
| 10:41 | 4.9     | 5            | 161   | 2                      | 83.5  | 24                                | 31.1  |
| 10:46 | 6.7 (1) | 5            | 166   | 1.8                    | 85.3  | 21.6                              | 30.8  |
| 10:51 | 2.8     | 5            | 171   | 1.8                    | 87.1  | 21.6                              | 30.6  |
| 10:56 | 4.6     | 5            | 176   | 1.8                    | 88.9  | 21.6                              | 30.3  |
| 11:01 | 6.4 (1) | 5            | 181   | 1.8                    | 90.7  | 21.6                              | 30.1  |
| 11:11 | 4.5     | 10           | 191   | 3.5                    | 94.2  | 21                                | 29.6  |
| 11:21 | 8 (1)   | 10           | 201   | 3.5                    | 97.7  | 21                                | 29.2  |
| 11:31 | 4.5     | 10           | 211   | 3.5                    | 101.2 | 21                                | 28.8  |
| 11:41 | 7.7 (1) | 10           | 221   | 3.2                    | 104.4 | 19.2                              | 28.3  |
| 11:51 | 4.2     | 10           | 231   | 3.2                    | 107.6 | 19.2                              | 27.9  |
| 12:01 | 7.4 (1) | 10           | 241   | 3.2                    | 110.8 | 19.2                              | 27.6  |
| 12:11 | 4.2     | 10           | 251   | 3.2                    | 114   | 19.2                              | 27.3  |
| 12:21 | 7.3 (1) | 10           | 261   | 3.1                    | 117.1 | 18.6                              | 26.9  |
| 12:31 | 4.7     | 10           | 271   | 3.7                    | 120.8 | 22.2                              | 26.7  |

---

---

**HOJA DE CAMPO PARA LEVANTAMIENTO DE DATOS**

| HORA  | LECTURA | TIEMPO (min) |       | LAMINA INFILTRADA (cm) |       | VELOCIDAD DE INFILTRACION (cm/hr) |       |
|-------|---------|--------------|-------|------------------------|-------|-----------------------------------|-------|
|       |         | Parc.        | Acum. | Parc.                  | Acum. | Instant.                          | Parc. |
| 12:41 | 7.2 (1) | 10           | 281   | 2.5                    | 123.3 | 15                                | 26.3  |
| 12:51 | 4.1     | 10           | 291   | 3.1                    | 126.4 | 18.6                              | 26.1  |
| 13:01 | 7.2 (1) | 10           | 301   | 3.1                    | 129.5 | 18.6                              | 25.8  |
| 13:11 | 4.1     | 10           | 311   | 3.1                    | 132.6 | 18.6                              | 25.6  |
| 13:21 | 7.1 (1) | 10           | 321   | 3                      | 135.6 | 18                                | 25.3  |
| 13:31 | 4       | 10           | 331   | 3                      | 138.6 | 18                                | 25.1  |
| 13:41 | 7 (1)   | 10           | 341   | 3                      | 141.6 | 18                                | 24.9  |
| 13:51 | 4       | 10           | 351   | 3                      | 144.6 | 18                                | 24.7  |
| 14:51 | 7       | 10           | 361   | 3                      | 147.6 | 18                                | 24.5  |

Ubicación: Finca Sucuya Lote 1618-0

Textura: Franco Arcilloso limoso

Método usado: Infiltrómetro de doble cilindro.

Fecha: 20 de Diciembre de 2022.

---

*Fuente: Elaboración propia*

**Tabla 22:** Registro de Datos para el Cálculo de la Velocidad de Infiltración LOTE 1636-2

---

**HOJA DE CAMPO PARA LEVANTAMIENTO DE DATOS**

| HORA  | HORA | HORA  |       | HORA  |       | HORA     |       |
|-------|------|-------|-------|-------|-------|----------|-------|
|       |      | Parc. | Acum. | Parc. | Acum. | Instant. | Parc. |
| 09:00 | 1    | 0     | 0     | 0     | 0     |          |       |
| 09:01 | 1.1  | 1     | 1     | 0.1   | 0.1   | 6        | 6.0   |
| 09:02 | 1.2  | 1     | 2     | 0.1   | 0.2   | 6        | 6.0   |
| 09:03 | 1.25 | 1     | 3     | 0.05  | 0.25  | 3        | 5.0   |
| 09:04 | 1.3  | 1     | 4     | 0.05  | 0.3   | 3        | 4.5   |
| 09:06 | 1.4  | 2     | 6     | 0.1   | 0.4   | 3        | 4.0   |
| 09:08 | 1.5  | 2     | 8     | 0.1   | 0.4   | 3        | 3.0   |
| 09:10 | 1.6  | 2     | 10    | 0.1   | 0.5   | 3        | 3.0   |
| 09:12 | 1.7  | 2     | 12    | 0.1   | 0.6   | 3        | 3.0   |
| 09:14 | 1.75 | 2     | 14    | 0.05  | 0.65  | 1.5      | 2.8   |
| 09:16 | 1.8  | 2     | 16    | 0.05  | 0.7   | 1.5      | 2.6   |
| 09:18 | 1.9  | 2     | 18    | 0.1   | 0.8   | 3        | 2.7   |
| 09:20 | 2    | 2     | 20    | 0.1   | 0.9   | 3        | 2.7   |
| 09:22 | 2.1  | 2     | 22    | 0.1   | 1     | 3        | 2.7   |
| 09:24 | 2.2  | 2     | 24    | 0.1   | 1.1   | 3        | 2.8   |
| 09:26 | 2.29 | 2     | 26    | 0.09  | 1.19  | 2.7      | 2.7   |
| 09:31 | 2.5  | 5     | 31    | 0.21  | 1.4   | 2.52     | 2.7   |

