

**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS**



PASANTÍA DE PRÁCTICA PROFESIONAL SOBRE:

**“CARACTERIZACIÓN DE PROPIEDADES FÍSICAS DE LOS SUELOS PARA
RIEGO EN LOS CULTIVOS CAÑA DE AZÚCAR, CACAO Y PLÁTANO EN SAN
JOSÉ DEL REAL DE LA CARRERA”**

PRESENTADO POR:

MARÍA JOSÉ NAJARRO MENJÍVAR

**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS**



PASANTÍA DE PRÁCTICA PROFESIONAL SOBRE:

**“CARACTERIZACIÓN DE PROPIEDADES FÍSICAS DE LOS SUELOS PARA
RIEGO EN LOS CULTIVOS CAÑA DE AZÚCAR, CACAO Y PLÁTANO EN SAN
JOSÉ DEL REAL DE LA CARRERA”**

PRESENTADO POR:

MARÍA JOSÉ NAJARRO MENJÍVAR

**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS
DEPARTAMENTO DE RECURSOS NATURALES Y MEDIO
AMBIENTE**



**PASANTÍA DE PRÁCTICA PROFESIONAL SOBRE:
“CARACTERIZACIÓN DE PROPIEDADES FÍSICAS DE LOS SUELOS PARA
RIEGO EN LOS CULTIVOS CAÑA DE AZÚCAR, CACAO Y PLÁTANO EN SAN
JOSÉ DEL REAL DE LA CARRERA”**

**PRESENTADO POR:
MARÍA JOSÉ NAJARRO MENJÍVAR**

**REQUISITO PARA OPTAR EL TÍTULO DE:
INGENIERA AGRÓNOMA.**

CIUDAD UNIVERSITARIA, NOVIEMBRE DE 2023

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

RECTOR:

ING. AGR. M. Sc. JUAN ROSA QUINTANILLA

SECRETARIO GENERAL:

LIC. PEDRO ROSALÍO ESCOBAR

FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS

DECANO:

ING. AGR. MAECE NELSON BERNABÉ GRANADOS ALVARADO

SECRETARIO:

ING. AGR. BALMORE MARTINEZ SIERRA

**JEFE DEL DEPARTAMENTO DE RECURSOS NATURALES Y MEDIO
AMBIENTE**

ING. AGR. M. Sc. JOSÉ MAURICIO TEJADA ASENSIO

ASESORES

ING. AGR. M. Sc. JOSÉ MAURICIO TEJADA ASENSIO

ING. AGR. M. Sc. JAIRO AARÓN VIGIL SÁNCHEZ

**COORDINADOR GENERAL DE PROCESOS DE GRADO DEL
DEPARTAMENTO**

ING. AGR. JUAN GERARDO MARROQUIN REINA

Dedicatoria

A Dios, primeramente, por haberme permitido llegar hasta el final, y culminar de esta manera mi carrera.

A mis papás Lorena y Néstor Najarro, por haber sido mi apoyo desde el principio hasta el final de mis años de estudio, por creer en mí y por estar conmigo.

A mi abuela, Sonia Melara, quien de igual forma fue mi apoyo en todo momento.

A mis hermanos, Paola y Ariel, por haber sido mi apoyo y por estar conmigo en mis noches de desvelo.

A mi abuelo y a mi mejor amigo Danny en el cielo.

Agradecimientos

A Dios por haberme bendecido con la oportunidad de estudiar en la universidad que siempre quise, por haberme brindado la sabiduría que en el momento de llevar a cabo mi trabajo de pasantía profesional.

A mis asesores, el ingeniero Jairo Vigil por la oportunidad de llevar a cabo mi trabajo de grado en las instalaciones de la Hacienda la Carrera, y al ingeniero José Mauricio Tejada por sus aportes a mi trabajo de grado.

Al personal docente y administrativo del departamento de Recursos Naturales y Medio Ambiente.

Y por último y no menos importante, a mi novio el ingeniero Ricardo Tejada, quien me brindó su apoyo durante todo el tiempo que lleve a cabo mi trabajo de grado.

Índice

1. Resumen	1
2. Introducción.....	1
3. Información de unidad productiva	2
3.1. Datos generales	2
3.1.1. Localización	2
3.1.2. Antecedentes	3
3.1.3. Recursos	4
3.2.2. Situación técnica	7
3.2.3. Situación administrativa	8
3.2.4. Generales de comercialización.....	9
4. Análisis de la problemática en el sector	9
5. Metodología	10
5.1. Metodología de campo:.....	10
5.1.1. Toma de muestras para densidad aparente.	10
5.1.2. Toma de muestras para textura y densidad real.	10
5.2. Metodología de laboratorio.....	13
5.2.1. Preparación de las muestras.	13
5.2.2. Determinación de densidad aparente.	14
5.2.3. Determinación de textura.....	15
5.2.4. Determinación de densidad real.....	19
6. Resultados y discusión.....	21
6.1. Textura.....	21
6.2. Densidad aparente.....	28
6.3. Densidad real.....	32
6.4. Porosidad del suelo.....	37
6.5. Valores promedios de las propiedades de los suelos según las texturas. .	41
7. Conclusiones	41
8. Recomendaciones	42
9. Bibliografía.....	42
10. Anexos.....	44

Índice de figuras.

Figura 1. Ubicación de San José del Real de la Carrera, Usulután.....	2
Figura 2. Mapa de áreas de cultivos de San José del Real de la Carrera.....	6
Figura 3. Mapa de áreas de riego de San José del Real de la Carrera.....	7
Figura 4. Organigrama de San José del Real de la Carrera.....	8
Figura 5. Elaboración de Calicata.....	10
Figura 6. Cilindro tipo Uhland con muestra.....	11
Figura 7. Extracción de muestra.....	11
Figura 8. Mapa de puntos de muestreo.....	12
Figura 9. Pesado de bandeja vacía.....	13
Figura 10. Pesado de muestra húmeda.....	13
Figura 11. Muestra dentro d la estufa a 105°C.....	14
Figura 12. Toma de peso final para densidad aparente.....	14
Figura 13. Toma de peso inicial para textura.....	14
Figura 14. Toma de peso final para textura.....	14
Figura 15. Lectura del blanco.....	15
Figura 16. Flujograma de procedimientos para determinar textura.....	16
Figura 17. Pesado de muestra.....	17
Figura 18. Aforo de la solución.....	17
Figura 19. Mezcla de muestra, solución y agua destilada.....	17
Figura 20. Muestra en copa de dispersión.....	17
Figura 21. Agitado de muestra.....	18
Figura 22. Agitado de muestra.....	18
Figura 23. Toma de lecturas de densidad de partículas y temperatura.....	18
Figura 24. Toma de datos.....	18
Figura 25. Flujograma de procedimientos para determinación de densidad real.....	19
Figura 26. Pesado de muestra.....	19
Figura 27. Pesado del picnómetro vacío.....	19
Figura 28. Pesado de picnómetro más muestra.....	20

Figura 29. Muestra llevada a ebullición.....	20
Figura 30. Pesado final de picnómetro más muestra más agua.....	20
Figura 31. Mapa de texturas de San José del Real de la Carrera.....	24
Figura 32. Comparación de texturas en cultivo de caña de azúcar.....	26
Figura 33. Comparación de texturas en cultivo de cacao.....	26
Figura 34. Comparación de texturas en cultivo de plátano.....	27
Figura 35. Porcentaje total de texturas.....	27
Figura 36. Mapa de densidad aparente de San José del Real de la Carrera.....	31
Figura 37. Mapa de densidad real de San José del Real de la Carrera.....	36
Figura 38. Mapa de porcentaje de porosidad de San José del Real de la Carrera.....	40

Índice de cuadros.

Cuadro 1. Texturas por bouyoucos para muestras de cultivo de caña de azúcar.....	21
Cuadro 2. Texturas por bouyoucos para muestras de cultivo de cacao.....	23
Cuadro 3. Texturas por bouyoucos para muestras de cultivo de plátano.....	23
Cuadro 4. Resultados de densidad aparente en cultivo de caña de azúcar.....	28
Cuadro 5. Resultados de densidad aparente en cultivo de cacao.....	30
Cuadro 6. Resultados de densidad aparente en cultivo de plátano.....	30
Cuadro 7. Resultados de densidad real en cultivo de caña de azúcar.....	32
Cuadro 8. Resultados de densidad real en cultivo de cacao.....	34
Cuadro 9. Resultados de densidad real en cultivo de plátano.....	35
Cuadro 10. Datos de porcentaje de porosidad en cultivo de caña de azúcar.....	37
Cuadro 11. Datos de porcentaje de porosidad en cultivo de cacao.....	39
Cuadro 12. Datos de porcentaje de porosidad en cultivo de plátano.....	39
Cuadro 13. Valores promedio según texturas.....	41

1. Resumen

La pasantía profesional se llevó a cabo en las instalaciones de San José del Real de la Carrera, en el departamento de Usulután iniciándose en el mes de agosto del año 2022 y finalizándose en febrero del año 2023, teniendo una duración de 6 meses.

Durante el tiempo que se realizó la pasantía profesional, se llevaron a cabo actividades de campo y actividades de oficina; entre las actividades de campo se realizaron los muestreos correspondientes para los tres cultivos, caña de azúcar, cacao y plátano, para posteriormente realizar los análisis correspondientes como determinación de textura por Bouyoucos, determinación de densidad aparente y real y determinación de porosidad en el laboratorio de suelos de la Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad de El Salvador. Mientras que entre las actividades de oficina que se realizaron están la elaboración de mapas de los resultados que se iban obteniendo de las muestras analizadas, la colaboración para subir datos de interés sobre el sistema de riego al sistema de la empresa.

2. Introducción

El riego en El Salvador, es un área que con el tiempo se le ha venido dando importancia al momento de aplicarlo a los cultivos, antes de que se empezara a tomar en cuenta la aplicación de riego, utilizaban la técnica de riego por inundación, en el cual se desperdiciaba agua y se aplicaba más agua de la que el cultivo necesitaba, también se aplicaba el método de riego por aspersión, el cual es aplicado de manera directa al cultivo, este tipo de riego no llega por completo a todo el cultivo retrasando el desarrollo del cultivo y disminuyendo el rendimiento del mismo. Otro factor que influye es que no todos los agricultores realizan análisis físicos a los suelos, al no saber las propiedades físicas que el suelo tiene, no se sabe con certeza cuanto es la capacidad de retención de agua que los suelos pueden tener.

En el presente trabajo de pasantía profesional, se trata de tomar con mayor importancia la aplicación de riego ya sea por goteo o por aspersión, en el cual previo a poder decidir si aplicar riego o no, se deben de realizar análisis físicos del suelo, para poder tener una decisión final. Los análisis de las muestras en conjunto con la elaboración de los mapas, nos van a ayudar a ver en una escala más pequeña toda el área trabajada, así como también, los resultados obtenidos para cada muestra tomada.

3. Información de unidad productiva

3.1. Datos generales

3.1.1. Localización

San José del Real de la Carrera está ubicada en el Km 108½, carretera Litoral, contiguo a ex cooperativa algodonera, departamento de Usulután, con coordenadas geográficas de latitud 13°18'40.49" N y una longitud de 88°30'41.03" W, a una altura de 45 msnm aproximadamente. Al noreste está el municipio de Jiquilisco, al suroeste el municipio el Puerto el Triunfo y al noreste con la cabecera municipal Usulután.

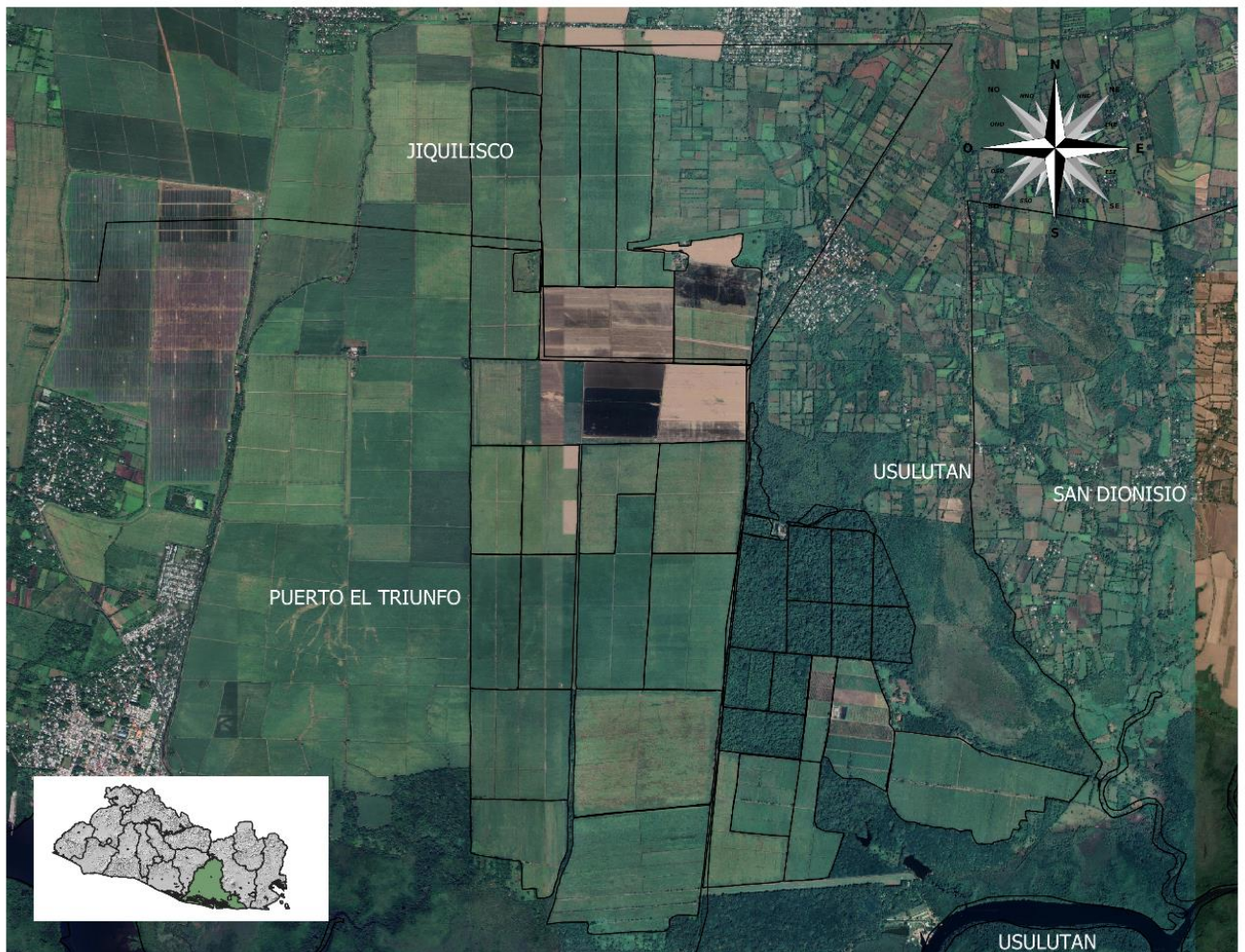


Figura 1. Ubicación de San José del Real de la Carrera, Usulután.

