Universidad Nacional de Ingeniería

Área del Conocimiento de Agricultura

PROPUESTA DE PLAN DE DESARROLLO SUSTENTABLE EN FUNCIÓN DEL USO POTENCIAL DEL SUELO, EN LA EXPLOTACIÓN AGROPECUARIA DE LA FINCA VENTANAS DE LA GLORIA, UBICADA EN LA COMUNIDAD LAS MINAS, MUNICIPIO DE PAIWAS, RAAS, 2026.

Trabajo Monográfico para optar al título de
Ingeniero Agrícola

Elaborado por:

Br. Fredman José Padilla Cano
2019-0623U

Br. Larry Steven Padilla Cano
2018-0758U

Br. Samir Antonio Rodríguez Cruz
2019-0640U

Tutor:

Ing. Omri David López Canales

27 de julio de 2026
Managua, Nicaragua

AGRADECIMIENTO FREDMAN

Primero que nada, quiero darle gracias a Dios, porque sin Él nada de esto habría sido posible. Gracias por darme la fuerza, la sabiduría y la oportunidad de llegar hasta este momento tan importante en mi vida.

A mis padres Ana María Cano y Larry Padilla Treminio, por todos sus esfuerzos, sacrificios y apoyo incondicional a lo largo de este camino. Gracias por creer en mí, por motivarme a seguir adelante y por estar presentes en cada etapa de mi formación.

A mi madrina, Cándida Treminio, por todo el apoyo que me ha brindado siempre, por sus sacrificios, su cariño y por estar siempre a mi lado.

A mi abuelita Gloria Treminio, por sus bendiciones y por impulsarnos siempre a seguir adelante. Y a mi abuelita Cristina Gómez, por sus constantes oraciones y por encomendarme a Dios en todo momento; su fe y sus palabras siempre han sido una gran bendición para mí.

También quiero agradecer a mi amigo el Ing. Arnaldo Mondragón, porque durante este trayecto siempre he contado con su apoyo incondicional, sus consejos y sus palabras de ánimo.

A mi tutor, el Ing. Omri López por la confianza que depositó en mí, por su apoyo, orientación y disposición para ayudarme durante el desarrollo de este estudio.

De igual manera, agradezco al Ing. Javier Morraz y al Ing. Gonzalo Bonilla de la Unidad de Suelo de INETER por su valioso apoyo y por compartir con nosotros parte de sus conocimientos y experiencia, los cuales fueron fundamentales para la realización de este trabajo.

AGRADECIMIENTO LARRY

Primeramente, quiero dar gracias a Dios por permitir terminar un gran logro en mi vida, por siempre estar guiándome y ayudándome en momentos difíciles de mi vida.

A mis padres Larry Padilla Treminio y Ana Cano Gómez por su apoyo incondicional tanto en lo económico, como mental. También agradezco a mi abuela Gloria Treminio por sus oraciones y a mi madrina Cándida Treminio por dedicarme su tiempo y amor siempre.

A mi tutor el Ing. Omri López, por su disposición, su paciencia y compromiso para realizar esta tesis, su experiencia fue de mucha ayuda.

A INETER, Unidad de Suelos, en especial al Ing. Gonzalo Bonilla y al Ing. Javier Morraz por dedicar su tiempo y conocimientos de manera voluntaria, su colaboración fue fundamental para lograr alcanzar los resultados obtenidos.

AGRADECIMIENTO SAMIR

La presentación de esta investigación marca el cierre de una etapa académica fundamental, un proceso lleno de dedicación, constancia y el apoyo de quienes creyeron en este proyecto. Con especial reconocimiento al conocimiento compartido y el respaldo humano recibido durante este trayecto, dedico el siguiente agradecimiento.

A Dios Padre, por ser el quien tomo de su mano mi mano; guiándome en todo este proceso donde hubo tropiezos, dificultades; gracias por ser ese pilar y la fuente de sabiduría indispensable para emprender y culminar con éxito cada etapa de este proyecto.

A mis padres, Uriel de Jesús Rodríguez Rodríguez y Yolanda del Socorro Cruz Gutiérrez, por ser el pilar fundamental de mi vida. Su dedicación, amor incondicional, sus sacrificios y apoyo económico, social me dieron la seguridad necesaria para seguir adelante. A ellos les debo el ser humano y el profesional en el que soy ahora.

A mis familiares más cercanos, en especial la familia Torres Rodriguez y Cruz Gutiérrez, doy gracias ellos por sus palabras de aliento y concejos que tanto necesitaba en eso momentos de mi proceso.

A mi tutor, Ing. Omri López, por haber creído en nuestras capacidades desde el primer momento. Agradezco con profundamente el tiempo, la paciencia y la dedicación que nos brindó en la realización de esta tesis siendo la principal fuente de conocimientos y guía que Dios nos puso en el camino.

Al INETER, en especial al Ing. Gonzalo Bonilla y a Javier Morraz, de la Unidad de Suelos de la Dirección General de Ordenamiento Territorial, por abrirme las puertas de la institución y brindarme un asesoramiento técnico invaluable para el análisis e interpretación de los resultados de este estudio.

DEDICATORIA FREDMAN

A: Dios

A: Mi madre Ana María Cano y mi padre Larry Padilla Treminio

A: Mi madrina Candida Treminio

A: Familiares y amigos

DEDICATORIA LARRY

A: Dios

A: Mis Padres, Larry Steven Padilla Treminio y Ana María Cano Gómez

A: Mis Familiares y Amigos

A: Mi Novia, Yuhanys Gómez Arbizú

DEDICATORIA SAMIR

A: Mi Dios Padre.

A: Mis Padres, Uriel Rodríguez y Yolanda Cruz

A: Mis Familiares y Amigos.

RESUMEN

El presente estudio monográfico titulado **“Propuesta de plan de desarrollo sustentable en función del uso potencial del suelo, en la explotación agropecuaria de la finca Ventanas de la Gloria, ubicada en la comunidad Las Minas, municipio de Paiwas, RAAS, 2026”**, tuvo como objetivo diseñar un plan de desarrollo sustentable basado en el uso potencial de los suelos de la finca, mediante la caracterización de sus propiedades edafoclimáticas, hidrofísicas y bioquímicas. El estudio se orientó a identificar las aptitudes y limitaciones de los suelos para establecer estrategias de manejo acordes con sus características.

La metodología incluyó una revisión de estudios previos realizados por INETER, seguida de un trabajo de campo basado en un muestreo sistemático mediante cuadrícula. Se realizaron barrenadas distribuidas en toda la finca, describiendo características como pendiente, drenaje, erosión hídrica, textura y profundidad de los suelos.

Posteriormente, se realizó una calicata representativa por cada unidad de suelo identificada, obteniéndose muestras para análisis químicos de laboratorio. Además, se realizaron pruebas de infiltración para determinar las propiedades hidrofísicas y se utilizaron datos climáticos obtenidos a través de la plataforma NASA Data Access Viewer para la caracterización climática del área de estudio.

Como resultado, se identificaron y zonificaron tres unidades de suelo denominadas **El Naranjo, Gloria y Santa Ana**, con suelos ácidos de textura franco arcillosos a arcillosos, con presencia de arcilla menor a 60% en las 3 series de suelo, pero cada una con características y limitaciones particulares. Con base en esta zonificación y en la evaluación del uso potencial de los suelos, se elaboró una propuesta de plan de desarrollo sustentable que define usos específicos para cada unidad, junto con prácticas de manejo agroecológico y conservación de suelos. Asimismo, se establecieron recomendaciones tecnológicas e indicadores de sostenibilidad para dar seguimiento al cumplimiento del plan y contribuir al uso eficiente y sostenible de los recursos de la finca.

Palabras clave: uso potencial del suelo, desarrollo sustentable, zonificación de suelos, manejo agroecológico, conservación de suelos y producción agropecuaria.

ÍNDICE

I. INTRODUCCIÓN 1
II. ANTECEDENTES 2
III. JUSTIFICACIÓN 4
IV. OBJETIVOS 5
4.1. Objetivo General 5
4.2. Objetivos Específicos 5
V. MARCO TEÓRICO 6
5.1. Clima 6
5.1.1. Precipitación 6
5.1.2. Humedad relativa 6
5.1.3. Temperatura 6
5.1.4. Radiación solar 6
5.1.5. Velocidad del viento 6
5.2. Suelo 7
5.2.1. Propiedades edáficas 7
5.2.2. Propiedades hídricas 7
5.2.3. Propiedades bioquímicas 8
5.3. Muestreo de suelos 8
5.3.1. Tipos de muestreo 8
5.4. Uso potencial del suelo 9
5.4.1. Clasificación de suelo 9
5.4.2. Sistemas agropecuarios 10
5.5. Desarrollo sustentable 10
5.5.1. Desarrollo ambiental 10
5.6. Manejo sostenible de los suelos 10

5.6.1. Rotación de cultivos 11
5.6.2. Diversificación de cultivos 11
5.6.3. Conservación de suelos 11
5.7. Buenas prácticas pecuarias 11
5.7.1. Manejo del suelo para pastizales 11
5.7.2. Sistemas silvopastoriles 12
5.7.3. Alternativas de alimentación 12
5.8. Sistema de información geográfica 13
5.8.1. ArcGIS 13
VI. METODOLOGÍA 14
6.1. Diseño Metodológico 14
6.2.1. Según el enfoque de la investigación 14
6.2.2. Según el alcance de los resultados 14
6.2.3. Según el tiempo de ocurrencia 14
6.2. Localización 15
6.3. Fase de campo 16
6.3.1. Recolección de información preliminar 16
6.3.2. Trabajo de campo 16
6.4. Diseño de plan de aprovechamiento sustentable 20
VII. ANALISIS E INTERPRETACION DE RESULTADOS 22
7.1. Características Generales de la Finca Ventanas de la Gloria 22
7.1.1. Acceso, extensión y uso actual del suelo 22
7.1.2. Actividades agropecuarias actuales 22
7.2. Análisis de las Propiedades Edafoclimáticas, Hidrofísicas y Bioquímicas 23
7.2.1. Propiedades Climáticas 23

7.2.2. Propiedades Suelo 30
7.2.3. Propiedades hidrofísicas 36
7.2.4. Propiedades bioquímicas 40
7.2.5. Clasificación de suelos 57
7.3. Evaluación del uso potencial del suelo 66
7.3.1. Clasificación de capacidad de uso del suelo 66
7.3.2. Limitantes físicas y químicas 69
7.3.3. Análisis de conflicto 75
7.4. Plan de desarrollo sustentable para la producción agropecuaria 77
7.4.1. Información General 78
7.4.2. Visión 78
7.4.3. Situación Actual 79
7.4.4. Limitantes 80
7.4.5. Oportunidades 81
7.4.6. Proyección de la finca a mediano y largo plazo 82
7.4.7. Zonificación productiva basada en el uso del suelo 82
7.4.10. Indicadores de sostenibilidad 92
7.4.11. Monitoreo de indicadores 93
7.4.12. Cronograma 96
7.4.13. Resumen de Proyección de la Finca 96
VIII. COCLUSIONES 99
IX. RECOMENDACIONES 101
X. BIBLIOGRAFÍA 103
XI. ANEXOS i
11.1. Tablas i
11.1.1. Tablas para evaluar y clasificar resultados i

11.1.2. Resultados del LABSA iv

11.1.3. Características morfológicas xxii

11.1.4. Descripción de perfiles xxiii

11.1.5. Tablas de descripción detallada de perfiles xxvii

11.1.6. Propiedades Hidrofísicas xxx

11.2. Figuras xxxix

11.2.1. Gráficos xxxix

11.2.2. Imágenes xlii

11.3. Cronograma lii

11.4. Mapas liii

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Lista de materiales..... 17

Tabla 2 Resumen de propiedades climáticas de la zona de estudio. 29

Tabla 3 Quebrado de campo. 31

Tabla 4 Resumen de unidades de suelo. 32

Tabla 5 Unidades cartográficas de los suelos..... 33

Tabla 6 Capacidad de campo. 37

Tabla 7 Velocidad de infiltración..... 38

Tabla 8 Clasificación del punto de marchitez permanente..... 39

Tabla 9 Clasificación de humedad disponible (%). 40

Tabla 10 Análisis químico calicata N°-1, Horizonte A 41

Tabla 11 Análisis químico calicata N°1, Horizonte C1 43

Tabla 12 Análisis químico Calicata N°-2, Horizonte A..... 46

Tabla 13 Análisis químico Calicata N°-2, Horizonte Bt11. 48

Tabla 14 Análisis químico calicata N°3, Horizonte A 50

Tabla 15 Análisis químico calicata N°3, Horizonte B21t 53

Tabla 16 Propiedades Bioquímicas de los Perfiles Representativos. 56

Tabla 17 Capacidad de uso de suelo..... 67

Tabla 18 Unidad Homogénea. 68

Tabla 19 Limitantes Físicas..... 70

Tabla 20 Limitantes Químicas suelos el Naranjo. 72

Tabla 21 Limitantes Químicas suelos la Gloria 73

Tabla 22 Limitaste Químicas suelos Santa Ana. 74

Tabla 23 Conflicto de uso 76

Tabla 24 Información General de la finca ventanas de la gloria. 78

Tabla 25 Situación Actual 79

Tabla 26 Principales Limitaciones 80

Tabla 27 Oportunidades 81

Tabla *28* Manejo Agroecológico 86

Tabla 29 Conservación de Suelos. 89

Tabla 30 Recomendaciones Tecnológicas 91

Tabla 31 Indicadores de sostenibilidad 92

Tabla 32 Monitoreo de Indicadores 94

Tabla 33 Proyección de la finca a futuro 97

Tabla 34 Profundidad Efectiva del Suelo i

Tabla 35 Clasificación de Textura i

Tabla 36 Clasificación de Drenaje ii

Tabla 37 Clasificación de la Pendiente del Terreno ii

Tabla 38 Clasificación de la Erosión ii

Tabla 39 Clase de Capacidad del Suelo iii

Tabla 40 Resultados de LABSA muestra 1 iv

Tabla 41 Resultados de LABSA muestra 1 v

Tabla 42 Resultados de LABSA muestra 2 vi

Tabla 43 Resultados de LABSA muestra 2 vii

Tabla 44 Resultados de LABSA muestra 3 viii

Tabla 45 Resultados de LABSA muestra 3 ix

Tabla 46 Resultados de LABSA muestra 4 x

Tabla 47 Resultados de LABSA muestra 4 xi

Tabla 48 Resultados de LABSA muestra 5 xii

Tabla 49 Resultados de LABSA muestra 5 xiii

Tabla 50 Resultados LABSA muestra 6 xiv

Tabla 51 Resultados LABSA muestra 6 xv

Tabla 52 Resultados de LABSA muestra 7 xvi

Tabla 53 Resultados de LABSA muestra 7 xvii

Tabla 54 Resultados de LABSA muestra 8 xviii

Tabla 55 Resultados de LABSA muestra 8 xix

Tabla 56 Resultados de LABSA muestra 9 xx

Tabla 57 Resultados de LABSA muestra 9 xxi

Tabla 58 Características morfológicas xxii

Tabla 59 Formato de descripción de Perfiles de Suelo xxiii

Tabla 60 Descripción de Perfil de Suelo Calicata 1 xxiv

Tabla 61 Descripción de Perfil de Suelo Calicata 2 xxv

Tabla 62 Descripción de Perfil de Suelo Calicata 3 xxvi

Tabla 63 Descripción de perfiles representativos suelos el Naranjo xxvii

Tabla 64 Descripción de perfiles representativos suelos la Gloria xxviii

Tabla 65 Descripción de perfiles representativos suelos Santa Ana xxix

Tabla 66 Formato de Prueba de Velocidad de Infiltración xxx

Tabla 67 Velocidad de Infiltración Calicata 1 xxxi

Tabla 68 Velocidad de Infiltración Calicata 2 xxxii

Tabla 69 Velocidad de Infiltración Calicata 3 xxxiii

Tabla 70 Determinación de Textura en Laboratorio xxxiv

Tabla 71 Porosidad Total xxxiv

Tabla 72 Muestra de Capacidad de Campo a 24 hrs xxxv

Tabla 73 Muestra de Capacidad de Campo a 48 hrs xxxv

Tabla 74 Muestra de Capacidad de Campo a 72 hrs xxxvi

Tabla 75 Determinación de capacidad de campo xxxvi

Tabla 76 Formato de entrevista semi-estructurada xxxvii

Tabla 77 Cronograma de actividades lii

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Estructura de capas de información 13

Figura 2 Mapa de ubicación. 15

Figura 3 Esquema del método de porchet, utilizado en el campo. 19

Figura 4 Precipitación en la Finca 24

Figura 5 Humedad relativa de la zona de estudio. 25

Figura 6 Temperatura de la zona. 26

Figura 7 Velocidad del viento. 27

Figura 8 Radiación solar 28

Figura 9 Calicata N°1 suelos Naranjo 58

Figura 10 Calicata N°1 suelos la Gloria 61

Figura 11 Calicata N°3 suelos Santa Ana. 64

Figura 12 Velocidad de Infiltración Calicata 1 xxxix

Figura 13 Velocidad de Infiltración Calicata 2 xl

Figura 14 Velocidad de Infiltración Calicata 3 xl

Figura 15 Capacidad de Campo xli

Figura 16 Elaboración de Calicatas xlii

Figura 17 Presencia de Raíces xliii

Figura 18 Muestras de Calicatas xliv

Figura 19 Muestras de Calicatas xlv

Figura 20 Profundidad de los Suelos xlvi

Figura 21 Peso y secado de muestras xlvii

Figura 22 Clasificación de Color con Tabla Munssell..... xlviii

Figura 23 Textura del suelo por medio del tacto..... xlix

Figura 24 Prueba de Velocidad de Infiltración con Permeámetro de Guelph l

Figura 25 Topografía y Relieve li

ÍNDICE DE MAPAS

Mapa 1 Barrenadas liii

Mapa 2 Unidades Cartográficas liv

Mapa 3 Calicatas lv

Mapa 4 Capacidad de Campo lvi

Mapa 5 Uso Actual lvii

Mapa 6 Punto de Marchitez Permanente lviii

Mapa 7 Clasificación de Suelos lix

Mapa 8 Clases Agrologicas lx

Mapa 9 Unidades Homogéneas lxi

Mapa 10 Limitantes Físicas y Químicas lxii

Mapa 11 Pendientes lxiii

Mapa 12 Propuesta de Manejo lxiv

Mapa 13 Elevaciones lxv

Mapa 14 Porcentaje de Arcillas lxvi

Mapa 15 Porcentaje de Limo lxvii

Mapa 16 Porcentaje de Arenas lxviii

Mapa 17 pH en el Suelo lxix

Mapa 18 Nitrógeno en el Suelo lxx

Mapa 19 Fosforo Disponible lxxi

Mapa 20 Potasio en el Suelo lxxii

Mapa 21 Magnesio en el Suelo..... lxxiii

Mapa 22 Capacidad de Intercambio Catiónico lxxiv

ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación (1): Método de Porchet..... 19

Ecuación (2): Ecuación de Darcy para Flujo de Infiltración 20

Ecuación (3): Área total de Infiltración..... 20

Ecuación (4): Caudal de Infiltración en función del tiempo 20

Ecuación (5): Caudal de Infiltración en función del nivel de agua..... 20

Ecuación (6): Conductividad Hidráulica del Suelo..... 20

I. INTRODUCCIÓN

El suelo es la base fundamental de la producción agropecuaria y forestal en el mundo. Su función principal es mantener y sustentar a las plantas y a los millones de organismos que conviven en ese entorno ecológico llamado suelo. Su conocimiento es absolutamente necesario para poder llevar a cabo un correcto desarrollo del cultivo, sean pastos, cultivos alimenticios, industriales, o bosques, por parte de los técnicos y agricultores, tanto en sus características y propiedades físicas, químicas y biológicas, (Bendaña, 2018).

Siendo el suelo la base primordial para el desarrollo económico y productivo de un país, este estudio tiene como objetivo proponer un plan de desarrollo sustentable en función del uso potencial del suelo, en la explotación agropecuaria de la finca Ventanas de la Gloria, ubicada en la comunidad Las Minas, Municipio de Paiwas, RAAS, orientado hacia el manejo sostenible de los recursos del y ambientales más adecuadas para las condiciones locales.

Al entender las limitaciones y potencialidades de los suelos, se podrán tomar decisiones más informadas en cuanto a su uso y manejo, por lo que este estudio abarcará información sobre las características edafoclimáticas, propiedades hidrofísicas y bioquímicas de los suelos, junto con una propuesta de plan de desarrollo sustentable para la finca, que será de utilidad para el propietario, con el fin de que pueda tomar acción económicas y ambientales a largo plazo.

Se utilizará el software especializado ArcGIS para integrar y analizar la información recopilada, el cual permitirá administrar la información concebida en el estudio a realizar, pudiendo integrar y analizar datos de manera eficiente, además facilita crear mapas temáticos, que ayuda a una mejor gestión del territorio, lo que aporta un enfoque más preciso y dinámico a los estudios de suelos.

II. ANTECEDENTES

"Nicaragua es un país cuya economía depende básicamente de la actividad agropecuaria", (CIRN, 1969-1978), bajo este principio nace la "política de desarrollo agrícola y ganadero", técnicamente orientada al levantamiento de campo abarcando clima, hidrología, hidrogeología, geología, suelos y bosques. El proyecto comenzó en el Pacífico con estudios a escala 1:20,000 en 1971, mientras que en las regiones Norte, Central y Central Este se realizaron estudios semidetallados a escala 1:50,000, que aún son inéditos. En el Caribe, los estudios fueron de reconocimiento a escala 1:250,000, publicados en 1978. El resultado fue un documento de referencia nacional sobre el Catastro e Inventario de Recursos Naturales, que reporta los recursos biofísicos del país.

López (2014), realizó una "Actualización de las características morfológica e hidrofísicas de suelos", se llevó a cabo en la Finca Javier Guerra, de la Compañía Azucarera del Sur (CASUR) Rivas-Nicaragua, ubicada en el municipio de Nandaime del departamento de Granada. Con todos los resultados de campo y de laboratorio al final se logró: clasificar agrológica y taxonómicamente los suelos de la finca, así también, la capacidad de uso y aptitud de tierras para riego, todos expresado en mapas temáticos de modo que permitan tomar decisiones a la hora de planificar las labores que se llevan a cabo para cultivar caña de azúcar.

Putchie & Pérez (2018), ejecutó una "Caracterización morfológica, física y química de suelos", se llevó a cabo en el municipio de Nandasmo, Masaya-Nicaragua. De manera que con los resultados obtenidos se logra permitir tomar decisiones a la hora de planificar las labores que se llevan a cabo para cultivar en el área estudiada.

Álvarez & Martínez (2019), realizaron una "Clasificación Agrologica para el Uso y Manejo de los Suelos", se llevó a cabo en la finca Monte Carmelo del municipio de Diriá, Departamento de Granada. Con todos los resultados de campo y de laboratorio, al final se logró clasificar los suelos de la finca según sus características físicas, químicas y morfológicas, todos expresado en mapas temáticos de modo que permitan tomar

decisiones a la hora de planificar las labores que se llevan a cabo para cultivar en el área estudiada.

Actualmente la finca ‘’Ventanas de la Gloria’’, no cuenta con ningún estudio de suelo con estas características, por lo que el presente estudio que realizaremos representa el primer esfuerzo sistemático por obtener resultados a profundidad sobre las características de sus suelos y su utilidad más apropiada, con alternativas de manejo, contribuyendo a la generación de información valiosa para su desarrollo sostenible.

III. JUSTIFICACIÓN

El estudio monográfico tendrá como objetivo realizar propuesta de un plan de desarrollo sustentable en función del uso potencial del suelo, en la explotación agropecuaria de la finca Ventanas de la Gloria, ubicada en la comunidad Las Minas, municipio de Paiwas, RAAS. Esta investigación es fundamental para establecer un plan que optimice la gestión de los recursos naturales de la finca, proporcionando beneficios tanto económicos como ambientales.

La selección de este tema responde a la creciente necesidad de conocer en profundidad las características edafoclimáticas, hidrofísicas y bioquímicas de los suelos en la finca, ya que según (G. Marín, 2011), las prácticas inadecuadas, basadas en la producción a corto plazo han provocado la pérdida de fertilidad y el cambio de potencialidad edafológica. Para evitar estos problemas de uso, es esencial tener un conocimiento profundo del suelo que se trabaja, para tomar decisiones informadas sobre el manejo adecuado de los suelos y maximizar su uso potencial en la actividad ganadera y agrícola.

Este estudio es relevante porque llena un vacío en el conocimiento sobre el manejo de suelos en la región, donde no existen investigaciones previas específicas. A través de modelos de análisis edafológico, se recopilará información de manera sistemática, proporcionando una base científica para optimizar la gestión agropecuaria. Sus resultados no solo beneficiarán al propietario de la finca al mejorar la productividad y sostenibilidad del suelo, sino que también servirán como referencia para futuros estudios, promoviendo un desarrollo agropecuario equilibrado y respetuoso con el medio ambiente, maximizando así los beneficios económicos y ecológicos de la finca.

IV. OBJETIVOS

4.1. Objetivo General

Proponer un plan de desarrollo sustentable en función del uso potencial del suelo, en la explotación agropecuaria de la finca Ventanas de la Gloria, ubicada en la comunidad Las Minas, Municipio de Paiwas, RAAS, 2026.

4.2. Objetivos Específicos

- Determinar las propiedades edafoclimáticas, hidrofísicas y bioquímicas de la zona de estudio, a través de análisis de laboratorio y estudios de campo.

- Evaluar el uso potencial del suelo, mediante el análisis de los resultados de laboratorios de suelos de la finca Ventanas de la Gloria, para un desarrollo sustentable.

- Diseñar un plan de desarrollo sustentable que optimice la producción agropecuaria, a partir del uso potencial de los suelos de la finca Ventanas de la Gloria.

V. MARCO TEÓRICO

5.1. Clima

El clima refiere a los patrones de variación en temperatura, humedad, presión atmosférica, viento, precipitación y otras condiciones meteorológicas de interés en una región geográfica determinada, (Editorial Etecé, 2024).

5.1.1. Precipitación

La precipitación consiste en la caída de agua desde la atmósfera hacia la superficie de la Tierra. En la climatología y la meteorología se emplea este término para referirse a la caída de cualquier manifestación física del agua, desde las capas inferiores de la atmósfera hasta la superficie terrestre, (Editorial Etecé, 2024).

5.1.2. Humedad relativa

Es la relación entre la cantidad de vapor de agua contenida en el aire y la máxima cantidad que el aire puede contener a esa temperatura, (Soler & Palau, 2024).

5.1.3. Temperatura

La temperatura es una magnitud escalar que se define como la cantidad de energía cinética de las partículas de una masa gaseosa, líquida o sólida. Cuanto mayor es la velocidad de las partículas, mayor es la temperatura y viceversa, (Editorial Etecé, 2024).

5.1.4. Radiación solar

Es el proceso de transmisión de la energía del sol en el espacio, realizada mediante ondas electromagnéticas, (Quirós & Espinoza, 1986).

5.1.5. Velocidad del viento

Es una magnitud vectorial de comportamiento aleatorio. Requiere conocer la magnitud de las componentes de la velocidad, a lo largo del tiempo, respecto de un sistema de referencia, (Natalini & Natalini, 2013).

5.2. Suelo

El suelo está compuesto por minerales, materia orgánica, diminutos organismos vegetales y animales, aire y agua. Es una capa delgada que se ha formado muy lentamente, a través de los siglos, con la desintegración de las rocas superficiales por la acción del agua, los cambios de temperatura y el viento, (FAO, 1996).

5.2.1. Propiedades edáficas

Las propiedades edáficas incluyen las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo que resultan de fenómenos biológicos y geológicos o actividades antropogénicas. Las características químicas y físicas del suelo influyen en gran medida en la ecología y la evolución de las plantas y su biota asociada, (Goss & Ulery, 2013).

5.2.2. Propiedades hídricas

Las propiedades hídricas del suelo más relevantes son conductividad hidráulica [Ks], capacidad de campo [CC], punto de marchitez permanente [PMP], (Salazar & Khalajabadi, 2023).

- **Capacidad de campo**

Se denomina Capacidad de Campo (CC) a la cantidad de agua que el suelo es capaz de retener luego de ser saturado y dejado drenar libremente evitando evapotranspiración y hasta que el potencial hídrico se estabilice, (FAO, 2022).

- **Punto de marchitez permanente**

Se refiere al contenido de agua de un suelo que ha perdido toda su agua a causa del cultivo y, por lo tanto, el agua que permanece en el suelo no está disponible para el mismo, (FAO, 2022).

- **Conductividad hidráulica**

La conductividad hidráulica es un factor importante que determina el movimiento del agua en el suelo, estrechando una íntima relación con el escurrimiento superficial. La

determinación de la conductividad hidráulica refleja mejor las condiciones de campo, y la medida de esta a distintas profundidades, (Enríquez & Orozco, 2009).

5.2.3. Propiedades bioquímicas

- **pH del suelo**

El pH (potencial de hidrógeno) determina el grado de adsorción de iones (H+) por las partículas del suelo e indica si un suelo está acido o alcalino. Es el indicador principal en la disponibilidad de nutrientes para las plantas, influyendo en la solubilidad, movilidad, disponibilidad y de otros constituyentes y contaminantes inorgánicos presentes en el suelo, (FAO, 2024).

- **Materia orgánica**

La materia orgánica del suelo regula la fertilidad química, a partir de la cantidad de nutrientes que proveerá para las plantas, así como el mantenimiento de la biodiversidad y la estructura física de los suelos, pues esa materia permite que las partículas minerales se peguen entre sí y formen terrones. está compuesta principalmente de carbono, hidrógeno, oxígeno, nitrógeno, fósforo y azufre, (López, 2020).

5.3. Muestreo de suelos

Permite detectar las limitaciones del suelo, permitiendo determinar el uso más adecuado y las condiciones óptimas de manejo. Una muestra de suelo es la forma usualmente empleada para evaluar las características de este recurso. El objetivo con el cual se realiza el muestreo define la metodología a emplear, (Osorio, 2012).

5.3.1. Tipos de muestreo

Existen diferentes tipos de métodos de muestreo, como muestreo aleatorio simple, muestreo aleatorio estratificado, muestreo sistemático, etc. (Cervantes, 2014).

5.4. Uso potencial del suelo

Se conoce como uso potencial del suelo como el manejo máximo permitido o el empleo más intensivo que puede soportar el suelo sin deteriorarse, asegurando un rendimiento sostenido, si todas las condiciones económicas, sociales, institucionales, legales, tecnológicas, de localización geográfica, de accesibilidad, de infraestructura física y de servicios le fueran favorables, (Miguroma, 2004).

5.4.1. Clasificación de suelo

Existen diferentes sistemas para la clasificación de los tipos de suelos según diversas variables, en los tipos de suelos más comunes para los agricultores y ganaderos tenemos: suelos arcillosos, suelos limosos, suelos arenosos, suelos francos, (Contreras, 2022).

Por otro lado, tenemos la clasificación por capacidad de uso de la tierra que es un agrupamiento de un número de interpretaciones, que se hace principalmente para fines agrícolas. En la misma forma que se hace con todas las clases de interpretaciones, la clasificación por capacidad de uso comienza por las unidades de mapeo (el quebrado de campo), las cuales constituyen la piedra angular del sistema, (Marín, 1971).

Las clases agrológicas son:

Clase I: Suelos con pocas limitaciones, bien drenados, profundos, con buena capacidad de retención de humedad y fertilidad natural.

Clase II: Tienen algunas limitaciones que reducen la elección de plantas o requieren moderadas prácticas de conservación.

Clase III: Tienen severas limitaciones que reducen la elección de plantas o requieren prácticas especiales de conservación, o ambas a la vez.

Clase IV: Los suelos de la Clase IV tienen limitaciones muy severas que restringen la elección de plantas y requieren un laboreo muy cuidadoso.

Clase V: Suelos con escaso o ningún riesgo de erosión, pero con limitaciones que limitan su uso a praderas naturales o forestales.

Clase IV: Suelos con limitaciones permanentes.

Clase VII: Suelos inapropiados para uso agropecuario y que están relegados para propósitos de explotación de recursos forestales.

5.4.2. Sistemas agropecuarios

Los sistemas agropecuarios son las diferentes formas de producción que tienen como referente el concepto de sostenibilidad. En la búsqueda de la sostenibilidad se han formulado diversas estrategias, siendo la diversificación de los agro ecosistemas, aspectos claves para el desarrollo social y ambiental, (Blandón & Pérez, 2019).

5.5. Desarrollo sustentable

Está basado en el aprovechamiento de los recursos y potenciales naturales, económicos y sociales para lograr el desarrollo local con soberanía alimentaria, cuidando y generando agrobiodiversidad y diversificación productiva, (AGRECOL, 2024).

5.5.1. Desarrollo ambiental

Se enfoca en la generación de tecnologías sostenibles que aumenten la productividad agropecuaria, conjuntamente con la conservación de los recursos naturales, por lo que es necesario desarrollar un sistema de investigación con enfoque agroecológico con el objetivo de generar tecnologías que aporten a una agricultura sostenible, que involucre a todos los actores inmersos en la investigación agropecuaria, (Muñoz, 2017).

5.6. Manejo sostenible de los suelos

El buen manejo del suelo produce cultivos y animales que son más saludables, menos susceptibles a enfermedades y son más productivos. El suelo, el medio ambiente,

y la productividad se benefician cuando la productividad natural del suelo se administra de manera sostenible, (Sullivan, 2007).

5.6.1. Rotación de cultivos

La idea es cultivar más de un tipo de cultivo de forma rotativa en un mismo campo a lo largo del año. Los motivos para implementar un sistema de rotación de cultivos son diversos, y ayuda a mantener los niveles de nutrientes disponibles en el suelo, así como la estructura de éste, (Cherlinka, 2022).