---

---

**HOJA DE CAMPO PARA LEVANTAMIENTO DE DATOS**


---

| HORA  | HORA    | HORA  |       | HORA  |       | HORA     |       |
|-------|---------|-------|-------|-------|-------|----------|-------|
|       |         | Parc. | Acum. | Parc. | Acum. | Instant. | Parc. |
| 09:36 | 2.62    | 5     | 36    | 0.12  | 1.52  | 1.44     | 2.5   |
| 09:41 | 2.8     | 5     | 41    | 0.18  | 1.7   | 2.16     | 2.5   |
| 09:46 | 2.89    | 5     | 46    | 0.09  | 1.79  | 1.08     | 2.3   |
| 09:51 | 3.1     | 5     | 51    | 0.21  | 2     | 2.52     | 2.4   |
| 09:56 | 3.2     | 5     | 56    | 0.1   | 2.1   | 1.2      | 2.3   |
| 10:01 | 3.4     | 5     | 61    | 0.2   | 2.3   | 2.4      | 2.3   |
| 10:06 | 3.5     | 5     | 66    | 0.1   | 2.4   | 1.2      | 2.2   |
| 10:11 | 3.7     | 5     | 71    | 0.2   | 2.6   | 2.4      | 2.2   |
| 10:16 | 3.8     | 5     | 76    | 0.1   | 2.8   | 1.2      | 2.2   |
| 10:21 | 4       | 5     | 81    | 0.2   | 2.9   | 2.4      | 2.1   |
| 10:26 | 4.1     | 5     | 86    | 0.1   | 3.1   | 1.2      | 2.2   |
| 10:31 | 4.25    | 5     | 91    | 0.15  | 3.2   | 1.8      | 2.1   |
| 10:36 | 4.38    | 5     | 96    | 0.13  | 3.35  | 1.56     | 2.1   |
| 10:41 | 4.5     | 5     | 101   | 0.12  | 3.48  | 1.44     | 2.1   |
| 10:46 | 4.65    | 5     | 106   | 0.15  | 3.6   | 1.8      | 2.0   |
| 10:51 | 4.82    | 5     | 111   | 0.17  | 3.75  | 2.04     | 2.0   |
| 10:56 | 4.9     | 5     | 116   | 0.08  | 3.92  | 0.96     | 2.0   |
| 11:01 | 5.05    | 5     | 121   | 0.15  | 4     | 1.8      | 2.0   |
| 11:06 | 5.2     | 5     | 126   | 0.15  | 4.15  | 1.8      | 2.0   |
| 11:11 | 5.3     | 5     | 131   | 0.1   | 4.3   | 1.2      | 2.0   |
| 11:16 | 5.5     | 5     | 136   | 0.2   | 4.4   | 2.4      | 1.9   |
| 11:26 | 5.8     | 10    | 146   | 0.3   | 4.6   | 1.8      | 1.9   |
| 11:36 | 6       | 10    | 156   | 0.2   | 4.9   | 1.2      | 1.9   |
| 11:46 | 6.3     | 10    | 166   | 0.3   | 5.1   | 1.8      | 1.8   |
| 11:56 | 6.6     | 10    | 176   | 0.3   | 5.4   | 1.8      | 1.8   |
| 12:11 | 6.9 (1) | 15    | 191   | 0.3   | 5.7   | 1.2      | 1.8   |
| 12:26 | 1.4     | 15    | 206   | 0.4   | 6     | 1.6      | 1.7   |
| 12:46 | 2.1     | 20    | 226   | 0.7   | 6.4   | 2.1      | 1.7   |
| 13:06 | 2.7     | 20    | 246   | 0.6   | 7.1   | 1.8      | 1.7   |
| 13:46 | 4.1     | 40    | 286   | 1.4   | 7.7   | 2.1      | 1.6   |
| 14:26 | 5.5     | 40    | 326   | 1.4   | 9.1   | 2.1      | 1.7   |
| 15:06 | 6.9 (1) | 40    | 366   | 1.4   | 10.5  | 2.1      | 1.7   |
| 15:46 | 2.4     | 40    | 406   | 1.4   | 11.9  | 2.1      | 1.8   |

Ubicación: Finca Sucuya Lote

1636-2

Textura: Franco

Método usado: Infiltrómetro de doble cilindro.

Fecha: 19 de Diciembre de 2022.

*Fuente: Elaboración propia*

**Tabla 23:** Registro de Datos para el Cálculo de la Velocidad de Infiltración LOTE 1647-0

| HOJA DE CAMPO PARA LEVANTAMIENTO DE DATOS |         |              |       |                        |       |                                   |       |
|---|---------|--------------|-------|------------------------|-------|-----------------------------------|-------|
| HORA                                      | LECTURA | TIEMPO (min) |       | LAMINA INFILTRADA (cm) |       | VELOCIDAD DE INFILTRACION (cm/hr) |       |
|   |         | Parc.        | Acum. | Parc.                  | Acum. | Instant.                          | Acum. |
| 08:35                                     | 1       | 0            | 0     | 0                      | 0     | 0                                 | 0     |
| 08:36                                     | 2.2     | 1            | 1     | 1.2                    | 1.2   | 72                                | 72.00 |
| 08:37                                     | 2.9     | 1            | 2     | 0.7                    | 1.9   | 42                                | 57.00 |
| 08:38                                     | 3.5     | 1            | 3     | 0.6                    | 2.5   | 36                                | 50.00 |
| 08:39                                     | 3.8     | 1            | 4     | 0.3                    | 2.8   | 18                                | 42.00 |
| 08:40                                     | 4.1     | 1            | 5     | 0.3                    | 3.1   | 18                                | 37.20 |
| 08:41                                     | 4.4     | 1            | 6     | 0.3                    | 3.4   | 18                                | 34.00 |
| 08:42                                     | 4.7     | 1            | 7     | 0.3                    | 3.7   | 18                                | 31.71 |
| 08:43                                     | 4.9     | 1            | 8     | 0.2                    | 3.9   | 12                                | 29.25 |
| 08:44                                     | 5       | 1            | 9     | 0.1                    | 4     | 6                                 | 26.67 |
| 08:45                                     | 5.2     | 1            | 10    | 0.2                    | 4.2   | 12                                | 25.20 |
| 08:46                                     | 5.4     | 1            | 11    | 0.2                    | 4.4   | 12                                | 24.00 |
| 08:47                                     | 5.6     | 1            | 12    | 0.2                    | 4.6   | 12                                | 23.00 |
| 08:48                                     | 5.8     | 1            | 13    | 0.2                    | 4.8   | 12                                | 22.15 |
| 08:49                                     | 5.9     | 1            | 14    | 0.1                    | 4.9   | 6                                 | 21.00 |
| 08:50                                     | 6       | 1            | 15    | 0.1                    | 5     | 6                                 | 20.00 |
| 08:51                                     | 6.1     | 1            | 16    | 0.1                    | 5.1   | 6                                 | 19.13 |
| 08:52                                     | 6.2     | 1            | 17    | 0.1                    | 5.2   | 6                                 | 18.35 |
| 08:53                                     | 6.3     | 1            | 18    | 0.1                    | 5.3   | 6                                 | 17.67 |
| 08:55                                     | 6.6     | 2            | 20    | 0.3                    | 5.6   | 9                                 | 16.80 |
| 08:57                                     | 6.7     | 2            | 22    | 0.1                    | 5.7   | 3                                 | 15.55 |
| 08:59                                     | 6.9 (1) | 2            | 24    | 0.2                    | 5.9   | 6                                 | 14.75 |
| 09:01                                     | 1.2     | 2            | 26    | 0.2                    | 6.1   | 6                                 | 14.08 |
| 09:03                                     | 1.4     | 2            | 28    | 0.2                    | 6.3   | 6                                 | 13.50 |
| 09:05                                     | 1.6     | 2            | 30    | 0.2                    | 6.5   | 6                                 | 13.00 |
| 09:07                                     | 1.8     | 2            | 32    | 0.2                    | 6.7   | 6                                 | 12.56 |
| 09:12                                     | 2       | 5            | 37    | 0.2                    | 6.9   | 2.4                               | 11.19 |
| 09:17                                     | 2.3     | 5            | 42    | 0.3                    | 7.2   | 3.6                               | 10.29 |
| 09:22                                     | 2.5     | 5            | 47    | 0.2                    | 7.4   | 2.4                               | 9.45  |
| 09:27                                     | 2.7     | 5            | 52    | 0.2                    | 7.6   | 2.4                               | 8.77  |
| 09:32                                     | 2.9     | 5            | 57    | 0.2                    | 7.8   | 2.4                               | 8.21  |
| 09:42                                     | 3.3     | 10           | 67    | 0.4                    | 8.2   | 2.4                               | 7.34  |
| 09:52                                     | 3.6     | 10           | 77    | 0.3                    | 8.5   | 1.8                               | 6.62  |
| 10:02                                     | 3.9     | 10           | 87    | 0.3                    | 8.8   | 1.8                               | 6.07  |
| 10:12                                     | 4.2     | 10           | 97    | 0.3                    | 9.1   | 1.8                               | 5.63  |