3.1.2. Antecedentes

La Hacienda San José del Real de la Carrera, fue fundada hace más de 125 años por los antepasados del actual propietario el Sr. Juan Wright.

Para los años 1948, había un campamento algodonero de 200 manzanas, el cual era arrendado por un abogado, durante esa época, se mandó a construir bordas para evitar la erosión laminar, luego se cultivó algodón obteniendo resultados comparables a los de Israel. El algodón salvadoreño competía con el egipcio en cuanto a limpieza porque el cual el egipcio era cosechado con máquina y el salvadoreño era cortado a mano. Por otra parte, don Juan hizo una plantación de 150 manzanas de plátano de la variedad Usuluán, para consumo en el país; sembró un área similar de cacao, ambas plantaciones bajo riego, pero en cacao tuvo bajas producciones por ser una planta entomofilia y en la algodонера se aplicaban insecticidas vía aérea por lo que era difícil la fecundación. También tuvo salinas y recupero tierra del mar para plantar cocoteros. En los patios de secado se obtenía sal del mar; además en potreros tenía ganado vacuno y una porqueriza. La hacienda se manejaba con un presupuesto anual de 4,000,000 de colones, siendo La Carrera un modelo de desarrollo en Centroamérica.

En los años 60-70 estaba en la lista superior de fincas productivas en América Latina, ante de la reforma agraria a finales de los años 70. Los principales recursos antes de la reforma agraria en esos años eran:

- Algodón
- Ganado
- Plátanos verdes y bananos
- Cacao
- Aceite de coco

3.1.3. Recursos

3.1.3.1. Naturales

La hacienda La Carrera cuenta con una reserva natural de monos araña, parte de la bahía de Jiquilisco está dentro de la hacienda, en la que habitan animales nativos del área como cocodrilos, garzas, animales acuáticos como camarones, mojarra, tilapias.

3.1.3.2. Instalaciones y equipo

- **Instalaciones:**

San José del Real la Carrera cuenta con la oficina central en la cual se llevan a cabo todos los procesos administrativos, en este sector se encuentran los dormitorios, cuenta con un taller el cual es el que les brinda el mantenimiento a los equipos como los tractores, los vehículos que se utilizan para transportarse dentro y fuera de la hacienda a los aperos y en ocasiones a las casetas de los pozos. En el área del cultivo de cacao, este cuenta con su propio beneficio, el cual incluye la planta de fermentación, el patio de secado y su respectiva bodega de almacenamiento. En el área del cultivo de plátano cuenta con una planta en la cual el cultivo se separa para venta y para consumo de los monos que viven en el área.

Por toda la hacienda se cuentan con casetas en donde se encuentran los pozos que son utilizados para el riego, son en total 9 pozos repartidos 7 en cultivo de caña, 1 en cacao y 1 en plátano.

- **Equipo:**

La Carrera cuenta con una serie de aperos los cuales son utilizados para el mantenimiento del cultivo, como por ejemplo se cuenta con: arado de discos, chapadora, sembradora, fertilizadora; cuenta con un patriot el cual es utilizado para la aplicación de productos insecticidas, cuenta con tractores los cuales se utilizan con los aperos.

En el área de riego, los pozos que son para riego por goteo cuentan con un cabezal, con un eje de turbina del pozo, luego un filtro hidrociclón el cual se encarga de eliminar elementos como lodo y materiales pesados, luego este pasa por un filtro de malla el cual se encarga de eliminar partículas mayores a 130 micras, luego se pasa por una tubería principal la cual distribuye a la red de tuberías que se encuentran en campo; los módulos de riego se manejan por turnos, estos turnos corresponden a cada pozo de riego, haciéndose un riego al día. Las válvulas hidráulicas se pueden regular por medio de pilotos para medir las presiones a la entrada y la salida de las válvulas y luego pasan a una tubería secundaria la cual movilizan el caudal hacia los laterales de riego son dridnet PC 650 con

goteros de 1litro/hora, con una presión de trabajo de 26 a 27 PSI y llegan a una tubería colectora, esta tubería sirve para los lavados al final de los laterales.

Para los pozos que son para riego por aspersión, estos son motores de combustión interna acoplados a un cardan al cabezal del pozo los cuales mueven el agua por una tubería hacia los hidrantes donde son acoplados los carretes con cañón viajero.

3.1.3.3. Humanos


En el área humana, la hacienda cuenta con el personal administrativo dentro de los que se encuentran: jefe de contabilidad, encargado de bodega, encargado de compras, encargado de planillas, personal de limpieza y jardinería y gerencia agrícola.

También se cuenta con dos grupos de caporales, en el que un grupo está constituido por 3 personas que son encargados del mantenimiento general de la caña de azúcar como por ejemplo, manejo de plagas, manejo de nutrición del cultivo y limpieza de este; el segundo grupo constituido por 2 personas son los encargados del área de riego de caña de azúcar, cacao y plátano, en donde llevan a cabo el manejo de los pozos, la limpieza de los sistemas de riego, reparaciones de los sistemas y manejo del fertirriego en caña. En el área de cacao, se cuenta con las personas encargadas del manejo poscosecha del cultivo.

3.2. Actividades actuales.

3.2.1. Producción principal

San José del Real la Carrera, cuenta con una producción de caña de azúcar, cacao, plátano y maderables, el mayor porcentaje de producción es la caña de azúcar la cual es trasladada al Ingenio El Ángel para su procesamiento. Algunas de las variedades que se cultivan dentro de la hacienda son: CP-73-1547, CP-80-1557, CP-88-1165 y CP-84-1198; también se cultiva cacao el cual es principalmente para exportación; las variedades con las que cuenta la hacienda son forastero, criollo y trinitario; cuenta con su propio beneficio de cacao, mientras que el cultivo de plátano es para pequeños compradores. En el caso de los maderables siendo Teca el de mayor producción.



Grupo EL ÁNGEL
SOMOS MÁS QUE ASÍLCTF

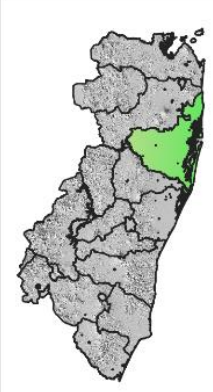
Mapa de áreas de cultivos de San José del Real la Carrera, Usulután, El Salvador, Centroamérica

Leyenda del mapa

- Red hídrica

Tipos de cultivo

- Cacao 168 Ha
- Caña de azúcar 1,260 Ha
- Plátano 42 Ha



Elaborado por: María José Najjarro Menjivar, 23 de marzo de 2023

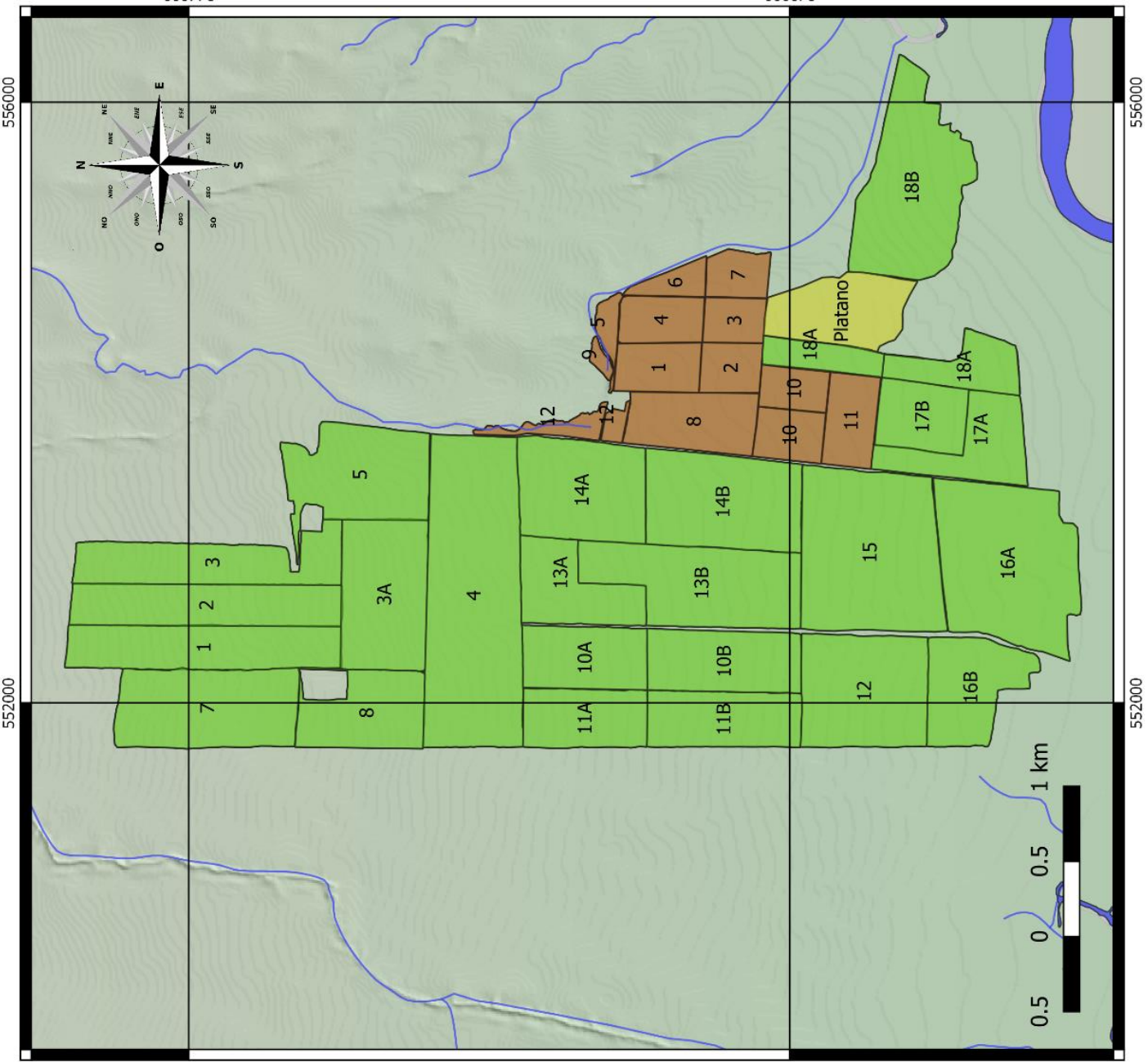


Figura 2. Mapa de áreas de cultivos de San José del Real de la Carrera.

3.2.2. Situación técnica

San José del Real la Carrera cuenta en su mayoría con riego por goteo; en el área de cultivo de caña de azúcar aproximadamente el 70% de toda el área total está bajo riego por goteo, un 15% del área está bajo riego por aspersión y un 15% está bajo el método de secano. En el cultivo de cacao la situación cambia, ya que un 30% del área está bajo riego por goteo y el 70% restante está bajo el método de secano; y en el caso del cultivo de plátano toda el área está bajo el riego por goteo, debido a que es el área más pequeña.

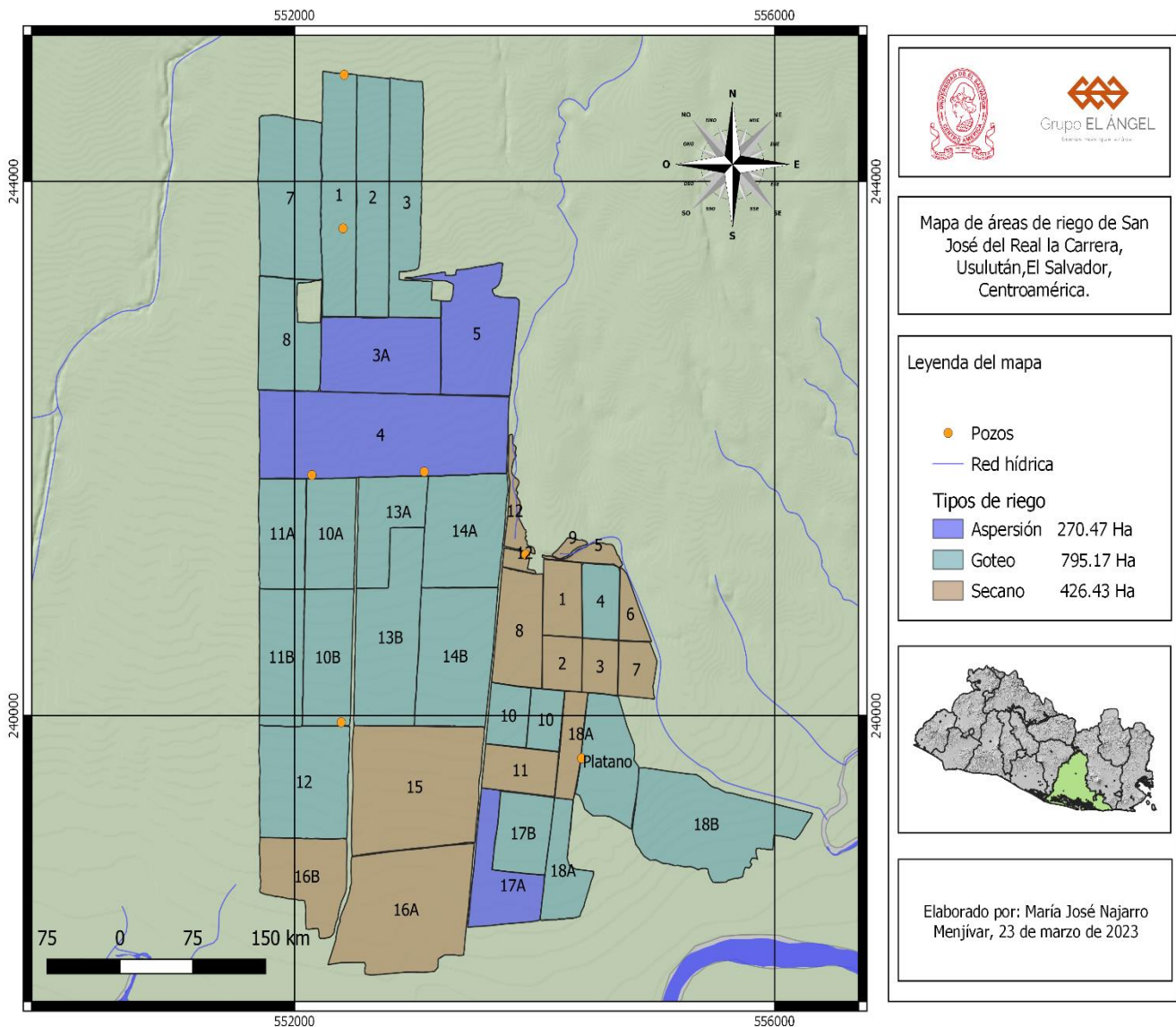


Figura 3. Mapa de áreas de riego de San José del Real la Carrera

3.2.3. Situación administrativa

A continuación, se presenta el organigrama de San José del Real la Carrera, en el que se refleja la organización administrativa.