5.6.2. Diversificación de cultivos

Permite que los suelos estén en un mejor estado general porque ayuda a reponer las capacidades del suelo en medida que cada cultivo tiene necesidades y aportaciones de nutrientes diferentes, ayuda a controlar las malezas y permite también romper con los ciclos de diversas plagas y enfermedades, (Morales, 2023).

5.6.3. Conservación de suelos

Conservar un suelo se refiere a llevar a cabo actividades que mantengan o aumenten la su salud, principalmente en áreas afectadas o propensas a la degradación, esto incluye la prevención o la reducción de la erosión, compactación y la salinidad, su conservación o drenaje; su mantenimiento o su mejoramiento de la fertilidad, (Soto, 2021).

5.7. Buenas prácticas pecuarias

Se conoce como Buenas Prácticas Pecuarias (BPP) a las condiciones y medidas necesarias para garantizar la inocuidad de los alimentos en la producción primaria. Es decir, en la crianza, desarrollo y engorde de los animales, (Peña & Hernández, 2016).

5.7.1. Manejo del suelo para pastizales

El suelo, un recurso invaluable a menudo subestimado, es fundamental para las actividades agropecuarias; los agricultores y ganaderos pueden identificar indicadores de su fertilidad, lo que les permite evaluar la idoneidad de sus terrenos. Para mejorar

esta fertilidad, en las fincas se pueden utilizar diversos abonos orgánicos, como bioles, compost, lombricultura, gallinaza y estiércol bovino, así como residuos de cosechas y de actividades culinarias, (Loja, 2023).

5.7.2. Sistemas silvopastoriles

Se definen como la integración de árboles, arbustos y pastos con la cría de animales, como ganado, ovejas o cabras, en un mismo terreno. Estos sistemas buscan aprovechar y potenciar las interacciones positivas entre los componentes forestales, agrícolas y ganaderos. Existen diversas modalidades de sistemas silvopastoriles, las cuales varían en función de los tipos de árboles, arbustos, pastos y animales involucrados, (Loja, 2023).

5.7.3. Alternativas de alimentación

Según la Universidad de La Loja, (2023), Las alternativas de alimentación para ganando está basado en los siguientes aspectos:

- **Formulación de dietas balanceadas**: Son dietas que cumplen con los requerimientos nutricionales específicos de cada grupo animal, considerando su etapa de vida, tamaño, actividad y metas de producción.

- **Calidad de los ingredientes**: Consiste en la utilización ingredientes de alta calidad y frescos para garantizar la disponibilidad de nutrientes esenciales y evitar contaminaciones o deterioro de los alimentos.

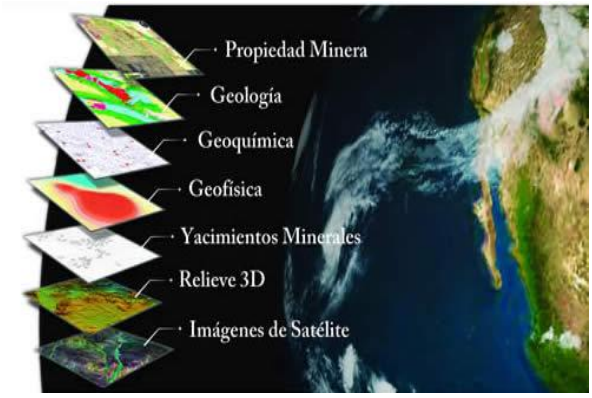
- **Acceso a agua limpia**: Es el acceso constante a agua fresca y limpia para mantener la hidratación adecuada y facilitar la digestión de los alimentos.

- **Monitoreo y ajuste de la alimentación**: Es el seguimiento regular del consumo de alimentos y ajuste de las raciones en función de las necesidades individuales de los animales, evitando deficiencias o excesos nutricionales.

5.8. Sistema de información geográfica

Conjunto integrado de medios y métodos informáticos, capaz de recoger, verificar, almacenar, gestionar, actualizar, manipular, recuperar, transformar, analizar, mostrar y transferir datos espacialmente referidos a la Tierra, (Servicio Geológico Mexicano, 2017).

Figura 1 Estructura de capas de información



Nota: Se muestran por capas las diferentes estructuras de información para diversos estudios (Servicio Geológico Mexicano, 2017).

5.8.1. ArcGIS

Es el software más empleado en el campo de los Sistemas de Información Geográfica, tiene como función el manejo de información geográfica por esta razón es empleado en diferentes campos como lo son: teledetección, gestión del territorio, gestión de riesgo de desastres, topografía, hidrología, urbanismo, geomática, entre otros, (Udemy, 2023).

VI. METODOLOGÍA

A continuación, se describe el diseño metodológico y el detalle las etapas metodológicas que se desarrollaran en el presente estudio para el cumplimiento de los objetivos planteados.

6.1. Diseño Metodológico

6.2.1. Según el enfoque de la investigación

Esta investigación posee un enfoque de carácter mixto, ya que se tomará en cuenta datos cuantificables, que permita medir los indicadores de las variables en estudio como sería en el caso de las propiedades edafoclimáticas. Por otro lado, en el enfoque cualitativo, se recolectará información de las características de la zona de estudio, como la clasificación y morfología de los suelos, el color, la textura permitiendo elegir criterios para proponer un aprovechamiento sustentable de la finca.

6.2.2. Según el alcance de los resultados

Se clasifica como investigación descriptiva correlacional. Descriptiva, porque se pretende caracterizar las condiciones actuales de los suelos y las prácticas de manejo. Correlacional, ya que se busca establecer relaciones entre las características del suelo y su uso potencial en la producción agropecuaria.

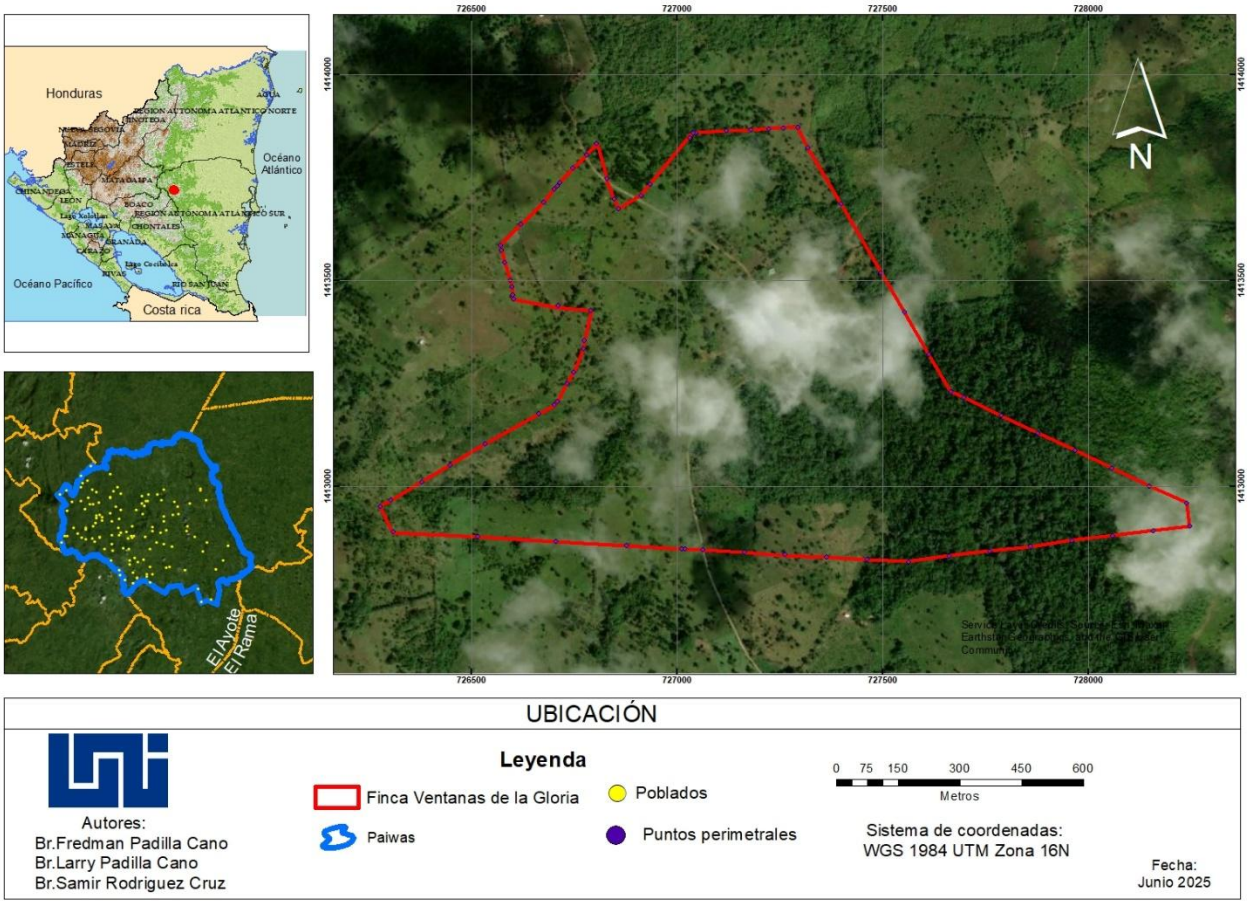
6.2.3. Según el tiempo de ocurrencia

La investigación será transversal, se llevará a cabo en un momento específico, recopilando datos y realizando análisis en un período definido, correspondiente al año 2026.

6.2. Localización

La Finca se encuentra ubicada en la comunidad de Las Minas, en el Municipio de Paiwas, en la RAAS, colindando con las comunidades de Santa Rita al Sur, al norte con La Estrella, al este con El Corozo y al Oeste con Los Ángeles, y se enmarca en las coordenadas UTM 727232.00 m E y 1413498.00 m N.

Figura 2 Mapa de ubicación.



Nota: Este mapa representa la localización del área de estudio, imágenes tomadas de Google Earth. (Elaboración Propia)

6.3. Fase de campo

6.3.1. Recolección de información preliminar

En esta sección se presentan las acciones correspondientes a la etapa inicial del proyecto, las cuales fueron registradas en una bitácora de campo, la que incluyó procedimientos y tablas de recolección de datos.

- Se realizó la selección y análisis de información relacionada a la identificación, descripción, clasificación y cartografía de los suelos; para ello se utilizó el Estudio del Catastro de los Recursos Naturales de Nicaragua (CRN, 1971).
- Se elaboró una síntesis morfológica, genética, taxonómica y de clasificación agrológica, de cada serie y fase de suelo.
- Se llevo a cabo un recorrido de campo por la zona para examinar las condiciones de trabajo.
- Se utilizó la herramienta Data Access Viewer (DAV), para la recopilación de datos climáticos de la zona.
- Se desarrolló una breve entrevista que permitió obtener información sobre las prácticas actuales de manejo de los suelos. Las preguntas realizadas se basaron en el formato de entrevista semi-estructurada, (ver **Tabla 76**).

6.3.2. Trabajo de campo

- **Muestreo de suelos**

Se realizaron observaciones (Barrenadas) en los puntos previamente seleccionados según a la fase de recolección de información preliminar, levantando datos de campo que permitieran elaborar los mapas de suelos y sus características, utilizando el método de la cuadrícula, debido a que brinda una cobertura uniforme, facilidad de análisis y mejor planificación de las actividades en campo.

Las barrenadas efectuadas fueron para conocer la textura, el color del suelo, drenaje, pendiente, indicios de erosión, entre otras características morfológicas que se detallaron en el formato correspondiente (Ver anexo 11.1.4).

- Se examinó el suelo, exponiendo una sección vertical o un perfil del mismo, según se muestra en la **Figura 20**, anexos 11.2.2.
- Del estudio del perfil realizadas se examinaron las características de color, textura, estructura, consistencia, presencia de gravas y raíces, moteados, etc.; las cuales serían las características y propiedades que corresponderán a las series de suelo encontradas en la finca.

➢ **Análisis de Laboratorio**

De las barrenadas realizadas se seleccionaron muestras que fueron enviadas al laboratorio para corroborar la textura, que será la base para nuestro mapeo de suelo.

Las muestras de suelo extraídas de las calicatas se enviaron a un laboratorio acreditado para evaluar las propiedades físicas (textura, estructura), químicas (pH, nutrientes principales: Micro y macroelementos) y biológicas (Materia orgánica, actividad microbiana).

➢ **Descripción de perfiles de suelo**

1. Se seleccionaron los puntos de las calicatas, tomando en cuenta los criterios establecidos por la guía de descripción de perfil de suelo obtenidas de INETER basados en estudios de la FAO y la USDA.
2. Realizamos calicatas de 1.20 m de largo x 1.50 m de ancho y 0.60 m de profundidad, para poder exponer el perfil de suelo en dónde se pudiera observar, describir y muestrear los horizontes que comprenden dicho perfil.
3. Orientamos cada calicata a la exposición de la luz solar procurando una uniformidad de iluminación de modo que se aprecien los horizontes sin ningún problema.

Tabla 1 Lista de materiales.

MATERIALES USADOS		
Pala	Coba	Cinta Métrica
Cuchillo edafologico	Cámara	

Nota: Elaboración propia

Según la Guía de Descripción de suelo, se debe de obtener dos tipos de información del perfil en estudio, siendo las siguientes: (Ver Anexo 11.1.4, **Tabla 59** Descripción del perfil del suelo).

- **Procedimiento de descripción**

Para esta actividad se realizaron los siguientes pasos:

- La delimitación y nominación de los horizontes: Para describir el perfil y todas las características morfológicas del suelo, lo primero que realizó y quizá la tarea más difícil es la identificación de los horizontes genéticos presentes.
- El establecimiento de la profundidad a la que se encuentra cada horizonte: Se comenzó desde la superficie y se indicó el rango de profundidad para cada uno de los horizontes, la dimensión se tomó en centímetros (cm).
- Identificación y tipificación de todas las características morfológicas de cada horizonte, preferentemente en el siguiente orden: Color, textura y gravas, estructura, consistencia, presencia de carbonatos, alófono, concreciones de manganeso y otras, porosidad, presencia de raíces y límites de los horizontes.

- **Muestreo en el perfil de suelo**

- Luego de haber trabajado en cada horizonte del perfil, se procedió a tomar una muestra de suelo por cada uno de ellos con el motivo de realizarles su análisis físico y químico en el laboratorio.
- Con ayuda de un cuchillo edafológico extrajeron las muestras de suelo de cada horizonte, priorizando la parte céntrica.
- Al mismo tiempo con un cilindro de aluminio, con medidas ya conocidas, se extrajeron muestras complejas e inalteradas para la determinación de la densidad aparente (Da).
- Las muestras de suelo se ubicaron en una bolsa plástica, con una cantidad de 2lb. Aproximadamente, con su respectiva etiqueta de identificación (número de calicata, número de lote, nombre del lote, profundidad).

- De la misma manera, las muestras de densidad aparente se colocaron en bolsas con su respectiva identificación, para luego procesarlas en el laboratorio.

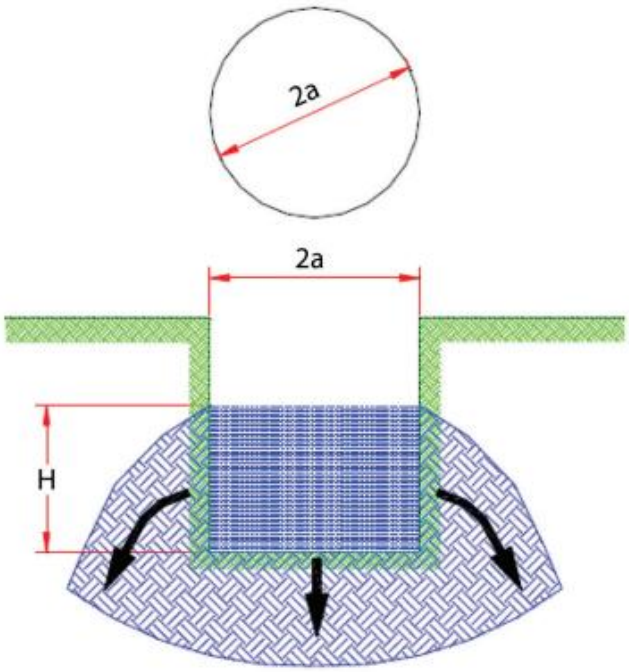
➢ Pruebas de velocidad de infiltración

Para las pruebas de velocidad de infiltración se utilizará el método del **Método de Porchet:** consiste en un agujero cilíndrico excavado en la tierra, de radio y profundidad constante en el cual se mide el descenso del nivel del agua dentro del pozo a través del tiempo; Una vez alcanzada la saturación del terreno adyacente al pozo, la velocidad de infiltración será casi constante. Bajo estas condiciones, suponiendo conductividad hidráulica constante aplicando la ley de Darcy (Daniel Rene Luna Saez, 2003), la infiltración total (Q) será igual a:

(1)

$$Q = A * K_{fs} * \frac{dE}{dz}$$

Figura 3 Esquema del método de porchet, utilizado en el campo.



Nota: (Alvarado & Barahona, 2016)

Si se considera que el flujo que ingresa al suelo por el fondo y las paredes escurren con gradiente hidráulico unitario, la expresión queda reducida a:

(2)

$$\boldsymbol{Q = A * K_{fs}}$$

Como el agua se infiltra tanto por las paredes como por el fondo del pozo, el área total de infiltración en un instante cualquiera t_i es:

(3)

$$\mathrm{A(t_i) = 2 * \pi * a * H(t_i) + \pi * r^2}$$

Donde $\mathrm{A}(t_i)$ es la superficie sobre la cual se infiltra el agua en el suelo en el tiempo t_i $[L^2]$, a es el radio del pozo $[L]$ y $H(t_i)$ es el nivel del agua en el pozo en el tiempo t_i $[L]$ y el caudal se expresa entonces por:

(4)

$$\mathrm{Q(t_i) = 2 * K_{fs} * \pi * a * (H(t_i) + a/2)}$$

Por otro lado, si durante el intervalo de tiempo dt el nivel de agua desciende una altura dh, la cantidad de agua infiltrada en el suelo es igual a:

(5)

$$\mathrm{Q(t_i) = -\pi * a^2 * \frac{dh}{dt}}$$

Que integrando entre los limites $H_1\, y\, H_2$, igualando con la ecuación y despejando K_{fs} se obtiene:

(6)

$$K_{fs} = \frac{a}{2 * (t_1 + t_2)} * Ln\left[\frac{2 * H_1 + a}{2 * H_2 + a}\right]$$

Donde H_1 y H_2 son las alturas de agua medidos en el instante $t_1\, y\, t_2$ respectivamente.

6.4. Diseño de plan de aprovechamiento sustentable

Finalizado el trabajo de campo y en consulta con expertos del sector agronómico y especialistas en manejo de suelos se diseñó un plan de manejo sostenible que incluye las siguientes actividades:

- Integración de Resultados: Se integraron los hallazgos de cada etapa para identificar las fortalezas y debilidades en el manejo actual de los suelos.
- Elaboración del Plan de Manejo: Se propusieron prácticas sostenibles como la rotación de cultivos, conservación de suelos y el uso eficiente de recursos hídricos.

Esto nos proporcionara un plan a corto y largo plazo con respecto a tomas de decisiones basadas en el estudio de los suelos, adaptándose a las condiciones específicas de la finca.

VII. ANALISIS E INTERPRETACION DE RESULTADOS

El presente análisis de resultado se basa en un estudio integral realizado en la Finca Ventanas de la Gloria, con el objetivo de comprender a fondo las condiciones y el potencial productivo del suelo. El análisis e interpretación de la información recopilada en estas áreas permitirán identificar las fortalezas y debilidades del sistema productivo actualmente, en base a las características generales de la finca, sus propiedades edafoclimáticas, hidrofísicas y bioquímicas; sentando las bases para realizar una propuesta en pro del desarrollo eficiente y sostenible de la finca.

7.1. Características Generales de la Finca Ventanas de la Gloria

7.1.1. Acceso, extensión y uso actual del suelo

La finca tiene una extensión de 106 hectáreas, tiene acceso a carretera invierno y verano que prácticamente la divide en dos. Actualmente gran parte de la finca el uso del suelo es para ganadería tradicional, correspondiente a 80 ha aproximadamente, aunque suele sembrarse maíz y frijoles según la información recopilada en la entrevista realizada; sin embargo, no es de las actividades que predominen en la finca. Cabe mencionar que existe una reserva natural correspondiente a 25 ha aproximadamente. (Ver Anexo 11.4, **Mapa 5** Mapa de uso actual).

7.1.2. Actividades agropecuarias actuales

Ganadería: La principal actividad de la finca es la ganadería, dedicándose tanto al ordeño, como al desarrollo y engorde de terneros.

Cultivo de pastos: La principal fuente de alimento para el ganado en la finca, es el pasto natural que crece en la zona, como se muestra en el mapa de uso actual (¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**)**, sin embargo, se ha optado por comenzar con labores de siembra de pasto, ampliando la cantidad y calidad de alimento forrajero para los animales, entre las variedades que se han sembrado tenemos brachiaria y mombasa, que han aportado significativamente en la producción de leche y carne.

Rotación de Pastos: para racionalizar de manera óptima la cantidad de alimento disponible para los animales en la finca, se aplica una rotación de potreros, que permite evitar el sobrepastoreo, dándole los días de ocupación y de descansos necesarios.

Agricultura: esta no es de las principales actividades de la finca, sin embargo, de vez en cuando realizan siembra de frijoles y maíz en pequeñas cantidades, mayormente solo para el consumo de la casa.

Esta Información fue valiosa para poder realizar el mapa de uso actual de la finca, ya que esta no contaba esa información representada de esta manera (Ver anexos 11.4, Mapa 5).

7.2. Análisis de las Propiedades Edafoclimáticas, Hidrofísicas y Bioquímicas

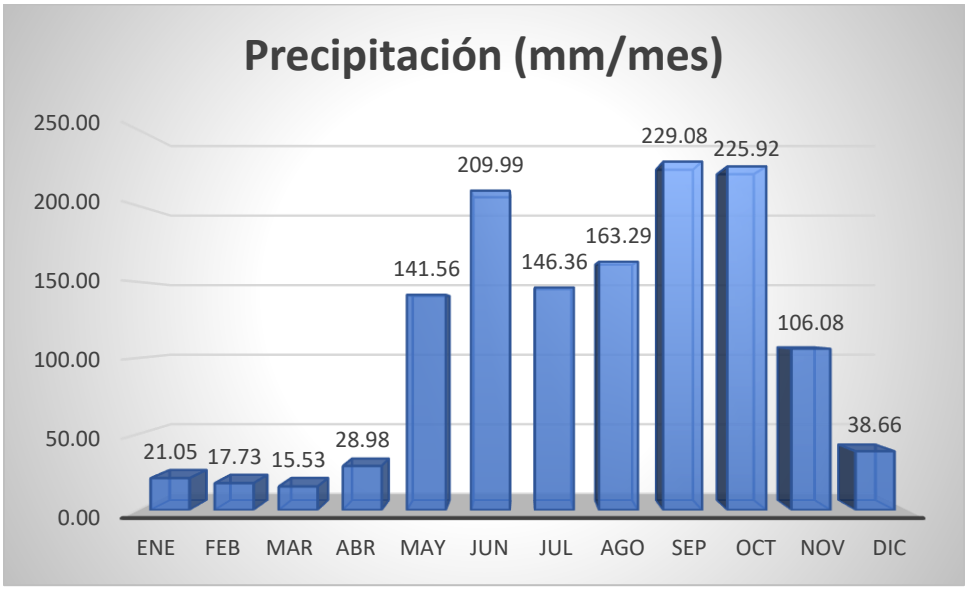
7.2.1. Propiedades Climáticas

En el presente estudio se decidió realizar análisis climático tomando una serie temporal de 20 años, que abarca datos desde el año 2005 hasta el 2025, con el objetivo de comprender patrones, tendencias y variaciones significativas de cada elemento a analizar, permitiéndonos entender y evaluar de mejor manera el comportamiento atmosférico de la región y la influencia que ha tenido en el suelo de la zona de estudio.

- **Precipitación**

En los 20 años correspondientes al periodo de análisis, se han acumulado aproximadamente 26,883.90mm, las precipitaciones de la zona ascienden a más de 1,300 mm anuales, lo que indica una buena cantidad de agua disponible para cultivos, pero es importante tomar en cuenta que más del 80% de esta precipitación anual se concentra entre el mes de mayo y el mes de octubre, lo que nos indica la presencia de un periodo lluvioso largo y un periodo seco corto, ya que los otros meses posteriores a estos meses lluviosos no dejan de tener precipitaciones considerables.

Figura 4 Precipitación en la Finca



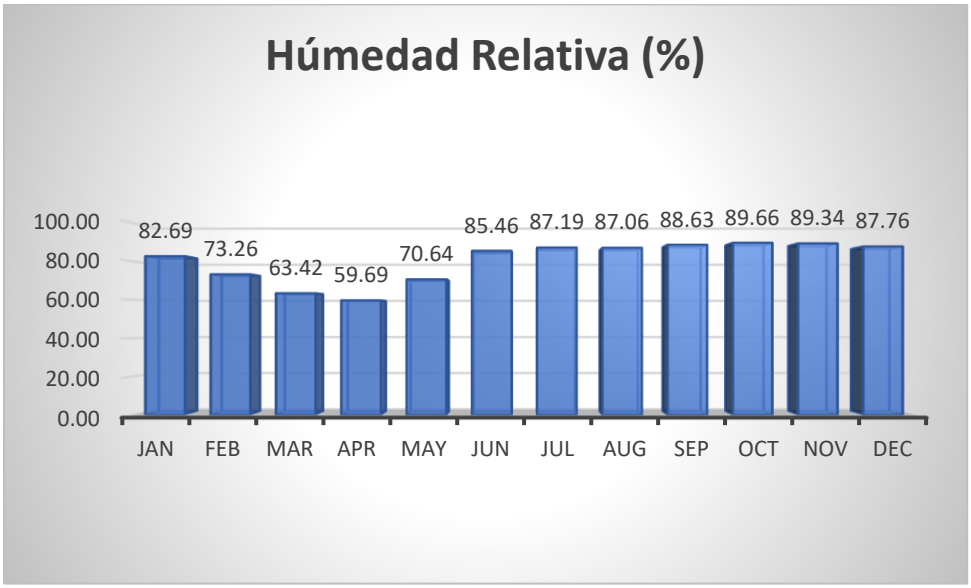
Nota: Elaboración propia

Debido a que en estos meses de mayo a octubre se concentra más del 80% de las precipitaciones (1,116.18mm) según se observa en la gráfica de la **Figura 4**, junto con las texturas de suelo y relieve de la finca, se provocan en ciertos puntos del terreno encharcamientos prolongados (pegaderos), por lo tanto es importante tener presente que estas precipitaciones pueden repercutir en el rendimiento de los suelos, ya que puede ser causa de erosión hídrica del mismo, removiendo nutrientes y afectando directamente al cultivo o al manejo de los animales.

- **Humedad Relativa**

La zona de estudio presenta un periodo lluvioso largo y buenas precipitaciones esto influye de gran manera en la humedad relativa de la zona, ya que como podemos observar en la gráfica de la **Figura 5** la humedad relativa promedia arriba del 70% en todo el año los cual favorece considerablemente a la conservación de humedad y la vida microbiana en el suelo, solo teniendo picos bajos de humedad entre el mes de marzo y abril comparados con el resto de los meses, pero que no descienden del 60% de humedad, lo cual es un muy buen porcentaje muy positivo tomando en cuenta que es de los meses que menores precipitaciones y que mayor radiación solar presentan.

Figura 5 Humedad relativa de la zona de estudio.



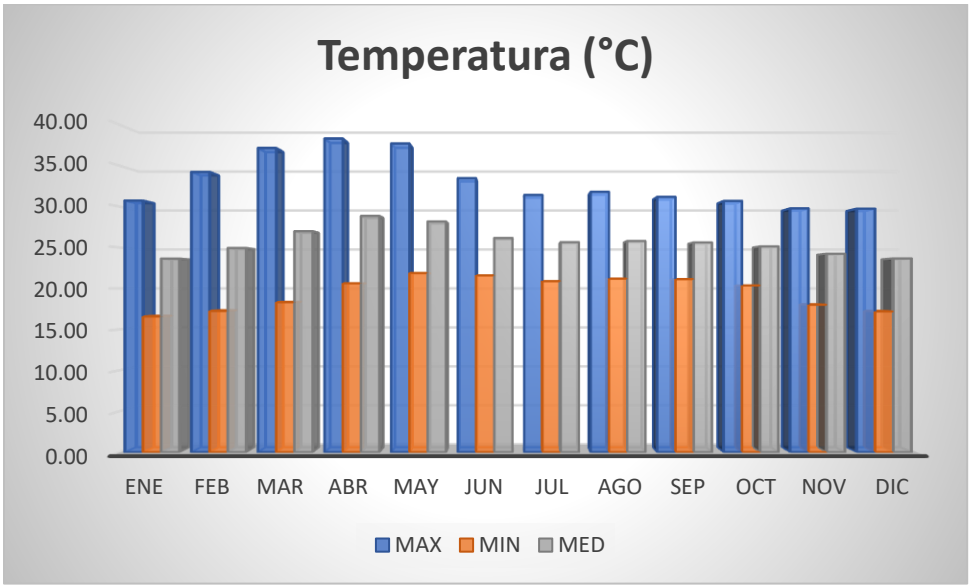
Nota: Elaboración propia

Al tener una relación de humedad alta y beneficiar la microbiota del suelo, también puede ser capaz de brindar un ambiente propicio para el desarrollo de enfermedades fúngicas en los cultivos, lo que podría desfavorecer al rendimiento y uso potencial del suelo.

- **Temperatura**

Las temperaturas máximas de la zona son de 38.29 ºC en el mes de abril con un rango de amplitud de 17.66 ºC con respecto a la mínima del mismo mes de 20.63 ºC obteniendo así una temperatura promedio de 28.85 ºC, y 23.64 ºC de temperatura promedio en enero siendo este el mes con menor temperatura y con un rango de amplitud de 14.14 ºC entre la temperatura máxima de 30.71 ºC y la mínima de 16.57 ºC según nos muestra la gráfica de la **Figura 6**.

Figura 6 Temperatura de la zona.



Nota: Elaboración propia

A pesar de que las temperaturas promedio de la zona están en un ambiente ideal para la mineralización de la materia orgánica, la presencia de amplios rangos de amplitud de temperatura tiende a someter a cierto estrés a los microorganismos del suelo. Esto es importante tenerlo claro puesto que los picos de máxima temperaturas generan mayor evapotranspiración, reducen la humedad del suelo y al combinar todo esto junto con altas temperaturas y baja humedad del suelo puede acelerar la oxidación de materia orgánica afectando la fertilidad, la capacidad de retención de agua y es más propenso a la erosión.

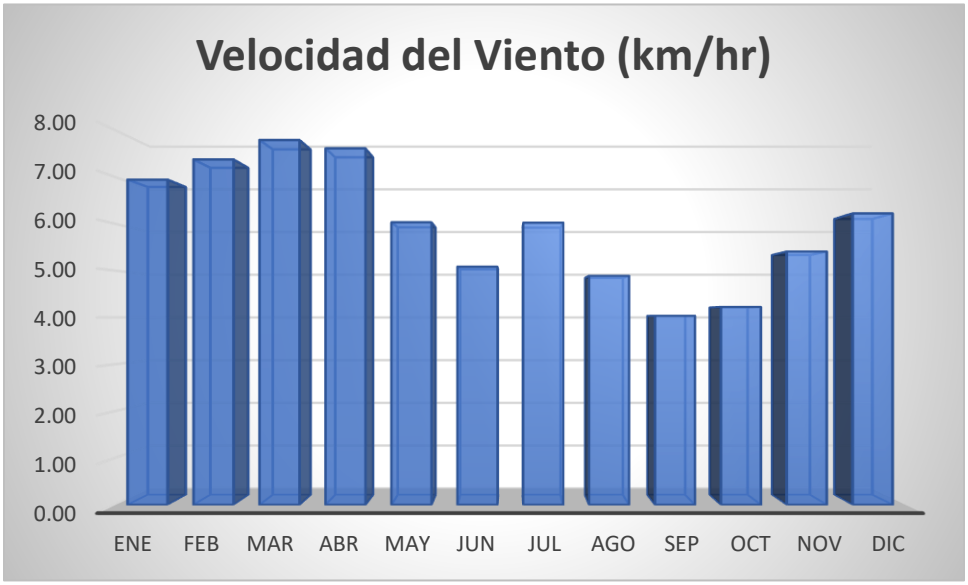
- **Velocidad del viento**

Al tener una velocidad del viento promedio menor a 6 km/hr, es favorable para el uso potencial del suelo, puesto que representa poco riesgo de erosión.

Los meses que presentan mayor velocidad del viento según nos muestra la gráfica en la **Figura 7**, son los meses con menores precipitaciones, mayor radiación solar y mayores temperaturas lo que significa un riesgo para el uso potencial del suelo, ya que puede dar lugar a indicios de erosión eólica debido que en estos meses al presentar menos precipitación y mayor radiación solar, el suelo tiende a estar seco y suelto, facilitando al viento el arrastre de partículas de suelo y nutrientes, al igual que puede

incrementar la evaporación de agua del suelo y la transpiración de las plantas. (dado a que la velocidad del viento puede eliminar el aire húmedo y cambiarlo por aire más seco).

Figura 7 Velocidad del viento.