|       |         |    |     |     |      |     |      |
|-------|---------|----|-----|-----|------|-----|------|
| 10:22 | 4.3     | 10 | 107 | 0.1 | 9.2  | 0.6 | 5.16 |
| 10:37 | 4.6     | 15 | 122 | 0.3 | 9.5  | 1.2 | 4.67 |
| 10:52 | 4.8     | 15 | 137 | 0.2 | 9.7  | 0.8 | 4.25 |
| 11:07 | 5.1     | 15 | 152 | 0.3 | 10   | 1.2 | 3.95 |
| 11:22 | 5.3     | 15 | 167 | 0.2 | 10.2 | 0.8 | 3.66 |
| 11:42 | 5.6     | 20 | 187 | 0.3 | 10.5 | 0.9 | 3.37 |
| 12:12 | 5.9     | 20 | 207 | 0.3 | 10.8 | 0.9 | 3.13 |
| 12:32 | 6.2 (1) | 20 | 227 | 0.3 | 11.1 | 0.9 | 2.93 |
| 01:03 | 1.5     | 30 | 257 | 0.5 | 11.6 | 1   | 2.71 |
| 01:33 | 1.9     | 30 | 287 | 0.4 | 12   | 0.8 | 2.51 |
| 02:03 | 2.2     | 30 | 317 | 0.3 | 12.3 | 0.6 | 2.33 |
| 02:33 | 2.5     | 30 | 347 | 0.3 | 12.6 | 0.6 | 2.18 |

Ubicación: Finca Sucuya Lote 1647-0  
 Textura: Arcilloso  
 Método usado: Infiltrómetro de doble cilindro.  
 Fecha: 21 de Diciembre de 2022.

*Fuente: Elaboración propia*

**Tabla 24:** Registro de Datos para el Cálculo de la Velocidad de Infiltración LOTE 1650-0

| HOJA DE CAMPO PARA LEVANTAMIENTO DE DATOS |         |              |           |                        |           |                                   |           |
|---|---------|--------------|-----------|------------------------|-----------|-----------------------------------|-----------|
| HORA                                      | LECTURA | TIEMPO (min) |           | LAMINA INFILTRADA (cm) |           | VELOCIDAD DE INFILTRACION (cm/hr) |           |
|   |         | Parcial      | Acumulado | Parcial                | Acumulado | Instantanea                       | Acumulada |
| 07:31                                     | 1       | 0            | 0         | 0                      | 0         |                                   |           |
| 07:32                                     | 1.8     | 1            | 1         | 0.8                    | 0.8       | 48                                | 48.0      |
| 07:33                                     | 2.3     | 1            | 2         | 0.5                    | 1.3       | 30                                | 39.0      |
| 07:34                                     | 2.6     | 1            | 3         | 0.3                    | 1.6       | 18                                | 32.0      |
| 07:35                                     | 3       | 1            | 4         | 0.4                    | 2         | 24                                | 30.0      |
| 07:36                                     | 3.1     | 1            | 5         | 0.1                    | 2.1       | 6                                 | 25.2      |
| 07:37                                     | 3.3     | 1            | 6         | 0.2                    | 2.2       | 12                                | 22.0      |
| 07:38                                     | 3.5     | 1            | 7         | 0.2                    | 2.4       | 12                                | 20.6      |
| 07:39                                     | 3.7     | 1            | 8         | 0.2                    | 2.6       | 12                                | 19.5      |
| 07:40                                     | 3.9     | 1            | 9         | 0.2                    | 2.8       | 12                                | 18.7      |
| 07:41                                     | 4       | 1            | 10        | 0.1                    | 2.9       | 6                                 | 17.4      |
| 07:42                                     | 4.1     | 1            | 11        | 0.1                    | 3         | 6                                 | 16.4      |
| 07:43                                     | 4.2     | 1            | 12        | 0.1                    | 3.1       | 6                                 | 15.5      |
| 07:45                                     | 4.4     | 2            | 14        | 0.2                    | 3.3       | 6                                 | 14.1      |
| 07:47                                     | 4.6     | 2            | 16        | 0.2                    | 3.5       | 6                                 | 13.1      |
| 07:49                                     | 4.7     | 2            | 18        | 0.1                    | 3.6       | 3                                 | 12.0      |
| 07:51                                     | 4.9     | 2            | 20        | 0.2                    | 3.8       | 6                                 | 11.4      |
| 07:53                                     | 5       | 2            | 22        | 0.1                    | 3.9       | 3                                 | 10.6      |