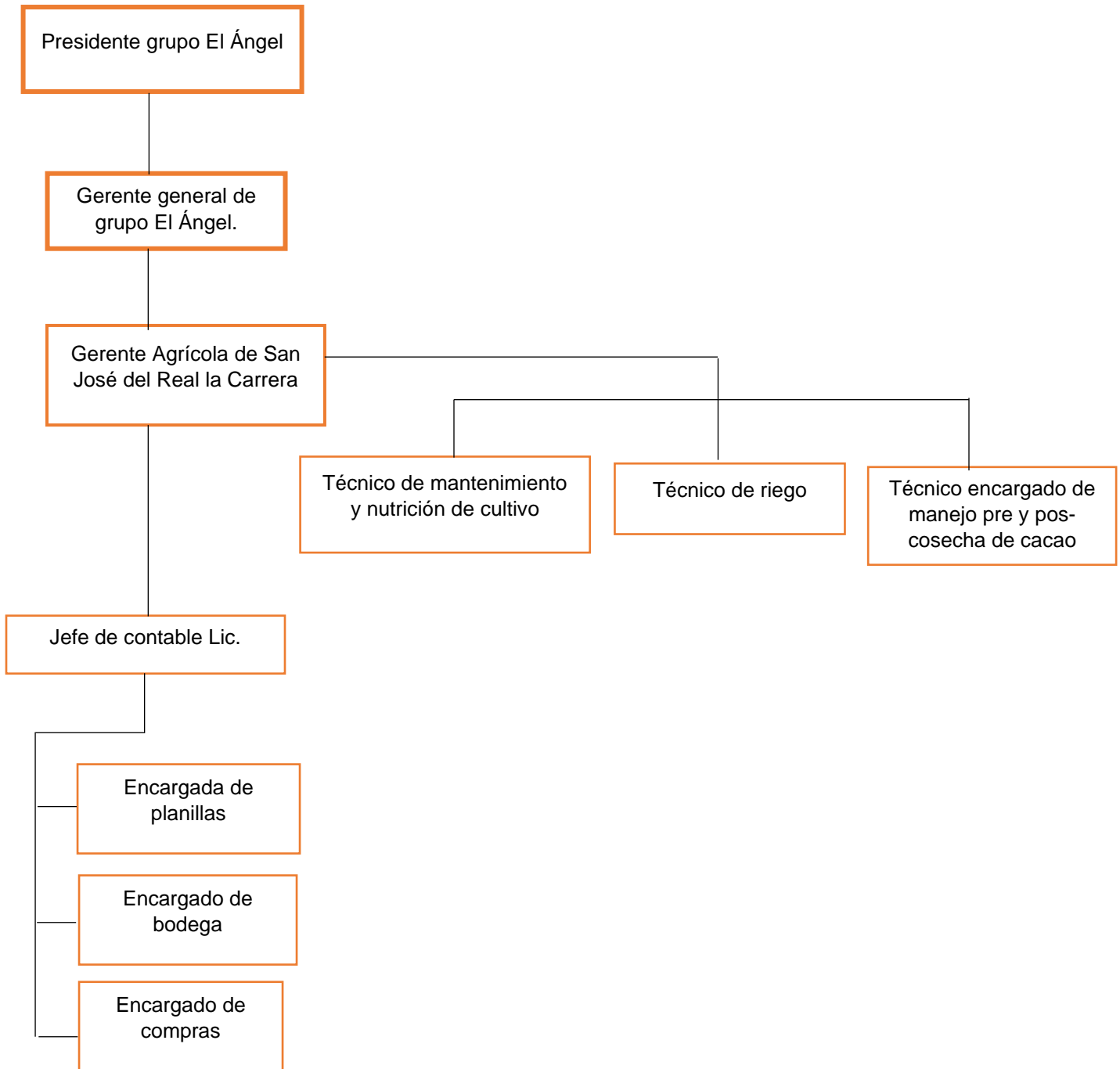


Figura 4. Organigrama de San José del Real de la Carrera.

3.2.4. Generales de comercialización

El cultivo de caña, luego de ser cosechada en la zafra, es trasladada al Ingenio El Ángel, la cual es procesada por el mismo y es utilizada para consumo dentro del país, por medio de Azúcar de El Salvador. Según el Ministerio de Agricultura y Ganadería en 2020, la caña de azúcar, así como alguno de sus derivados como la melaza de la caña fue exportada a países como la República Popular de China, Estados Unidos, Corea del Sur, y Taiwán

El cultivo de cacao en su mayoría es exportado por medio de la empresa Belco países como: Holanda, Estados Unidos, Italia, Francia. Dentro del país es comercializado a las empresas de Xocolotísimo y Shaw's.

En cuanto al cultivo de plátano es comercializada a pequeños compradores locales quienes lo venden en mercados

4. Análisis de la problemática en el sector

En San José del Real de la Carrera, existe diferentes texturas de suelos, los cuales cada uno tiene sus características, por lo cual es necesario conocerlas; y eso se puede hacer mediante la realización de los análisis físicos.

Dentro de un lote, se pueden encontrar hasta 3 tipos de texturas, las cuales cada una tiene un requerimiento de agua distinto, debido a sus características, es por eso por lo que se puede dar el problema de aplicar una lámina de agua que no logre satisfacer estas necesidades, mismo problema podría darse al realizar el fertirriego, el cual, de igual manera, no logre satisfacerlas. Es por esa razón, que es necesario realizar análisis físicos a los suelos, los cuales serán indicativo para poder hacer un mejor uso del agua, y de los nutrientes que se le aplican al cultivo mediante el riego. Esto aplica para los 3 tipos de cultivos con los que cuenta la hacienda.

5. Metodología

La metodología que se llevó a cabo para el desarrollo del proyecto se clasificó en dos, metodología de campo y metodología de laboratorio.

5.1. Metodología de campo:

Se realizó un muestreo en tres de los cultivos que tienen en la hacienda, caña de azúcar, cacao y plátano, incluyendo los lotes que están con riego por goteo, por aspersión y por el método de secano. Para la toma de las muestras se seleccionó de forma aleatoria los puntos a muestrear en cada lote, tomando un total de 128 muestras tomadas cada 20 manzanas. Para el cultivo de caña de azúcar se tomaron 95 muestras, para el cultivo de cacao se tomaron 25 muestras y para el cultivo de plátano 8 muestras. La cantidad de muestras se tomó dependiendo de la extensión de área de los cultivos.

5.1.1. Toma de muestras para densidad aparente.

Luego de haber hecho la selección de los puntos a muestrear, con ayuda de una pala y un cilindro de volumen conocido tipo Uhland, a una distancia de 0.10 metros del cultivo se realizó una calicata de 0.20 metros, en donde se colocó el cilindro dentro del perfil para extraer la muestra, y posteriormente guardar la muestra en bolsas debidamente etiquetadas.

5.1.2. Toma de muestras para textura y densidad real.

En el mismo punto donde se tomó la muestra para densidad aparente, con la pala se profundizó la calicata a 0.50 metros, haciendo un raspado del perfil de suelo 2 veces. Luego la muestra se colocó en bolsas de 5 libras correctamente etiquetadas.



Figura 5. Elaboración de calicata



| Figura 6. Cilindro tipo Uhland con muestra.



Figura 7. Extracción de muestra

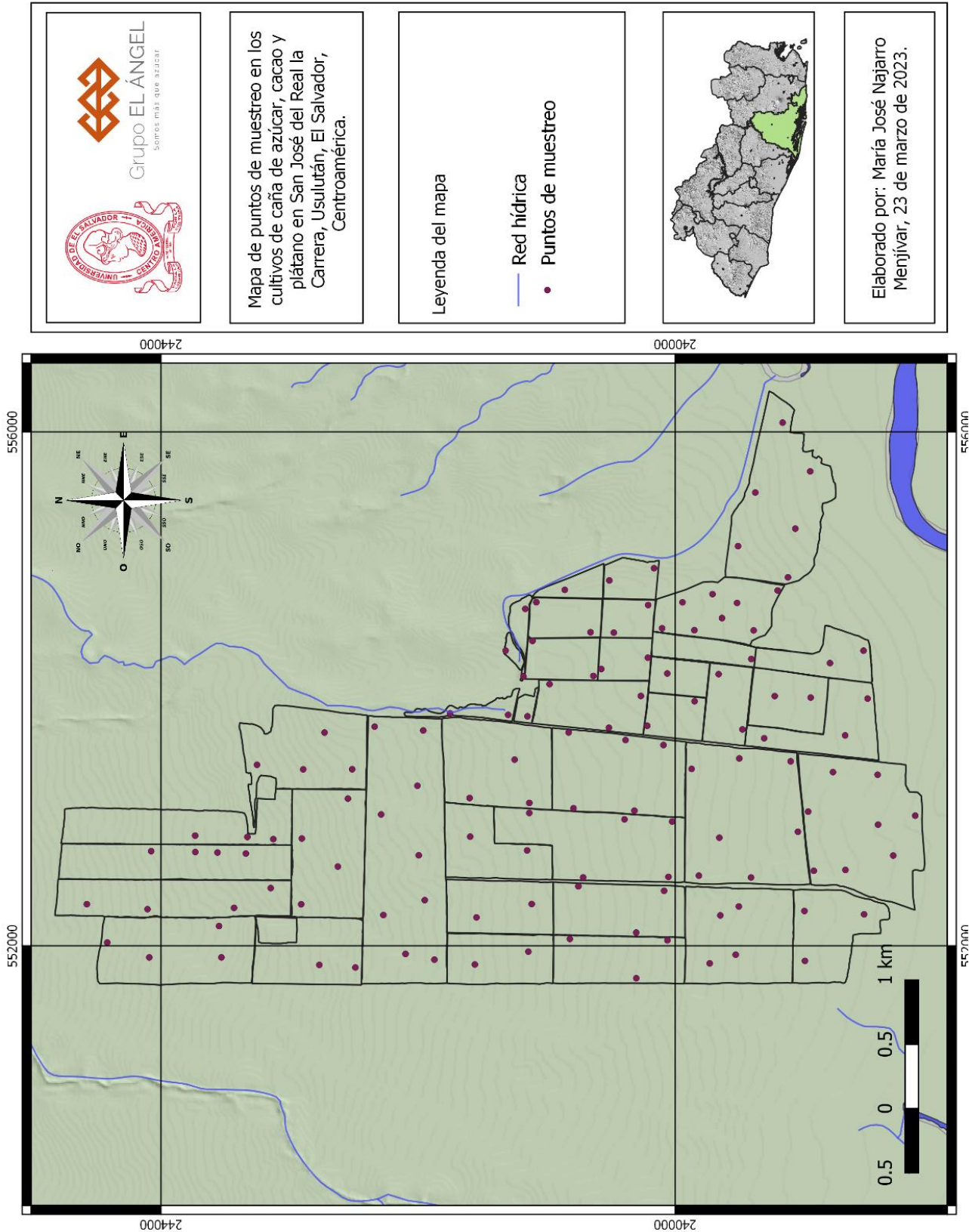


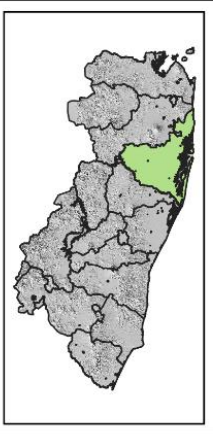
Figura 8. Mapa de puntos de muestreo.

Logo of Grupo EL ÁNGEL with the tagline 'Somos más que azúcar'. Below it is the logo of the Universidad de El Salvador, featuring a central emblem with a figure and the text 'UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR' and 'CENTRO AMERICANO'.

Mapa de puntos de muestreo en los cultivos de caña de azúcar, cacao y plátano en San José del Real la Carrera, Usulután, El Salvador, Centroamérica.

Leyenda del mapa

- Red hídrica
- Puntos de muestreo



Elaborado por: María José Najjarro Menjivar, 23 de marzo de 2023.