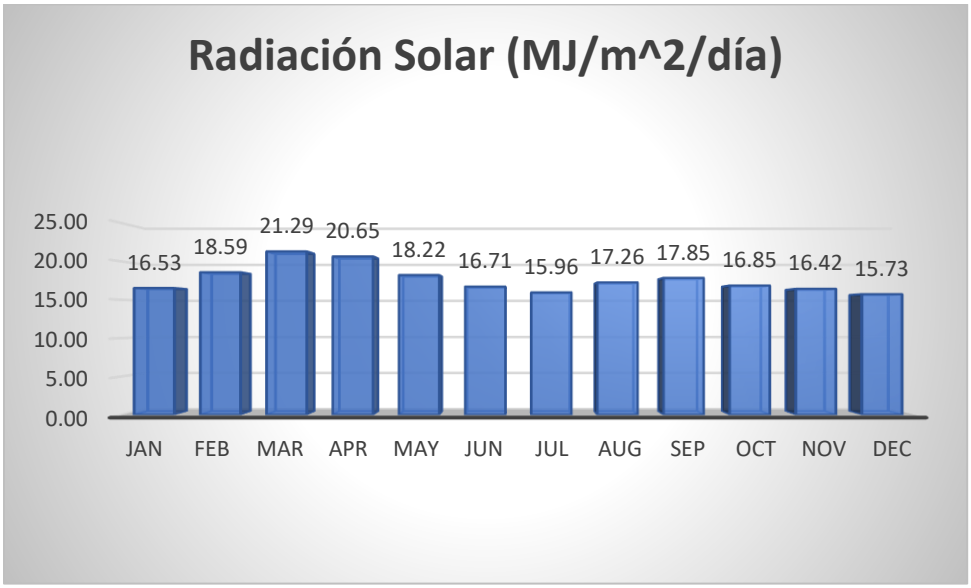
Nota: Elaboración propia

La velocidad del viento de la zona es moderada, y puede ser beneficiosa para la dispersión de polen en pasto, aunque junto con los demás elementos climáticos puede afectar al secar los pastos y con ello reducir la calidad forrajera, brindando menor valor nutritivo al ganado, al igual que provocar estrés térmico o perdida de condición corporal en los meses más seco.

- **Radiación Solar**

Los datos obtenidos están dentro de un rango de radiación solar muy provechosa y óptima para la mayoría de los cultivos, que según la gráfica de la **Figura 8** es de 15-20 MJ/m2/día, brindando luz esencial para la fotosíntesis y a la misma vez estimula la producción de biomasa y el retorno de materia orgánica al suelo.

Figura 8 Radiación solar



Nota: Elaboración propia

Los meses de mayor radiación solar están estrechamente relacionados con los meses de mayores temperaturas, ayudando a la mineralización de la materia orgánica, lo que sugiere en estos meses puedan implementarse prácticas para la acumulación de materia orgánica y poder obtener un mayor beneficio para el uso potencial del suelo en este periodo.

El intemperismo del suelo está directamente influenciado por diversos elementos climáticos entre ellos lo analizadas en este estudio. Los datos obtenidos de radiación solar y humedad relativa impulsan la producción de biomasa, de materia orgánica y son propicios para una saludable vida microbiana del suelo que ayude a la descomposición y mineralización de estos. Por otro lado, las altas temperaturas y sus rangos de amplitud sumado con las altas precipitaciones de la zona, juntos son aceleradores de la fragmentación de partículas de rocas y minerales del suelo; las precipitaciones y los vientos a pesar de no ser fuertes, participan en el arrastre de todas estas partículas.

Aunque cada elemento por separado parezca inofensivo para causar desgaste, descomposición o desintegración de las rocas y minerales, todas juntas tienen el poder de modificar la estructura, fertilidad, capacidad de retención de agua del suelo, por lo que

se requiere un manejo adecuado, para garantizar la sostenibilidad y potencial productivo de los suelos.

A continuación, en la **Tabla 2**, se resumen los parámetros climáticos del área de estudio, lo cual nos dice que, Según Köppen, con temperaturas >18 °C y lluvias >1000 mm/año, encajaría en clima tropical húmedo (Af o Am), por otro lado, según Thornthwaite, por la alta precipitación y humedad relativa, sería un clima húmedo mesotérmico y Según la FAO y criterios agroclimáticos, corresponde a una zona cálida y húmeda tropical.

Tabla 2 Resumen de propiedades climáticas de la zona de estudio.

PROPIEDAD	U/M	PROMEDIO	INTERPRETACIÓN
Velocidad del viento	Km/hr	5.97	Viento bajo a moderado, lo cual se puede decir que no limitantes para cultivos
Temperatura	ºC	25.73	Corresponde a un clima cálido, típico de regiones tropicales bajas y medias.
Humedad Relativa	%	80.4	Revela un ambiente muy húmedo, propicio para alta transpiración y riesgo de enfermedades fúngica en cultivos
Precipitación	mm/mes	112.02	Esto es equivalente a unos 1,344 mm/año aproximadamente lo que corresponde a un clima con lluvias abundantes
Radiación Solar	(MJ/m^2/día)	16.68	Nivel alto de radiación, favorable para fotosíntesis y cultivos de ciclo corto como el maíz, frijol, hortalizas tropicales

Nota: Elaboración propia

La zona presenta temperaturas medias cálidas aproximadamente de 25.7 °C, humedad relativa elevada se reporta hasta el 80 % y precipitación anual alta de 1,344 mm, condiciones que favorecen altos procesos de meteorización y una rápida dinámica de materia orgánica en el suelo. La radiación diaria elevada con dato promedio de 16.7 MJ/m², lo que sugiere buena capacidad fotosintética, pero combinada con la humedad implica riesgo de enfermedades fúngicas y mayor lixiviación de nutrientes.

La velocidad del viento baja-moderada reduce la erosión eólica, aunque no mitiga la erosión por escorrentía en pendientes durante eventos pluviales intensos. En este estudio, los factores climáticos se han considerado como condicionantes principales en el desarrollo del suelo y su disponibilidad de nutrientes, lo cual se abordarán en los acápites siguientes. También, la alta precipitación eleva la posibilidad de anegamiento en sectores con drenaje deficiente y favorece procesos reductivos que afectan disponibilidad de **N** y **P**.

La humedad constante también acelera la descomposición microbiana, por lo que la dinámica de materia orgánica será rápida y variable estacionalmente. En conjunto, el clima define un escenario de suelos con alta demanda de manejo de drenaje, control de pérdidas por lixiviación y estrategia fitosanitaria preventiva. Esto orienta el plan y las recomendaciones agronómicas hacia prácticas que mantengan estructura y retengan nutrientes.

7.2.2. Propiedades Suelo

- **Muestreo de suelo**

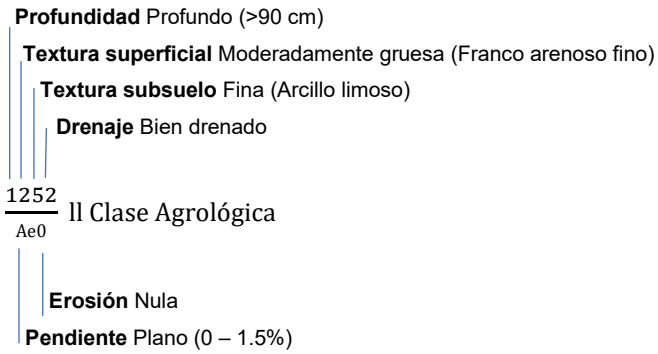
Para la ejecución del muestreo de suelo correspondiente a la presente investigación por medio de barrenadas, se optó por el método de la cuadricula como estrategia para ubicación de puntos a realizar el muestreo, estableciendo un marco de referencia de 200m x 200m como se muestra en el mapa de barrenadas (Ver anexo 11.4, **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia. 1**). Esta disposición permitió cubrir de manera sistemática y homogénea el área de estudio con un aproximado de 4 barrenadas por hectáreas. En la mayoría de los puntos en los primeros centímetros (0-30 cm aprox.) de profundidad obteníamos suelos franco-arcillosos seguido de una muy marcada presencia de arcilla que generalmente iba desde los 30cm hasta finalizar el muestreo del punto (90cm).

- **Unidades de mapa de suelos de campo**

Los quebrados de campo de cada barrenada se exponen en la **Tabla 3**, en la siguiente página, donde en cada uno de ellos muestran las características principales de

los suelos encontrados, como lo son la textura, pendiente, drenaje, erosión entre otros analizados anteriormente.

Los quebrados de campo son fórmulas que se generan a partir de información in situ en cada lugar de muestreo, los cuales están conformado primeramente por el nombre del suelo es cuestión, ya sea el nombre del lote o finca, luego esta precedido por una fracción, donde el numerador representa las características del suelo y el denominador presenta deficiencias y limitantes del mismo, al terminar se le ubica la clase agrologica a la cual pertenece dicho suelo.



Una vez originados todos los quebrados de campo, de proceden a correlacionar todas las observaciones (barrenadas), tomando en cuenta la similitud de cada una con respecto a otra, no olvidando también analizar qué factores de formación de suelos actúan sobre esta unidad de suelo; de esta manera se genera la **Tabla 3**, exponiendo las principales unidades de mapa de suelo en campo.

Tabla 3 Quebrado de campo.

FINCA VENTANAS DE LA GLORIA	
ID CAMPO	**QUEBRADO DE CAMPO**
P1	$1552/Ae_0$ ll
P2	$1252/Ae_0$ l
P3	$1252/Be_1$ ll
P4	$1553/Ae_1$ lll
P5	$2342/Ee_e$ Vl
P6	$1442/Be_0$ ll
P7	1352/Ae0 l
P8	$1252/Ce_0$lll
P9	$1352/Ae_0$l

P10	1442/Ae_1ll
P11	1352/Ae_0 l
P12	1542/Ae_0 ll
P13	1343/Be_e lll
P14	1352/Be_0 ll
P15	1442/Ae_2 lll
P16	1452/Ae_0 l
P17	1452/Ce lll
P18	1452/DeIV
P19	1452/Ee_0Vl
P20	1452/Bee lll
P21	1452/Ee_e Vl
P22	1453/Be_0 lll
P23	1442/Be_e ll

Nota: Elaboración propia

Tabla 4 Resumen de unidades de suelo.

FINCA	NOMBRE DEL SUELO	SIMBOLOGÌA	QUEBRADO DE CAMPO
VENTANAS DE LA GLORIA	El Naranjo	NJ	1252/Ce_0III
			1452/Ce_1III
			1452/De_1IV
			1452/Ee_0VI
	Gloria	GL	1252/Ae_0I
			1252/Be_1II
			1352/Ae_0I
			1352/Ae_0I
			1343/Be_0III
			1352/Ae_0I
			1352/Be_0II
			1442/Be_0II
			1442/Ae_1II
			1552/Ae_0II
	Santa Ana	SA	1442/Ae_2III
			1442/Be_0II
			1452/Ae_0I
			1452/Be_2III

	1452/Ee_0VI
	1453/Be_0III
	1553/Ae_1III
	1542/Ae_0II
	2342/Ee_0VI

Nota: Elaboración Propia

Para la delimitación de las unidades de suelo se consideraron principalmente criterios observados en el quebrado de campo, donde se agrupan las barrenadas que presentan similitud en sus características. Entre los aspectos empleado para la clasificación se destaca principalmente el grupo textural, de igual manera se tomó en cuenta la pendiente y el grado de erosión. Estos parámetros permiten establecer unidades de suelo homogéneas, facilitando tanto la interpretación de las condiciones del suelo como la planificación de su manejo y uso potencial. Esta parte del análisis constituyó una referencia para establecer los puntos a realizar las calicatas.

- **Unidades cartográficas**

Las unidades cartográficas representan los suelos de la finca Ventanas de la Gloria se detallan en la **Tabla 5**, donde en cada unidad se detallan los códigos de los nombres del suelo y los principales factores que se distinguen son la pendiente, el drenaje y la erosión.

Estas unidades, a las cuales se les denomina también unidades cartográficas editadas, se muestran en anexos 11.4 , **Mapa 2**.

Tabla 5 Unidades cartográficas de los suelos

FINCA	NOMBRE DEL SUELO	PENDIENTE	UNIDAD CARTOGRÁFICA
VENTANAS DE LA GLORIA	El Naranjo (NJ)	C	NJc2e_0III
			NJc2e_1III
		D	NJd2e_1IV
		E	NJe2e_0VI

Gloria (GL)	A	$GLa2e_0I$
		$GLa2e_0II$
		$GLa2e_1II$
	B	$GLb2e_1II$
		$GLb2e_0II$
		$GLb3e_0III$
Santa Ana (SA)	A	$SAa2e_0I$
		$SAa2e_0II$
		$SAa2e_0II$
		$SAa2e_1III$
		$SAa2e_2III$
	B	$SAb2e_0II$
		$SAb2e_2III$
		$SAb3e_0III$
	E	$SAe2e_0VI$

Nota: Elaboración propia

Se observa que algunas unidades presentan nomenclaturas idénticas en sus componentes principales, pero difieren en su clase agrologica; esta variación técnica se atribuye a que la textura actúa como un factor determinante que penaliza el potencial del suelo. Al ser un parámetro limitante en la aireación, retención hídrica, en el desarrollo radicular, etc., la textura puede degradar la clasificación de una unidad hacia una clase superior (más restrictiva) a pesar de compartir condiciones de relieve o erosión similares, definiendo así la aptitud real para el manejo agrícola en cada unidad de suelo.

- **Descripción del perfil de suelo.**

Una vez definidas las series de suelos con sus nombres asignados se realizó la descripción del perfil del suelo correspondiente a los puntos de calicatas seleccionados, los cuales fueron anotados en los formatos campo (ver anexo 11.1.4, **Tabla 59**), esto con el fin de diferenciar los horizontes del suelo e identificar las características físicas que se detallan a continuación:

Textura: En esta finca predomina la presencia de texturas finas (Arcilla liviana), aunque se obtuvo presencia de texturas medias (Franco) en las primeras capas del Perfil 1 y texturas moderadamente finas (Franco arcilloso) en la primera capa del Perfil 2, a excepción del tercer perfil que fue Arcilloso en todos los horizontes, información más a detalle ver anexos 11.1.5.

Color: Las variaciones van desde el 10YR4/4 en la primera calicata que nos indica un color pardo oscuro tanto en seco como en húmedo, muestra de una composición estable y buena cantidad de materia orgánica. También nos encontramos con tonalidades como 10YR5/4, 2.5YR4/6 y 10YR6/3 (pardos claros o amarillentos y rojizos ver anexos 11.2.2, **Figura 22**) en seco evidenciando la presencia de óxidos de hierro y la deficiencia de nitrógeno (Ver anexos 11.1.2) que evolucionan a 7.5YR5/4 y 10YR6/4 (Pardos oscuros y pardos claros un poco más intensos) en húmedo, característico de suelos con fuentes de nutrientes como el fósforo según se observa en anexos 11.1.2 y 11.1.5. A través de estos colores podemos observar el estado de oxidación del suelo y la potencial presencia de elementos como el hierro y humos que son cruciales para la fertilidad y manejo del suelo (Ver análisis bioquímico **Tabla 10** a la **Tabla 15** y resultados de laboratorio en anexos 11.1.2)

Profundidad: Se determinó que la finca dispone de suelos profundos, debido a que los 3 puntos de análisis que se determinaron presentaron suelos con una profundidad mayor a los 90cm, ver anexos 11.2.2, **Figura 20**, misma profundidad que nos facilitó poder detallar la transición de horizontes. Esta profundidad permite un mayor desarrollo radicular facilitando a las plantas la exploración de agua y nutrientes.

Relieve: El relieve del sitio de estudio se clasifica como Alomado-Colina para el punto 1, planicie volcánica ondulada y alomada para el punto 2 y planicie ondulada para el punto 3, esta nos permite entender mejor la distribución de humedad del terreno, (ver anexos 11.2.2, **Figura 25**).

Pendiente: En la zona de estudio nos encontramos con dos tipos, pendiente B y C, en los puntos 1 y 3 encontramos con una pendiente de 8% correspondiente a tipo B y con una pendiente de 10-15% a tipo para el punto 2 de estudio. Estas pendientes forman

parte de las condiciones que influyen en los procesos de erosión y drenaje superficial de la finca.

Escurrimiento superficial: Al igual que en la pendiente tenemos dos tipos, en el punto 2 nos encontramos con escurrimientos superficiales moderadamente rápido y moderados para los puntos 1 y 3, pudiendo observar de manera palpable la estrecha relación entre la pendiente del terreno y su escurrimiento superficial.

Uso actual: Esta característica la comparten los puntos de estudio, debido a que se realizaron en zonas con ganadería extensiva, pasto natural con árboles y palmas dispersas.

Consistencia: La consistencia del suelo para los 3 sitios de estudios se determinó que tienen una consistencia en húmedo Friable, estos nos indica que nos encontramos con un suelo con contenido de humedad dentro de rangos óptimos según la textura y otras características del terreno.

Poros: Al igual que en la consistencia, las 3 muestras cuentan con las mismas características, con abundantes poros favoreciendo la infiltración y movimiento del agua, aireación del suelo y a obtener un mejor desarrollo radicular.

Raíces: Debido a que los poros del suelo nos ayudan a un mejor desarrollo de las raíces, en las primeras capas de los 3 puntos podemos encontrar abundantes y mucha presencia de raíces y muy pocas o pocas en las siguientes capas, a excepción del punto 3 en la cual no cuenta con presencia de raíces en su tercer horizonte ver **Figura 17**, anexos 11.2.2.

Durante la selección y apertura de las calicatas se realizaron observaciones generales tanto al interior como al entorno, permitiendo contemplar la biota y vegetación de la zona. Encontramos presencia de grama natural y se identificaron diferentes variedades de árboles como Palo de agua, Guapinol, Jiñocuabo, Caoba, Roble, Laurel, Capirote, Corozo, Nancite, Ceiba, jícaros, Guácimos, Guarumo, etc.; también actividad biológica en el suelo, como la presencia de lombriz de tierra.

7.2.3. Propiedades hidrofísicas

El análisis de las propiedades hidrofísicas del suelo, constituyen un aspecto fundamental para comprender su comportamiento frente al agua y su influencia en la disponibilidad hídrica para los cultivos. Parámetros como la capacidad de campo, la velocidad de infiltración y la capacidad de retención de agua nos permite evaluar la eficiencia del suelo para almacenar y suministrar humedad en el perfil radicular, así como sui respuesta ante eventos como precipitaciones.

- **Capacidad de campo**

La capacidad de campo representa la cantidad de agua que el suelo puede retener después de haberse drenado el exceso de humedad gravitacional, en nuestros suelos obtuvimos capacidades de campo desde 34.83% hasta 37.36%, lo que constituye un indicador clave de su capacidad de almacenamiento hídrico disponible para las plantas. Los porcentajes registrados se presentan a continuación en la **Tabla 6** y en anexos 11.2, **Figura 15**.

Tabla 6 Capacidad de campo.

% CAPACIDAD DE CAMPO					
MUESTRA	**TEXTURAS**	**24 HRS**	**48HRS**	**72HRS**	**%C.C PROMEDIO**
1	FA	65.38%	38.01%	32.46%	
2	A	72.99%	46.47%	40.51%	37.36%
3	A	44.25%	43.38%	39.11%	
4	FA	56.04%	33.10%	28.34%	
5	A	45.94%	43.08%	39.78%	36.50%
6	A	48.28%	45.35%	41.38%	
7	A	45.65%	38.99%	35.51%	
8	A	58.87%	41.35%	38.25%	34.83%
9	FA	39.58%	36.98%	30.73%	

Nota: Elaboración Propia

En el área de estudios, los valores obtenidos muestras variaciones asociadas principalmente a la textura y estructura del suelo, factores que determinan la proporción de poros capaces de retener agua, obteniendo una capacidad de campo clasificada como media, esto debido al contenido de arcilla liviana presente en el suelo.

- **Velocidad de infiltración**

La velocidad de infiltración en nuestro estudio y representada en la **Tabla 7** fue un parámetro clave para comprender el comportamiento del agua en el terreno, ya que permitió evaluar la capacidad del suelo para absorber el agua de lluvia, determinar riesgo de erosión hídrica superficial o encharcamiento. En los anexos 11.1.6, se presentan los formatos (Ver **Tabla 66**) y registros de la velocidad de infiltración con los datos de campo (Ver **Tabla 67**, **Tabla 68** y **Tabla 69**) y la representación gráfica en anexos 11.2 (Ver **Figura 12**, **Figura 13** y **Figura 14**).

Tabla 7 Velocidad de infiltración.

NOMBRE DEL SUELO	CÓDIGO	VEL. INFILT CM/HR	VEL. INFILT MM/HR	VEL. INFILT MM/DIA	CLASIFICACIÓN	TEXTURA	
						EN CAMPO	LABORATORIO
El Naranjo	NJ	0.51	5.09	0.12	Moderadamente Lenta	FA	A
Gloria	GL	0.67	6.67	0.16	Moderadamente Lenta	FA	A
Santa Ana	SA	0.63	6.28	0.15	Moderadamente Lenta	FA	A

Nota: Elaboración Propia

Los resultados de velocidad de infiltración en la zona de estudio detallado en **Tabla 7**, nos indica según USDA (2001), que tenemos una velocidad de infiltración lenta, típica de suelos con predominio de fracciones finas, lo que sugiere una capacidad baja del suelo para absorber agua en periodos cortos lo que tiende a favorecer a escorrentía superficial durante lluvias intensas y la formación de encharcamiento. Según Grassi (1976), tomando en cuenta la velocidad de infiltración tenemos suelos Franco arcillosos y según el laboratorio tenemos suelos arcillosos, esta leve discrepancia se debe a los porcentajes de arcilla presente en el suelo, ya que tenemos porcentajes menores al 55%, lo que sugiere una arcilla liviana y por lo mismo puede adoptar comportamientos de suelos franco-arcillosos (Ver resultados de laboratorio en **Tabla 70**, anexos 11.1.6).

La velocidad de infiltración promedio obtenida de 0.6 cm/h clasifica al suelo como de infiltración lenta, un valor significativamente menor a los 1.79 cm/h reportados por

López Canales (2014) en suelos de textura similar. A pesar de la coincidencia textural arcillosa en ambos estudios, la marcada reducción en la tasa de absorción del presente ensayo sugiere un mayor grado de compactación o un predominio de microporos que restringen el movimiento del agua.

- **Punto de Marchitez Permanente (PMP)**

En el presente trabajo se determinaron los valores de PMP de cada suelo correspondiente a la **Tabla 8**, en la que se puede observar los resultados obtenidos y su representación gráfica en el mapa de punto de marchitez permanente en el **Mapa 6**, anexo 11.4.

Tabla 8 Clasificación del punto de marchitez permanente.

FINCA	NOMBRE DEL SUELO	TIPO DE SUELO	PUNTO DE MARCHITEZ PERMANENTE (%)	CLASIFICACION
Ventanas de la Gloria	El Naranjo	Ar	20%	Media
	Gloria	Ar	20%	Media
	Santa Ana	Ar	19%	Media

Nota: Elaboración Propia

Según (Vasyl, 2022), un punto de marchitez permanente cercano al 20% se considera media, indicando que el suelo requiere almacenar una cantidad elevada de humedad para que la planta pueda comenzar a extraerla de manera efectiva. Este comportamiento es típico de suelos finos, donde la mayor parte del agua queda fuertemente retenida por la matriz del suelo.

- Capacidad de retención de agua

En la **Tabla 9**, podemos observar los resultados obtenidos de humedad disponible en la zona de estudio, lo que representa la fracción de agua que el suelo retiene y que la planta puede aprovechar fisiológicamente, comprendida entre la capacidad de campo y el punto de marchitez permanente.

Tabla 9 Clasificación de humedad disponible (%).

FINCA	NOMBRE DEL SUELO	PROF. (CM)	TIPO DE SUELO	CC (%)	PMP (%)	HUMEDAD DISP. (%)	% AG	LAM. DISP. (MM)	VOL. M3/HA
Ventanas de la Gloria	El Naranjo	45	Ar	37.36%	20.30%	17.06%	55.00%	76.75	422.14
	Gloria	42	Ar	36.50%	19.84%	16.66%	55.00%	69.98	384.91
	Santa Ana	75	Ar	34.83%	18.93%	15.90%	55.00%	119.25	655.90

Nota: Elaboración Propia

Una humedad disponible en el rango de 15.9 a 17.06 % en suelos arcillosos indica que, pese a tratarse de perfiles con elevada capacidad de retención total de humedad, la fracción realmente utilizable por la planta no es tan amplia. Esto es característico de las arcillas: almacenan mucha agua, pero una proporción significativa queda retenida con fuerzas de succión muy elevadas, por lo que no puede ser aprovechada fisiológicamente.

7.2.4. Propiedades bioquímicas

- **Análisis general de los parámetros evaluados en laboratorio**

Este análisis se realizó para los primeros dos horizontes de cada calicata para así evaluar los rangos ideales de cada parámetro analizado en laboratorio a su vez el impacto que tienen estos en los suelos con fines agropecuarios.

- **Calicata N°1 Suelo Franco arcilloso**

El suelo presenta una fertilidad moderada, con una alta capacidad de retención de nutrientes (CIC alta) y niveles aceptables de calcio y magnesio. En la **Tabla 10**, se presenta los datos analizados en los cuales observan limitaciones en fósforo y potasio, además de una acidez ligeramente elevada que podría afectar la disponibilidad de algunos nutrientes como fósforo y manganeso, este último en niveles que pueden volverse tóxicos.

Tabla 10 Análisis químico calicata N°-1, Horizonte **A**

Franco arcilloso				
CALICATA N°-1 (0cm-21cm)				
Parámetro	**Resultado**	**Unidad**	**Rango Ideal**	**Interpretación**
pH (H_2O)	5,49	-	5,5 - 6,5	Suelo moderadamente ácido. Puede afectar disponibilidad de nutrientes.
Nitrógeno	0,42	%	0,2 - 0,6	Nivel moderado. Esencial para el crecimiento vegetal.
Fósforo disponible	4,54	ppm	15 - 30	Bajo. Puede limitar el desarrollo radicular y la producción.
Aluminio	0,35	mEq/100g	< 0,2	Ligeramente Alta; riesgo de toxicidad radicular y fijación de fosforo debido al pH acido. Se sugiere enmienda ligera
K (disponible)	0,1	mEq/100g	0,2 – 0,5	Bajo. Puede afectar el desarrollo y la producción del cultivo.
Ca (disponible)	5,15	mEq/100g	5 – 10	Adecuado. Contribuye a la estructura del suelo y a la salud de la planta.
Mg (disponible)	3,32	mEq/100g	0,5 – 3	Poco Alto. Puede inducir un antagonismo catiónico, bloqueando la absorción del Potasio (K).
K (intercambiable)	0,21	mEq/100g	0,3 – 0,5	Bajo. Reserva de potasio insuficiente para sostener el rebrote constante del pasto. Su absorción está limitada por su alto nivel de magnesio.
Ca (intercambiable)	12,06	mEq/100g	5 – 15	Adecuado. Nivel óptimo que garantiza una excelente estabilidad estructural en suelos pesados y cubre la demanda biológica del pasto

Mg (intercambiable)	7,73	mEq/100g	1 – 5	Alto. Excesiva reserva de magnesio en el complejo; induce un fuerte antagonismo catiónico que bloquea la asimilación del potasio.
Na (intercambiable)	0,15	mEq/100g	< 0,5	Bajo. Buen indicador, garantiza que el suelo está completamente libre de riesgo (sodicidad).
CIC	40,11	mEq/100g	> 25	Alta capacidad de intercambio catiónico, buen potencial para retención de nutrientes.
SB	50,23	%	> 50 %	Moderada. Representa la saturación del complejo de intercambio; el nivel es adecuado, pero se encuentra en el límite critico de fertilidad.
Fe	25,95	mg/kg	10 – 50	Adecuado. Micronutriente esencial para muchas funciones enzimática.
Cu	5,8	mg/kg	1 – 5	Moderado-alto. Excelente reserva de micronutrientes que cubre con seguridad la demanda del cultivo sin representar ningún riesgo de fitotoxicidad
Mn	345,9	mg/kg	20 – 150	Muy alto. Concentración excesiva de manganeso; representa un riesgo latente de fitotoxicidad si el pH del suelo tiende a la acidez.
Zn	15,3	mg/kg	1 – 10	Alto. Fundamental para la síntesis de proteínas y el crecimiento inicial de los cultivos.
Acidez intercambiable	0,47	mEq/100g	< 1	Baja. Nivel seguro que confirma la ausencia de aluminio tóxico en el complejo, Compatible con el nivel de pH detectado.

Nota: En esta tabla se refleja los datos químicos de la calicata 1, primer horizonte. Datos obtenidos del laboratorio UNA. Elaboración propia.

En base a los datos mostrados de este primer horizonte el suelo evidencia un desequilibrio bioquímico severo, donde la acidez (pH 5.49) actúa como núcleo de múltiples limitantes: fija nutrientes críticos (fósforo y potasio en niveles deficientes), libera elementos tóxicos (aluminio, manganeso y cobre), y suprime la actividad biológica. Sin embargo, su alta capacidad de retención de nutrientes (CIC 40.11 mEq/100g) revela un potencial productivo latente.

En la **Tabla 11**, se presentan los datos de la calicata **N°1** pertenecientes al segundo horizonte, calificado como arcillosos obteniendo un **pH** de 5.5 indicando un suelo acido, limitando la disponibilidad de nutrientes y favorece la solubilidad de elementos tóxicos como el aluminio que afecta el desarrollo radicular de los cultivos. Los bajos niveles de nitrógenos y fósforos disponibles dificultan el crecimiento vegetal y la productividad de cultivos básicos; en cuanto a los micronutrientes se observan altos niveles de hierro, manganeso y cobre que puede provocar toxicidad en condiciones acidas.

Tabla 11 Análisis químico calicata N°1, Horizonte **C1**

Franco arcilloso				
CALICATA N°-1 (21cm-45cm)				
Parámetro	**Resultado**	**Unidad**	**Rango Ideal**	**Interpretación**
pH	5,5	-	5,5 – 6,5	Ligeramente ácido. Puede afectar disponibilidad de nutrientes como P, Ca y Mg.
Nitrógeno	0,22	%	0,2 – 0,6	Moderado. Puede ser suficiente dependiendo del cultivo, pero puede requerir fertilización.
Fósforo disponible	3,73	ppm	15 – 30	Bajo. Puede limitar el crecimiento de cultivos y nutrición esencial de los animales. Requiere enmiendas fosfatadas.
Aluminio	2,89	mEq/100 g	< 0,2	Muy Alto. Puede ser tóxico para raíces y bloquear nutrientes como fosforo.

K (disponible)	0,23	mEq/100 g	0,2 – 0,5	Moderado. Nivel Adecuando de potasio para cubrir los requerimientos metabólicos básicos
Ca (disponible)	7,23	mEq/100 g	5 – 10	Adecuado. Favorece estructura y nutrición vegetal.
Mg (disponible)	7,9	mEq/100 g	0,5 – 3	Alto. Excelente reserva del nutriente en el suelo; sin embargo, al superar el límite óptimo, es necesario monitorear la relación Ca/Mg para evitar antagonismo catiónico.
K (intercambiable)	0,31	mEq/100 g	0,3 – 0,5	Adecuado. Nivel óptimo que garantiza la disponibilidad inmediata del nutriente para la planta y mantiene un buen equilibrio en el complejo de cambio.
Ca (intercambiable)	9,98	mEq/100 g	5 – 15	Óptimo. Nivel excelente que asegura un correcto suministro nutricional para los cultivos y favorece la estabilidad estructural del suelo.
Mg (intercambiable)	10,59	mEq/100 g	1 – 5	Muy alto. Puede interferir con absorción de K.
Na (intercambiable)	0,14	mEq/100 g	< 0,5	Bajo. Buen indicador, garantiza que el suelo está completamente libre de riesgo (sodicidad).
CIC	30,91	mEq/100 g	> 25	Alta. Muy buena capacidad de retener nutrientes.
SB	68,02	%	> 50 %	Alta. Excelente porcentaje de saturación de bases; indica un suelo fértil con alta disponibilidad

				de cationes esenciales para la nutrición de los cultivos
Fe	22,55	mg/kg	10 – 50	Adecuado. Disponibilidad óptima del micronutriente que aseguran el requerimiento celular.
Cu	6	mg/kg	1 – 5	Alto. Puede haber acumulación, pero no crítico aún.
Mn	58,85	mg/kg	20 – 150	Moderado-alto. Excelente reserva de micronutrientes que cubre con seguridad la demanda del cultivo sin representar ningún riesgo de fitotoxicidad
Zn	1,5	mg/kg	1 – 10	Adecuando. Nivel óptimo del micronutriente; garantiza un correcto desarrollo radicular.
Acidez intercambiable	2,97	mEq/100 g	< 1	Alta. Se relaciona con el Al (toxicidad) y pH bajo (acido).

Nota: En esta tabla se refleja los datos químicos de la calicata 1, segundo horizonte. Datos obtenidos del laboratorio UNA. Elaboración propia.

Estos otros datos del segundo horizonte nos expresan que este suelo, a pesar de sus desafíos iniciales de acidez, baja disponibilidad de nitrógeno, fósforo y potasio, y presencia de aluminio tóxico, posee una alta capacidad de intercambio catiónico (CIC) y una adecuada saturación de bases, lo que indica un buen potencial para retener nutrientes una vez que se corrigen las deficiencias.

- **Calicata N°2. "**Suelo La Gloria"

El suelo evaluado presenta una ligera acidez (**pH 5.40**), lo cual puede afectar el desarrollo de ciertos cultivos sensibles si no se corrige. Como se muestra en la **Tabla 12**, los datos presentan un alto contenido de nitrógeno (0.68%), lo que favorece el crecimiento vegetal. Sin embargo, el fósforo disponible es extremadamente bajo (0.72 ppm), limitando la formación de raíces y floración.