## HOJA DE CAMPO PARA LEVANTAMIENTO DE DATOS

| HORA  | LECTURA | TIEMPO (min) |           | LAMINA INFILTRADA (cm) |           | VELOCIDAD DE INFILTRACION (cm/hr) |           |
|-------|---------|--------------|-----------|------------------------|-----------|-----------------------------------|-----------|
|       |         | Parcial      | Acumulado | Parcial                | Acumulado | Instantanea                       | Acumulada |
| 07:56 | 5.2     | 3            | 25        | 0.2                    | 4.1       | 4                                 | 9.8       |
| 07:59 | 5.5     | 3            | 28        | 0.3                    | 4.4       | 6                                 | 9.4       |
| 08:02 | 5.7     | 3            | 31        | 0.2                    | 4.6       | 4                                 | 8.9       |
| 08:05 | 5.8     | 3            | 34        | 0.1                    | 4.7       | 2                                 | 8.3       |
| 08:08 | 5.9     | 3            | 37        | 0.1                    | 4.8       | 2                                 | 7.8       |
| 08:12 | 6.1     | 4            | 41        | 0.2                    | 5         | 3                                 | 7.3       |
| 08:16 | 6.4     | 4            | 45        | 0.3                    | 5.3       | 4.5                               | 7.1       |
| 08:21 | 6.6     | 5            | 50        | 0.2                    | 5.6       | 2.4                               | 6.7       |
| 08:26 | 6.7     | 5            | 55        | 0.1                    | 5.8       | 1.2                               | 6.3       |
| 08:31 | 6.9     | 5            | 60        | 0.2                    | 5.9       | 2.4                               | 5.9       |
| 08:41 | 7.2 (1) | 10           | 70        | 0.3                    | 6.1       | 1.8                               | 5.2       |
| 08:51 | 1.4     | 10           | 80        | 0.4                    | 6.4       | 2.4                               | 4.8       |
| 09:01 | 1.6     | 10           | 90        | 0.2                    | 6.8       | 1.2                               | 4.5       |
| 09:16 | 2.2     | 15           | 105       | 0.6                    | 7         | 2.4                               | 4.0       |
| 09:31 | 2.7     | 15           | 120       | 0.5                    | 7.6       | 2                                 | 3.8       |
| 09:46 | 3.1     | 15           | 135       | 0.4                    | 8.1       | 1.6                               | 3.6       |
| 10:01 | 3.6     | 15           | 150       | 0.5                    | 8.5       | 2                                 | 3.4       |
| 10:16 | 4       | 15           | 165       | 0.4                    | 9         | 1.6                               | 3.3       |
| 10:31 | 4.5     | 15           | 180       | 0.5                    | 9.4       | 2                                 | 3.1       |
| 10:46 | 4.9     | 15           | 195       | 0.4                    | 9.9       | 1.6                               | 3.0       |
| 11:01 | 5.2     | 15           | 210       | 0.3                    | 10.3      | 1.2                               | 2.9       |
| 11:16 | 5.6     | 15           | 225       | 0.4                    | 10.6      | 1.6                               | 2.8       |
| 11:31 | 6       | 15           | 240       | 0.4                    | 11        | 1.6                               | 2.8       |
| 11:51 | 6.5 (1) | 20           | 260       | 0.5                    | 11.4      | 1.5                               | 2.6       |
| 12:11 | 1.6     | 20           | 280       | 0.6                    | 11.9      | 1.8                               | 2.6       |
| 12:31 | 2.4     | 20           | 300       | 0.8                    | 12.5      | 2.4                               | 2.5       |
| 12:51 | 3       | 20           | 320       | 0.6                    | 13.3      | 1.8                               | 2.5       |
| 13:11 | 3.6     | 20           | 340       | 0.6                    | 13.9      | 1.8                               | 2.5       |
| 13:41 | 4.5     | 30           | 370       | 0.9                    | 14.5      | 1.8                               | 2.4       |
| 14:11 | 5.4     | 30           | 400       | 0.9                    | 15.4      | 1.8                               | 2.3       |
| 14:41 | 6.3     | 30           | 430       | 0.9                    | 16.3      | 1.8                               | 2.3       |
| 15:11 | 7.2 (1) | 30           | 460       | 0.9                    | 17.2      | 1.8                               | 2.2       |
| 15:41 | 1.9     | 30           | 490       | 0.9                    | 18.1      | 1.8                               | 2.2       |
| 16:11 | 3.2     | 30           | 520       | 1.3                    | 19        | 2.6                               | 2.2       |

Ubicación: Finca Sucuya Lote 1650-0

Textura: Franco Arcilloso

Método usado: Infiltrómetro de doble cilindro.

Fecha: 21 de Diciembre de 2022

**Tabla 25:** Registro de Datos para el Cálculo de la Velocidad de Infiltración LOTE 1663-1

| HOJA DE CAMPO PARA LEVANTAMIENTO DE DATOS |         |              |           |                        |           |                                   |           |
|---|---------|--------------|-----------|------------------------|-----------|-----------------------------------|-----------|
| HORA                                      | LECTURA | TIEMPO (min) |           | LAMINA INFILTRADA (cm) |           | VELOCIDAD DE INFILTRACION (cm/hr) |           |
|   |         | Parcial      | Acumulado | Parcial                | Acumulado | Instantanea                       | Acumulada |
| 07:40                                     | 1       | 0            | 0         | 0                      | 0         | 0                                 | 0         |
| 07:41                                     | 1.2     | 1            | 1         | 0.2                    | 0.2       | 12                                | 12.00     |
| 07:42                                     | 1.3     | 1            | 2         | 0.1                    | 0.3       | 6                                 | 9.00      |
| 07:43                                     | 1.6     | 1            | 3         | 0.3                    | 0.6       | 18                                | 12.00     |
| 07:45                                     | 1.7     | 2            | 5         | 0.1                    | 0.7       | 3                                 | 8.40      |
| 07:47                                     | 1.8     | 2            | 7         | 0.1                    | 0.8       | 3                                 | 6.86      |
| 07:49                                     | 2       | 2            | 9         | 0.2                    | 1         | 6                                 | 6.67      |
| 07:51                                     | 2.1     | 2            | 11        | 0.1                    | 1.1       | 3                                 | 6.00      |
| 07:53                                     | 2.15    | 2            | 13        | 0.05                   | 1.15      | 1.5                               | 5.31      |
| 07:55                                     | 2.2     | 2            | 15        | 0.05                   | 1.2       | 1.5                               | 4.80      |
| 07:57                                     | 2.25    | 2            | 17        | 0.05                   | 1.25      | 1.5                               | 4.41      |
| 08:02                                     | 2.4     | 5            | 22        | 0.15                   | 1.4       | 1.8                               | 3.82      |
| 08:07                                     | 2.45    | 5            | 27        | 0.05                   | 1.45      | 0.6                               | 3.22      |
| 08:12                                     | 2.5     | 5            | 32        | 0.05                   | 1.5       | 0.6                               | 2.81      |
| 08:17                                     | 2.55    | 5            | 37        | 0.05                   | 1.55      | 0.6                               | 2.51      |
| 08:22                                     | 2.6     | 5            | 42        | 0.05                   | 1.6       | 0.6                               | 2.29      |
| 08:27                                     | 2.7     | 5            | 47        | 0.1                    | 1.7       | 1.2                               | 2.17      |
| 08:37                                     | 2.8     | 10           | 57        | 0.1                    | 1.8       | 0.6                               | 1.89      |
| 08:47                                     | 2.85    | 10           | 67        | 0.05                   | 1.85      | 0.3                               | 1.66      |
| 08:57                                     | 2.98    | 10           | 77        | 0.13                   | 1.98      | 0.78                              | 1.54      |
| 09:07                                     | 3       | 10           | 87        | 0.02                   | 2         | 0.12                              | 1.38      |
| 09:17                                     | 3.05    | 10           | 97        | 0.05                   | 2.05      | 0.3                               | 1.27      |
| 09:27                                     | 3.1     | 10           | 107       | 0.05                   | 2.1       | 0.3                               | 1.18      |
| 09:37                                     | 3.15    | 10           | 117       | 0.05                   | 2.15      | 0.3                               | 1.10      |
| 09:47                                     | 3.2     | 10           | 127       | 0.05                   | 2.2       | 0.3                               | 1.04      |
| 09:57                                     | 3.25    | 10           | 137       | 0.05                   | 2.25      | 0.3                               | 0.99      |
| 10:12                                     | 3.3     | 15           | 152       | 0.05                   | 2.3       | 0.2                               | 0.91      |
| 10:27                                     | 3.35    | 15           | 167       | 0.05                   | 2.35      | 0.2                               | 0.84      |
| 10:42                                     | 3.4     | 15           | 182       | 0.05                   | 2.4       | 0.2                               | 0.79      |
| 10:57                                     | 3.45    | 15           | 197       | 0.05                   | 2.45      | 0.2                               | 0.75      |
| 11:12                                     | 3.5     | 15           | 212       | 0.05                   | 2.5       | 0.2                               | 0.71      |
| 11:32                                     | 3.6     | 20           | 232       | 0.1                    | 2.6       | 0.3                               | 0.67      |
| 11:52                                     | 3.7     | 20           | 252       | 0.1                    | 2.7       | 0.3                               | 0.64      |
| 12:22                                     | 3.8     | 30           | 282       | 0.1                    | 2.8       | 0.2                               | 0.60      |
| 12:52                                     | 3.9     | 30           | 312       | 0.1                    | 2.9       | 0.2                               | 0.56      |
| 01:22                                     | 4       | 30           | 342       | 0.1                    | 3         | 0.2                               | 0.53      |
| 01:52                                     | 4.1     | 30           | 372       | 0.1                    | 3.1       | 0.2                               | 0.50      |