5.2. Metodología de laboratorio

5.2.1. Preparación de las muestras.

Al tener las muestras en el laboratorio de suelos de la Facultad de Ciencias Agronómicas, se realizó lo siguiente:

1. Se tomó el peso de las bandejas vacías en la balanza semi-analítica.
2. Se pesó cada una de las muestras en la balanza semi-analítica y se anotó el dato.
3. Se encendió la estufa para que llegara a los 105°C que se necesitan.
4. Se identificó cada bandeja con el número de muestra y lote.
5. Pasado el tiempo necesario para que la estufa caliente se metieron las muestras a la estufa durante 24 h.
6. Pasadas las 24 horas, se tomó el peso final y se anotó el valor de muestra de suelo seca.
7. Se pasaron las muestras por un tamiz de 2 mm.



Figura 9. Pesado de bandeja vacía

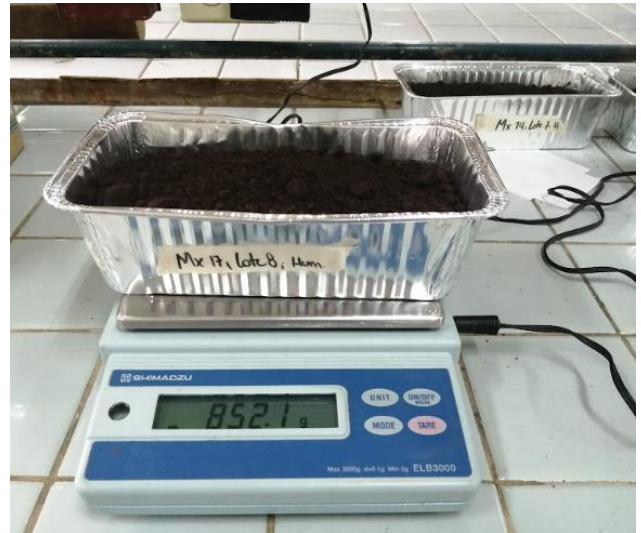


Figura 10. Pesado de muestra húmeda.



Figura 11. Muestras dentro de la estufa a 105 °C



Figura 12. Toma de peso final.

5.2.2. Determinación de densidad aparente.

1. Se realizó el pesaje de la caja de aluminio en donde la muestra fue colocada y se anotó el valor.
2. Se tomó el peso de la muestra ya seca y se anotó el valor.
3. Con la fórmula correspondiente se calculó el volumen del cilindro tipo Uhland.

$$V = \pi r^2 h$$

4. Con la fórmula que corresponde a densidad aparente se procedió a realizar el cálculo.

$$\rho_a = m/v$$



Figura 13. Toma de datos de peso inicial



Figura 14. Toma de datos de peso final.

5.2.3. Determinación de textura.

Para la determinación de este parámetro se necesitó principalmente realizar el testigo o blanco el cual sirvió para el cálculo de las lecturas corregidas que posteriormente serán utilizadas para calcular las texturas y determinarlas por medio del triángulo textural.

Elaboración del blanco:

1. Se llevó un litro de agua a una temperatura de 20°C.
2. Se introdujo el agua dentro del cilindro hasta la marca de 800 ml
3. Se agregó 10 ml de solución hexametafostado.
4. Con el hidrómetro dentro del cilindro se llegó hasta la marca de 1000 ml.
5. A los 40 segundos se realizó la primera lectura.
6. Luego se tomó la temperatura.



Figura 15. Lectura del blanco o testigo.

Al concluir con la toma de las lecturas del blanco, se procedió a determinar la textura de las primeras muestras, el método que se utilizar fue el de Bouyoucos, en donde se realizó lo siguiente:

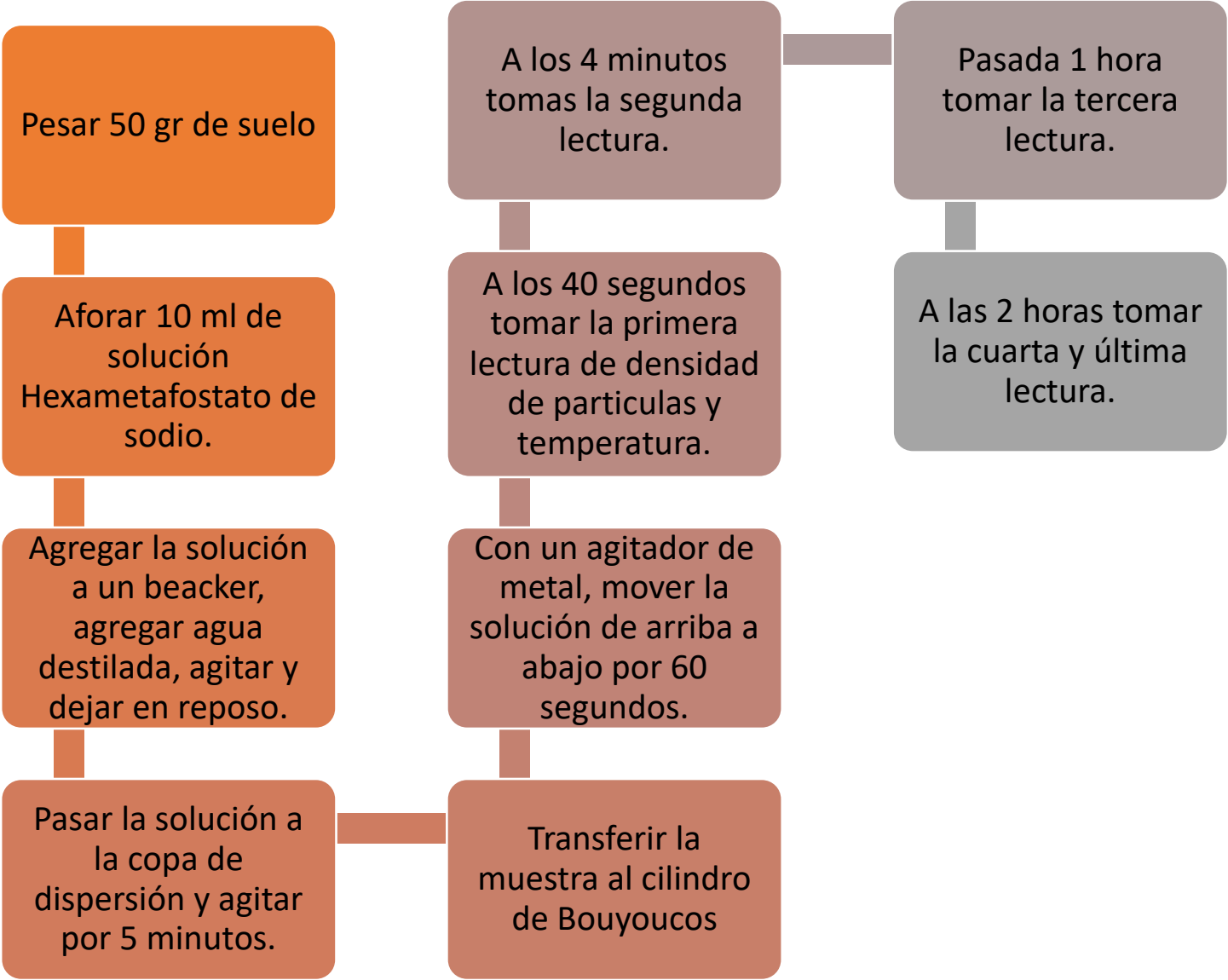


Figura 16. Flujograma de procedimiento para determinación de textura.



Figura 17. Pesado de la muestra



Figura 18. Aforo de solución



Figura 19 y 20. Mezcla de suelo, solución y agua destilada en copa de dispersión.



Figura 21 y 22. Agitado de la muestra



Figura 23 y 24. Toma de lecturas de densidad de temperatura y toma de datos.

5.2.4. Determinación de densidad real.

Este parámetro se determinó por medio del método del picnómetro, realizando lo siguiente:

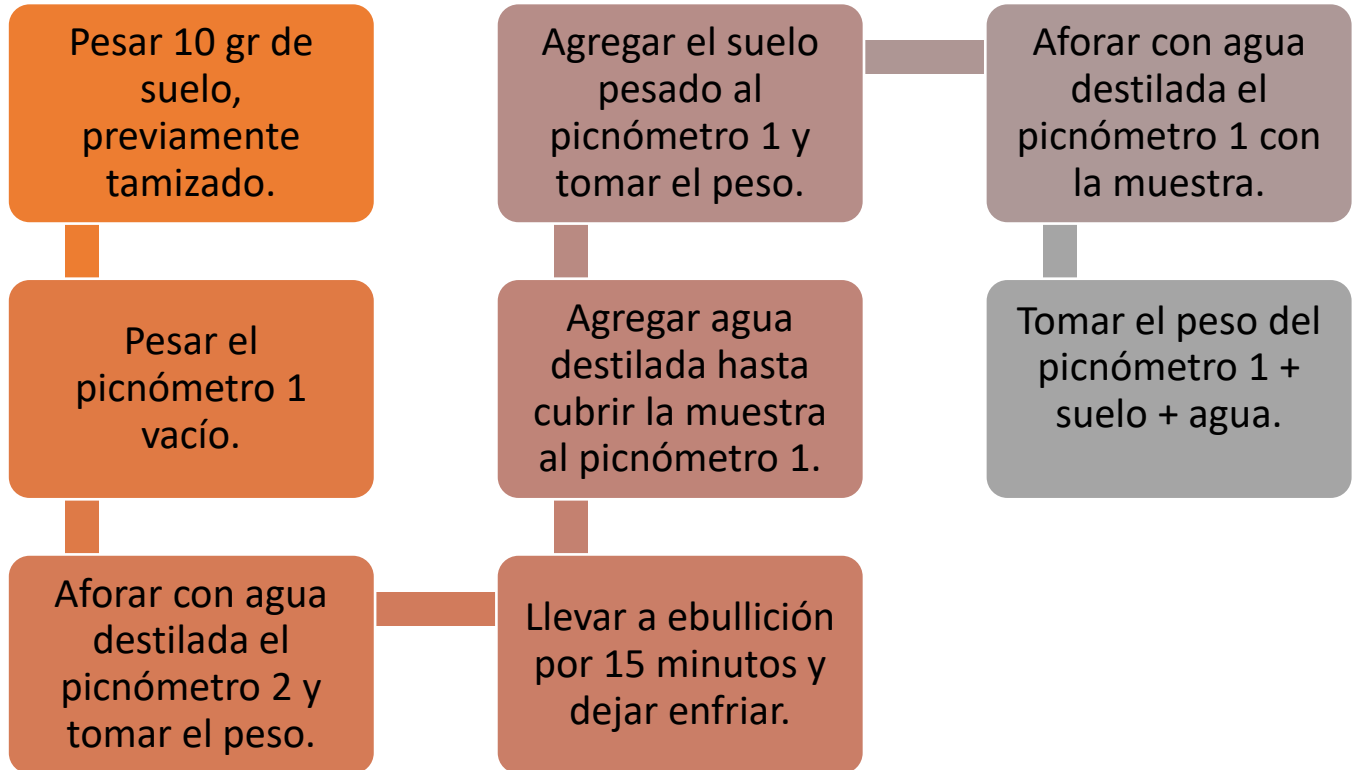


Figura 25. Flujo de procedimientos para determinación de densidad real.



Figura 26 y 27. Pesado de muestra y de picnómetro vacío.



Figura 28 y 29. Pesado de picnómetro más muestra y llevada a ebullición



Figura 30. Pesado de picnómetro más muestra final.

6. Resultados y discusión.

6.1. Textura.

- **Cultivo de caña de azúcar.**

En el cuadro 1, se indica la diversidad textural encontrada en los suelos de San José del Real la Carrera, entre las que se identificaron: arenosa, franca arenosa, areno franco, franco limosa y franca. Cabe resaltar que en algunos de los lotes como el lote 3 pasa una veta arenosa la cual hace más lento el desarrollo de la caña de azúcar; a su vez en la mayoría de los lotes se encuentran hasta tres texturas en uno solo, y esto debido a la extensión de área de estos lotes.

Cuadro 1. Texturas por bouyoucos, para muestra de cultivo de caña.

Lote	N° de muestra	Textura	Lote	N° de muestra	Textura
1	8	Areno franco	4	60	Areno franco
	9	Areno franco		61	Franco arenosa
	10	Areno franco		62	Areno franco
	11	Arenosa		63	Areno franco
2	2	Franco arenosa	5	51	Franco arenosa
	4	Franco limosa		52	Areno franco
	6	Franco arenosa		53	Franco arenosa
	7	Areno franco		54	Franco arenosa
3	1	Arenosa	7	12	Franco arenosa
	3	Franco arenosa		13	Areno franco
	5	Areno franco		14	Franco
3 A	47	Areno franco	8	15	Franco arenosa
	48	Arenosa		16	Areno franco
	49	Franco arenosa	17	Franco arenosa	
	50	Areno franco	10 A	18	Franco
4	55	Areno franco	10 B	19	Franco
	56	Arenosa		37	Franco
	57	Franco arenosa		38	Franco
	58	Areno franco		39	Franco
	59	Franco arenosa			

Continuación de cuadro 1.

Lote	N° de muestra	Textura	Lote	N° de muestra	Textura
11 A	20	Franco arenosa	16 A	73	Franco arenosa
	21	Franco arenosa		74	Franco arenosa
11 B	40	Franco		75	Franco arenosa
	41	Franco arenosa		76	Franco limoso
	42	Franco limoso		77	Franco arenosa
12	43	Franco arenosa		81	Franco arenosa
	44	Franco arenosa		82	Franco arenosa
	45	Franco arenosa		83	Franco arenosa
	46	Franco arenosa		16 B	79
13 A	22	Franco arenosa			80
	23	Franco arenosa	81		Franco arenosa
13 B	27	Franco arenosa	17 A	64	Areno franco
	28	Franco arenosa		65	Areno franco
	29	Franco		66	Franco arenosa
	30	Franco	17 B	94	Franco arenosa
	31	Areno franco		95	Franco arenosa
14 A	24	Franco arenosa	18 A	85	Franco arenosa
	25	Franco arenosa		86	Arenosa
	26	Franco arenosa		87	Arenosa
14 B	32	Franco arenosa		88	Arenosa
	33	Areno franco		89	Franco arenosa
	34	Franco arenosa		90	Franco arenosa
	35	Franco limoso	18 B	91	Franco arenosa
36	Franco limoso	92		Franco arenosa	
15	67	Areno franco		93	Franco arenosa
	68	Areno franco			
	69	Areno franco			
	70	Franco arenosa			
	71	Franco arenosa			
	72	Franco arenosa			

- **Cultivo de cacao.**

En el cuadro 2 se identificaron 5 texturas las cuales son, franco, franca arenosa, areno franco, franco limoso y arenoso, dentro del cultivo de cacao se encuentran lotes los cuales se encontro 2 texturas en uno solo.