El balance de cationes es adecuado en calcio y magnesio, pero el potasio muestra niveles apenas suficientes. La CIC indica una capacidad de retención de nutrientes moderada, y la saturación de bases (35.47%) sugiere una fertilidad limitada, que podría mejorarse mediante prácticas como encalado o incorporación de materia orgánica. El hierro, cobre y zinc están en niveles buenos, mientras que el manganeso se presenta en una concentración muy alta (321.30 mg/kg), lo cual puede causar toxicidad en cultivos sensibles.

Tabla 12 Análisis químico Calicata N°-2, Horizonte **A**.

Franco arcilloso				
CALICATA N°-2 (0cm-15cm)				
Parámetro	**Resultado**	**Unidad**	**Rango Ideal**	**Interpretación**
pH	5,4	-	5.5 – 6.5	Ligeramente ácido, podría afectar cultivos sensibles.
Nitrógeno	0,68	%	0,2 – 0,6	Muy alto, excelente nivel para el desarrollo vegetal.
Fósforo disponible	4,54	ppm	15 – 30	Muy bajo, puede limitar el crecimiento radicular.
Aluminio	0,35	mEq/100g	< 0.2	Bajo, no hay riesgo de toxicidad por aluminio.
K (disponible)	0,17	mEq/100g	0.2 – 0.6	Ligeramente bajo, requiere monitoreo para cultivos exigentes.
Ca (disponible)	1,56	mEq/100g	5 – 10	Bajo insuficiente para la óptima estructura celular de los pastos. Requiere enmienda calcárea para mejorar el equilibrio
Mg (disponible)	0,56	mEq/100g	0.5 – 3	Adecuado, aporta a la estructura del suelo.
K (intercambiable)	0,21	mEq/100g	0,3 – 0,5	Bajo. Reserva de potasio insuficiente para sostener el rebrote constante del pasto.
Ca (intercambiable)	2,46	mEq/100g	5 – 15	Bajo. Insuficiente para el correcto desarrollo celular de los cultivos.

Mg (intercambiable)	0,72	mEq/100g	1 – 5	Bajo. Disponibilidad deficiente de la reserva de magnesio. Puede limitar los procesos de la fotosintéticos
Na (intercambiable)	0,11	mEq/100g	< 0.5	Bajo. Buen indicador, garantiza que el suelo está completamente libre de riesgo (sodicidad).
CIC	9,86	mEq/100g	> 25	Baja. Indican suelo con bajo potencial de retención de nutrientes y alta susceptibilidad al lavado,
SB	35,47	%	> 50	Por debajo del ideal, puede requerir corrección con cal o compost.
Fe	22,15	mg/kg	10 – 50	Adecuado. Micronutriente esencial para muchas funciones enzimática.
Cu	1,8	mg/kg	1 – 5	Adecuado, sin deficiencia de reserva de micronutrientes.
Mn	321,3	mg/kg	20 – 150	Muy alto. Concentración excesiva de manganeso; representa un riesgo latente de fitotoxicidad si el pH del suelo tiende a la acidez.
Zn	2,8	mg/kg	1 – 10	Adecuando. Nivel óptimo de micronutrientes; garantiza un correcto desarrollo radicular.
Acidez intercambiable	0,14	mEq/100g	< 1	Baja. Nivel seguro que confirma la ausencia de aluminio tóxico en el complejo, Compatible con el nivel de pH detectado.

Nota: En esta tabla se refleja los datos químicos de la calicata 2, primer horizonte. Datos obtenidos del laboratorio UNA. Elaboración propia.

Este suelo tiene potencial para producción agrícola, pero requiere correcciones puntuales para evitar deficiencias y toxicidades que podrían reducir su rendimiento ya que esta caracterizado por una acidez moderada, deficiencias críticas de fósforo, calcio, magnesio y potasio, una CIC baja y un nivel muy alto de manganeso.

El segundo horizonte se trata de un suelo con condiciones químicas aceptables para el desarrollo agrícola y pecuario, aunque presenta algunas limitaciones específicas. Según la información que se desglosa en la **Tabla 13**, se obtuvo un pH de 5.4 que indica una acidez moderada, la cual es tolerable para la mayoría de los cultivos, pero a su vez restringe la disponibilidad de ciertos nutrientes como el fosforo La capacidad de intercambio catiónico (CIC) es de 10.74 mEq/100g, lo que señala una buena capacidad del suelo para retener nutrientes, especialmente en suelos franco-arcillosos.

Tabla 13 Análisis químico Calicata N°-2, Horizonte **Bt11**.

Arcilloso				
CALICATA N°-2 (15cm-42cm)				
Parámetro	**Resultado**	**Unidad**	**Rango Ideal**	**Interpretación**
pH	5.52	-	5,5 – 6,5	Ligeramente ácido; límite inferior del rango óptimo.
Nitrógeno	0.20	%	0,2 – 0,6	Moderado; nivel óptimo para desarrollo vegetal.
Fósforo disponible	0.67	ppm	15 – 30	Muy bajo; la ausencia de este elemento puede limitar severamente el crecimiento radicular.
Aluminio	0.07	mEq/100g	< 0,2	Bajo; no hay riesgo de toxicidad por aluminio.
K (disponible)	0.10	mEq/100g	0,2 – 0,5	Bajo; requiere monitoreo y fertilización; también puede afectar el desarrollo y producción del cultivo.
Ca (disponible)	1.86	mEq/100g	5 – 10	Bajo insuficiente para la óptima estructura celular de los pastos. Requiere enmienda calcárea para mejorar el equilibrio
Mg (disponible)	1.48	mEq/100g	0,5 – 3	Adecuado; aporta a la estructura del suelo.

K (intercambiable)	0.10	mEq/100g	0,3 – 0,5	Muy Bajo; baja reserva de potasio intercambiable.
Ca (intercambiable)	2.71	mEq/100g	5 – 15	Bajo. Insuficiente para el correcto desarrollo celular de los cultivos.
Mg (intercambiable)	1.51	mEq/100g	1 – 5	Adecuado. Nivel óptimo que cubre los requerimientos de la planta. Aunque se ubica en el umbral inferior de suficiencia dentro del complejo de cambio
Na (intercambiable)	0.02	mEq/100g	< 0,5	Bajo. Excelente indicador; confirma que el suelo se encuentra completamente libre de riesgos de sodicidad y degradación.
CIC	10.74	mEq/100g	> 25	Baja. Indica un suelo con bajo potencial de retención de nutrientes y alta susceptibilidad al lavado,
SB	40.51	%	> 50 %	Por debajo del ideal, puede requerir corrección con cal o compost.
Fe	17.85	mg/kg	10 – 50	Adecuado. Micronutriente esencial para muchas funciones enzimática.
Cu	3.10	mg/kg	1 – 5	Adecuado; Excelente reserva de micronutrientes que cubre con seguridad la demanda del cultivo sin representar ningún riesgo de fitotoxicidad
Mn	38.35	mg/kg	20 – 150	Adecuado; sin riesgo de toxicidad.
Zn	0.20	mg/kg	1 – 10	Deficiente; riesgo de afectar el crecimiento inicial de los cultivos.
Acidez intercambiable	0.14	mEq/100g	< 1	Baja. Nivel seguro que confirma la ausencia de aluminio tóxico en el complejo, Compatible con el nivel de pH detectado.

Nota: En esta tabla se refleja los datos químicos de la calicata 2, segundo horizonte. Datos obtenidos del laboratorio UNA. Elaboración propia.

Este segundo horizonte le aporta al suelo un buen equilibrio químico básico, con necesidades específicas en nitrógeno y potasio que deben atenderse para garantizar una producción eficiente. No se detectan riesgos de toxicidad por aluminio o acidez intercambiable, lo cual es positivo.

- **Calicata N°3 Suelos Santa Ana.**

Los resultados obtenidos del horizonte **N°1** mostrados en la **Tabla 14**, presentan una fertilidad media con una buena disponibilidad de bases y micronutrientes, ayudado por su pH ligeramente acido de 5.7 y los bajos niveles de aluminio de 0.07 mEq/100g que reduce los riesgos de toxicidad para los cultivos.

Tabla 14 Análisis químico calicata N°3, Horizonte **A**

Arcilloso				
CALICATA N°-3 (0cm-40cm)				
Parámetro	**Resultado**	**Unidad**	**Rango Ideal**	**Interpretación**
pH	5,77	-	5,5 – 6,5	Ligeramente ácido; puede limitar fósforo y algunos nutrientes.
Nitrógeno (N)	0,41	%	0,2 – 0,6	Nivel medio-alto; buena disponibilidad para cultivos.
Fósforo disponible	1,82	ppm	15 – 30	Muy bajo; deficiencia que limita el crecimiento radicular.
Aluminio (Al)	0,07	mEq/100g	< 0,2	Bajo; no presenta toxicidad por aluminio.
K (disponible)	1,01	mEq/100g	0,2 – 0,5	Bajo; requiere monitoreo y fertilización; también puede afectar el desarrollo y producción del cultivo.

Ca (disponible)	4,49	mEq/100g	5 – 10	Adecuado; buena para la óptima estructura celular de los cultivos con buena disponibilidad de calcio.
Mg (disponible)	2,57	mEq/100g	0,5 – 3	Poco Alto. Puede inducir un antagonismo catiónico, bloqueando la absorción del Potasio (K).
K (intercambiable)	1,15	mEq/100g	0,3 – 0,5	Muy Bajo; baja reserva de potasio intercambiable.
Ca (intercambiable)	6,07	mEq/100g	5 – 15	Adecuado. Excelente reserva del nutriente que garantiza la estabilidad estructural del suelo.
Mg (intercambiable)	3,16	mEq/100g	1 – 5	Adecuado. Nivel óptimo que cubre los requerimientos de la planta. Aunque se ubica en el umbral inferior de suficiencia dentro del complejo de cambio
Na (intercambiable)	0,09	mEq/100g	< 0,5	Bajo. Excelente indicador; confirma que el suelo se encuentra completamente libre de riesgos de sodicidad y degradación.
CIC	4,1	mEq/100g	> 25	Muy Baja. Indica un suelo con bajo potencial de retención de nutrientes y alta susceptibilidad al lavado,
SB	60,44	%	> 50 %	Alta. Excelente porcentaje de saturación que confirma un complejo de cambio dominado por bases estables reduciendo significativamente el riesgo de acidez
Fe	107,45	mg/kg	10 – 50	Alto. Concentración elevada de micronutrientes común; no representan toxicidad directa, pero se debe monitorear el pH para

				evitar el bloqueo por fijación de fosforo
Cu	4,1	mg/kg	1 – 5	Adecuado; Excelente reserva de micronutrientes que cubre con seguridad la demanda del cultivo sin representar ningún riesgo de fitotoxicidad
Mn	202,95	mg/kg	20 – 150	Muy alto. Concentración excesiva de manganeso; representa un riesgo latente de fitotoxicidad si el pH del suelo tiende a la acidez.
Zn	4,49	mg/kg	1 – 10	Adecuando. Nivel óptimo del micronutriente; garantiza un correcto desarrollo radicular.
Acidez intercambiable	0,07	mEq/100g	< 1	Bajo. nivel seguro que confirma la ausencia de aluminio toxico en el complejo.

Nota: En esta tabla se refleja los datos químicos de la calicata 3, primer horizonte. Datos obtenidos del laboratorio UNA. Elaboración propia.

Este horizonte mejora la calidad y versátil del suelo, sus principales fortalezas son una excelente capacidad de retención de nutrientes (CIC), un buen equilibrio de bases (SB), niveles óptimos de K, Ca, Cu y Zn, y la ausencia de toxicidad por aluminio.

Su única limitación química significativa es el bajo nivel de Fósforo disponible, la cual es fácilmente corregible con un programa de fertilización adecuado.

Los datos del segundo horizonte revelados en la **Tabla 15**, presenta una fertilidad limitada debido a su acidez marcada, alta saturación de aluminio, baja CIC y deficiencia de nitrógeno y zinc. Aunque los niveles de potasio, calcio, magnesio y micronutrientes como Fe, Cu y Mn son adecuados, es prioritario la intervención para neutralizar la acidez y promover la incorporación de materia orgánica para mejorar la capacidad de retención de nutrientes y la productividad agrícola.

Tabla 15 Análisis químico calicata N°3, Horizonte **B21t**

Arcilloso				
CALICATA N°-3 (40cm-70cm)				
Parámetro	**Resultado**	**Unidad**	**Rango Ideal**	**Interpretación**
pH	5,25	-	5,5 – 6,5	El suelo es ácido, lo que limita la disponibilidad de nutrientes esenciales como fósforo, calcio y magnesio.
Nitrógeno	0,11	%	0,2 – 0,6	El nivel de N es bajo, lo que limita el crecimiento vegetal, la formación de proteínas y clorofila.
Fósforo disponible	ND	ppm	15 – 30	No se detectó fósforo disponible, lo cual indica deficiencia severa. Esto restringe el desarrollo radicular y la floración.
Aluminio	3,45	mEq/100 g	< 0,2	El valor de Al es muy alto, lo que indica toxicidad. Este nivel daña las raíces, limita la absorción de nutrientes.
K (disponible)	0,98	mEq/100 g	0,2 – 0,5	El potasio se encuentra en un rango medio-alto, lo que en principio es positivo para el desarrollo de frutos.
Ca (disponible)	2,67	mEq/100 g	5 – 10	El calcio es bajo, lo que afecta la estructura del suelo.
Mg (disponible)	1,55	mEq/100 g	0,5 – 3	Adecuado. Su nivel es suficiente para la síntesis de clorofila y enzimas.
K (intercambiable)	1,01	mEq/100 g	0,3 – 0,5	Valor alto, que podría desplazar a Ca y Mg en el complejo de intercambio si no se corrige el bajo nivel de Ca.
Ca (intercambiable)	3,07	mEq/100 g	5 – 15	Deficiencia de calcio disponible, lo que afecta la absorción de otros nutrientes.

Mg (intercambiable)	1,65	mEq/100 g	1 – 5	En rango adecuado, aporta a la fotosíntesis y a la actividad enzimática.
Na (intercambiable)	0,01	mEq/100 g	< 0,5	Muy bajo, lo que es positivo, ya que no hay riesgo de sodicidad ni salinización.
CIC	8,33	mEq/100 g	> 25	Baja. Indica poca capacidad del suelo para retener nutrientes, lo que limita la fertilidad natural.
SB	68,97	%	> 50 %	Alta. Excelente porcentaje de saturación que confirma un complejo de cambio dominado por bases estables reduciendo significativamente el riesgo de acidez
Fe	22,95	mg/kg	10 – 50	En rango óptimo. Favorece la síntesis de clorofila y procesos enzimáticos.
Cu	2,7	mg/kg	1 – 5	Adecuado; Excelente reserva de micronutrientes que cubre con seguridad la demanda del cultivo sin representar ningún riesgo de fitotoxicidad
Mn	24,45	mg/kg	20 – 150	Adecuado; sin riesgo de toxicidad.
Zn	0,1	mg/kg	1 – 10	Muy bajo. Deficiencia severa, afecta síntesis de auxinas, floración y rendimiento.
Acidez intercambiable	3,51	mg/kg	< 1	Muy bajo. Deficiencia severa, afecta síntesis de auxinas, floración y rendimiento.

Nota: Esta tabla refleja los datos químicos de la calicata 3, segundo horizonte. Datos obtenidos del laboratorio UNA. Elaboración propia.

El análisis exhaustivo de este suelo revela un perfil químico altamente desafiante, marcado por una acidez severa, toxicidad por aluminio, y deficiencias críticas de macronutrientes como nitrógeno y fósforo, así como del micronutriente zinc. La baja

Capacidad de Intercambio Catiónico agrava la situación, limitando la capacidad del suelo para retener los nutrientes esenciales. Esta combinación de factores lo posiciona como el suelo más limitante de la serie analizada, requiriendo una intervención agronómica urgente y estratégica.

Tomando en cuenta toda la información analizada de las tablas anteriores, presentaremos a continuación la **Tabla 16**, en la que se detalla el tipo de suelo y cada una de las propiedades bioquímicas esenciales para la evaluación de los suelos en estudio.

Tabla 16 Propiedades Bioquímicas de los Perfiles Representativos.

ESPECIFICACIONES		PERFILES REPRESENTATIVO								
		CALICATA N^1			CALICATA N^2			CALICATA N^3		
Horizontes		A	C1	C2	A	Bt_{11}	Bt_{12}	A	$B_{21}t$	C1
Profundidad (cm)		0-21	21-45	45-80	0-15	15-42	42-65	0-40	40-74	74-95
Granulometría	Arena (%)	40.16	34.23	36.23	44.11	29.85	32.24	46.04	34.08	40.34
	Limo (%)	26.39	12.4	16.39	27.43	23.82	18.38	13.92	19.83	26.31
	Arcilla (%)	33.45	53.37	47.39	28.46	46.32	49.38	40.04	46.1	33.35
	Clasificación textural	Franco Arcilloso	Arcilloso	Arcilloso	Franco Arcilloso	Arcilloso	Arcilloso	Arcilloso	Arcilloso	Franco Arcilloso
PH	Pasta	5.49	5.50	5.37	5.40	5.52	5.60	5.77	5.25	4.84
BASES DE SUELO (mEq/100 g) Disponibles	K	0.10	0.23	0.23	0.17	0.10	0.11	1.01	0.98	0.4
	Ca	5.15	7.23	1.80	1.56	1.86	3.51	4.49	2.67	0.98
	Mg	3.32	7.90	5.46	0.56	1.48	2.47	2.57	1.55	1.09
Intercambiables	K	0.21	0.31	0.38	0.21	0.10	0.12	1.15	1.01	0.4
	Ca	12.06	9.98	3.59	2.46	2.71	3.79	6.07	3.07	1.46
	Mg	7.73	10.59	9.80	0.72	1.51	2.57	3.16	1.65	1.18
	Na	0.15	0.14	0.27	0.11	0.02	0.09	0.09	0.01	0.14
RUTINA	Nitrógeno	0.42	0.22	0.10	0.68	0.20	0.13	0.41	0.11	0.03
	Fosforo disponible	4.54	3.73	N/D	0.72	0.67	N/D	1.82	N/D	ND
	Aluminio	0.35	2.89	4.02	0.07	0.07	0.14	0.07	3.45	6.77
MICROELEMENTOS	Fe	25.95	22.55	19.65	22.15	17.;87	16.55	107.45	22.95	23.25
	Cu	5.8	6.00	6.10	1.8	3.10	1.50	4.1	2.7	2.8
	Mn	345.9	58.85	11.65	321.3	38.35	25.05	202.95	24.45	15.05
	Zn	15.3	1.50	0.80	2.8	0.20	N/D	4.9	0.1	0.6
ESPECIALES	CIC	40.11	30.91	24.55	9.86	10.74	11.40	17.32	8.33	21.92
	SB	50.23	68.02	57.21	35.47	40.51	57.58	60.44	68.97	14.48
	Acidez intercambiable	0.47	2.97	5.20	0.14	0.14	0.20	0.07	3.51	7.22

Nota: Elaboración Propia

7.2.5. Clasificación de suelos

- **Descripción Detallada de los Suelos**

- **Suelos El Naranjo**

- **Localización**

El tipo de suelo identificado con El Naranjo ocupa el **7,37%** del área total de la finca, siendo los que menor parte representa, se encuentran distribuido principalmente en la parte Sur Oeste de la finca, ocupando un área de **7,781ha** (**Mapa 7**, anexos 11.4).

- **Drenaje**

El drenaje de estos suelos es bueno, permitiendo una evacuación adecuada del exceso de agua evitando encharcamientos muy prolongados con una velocidad de infiltración estable que permite mantener niveles de humedad favorables para el desarrollo radicular.

- **Características morfogenéticas**

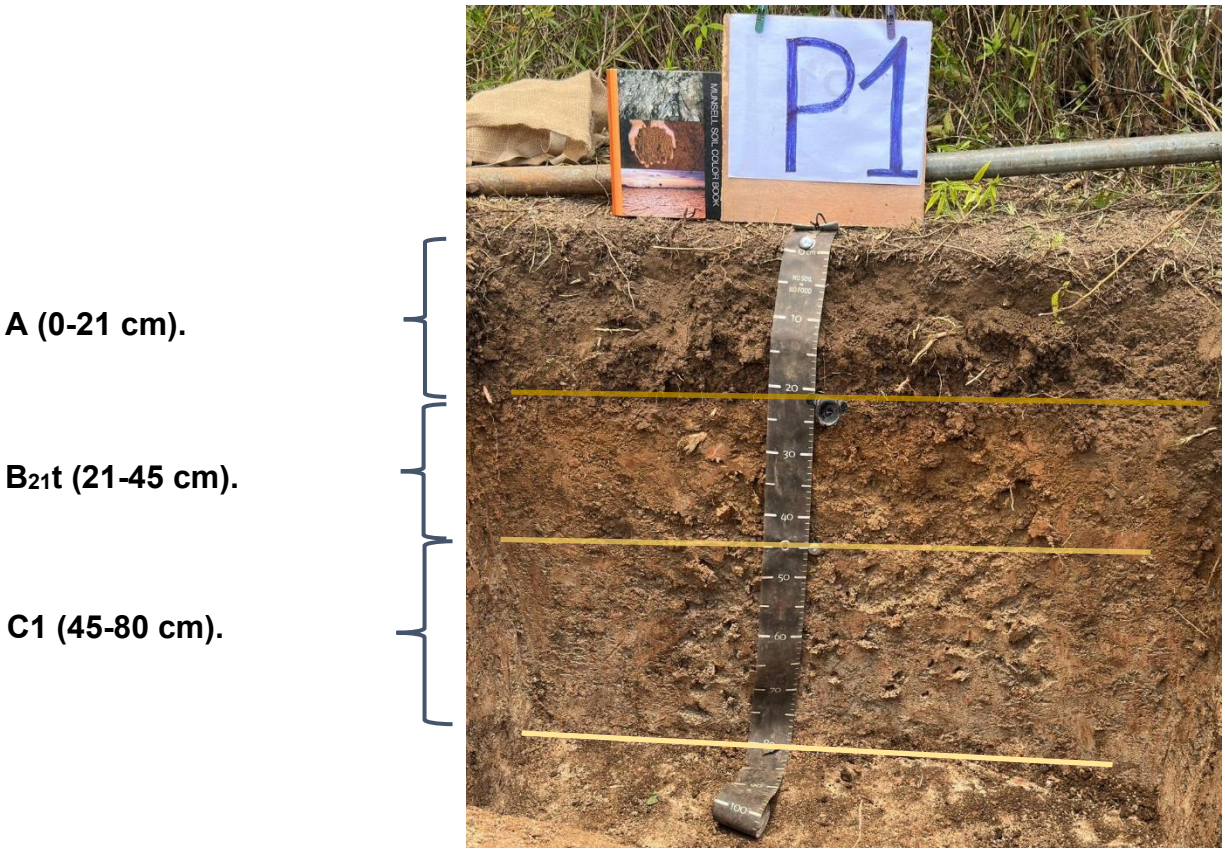
Una de las características principales de estos suelos es que son profundos, donde su textura superficial son franco arcillosas, y texturas arcillosas en el subsuelo.

Estos suelos poseen una capa superficial de textura franco-arcillosa de 0 a 21cm de espesor, con una estructura bloque subangular masiva, y una consistencia en seco Moderadamente Dura y en húmedo Friable, con colores en esta capa 10YR 4/4 tanto en húmedo como en seco.

El subsuelo tiene un espesor de 24cm que va de 21 a 45cm, con textura arcillosa y una consistencia ligeramente blanda en seco y friable en húmedo, de estructura masiva y color pardo (7.5YR 5/4) en húmedo, con poca presencia de raíces encontrando raíces muy finas y abundantes poros, lo que permite una retención de humedad y disponerla al consumo de las plantas.

La descripción del perfil de suelo se presenta detalladamente en la **Tabla 60**, Anexo 11.1.4, así como la fotografía del perfil en descripción en la **Figura 9.**

Figura 9 Calicata N°1 suelos Naranjo



Nota: Elaboración Propia

- **Características Fisicoquímicas**

Debido a la cantidad de vegetación que crece en esta zona, esta se mantiene buena cantidad de materia orgánica en la primera capa del suelo, obteniendo un **pH** moderadamente acido de **5.49** y de **5.50** en la segunda capa, resultados que pueden afectar la disponibilidad de nutrientes.

La densidad real que presentan estos suelos en su capa superficial es de 1.715 lo que indica una buena estructura al no estar compactado, y refleja la buena cantidad de materia orgánica presente, y para el subsuelo una densidad real de 1.764, si bien sigue siendo baja esto sugiere que la proporción de minerales más densos en el suelo es mínimamente mayor que en la capa superficial.

La porosidad total encontrada va desde 52.34% hasta 57.60%, indicando un porcentaje de vacíos óptimos para aireación y retención de humedad, reafirmando nuevamente una baja compactación y buena estructura del suelo.

La capacidad de intercambio catiónico se clasifica como alta ya que tiene una variación de 40.11 a 24.55 mEq/100g, mostrando una alta capacidad de almacenamiento de nutrientes resultado de la proporción de materia orgánica y contenido de arcilla presente en el suelo.

Para análisis químico detallado ver **Tabla 16.**

- **Características hidrofísicas**

La velocidad de infiltración de los suelos El Naranjo llego a 60.2 cm/hr pero a medida que el agua desciende y va saturando los poros, esta velocidad se estabiliza y se maneja constante a 0.51cm/hr (ver **Tabla 7**), la cual es propia y representativa del suelo que analizamos, lo que sugiere un movimiento de agua moderadamente lento.

Estos suelos manejan una alta capacidad de humedad disponible (17.06%), una capacidad de campo media (C.C= 37.36%), el punto de marchitez es medio (PMP= 20.30%), con una profundidad efectiva de 45cm, lo que hace que estos suelos tengan una capacidad de almacenamiento de agua de 76.75mm (Ver **Tabla 9**).

- **Variaciones**

Dentro de los suelos El Naranjo se lograron identificar fases que ya sea sola o en conjunto pueden afectar el uso potencial del suelo, entre ellas pendiente, erosión, drenaje, etc. Las fases identificadas son las siguiente (Ver anexo 11.4, **Mapa 7**). Suelos con pendientes moderadamente inclinadas, con drenajes bueno o bien drenado, con leve erosión en el suelo. **(NJc2e$_1$III)**

- Suelos con pendientes fuertemente inclinadas u onduladas, con drenajes bueno o bien drenado, con leve erosión en el suelo. **(NJd2e$_1$IV)**
- Suelos con pendientes moderadamente escarpados o colinado, con drenajes bueno o bien drenado, con poca o nula erosión hídrica en el suelo. **(NJe2e$_0$VI)**

Ver **Tabla 5** Unidades cartográficas de los suelos**.**

- Suelos Gloria

- Localización

El tipo de suelo identificado con el nombre de Gloria representan el 50,67% del área total de la finca, siendo los que menor parte ocupan, se encuentran distribuido principalmente en la parte Noroeste de la finca, ocupando un área de 53,479 ha (Ver **Mapa 7**, anexos 11.2).

- **Drenaje**

El drenaje de estos suelos es bueno, permitiendo una evacuación adecuada del exceso de agua evitando encharcamientos muy prolongados con una velocidad de infiltración estable que permite mantener niveles de humedad favorables para el desarrollo radicular.

- **Características morfogenéticas**

Una de las características principales de estos suelos es que son profundos, donde su textura superficial es franco arcilloso, y texturas arcillosas en el subsuelo.

Estos suelos poseen una capa superficial de textura franco de 0 a 15cm de espesor, con una estructura granular; consistencia no plástica no adherente; poros abundantes finos; abundantes raíces finas y muy finas, de horizontes con limite claro y uniforme

El subsuelo tiene un espesor de 27cm que va de 15 a 42cm, de textura arcillosa con estructura bloques subangulares finos medios débil y consistencia friable, blando, plástico y adherente, en la cual se encuentran poros abundantes finos, con raíces pocas finas y muy finas, de horizontes con limite claro y uniforme.

La descripción del perfil de suelo se presenta detalladamente en la **Tabla 61**, anexo 11.1.4, así como la fotografía del perfil en descripción en la **Figura 10.**

Figura 10 Calicata N°1 suelos la Gloria



Nota: Elaboración Propia

- **Características Fisicoquímicas**

En estos suelos nos encontramos en la primera capa con un pH moderadamente acido de 5.40 y de 5.52 en la segunda capa, resultados que pueden afectar la disponibilidad de nutrientes.

La densidad real que presentan estos suelos en su capa superficial es de 1.618, y para el subsuelo una densidad real de 1.845, lo que indica un suelo orgánico ya que la materia orgánica posee una densidad baja y ayuda a la estructura del suelo a no estar compactado.

La porosidad total encontrada va desde 48.27% hasta 54.44%, indicando un porcentaje de vacíos óptimos para aireación y retención de humedad, reafirmando nuevamente una baja compactación y buena estructura del suelo.

La capacidad de intercambio catiónico de 9.86 mEq/100g y un porcentaje de saturación de base de 35.7%, ambos debajo de los niveles óptimos, lo que muestra una capacidad moderadamente baja para la retención de nutrientes.

Para análisis químico detallado ver **Tabla 16** Propiedades Bioquímicas de los Perfiles Representativos.

- **Características hidrofísicas**

En los suelos denominado Gloria, se observó una velocidad de infiltración inicial de **54.7 cm/hr**, cifra que experimenta un descenso marcado conforme el perfil del suelo se satura. Este proceso culmina en una tasa de infiltración básica de 0.687 cm/hr (**Ver Tabla 7**), valor que se mantiene constante y define al sitio por tener un movimiento de agua moderadamente lento.

En cuanto a sus propiedades de almacenamiento, el suelo presenta una Capacidad de Campo **(36.50%)** y un Punto de Marchitez Permanente **(19.84%)** en niveles medios, lo que deriva en una alta capacidad de humedad disponible **(16.66%)**. Considerando la profundidad efectiva de 42 cm, el sistema cuenta con una reserva hídrica total de 69.98 mm (**Ver Tabla 9**)

- **Variaciones**

En los suelos Gloria, el potencial de uso está determinado por la interacción de variables físicas como el relieve y la susceptibilidad a la degradación. A partir del levantamiento, se han diferenciado tres fases principales (Ver anexo 11.4, **Mapa 2**):

- **(GLa2e$_0$l)** Comprende terrenos con pendientes mínimas (0 a 1.5%). Estas áreas destacan por poseer un drenaje óptimo y una ausencia significativa de procesos erosivos

- **(GLb2e$_1$II)** Presentan pendientes suaves que oscilan entre el 1.5 y el 4%. Aunque conservan un buen drenaje, ya manifiestan una leve erosión.
- **(GLb3e$_0$III)** Se caracterizan por pendientes suaves, ligeramente inclinado u ondulado. Suelos moderadamente bien drenados, sin embargo, presentan una erosión hídrica nula o poca.

Ver **Tabla 5** Unidades Cartográficas de Suelo

- **Suelos Santa Ana**

Estos suelos ocupan 41,95% del área total de la finca identificados como Santa Ana; siendo los que mayor parte ocupan, (Ver **Mapa 7**, anexos 11.4).

- **Drenaje**

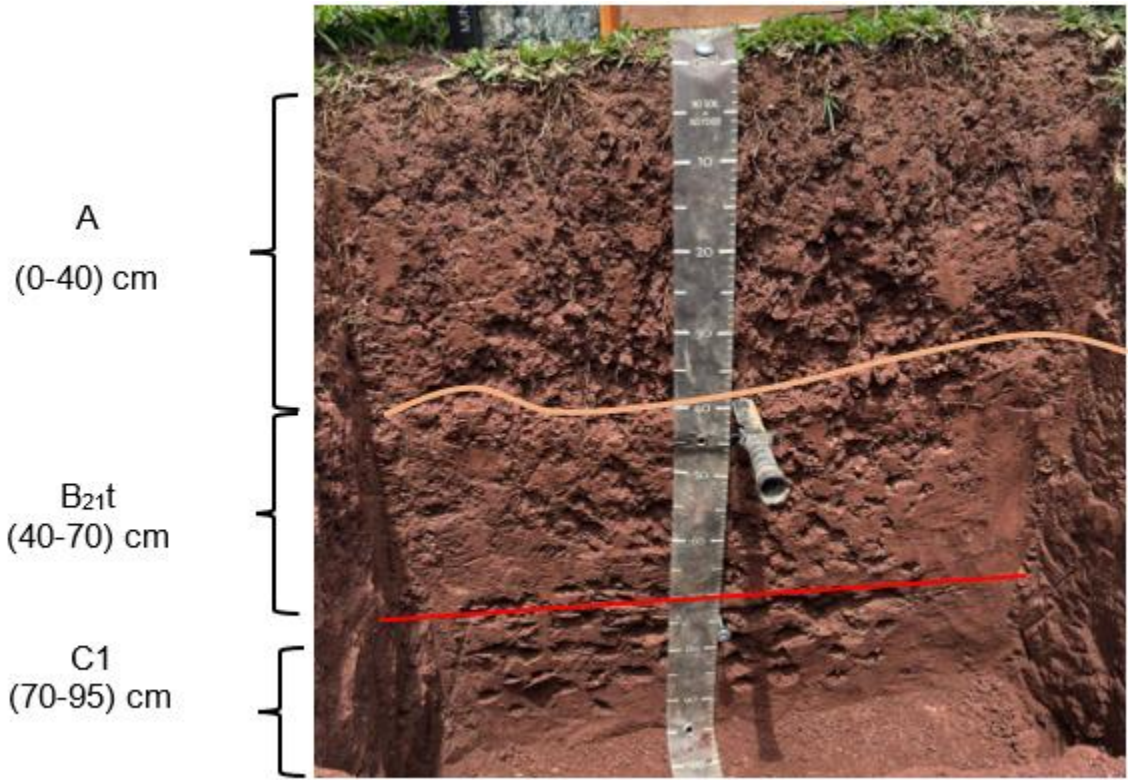
El drenaje de estos suelos es bueno con una permeabilidad moderada, permitiendo una buena evacuación de agua evitando encharcamiento, el escurrimiento superficial es moderadamente bueno, gracias a la disposición del relieve de estos suelos (Santa Ana).