---

**HOJA DE CAMPO PARA LEVANTAMIENTO DE DATOS**

| HORA  | LECTURA | TIEMPO (min) |            | LAMINA INFILTRADA (cm) |            | VELOCIDAD DE INFILTRACION (cm/hr) |           |
|-------|---------|--------------|------------|------------------------|------------|-----------------------------------|-----------|
|       |         | Parcial      | Acumulado  | Parcial                | Acumulado  | Instantanea                       | Acumulada |
| 02:58 | 4.5     | 60           | <b>432</b> | 0.4                    | <b>3.5</b> | 0.4                               | 0.49      |
| 03:58 | 4.9     | 60           | <b>492</b> | 0.4                    | <b>3.9</b> | 0.4                               | 0.48      |

Ubicación: Finca Sucuya Lote 1663-1

Textura: Franco Arcilloso

Método usado: Infiltrómetro de doble cilindro.

Fecha: 15 de Diciembre de 2022

---

*Fuente: Elaboración propia*

**Tabla 26:** Registro de Datos para el Cálculo de la Velocidad de Infiltración LOTE 1666-0

| HORA     | LECTURA | TIEMPO (min) |           | LAMINA INFILTRADA (cm) |           | VELOCIDAD DE INFILTRACION (cm/hr) |           |
|----------|---------|--------------|-----------|------------------------|-----------|-----------------------------------|-----------|
|          |         | Parcial      | Acumulado | Parcial                | Acumulado | Instantánea                       | Acumulada |
| 09:40:00 | 1       | 0            | 0         | 0                      | 0         |                                   |           |
| 09:41:00 | 2       | 1            | 1         | 1                      | 1         | 60                                | 60.0      |
| 09:42:00 | 2.4     | 1            | 2         | 0.4                    | 1.4       | 24                                | 42.0      |
| 09:46:00 | 2.5     | 4            | 6         | 0.1                    | 1.5       | 1.50                              | 15.0      |
| 09:53:00 | 2.6     | 7            | 13        | 0.1                    | 1.6       | 0.86                              | 7.4       |
| 10:24:00 | 2.7     | 20           | 33        | 0.1                    | 1.7       | 0.30                              | 3.1       |
| 10:44:00 | 2.8     | 20           | 53        | 0.1                    | 1.8       | 0.30                              | 2.0       |
| 11:04:00 | 2.9     | 20           | 73        | 0.1                    | 1.9       | 0.30                              | 1.6       |
| 11:34:00 | 2.95    | 30           | 103       | 0.05                   | 1.95      | 0.10                              | 1.1       |
| 12:34:00 | 3.1     | 60           | 163       | 0.15                   | 2.1       | 0.15                              | 0.8       |
| 01:34:00 | 3.3     | 60           | 223       | 0.2                    | 2.3       | 0.20                              | 0.6       |
| 02:34:00 | 3.6     | 60           | 283       | 0.3                    | 2.6       | 0.30                              | 0.6       |
| 03:34:00 | 3.9     | 60           | 343       | 0.3                    | 2.9       | 0.30                              | 0.5       |
| 04:34:00 | 4.2     | 60           | 403       | 0.3                    | 3.2       | 0.30                              | 0.5       |
| 05:34:00 | 4.5     | 60           | 463       | 0.3                    | 3.5       | 0.30                              | 0.5       |

Ubicación: Finca Sucuya Lote 1666-1

Textura: Franco Arcilloso

Método usado: Infiltrómetro de doble cilindro.