Cuadro 2. Texturas según Bouyoucos de cultivo de cacao.

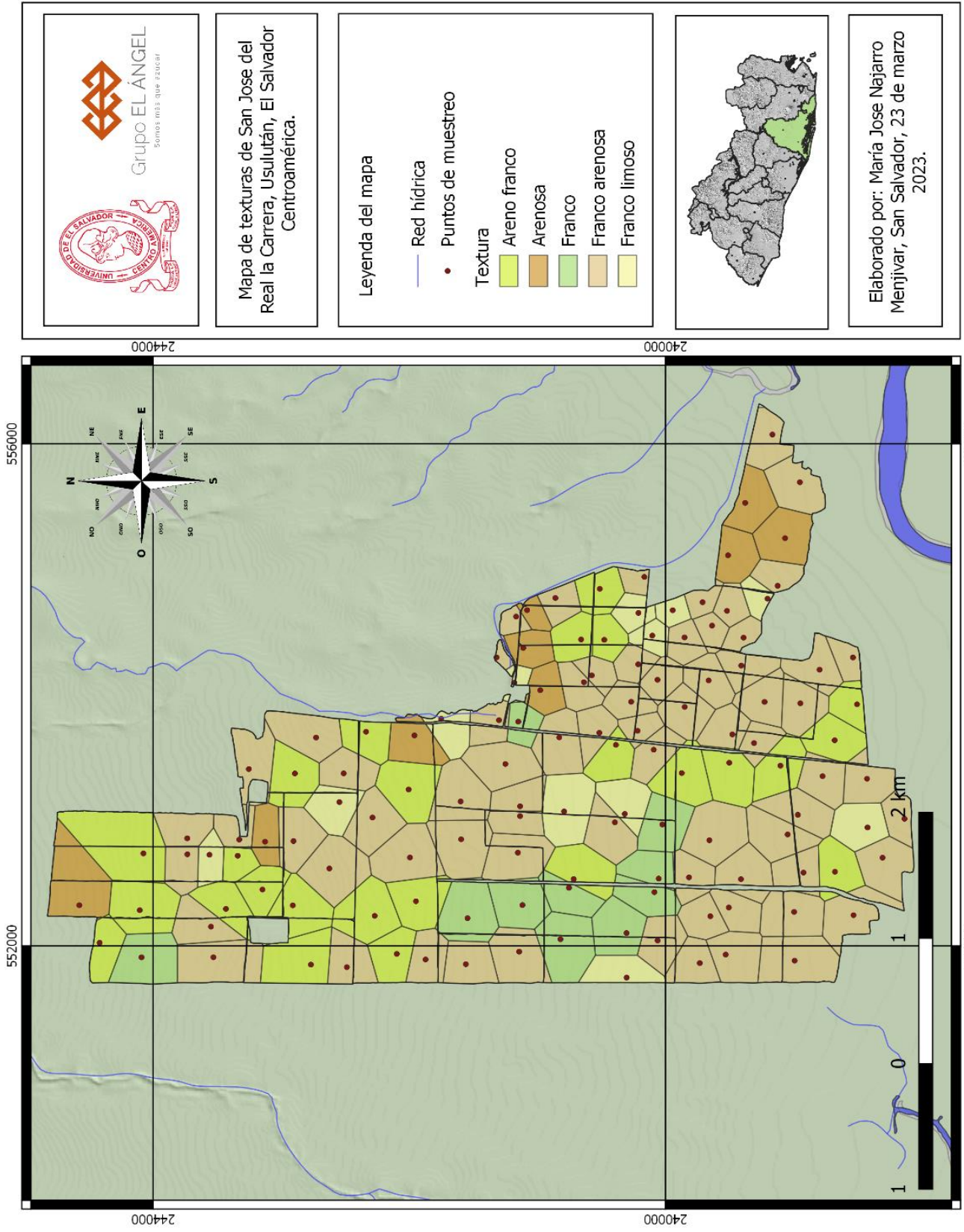
Lote	Muestra	Textura	Lote	Muestra	Textura
1	101	Arenoso	9	120	Franco arenosa
	102	Franco arenoso		10	112
2	102	Franco arenosa	11		113
	103	Franco arenosa		114	Franco arenosa
3	104	Franco arenosa	12	115	Franco arenosa
	105	Franco limoso		116	Franco arenosa
4	106	Areno franco	8	96	Franco limoso
	107	Areno franco		97	Franco limoso
5	99	Franco	11	98	Franco arenoso
	100	Franco arenoso		117	Franco arenosa
6	109	Franco arenosa	12	118	Franco arenosa
7	110	Areno franco		119	Arenosa
	111	Franco arenosa			

- **Cultivo de plátano.**

En el cuadro 3, se identificaron dos texturas las cuales son: franco limoso y franca arenosa.

Cuadro 3. Texturas del cultivo de plátano según Bouyoucos.

Muestra	Textura
121	Franco limoso
122	Franco limoso
123	Franco arenoso
124	Franco arenoso
125	Franco arenoso
126	Franco arenoso
127	Franco arenoso
128	Franco limoso



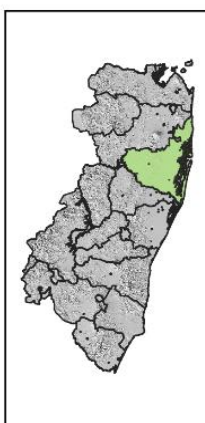
Mapa de texturas de San Jose del Real la Carrera, Usulután, El Salvador Centroamérica.

Leyenda del mapa

- Red hidrica
- Puntos de muestreo

Textura

- Areno franco
- Arenoso
- Franco
- Franco arenoso
- Franco limoso



Elaborado por: María Jose Najjarro Menjivar, San Salvador, 23 de marzo 2023.

Figura 31. Mapa de texturas de San José del Real de la Carrera

En San José del Real de la Carrera, existen lotes en donde se pueden encontrar hasta 3 texturas en uno solo, como se puede observar en el mapa, en alguno de los lotes pasan unas vetas arenosas en las cuales se logra ver una diferencia en el desarrollo del cultivo de caña de azúcar, siendo menor o más lento que el resto de la siembra. En total por toda la hacienda se encontró 5 tipos de textura: Franco arenoso, areno franco, arenosa, franco y franco limoso.

Según el Ministerio de Agricultura y Ganadería de Costa Rica (2010), el cultivo de caña de azúcar crece satisfactoriamente en una gran variedad de tipos de suelos, pero los más adecuados para este cultivo son los de textura franca o franco arcillosos, bien drenados, profundos, aireados ricos en materia orgánica, topografía plana y semiplana.

Mientras que, según la FAO, recomienda suelos profundos y bien aireados, determinando como mejores texturas para el desarrollo del cultivo los suelos franco limosos o arcillosas, dejando los suelos franco arenosas como suelos aceptables.

Según el mapa en el área de cultivo de caña los suelos que más predominan es la textura franca arenosa en tonalidad beige, estos suelos se caracterizan por tener una buena aireación, de acuerdo con la Universidad de Arizona, la aireación beneficia a las plantas ayunándolas a absorber mejor los nutrientes.

Se puede observar en el mapa, que la textura de menor predominancia es la textura arenosa, en tonalidad café, el cual según la FAO (2021), son suelos que se caracterizan por tener poca capacidad de retención hídrica, así como la poca retención de nutrientes.

En el área del cultivo de cacao, como se puede observar en el mapa, se encontraron 4 tipos de textura: Franco arenoso, arenoso, franco limoso y areno franco; predominando la textura franco arenoso. Según el MAG de Costa Rica (2015), los suelos aptos para el buen desarrollo del cultivo de cacao son los de texturas sueltas, arcillosos agregados, francos arenosos y francos limosos.

Para el cultivo de plátano, según los resultados obtenidos solamente encontramos dos texturas: Franco arenoso y franco limoso. El plátano requiere de suelos profundos, bien drenados, con buena cantidad de materia orgánica, de texturas medias y sueltas como: franco arenoso a franco arcilloso-arenoso, (Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, 2014)

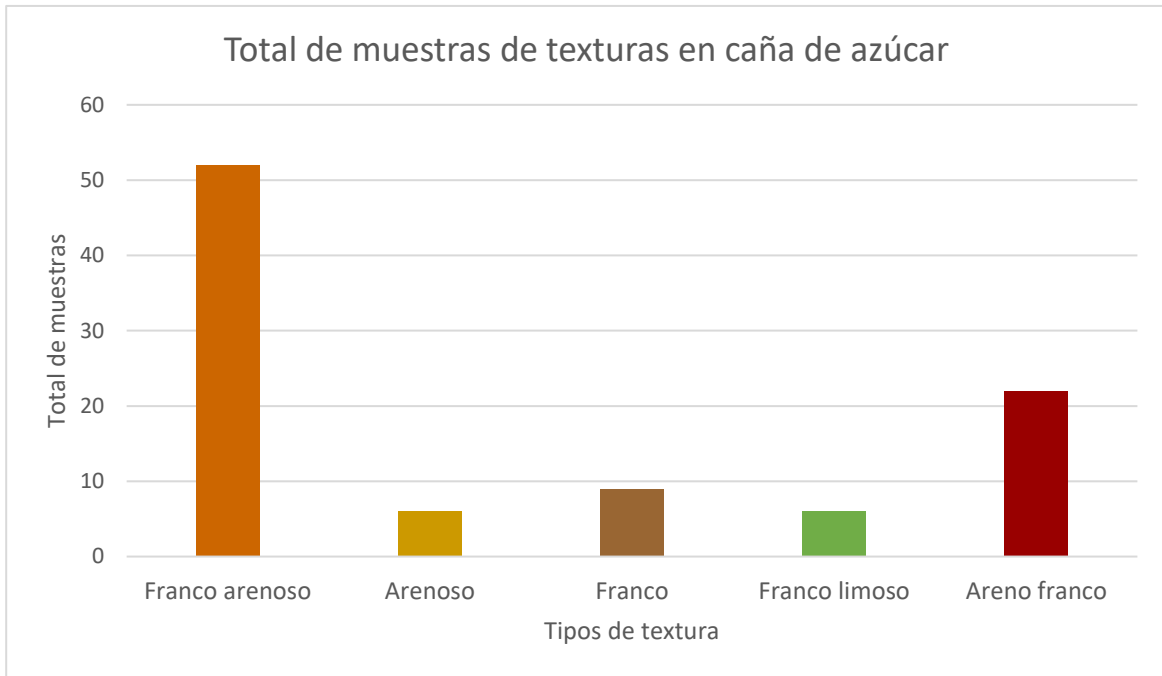


Figura 32. Comparación de texturas en cultivo de caña de azúcar

En la figura 32, se puede observar que dentro de las muestras que se tomaron para el cultivo de caña de azúcar, la textura que predomina es la franca arenosa siendo un total de 52 muestras las que obtuvieron este resultado, seguido de la textura areno franco, con un total de 22 muestras, de la textura franca se obtuvo un total de 9 muestras, y de las texturas arenosa y franco limoso un total de 6 muestras respectivamente, siendo un total de 95 muestras para este cultivo.

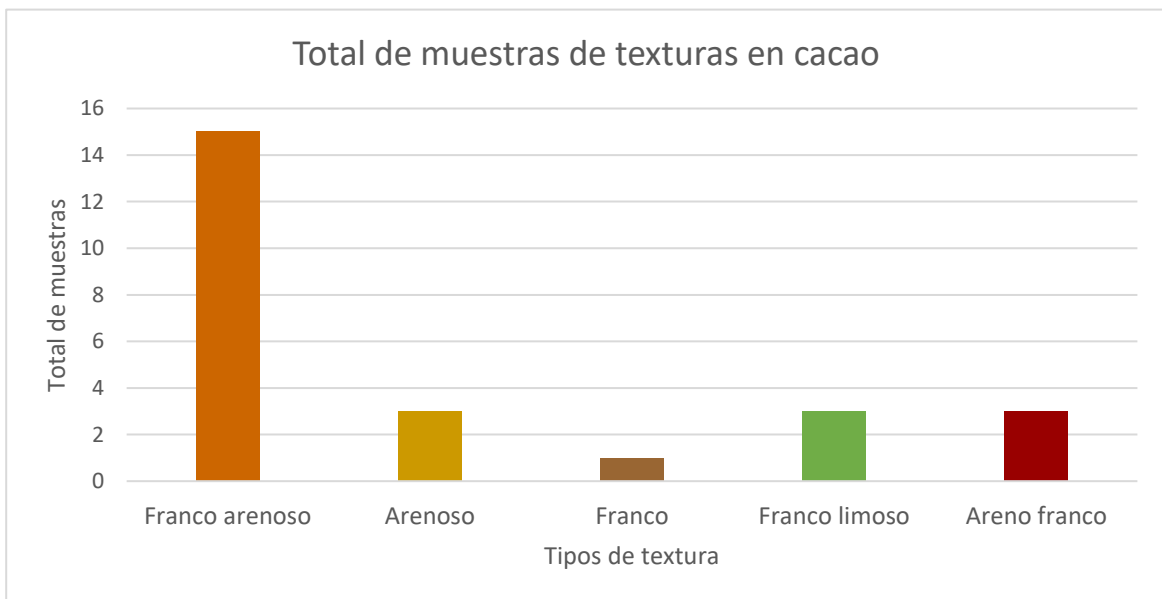


Figura 33. Comparación de texturas en cultivo de cacao

En la figura 33, se puede observar un resultado similar, la textura que predomina es la franca arenosa con un total de 15 muestras, seguido de las texturas: franco limoso, arenosas y areno franco se obtuvieron 3 muestras respectivamente con este resultado, y 1 muestra con textura franco, siendo un total de 25 analizadas.