- **Características Morfogenética**

Estos suelos se caracterizan por ser profundos bien drenados, teniendo una frecuencia de horizonte **AB$_{21}$tC1** donde su textura es arcillosa pero también incluyen una área franco-arcillosa.

Estos suelos poseen una capa superficial de 0-45 cm de espesor de textura arcillosa moderadamente bien estructurada con bloques subangulares medios débiles, con consistencia en seco dura y en humada friable con poros abundantes finos y muy finos, abundantes raíces, también caracterizado por su color de capa 10 R3/3 (rojo sombrío) con limites difusos entre capa.

Figura 11 Calicata N°3 suelos Santa Ana.



Nota: Elaboración Propia

- **Característica fisicoquímica**

En estos suelos debido a la gran cantidad de vegetación que crece y esta a su vez entra en descomposición posee un suelo rico en materia orgánica en la capa superficial con PH 5.77 indicando que estos suelos son ligeramente ácidos y que pueden afectar de gran manera la disponibilidad de nutrientes.

La densidad real que poseen estos suelos en la capa superficial es de 1.749 hasta 1.812 lo que nos indica una buena composición estructural al no ser muy compactados facilitando el crecimiento radicular.

Según la porosidad total de estos suelos va desde 50.16% hasta 48.62% nos indica un estado físico optimo con una estructura ideal, poca compactación y una retención de humedad beneficiosa para estos suelos.

La capacidad de intercambio catiónico de los suelos San Ana se clasifican como alta que va 8.33 hasta 21.92 mEq/100g, lo que otorga una notable fertilidad una reserva eficiente de nutrientes debido al contenido de materia orgánica y arcilla presente.

- **Característica Hidrofísicas**

La velocidad de infiltración de los suelos de San Ana 6.28mm/hr, a medida que el agua desciende y los poros se van saturando se maneja constante 0.63 cm/hr (ver **Tabla 7**), la cual es propia y representativa del suelo que analizamos, lo que sugiere una infiltración de agua moderadamente lento.

Dichos suelos presentan una moderada capacidad de humedad Disponible del (15.90%), una capacidad de campo media (C.C= 34.83%), el punto de marchitez es medio (PMP= 20.30%), con una profundidad efectiva de 75cm, lo que indican que estos suelos tengan una capacidad de almacenamiento de agua de 119.25mm humedad disponible (Ver **Tabla 9**).

- **Variaciones**

Dentro de los suelos San Ana se lograron identificar fases que ya sea sola o en conjunto pueden afectar el uso potencial del suelo, entre ellas pendiente, erosión, drenaje, etc. Las fases identificadas son las siguiente (Ver **Mapa 2**):

- Pendiente planas o casi planas, drenaje bueno con poca o nula erosión hídrica **(SAa2e$_0$I).**
- Pendiente ligeramente inclinada u ondulada, drenaje bueno o bien drenado con una erosión hídrica poca o nula **(SAb2e$_0$II).**
- Pendiente ligeramente inclinada u ondulada, drenaje bueno o bien drenado con una erosión hídrica moderada **(SAb2e$_2$III).**
- Pendiente moderadamente escarpado, colinado con un drenaje bueno o bien bueno y una erosión hídrica nula o poca **(SAe2e$_0$VI).**

7.3. Evaluación del uso potencial del suelo

La evaluación del uso potencial del suelo de la finca Ventanas de la Gloria se fundamenta en la clasificación agrológica, un sistema técnico-interpretativo que permite determinar la aptitud de los suelos para distintos usos sostenibles. Este proceso no se limita a una observación superficial, sino que requiere un análisis de diversos factores limitantes y potencialidades propias del área de estudio. Para establecer esta clasificación, se consideran variables como la textura, que condiciona la retención de humedad; la pendiente, que define la mecanización y el riesgo de escurrimiento; el grado de erosión actual; y las condiciones de drenaje, esenciales para el desarrollo radicular.

Teniendo en cuenta este principio, buscamos integrar en una evaluación técnica unificada las características físicas y químicas del suelo. Esta síntesis analítica es fundamental, ya que la aptitud de los suelos no depende únicamente de su configuración morfológica o de su relieve, sino también de su equilibrio nutricional y propiedades químicas (como el pH, niveles de **N, P y K**, la capacidad de intercambio catiónico, etc.). Al consolidar ambos dominios de datos, se logra una caracterización integral que permite identificar las limitantes y bondades reales del área y proponer modelos de manejo que optimicen la productividad bajo criterios de conservación de los recursos.

7.3.1. Clasificación de capacidad de uso del suelo

La clasificación de suelos por clase agrológica y su capacidad de uso presentada en la **Tabla 17** se basa en el material elaborado por el Prof. Ing. Eduardo Marín (Adaptado de INTA-CENACAP, Tomo II: Clasificación agrológica de suelos, Prof. E. Marín, Levantamiento Managua 1969-1980), esta información se complementa con el Mapa de Capacidad de Uso de suelo, el cual ilustra la extensión territorial de cada clase identificada y orienta la planificación de los cultivos según su potencial productivo.(Ver anexo 11.4, Mapa 8 , y anexo 11.1.1, **Tabla 39**).

Tabla 17 Capacidad de uso de suelo

Finca Ventanas de la Gloria		
Clase Agrologica	**Uso**	**Unidad Cartográfica**
Clase I	Cultivos intensivos de ciclo corto, pastos, silvicultura y vida silvestre. Soporta una amplia gama de plantas sin prácticas especiales.	$GLa2e_0$I
Clase II	Apto para cultivos agronómicos, pastos, sistemas agroforestales y vida silvestre. Requiere prácticas de conservación moderadas como terrazas, cultivos en contorno, rotación de leguminosas y control de escorrentía para evitar la degradación.	$GLb2e_1$ II
		$GLa2e_1$ II
		$SAb2e_0$ II
Clase III	Apto para cultivos de ciclo corto con restricciones, pastos, sistemas agroforestales y vida silvestre. Requiere prácticas intensivas de conservación, drenaje artificial, incorporación constante de materia orgánica y una selección rigurosa de cultivos adaptados a periodos específicos.	$SAa2e_2$ III
		$NJc2e_1$ III
		$SAb2e_2$ III
		$SAb3e_0$ III
		$SAa3e_1$ III
Clase IV	Apto para cultivos agronómicos limitados, pastos, sistemas agroforestales y vida silvestre. Presenta limitaciones muy severas por pendientes (8-15%), suelos superficiales o erosión fuerte. Requiere prácticas de conservación intensivas, con un laboreo muy cuidadoso para evitar el fracaso de las cosechas.	$NJd2e_1$ IV
Clase VI	Inadecuados para cultivos agronómicos comunes. Su uso se restringe a pastoreo controlado (pastos naturales), silvicultura, sistemas agroforestales y vida silvestre. Requiere manejo especializado para el control de escorrentía y mejora de pasturas (encalado y fertilización).	$NJe2e_0$ VI
		$SAe2e_0$ VI

Nota: Elaboración Propia

De acuerdo con el sistema de clasificación por capacidad de uso, basado en los datos de campo generados en la etapa I, se han identificado las siguientes unidades en la finca:

Clase I y II (Suelos Gloria y Santa Ana, fases a y b): Suelos desde planos hasta ligeramente inclinados (pendientes de 0 a 4%), con una profundidad efectiva profunda (>90 cm). Presentan limitación de fertilidad en el suelo, pero con excelente capacidad de retención de humedad. Las limitaciones son nulas o moderadas, incluyendo susceptibilidad leve a la erosión.

Clase III (Suelos El Naranjo fase c, y Santa Ana, fases a, b): Suelos con limitaciones severas: relieve moderadamente inclinado (4-8% de pendiente), con buena profundidad limitada y susceptibilidad moderada a la erosión.

Clase IV y VI (Suelos El Naranjo y Santa Ana, fases d y e): Suelos con limitaciones severas a muy severas y de carácter permanente. Presentan relieves desde ondulados hasta colinado (pendientes de 15% a 30%. Son terrenos altamente vulnerables a la erosión hídrica severa.

La aplicación de los criterios de clasificación descritos anteriormente permitió diferenciar tres zonas clave dentro del área. Como se observa en la **Tabla 18**, donde se sintetiza la clasificación técnica para cada unidad homogénea identificada, cuya distribución espacial se encuentran representadas gráficamente en el mapa de unidades homogéneas, **(Ver 11.4, Mapa 9).**

Tabla 18 Unidad Homogénea.

Unidad Homogénea	Símbolo de Mapeo	Clase de Moderación	Subclase (Limitante)	Uso Recomendado
Zona Plana	II-A-L	Clase II	pH/ Fertilidad del suelo	Granos básicos con rotación de cultivos/ Pastos mejorados
Zona Ondulada	III-A-C	Clase III	Drenaje/Pendiente	Cultivos de plátano, café, cacao / Sistemas silvopastoril
Zona Accidentada	VII-N-A	Clase VI	Pendiente/ Escorrentía	Pastoreo/ Silvopastoril/ Sistemas agroforestales

Nota: Elaboración Propia

Zona Plana: Esta área representa el mayor potencial productivo de la finca, aunque su capacidad está condicionado a la corrección química del suelo. La deficiencia de fósforo y el pH ácido actúan como obstáculo que bloquea la absorción de nutrientes.

Zona Ondulada: En esta unidad, el desafío se desplaza de lo químico a lo físico debido a las limitaciones de drenaje y pendiente. La estrategia debe enfocarse en establecer cultivos perennes como café o cacao y sistemas silvopastoriles, los cuales proporcionan una cobertura permanente que reduce la escorrentía y estabiliza el terreno frente a procesos erosivos moderados.

Zona Accidentada: Esta zona carece de aptitud agrícola mecánica y debe gestionarse estrictamente bajo un enfoque de protección y servicios ambientales. Debido a su severa pendiente y alto riesgo de escorrentía; por ello, su uso se restringe a la conservación de bosques, actuando como una barrera natural que protege las zonas bajas de la sedimentación.

7.3.2. Limitantes físicas y químicas

La caracterización de las limitantes de los suelos de la finca Ventanas de la Gloria es un paso crítico para determinar la viabilidad técnica de cualquier sistema productivo. Este análisis se divide en dos dimensiones complementarias: las propiedades físicas, que definen el espacio de crecimiento y la dinámica del agua, y las propiedades químicas, que determinan la disponibilidad de nutrientes y el equilibrio biológico del sistema.

- **Evaluación de Limitantes Físicas**

En esta fase se evaluaron propiedades estructurales del suelo como la profundidad efectiva, textura, pendiente y drenaje natural, con el objetivo de identificar restricciones mecánicas o hidrológicas que impidan el desarrollo radicular o favorezcan la erosión. Los resultados de esta fase se sintetizan en la **Tabla 19**, donde se detalla el impacto específico de estos factores, para complementar esta caracterización (Ver Mapa de Limitantes en anexo 11.4, **Mapa 10**).

Tabla 19 Limitantes Físicas

Unidad de Suelo	Horizonte	Profundidad (cm)	Textura (Laboratorio)	Pendiente (%)	Drenaje Natural	Limitante	Impacto en el cultivo
El Naranjo	A / C1	45	Franco arcilloso	4-20%	Bueno	Sin limitantes físicas importantes	Buen desarrollo radicular y alta capacidad de almacenamiento de agua; suelo favorable para la mayoría de los cultivos agrícolas, con buen potencial productivo.
Gloria	A / Bt11	42	Franco arcilloso	1-11%	Bueno	acumulación de arcilla en profundidad	Ligera restricción al movimiento del agua y raíces en capas profundas, pero en general apto para agricultura intensiva con manejo adecuado.
Santa Ana	A / B21T	74	Arcilloso	1-18%	Moderado	textura y drenaje	Riesgo moderado de encharcamiento y compactación del suelo si se utiliza maquinaria pesada.

Nota: Elaboración Propia

El potencial productivo de El Naranjo es alto gracias a su textura franco-arcillosa y profundidad de 45 cm, que aseguran un excelente anclaje radicular y retención de humedad. Aunque la pendiente promedio del 10.6% (con picos del 20%) representa un riesgo de erosión, este se ve mitigado por la cobertura vegetal actual de tacotal, árboles maderables y cercas vivas, que protegen la estructura del suelo. La presencia de una fuente de agua cercana complementa estas condiciones, permitiendo un desarrollo agrícola sostenible siempre que se mantengan las prácticas de conservación para evitar la escorrentía en las zonas más inclinadas.

La unidad Gloria es sumamente apta para la agricultura intensiva, favorecido por su topografía mayoritariamente plana con pendientes promedio de apenas 4.17% y una textura franco-arcillosa que facilita la retención de humedad. Aunque la profundidad de 42 cm es adecuada, la acumulación de arcilla en profundidad y el relieve ondulado pueden generar ligeras restricciones al movimiento del agua, manifestándose como encharcamientos temporales en las zonas más bajas durante picos de lluvia. Sin embargo, la presencia de cercas vivas actúa como un regulador natural que ayuda a mejorar la estructura del suelo y la infiltración. Con un manejo adecuado del drenaje superficial para gestionar esos "lunares" de humedad, el suelo ofrece condiciones óptimas para un desarrollo radicular estable y una alta productividad sostenida.

Los suelos Santa Ana su capacidad productiva se fundamenta en su excepcional profundidad de 74 cm, la cual favorece un desarrollo radicular profundo y una gran capacidad de almacenamiento de nutrientes y agua. Aunque la textura arcillosa y el drenaje moderado pueden dificultar la aireación y el manejo físico, el pendiente promedio local de 5.8% (con picos de 18%) lo que reduce el riesgo de erosión severa y facilita la mecanización parcial. El sistema productivo se ve afectado principalmente por el riesgo de escorrentía y pérdida de rendimiento si no se aplican prácticas de conservación, pero se ve altamente favorecido por el volumen de suelo disponible para las raíces.

- **Evaluación de Limitantes Químicas**

Es fundamental evaluar las limitantes químicas que condicionan la disponibilidad de nutrientes y la salud radicular en cada sector. A continuación, se presenta un análisis basado en los resultados del laboratorio, donde se examinan variables críticas como el pH, la saturación de Manganeso y la severa deficiencia de Fósforo observada en las muestras. Este análisis se organiza mediante la **Tabla 20**, **Tabla 21** y **Tabla 22**, específicas para cada unidad de suelo, permitiendo correlacionar los resultados analíticos con su ubicación espacial en el mapa de limitantes (Ver anexo 11.4, **Mapa 10**).

Tabla 20 Limitantes Químicas suelos el Naranjo.

EL NARANJO						
Parámetro	**U/M**	**Rango ideal**	**Resultado Lab**	**Interpretación de resultados**	**Limitante**	**Impacto agronómico**
pH	—	5.5 – 6.5	5.49 – 5.50	Ligeramente ácido, en límite inferior óptimo	Potencial	Puede disminuir disponibilidad de P y favorecer Al
Potasio disponible	mEq/100g	0.2-0.4	0.10-0.23	Bajo a adecuado	Potencial	Puede limitar el vigor en etapa productiva
Fósforo disponible	ppm	10 – 36	4.54 – 3.73	Muy bajo	Sí	Limita desarrollo radicular, floración y rendimiento
Nitrógeno disponible	%	>0.15	0.42 – 0.22	Adecuado	No	No restringe crecimiento inicial
Calcio	mEq/100g	2.0-10	5.15-7.23	Adecuado	No	Favorece a la estabilidad de la estructura del suelo
Manganeso (Mn)	ppm	<100	345.9 – 58.85	Excesivo en franco arcilloso	Sí (franco Arc.)	Toxicidad radicular y foliar
CIC	cmol(+)/kg	>15	40.11 – 30.91	Alta	No	Buena retención de nutrientes

Nota: Elaboración Propia

El desequilibrio químico en los suelos de El Naranjo compromete la salud del ecosistema y la rentabilidad productiva, destacando una toxicidad crítica por manganeso y una deficiencia severa de fósforo.(Sánchez & Salinas, 1981), esta carencia de fósforo suele coexistir con la toxicidad de aluminio en suelos ácidos, lo que, sumado al pH registrado, induce fitotoxicidad radicular y altera la biodiversidad microbiana. Esta sinergia negativa limita el desarrollo radicular y la fijación de energía, forzando una dependencia de fertilización externa que corre el riesgo de fijarse irreversiblemente, amenazando la sostenibilidad y la capacidad de regeneración natural del sistema a largo plazo.

Tabla 21 Limitantes Químicas suelos la Gloria

GLORIA						
Parámetro	**U/M**	**Rango ideal**	**Resultado Lab**	**Interpretación de resultados**	**Limitante**	**Impacto agronómico**
pH	—	5.5 – 6.5	5.37 – 5.52	Ligeramente ácido, cercano al umbral inferior	Potencial	Favorece Al y Mn, reduce eficiencia del P
Potasio	mEq/100g	0.2-0.6	0.17-0.10	Deficiente	Si	Reduce la resistencia a plagas y enfermedades
Fósforo disponible	ppm	10 – 36	0.72 – 0.67	Extremadamente bajo	**Sí (severo)**	Limita raíces, macollamiento, floración y rendimiento
Nitrógeno disponible	%	>0.15	0.68 – 0.20	Bajo en una muestra	Sí (parcial)	Reduce crecimiento vegetativo inicial
Calcio	mEq/100g	1.0-5.0	1.56-1.86	Moderadamente bajo, próximo al límite inferior	Potencial	Puede restringir la absorción de los nutrientes
Manganeso (Mn)	ppm	<100	321.3 – 38.35	Muy alto en franco arcilloso	**Sí**	Riesgo de toxicidad foliar y radicular
CIC	cmol(+)/kg	>15	9.86 - 10.74	Baja en arcilloso	Sí	Baja retención de nutrientes

Nota: Elaboración Propia

Este suelo presenta severas restricciones químicas que comprometen su viabilidad productiva inmediata. La deficiencia extrema de fósforo y la baja disponibilidad

de nitrógeno y potasio limitarán el desarrollo radicular y el rendimiento final. El **pH** ácido, junto a niveles tóxicos de manganeso, genera un entorno hostil que bloquea nutrientes esenciales; según (José et al., 2016), esta toxicidad se manifiesta como clorosis intervenal y necrosis foliar. Finalmente, su baja CIC reduce la retención de fertilizantes, aumentando el riesgo de lixiviación y exigiendo una fertilización fraccionada altamente eficiente.

Tabla 22 Limitaste Químicas suelos Santa Ana.

SANTA ANA						
Parámetro	**U/M**	**Rango ideal**	**Resultado Lab**	**Interpretación de resultados**	**Limitante**	**Impacto agronómico**
pH	—	5.5 – 6.5	5.77 - 5.25	Ligeramente ácido, cercano al límite inferior	Potencial	Reduce eficiencia del fósforo y favorece Al y Mn
Potasio disponible	mEq/100g	0.2-0.6	1.01-0.98	Alto	No	Favorece el llenado de frutos y resistencia al estrés
Fósforo disponible	ppm	10 – 36	1.82	Extremadamente bajo	Sí (severo)	Limita desarrollo radicular, floración y rendimiento
Nitrógeno disponible	%	>0.15	0.41 - 0.11	Adecuado en una muestra, bajo en otra	Parcial	Reduce crecimiento vegetativo inicial
Calcio	mEq/100g	1.0-5.0	4.49-2.67	Adecuado, acercándose al límite inferior	Parcial	Puede provocar problemas en la estructura del suelo
Manganeso (Mn)	ppm	<100	**202.9 - 24.45**	Excesivo en una muestra	**Sí**	Riesgo de toxicidad radicular y foliar
CIC	cmol(+)/kg	>15	17.32 - 8.33	Adecuada en una muestra, baja en otra	Parcial	Baja capacidad de retención de nutrientes

Nota: Elaboración Propia

Este suelo presenta un escenario productivo de alto riesgo, donde la principal ventaja es el alto nivel de potasio, ideal para el llenado de frutos y la resistencia al estrés hídrico. No obstante, la producción enfrenta amenazas críticas: una deficiencia extrema de fósforo que causa daños severos en el crecimiento vegetativo, expansión de las hojas, órganos reproductivos, iniciación floral y número de flores, formación de semillas y germinación de semillas (INTAGRI, 2017) y un pH ácido que dispara niveles tóxicos de manganeso, poniendo en peligro la salud de la planta. Adicionalmente, la irregularidad en la CIC indica zonas con baja retención de nutrientes, lo que obliga a implementar una fertilización técnica y fraccionada para evitar pérdidas económicas y asegurar la viabilidad del cultivo.

7.3.3. Análisis de conflicto

El análisis de conflicto de uso para la finca Ventanas de la Gloria permite contrastar la actividad actual del suelo frente a su verdadera capacidad productiva. Este diagnóstico es clave para identificar áreas donde el recurso no está siendo aprovechado en su totalidad o donde requiere intervenciones técnicas para alcanzar su potencial óptimo. A continuación, la **Tabla *23*** Conflicto de uso presenta la Matriz de Conflicto de Uso, la cual detalla el estado de los lotes El Naranjo, Gloria y Santa Ana, especificando las acciones de mejora para transitar de la subutilización actual hacia un modelo de producción más eficiente y sostenible.

Tabla 23 Conflicto de uso

Conflicto de Uso				
Lote	**Uso actual**	**Uso potencial**	**Estado**	**Acción de mejoras requeridas**
El Naranjo	Tacotal / Ganadería	Agroforestales / Silvopastoril / Cultivos Perennes	Subutilizado	Aplicación de cal para neutralizar la toxicidad de aluminio/manganeso y fertilización fosfórica reforzada. / Diseño de siembras en curvas a nivel y establecimiento de barreras vivas.
Gloria	Ganadería / Agricultura	Agricultura intensiva de ciclo corto / Cultivos Semiperenne	Subutilizado	Plan agresivo de fertilización fosfórica / Encalado y corrección de base / Manejo de subsuelo
Santa Ana	Ganadería / Conservación	Agricultura mecanizada / Pastos	Subutilizado	Drenajes / Cero Labranza / Cal localizada

Nota: Elaboración Propia

Lote El Naranjo: El lote El Naranjo se encuentra subutilizado, con un alto potencial para sistemas agroforestales y cultivos perennes debido a su favorable profundidad (45 cm) y capacidad de retención de humedad (37.36%). Sin embargo, su productividad está condicionada por una baja velocidad de infiltración (0.51 cm/h) y pendientes de hasta el 20%, lo que exige el mantenimiento de coberturas y el diseño de curvas a nivel con barreras vivas para prevenir la erosión.

El factor limitante más crítico es el desequilibrio químico; la toxicidad por manganeso y aluminio, junto a la deficiencia severa de fósforo, demanda un encalado inmediato para neutralizar la acidez y evitar el bloqueo de nutrientes. Bajo las óptimas condiciones de radiación (16.68 MJ/m²/día), humedad relativa y temperatura de la zona, estas intervenciones permitirán estabilizar el ecosistema y asegurar una rentabilidad sostenible a largo plazo.

Lote La Gloria: Este lote se encuentra subutilizado, con un alto potencial para la agricultura intensiva gracias a su topografía plana (pendiente 4.17%) y excelente

retención de humedad. No obstante, su éxito productivo depende de dos acciones correctivas críticas: primero, el manejo del subsuelo y drenaje para mitigar la baja infiltración (0.67 cm/h) y evitar encharcamientos; y segundo, un encalado agresivo para neutralizar la toxicidad de manganeso y la acidez que actualmente bloquean el fósforo y otros nutrientes. Debido a su baja CIC, se requiere una fertilización fraccionada que, combinada con la alta radiación de la zona, permita transformar este suelo en un sistema de alta productividad para cultivos de ciclo corto y semiperennes.

Lote Santa Ana: Es un lote con alto potencial para la agricultura mecanizada y pastos gracias a su excepcional profundidad de 74 cm y un relieve manejable. No obstante, su manejo es complejo debido a una baja velocidad de infiltración (0.63 cm/h) y textura arcillosa que, bajo condiciones de alta humedad relativa (80%), predisponen al suelo a problemas de aireación y escorrentía en pendientes del 18%. Debido a la presencia de aluminio y manganeso toxico, sumado a un nivel muy bajo de fosforo, el análisis sugiere que la aplicación de enmiendas debe ser localizada, con labranza mínima para proteger la estructura física del suelo y acompañada de drenajes superficiales en los sectores donde el aluminio bloquea la absorción de nutrientes esenciales.

7.4. Plan de desarrollo sustentable para la producción agropecuaria.

Para la elaboración de un plan de desarrollo integral para una finca, se tomó como referencia la metodología propuesta por (Palma & Cruz, 2010) en el manual ***¿Cómo elaborar un plan de finca de manera sencilla?***, la cual es fundamental considerar una serie de componentes que permitan comprender su contexto, orientar su crecimiento y evaluar su progreso, empezando con:

7.4.1. Información General

Tabla 24 Información General de la finca ventanas de la gloria.

Información General		
Nombre de la finca: Ventanas de la Gloria	**Propietario:** Larry Steven Padilla Treminio	**Área:** 106 Ha
Ubicación: 727232 E 1413498 N	**Textura de los suelos:** Arcillosa	**Fecha de elaboración:** marzo del 2026
¿Como llegar? Por la carretera que va de Vía Siquia a Santa Rosa	**Condiciones del terreno:** Ondulado	**Principales Usos:** Ganadería y Conservación de Reservas Naturales

Nota: Elaboración Propia

Es importante tomar en cuenta la información de la **Tabla 24**, ya que muestra información básica de la finca y nos sirve como punto de partida para la planificación y análisis de estrategias orientadas a su desarrollo sostenible.

7.4.2. Visión

La siguiente visión define el rumbo estratégico de la finca a corto y largo plazo, estableciendo los objetivos y el enfoque productivo que se desea alcanzar, tomando en cuenta que la visión de la finca es:

“Consolidar a la finca Ventanas de la Gloria como un modelo de producción agropecuaria integral y sostenible, fundamentado en la optimización técnica del recurso suelo y la diversificación productiva. En el corto plazo, se proyecta una unidad productiva tecnificada mediante el uso de cercados eléctricos semimóviles y sistemas de alimentación estratégica (pastos de corte y ensilaje). A largo plazo, la visión se extiende hacia la excelencia genética del hato bovino y la implementación de un sistema de economía circular, donde la integración de los rubros agrícola, porcino, avícola y acuícola

permita el aprovechamiento total de los subproductos orgánicos para la regeneración y fertilidad de los suelos, garantizando la rentabilidad y la resiliencia del ecosistema agropecuario".

7.4.3. Situación Actual

A continuación, en la **Tabla 25,** se presenta la situación actual de la finca, donde se identifican los principales componentes de su organización espacial, incluyendo la distribución de potreros, vías internas, fuentes de agua y áreas de cobertura boscosa.

Tabla 25 Situación Actual



Infraestructura		
Compuesta por una casa hacienda, un corral y una galera de madera, y carretera que permite el ingreso permanente a la propiedad		
Ganado		
Tipo	**Cantidad**	**Condición**
Vacas en produccion	25	Buena
Terneros de levante	20	Buena
Ganado horro	50	Buena
Fuente de Agua		
Tipo	**Lote de Ubicación**	**Permanente**
Quebrada	3,5,6,21	Si
Río	10,11,12,13,14,15 ,16,17,18,19,25	Si
Ojo de agua	7,8	Si
Ojo de agua	1,2,9	No

Cobertura Forestal	Potreros y Pasturas			Cultivo Anual/Perenne		
	Nº de potreros	**Área (Ha)**	**Pasto**	**Nº de potrero**	**Área (Ha)**	**Pasto**
La finca cuenta con una zona de cobertura forestal destinada a reserva natural aproximadamente de 24.2 Ha, caracterizada por la presencia de especies arbóreas como caoba, cedro, palo de agua, entre otras, las cuales presentan alturas superiores a los 10 metros	1	2.65	Tacotal	14	7.24	Mombasa
	2	3.1	Tacotal	15	3.51	Mombasa
	3	6.78	Tacotal	16	0.69	Massai
	4	1.32	Natural	17	3.93	Grama
	5	6.11	Natural	18	3.21	Pará
	6	5.91	Brizantha	19	2.8	Mombasa
Los potreros presentan árboles dispersos, predominando especies como madero negro, roble, corozo, giñocuabo, entre otros, los cuales aportan sombra al ganado, mejoran las condiciones microclimáticas y contribuyen a la sostenibilidad del sistema productivo.	7	3.24	Natural	20	0.7	Pará
	8	1.42	Natural	21	2.24	Natural y Pará
	9	3.96	Natural	22	5	Mombasa
	10	2.48	Natural	23	0.15	Pará
	11	4.25	Massai	24	0.31	Natural
	12	3.31	Natural	25	1.63	Natural
	13	3.1	Natural		**31.41**	
		47.63				

Nota: Elaboración propia

Como se observa, la finca cuenta con una división interna de potreros que facilita el manejo del ganado que con la presencia de fuentes hídricas representa un recurso clave para la producción, mientras que las zonas de cobertura vegetal ofrecen oportunidades para la conservación y el manejo sostenible. No obstante, esta distribución también puede implicar desafíos en términos de optimización del uso del suelo y conectividad entre áreas, aspectos que deberán considerarse en la planificación futura.

7.4.4. Limitantes

Tras haber analizado detalladamente las limitaciones físicas y químicas presentes en los suelos de la finca, se ha procedido a priorizar los factores críticos que restringen actualmente la productividad. La **Tabla 26** resume las principales limitantes detectadas, sus causas de origen y las estrategias técnico-administrativas propuestas para su mitigación inmediata.

Tabla 26 Principales Limitaciones

Limitación	Causa	Solución 1	Solución 2
Aluminio tóxico	pH bajo (Acidez extrema del suelo)	**Encalado:** Aplicación de cal dolomítica o agrícola según análisis de suelo.	**Materia orgánica:** Incorporar compost o abonos verdes para quelatar el aluminio.
Acidez del suelo	Lavado de bases por exceso de lluvia o fertilizantes acidificantes.	**Encalado:** Uso de carbonato de calcio para elevar el pH.	**Variedades tolerantes:** Seleccionar especies de pastos o cultivos que soporten suelos ácidos.
Drenaje deficiente	Topografía plana o texturas arcillosas (suelos pesados).	**Zanjas de drenaje:** Diseño de canales primarios y secundarios para evacuar excesos.	**Sistemas de siembra:** Uso de camellones o bancales elevados para alejar las raíces del agua.
Poco pasto	Sobrepastoreo y potreros muy grandes.	**Pastoreo Rotacional:** Dividir en potreros pequeños (con cercas eléctricas) para dar descanso al pasto.	**Renovación de praderas:** Siembra de variedades de mayor biomasa y fertilización nitrogenada.
Flujo de Caja	Dependencia de un solo rubro.	**Diversificación:** Integración de cultivos de ciclo corto (maíz, frijol) que generen ingresos rápidos.	**Valor agregado:** Procesar materia prima (hacer queso, picar forraje para venta, etc.).

Nota: Elaboración Propia

El diagnóstico presentado en la **Tabla 26,** identifica las limitaciones que afectan tanto la salud del ecosistema edáfico como la rentabilidad del modelo productivo. Si bien existen otras variables secundarias en el sistema, estas cinco limitantes han sido seleccionadas por su mayor relevancia e impacto directo. Abordar estos puntos de manera integral es una condición obligatoria para establecer una base sólida y garantizar el éxito en el arranque del plan de desarrollo de la finca.

7.4.5. Oportunidades

Más allá de las limitaciones identificadas, la propiedad posee una serie de ventajas y recursos naturales que actúan como catalizadores para el desarrollo técnico. En este sentido, en la siguiente **Tabla 27**, se han identificado las oportunidades clave que ofrece el entorno y la infraestructura actual, las cuales facilitarán la transición hacia un modelo de producción de alto rendimiento.

Tabla 27 Oportunidades

Oportunidades
La existencia de áreas con topografía plana permite la mecanización agrícola, optimizando los tiempos de labores culturales y aumentando la eficiencia operativa.
La amplia disponibilidad de recursos hídricos en toda la propiedad garantiza el establecimiento de sistemas de riego tecnificados y el suministro para diversas actividades agropecuarias durante todo el año.
El acceso directo por carretera facilita la logística de entrada de insumos y agiliza el traslado de la producción hacia los mercados, reduciendo mermas y costos de transporte.
La disponibilidad de energía eléctrica permite la instalación de sistemas de bombeo, equipos de refrigeración o maquinaria de procesamiento, abriendo la puerta a darle valor agregado a la producción.

Nota: Elaboración Propia

Al poner estas oportunidades sobre la mesa, queda claro que la finca tiene todo el potencial para dar un salto y tecnificarla. Contar con terrenos planos, agua en abundancia y servicios básicos como energía eléctrica y buen acceso, nos ahorra mucho tiempo y dinero en la inversión inicial. Aprovechar estas fortalezas ahora es la clave para superar los problemas anteriores y convertir lo que hoy no se usa en un negocio rentable.

7.4.6. Proyección de la finca a mediano y largo plazo

La proyección que se plateara responde a una pregunta crucial en el diseño de esta propuesta sustentable, **¿Como queremos que este la Finca?**

El presente plan se fundamenta en la transición de un modelo de ganadería tradicional extensiva hacia un sistema diversificado y tecnificado que maximice el uso potencial de las 106 hectáreas de la finca. Se busca corregir las limitantes químicas críticas detectadas (acidez y toxicidad) y mitigar los riesgos físicos (erosión y baja infiltración) identificados en los lotes El Naranjo, Gloria y Santa Ana.

7.4.7. Zonificación productiva basada en el uso del suelo

Para optimizar la producción, se establece una división territorial basada en la capacidad de uso y las unidades cartográficas de suelo:

- **Zona de Producción Intensiva (Unidad Gloria):** La decisión de designar este lote como **Zona de Producción Intensiva** se fundamenta en un análisis de "aptitud vs. limitante". Mientras que sus propiedades químicas exigen una intervención correctiva, sus propiedades físicas y climáticas ofrecen la plataforma más estable de la finca para la producción intensiva de granos básicos y otros cultivos.