Fecha: 19 de Diciembre de 2022

---

*Fuente: Elaboración propia*

Resultados de velocidad de infiltración

**Tabla 27:** Resultados de velocidad de infiltración lote 1610-0, 1618 Y 1636-2

| VELOCIDAD DE INFILTRACION (cm/hr) LOTE 1610-0 |                   | VELOCIDAD DE INFILTRACION (cm/hr) LOTE 1618-0 |                   | VELOCIDAD DE INFILTRACION (cm/hr) 1636-2 |                   |
|---|-------------------|---|-------------------|--|-------------------|
| Tiempo Acum (min)                             | Vi Ajusta (cm/hr) | Tiempo Acum (min)                             | Vi Ajusta (cm/hr) | Tiempo Acum (min)                        | Vi Ajusta (cm/hr) |
| 1.0   | 13.7              | 1.0   | 94.4              | 1.0                                      | 4.2               |
| 2.0   | 10.7              | 2.0   | 77.6              | 2.0                                      | 3.7               |
| 3.0   | 9.3               | 3.0   | 69.2              | 3.0                                      | 3.4               |
| 4.0   | 8.4               | 4.0   | 63.8              | 4.0                                      | 3.2               |
| 6.0   | 7.3               | 5.0   | 59.9              | 6.0                                      | 3.0               |
| 8.0   | 6.6               | 6.0   | 56.9              | 8.0                                      | 2.8               |
| 10.0  | 6.1               | 7.0   | 54.5              | 10.0                                     | 2.7               |
| 12.0  | 5.7               | 8.0   | 52.5              | 12.0                                     | 2.6               |
| 14.0  | 5.4               | 9.0   | 50.7              | 14.0                                     | 2.6               |
| 16.0  | 5.2               | 10.0  | 49.2              | 16.0                                     | 2.5               |
| 19.0  | 4.9               | 11.0  | 47.9              | 18.0                                     | 2.5               |
| 22.0  | 4.7               | 12.0  | 46.8              | 20.0                                     | 2.4               |
| 25.0  | 4.4               | 13.0  | 45.7              | 22.0                                     | 2.4               |
| 28.0  | 4.3               | 14.0  | 44.8              | 24.0                                     | 2.3               |
| 31.0  | 4.1               | 15.0  | 43.9              | 26.0                                     | 2.3               |
| 36.0  | 3.9               | 16.0  | 43.1              | 31.0                                     | 2.2               |
| 41.0  | 3.7               | 17.0  | 42.4              | 36.0                                     | 2.2               |
| 46.0  | 3.6               | 18.0  | 41.7              | 41.0                                     | 2.1               |
| 51.0  | 3.5               | 19.0  | 41.1              | 46.0                                     | 2.1               |
| 56.0  | 3.4               | 20.0  | 40.5              | 51.0                                     | 2.0               |
| 61.0  | 3.3               | 21.0  | 39.9              | 56.0                                     | 2.0               |
| 66.0  | 3.2               | 22.0  | 39.4              | 61.0                                     | 2.0               |
| 76.0  | 3.0               | 23.0  | 38.9              | 66.0                                     | 1.9               |
| 86.0  | 2.9               | 24.0  | 38.4              | 71.0                                     | 1.9               |
| 96.0  | 2.8               | 25.0  | 38.0              | 76.0                                     | 1.9               |
| 106.0   | 2.7               | 26.0  | 37.6              | 81.0                                     | 1.9               |
| 116.0   | 2.6               | 27.0  | 37.2              | 86.0                                     | 1.8               |
| 126.0   | 2.5               | 28.0  | 36.8              | 91.0                                     | 1.8               |
| 136.0   | 2.5               | 30.0  | 36.1              | 96.0                                     | 1.8               |
| 146.0   | 2.4               | 32.0  | 35.4              | 101.0                                    | 1.8               |
| 156.0   | 2.3               | 34.0  | 34.8              | 106.0                                    | 1.8               |
| 166.0   | 2.3               | 36.0  | 34.3              | 111.0                                    | 1.8               |
| 176.0   | 2.3               | 38.0  | 33.8              | 116.0                                    | 1.7               |

| VELOCIDAD DE INFILTRACION (cm/hr) LOTE 1610-0 |                   | VELOCIDAD DE INFILTRACION (cm/hr) LOTE 1618-0 |                   | VELOCIDAD DE INFILTRACION (cm/hr) 1636-2 |                   |
|---|-------------------|---|-------------------|--|-------------------|
| Tiempo Acum (min)                             | Vi Ajusta (cm/hr) | Tiempo Acum (min)                             | Vi Ajusta (cm/hr) | Tiempo Acum (min)                        | Vi Ajusta (cm/hr) |
| 186.0   | 2.2               | 40.0  | 33.3              | 121.0                                    | 1.7               |
| 201.0   | 2.2               | 42.0  | 32.8              | 126.0                                    | 1.7               |
| 216.0   | 2.1               | 44.0  | 32.4              | 131.0                                    | 1.7               |
| 231.0   | 2.0               | 46.0  | 32.0              | 136.0                                    | 1.7               |
| 246.0   | 2.0               | 48.0  | 31.6              | 146.0                                    | 1.7               |
| 261.0   | 2.0               | 50.0  | 31.2              | 156.0                                    | 1.7               |
| 276.0   | 1.9               | 52.0  | 30.9              | 166.0                                    | 1.6               |
| 291.0   | 1.9               | 54.0  | 30.6              | 176.0                                    | 1.6               |
| 306.0   | 1.9               | 56.0  | 30.3              | 191.0                                    | 1.6               |
| 321.0   | 1.8               | 58.0  | 30.0              | 206.0                                    | 1.6               |
| 336.0   | 1.8               | 60.0  | 29.7              | 226.0                                    | 1.5               |
| 351.0   | 1.8               | 62.0  | 29.4              | 246.0                                    | 1.5               |
| 366.0   | 1.7               | 64.0  | 29.1              | 286.0                                    | 1.5               |
| 381.0   | 1.7               | 66.0  | 28.9              | 326.0                                    | 1.4               |
| 396.0   | 1.7               | 68.0  | 28.6              | 366.0                                    | 1.4               |
| 411.0   | 1.7               | 70.0  | 28.4              | 406.0                                    | 1.4               |
| 426.0   | 1.7               | 72.0  | 28.2              |  |                   |
| 441.0   | 1.6               | 74.0  | 28.0              |  |                   |
| 471.0   | 1.6               | 76.0  | 27.7              |  |                   |
|   |                   | 78.0  | 27.5              |  |                   |
|   |                   | 80.0  | 27.3              |  |                   |
|   |                   | 82.0  | 27.2              |  |                   |
|   |                   | 84.0  | 27.0              |  |                   |
|   |                   | 87.0  | 26.7              |  |                   |
|   |                   | 90.0  | 26.5              |  |                   |
|   |                   | 93.0  | 26.2              |  |                   |
|   |                   | 96.0  | 26.0              |  |                   |
|   |                   | 99.0  | 25.8              |  |                   |
|   |                   | 102.0   | 25.5              |  |                   |
|   |                   | 105.0   | 25.3              |  |                   |
|   |                   | 109.0   | 25.1              |  |                   |
|   |                   | 113.0   | 24.8              |  |                   |
|   |                   | 117.0   | 24.6              |  |                   |
|   |                   | 121.0   | 24.3              |  |                   |
|   |                   | 125.0   | 24.1              |  |                   |
|   |                   | 129.0   | 23.9              |  |                   |
|   |                   | 133.0   | 23.7              |  |                   |