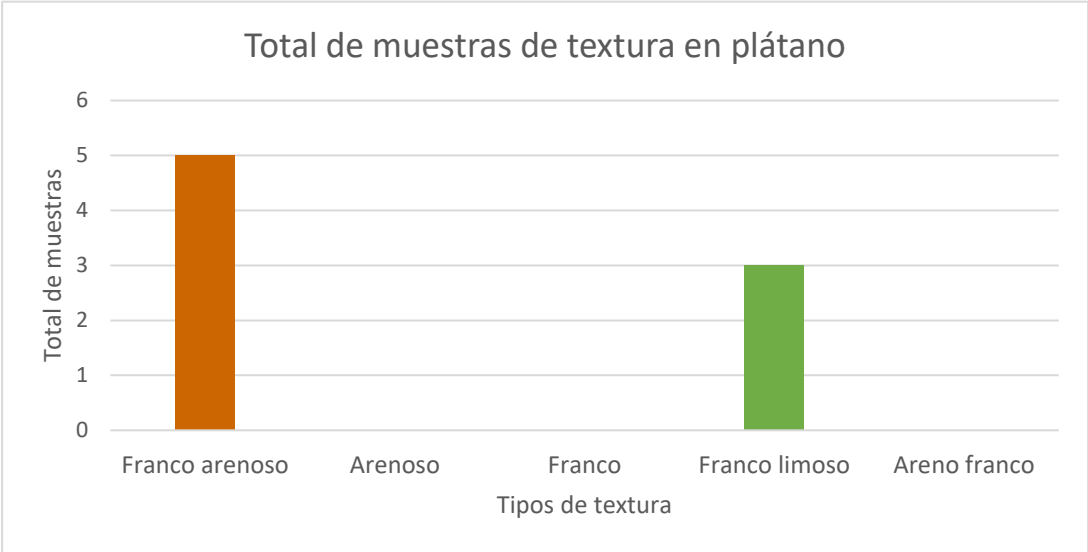


Figura 34. Comparación de texturas en plátano

En la figura 34, se puede observar que dentro de las muestras que se tomaron para este cultivo, únicamente se encontraron 2 texturas, siendo la textura franco arenosa, con un total de 5 muestras que obtuvieron este resultado y la textura franco limoso, con 3 muestras obtenidas, siendo un total de 8 muestras analizadas.

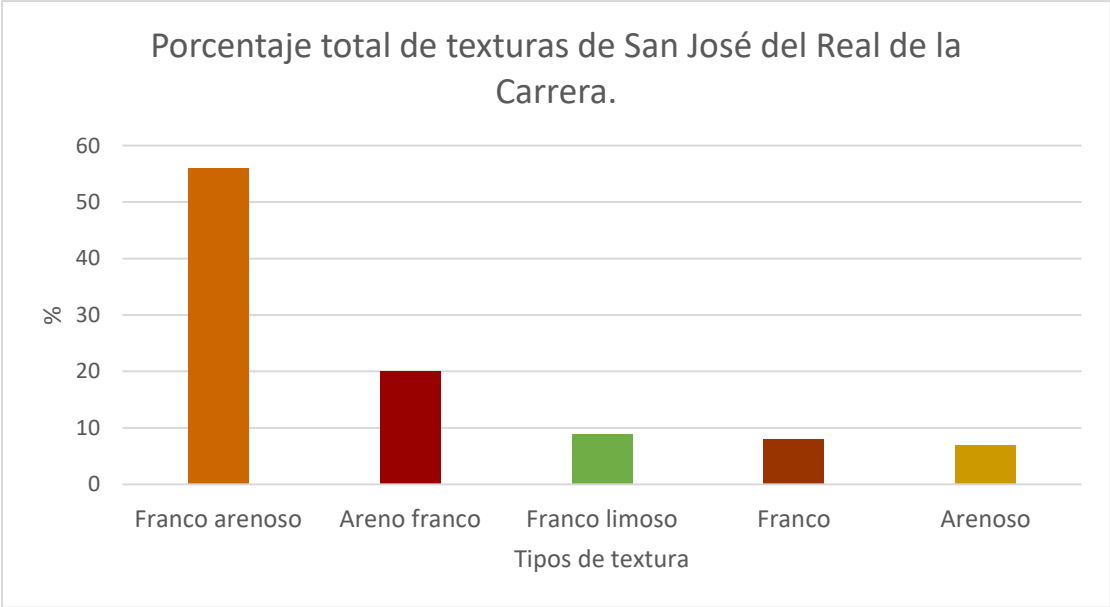


Figura 35. Porcentaje total de texturas.

En la figura 35 se puede observar que en un 56% es textura franca arenosa, seguido de la textura arenosa con un 20%. La textura franco limosa se presenta en un 9% aproximadamente, mientras que la textura franca se tiene en un 8%, y en último lugar se tiene la textura arenosa con un 7% aproximadamente. Estos datos son del total de muestras que se extrajeron de la hacienda.

6.2. Densidad aparente.

A través de la densidad aparente podemos conocer el grado de dureza del suelo. La densidad aparente de las muestras que presentaron texturas francas es de 1.18 gr/cm³, la cual se puede clasificar baja, en cuanto a las muestras que obtuvieron textura arenosa tienen una densidad aparente media de 1.39 gr/cm³, las muestras con texturas franca arenosa y franca limosa presentan densidad aparente media de 1.28 gr/cm³, clasificándose como medias, y las muestras que obtuvieron textura arena franca presenta una densidad aparente media de 1.23gr/cm³, la cual igualmente se clasifica como baja.

- **Cultivo de caña de azúcar.**

Cuadro 4. Resultados de densidad aparente en cultivo de caña.

Lote	N° de muestra	Da gr/cm ³	Lote	N° de muestra	Da gr/cm ³
1	8	1.21	4	55	1.26
	9	1.17		56	1.23
	10	1.08		57	1.23
	11	1.24		58	1.24
2	2	1.40		59	1.14
	4	1.15		60	1.19
	6	1.40		61	1.34
	7	1.08		62	1.23
3	1	1.11		63	1.22
	3	1.35		5	51
	5	1.40	52		1.28
3 A	47	1.24	53		1.25
	48	1.12	54	1.23	
	49	1.27	7	12	1.04
	50	1.16		13	1.12

Lote	N° de muestra	Da gr/cm ³	Lote	N° de muestra	Da gr/cm ³	
7	14	1.13	15	36	1.23	
	15	1.20		67	1.05	
8	16	1.22		68	1.15	
	17	1.06		69	1.69	
10 A	18	1.13		70	1.37	
	19	1.08		71	1.57	
10 B	37	1.23		72	1.54	
	38	1.19		73	1.55	
	39	1.23		74	1.40	
11 A	20	1.22		16 A	75	1.66
	21	1.13	76		1.86	
11 B	40	1.17	77		1.82	
	41	1.14	78		1.65	
	42	1.07	82		1.50	
12	43	1.12	83		1.10	
	44	1.10	84		1.28	
	45	1.12	16 B		79	1.32
	46	1.24			80	1.54
13 A	22	0.98			81	0.90
	23	1.08	17 A	64	1.19	
13 B	27	1.19		65	1.22	
	28	1.19		66	1.55	
	29	1.19	17 B	94	1.41	
	30	0.89		95	1.46	
	31	1.22	18 A	85	1.66	
14 A	24	1.25		86	1.39	
	25	0.91		87	1.50	
	26	0.99		88	1.76	
14 B	32	1.26		89	1.82	
	33	1.21	90	1.67		
	34	1.22	91	1.29		
	35	1.27	18 B	92	1.24	
		93		1.54		

- **Cultivo de cacao**

Cuadro 5. Resultados de densidad aparente en cultivo de cacao.

Lote	Muestra	Da gr/cm ³	Lote	Muestra	Da gr/cm ³
1	101	1.73	9	120	1.28
	102	1.04		10	112
2	102	1.45	113		1.50
	103	1.46	114		1.40
3	104	1.29	11	115	1.16
	105	1.40		116	1.47
4	106	1.40	12	96	1.02
	107	1.29		97	1.34
5	99	1.50		98	1.36
	100	1.40			
6	109	1.35			
7	110	1.30			
	111	1.11			
8	117	1.40			
	118	1.40			
	119	1.50			

- **Cultivo de plátano**

Cuadro 6. Resultados de densidad aparente en cultivo de plátano.

Lote	Da gr/cm ³
1	1.30
2	1.30
3	1.40
4	1.03
5	1.26
6	1.32
7	1.35
8	1.04

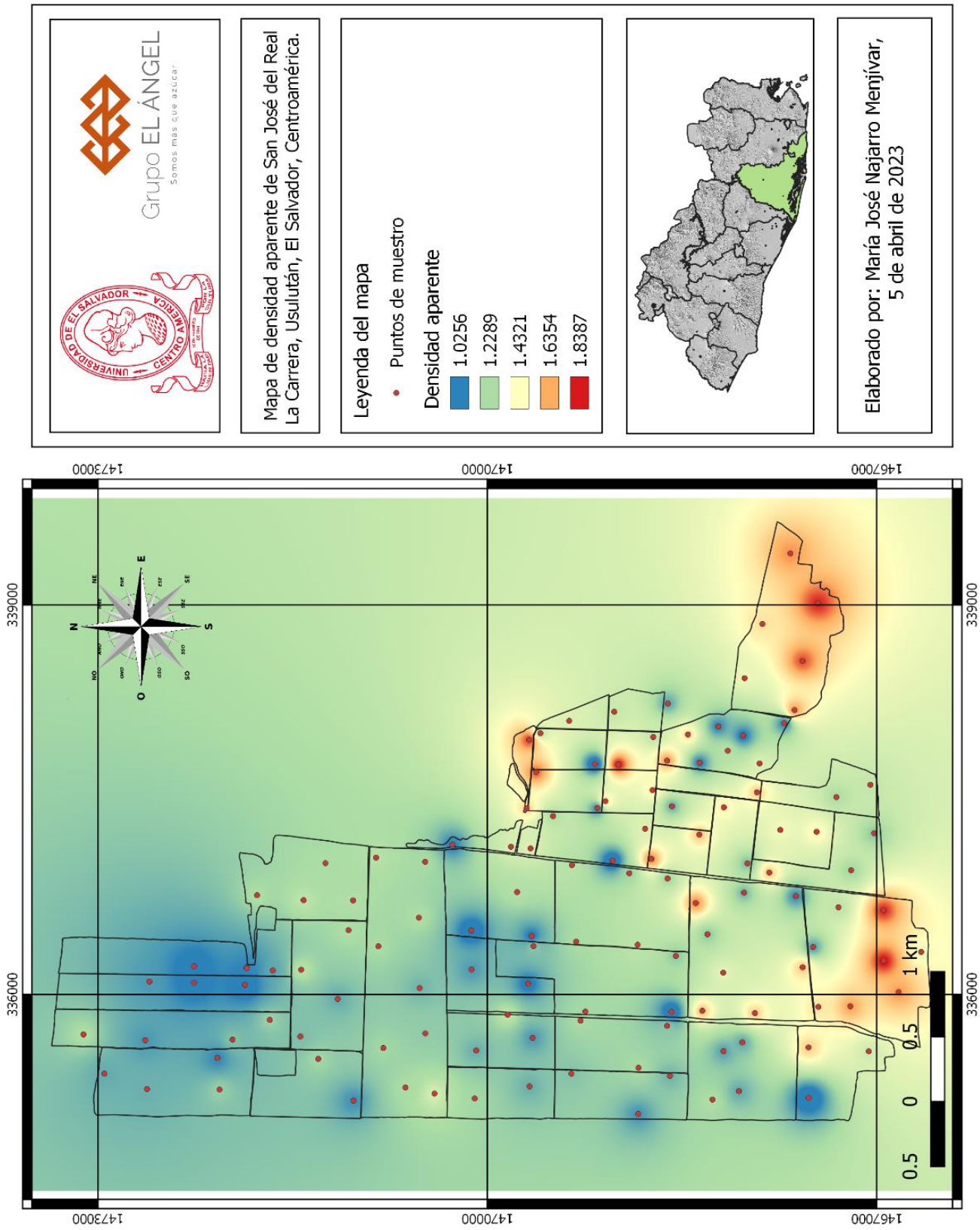


Figura 36. Mapa de densidad aparente de San José del Real la Carrera.

Según Salamanca (2005), cuando la densidad aparente del suelo aumenta, se incrementa la compactación y se afectan las condiciones de retención de humedad, limitando a su vez el crecimiento de las raíces. La densidad aparente es afectada por las partículas sólidas y por el espacio poroso, el cual a su vez está determinado principalmente por la materia orgánica del suelo. En suelos de textura fina la densidad aparente varía entre 1 y 1.2 g/cm³, mientras que en suelos arenosos es mayor y puede variar entre 1.2 y 1.6 g/cm³.

Como se puede observar en el mapa, las zonas en tonalidades rojas son donde presenta los valores de 1.84 g/cm³ el valor más alto de densidad aparente, las zonas en color naranja son valores aproximados de 1.60 g/cm³, las zonas con tonalidades en verdes y amarillo son valores de densidad aparente entre 1.22 y 1.43 g/cm³ mientras que las tonalidades azules presentan valores cercanos a 1.02 g/cm³.

6.3. Densidad real.

La densidad real que presentaron las muestras que obtuvieron textura franca es de 2.24 gr/cm³, las muestras que obtuvieron textura arenosa presentan una densidad real media de 2.45 gr/cm³, considerándose bajas; las muestras que obtuvieron la textura franca arenosa presentan una densidad real media de 2.31 gr/cm³, considerándose muy baja; las muestras que son de textura franca limosa presentan densidad real media de 2.24 gr/cm³, la cual se considera muy baja; y las muestras que son de textura areno franco presentaron una densidad media de 2.40 gr/cm³, considerándose baja.

- **Cultivo de caña de azúcar**

Cuadro 7. Resultados de densidad real.