Una de las razones clave para destinar este lote a un uso intensivo es su topografía favorable, con pendientes mínimas que facilitan el tránsito de maquinaria (Ver Anexo 11.4, **Mapa 11**). Esta aptitud física permite proyectar una transición hacia la mecanización de las labores, lo que garantiza una mayor precisión en las siembras y cosechas. De esta manera, se logra potenciar la capacidad productiva del suelo,

disminuyendo la dependencia de mano de obra manual y asegurando la sostenibilidad económica del sistema.

En la producción intensiva de maíz se optó rotar con frijol u otros cultivos como sorgo de manera clave para fijar nitrógeno atmosférico por las leguminosas, reduciendo fertilizantes; romper ciclos de plagas y enfermedades específicas del maíz; mejorar la estructura del suelo con más materia orgánica y carbono; y elevar rendimientos con menores costos e insumos, asegurando rentabilidad sostenible a largo plazo.

Del área total del lote, se destinarán **5.48 ha** para la producción intensiva de cultivos de ciclo corto, principalmente maíz, frijol y sorgo. La producción se organizará mediante un calendario de siembra escalonado, que permita una distribución continua de cosechas y un uso más eficiente de los recursos.

- **Zona de Sistemas Diversificados (Unidad El Naranjo):** La adopción de un sistema mixto agroforestal–silvopastoril responde a un enfoque técnico orientado a la gestión integral del riesgo productivo. La presencia de pendientes de hasta 20% y una textura franco-arcillosa incrementan la susceptibilidad del suelo a procesos de compactación y erosión hídrica. En este contexto, el establecimiento de coberturas vegetales permanentes, como agroforestales, maderables, frutales y pasturas, resulta fundamental para garantizar protección continua del suelo durante todo el año, contribuyendo a la conservación de su profundidad efectiva (45 cm) y a la estabilidad estructural del perfil.

Por otra parte el suelo presenta limitaciones químicas importantes, como el bajo contenido de fósforo (3.73 ppm) y altos niveles de manganeso (345.9 ppm), lo que restringe el establecimiento de cultivos exigentes y reduce la productividad de sistemas agrícolas convencionales; ante este escenario, los sistemas agroforestales se plantean como una alternativa más viable y sostenible, ya que la incorporación de especies arbóreas mejora la fertilidad mediante el aporte continuo de materia orgánica y el reciclaje de nutrientes, además de contribuir a la inmovilización parcial del manganeso y

disminuir su toxicidad; por otro lado, considerando la alta humedad relativa (80.4%), la implementación de sistemas más abiertos y diversificados favorece una mejor circulación del aire, lo que ayuda a reducir la incidencia de enfermedades fúngicas en comparación con esquemas de monocultivo más densos.

Para este sistema de producción se plantean tres fases progresivas que permiten la recuperación y aprovechamiento sostenible del suelo. En la fase inicial de estabilización (1–6 meses), se prioriza el establecimiento de barreras vivas y la siembra de leguminosas arbustivas, con el objetivo de fijar nitrógeno, mejorar la fertilidad y controlar la erosión en las zonas de mayor pendiente (20%). Posteriormente, en la fase de establecimiento de agroforestales (6–12 meses), se realiza la plantación de cítricos y otros frutales siguiendo las curvas de nivel, con marcos de siembra de 10m x 10m a 12m x 12m ideales para este tipo de sistemas según (CONtexto Ganadero, 2017), acompañada de un manejo inicial del pH del suelo para ajustarlo a un rango óptimo entre 5.5 y 6.5.

En la tercera fase, correspondiente a los 3-4 años, se incorpora el componente pecuario una vez que el sistema arbóreo y el pastizal se encuentran establecidos. En esta etapa se introducen terneros destetados bajo un sistema de pastoreo racional con cercas eléctricas semi móvil, con el fin de evitar la compactación del suelo arcilloso y garantizar un uso eficiente y sostenible del área y recurso forrajero.

Durante la fase de establecimiento de los sistemas frutales o agroforestales, se recomienda implementar cultivos transitorios como la papaya (*Carica papaya*), aprovechando los espacios disponibles entre el marco de plantación de los árboles. Esta estrategia permite optimizar el uso del área y del tiempo productivo, generando ingresos en el corto plazo mientras el componente arbóreo alcanza su etapa productiva. Además, contribuye a mejorar la eficiencia del sistema al mantener cobertura vegetal y actividad biológica en el suelo. De esta manera, la producción de papaya actúa como un mecanismo de soporte económico, permitiendo subsidiar los costos operativos iniciales hasta que el sistema principal se consolide y comience a generar los rendimientos proyectados.

En la unidad de suelo Santa Ana, se establecerá un modelo de ganadería intensiva sustentable que integra bancos de pastos de corte para suplementación y un sistema de pastoreo rotacional con cercas eléctricas semi-móviles para ganado lechero y desarrollo de novillos. Se aprovecharán las zonas con pendientes bajas para implementar la mecanización en el establecimiento de pastos de corte y cultivos destinados al ensilaje, facilitando la logística de cosecha y reserva forrajera. Asimismo, el uso de labranza mínima y el manejo controlado del pastoreo responden a la necesidad de mitigar riesgos de compactación y erosión, aprovechando los altos niveles de potasio natural del suelo para compensar la acidez y la deficiencia de fósforo, garantizando así una producción forrajera eficiente y resiliente ante las condiciones climáticas de la zona.

Para la implementación de este sistema productivo dividiremos el lote en dos áreas principales basadas en la topografía, la facilidad de acceso para maquinaria y tomando en cuenta el Manejo de Pasto 1 de la UNA (MSc Domingo J., 2005):

1. **Zona A: Núcleo de Corte y Ensilaje (Pendientes 1–5%)**

Esta corresponde a las áreas con menor pendiente, lo cual permite un manejo altamente mecanizado. En esta zona se prioriza la producción intensiva de biomasa forrajera mediante especies de alto rendimiento como **Cuba 22** según El Gran Chaparral (2022) **o King Grass** en suelos con drenajes corregidos o cultivos como maíz o sorgo destinados a ensilaje. La baja inclinación favorece la operación eficiente de maquinaria agrícola (segadoras, picadoras y remolques), reduciendo riesgos operativos y costos por unidad de forraje producido.

Desde el punto de vista agronómico, esta zona debe manejarse con un enfoque de alta fertilidad, incorporando planes de fertilización basados en análisis de suelo debido a la elevada extracción de nutrientes por los cultivos de corte; asimismo, es recomendable implementar sistemas de drenaje superficial ante eventos de precipitación intensa para evitar anegamientos que afecten la maquinaria y la calidad del forraje. En términos logísticos, se deben considerar rutas internas estables para el transporte del material cosechado hacia los sitios de consumo o almacenamiento.

2. Zona B: Módulos de Pastoreo Rotacional (Pendientes 6–18%)

Esta zona corresponde a áreas con mayor pendiente, por lo que se orienta al pastoreo directo. Se recomienda establecer pastos con buena tolerancia al pisoteo, como Marandú, Toledo, Mulato II, Mombasa o Estrella (en suelos con drenaje y poca toxicidad de aluminio), ya que ofrecen adecuada cobertura del suelo. El manejo debe basarse en un sistema de pastoreo rotacional intensivo, dividiendo el área en módulos mediante cercas eléctricas semi-móviles, lo que permite regular la carga animal, controlar los tiempos de ocupación y descanso, y favorecer una mejor recuperación del pasto, incrementando así la productividad.

Es fundamental mantener una cobertura vegetal adecuada para reducir la erosión hídrica, especialmente en pendientes superiores al 10%. Asimismo, se debe asegurar el acceso estratégico al agua y sombra en cada módulo para evitar el sobrepastoreo localizado, complementado con el uso de caminos estabilizados que reduzcan la degradación del suelo durante el movimiento del ganado.

7.4.8. Manejo Agroecológico y conservación

Para presentar de manera sistemática un conjunto de prácticas orientadas a la mejora integral de los sistemas productivos en distintos predios nos apoyaremos en la **Tabla 28**. En ella se detallan las acciones clave y sus respectivas metas técnicas, enfocadas en la corrección del suelo, la nutrición biológica, la sanidad preventiva y el manejo sostenible del ganado y los cultivos.

Tabla 28 Manejo Agroecológico

MANEJO AGROECOLOGICO			
Lote	**Práctica**	**Acción Clave**	**Meta Técnica**
Gloria	**Corrección de Suelo**	Aplicar cal dolomítica junto con compost para estabilizar la acidez.	Nivelar el pH y neutralizar el exceso de manganeso que afecta a las plantas.
	Nutrición Biológica	Inocular las semillas con bacterias (*Rhizobium*) y hongos benéficos.	Ayudar a que la planta capte nitrógeno del aire y aproveche el fósforo "atrapado" en el suelo.

	Protección de Suelos	Mantener los restos de las cosechas (maíz y sorgo) sobre el terreno.	Mejorar la capacidad del suelo para retener nutrientes y evitar que el potasio se pierda.
	Sanidad Preventiva	Realizar aplicaciones programadas de Caldo Bordelés.	Crear un escudo contra hongos, especialmente cuando la humedad sube del 80%.
El Naranjo	**Corrección de Suelo**	Mezclar cal dolomítica + compost directamente en el hoyo de siembra.	Neutralizar el exceso de Manganeso (345.9 ppm) para que no queme las raíces.
	Nutrición Biológica	Aplicar micorrizas a las raíces de frutales y pastos al momento de sembrar.	Ayudar a la planta a buscar el Fósforo "atrapado" en la arcilla (3.73 ppm).
	Pastoreo Racional	Rotar los terneros destetados en lotes pequeños usando cercas eléctricas.	Evitar que el ganado compacte la arcilla y usar el estiércol como abono gratis.
	Sistemas Mixtos	Sembrar papaya y frutales en medio de los pastizales con árboles.	Producir en varios niveles, frenar la erosión y darle sombra al ganado.
	Sanidad Natural	Realizar podas de aireación y aplicar caldos minerales (Bordelés).	Evitar que los hongos se desarrollen por la alta humedad (80.4%) de la zona.
Santa Ana	**Corrección Química**	Cal dolomítica + Roca fosfórica.	Elevar el pH y corregir el déficit crítico de Fósforo (1.82 ppm).
	Nutrición Orgánica	Aplicación de purines y estiércol.	Reciclar nutrientes y potenciar el alto Potasio natural del lote.
	Gestión Física	Labranza mínima (Cincel) y drenaje.	Airear el suelo arcilloso para evitar la toxicidad por Manganeso.
	Pastoreo Rotacional	Cercas eléctricas (Cargas altas).	Evitar el sobrepisoteo y frenar la erosión en pendientes (hasta 18%).
	Sanidad Ambiental	Control preventivo de hongos.	Proteger el forraje ante la alta humedad relativa (80.4%).
	Bienestar Animal	Árboles dispersos / Cercas vivas.	Reducir el estrés calórico (25.7°C) en ganado lechero y novillos.

Nota: Elaboración propia.

El análisis de la **Tabla 28,** evidencia un enfoque integral en el que las prácticas propuestas se articulan para mejorar la productividad y sostenibilidad del sistema. La corrección de la acidez del suelo mediante cal dolomítica resulta fundamental, ya que permite regular el pH, disminuir la toxicidad por manganeso y aluminio, y mejorar la disponibilidad de fósforo (FAO, 2015), lo que coincide con las metas técnicas planteadas.

Asimismo, la incorporación de micorrizas fortalece la nutrición vegetal al optimizar la fijación de nitrógeno y la absorción de fósforo, reduciendo la dependencia de fertilizantes químicos (CIAT, 2016). En paralelo, prácticas como la cobertura con residuos y la labranza mínima contribuyen a conservar la estructura del suelo, reducir la erosión y aumentar la materia orgánica, aspectos clave en la sostenibilidad productiva (FAO, 2017)

En el componente pecuario, según (CATIE, 2023) el pastoreo rotacional y los sistemas con árboles mejoran el uso del suelo, reducen el estrés térmico en el ganado y favorecen el reciclaje de nutrientes. Finalmente, el manejo preventivo con caldos minerales permite controlar enfermedades en condiciones de alta humedad de manera compatible con la agricultura ecológica (INIA, 2019)

Según (Marquez, 2025) afirman que el pastoreo rotacional requiere de largos periodos de descanso para evitar la compactación del suelo y mantener un balance adecuado en sus propiedades químicas (**pH, K, Ca y Mg**).

La siguiente **Tabla 29**, presenta un conjunto de prácticas orientadas a la protección y manejo sostenible del suelo en diferentes unidades productivas. En ella se detallan las aplicaciones específicas, los lotes donde se implementan y los beneficios críticos asociados, con énfasis en la reducción de la erosión, el control de la compactación, la mejora del drenaje y la regulación de las condiciones físicas del suelo.

Tabla 29 Conservación de Suelos.

Conservación			
Estrategia Técnica	**Aplicación Específica**	**Lote(s) de Aplicación**	**Beneficio Crítico Compartido**
Labranza de Conservación / Vertical	Uso de cincel o subsolador (sin volteo) y mantenimiento de rastrojos.	**Gloria, Santa Ana**	Evita la compactación y el "piso de arado" en horizontes arcillosos.
Diseño en Contorno y Barreras Vivas	Trazado de curvas de nivel, siembra en contorno y barreras de Vetiver/Limoncillo.	**El Naranjo, Santa Ana**	Frena el lavado de nutrientes y la erosión en pendientes del 18% al 20%.
Sistematización de Drenaje Bio-vegetado	Canales y zanjas de infiltración con pastos para conducir excedentes.	**Gloria, El Naranjo, Santa Ana**	Previene la asfixia radicular, el encharcamiento y la toxicidad por Manganeso.
Cobertura Permanente (Viva o Muerta)	Mantenimiento de biomasa, rastrojos y leguminosas densas.	**Gloria, Santa Ana**	Mitiga el impacto directo de la lluvia y preserva la estructura franco-arcillosa.
Pastoreo Controlado / Rotacional	Manejo de tiempos de ocupación con cercas eléctricas (fijas o semi-móviles).	**El Naranjo, Santa Ana**	Impide el sellado del suelo por sobrepisoteo y compactación animal.
Rotación y Manejo de Sombras	Alternar Gramíneas/Leguminosas y poda estratégica de árboles.	**Gloria, El Naranjo**	Rompe ciclos de plagas, regula la luminosidad y la humedad relativa (80.4%).

Nota: Elaboración Propia

Esta tabla se enfoca en el control de los procesos de degradación del suelo, especialmente aquellos relacionados con la erosión, la compactación y el exceso de humedad. A diferencia de un manejo orientado a la productividad, estas prácticas buscan mantener la estabilidad física del suelo y reducir la pérdida de recursos (Mena, 2020).

En este contexto, la labranza de conservación vertical y la cobertura permanente actúan directamente sobre la estructura del suelo. (CENTER for RURAL AFFAIRS, 2024) explica que la labranza vertical permite cortar verticalmente el campo, intercalando entre

60% y 80% de los residuos de los cultivos en el suelo, mejorando la infiltración y reduciendo la compactación, lo cual es especialmente importante en suelos arcillosos. Por su parte, la cobertura vegetal protege la superficie del impacto de la lluvia, disminuye el escurrimiento y favorece la formación de agregados estables, contribuyendo al control de la erosión, ya que protege al suelo cuando este no está cultivado.

Por otro lado, el diseño en contorno y las barreras vivas representan un manejo adaptado a condiciones de pendiente, ya que reducen la velocidad del flujo superficial y, con ello, la pérdida de suelo y nutrientes. Estas prácticas han demostrado ser altamente efectivas en el control de la erosión hídrica en terrenos inclinados (Mena, 2020)

Asimismo, los drenajes biovegetados permiten manejar el exceso de agua en el suelo, evitando la asfixia radicular y la acumulación de compuestos tóxicos asociados a condiciones anaeróbicas. Este tipo de soluciones combina infraestructura y vegetación para mejorar la aireación y la drenabilidad, siendo especialmente útil en zonas húmedas o con suelos de baja permeabilidad (Gelati et al., 2009).

Finalmente, el pastoreo controlado y la rotación con manejo de sombras integran el componente pecuario dentro de la conservación del suelo. El control de la carga animal y el mantenimiento de cobertura vegetal reducen la compactación y mejoran el microclima del sistema. Diversos estudios indican que estos enfoques favorecen la acumulación de materia orgánica y la recuperación del suelo.

7.4.9. Recomendaciones Tecnológicas

Con el propósito de fortalecer la eficiencia productiva y la sostenibilidad de los sistemas evaluados, se presentan a continuación las recomendaciones tecnológicas integradas en la **Tabla 30**. Estas propuestas enlazan herramientas y prácticas adaptadas a las condiciones específicas de cada lote, orientadas a optimizar el manejo del suelo, mejorar el establecimiento de cultivos y pasturas, y promover un uso más eficiente de los recursos disponibles en el sistema productivo.

Tabla 30 Recomendaciones Tecnológicas

Lote	Sistema Tecnológico	Componentes y Herramientas	Aplicación Estratégica
Gloria, El Naranjo, Santa Ana	Nutrición y Enmiendas de Precisión	Kit de análisis de campo, Voleadora manual, Cintas de pH.	Monitoreo de pH para control de toxicidad por Manganeso y aplicación precisa de cal/roca fosfórica.
El Naranjo, Santa Ana	Manejo de Escorrentía e Hidrología	Nivel en "A", Diseño de drenajes, Bebederos móviles.	Trazado de curvas de nivel para proteger los 45 cm de suelo fértil y evitar erosión en pendientes.
Gloria	Mecanización de Conservación	Arado de cincel (tracción animal), Sembradora de matraca.	Descompactación del horizonte Bt11 sin inversión de suelo y siembra directa sobre rastrojo.
Gloria, El Naranjo	Sanidad Vegetal Agroecológica	Bomba de espalda (boquillas de abanico), Bomba motorizada.	Aplicación de caldos minerales y foliares para combatir la alta humedad relativa (80%).
El Naranjo, Santa Ana	Gestión Ganadera Inteligente	Cerca eléctrica solar, Software de gestión, Pastoreo rotacional.	Control de carga animal para evitar el sellado del suelo y maximizar el rebrote del pasto.

Nota: Elaboración Propia

Esta tabla evidencia un enfoque integrado donde la tecnología se aplica para optimizar procesos clave del sistema productivo. En nutrición de suelos, el uso de herramientas de diagnóstico y aplicación dirigida permite un manejo más preciso del pH y los nutrientes. En el componente hidrológico, las prácticas propuestas reducen la escorrentía y la erosión, mejorando la conservación del suelo.

Por su parte, la mecanización de conservación favorece la mejora de la estructura del suelo sin generar disturbios excesivos, mientras que la sanidad vegetal se fortalece mediante aplicaciones más eficientes en condiciones de alta humedad. Finalmente, la gestión ganadera incorpora tecnologías que permiten controlar la carga animal y el pastoreo, reduciendo la compactación y mejorando la productividad del sistema.

En conjunto, las recomendaciones responden a un enfoque sistémico, donde el manejo parte del diagnóstico del suelo y ajusta progresivamente las tecnologías según

sus limitantes. Este planteamiento es coherente con los principios de la agricultura de conservación, que promueven la mínima alteración del suelo, la cobertura permanente y el manejo integrado del agua para sostener la productividad (Kienzle & Njenga, 2016). Asimismo, prácticas como el pastoreo rotacional y el control de la carga animal contribuyen a mejorar el estado del pastizal y reducir la degradación del suelo, fortaleciendo la sostenibilidad del sistema (Loera Sánchez et al., 2025).

7.4.10. Indicadores de sostenibilidad

A continuación, se presenta en la **Tabla 31** el plan operativo para la optimización de la finca, el cual detalla las intervenciones estratégicas en infraestructura, manejo de suelos y mejora genética. Esta matriz establece la hoja de ruta cronológica, los recursos técnicos necesarios y los responsables de cada ejecución, definiendo indicadores de éxito específicos para garantizar la sostenibilidad y el incremento de la rentabilidad a largo plazo.

Tabla 31 Indicadores de sostenibilidad

Descripción del cambio	¿Cuándo?	¿Con qué?	¿Quién lo hará?	Indicador de éxito
Enmienda de suelos: Aplicación de cal dolomítica y carbonato en áreas agrícolas.	Al inicio de la época lluviosa	Análisis de suelo previo, cal agrícola y mano de obra propia.	Administrador y operarios	pH estabilizado a > 5.5
Mecanización de drenajes: Trazo de canales en zonas bajas/arcillosas.	Época seca (antes de lluvias)	Tractor propio o alquiler, operario calificado.	Operador de maquinaria	Reducción de hasta un 70% del área encharcada
División de potreros: Instalación de cercado eléctrico semimóvil.	Inmediato	Energía de la red, impulsador, postes y alambre.	Personal de campo	Rebrote del pasto en 21-28 días
Banco de forraje: Siembra de maíz/sorgo para ensilaje mecanizado.	Ciclo de primera	Semilla certificada, fertilizantes y segadora.	Equipo agrícola	35 t/ha de silo disponible para época crítica

Mejoramiento Genético: Programa de Inseminación Artificial (IA).	Mediano plazo (tras estabilizar alimentación)	Semen de razas mejoradoras, termo de nitrógeno y kit de IA.	Veterinario o técnico en IA	Tasa de preñez > 40% y crías mejoradas
Diversificación Integral: Montaje de módulos porcino, avícola y acuícola.	Largo plazo	Infraestructura, pie de cría y aprovechamiento de subproductos.	Dueño y operarios	Generar al menos 3 fuentes productivas activas y aumentar los ingresos de la finca en ≥20% anual
Implementación de sistema silvopastoril	Inicio de la época lluviosa	Plántulas forestales y forrajeras	Dueño y operarios	Establecimiento de 80–120 árboles/ha con supervivencia mínima del 85% al primer año

Nota: Elaboración Propia

En el fondo, estos indicadores de éxito no pretenden ser una camisa de fuerza fija, sino una brújula y a su vez medir el avance real del proyecto. La gestión agropecuaria es dinámica por naturaleza (FAO, 2001), así que estas metas están pensadas para adaptarse o reorientarse en el camino si el clima, el mercado o la misma tierra lo exigen. La idea es mantener la flexibilidad necesaria para exprimir el máximo potencial productivo y financiero de la finca, pero siempre con los pies en la tierra: no se trata de forzar, ni de buscar rentabilidad inmediata a costa del suelo o del agua, sino de ajustar el rumbo para que el negocio prospere sin comprometer la salud y la sostenibilidad del ecosistema a largo plazo.

7.4.11. Monitoreo de indicadores

Con el propósito de brindar el seguimiento de las intervenciones propuestas y garantizar su sostenibilidad en el tiempo, en la **Tabla 32** se establece las estrategias tecnológicas y de monitoreo adaptadas a cada una de las intervenciones propuestas, priorizando el uso de tecnologías de bajo costo, instrumentación artesanal y herramientas digitales de acceso libre que facilitan la recolección de datos en la rutina diaria del campo.

Tabla 32 Monitoreo de Indicadores

Descripción del cambio	Estrategia / Herramienta Tecnológica	Estrategia de Monitoreo	¿Cómo medir avances y comparar?
Enmienda de suelos	Peachímetro portátil o cintas de pH + GPS móvil (o Google Earth).	Muestreo rápido de pH en 5 puntos georreferenciados por lote antes de aplicar y cada 3 meses.	Comparar la lectura del peachímetro contra el pH inicial. Registrar la evolución en libreta o Excel.
Mecanización de drenajes	Fotos georreferenciadas con celular + Estacas graduadas (PVC/madera) en puntos críticos.	Medición visual de lámina de agua en estacas y registro fotográfico 24 h después de lluvias fuertes.	Comparar fotografías "antes vs. después" y medir la velocidad de evacuación del agua tras eventos de lluvia.
División de potreros	Probador de voltaje para cerca + Regleta graduada de madera para altura de pasto.	Revisión diaria de voltaje en el punto más lejano y medición semanal de la altura del pasto.	Verificar si la altura del pasto alcanza el nivel óptimo de entrada al cumplirse el rango de días de descanso.
Banco de forraje:	Marco de PVC de 1 m^2 + Pesa digital de mano + Hoja de cálculo simple.	Muestreo de biomasa verde en 3 puntos al azar usando el marco de 1 m^2 a los 60 y 75 días de siembra.	Multiplicar peso promedio del m^2 x 10,000 para proyectar las t/ha y comparar contra la meta
Mejoramiento Genético	Registro digital en app/Excel + Kit básico de Inseminación Artificial	Revisión diaria de celos, diagnóstico de gestación por palpación a los 45 días y registro de nacimientos.	Calcular (Vacas preñadas / Vacas servidas) x 100 cada 6 meses y comparar contra el 40% meta.

Diversificación Integral	Hoja Excel de ingresos-egresos + Grupo de WhatsApp de control.	Registro semanal de producción (huevos, cerdos/peces) y balance contable mensual.	Comparar ingresos netos mensuales del año actual con el histórico base de la finca.
Implementación de sistema silvopastoril	Marcación con estacas + Registro fotográfico con celular	Conteo directo de plantas vivas por línea/hectárea al primer mes de siembra y cada 3 meses durante el primer año.	Calcular % Supervivencia = (Árboles vivos / Árboles sembrados) X 100. Si es < 85%, realizar resiembra inmediata en la siguiente ventana de lluvias.

Nota: Elaboración propia.

El esquema presentado constituye una guía metodológica de fácil adopción que complementa las metas definidas en la **Tabla 32** (Indicadores de sostenibilidad). Su objetivo principal es brindar una herramienta clara y sistemática para medir, evaluar y comparar el progreso real de las actividades frente a los niveles de éxito esperados. De esta manera, el monitoreo continuo no solo permite verificar si la finca se encamina hacia el cumplimiento de los indicadores establecidos, sino que también facilita la toma de decisiones oportunas y la aplicación de ajustes correctivos de manera preventiva antes de finalizar cada ciclo productivo.

7.4.12. Cronograma

El cronograma (Ver Anexo 11.3, **Tabla 77**) se organizó en un orden lógico: primero ordenar la finca y asegurar la comida, para luego mejorar la producción. Por eso, se inicia con la división de potreros mediante cercas eléctricas, aprovechando el trazado para sembrar las cercas vivas del sistema silvopastoril.

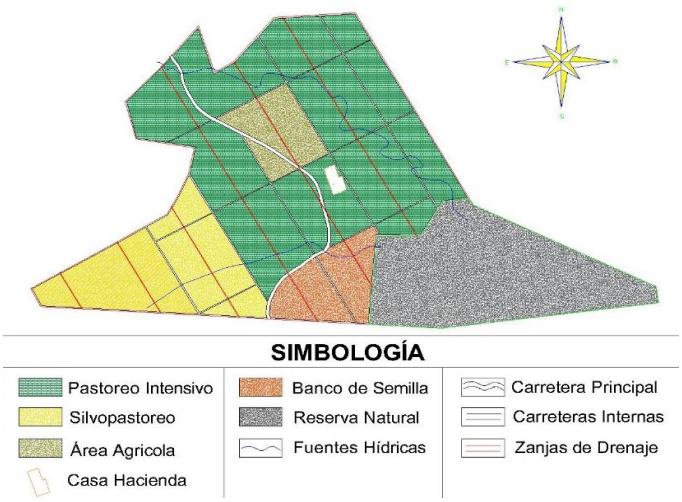
Esta división permite arrancar de inmediato con la medición semanal de la altura del pasto, lo que ayuda a controlar los tiempos de recuperación del forraje. De forma continua y prioritaria, se siembra el banco de forraje para ensilaje, garantizando reserva de alimento de buena calidad para la época crítica de verano y evitando problemas de nutrición en el ganado desde el primer año.

Una vez asegurada la alimentación, en la época seca se realiza la mecanización de los drenajes en las zonas bajas. Esto permite evacuar el exceso de agua antes del siguiente invierno y observar cómo responden los suelos. Tras evaluar las áreas encharcadas post-lluvia, se aplica la enmienda de suelos de forma precisa en los puntos más críticos. Con la finca bien dividida, con buen drenaje, suelo corregido y comida garantizada, se da el siguiente paso con el programa de mejoramiento genético mediante inseminación artificial. Finalmente, con la ganadería funcionando de manera estable, se pasa a la diversificación integral con otros módulos productivos para generar ingresos adicionales.

7.4.13. Resumen de Proyección de la Finca

Con el fin de sintetizar los puntos clave abordados anteriormente, en la **Tabla 33** se presenta el resumen de como proyectamos ver la finca a futuro, enmarcando también las principales limitaciones identificadas, asimismo, las soluciones propuestas y las oportunidades de desarrollo que servirán de base para la planificación estratégica de cada unidad productiva.

Tabla 33 Proyección de la finca a futuro

<table>
<tr><th colspan="2">Visión</th><td colspan="2" rowspan="2">
</td></tr>
<tr><td colspan="2">Consolidar a la finca Ventanas de la Gloria como un modelo de producción agropecuaria integral y sostenible, fundamentado en la optimización técnica del recurso suelo y la diversificación productiva. En el corto plazo, se proyecta una unidad productiva tecnificada mediante el uso de cercados eléctricos semimóviles y sistemas de alimentación estratégica (pastos de corte y ensilaje). A largo plazo, la visión se extiende hacia la excelencia genética del hato bovino y la implementación de un sistema de economía circular, donde la integración de los rubros agrícola, porcino, avícola y acuícola permita el aprovechamiento total de los subproductos orgánicos para la regeneración y fertilidad de los suelos, garantizando la rentabilidad y la resiliencia del ecosistema agropecuario.</td></tr>
<tr><th>Limitación</th><th>Causa</th><th>Solución 1</th><th>Solución 2</th></tr>
<tr><td>Aluminio tóxico</td><td>pH bajo (Acidez extrema del suelo)</td><td>Encalado: Aplicación de cal dolomítica o agrícola según análisis de suelo.</td><td>Materia orgánica: Incorporar compost o abonos verdes para quelatar el aluminio.</td></tr>
<tr><td>Acidez del suelo</td><td>Lavado de bases por exceso de lluvia o fertilizantes acidificantes.</td><td>Encalado: Uso de carbonato de calcio para elevar el pH.</td><td>Variedades tolerantes: Seleccionar especies de pastos o cultivos que soporten suelos ácidos.</td></tr>
<tr><td>Drenaje deficiente</td><td>Topografía plana o texturas arcillosas (suelos pesados).</td><td>Zanjas de drenaje: Diseño de canales primarios y secundarios para evacuar excesos.</td><td>Sistemas de siembra: Uso de camellones o bancales elevados para alejar las raíces del agua.</td></tr>
<tr><td>Poco pasto</td><td>Sobrepastoreo y potreros muy grandes.</td><td>Pastoreo Rotacional: Dividir en potreros pequeños (con cercas eléctricas) para dar descanso al pasto.</td><td>Renovación de praderas: Siembra de variedades de mayor biomasa y fertilización nitrogenada.</td></tr>
<tr><td>Flujo de Caja</td><td>Dependencia de un solo rubro.</td><td>Diversificación: Integración de cultivos de ciclo corto (maíz, frijol) que generen ingresos rápidos.</td><td>Valor agregado: Procesar materia prima (hacer queso, picar forraje para venta, etc.).</td></tr>
<tr><th colspan="4">Oportunidades</th></tr>
<tr><td colspan="4">La existencia de áreas con topografía plana permite la mecanización agrícola, optimizando los tiempos de labores culturales y aumentando la eficiencia operativa.</td></tr>
<tr><td colspan="4">La amplia disponibilidad de recursos hídricos en toda la propiedad garantiza el establecimiento de sistemas de riego tecnificados y el suministro para diversas actividades agropecuarias durante todo el año.</td></tr>
<tr><td colspan="4">El acceso directo por carretera facilita la logística de entrada de insumos y agiliza el traslado de la producción hacia los mercados, reduciendo mermas y costos de transporte.</td></tr>
<tr><td colspan="4">La disponibilidad de energía eléctrica permite la instalación de sistemas de bombeo, equipos de refrigeración o maquinaria de procesamiento, abriendo la puerta a darle valor agregado a la producción.</td></tr>
<tr><td colspan="4">La combinación de agua y electricidad crea las condiciones ideales para implementar tecnología de precisión (como fertirriego automatizado) o infraestructuras protegidas como invernaderos.</td></tr>
</table>

Nota: Elaboración Propia

La meta con esta proyección no es solo cambiar la forma en que se dividen las áreas de la finca (Ver anexos 11.4, Mapa 12) sino transformarla en un negocio eficiente y preparado para el futuro. Si logramos aprovechar la topografía plana para mecanizar el campo y administrar correctamente el agua disponible, a medida que se corrigen las fallas físicas y químicas del suelo, logramos abrir un camino claro para producir más y mejor. De esta manera, dejamos de depender de un solo rubro y reducimos los riesgos económicos, asegurando que la finca sea verdaderamente rentable y sostenible con el paso de los años.

VIII. COCLUSIONES

La caracterización edafoclimática, hidrofísicas y bioquímica de la finca Ventanas de la Gloria permitió comprender de manera integral las condiciones naturales que influyen en su capacidad productiva y manejo agropecuario. La zona presenta condiciones climáticas favorables, con precipitaciones promedio de 1,344 mm/año, temperatura media de 25.73 °C y humedad relativa de 80.4 %, factores que favorecen el desarrollo de diversos sistemas de producción. A nivel edáfico, se identificaron suelos profundos con texturas franco arcillosa, arcillosa y franca, así como pendientes entre 1 % y 20 %, donde los procesos de erosión hídrica varían desde nulos hasta moderados según la posición del terreno.