| VELOCIDAD DE INFILTRACION (cm/hr) LOTE 1610-0 |                   | VELOCIDAD DE INFILTRACION (cm/hr) LOTE 1618-0 |                   | VELOCIDAD DE INFILTRACION (cm/hr) 1636-2 |                   |
|---|-------------------|---|-------------------|--|-------------------|
| Tiempo Acum (min)                             | Vi Ajusta (cm/hr) | Tiempo Acum (min)                             | Vi Ajusta (cm/hr) | Tiempo Acum (min)                        | Vi Ajusta (cm/hr) |
|   |                   | 137.0   | 23.5              |  |                   |
|   |                   | 141.0   | 23.3              |  |                   |
|   |                   | 146.0   | 23.1              |  |                   |
|   |                   | 151.0   | 22.9              |  |                   |
|   |                   | 156.0   | 22.6              |  |                   |
|   |                   | 161.0   | 22.4              |  |                   |
|   |                   | 166.0   | 22.2              |  |                   |
|   |                   | 171.0   | 22.1              |  |                   |
|   |                   | 176.0   | 21.9              |  |                   |
|   |                   | 181.0   | 21.7              |  |                   |
|   |                   | 191.0   | 21.4              |  |                   |
|   |                   | 201.0   | 21.1              |  |                   |
|   |                   | 211.0   | 20.8              |  |                   |
|   |                   | 221.0   | 20.5              |  |                   |
|   |                   | 231.0   | 20.3              |  |                   |
|   |                   | 241.0   | 20.0              |  |                   |
|   |                   | 251.0   | 19.8              |  |                   |
|   |                   | 261.0   | 19.6              |  |                   |
|   |                   | 271.0   | 19.4              |  |                   |
|   |                   | 281.0   | 19.2              |  |                   |
|   |                   | 291.0   | 19.0              |  |                   |
|   |                   | 301.0   | 18.8              |  |                   |
|   |                   | 311.0   | 18.6              |  |                   |
|   |                   | 321.0   | 18.5              |  |                   |
|   |                   | 331.0   | 18.3              |  |                   |
|   |                   | 341.0   | 18.2              |  |                   |
|   |                   | 351.0   | 18.0              |  |                   |
|   |                   | 361.0   | 17.9              |  |                   |

*Fuente: Elaboración propia*

**Tabla 28:** Resultados de velocidad de infiltración lote 1647-0, 1650-0, 1663-1 Y 1666-0

| VELOCIDAD DE INFILTRACION (cm/hr) LOTE 1647-0 |                   | VELOCIDAD DE INFILTRACION (cm/hr) LOTE 1650-0 |                   | VELOCIDAD DE INFILTRACION (cm/hr) 1663-1 |                   | VELOCIDAD DE INFILTRACION (cm/hr) 1666-0 |                   |
|---|-------------------|---|-------------------|--|-------------------|--|-------------------|
| Tiempo Acum (min)                             | Vi Ajusta (cm/hr) | Tiempo Acum (min)                             | Vi Ajusta (cm/hr) | Tiempo Acum (min)                        | Vi Ajusta (cm/hr) | Tiempo Acum (min)                        | Vi Ajusta (cm/hr) |
| 1.0   | 72.7              | 1.0   | 22.8              | 1.0                                      | 12.2              | 1  | 15.396            |
| 2.0   | 40.7              | 2.0   | 16.3              | 2.0                                      | 7.4               | 2  | 8.78              |
| 3.0   | 29.0              | 3.0   | 13.4              | 3.0                                      | 5.5               | 6  | 3.61              |
| 4.0   | 22.8              | 4.0   | 11.7              | 5.0                                      | 3.8               | 13                                       | 1.924             |
| 5.0   | 18.9              | 5.0   | 10.5              | 7.0                                      | 2.9               | 33                                       | 0.90              |
| 6.0   | 16.2              | 6.0   | 9.6               | 9.0                                      | 2.4               | 53                                       | 0.61              |
| 7.0   | 14.3              | 7.0   | 8.9               | 11.0                                     | 2.1               | 73                                       | 0.47              |
| 8.0   | 12.7              | 8.0   | 8.3               | 13.0                                     | 1.9               | 103                                      | 0.36              |
| 9.0   | 11.6              | 9.0   | 7.9               | 15.0                                     | 1.7               | 163                                      | 0.248             |
| 10.0  | 10.6              | 10.0  | 7.5               | 17.0                                     | 1.5               | 223                                      | 0.193             |
| 11.0  | 9.8               | 11.0  | 7.2               | 22.0                                     | 1.3               | 283                                      | 0.15              |
| 12.0  | 9.1               | 12.0  | 6.9               | 27.0                                     | 1.1               | 343                                      | 0.13              |
| 13.0  | 8.5               | 14.0  | 6.4               | 32.0                                     | 1.0               | 403                                      | 0.12              |
| 14.0  | 8.0               | 16.0  | 6.0               | 37.0                                     | 0.9               | 463                                      | 0.11              |
| 15.0  | 7.5               | 18.0  | 5.6               | 42.0                                     | 0.8               |  |                   |
| 16.0  | 7.1               | 20.0  | 5.4               | 47.0                                     | 0.7               |  |                   |
| 17.0  | 6.8               | 22.0  | 5.1               | 57.0                                     | 0.6               |  |                   |
| 18.0  | 6.5               | 25.0  | 4.8               | 67.0                                     | 0.6               |  |                   |
| 20.0  | 5.9               | 28.0  | 4.6               | 77.0                                     | 0.5               |  |                   |
| 22.0  | 5.5               | 31.0  | 4.3               | 87.0                                     | 0.5               |  |                   |
| 24.0  | 5.1               | 34.0  | 4.1               | 97.0                                     | 0.4               |  |                   |
| 26.0  | 4.8               | 37.0  | 4.0               | 107.0                                    | 0.4               |  |                   |
| 28.0  | 4.5               | 41.0  | 3.8               | 117.0                                    | 0.4               |  |                   |
| 30.0  | 4.2               | 45.0  | 3.6               | 127.0                                    | 0.3               |  |                   |
| 32.0  | 4.0               | 50.0  | 3.4               | 137.0                                    | 0.3               |  |                   |
| 37.0  | 3.5               | 55.0  | 3.3               | 152.0                                    | 0.3               |  |                   |
| 42.0  | 3.2               | 60.0  | 3.1               | 167.0                                    | 0.3               |  |                   |
| 47.0  | 2.9               | 70.0  | 2.9               | 182.0                                    | 0.3               |  |                   |
| 52.0  | 2.7               | 80.0  | 2.7               | 197.0                                    | 0.3               |  |                   |
| 57.0  | 2.5               | 90.0  | 2.6               | 212.0                                    | 0.2               |  |                   |
| 67.0  | 2.2               | 105.0   | 2.4               | 232.0                                    | 0.2               |  |                   |
| 77.0  | 1.9               | 120.0   | 2.3               | 252.0                                    | 0.2               |  |                   |
| 87.0  | 1.7               | 135.0   | 2.1               | 282.0                                    | 0.2               |  |                   |
| 97.0  | 1.6               | 150.0   | 2.0               | 312.0                                    | 0.2               |  |                   |
| 107.0   | 1.5               | 165.0   | 1.9               | 342.0                                    | 0.2               |  |                   |

|       |     |       |     |       |     |
|-------|-----|-------|-----|-------|-----|
| 122.0 | 1.3 | 180.0 | 1.9 | 372.0 | 0.2 |
| 137.0 | 1.2 | 195.0 | 1.8 | 432.0 | 0.1 |
| 152.0 | 1.1 | 210.0 | 1.7 | 492.0 | 0.1 |
| 167.0 | 1.0 | 225.0 | 1.7 |       |     |
| 187.0 | 0.9 | 240.0 | 1.6 |       |     |
| 207.0 | 0.8 | 260.0 | 1.5 |       |     |
| 227.0 | 0.8 | 280.0 | 1.5 |       |     |
| 257.0 | 0.7 | 300.0 | 1.4 |       |     |
| 287.0 | 0.6 | 320.0 | 1.4 |       |     |
| 317.0 | 0.6 | 340.0 | 1.4 |       |     |
| 347.0 | 0.5 | 370.0 | 1.3 |       |     |
|       |     | 400.0 | 1.3 |       |     |
|       |     | 430.0 | 1.2 |       |     |
|       |     | 460.0 | 1.2 |       |     |
|       |     | 490.0 | 1.1 |       |     |
|       |     | 520.0 | 1.1 |       |     |