Lote	Muestra	Dr gr/cm ³	Lote	Muestra	Dr gr/cm ³
1	8	2.55	3	7	2.28
	9	2.58		1	2.51
	10	2.48		3	2.28
	11	2.33		5	2.37
2	2	2.54	3 A	47	2.43
	4	2.24		48	2.27
	6	2.53		49	2.41

Lote	Muestra	Dr gr/cm ³	Lote	Muestra	Dr gr/cm ³		
	50	2.54	11 A	20	2.13		
	55	2.49			21	2.34	
4	56	2.25	11 B	40	2.10		
	57	2.15			41	2.64	
	58	2.34			42	2.26	
	59	2.75	12	43	2.06		
	60	2.22			44	2.41	
	61	2.35			45	2.17	
	62	2.32			46	2.24	
		63	2.34	13 A	22	2.39	
		51	2.15			23	2.31
5	52	2.26	13 B	27	2.32		
	53	2.23			28	2.30	
	54	2.43			29	2.15	
		12		2.33		30	2.05
	13	2.41			31	2.44	
7	14	2.45		14 A	24	2.44	
	15	2.51			25	2.23	
		16	2.38			26	2.37
		17	2.20			32	2.06
10 A	18	2.54	14 B	33	2.35		
	19	2.28			34	2.18	
10 B	37	2.19			35	2.23	
	38	2.25			36	2.17	
	39	2.29					

Lote	Muestra	Dr gr/cm ³	Lote	Muestra	Dr gr/cm ³	
15	67	2.35	16 B	79	2.38	
	68	2.33		80	2.32	
	69	2.45		81	2.43	
	70	2.31	17 A	64	2.36	
	71	2.28		65	2.78	
	72	2.37		66	2.40	
	16 A	73	2.42	17 B	94	1.98
74		2.32	95		2.32	
75		2.19	18 A	85	2.57	
76		2.42		86	2.51	
77		2.33		87	2.69	
78		2.41		88	2.63	
82		2.31		89	2.60	
83		2.30		90	2.33	
84		2.44		18 B	91	2.21
					92	2.23
		93	2.27			

- **Cultivo de cacao**

Cuadro 8. Resultados de densidad real.

Lote	Muestra	Dr gr/cm ³	Lote	Muestra	Dr gr/cm ³
1	101	2.15	3	104	2.26
	102	2.12		105	2.32
2	102	2.30	4	106	2.25
	103	2.42		107	2.20

Lote	Muestra	Dr gr/cm ³	Lote	Muestra	Dr gr/cm ³
5	99	2.10	9	120	2.20
	100	2.25		10	112
6	109	2.33	113		2.25
7	110	2.42	114		2.12
	111	2.42	11	115	2.40
8	117	2.05		116	2.38
	118	2.15	12	96	2.25
	119	2.75		97	2.20
		98		2.30	

- **Cultivo de plátano.**

Cuadro 9. Resultados de densidad real.

Lote	Dr gr/cm ³
1	2.46
2	2.45
3	2.35
4	2.20
5	2.15
6	2.33
7	2.25
8	2.13

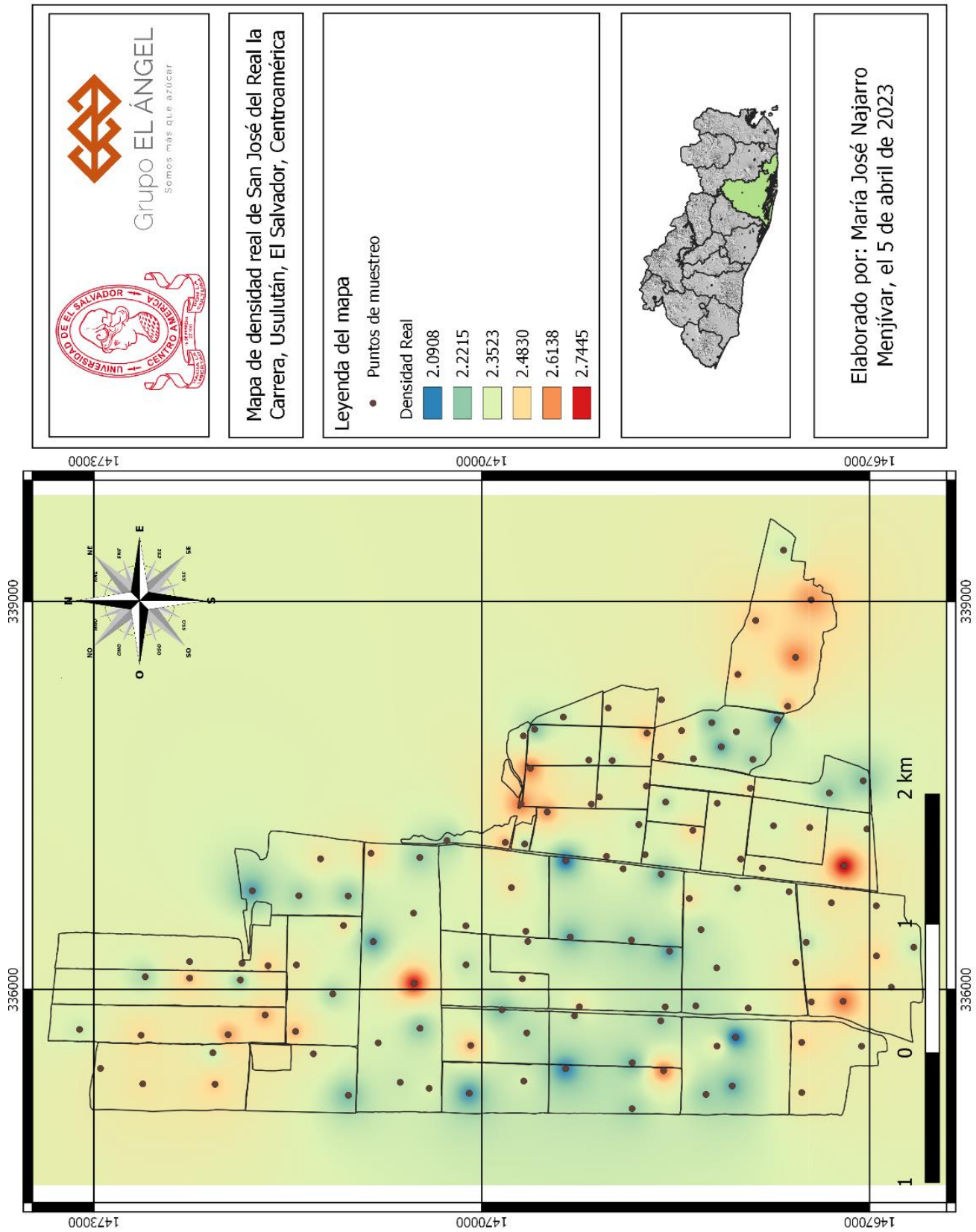


Figura 37. Mapa de valores de densidad real de San José del Real la Carrera.

Según la FAO (2020), La densidad real, de las partículas densas del suelo, varía con la proporción de elementos constituyendo el suelo y en general está alrededor de 2,65 gr/cm³.

Se puede observar en el mapa que los sitios que tienen tonalidades rojas con los puntos que presentaron mayores niveles de densidad real, según los datos de los cuadros anteriores, estos valores nos indican que al suelo le hace falta materia orgánica, aunque en los puntos donde muestran los valores arriba de 2.65 gr/cm³ es la muestra 65 que se tomó del cultivo de caña de azúcar; al momento de tomada la muestra las áreas presentaban entre hojas de caña que probablemente no se había transformado en humus. Los sitios que muestran las tonalidades naranjas, amarillo, verde y azul son valores que están por debajo de 2.65 gr/cm³ indicando que existe una buena cantidad de materia orgánica.

6.4. Porosidad del suelo.

- **Cultivo de caña de azúcar**

Cuadro 10. Datos de porosidad en cultivo de caña.

Lote	Muestra	% Porosidad	Lote	Muestra	% Porosidad	
1	8	52.73	4	55	49.55	
	9	54.49		56	45.49	
	10	56.40		57	42.90	
	11	46.72		58	46.93	
2	2	57.16		59	58.42	
	4	60.33		60	46.60	
	6	62.48		61	42.88	
	7	52.55		62	47.10	
3	1	55.97		63	47.83	
	3	57.01		5	51	42.25
	5	59.44			52	43.48
3 A	47	48.91	53		44.03	
	48	50.60	54		49.53	
	49	47.42	7	12	55.34	
	50	54.17		13	53.37	
		14		53.86		
		15		52.02		

Lote	Muestra	% Porosidad	Lote	Muestra	% Porosidad	
8	16	48.72	15	67	55.19	
	17	51.92		68	50.46	
10 A	18	55.46		69	31.23	
	19	52.38		70	40.76	
10 B	37	44.03		71	31.24	
	38	46.97		72	35.13	
	39	46.15		73	36.19	
11 A	20	42.59		16 A	74	39.75
	21	51.68			75	23.97
11 B	40	44.05	76		22.99	
	41	56.87	77		21.77	
	42	52.65	78		31.38	
12	43	45.64	82		35.04	
	44	54.30	83		52.25	
	45	48.66	84		47.51	
	46	44.77	16 B		79	44.62
13 A	22	59.15		80	33.83	
	23	53.38		81	63.16	
13 B	27	48.65	17 A	64	49.66	
	28	48.47		65	56.10	
	29	44.53		66	35.50	
	30	56.38	17 B	94	28.78	
	31	49.90		95	37.16	
14 A	24	48.60	18 A	85	35.53	
	25	58.95		86	44.53	
	26	58.39		87	44.48	
14 B	32	38.58		88	32.87	
	33	48.66		89	29.90	
	34	44.12	90	28.39		
	35	43.20	18 B	91	41.42	
	36	43.31		92	44.09	
		93		32.29		

- **Cultivo de cacao.**


Cuadro 11. Datos de porcentaje de porosidad en cultivo de cacao.

Lote	Muestra	% Porosidad	Lote	Muestra	% Porosidad
1	101	34.79	9	120	42.00
	102	42.86		10	112
2	103	39.58	10		113
	104	39.80		11	114
3	105	49.57	11		115
	106	36.66		12	116
4	107	40.43	12		96
	108	41.54		12	97
5	99	43.40	12		98
	100	40.43			
6	109	42.22			
7	110	46.44			
	111	54.33			
8	117	39.66			
	118	41.67			
	119	42.31			


- **Cultivo de plátano.**

Cuadro 12. Datos de porcentaje de porosidad de cultivo de plátano.

Lote	% Porosidad
1	47.15
2	46.94
3	40.43
4	52.96
5	41.59
6	43.35
7	50.94
8	40.16



Grupo EL ÁNGEL
Somos más que azúcar



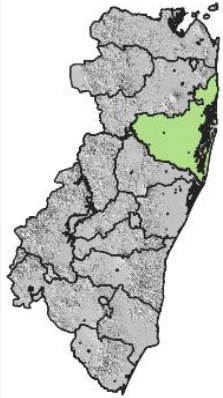
Mapa de porcentaje de porosidad de San José del Real la Carrera, Usulután, El Salvador, Centroamérica.

Leyenda del mapa

- Puntos de muestreo

Porcentaje de porosidad

	31.2408
	36.5792
	41.9175
	47.2558
	52.5941
	57.9325



Elaborado por: María José Najarro Menjivar,
el 5 de abril de 2023.

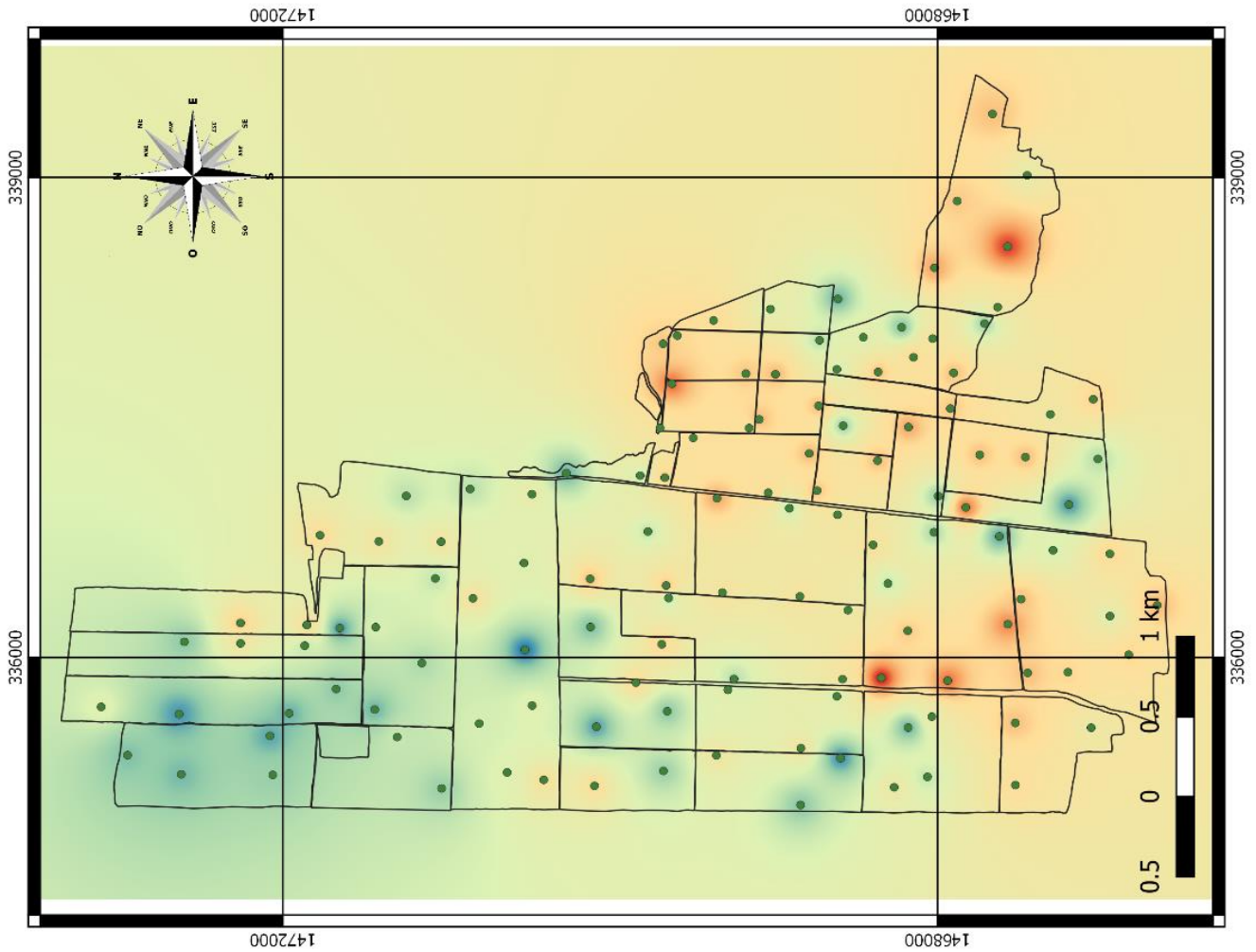


Figura 38. Mapa de porcentaje de porosidad de San José del Real la Carrera

Baver (1972) define a la porosidad como el porcentaje en volumen del suelo que no es ocupado por partículas sólidas. Los poros del suelo son espacios que alojan agua, gases y la actividad biológica del suelo.