Los análisis hidrofísicos reflejaron capacidades de campo entre 34.83 % y 37.36 %, acompañadas de velocidades de infiltración moderadamente lentas, comprendidas entre 0.51 y 0.67 cm/h. Asimismo, los resultados químicos evidenciaron suelos moderadamente ácidos, con valores de pH entre 5.25 y 5.77, capacidades de intercambio catiónico desde 8.33 hasta 40.11 mEq/100 g y presencia de aluminio tóxico en determinadas áreas. Estas características permitieron establecer una zonificación de la finca en tres series de suelo: El Naranjo, Gloria y Santa Ana, demostrando la necesidad de implementar prácticas de manejo particulares para garantizar un uso sostenible y adecuado de cada unidad de suelo.

La evaluación del uso potencial de la finca permitió determinar que la mayor parte de su superficie corresponde a las clases agrológicas I, II y III, lo que evidencia una buena aptitud para el desarrollo de actividades agropecuarias. Aunque se identificaron algunas limitaciones relacionadas con la acidez del suelo, la presencia de aluminio tóxico, las pendientes y el riesgo de erosión en ciertos sectores, estas pueden ser manejadas mediante la aplicación de enmiendas y prácticas adecuadas de conservación. Los resultados indican que una parte de la finca posee condiciones favorables para la producción agrícola, mientras que otras áreas presentan mayor aptitud para sistemas silvopastoriles y actividades de pastoreo extensivo o intensivo. En consecuencia, la finca

cuenta con un alto potencial productivo, siempre que el uso del suelo se ajuste a sus capacidades y limitaciones, garantizando así un manejo sostenible de sus recursos.

El plan de desarrollo sustentable diseñado para la finca Ventanas de la Gloria se fundamentó en la zonificación y el uso potencial de los suelos identificados en el estudio. Con base en ello, se asignaron usos específicos para cada zona, considerando sus características y limitaciones, con el propósito de optimizar la producción agropecuaria. Además, se definieron prácticas de manejo agroecológico y medidas de conservación de suelos adaptadas a cada unidad de manejo para promover un aprovechamiento sostenible del recurso. Asimismo, se establecieron recomendaciones tecnológicas e indicadores de sostenibilidad que permitirán dar seguimiento al cumplimiento del plan, evaluar su efectividad y fortalecer la toma de decisiones orientadas a un desarrollo productivo sostenible.

IX. RECOMENDACIONES

1. Diversificar progresivamente los sistemas de producción mediante la incorporación de rubros como porcicultura, avicultura y piscicultura, con el propósito de ampliar las fuentes de ingreso, reducir la dependencia de una sola actividad productiva y fortalecer la sostenibilidad económica de la finca a largo plazo.

2. Ejecutar un plan de remodelación de las instalaciones pecuarias, particularmente en los establos y la manga, orientado a mejorar las condiciones de manejo del ganado, elevar los estándares de inocuidad alimentaria y optimizar la eficiencia de las operaciones realizadas durante el ordeño y otras actividades pecuarias.

3. Incorporar en el diseño de establos y galeras sistemas de recolección y aprovechamiento de excretas bovinas que permitan la producción de biogás como fuente de energía renovable y la elaboración de fertilizantes orgánicos para uso dentro de la finca, promoviendo una gestión más eficiente de los recursos disponibles.

4. Desarrollar una red de distribución de agua que garantice el suministro permanente a los potreros, facilitando el acceso del ganado al recurso hídrico, mejorando su bienestar y contribuyendo a una mayor eficiencia en los sistemas de producción pecuaria.

5. Fortalecer el proceso de mecanización mediante la adquisición de tractore e implementos agrícolas adecuados a las condiciones de la finca, con el fin de incrementar la eficiencia de las labores productivas, reducir los tiempos de ejecución y optimizar el uso de la mano de obra disponible.

6. Realizar análisis periódicos de suelo para dar seguimiento a las variaciones de sus propiedades químicas, físicas e hidrofísicas, permitiendo identificar oportunamente posibles limitaciones y aplicar las correcciones necesarias para mantener la productividad y calidad del recurso suelo.

7. Promover la capacitación continua del personal involucrado en las diferentes actividades productivas de la finca, facilitando la adopción de nuevas tecnologías, técnicas de manejo y prácticas sostenibles que contribuyan a mejorar el desempeño técnico y económico de los sistemas de producción.

8. Evaluar periódicamente la implementación del plan de desarrollo sustentable mediante el seguimiento de los indicadores establecidos, con el objetivo de medir los avances alcanzados, identificar posibles desviaciones y realizar los ajustes requeridos para garantizar el cumplimiento de las metas propuestas.

9. Integrar el uso de aplicaciones digitales de mapeo y gestión ganadera (como **PastureMap** o Herramientas de SIG móvil) para sistematizar el registro de la rotación de potreros, monitorear los tiempos de descanso de las pasturas y ajustar la carga animal, optimizando así la disponibilidad forrajera y evitando la degradación de los suelos.

X. BIBLIOGRAFÍA

AGRECOL. (2024). DESARROLLO AGROPECUARIO SOSTENIBLE. *FUNDACIÓN AGRECOL Andes*. https://www.agrecolandes.org/desarrollo-agropecuario-sostenible/

Blandón & Pérez, D., Federico. (2019). *Caracterización de Sistemas de Producción Agrícola en los municipios de Telpaneca, San Lucas y San Juan de Rio Coco, departamento de Madriz, 2017-2018*. UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA.

Catastro e Inventario de Recursos Naturales. Managua D.N. Nicaragua. Diciembre, 1978. (s. f.). Recuperado 7 de octubre de 2024, de https://www.enriquebolanos.org/media/publicacion/RevistaTemasNicaraguenses160agosto2021.pdf

CATIE. (2023). *CATIE impulsa innovaciones en el manejo de pasturas al mismo tiempo que se incrementa la cobertura arbórea en fincas ganaderas de Honduras – CATIE*. https://www.catie.ac.cr/2023/05/23/catie-impulsa-innovaciones-en-el-manejo-de-pasturas-al-mismo-tiempo-que-se-incrementa-la-cobertura-arborea-en-fincas-ganaderas-de-honduras/

Cayley Putchie, Silverio Pérez. (2018). [Universidad Nacional de Ingenieria]. https://ribuni.uni.edu.ni/4451/1/92868.pdf

CENTER for RURAL AFFAIRS. (2024). *Una mirada más detallada a la Labranza de Conservación | Center For Rural Affairs—Building a Better Rural Future*. https://www.cfra.org/publications/una-mirada-mas-detallada-la-labranza-de-conservacion

Cervantes. (2014). *Tipos de Muestreos de Suelos*. prezi.com. https://prezi.com/iqnis_5z9o85/tipos-de-muestreos-de-suelos/

Cherlinka, V. (2022, septiembre 26). *Rotación de Cultivos: Tipos, Ejemplos y Sus Beneficios*. https://eos.com/es/blog/rotacion-de-cultivos/

CIAT. (2016). *2016-Publicaciones CIAT*.

CONtexto Ganadero. (2017). *CONtexto Ganadero*. https://www.contextoganadero.com/

Contreras. (2022, marzo 30). Clasificación de los tipos de suelos. *Coarval*. https://coarval.com/clasificacion-de-los-tipos-de-suelos/

Daniel Rene Luna Saez. (2003). *Metodo-permeabilidad-insitu-porchet*. Slideshare. https://es.slideshare.net/slideshow/metodopermeabilidadinsituporchet/236876161

Editorial Etecé. (2024a). Precipitación (clima)—Qué es, tipos y cómo se mide. *https://concepto.de/*. https://concepto.de/precipitacion/

Editorial Etecé. (2024b). Temperatura—Concepto, escalas, medición, tipos y ejemplos. *https://concepto.de/*. https://concepto.de/temperatura/

Editorial Etecé. (2024c). https://concepto.de/clima-2/

Enríquez & Orozco. (2009). *CONDUCTIVIDAD HIDRÁULICA EN DIFERENTES SUELOS DEL MUNICIPIO DE SAN JOSÉ DE LOS REMATES, BOACO 2009*.

Estudio FAO Montes 13. (1996). *Nociones ambientales básicas para profesores rurales y extensionistas*. https://www.fao.org/4/w1309s/w1309s04.htm#TopOfPage

FAO. (2001). *Sistemas de Producción Agropecuaria y Pobreza*. https://www.fao.org/4/y1860s/y1860s03.htm

FAO. (2015). *El estado de la alimentación y la agricultura 2015 | FAO*. https://www.fao.org/family-farming/detail/en/c/336805/

FAO. (2017). *El estado mundial de la agricultura y la alimentación 2017 | FAO*. https://www.fao.org/family-farming/detail/es/c/1042500/

FAO. (2022). *Glosario de Termininos Capacidad de Campo*. https://www.fao.org/4/y4690s/y4690s02.htm

FAO. (2024). *Propiedades Químicas | Portal de Suelos de la FAO | Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura*. https://www.fao.org/soils-portal/soil-survey/clasificacion-de-suelos/sistemas-numericos/propiedades-quimicas/es/

Gelati, P. R., Lozano, L. A., Sarli, G. O., Filgueira, R. R., & Soracco, C. G. (2009). Influencia de la materia orgánica en la superficie específica de un Argiudol típico. *Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias*.

Goss & Ulery. (2013). *Factores edáficos: Una descripción general | Temas de ScienceDirect*. https://www.sciencedirect.com/topics/agricultural-and-biological-sciences/edaphic-factors

Guillermo Bendaña G. (2018). *RTN 126-octubre 2018*.

INIA. (2019). *Variación espacial de la fertilidad del suelo en la EEA El Chira*. Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA). http://hdl.handle.net/20.500.12955/3070

INTAGRI. (2017). *Propiedades Físicas del Suelo y el Crecimiento de las Plantas | Intagri S.C.* https://www.intagri.com/articulos/suelos/propiedades-fisicas-del-suelo-y-el-crecimiento-de-las-plantas

José, J.-M., Gómez-Bustamante, E., & Jaimes-Morales, J. (2016). La educación ambiental como base cultural y estrategia para el desarrollo sostenible. *Telos: Revista de Estudios Interdisciplinarios en Ciencias Sociales*, *18*(2), 266-281. https://doi.org/10.36390/telos182.07

Kienzle, J., & Njenga, B. (2016). *Agricultura de Conservación*.

Loera Sánchez, J. M., López Serrano, P. M., Gutiérrez Luna, R., Carrete Carreón, F. O., Quero Carrillo, A. R., Loera Sánchez, J. M., López Serrano, P. M., Gutiérrez Luna, R., Carrete Carreón, F. O., & Quero Carrillo, A. R. (2025). Respuesta del pastizal al pastoreo continuo y rotacional en el norte de México. *Revista mexicana de ciencias pecuarias*, *16*(3), 698-713. https://doi.org/10.22319/rmcp.v16i3.6827

Loja, U. T. P. de. (2023, septiembre 6). ▷ Ganadería Sostenible: Prácticas Eco-Amigables. *RECLA*. https://recla.org/blog/ganaderia-sostenible/

López. (2020, mayo 18). Indagan la composición de la materia orgánica del suelo. *Gaceta UNAM*. https://www.gaceta.unam.mx/indagan-la-composicion-de-la-materia-organica-del-suelo/

MAG. (1971). *Tarjeta de barrenadas*.

Marín, E. (1971). *Clasificación por capacidad de uso de las tierras*.

Marín, G. (2011). *Edafología*.

Marquez, J. (2025). *Importancia de la gestión del pastoreo sobre la ecología del suelo*. https://itsta.edu.mx/revistadigital

Mena, M. (2020). *Efecto de prácticas de manejo del suelo y sus interacciones en la dinámica del carbono orgánico del suelo: Revisión de Literatura*. 30.

Miguroma. (2004). *USO POTENCIAL DEL SUELO*. https://repositoriocdim.esap.edu.co/bitstream/handle/20.500.14471/9727/2603-32.pdf?sequence=30&isAllowed=y

Morales, F. (2023, abril 24). Diversificar cultivos es diversificar beneficios. *CIMMYT*. https://www.cimmyt.org/es/noticias/diversificar-cultivos-es-diversificar-beneficios/

MSc Domingo J., C. D. (2005). *Manejo de pasto I*. https://repositorio.una.edu.ni/2425/7/Manejo%20de%20pasto%20I.pdf

Muñoz, P. (2017). *Vista de Investigación agropecuaria con enfoque agroecológico para el desarrollo de una agricultura sostenible en Nicaragua | La Calera*. https://lacalera.una.edu.ni/index.php/CALERA/article/view/285/291

Natalini, B., & Natalini, M. B. (2013). *Revisión de velocidades de viento extremas en tres localidades del sur de Argentina*. https://ri.conicet.gov.ar/handle/11336/8886

Nelson Álvarez, Wilfredo Martínez. (2019). *CLASIFICACIÓN AGROLOGICA PARA EL USO Y MANEJO DE LOS SUELOS EN LA FINCA MONTE CARMELO, MUNICIPIO DE DIRIÁ, DEPARTAMENTO DE GRANADA* [Universidad Nacional de Ingenieria]. file:///C:/Users/Lenovo/Documents/TESIS/93821.pdf

Omri López. (2014). *Actualización de las Características Morfológicas e Hidrofísicas de los suelos con caña de azúcar (Saccharum Officianarum) de la Finca "Javier Guerra", perteneciente a CASUR, ubicada en el municipio de Nandaime, Departamento de Granada, Nicaragua.* Universidad Nacional de Ingenieria.

Osorio, N. W. (2012). *TOMA DE MUESTRAS DE SUELOS PARA EVALUAR LA FERTILIDAD DEL SUELO*. *1*(1).

Osorio-Giraldo, J. F., Calderón-Bedoya, V., Mesa, O. L. de, & Restrepo-Berrio, D. (2024). Importancia De La Disponibilidad De Alternativas Forrajeras Para La Alimentación De Ganado Bovino. *Revista Politécnica*, *20*(39), 18-30.

Palma, E., & Cruz, J. (2010). *¿como elaborar un plan de finca de manera sencilla?* https://repositorio.catie.ac.cr/bitstream/handle/11554/7743/Como_elaborar_un_plan_de_finca.pdf

Peña & Hernández. (2016). *Manueal de buenas prácticas pecuarias en bovinos, porcinos y aves*.

Quirós & Espinoza, S., Leonardo. (1986). *Agroclimatologia Tropical*. EUNED. https://books.google.com.ni/books?hl=es&lr=&id=DD05AfVeRs0C&oi=fnd&pg=PA143&dq=velocidad+viento+concepto&ots=bFTfWhhRcQ&sig=L2fS66NJVyyQQgxOdlPB7iCb8ZY&redir_esc=y#v=onepage&q=velocidad%20viento%20concepto&f=false

Salazar, L. A. L., & Khalajabadi, S. S. (2023). PROPIEDADES HIDROFÍSICAS DE SUELOS DE LA ZONA CAFETERA COLOMBIANA Y SU RELACIÓN CON EL MATERIAL PARENTAL. *Revista de Investigación Agraria y Ambiental*, *14*(1), 51-84.

SALGADO PEREZ. (2017). *Revisión Sistemática: Conservación y Manejo Sostenible del Suelo en Agricultura*. Studocu. https://www.studocu.com/co/document/unir-colombia/agricultura-

sostenible/revision-sistematica-conservacion-y-manejo-sostenible-del-suelo-en-agricultura/143429963

Sánchez, P. A., & Salinas, J. G. (1981). Low-Input Technology for Managing Oxisols and Ultisols in Tropical America. En *Advances in Agronomy* (Vol. 34, pp. 279-406). Elsevier. https://doi.org/10.1016/S0065-2113(08)60889-5

Servicio Geológico Mexicano. (2017a). *Introducción Sistemas de información geográfica*. https://www.sgm.gob.mx/Web/MuseoVirtual/SIG/Introduccion-SIG.html

Servicio Geológico Mexicano. (2017b, marzo 22). *Introducción Sistemas de información geográfica*. https://www.sgm.gob.mx/Web/MuseoVirtual/SIG/Introduccion-SIG.html

Soler & Palau. (2024, julio 22). Humedad relativa, específica y absoluta -Carta Psicrométrica | S&P. *S&P Sistemas de Ventilación*. https://www.solerpalau.com/es-es/blog/humedad-relativa-especifica-absoluta/

Soto, J. (2021). *¿Por qué es importante la conservación del suelo?* Greenpeace México. https://www.greenpeace.org/mexico/blog/10603/por-que-es-importante-la-conservacion-del-suelo/

Sullivan, P. (2007).

Udemy. (2023). *ArcGIS de principiante a experto*. Udemy. https://www.udemy.com/course/jdgis_principiante_a_experto/

Vasyl, cherlinkan. (2022). *Punto De Marchitez En Las Plantas: Límite Permanente Y Temporal*. https://eos.com/es/blog/punto-de-marchitez-permanente/

XI. ANEXOS

11.1. Tablas

11.1.1. Tablas para evaluar y clasificar resultados

Tabla 34 Profundidad Efectiva del Suelo

Profundidad del Suelo		
Simbología	**Clasificación**	**Descripción**
1	> 90 cm	Profundo
2	60 - 90 cm	Moderadamente Profundo
3	40 - 60 cm	Poco Profundo
4	25 - 40cm	Superficial
5	< 25 cm	Muy Superficial

Nota: Extraído del Entrenamiento Básico Para La Clasificación Por Capacidad De Uso De La Tierra

Tabla 35 Clasificación de Textura

Textura		
Simbología	**Clasificación**	**Descripción**
0	Muy Gruesa	Arena Gruesa, Grava
1	Gruesa	Arena media, arena fina, arena muy fina, areno franco grueso y areno franco medio
2	Moderadamente Gruesa	Areno francoso muy fino, franco arenoso grueso, franco arenoso medio y franco arenoso fino
3	Media	Franco arenoso muy fino, franco, franco limoso y limo
4	Moderadamente Fina	Franco arcilloso, franco arcilloso arenoso y franco arcillo limoso
5	Fina	Arcillo arenoso, arcillo limoso y arcilloso con menos de 60% arcilla
6	Muy Fina	Arcilla pesada (Vertisoles) con > 60% de arcilla

Nota: Extraído del Entrenamiento Básico Para La Clasificación Por Capacidad De Uso De La Tierra

Tabla 36 Clasificación de Drenaje

Drenaje	
Simbología	**Clasificación**
0	Drenaje excesivo
1	Drenaje ligero o moderado excesivo
2	Bien drenado
3	Moderadamente bien drenado
4	Drenaje imperfecto
5	Drenaje pobre
6	Drenaje muy pobre

Nota: Extraído del Entrenamiento Básico Para La Clasificación Por Capacidad De Uso De La Tierra

Tabla 37 Clasificación de la Pendiente del Terreno

Pendiente del terreno		
Simbología	**Clasificación**	**Descripción**
A	< 1.5%	Plano o casi plano
B	1.5 - 4%	Ligeramente inclinado u ondulado
C	4 - 8%	Moderadamente inclinado u ondulado
D	8 - 15%	Fuertemente inclinado u ondulado
E	15 - 30%	Moderadamente escarpado, colinado
F	30 - 50%	Escarpado, colinado, montañoso
FF	50 - 75%	Muy escarpado, montañoso, serranías
G	> 75%	Subvertical, montañoso, cuchillas o precipicio

Nota: Extraído del Entrenamiento Básico Para La Clasificación Por Capacidad De Uso De La Tierra

Tabla 38 Clasificación de la Erosión

Erosión	
Simbología	**Clasificación**
e	Erosión Hídrica Leve
ee	Erosión Hídrica Moderada
E	Erosión Hídrica Fuerte
EE	Erosión Hídrica Severa
v	Erosión Eólica de leve a moderada

Nota: Extraído del Entrenamiento Básico Para La Clasificación Por Capacidad De Uso De La Tierra

Tabla 39 Clase de Capacidad del Suelo

Clase	Descripción	Limitaciones	Usos recomendados
I	Muy pocas limitaciones, suelos profundos, bien drenados y fértiles.	Pendiente 0-1.5%, problemas de erosión muy leves, no sujetos a inundaciones.	Cultivos agronómicos, pastos, bosques, vida silvestre.
II	Algunas limitaciones que requieren manejo cuidadoso.	Pendientes 1.5-4%, susceptibilidad moderada a la erosión, profundidad 60-90 cm.	Cultivos agronómicos, pastos, agroforestería, vida silvestre, con prácticas de conservación de suelo y agua.
III	Severas limitaciones que requieren prácticas especiales.	Pendiente 4-8%, alta susceptibilidad a la erosión, inundaciones frecuentes.	Cultivos agronómicos, pastos, agroforestería, vida silvestre, con prácticas de conservación de suelo y agua.
IV	Limitaciones muy severas que restringen el uso.	Pendientes 8-15%, baja capacidad de retención de humedad, inundaciones frecuentes.	Cultivos agrosilvopastoriles, pastos, agroforestería, vida silvestre, con mayores prácticas de conservación de suelo y agua.
V	Limitaciones que restringen a pastos y sitios.	Suelos planos, inundaciones frecuentes, limitaciones climáticas.	Pastos, sitios, agroforestería, vida silvestre.
VI	Limitaciones severas, generalmente inadecuados para cultivos.	Pendientes pronunciadas, baja capacidad de retención de humedad.	Pastos, sitios, agroforestería, vida silvestre, con manejo forestal y agroforestal.
VII	Muy severas, inadecuados para cultivos.	Pendientes muy pronunciadas, erosión severa, condiciones climáticas desfavorables.	Pastoreo, lotes de árboles, vida silvestre, con manejo forestal y agroforestal.
VIII	Uso excesivamente restringido, solo para recreación y vida silvestre.	Erosión extrema, clima severo, pendientes verticales.	Recreación, vida silvestre, abastecimiento de agua, con prácticas de manejo de bosques y manejo de áreas protegidas.

Nota: Esta tabla resume las clases de suelos, sus características, limitaciones y usos recomendados, facilitando la comprensión de la capacidad de uso del suelo (Marín, 1971).

11.1.2. Resultados del LABSA

Tabla 40 Resultados de LABSA muestra 1

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA
Laboratorio de Suelos y Agua (UNA-LABSA)
Formato del sistema de gestión
Informe de Resultados de los Análisis en Suelo

LABSA-FG-7.8-01 **Versión 02**

Fecha de recepión de muestra: 07/05/2025
Fecha de Muestreo: 07/05/2025
Entidad: NA
Contácto: Fredman José Padilla Cano
Descripción de la muestra : Suelos (Bolsa No.1, Prof:0-21,X: 1413184 Y: 726676)
Código/LABSA: S-2025-0101

Fecha emisión/Informe: 29/5/2025
Fecha/análisis: 29/05/2025
Finca: La Guadalupana
Municipio: Paiwas
Departamento: RAAS
Informe No. 12642

		Parámetro	Resultados	Unidades	Método
Análisis Quimico					
RUTINA		pH (H_2O)	5,49	-	GLOSOLAN-SOP-06
		Materia Orgánica	N/A	%	GLOSOLAN-SOP-02
		Nitrógeno	0,42	%	GLOSOLAN-SOP-14
		Carbono Orgánico	N/A	g/kg	GLOSOLAN-SOP-02
		Fósforo disponible	4,54	ppm	GLOSOLAN-SOP-10
		Conductividad Eléctrica	N/A	µS/cm	GLOSOLAN-SOP-07
		Aluminio	0,35	mEq/100 g suelo	NOM-021-RECNAT-2000/AS-33
BASES DEL SUELO	DISPONIBLE	K	0,10	mEq/100 g suelo	KSSL-4B1a1b (MODIFICADO)
		Ca	5,15	mEq/100 g suelo	KSSL-4B1a1b (MODIFICADO)
		Mg	3,32	mEq/100 g suelo	KSSL-4B1a1b (MODIFICADO)
	INTERCAMBIABLE	K	0,21	mEq/100 g suelo	KSSL-4B1a1b
		Ca	12,06	mEq/100 g suelo	KSSL-4B1a1b
		Mg	7,73	mEq/100 g suelo	KSSL-4B1a1b
		Na	0,15	mEq/100 g suelo	KSSL-4B1a1b
		CIC	40,11	mEq/100 g suelo	KSSL-4B1a
		SB	50,23	%	KSSL-4B1a
MICRO ELEMENTOS		Fe	25,95	mg/kg	MELICH 1
		Cu	5,80	mg/kg	MELICH 1
		Mn	345,90	mg/kg	MELICH 1
		Zn	15,30	mg/kg	MELICH 1
ANALISIS ESPECIALES		Carbonatos	N/A	mg/kg	NOM-021-RECNAT-2000/AS-20
		B	N/A	mg/kg	AZOMETINA-H
		SO_4^{2-}	N/A	mg/kg	TURBIDIMÉTRICO
		NO_3^-	N/A	mg/kg	ESPECTROFOTOMÉTRICO UV-VIS
		NH_4^+	N/A	mg/kg	ESPECTROFOTOMÉTRICO UV-VIS
		Acidez intercambiable	0,47	mEq/100 g suelo	NOM-021-RECNAT-2000/AS-33
		Hidrógeno intercambiable	N/A	mEq/100 g suelo	Calculado
		pH (KCl)	N/A	-	GLOSOLAN-SOP-06

Se da fe únicamente de la muestra analizada
Las opiniones e interpretaciones no se encuentran dentro del alcance de acreditación y son emitidos bajo la responsabilidad del Laboratorio. El laboratorio tiene disponible la información completa relativa a los ensayos.

Leyenda:
N/D: No detectado
N/A: No analizado

Lic. Xiomara Del Carmen Rodríguez Silva
Director de LABSA
NO VÁLIDO SIN FIRMA NI SELLO

----------FIN DE ESTE INFORME----------

Km 12 y 1/2 Carretera Norte, Central telefónica: 22331501, 22331354, 22331899.
Ext.: 5252, 5251. Email: labsa@ci.una.edu.ni
Pág 1 de 2 Emisión: 2024-01-24

Tabla 41 Resultados de LABSA muestra 1

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA
Laboratorio de Suelos y Agua (UNA-LABSA)
Formato del sistema de gestión
Informe de Resultados de los Análisis en Suelo

LABSA-FG-7.8-01 **Versión 02**

Fecha de recepión de muestra: 07/05/2025
Fecha de Muestreo: 07/05/2025
Entidad: NA
Contácto: Fredman José Padilla Cano
Descripción de la muestra : Suelos (Bolsa No.1, Prof:0-21,X: 1413184 Y: 726676)
Código/LABSA: S-2025-0101

Fecha emisión/Informe: 29/5/2025
Fecha/análisis: 29/05/2025
Finca: La Guadalupana
Municipio: Paiwas
Departamento: RAAS
Informe No. 12642

	Parámetro	Resultados	Unidades	Método
Análisis Fisico				
Densidades	Da	N/A	g/cm3	ASTM D 7263-09
	Dr	N/A	g/cm3	NOM-021-RECNAT-2000/AS-04
Retencion de Humedad	CC	N/A	%	NOM-021-RECNAT-2000/AS-06
	Humedad	N/A	%	NOM-021-RECNAT-2000/AS-05
	PMP	N/A	%	NOM-021-RECNAT-2000/AS-06
Plasticidad	LIP	N/A	%	ASTM D 4318-00
	LSP	N/A	%	ASTM D 4318-00
	IP	N/A	%	ASTM D 4318-00
Textura de suelo [Bouyoucos]	Arcilla	N/A	%	NOM-021-RECNAT-2000/AS-09
	Limo	N/A	%	NOM-021-RECNAT-2000/AS-09
	Arena	N/A	%	NOM-021-RECNAT-2000/AS-09
	Clase Textural [Bouyoucos]	N/A	-	NOM-021-RECNAT-2000/AS-09
Textura del suelo [Pipeta]	Arena Muy Gruesa	N/A	%	ASTM D 422
	Arena Gruesa	N/A	%	ASTM D 422
	Arena Media	N/A	%	ASTM D 422
	Arena Fina	N/A	%	ASTM D 422
	Arena Muy Fina	N/A	%	ASTM D 422
	Arena Total	N/A	%	ASTM D 422
	Limo Grueso	N/A	%	ASTM D 422
	Limo Fino	N/A	%	ASTM D 422
	Limo Total	N/A	%	ASTM D 422
	Arcilla	N/A	%	ASTM D 422
	Clase Textural [Pipeta]	N/A	-	ASTM D 422

Se da fe únicamente de la muestra analizada
Las opiniones e interpretaciones no se encuentran dentro del alcance de acreditación y son emitidos bajo la responsabilidad del Laboratorio. El laboratorio tiene disponible la información completa relativa a los ensayos.

Leyenda:
N/D: No detectado
N/A: No analizado

Lic. Xiomara Del Carmen Rodríguez Silva
Director de LABSA
NO VÁLIDO SIN FIRMA NI SELLO

----------**FIN DE ESTE INFORME**----------

Km 12 y 1/2 Carretera Norte, Central telefónica: 22331501, 22331354, 22331899.
Ext.: 5252, 5251. Email: labsa@ci.una.edu.ni

Pág 2 de 2 Emisión: 2024-01-24

Tabla 42 Resultados de LABSA muestra 2

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA
Laboratorio de Suelos y Agua (UNA-LABSA)
Formato del sistema de gestión
Informe de Resultados de los Análisis en Suelo

LABSA-FG-7.8-01 **Versión 02**

Fecha de recepión de muestra: 07/05/2025
Fecha de Muestreo: 07/05/2025
Entidad: NA
Contácto: Fredman José Padilla Cano
Descripción de la muestra : Suelos (Bolsa No.2, Prof:21-45, X: 726676 Y: 1413184
Código/LABSA: S-2025-0102

Fecha emisión/Informe: 29/5/2025
Fecha/análisis: 29/05/2025
Finca: La Guadalupana
Municipio: Paiwas
Departamento: RAAS
Informe No. 12643

		Parámetro	Resultados	Unidades	Método
Análisis Quimico					
RUTINA		pH (H_2O)	5,50	-	GLOSOLAN-SOP-06
		Materia Orgánica	N/A	%	GLOSOLAN-SOP-02
		Nitrógeno	0,22	%	GLOSOLAN-SOP-14
		Carbono Orgánico	N/A	g/kg	GLOSOLAN-SOP-02
		Fósforo disponible	3,73	ppm	GLOSOLAN-SOP-10
		Conductividad Eléctrica	N/A	µS/cm	GLOSOLAN-SOP-07
		Aluminio	2,89	mEq/100 g suelo	NOM-021-RECNAT-2000/AS-33
BASES DEL SUELO	DISPONIBLE	K	0,23	mEq/100 g suelo	KSSL-4B1a1b (MODIFICADO)
		Ca	7,23	mEq/100 g suelo	KSSL-4B1a1b (MODIFICADO)
		Mg	7,90	mEq/100 g suelo	KSSL-4B1a1b (MODIFICADO)
	INTERCAMBIABLE	K	0,31	mEq/100 g suelo	KSSL-4B1a1b
		Ca	9,98	mEq/100 g suelo	KSSL-4B1a1b
		Mg	10,59	mEq/100 g suelo	KSSL-4B1a1b
		Na	0,14	mEq/100 g suelo	KSSL-4B1a1b
		CIC	30,91	mEq/100 g suelo	KSSL-4B1a
		SB	68,02	%	KSSL-4B1a
MICRO ELEMENTOS		Fe	22,55	mg/kg	MELICH 1
		Cu	6,00	mg/kg	MELICH 1
		Mn	58,85	mg/kg	MELICH 1
		Zn	1,50	mg/kg	MELICH 1
ANALISIS ESPECIALES		Carbonatos	N/A	mg/kg	NOM-021-RECNAT-2000/AS-20
		B	N/A	mg/kg	AZOMETINA-H
		SO_4^{2-}	N/A	mg/kg	TURBIDIMÉTRICO
		NO_3^-	N/A	mg/kg	ESPECTROFOTOMÉTRICO UV-VIS
		NH_4^+	N/A	mg/kg	ESPECTROFOTOMÉTRICO UV-VIS
		Acidez intercambiable	2,97	mEq/100 g suelo	NOM-021-RECNAT-2000/AS-33
		Hidrógeno intercambiable	N/A	mEq/100 g suelo	Calculado
		pH (KCl)	N/A	-	GLOSOLAN-SOP-06

Se da fe únicamente de la muestra analizada
Las opiniones e interpretaciones no se encuentran dentro del alcance de acreditación y son emitidos bajo la responsabilidad del Laboratorio. El laboratorio tiene disponible la información completa relativa a los ensayos.