*Fuente: Elaboración propia*

**Figura 13.** Capacidad de campo para diferentes texturas del suelo

| Textura del suelo | Capacidad de campo % |
|-------------------|----------------------|
| Arenoso           | 9<br>(6-12)          |
| Franco-arenoso    | 14<br>(10-18)        |
| Franco            | 22<br>(18-26)        |
| Franco-arcilloso  | 27<br>(23-31)        |
| Arcilloso-arenoso | 31<br>(27-35)        |
| Arcilloso         | 35<br>(31-39)        |

Fuente: Israelsen y Hansen (1979)

Nota: los intervalos normales son consignados entre paréntesis.

**Figura 14.** Punto de marchitez permanente para diferentes texturas del suelo

| Textura del suelo | Punto de marchitez permanente % |
|-------------------|---------------------------------|
| Arenoso           | 4<br>(2-6)                      |
| Franco-arenoso    | 6<br>(4-8)                      |
| Franco            | 10<br>(8-12)                    |
| Franco-arcilloso  | 15<br>(13-17)                   |
| Arcilloso-arenoso | 15<br>(13-19)                   |
| Arcilloso         | 17<br>(15-19)                   |

Fuente: Israelsen y Hansen (1979)

Nota: Los intervalos normales son consignados entre paréntesis.



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA  
FACULTAD DE TECNOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN  
SECRETARIA

SECRETARÍA DE FACULTAD

F-8: CARTA DE FINALIZADO PLAN DE ASIGNATURA

El Suscrito Secretario de la FACULTAD DE TECNOLOGIA DE LA CONSTRUCCION hace constar que:

TORRENTES VEGA SINAI TAMARA

Carné: 2018-0822U Turno: Diurno Plan de Asignatura: 2015 de conformidad con el Reglamento Académico vigente en la Universidad, ha aprobado todas las asignaturas correspondientes a la carrera de INGENIERIA AGRÍCOLA, y solo tiene pendiente la realización de una de las formas de culminación de estudio.

Se extiende la presente CARTA DE FINALIZADO PLAN DE ASIGNATURA, a solicitud del interesado en la ciudad de Managua, a los tres días del mes de marzo del año dos mil veinte y tres.

Atentamente,



MSC. Ana Rosa López Olivas  
Secretario de Facultad



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA  
FACULTAD DE TECNOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN  
SECRETARIA

SECRETARÍA DE FACULTAD

F-8: CARTA DE FINALIZADO PLAN DE ASIGNATURA

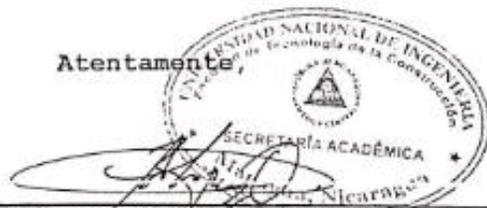
El Suscrito Secretario de la FACULTAD DE TECNOLOGIA DE LA CONSTRUCCION hace constar que:

SEVILLA MORENO DARLING EDDITH

Carné: 2018-0845U. Turno: Diurno. Plan de Asignatura: 2015 de conformidad con el Reglamento Académico vigente en la Universidad, ha aprobado todas las asignaturas correspondientes a la carrera de INGENIERIA AGRICOLA, y solo tiene pendiente la realización de una de las formas de culminación de estudio.

Se extiende la presente CARTA DE FINALIZADO PLAN DE ASIGNATURA, a solicitud del interesado en la ciudad de Managua, a los dieciocho días del mes de enero del año dos mil veinte y tres.

Atentamente,



MSc. Ana Rosa López Olivás  
Secretario de Facultad



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA  
FACULTAD DE TECNOLOGIA DE LA CONSTRUCCION  
SECRETARIA ACADEMICA

HOJA DE MATRICULA  
AÑO ACADEMICO 2023

| No. Recibo <b>19506</b>                          |                    | No. Inscripción <b>359</b>     |      |                   |   |   |
|--|--------------------|--------------------------------|------|-------------------|---|---|
| NOMBRES Y APELLIDOS: Sinai Tamara Torrentes Vega |                    |                                |      |                   |   |   |
| CARRERA: INGENIERIA AGRÍCOLA                     |                    | CARNET: 2018-0822u             |      | TURNO:            |   |   |
| PLAN DE ESTUDIO: 2015                            |                    | SEMESTRE: PRIMER SEMESTRE 2023 |      | FECHA: 03/03/2023 |   |   |
| No.  | ASIGNATURA         | GRUPO                          | AULA | CRED.             | F | R |
| 1  | ..... ULTIMA LINEA |                                |      |                   |   |   |

F: Frecuencia de inscripciones de Asignatura R: Retiro de Asignatura.

CMPEREZ

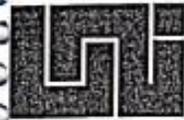
GRABADOR

  
FIRMA Y SELLO DEL  
FUNCIONARIO

  
FIRMA DEL  
ESTUDIANTE

cc: ORIGINAL: ESTUDIANTE - COPIA: EXPEDIENTE.

IMPRESO POR SISTEMA DE REGISTRO ACADEMICO EL 03-mar.-2023



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA  
 FACULTAD DE TECNOLOGIA DE LA CONSTRUCCION  
 SECRETARIA ACADEMICA

HOJA DE MATRICULA  
 AÑO ACADEMICO 2023

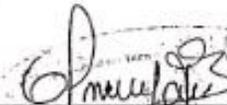
No. Recibo **19505** No. Inscripción **55**

NOMBRES Y APELLIDOS: Darling Eddith Sevilla Moreno  
 CARRERA: INGENIERIA AGRÍCOLA CARNET: 2018-0845u TURNO:  
 PLAN DE ESTUDIO: 2015 SEMESTRE: PRIMER SEMESTRE 2023 FECHA: 28/02/2023

| NO. | ASIGNATURA   | GRUPO | AULA | CRED. | F | R |
|-----|--------------|-------|------|-------|---|---|
| 1   | ULTIMA LINEA |       |      |       |   |   |

F: Frecuencia de Inscripciones de Asignatura R: Retiro de Asignatura.

CMPEREZ  
 GRABADOR

  
 FIRMA Y SELLO DEL CA  
 FUNCIONARIO

  
 FIRMA DEL  
 ESTUDIANTE