Este estudio se realizó en los primeros 30 cm de profundidad del suelo dando como resultado un rango de niveles de porosidad mínimo desde el 30%, hasta el 58% aproximadamente según las texturas que se presentan en cada lote. Como se observa en el mapa los sitios de color azul son las áreas que presentan mayor porcentaje de porosidad en el suelo, estando en un 58% aproximadamente, mientras que los sitios que son en tonalidades verde y amarillo están en los rangos de 52% al 41% respectivamente. Los sitios con tonalidades naranja y roja presentan datos de aproximadamente 30% siendo un bajo porcentaje de porosidad en el suelo debido que se tienen texturas de tipo arenosas las cuales según la tabla de dr. Avidán están en un rango de 32 al 42% de espacio poroso.

6.5. Valores promedios de las propiedades de los suelos según las texturas.

Cuadro 13. Valores promedios según texturas.

Textura	Da gr/cm ³	Dr gr/cm ³	% Porosidad
Areno Franco	1.24 gr/cm ³	2.41 gr/cm ³	48.62%
Arenoso	1.43 gr/cm ³	2.47 gr/cm ³	42.07%
Franco Arenoso	1.31 gr/cm ³	2.35 gr/cm ³	44.04%
Franco Limoso	1.22 gr/cm ³	2.35 gr/cm ³	48.29%
Franco	1.22 gr/cm ³	2.32 gr/cm ³	47.43%

7. Conclusiones.

- San José del Real de la Carrera posee aproximadamente el 55% de los suelos de textura franco arenosa, por lo que son suelos adecuados para la siembra del cultivo de caña de azúcar, ya que mantienen buena aireación ayudando a las plantas a mantener una mejor absorción de los nutrientes.
- La textura de los suelos en el área de cultivo de cacao de las 25 muestras tomadas un 60% son de textura franco arenosa, la cual es la textura que predomina; al igual que los suelos de cultivo de plátano, siendo suelos aptos para el desarrollo del cultivo debido a que mantiene una buena retención de los nutrientes que se les brinda, así como la buena retención de humedad.

- Los datos de densidad aparente que los suelos de La Carrera están en el rango ideal de densidad, debido a la cantidad de partículas de arena que la mayoría de suelos presentan.
- Los datos más bajos de densidad real de los suelos de la Hacienda La Carrera se presentaron en los lotes 4, 5, 8, 10 B, 11A y 11B, 12, 13B y 14B en cultivo de caña de azúcar; en el área de cultivo de cacao en los lotes 4 y 9, en donde se pudo observar que la cantidad de materia orgánica era alta.
- Mientras que, los datos de densidad real alta que los suelos de La Carrera presentaron fue en los lotes 4 y 17A que corresponden al cultivo de caña, en donde la cantidad de materia orgánica en estos lotes es baja.
- La porosidad de los primeros 25 a 30 cm en los suelos de La Carrera, están en un 51% de espacio poroso, lo que quiere decir que existe una buena infiltración del agua en la mayoría de los lotes de caña de azúcar y algunas áreas de cultivo de plátano.

8. Recomendaciones.

- Para los lotes en donde pasa una veta arenosa en medio de ellos, se recomienda llevar una mejor distribución del riego especialmente en esas áreas para que no se retrase el desarrollo de la caña de azúcar.
- Los lotes en donde se presentan las inundaciones, se recomienda realizar trabajos que ayuden al desagüe del agua retenida.
- Para los lotes de cultivo de caña que presentaron un valor alto de densidad aparente se recomienda, agregar más materia orgánica para de esta manera se pueda disminuir la densidad al valor ideal y de la misma manera poder mantener la humedad.

9. Bibliografía.

CAMAGRO (Cámara Agropecuaria y Agroindustrial de El Salvador). 2018. Guía técnica caña de azúcar. El Salvador. Consultado el 7 de abril de 2023. Disponible en: http://media.admininhouse.com/uploads/www.camagro.com.sv/estructura_3437/Gu%C3%ADa%20T%C3%A9cnica%20de%20Ca%C3%B1a%20de%20Azucar.pdf

Espinoza Novillo I.D. 2018. Propiedades físicas de los suelos en diferentes sistemas agrícolas en la provincia Los Ríos de Ecuador (en línea). Ecuador. Consultado el 5 de abril de 2023. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/6587923.pdf>

- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura). 2020. Manejo de suelos arenosos (en línea). Consultado el 10 de abril de 2023. Disponible en: <https://www.fao.org/soils-portal/soil-management/manejo-de-suelos-problematicos/suelos-arenosos/es/>
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura). 2020. Propiedades físicas del suelo (en línea). Consultado el 7 de abril de 2023. Disponible en: <https://www.fao.org/soils-portal/soil-survey/propiedades-del-suelo/propiedades-fisicas/es/#:~:text=La%20densidad%20real%2C%20de%20las,est%C3%A1%20alrededor%20de%20%2C65.>
- MAG (Ministerio de Agricultura y Ganadería). 2006. Caña de azúcar (en línea). Costa Rica. Consultado el 7 de abril de 2023. Disponible en: <https://www.mag.go.cr/bibliotecavirtual/F01-0658cana.pdf>
- Minagricultura (Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural). 2014. Cultivo de plátano (en línea). Colombia. Consultado el 5 de abril de 2023. Disponible en: https://www.dane.gov.co/files/investigaciones/agropecuario/sipsa/insumos_factores_de_produccion_abr_2014.pdf
- Rosales Pérez, R.A. 2021. Caracterización de las propiedades físicas del suelo en una finca cafetalera con manejo agroecológico caso finca La Esperanza, (en línea, tesis). El Salvador. Consultado el 10 de abril de 2023. Disponible en: <https://ri.ues.edu.sv/id/eprint/26155/1/13101751.pdf>
- Salamanca Jiménez, A. 2005. La densidad aparente y su relación con otras propiedades en suelos de café, (en línea). Colombia. Consultado el 10 de abril de 2023. Disponible en: <https://www.cenicafe.org/es/publications/arc056%2804%29381-397.pdf>
- Universidad de La República. 2004. Propiedades físicas de suelo (en línea). Uruguay. Consultado el 10 de abril de 2023. Disponible en: <https://bibliofagro.pbworks.com/f/propiedades+fisicas+del+suelo.pdf>
- Universidad Nacional Agraria. 2005. Selección y calibración de indicadores locales y técnico para evaluar la degradación de los suelos en laderas, (en línea). Nicaragua. Consultado el: <https://repositorio.una.edu.ni/1094/1/tnp35c352.pdf>

10. Anexos.

Cuadro A.1. Tabla para resultado de las lecturas de textura por bouyocos.

Muestra N°: _____ Cultivo: _____

Tiempo	Lectura del hidrómetro g/l	Temperatura en °C	Lectura corregida por temperatura	Lectura del blanco	Lectura corregida del blanco
40 segundos					
4 minutos					
1 hora					
2 horas					

Cuadro A.2. Fórmula para determinación de densidad aparente

Densidad aparente
$\rho_{\text{aparente}} = m/v$

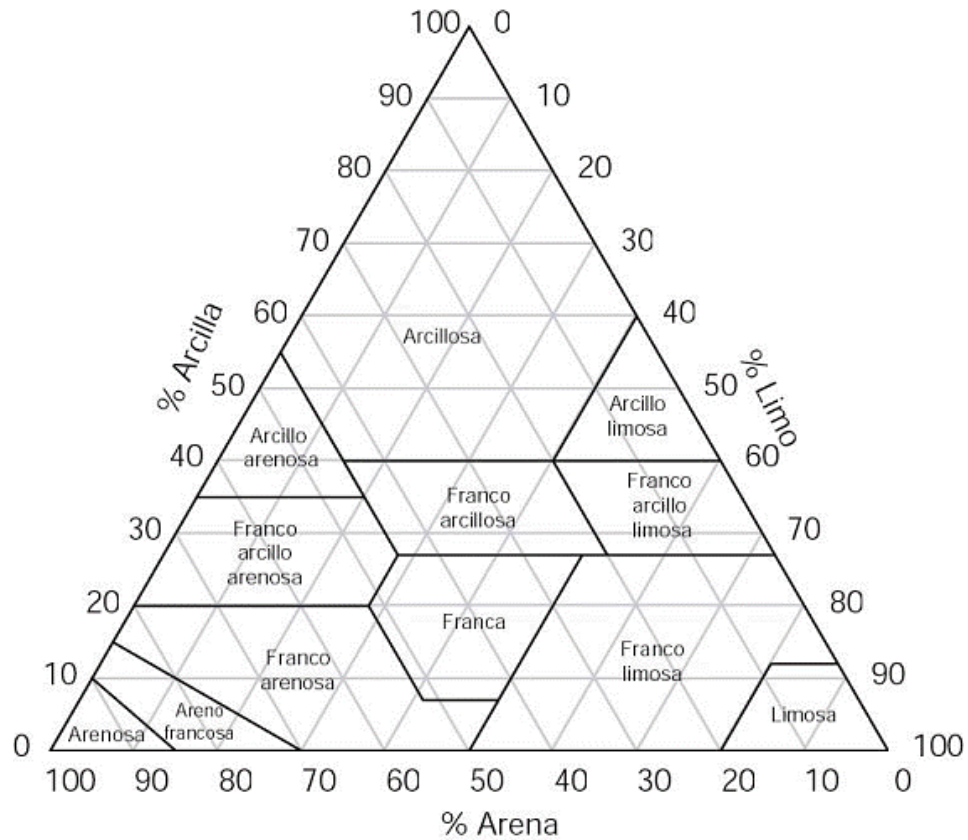
Cuadro A.3. Fórmulas para determinación de textura

Porcentaje de limo y arcilla	$\% \text{ limo+arcilla} = ((\text{lectura corregida a los 40 segundos}) / (\text{Peso de suelo seco})) * 100$
Porcentaje de arcilla	$\% \text{ arcilla} = ((\text{lectura corregida a las 2 horas}) / (\text{Peso de suelo seco})) * 100$
Porcentaje de limo	$\% \text{ limo} = \% \text{ limo+arcilla} - \% \text{ arcilla}$
Porcentaje de arena	$\% \text{ arena} = 100 - (\% \text{ limo} + \% \text{ arcilla})$

Cuadro A.4. Fórmulas para determinación de densidad real.

Densidad del agua	Masa pic agua- masa pic vacío
Masa del agua	(masa pic. + agua+ suelo)-(masa pic suelo)
Volumen del agua	Masa pic agua/ pagua
Volumen desplazado por la muestra	Volumen pic – volumen agua
Densidad real	$\rho_{\text{real}} = (\text{peso de la muestra}) / (\text{volumen desplazado por la muestra})$

Figura A.5. Triángulo textural



Cuadro A.6. Tabla de propiedades físicas de los suelos del Dr. Avidán.

Textura del Suelo	Velocidad de Infiltración Básica °)	Volumen Poroso Total	Peso Específico Aparente Pea	Capacidad de Campo HCc	Punto de Marchitez Permanente HPm	Agua Disponible	
						% del volumen	Capa de 1 metro
	[mm/h]	[P%]	[g/cm3]	[%w]	[%w]	[%v]	[m³/Ha/m]
Arenosa	50 (25-250)	38 (32-42)	1.65 (1.55-1.80)	9 (6-12)	4 (2- 6)	8 (6-10)	800 (700-1000)
Franco-Arenosa	25 (13-76)	43 (40-47)	1.50 (1.40-1.60)	14 (10-18)	6 (4- 8)	12 (9-15)	1200 (500-1500)
Franca	14 (8-20)	46 (43-49)	1.42 (1.34-1.50)	22 (18-26)	10 (8-12)	17 (14-20)	1700 (1400-1900)
Franco-Arcillosa	8.5 (2.5-15)	49 (47-51)	1.35 (1.30-1.40)	27 (23-31)	13 (11-15)	19 (16-22)	1900 (1700-2200)
Arcilloso-Arenosa	4 (3-5)	51 (49-53)	1.30 (1.25-1.35)	31 (27-35)	15 (13-17)	21 (18-23)	2100 (1800-2300)
Arcillosa	0.5 (0.1-1)	53 (51-55)	1.25 (1.20-1.30)	35 (31-39)	17 (15-19)	23 (20-25)	2300 (2000-2500)

*) Los rangos de la velocidad de infiltración básica exceden los datos presentados, y varían con la estructura del suelo y su estabilidad.

Figura A.6. Beneficio de cacao



Figura A.7. Patio de secado de cacao



Figura A.8. Cultivo de caña con riego



Figura A.9. Cultivo de cacao



Figura A.10. Cultivo de plátano recién trasplantado



Figura A.11. Motor para riego por goteo en cacao



Figura A.12. Hidrociclón en pozo de riego



Figura A.13. Determinación de textura por Bouyoucos