Leyenda:
N/D: No detectado
N/A: No analizado

Lic. Xiomara Del Carmen Rodriguez Silva
Director de LABSA
NO VÁLIDO SIN FIRMA NI SELLO

----------FIN DE ESTE INFORME----------

Km 12 y 1/2 Carretera Norte, Central telefónica: 22331501, 22331354, 22331899.
Ext.: 5252, 5251. Email: labsa@ci.una.edu.ni

Pág 1 de 2 Emisión: 2024-01-24

Tabla 43 Resultados de LABSA muestra 2

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA
Laboratorio de Suelos y Agua (UNA-LABSA)
Formato del sistema de gestión
Informe de Resultados de los Análisis en Suelo

LABSA-FG-7.8-01 **Versión 02**

Fecha de recepión de muestra: 07/05/2025
Fecha de Muestreo: 07/05/2025
Entidad: NA
Contácto: Fredman José Padilla Cano
Descripción de la muestra : Suelos (Bolsa No.2, Prof:21-45, X: 726676 Y: 1413184
Código/LABSA: S-2025-0102

Fecha emisión/Informe: 29/5/2025
Fecha/análisis: 29/05/2025
Finca: La Guadalupana
Municipio: Paiwas
Departamento: RAAS
Informe No. 12643

	Parámetro	Resultados	Unidades	Método
Análisis Fisico				
Densidades	Da	N/A	g/cm3	ASTM D 7263-09
	Dr	N/A	g/cm3	NOM-021-RECNAT-2000/AS-04
Retencion de Humedad	CC	N/A	%	NOM-021-RECNAT-2000/AS-06
	Humedad	N/A	%	NOM-021-RECNAT-2000/AS-05
	PMP	N/A	%	NOM-021-RECNAT-2000/AS-06
Plasticidad	LIP	N/A	%	ASTM D 4318-00
	LSP	N/A	%	ASTM D 4318-00
	IP	N/A	%	ASTM D 4318-00
Textura de suelo [Bouyoucos]	Arcilla	N/A	%	NOM-021-RECNAT-2000/AS-09
	Limo	N/A	%	NOM-021-RECNAT-2000/AS-09
	Arena	N/A	%	NOM-021-RECNAT-2000/AS-09
	Clase Textural [Bouyoucos]	N/A	-	NOM-021-RECNAT-2000/AS-09
Textura del suelo [Pipeta]	Arena Muy Gruesa	N/A	%	ASTM D 422
	Arena Gruesa	N/A	%	ASTM D 422
	Arena Media	N/A	%	ASTM D 422
	Arena Fina	N/A	%	ASTM D 422
	Arena Muy Fina	N/A	%	ASTM D 422
	Arena Total	N/A	%	ASTM D 422
	Limo Grueso	N/A	%	ASTM D 422
	Limo Fino	N/A	%	ASTM D 422
	Limo Total	N/A	%	ASTM D 422
	Arcilla	N/A	%	ASTM D 422
	Clase Textural [Pipeta]	N/A	-	ASTM D 422

Se da fe únicamente de la muestra analizada
Las opiniones e interpretaciones no se encuentran dentro del alcance de acreditación y son emitidos bajo la responsabilidad del Laboratorio. El laboratorio tiene disponible la información completa relativa a los ensayos.

Leyenda:
N/D: No detectado
N/A: No analizado

Lic. Xiomara Del Carmen Rodríguez Silva
Director de LABSA
NO VÁLIDO SIN FIRMA NI SELLO

----------FIN DE ESTE INFORME----------

Km 12 y 1/2 Carretera Norte, Central telefónica: 22331501, 22331354, 22331899.
Ext.: 5252, 5251. Email: labsa@ci.una.edu.ni

Pág 2 de 2 Emisión: 2024-01-24

Tabla 44 Resultados de LABSA muestra 3

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA
Laboratorio de Suelos y Agua (UNA-LABSA)
Formato del sistema de gestión
Informe de Resultados de los Análisis en Suelo

LABSA-FG-7.8-01 **Versión 02**

Fecha de recepión de muestra: 07/05/2025
Fecha de Muestreo: 07/05/2025
Entidad: NA
Contácto: Fredman José Padilla Cano
Descripción de la muestra : Suelos (Bolsa No.3, Prof:45-80, X: 726676 Y:1413184)
Código/LABSA: S-2025-0103

Fecha emisión/Informe: 29/5/2025
Fecha/análisis: 29/05/2025
Finca: La Guadalupana
Municipio: Paiwas
Departamento: RAAS
Informe No. 12644

		Parámetro	Resultados	Unidades	Método
Análisis Quimico					
RUTINA		pH (H_2O)	5,37	-	GLOSOLAN-SOP-06
		Materia Orgánica	N/A	%	GLOSOLAN-SOP-02
		Nitrógeno	0,10	%	GLOSOLAN-SOP-14
		Carbono Orgánico	N/A	g/kg	GLOSOLAN-SOP-02
		Fósforo disponible	ND	ppm	GLOSOLAN-SOP-10
		Conductividad Eléctrica	N/A	µS/cm	GLOSOLAN-SOP-07
		Aluminio	4,02	mEq/100 g suelo	NOM-021-RECNAT-2000/AS-33
BASES DEL SUELO	DISPONIBLE	K	0,23	mEq/100 g suelo	KSSL-4B1a1b (MODIFICADO)
		Ca	1,80	mEq/100 g suelo	KSSL-4B1a1b (MODIFICADO)
		Mg	5,46	mEq/100 g suelo	KSSL-4B1a1b (MODIFICADO)
	INTERCAMBIABLE	K	0,38	mEq/100 g suelo	KSSL-4B1a1b
		Ca	3,59	mEq/100 g suelo	KSSL-4B1a1b
		Mg	9,80	mEq/100 g suelo	KSSL-4B1a1b
		Na	0,27	mEq/100 g suelo	KSSL-4B1a1b
		CIC	24,55	mEq/100 g suelo	KSSL-4B1a
		SB	57,21	%	KSSL-4B1a
MICRO ELEMENTOS		Fe	19,65	mg/kg	MELICH 1
		Cu	6,10	mg/kg	MELICH 1
		Mn	11,65	mg/kg	MELICH 1
		Zn	0,80	mg/kg	MELICH 1
ANALISIS ESPECIALES		Carbonatos	N/A	mg/kg	NOM-021-RECNAT-2000/AS-20
		B	N/A	mg/kg	AZOMETINA-H
		SO_4^{2-}	N/A	mg/kg	TURBIDIMÉTRICO
		NO_3^-	N/A	mg/kg	ESPECTROFOTOMÉTRICO UV-VIS
		NH_4^+	N/A	mg/kg	ESPECTROFOTOMÉTRICO UV-VIS
		Acidez intercambiable	5,20	mEq/100 g suelo	NOM-021-RECNAT-2000/AS-33
		Hidrógeno intercambiable	N/A	mEq/100 g suelo	Calculado
		pH (KCl)	N/A	-	GLOSOLAN-SOP-06

Se da fe únicamente de la muestra analizada
Las opiniones e interpretaciones no se encuentran dentro del alcance de acreditación y son emitidos bajo la responsabilidad del Laboratorio. El laboratorio tiene disponible la información completa relativa a los ensayos.

Leyenda:
N/D: No detectado
N/A: No analizado

Lic. Xiomara del Carmen Rodríguez Silva
Director de LABSA
NO VÁLIDO SIN FIRMA NI SELLO

----------FIN DE ESTE INFORME----------

Km 12 y 1/2 Carretera Norte, Central telefónica: 22331501, 22331354, 22331899.
Ext.: 5252, 5251. Email: labsa@ci.una.edu.ni

Tabla 45 Resultados de LABSA muestra 3

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA
Laboratorio de Suelos y Agua (UNA-LABSA)
Formato del sistema de gestión
Informe de Resultados de los Análisis en Suelo

LABSA-FG-7.8-01 **Versión 02**

Fecha de recepión de muestra: 07/05/2025
Fecha de Muestreo: 07/05/2025
Entidad: NA
Contácto: Fredman José Padilla Cano
Descripción de la muestra : Suelos (Bolsa No.3, Prof:45-80, X: 726676 Y:1413184)
Código/LABSA: S-2025-0103

Fecha emisión/Informe: 29/5/2025
Fecha/análisis: 29/05/2025
Finca: La Guadalupana
Municipio: Paiwas
Departamento: RAAS
Informe No. 12644

	Parámetro	Resultados	Unidades	Método
Análisis Fisico				
Densidades	Da	N/A	g/cm3	ASTM D 7263-09
	Dr	N/A	g/cm3	NOM-021-RECNAT-2000/AS-04
Retencion de Humedad	CC	N/A	%	NOM-021-RECNAT-2000/AS-06
	Humedad	N/A	%	NOM-021-RECNAT-2000/AS-05
	PMP	N/A	%	NOM-021-RECNAT-2000/AS-06
Plasticidad	LIP	N/A	%	ASTM D 4318-00
	LSP	N/A	%	ASTM D 4318-00
	IP	N/A	%	ASTM D 4318-00
Textura de suelo [Bouyoucos]	Arcilla	N/A	%	NOM-021-RECNAT-2000/AS-09
	Limo	N/A	%	NOM-021-RECNAT-2000/AS-09
	Arena	N/A	%	NOM-021-RECNAT-2000/AS-09
	Clase Textural [Bouyoucos]	N/A	-	NOM-021-RECNAT-2000/AS-09
Textura del suelo [Pipeta]	Arena Muy Gruesa	N/A	%	ASTM D 422
	Arena Gruesa	N/A	%	ASTM D 422
	Arena Media	N/A	%	ASTM D 422
	Arena Fina	N/A	%	ASTM D 422
	Arena Muy Fina	N/A	%	ASTM D 422
	Arena Total	N/A	%	ASTM D 422
	Limo Grueso	N/A	%	ASTM D 422
	Limo Fino	N/A	%	ASTM D 422
	Limo Total	N/A	%	ASTM D 422
	Arcilla	N/A	%	ASTM D 422
	Clase Textural [Pipeta]	N/A	-	ASTM D 422

Se da fe únicamente de la muestra analizada
Las opiniones e interpretaciones no se encuentran dentro del alcance de acreditación y son emitidos bajo la responsabilidad del Laboratorio. El laboratorio tiene disponible la información completa relativa a los ensayos.

Leyenda:
N/D: No detectado
N/A: No analizado

Lic. Xiomara Del Carmen Rodríguez Silva
Director de LABSA
NO VÁLIDO SIN FIRMA NI SELLO

DIRECCION LABSA

----------FIN DE ESTE INFORME----------

Km 12 y 1/2 Carretera Norte, Central telefónica: 22331501, 22331354, 22331899.
Ext.: 5252, 5251. Email: labsa@ci.una.edu.ni

Pág 2 de 2 Emisión: 2024-01-24

Tabla 46 Resultados de LABSA muestra 4

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA
Laboratorio de Suelos y Agua (UNA-LABSA)
Formato del sistema de gestión
Informe de Resultados de los Análisis en Suelo

LABSA-FG-7.8-01 **Versión 02**

Fecha de recepión de muestra: 07/05/2025
Fecha de Muestreo: 07/05/2025
Entidad: NA
Contácto: Fredman José Padilla Cano
Descripción de la muestra : Suelos (Bolsa No.4, Prof:0-15, X: 726709 Y: 1413724)
Código/LABSA: S-2025-0104

Fecha emisión/Informe: 29/5/2025
Fecha/análisis: 29/05/2025
Finca: La Guadalupana
Municipio: Paiwas
Departamento: RAAS
Informe No. 12645

		Parámetro	Resultados	Unidades	Método
Análisis Quimico					
RUTINA		pH (H_2O)	5,40	-	GLOSOLAN-SOP-06
		Materia Orgánica	N/A	%	GLOSOLAN-SOP-02
		Nitrógeno	0,68	%	GLOSOLAN-SOP-14
		Carbono Orgánico	N/A	g/kg	GLOSOLAN-SOP-02
		Fósforo disponible	0,72	ppm	GLOSOLAN-SOP-10
		Conductividad Eléctrica	N/A	µS/cm	GLOSOLAN-SOP-07
		Aluminio	0,07	mEq/100 g suelo	NOM-021-RECNAT-2000/AS-33
BASES DEL SUELO	DISPONIBLE	K	0,17	mEq/100 g suelo	KSSL-4B1a1b (MODIFICADO)
		Ca	1,56	mEq/100 g suelo	KSSL-4B1a1b (MODIFICADO)
		Mg	0,56	mEq/100 g suelo	KSSL-4B1a1b (MODIFICADO)
	INTERCAMBIABLE	K	0,21	mEq/100 g suelo	KSSL-4B1a1b
		Ca	2,46	mEq/100 g suelo	KSSL-4B1a1b
		Mg	0,72	mEq/100 g suelo	KSSL-4B1a1b
		Na	0,11	mEq/100 g suelo	KSSL-4B1a1b
		CIC	9,86	mEq/100 g suelo	KSSL-4B1a
		SB	35,47	%	KSSL-4B1a
MICRO ELEMENTOS		Fe	22,15	mg/kg	MELICH 1
		Cu	1,80	mg/kg	MELICH 1
		Mn	321,30	mg/kg	MELICH 1
		Zn	2,80	mg/kg	MELICH 1
ANALISIS ESPECIALES		Carbonatos	N/A	mg/kg	NOM-021-RECNAT-2000/AS-20
		B	N/A	mg/kg	AZOMETINA-H
		SO_4^{2-}	N/A	mg/kg	TURBIDIMÉTRICO
		NO_3^-	N/A	mg/kg	ESPECTROFOTOMÉTRICO UV-VIS
		NH_4^+	N/A	mg/kg	ESPECTROFOTOMÉTRICO UV-VIS
		Acidez intercambiable	0,14	mEq/100 g suelo	NOM-021-RECNAT-2000/AS-33
		Hidrógeno intercambiable	N/A	mEq/100 g suelo	Calculado
		pH (KCl)	N/A	-	GLOSOLAN-SOP-06

Se da fe únicamente de la muestra analizada
Las opiniones e interpretaciones no se encuentran dentro del alcance de acreditación y son emitidos bajo la responsabilidad del Laboratorio. El laboratorio tiene disponible la información completa relativa a los ensayos.

Leyenda:
N/D: No detectado
N/A: No analizado

Lic. Xiomara Del Carmen Rodríguez Silva
Director de LABSA
NO VÁLIDO SIN FIRMA NI SELLO

----------FIN DE ESTE INFORME----------

Km 12 y 1/2 Carretera Norte, Central telefónica: 22331501, 22331354, 22331899.
Ext.: 5252, 5251. Email: labsa@ci.una.edu.ni

Emisión: 2024-01-24

Tabla 47 Resultados de LABSA muestra 4

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA
Laboratorio de Suelos y Agua (UNA-LABSA)
Formato del sistema de gestión
Informe de Resultados de los Análisis en Suelo

LABSA-FG-7.8-01 **Versión 02**

Fecha de recepión de muestra: 07/05/2025
Fecha de Muestreo: 07/05/2025
Entidad: NA
Contácto: Fredman José Padilla Cano
Descripción de la muestra : Suelos (Bolsa No.4, Prof:0-15, X: 726709 Y: 1413724)
Código/LABSA: S-2025-0104

Fecha emisión/Informe: 29/5/2025
Fecha/análisis: 29/05/2025
Finca: La Guadalupana
Municipio: Paiwas
Departamento: RAAS
Informe No. 12645

	Parámetro	Resultados	Unidades	Método
Análisis Fisico				
Densidades	Da	N/A	g/cm3	ASTM D 7263-09
	Dr	N/A	g/cm3	NOM-021-RECNAT-2000/AS-04
Retencion de Humedad	CC	N/A	%	NOM-021-RECNAT-2000/AS-06
	Humedad	N/A	%	NOM-021-RECNAT-2000/AS-05
	PMP	N/A	%	NOM-021-RECNAT-2000/AS-06
Plasticidad	LIP	N/A	%	ASTM D 4318-00
	LSP	N/A	%	ASTM D 4318-00
	IP	N/A	%	ASTM D 4318-00
Textura de suelo [Bouyoucos]	Arcilla	N/A	%	NOM-021-RECNAT-2000/AS-09
	Limo	N/A	%	NOM-021-RECNAT-2000/AS-09
	Arena	N/A	%	NOM-021-RECNAT-2000/AS-09
	Clase Textural [Bouyoucos]	N/A	-	NOM-021-RECNAT-2000/AS-09
Textura del suelo [Pipeta]	Arena Muy Gruesa	N/A	%	ASTM D 422
	Arena Gruesa	N/A	%	ASTM D 422
	Arena Media	N/A	%	ASTM D 422
	Arena Fina	N/A	%	ASTM D 422
	Arena Muy Fina	N/A	%	ASTM D 422
	Arena Total	N/A	%	ASTM D 422
	Limo Grueso	N/A	%	ASTM D 422
	Limo Fino	N/A	%	ASTM D 422
	Limo Total	N/A	%	ASTM D 422
	Arcilla	N/A	%	ASTM D 422
	Clase Textural [Pipeta]	N/A	-	ASTM D 422

Se da fe únicamente de la muestra analizada
Las opiniones e interpretaciones no se encuentran dentro del alcance de acreditación y son emitidos bajo la responsabilidad del Laboratorio. El laboratorio tiene disponible la información completa relativa a los ensayos.

Leyenda:
N/D: No detectado
N/A: No analizado

Lic. Xiomara Del Carmen Rodríguez Silva
Director de LABSA
NO VÁLIDO SIN FIRMA NI SELLO

----------FIN DE ESTE INFORME----------

Km 12 y 1/2 Carretera Norte, Central telefónica: 22331501, 22331354, 22331899.
Ext.: 5252, 5251. Email: labsa@ci.una.edu.ni

Pág 2 de 2 Emisión: 2024-01-24

Tabla 48 Resultados de LABSA muestra 5

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA
Laboratorio de Suelos y Agua (UNA-LABSA)
Formato del sistema de gestión
Informe de Resultados de los Análisis en Suelo

LABSA-FG-7.8-01 **Versión 02**

Fecha de recepión de muestra: 07/05/2025
Fecha de Muestreo: 07/05/2025
Entidad: NA
Contácto: Fredman José Padilla Cano
Descripción de la muestra : Suelos (Bolsa No.5, Prof:15-42, X: 726709 Y: 1413724)
Código/LABSA: S-2025-0105

Fecha emisión/Informe: 29/5/2025
Fecha/análisis: 29/05/2025
Finca: La Guadalupana
Municipio: Paiwas
Departamento: RAAS
Informe No. 12646

		Parámetro	Resultados	Unidades	Método
Análisis Quimico					
RUTINA		pH (H_2O)	5,52	-	GLOSOLAN-SOP-06
		Materia Orgánica	N/A	%	GLOSOLAN-SOP-02
		Nitrógeno	0,20	%	GLOSOLAN-SOP-14
		Carbono Orgánico	N/A	g/kg	GLOSOLAN-SOP-02
		Fósforo disponible	0,67	ppm	GLOSOLAN-SOP-10
		Conductividad Eléctrica	N/A	µS/cm	GLOSOLAN-SOP-07
		Aluminio	0,07	mEq/100 g suelo	NOM-021-RECNAT-2000/AS-33
BASES DEL SUELO	DISPONIBLE	K	0,10	mEq/100 g suelo	KSSL-4B1a1b (MODIFICADO)
		Ca	1,86	mEq/100 g suelo	KSSL-4B1a1b (MODIFICADO)
		Mg	1,48	mEq/100 g suelo	KSSL-4B1a1b (MODIFICADO)
	INTERCAMBIABLE	K	0,10	mEq/100 g suelo	KSSL-4B1a1b
		Ca	2,71	mEq/100 g suelo	KSSL-4B1a1b
		Mg	1,51	mEq/100 g suelo	KSSL-4B1a1b
		Na	0,02	mEq/100 g suelo	KSSL-4B1a1b
		CIC	10,74	mEq/100 g suelo	KSSL-4B1a
		SB	40,51	%	KSSL-4B1a
MICRO ELEMENTOS		Fe	17,85	mg/kg	MELICH 1
		Cu	3,10	mg/kg	MELICH 1
		Mn	38,35	mg/kg	MELICH 1
		Zn	0,20	mg/kg	MELICH 1
ANALISIS ESPECIALES		Carbonatos	N/A	mg/kg	NOM-021-RECNAT-2000/AS-20
		B	N/A	mg/kg	AZOMETINA-H
		SO_4^{2-}	N/A	mg/kg	TURBIDIMÉTRICO
		NO_3^-	N/A	mg/kg	ESPECTROFOTOMÉTRICO UV-VIS
		NH_4^+	N/A	mg/kg	ESPECTROFOTOMÉTRICO UV-VIS
		Acidez intercambiable	0,14	mEq/100 g suelo	NOM-021-RECNAT-2000/AS-33
		Hidrógeno intercambiable	N/A	mEq/100 g suelo	Calculado
		pH (KCl)	N/A	-	GLOSOLAN-SOP-06

Se da fe únicamente de la muestra analizada
Las opiniones e interpretaciones no se encuentran dentro del alcance de acreditación y son emitidos bajo la responsabilidad del Laboratorio. El laboratorio tiene disponible la información completa relativa a los ensayos.

Leyenda:
N/D: No detectado
N/A: No analizado

Lic. Xiomara Del Carmen Rodriguez Silva
Director de LABSA
NO VÁLIDO SIN FIRMA NI SELLO

----------FIN DE ESTE INFORME----------

Km 12 y 1/2 Carretera Norte, Central telefónica: 22331501, 22331354, 22331899.
Ext.: 5252, 5251. Email: labsa@ci.una.edu.ni

Pág 1 de 2 Emisión: 2024-01-24

Tabla 49 Resultados de LABSA muestra 5

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA
Laboratorio de Suelos y Agua (UNA-LABSA)
Formato del sistema de gestión
Informe de Resultados de los Análisis en Suelo

LABSA-FG-7.8-01 **Versión 02**

Fecha de recepión de muestra: 07/05/2025 **Fecha emisión/Informe:** 29/5/2025
Fecha de Muestreo: 07/05/2025 **Fecha/análisis:** 29/05/2025
Entidad: NA **Finca:** La Guadalupana
Contácto: Fredman José Padilla Cano **Municipio:** Paiwas
Descripción de la muestra : Suelos (Bolsa No.5, Prof:15-42, X: 726709 Y: 1413724) **Departamento:** RAAS
Código/LABSA: S-2025-0105 **Informe No.** **12646**

	Parámetro	Resultados	Unidades	Método
Análisis Fisico				
Densidades	Da	N/A	g/cm3	ASTM D 7263-09
	Dr	N/A	g/cm3	NOM-021-RECNAT-2000/AS-04
Retencion de Humedad	CC	N/A	%	NOM-021-RECNAT-2000/AS-06
	Humedad	N/A	%	NOM-021-RECNAT-2000/AS-05
	PMP	N/A	%	NOM-021-RECNAT-2000/AS-06
Plasticidad	LIP	N/A	%	ASTM D 4318-00
	LSP	N/A	%	ASTM D 4318-00
	IP	N/A	%	ASTM D 4318-00
Textura de suelo [Bouyoucos]	Arcilla	N/A	%	NOM-021-RECNAT-2000/AS-09
	Limo	N/A	%	NOM-021-RECNAT-2000/AS-09
	Arena	N/A	%	NOM-021-RECNAT-2000/AS-09
	Clase Textural [Bouyoucos]	N/A	-	NOM-021-RECNAT-2000/AS-09
Textura del suelo [Pipeta]	Arena Muy Gruesa	N/A	%	ASTM D 422
	Arena Gruesa	N/A	%	ASTM D 422
	Arena Media	N/A	%	ASTM D 422
	Arena Fina	N/A	%	ASTM D 422
	Arena Muy Fina	N/A	%	ASTM D 422
	Arena Total	N/A	%	ASTM D 422
	Limo Grueso	N/A	%	ASTM D 422
	Limo Fino	N/A	%	ASTM D 422
	Limo Total	N/A	%	ASTM D 422
	Arcilla	N/A	%	ASTM D 422
	Clase Textural [Pipeta]	N/A	-	ASTM D 422

Se da fe únicamente de la muestra analizada
Las opiniones e interpretaciones no se encuentran dentro del alcance de acreditación y son emitidos bajo la responsabilidad del Laboratorio. El laboratorio tiene disponible la información completa relativa a los ensayos.

Leyenda:
N/D: No detectado
N/A: No analizado

Lic. Xiomara Del Carmen Rodriguez Silva
Director de LABSA
NO VÁLIDO SIN FIRMA NI SELLO

----------**FIN DE ESTE INFORME**----------

Km 12 y 1/2 Carretera Norte, Central telefónica: 22331501, 22331354, 22331899.
Ext.: 5252, 5251. Email: labsa@ci.una.edu.ni

Pág 2 de 2 Emisión: 2024-01-24

Tabla 50 Resultados LABSA muestra 6

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA
Laboratorio de Suelos y Agua (UNA-LABSA)
Formato del sistema de gestión
Informe de Resultados de los Análisis en Suelo

LABSA-FG-7.8-01 **Versión 02**

Fecha de recepión de muestra: 07/05/2025
Fecha de Muestreo: 07/05/2025
Entidad: NA
Contácto: Fredman José Padilla Cano
Descripción de la muestra : Suelos (Bolsa No.6 , Prof: 42-65,X: 726709 Y: 1413724)
Código/LABSA: S-2025-0106

Fecha emisión/Informe: 29/5/2025
Fecha/análisis: 29/05/2025
Finca: La Guadalupana
Municipio: Paiwas
Departamento: RAAS
Informe No. 12647

		Parámetro	Resultados	Unidades	Método
Análisis Quimico					
RUTINA		pH (H_2O)	5,60	-	GLOSOLAN-SOP-06
		Materia Orgánica	N/A	%	GLOSOLAN-SOP-02
		Nitrógeno	0,13	%	GLOSOLAN-SOP-14
		Carbono Orgánico	N/A	g/kg	GLOSOLAN-SOP-02
		Fósforo disponible	ND	ppm	GLOSOLAN-SOP-10
		Conductividad Eléctrica	N/A	µS/cm	GLOSOLAN-SOP-07
		Aluminio	0,14	mEq/100 g suelo	NOM-021-RECNAT-2000/AS-33
BASES DEL SUELO	DISPONIBLE	K	0,11	mEq/100 g suelo	KSSL-4B1a1b (MODIFICADO)
		Ca	3,51	mEq/100 g suelo	KSSL-4B1a1b (MODIFICADO)
		Mg	2,47	mEq/100 g suelo	KSSL-4B1a1b (MODIFICADO)
	INTERCAMBIABLE	K	0,12	mEq/100 g suelo	KSSL-4B1a1b
		Ca	3,79	mEq/100 g suelo	KSSL-4B1a1b
		Mg	2,57	mEq/100 g suelo	KSSL-4B1a1b
		Na	0,09	mEq/100 g suelo	KSSL-4B1a1b
		CIC	11,40	mEq/100 g suelo	KSSL-4B1a
		SB	57,58	%	KSSL-4B1a
MICRO ELEMENTOS		Fe	16,55	mg/kg	MELICH 1
		Cu	1,50	mg/kg	MELICH 1
		Mn	25,05	mg/kg	MELICH 1
		Zn	ND	mg/kg	MELICH 1
ANALISIS ESPECIALES		Carbonatos	N/A	mg/kg	NOM-021-RECNAT-2000/AS-20
		B	N/A	mg/kg	AZOMETINA-H
		SO_4^{2-}	N/A	mg/kg	TURBIDIMÉTRICO
		NO_3^-	N/A	mg/kg	ESPECTROFOTOMÉTRICO UV-VIS
		NH_4^+	N/A	mg/kg	ESPECTROFOTOMÉTRICO UV-VIS
		Acidez intercambiable	0,20	mEq/100 g suelo	NOM-021-RECNAT-2000/AS-33
		Hidrógeno intercambiable	N/A	mEq/100 g suelo	Calculado
		pH (KCl)	N/A	-	GLOSOLAN-SOP-06

Se da fe únicamente de la muestra analizada
Las opiniones e interpretaciones no se encuentran dentro del alcance de acreditación y son emitidos bajo la responsabilidad del Laboratorio. El laboratorio tiene disponible la información completa relativa a los ensayos.

Leyenda:
N/D: No detectado
N/A: No analizado

Lic. Xiomara Del Carmen Rodríguez Silva
Director de LABSA
NO VÁLIDO SIN FIRMA NI SELLO

----------FIN DE ESTE INFORME----------

Km 12 y 1/2 Carretera Norte, Central telefónica: 22331501, 22331354, 22331899.
Ext.: 5252, 5251. Email: labsa@ci.una.edu.ni
Pág 1 de 2 Emisión: 2024-01-24

Tabla 51 Resultados LABSA muestra 6

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA
Laboratorio de Suelos y Agua (UNA-LABSA)
Formato del sistema de gestión
Informe de Resultados de los Análisis en Suelo

LABSA-FG-7.8-01 **Versión 02**

Fecha de recepión de muestra: 07/05/2025
Fecha de Muestreo: 07/05/2025
Entidad: NA
Contácto: Fredman José Padilla Cano
Descripción de la muestra : Suelos (Bolsa No.6 , Prof: 42-65,X: 726709 Y: 1413724)
Código/LABSA: S-2025-0106

Fecha emisión/Informe: 29/5/2025
Fecha/análisis: 29/05/2025
Finca: La Guadalupana
Municipio: Paiwas
Departamento: RAAS
Informe No. 12647

	Parámetro	Resultados	Unidades	Método
Análisis Fisico				
Densidades	Da	N/A	g/cm3	ASTM D 7263-09
	Dr	N/A	g/cm3	NOM-021-RECNAT-2000/AS-04
Retencion de Humedad	CC	N/A	%	NOM-021-RECNAT-2000/AS-06
	Humedad	N/A	%	NOM-021-RECNAT-2000/AS-05
	PMP	N/A	%	NOM-021-RECNAT-2000/AS-06
Plasticidad	LIP	N/A	%	ASTM D 4318-00
	LSP	N/A	%	ASTM D 4318-00
	IP	N/A	%	ASTM D 4318-00
Textura de suelo [Bouyoucos]	Arcilla	N/A	%	NOM-021-RECNAT-2000/AS-09
	Limo	N/A	%	NOM-021-RECNAT-2000/AS-09
	Arena	N/A	%	NOM-021-RECNAT-2000/AS-09
	Clase Textural [Bouyoucos]	N/A	-	NOM-021-RECNAT-2000/AS-09
Textura del suelo [Pipeta]	Arena Muy Gruesa	N/A	%	ASTM D 422
	Arena Gruesa	N/A	%	ASTM D 422
	Arena Media	N/A	%	ASTM D 422
	Arena Fina	N/A	%	ASTM D 422
	Arena Muy Fina	N/A	%	ASTM D 422
	Arena Total	N/A	%	ASTM D 422
	Limo Grueso	N/A	%	ASTM D 422
	Limo Fino	N/A	%	ASTM D 422
	Limo Total	N/A	%	ASTM D 422
	Arcilla	N/A	%	ASTM D 422
	Clase Textural [Pipeta]	N/A	-	ASTM D 422

Se da fe únicamente de la muestra analizada
Las opiniones e interpretaciones no se encuentran dentro del alcance de acreditación y son emitidos bajo la responsabilidad del Laboratorio. El laboratorio tiene disponible la información completa relativa a los ensayos.

Leyenda:
N/D: No detectado
N/A: No analizado

Lic. Xiomara Del Carmen Rodriguez Silva
Director de LABSA
NO VÁLIDO SIN FIRMA NI SELLO

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA * REPÚBLICA DE NICARAGUA * AMÉRICA CENTRAL * DIRECCION LABSA * LABORATORIO DE SUELO Y AGUA *

----------FIN DE ESTE INFORME----------

Tabla 52 Resultados de LABSA muestra 7

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA
Laboratorio de Suelos y Agua (UNA-LABSA)
Formato del sistema de gestión
Informe de Resultados de los Análisis en Suelo

LABSA-FG-7.8-01 **Versión 02**

Fecha de recepión de muestra: 07/05/2025
Fecha de Muestreo: 07/05/2025
Entidad: NA
Contácto: Fredman José Padilla Cano
Descripción de la muestra : Suelos (Bolsa No.7 , Prof: 0-40,X: 727288 Y: 1413444)
Código/LABSA: S-2025-0107

Fecha emisión/Informe: 29/5/2025
Fecha/análisis: 29/05/2025
Finca: La Guadalupana
Municipio: Paiwas
Departamento: RAAS
Informe No. 12648

		Parámetro	Resultados	Unidades	Método
Análisis Quimico					
RUTINA		pH (H_2O)	5,77	-	GLOSOLAN-SOP-06
		Materia Orgánica	N/A	%	GLOSOLAN-SOP-02
		Nitrógeno	0,41	%	GLOSOLAN-SOP-14
		Carbono Orgánico	N/A	g/kg	GLOSOLAN-SOP-02
		Fósforo disponible	1,82	ppm	GLOSOLAN-SOP-10
		Conductividad Eléctrica	N/A	µS/cm	GLOSOLAN-SOP-07
		Aluminio	0,07	mEq/100 g suelo	NOM-021-RECNAT-2000/AS-33
BASES DEL SUELO	DISPONIBLE	K	1,01	mEq/100 g suelo	KSSL-4B1a1b (MODIFICADO)
		Ca	4,49	mEq/100 g suelo	KSSL-4B1a1b (MODIFICADO)
		Mg	2,57	mEq/100 g suelo	KSSL-4B1a1b (MODIFICADO)
	INTERCAMBIABLE	K	1,15	mEq/100 g suelo	KSSL-4B1a1b
		Ca	6,07	mEq/100 g suelo	KSSL-4B1a1b
		Mg	3,16	mEq/100 g suelo	KSSL-4B1a1b
		Na	0,09	mEq/100 g suelo	KSSL-4B1a1b
		CIC	17,32	mEq/100 g suelo	KSSL-4B1a
		SB	60,44	%	KSSL-4B1a
MICRO ELEMENTOS		Fe	107,45	mg/kg	MELICH 1
		Cu	4,10	mg/kg	MELICH 1
		Mn	202,95	mg/kg	MELICH 1
		Zn	4,90	mg/kg	MELICH 1
ANALISIS ESPECIALES		Carbonatos	N/A	mg/kg	NOM-021-RECNAT-2000/AS-20
		B	N/A	mg/kg	AZOMETINA-H
		SO_4^{2-}	N/A	mg/kg	TURBIDIMÉTRICO
		NO_3^-	N/A	mg/kg	ESPECTROFOTOMÉTRICO UV-VIS
		NH_4^+	N/A	mg/kg	ESPECTROFOTOMÉTRICO UV-VIS
		Acidez intercambiable	0,07	mEq/100 g suelo	NOM-021-RECNAT-2000/AS-33
		Hidrógeno intercambiable	N/A	mEq/100 g suelo	Calculado
		pH (KCl)	N/A	-	GLOSOLAN-SOP-06

Se da fe únicamente de la muestra analizada
Las opiniones e interpretaciones no se encuentran dentro del alcance de acreditación y son emitidos bajo la responsabilidad del Laboratorio. El laboratorio tiene disponible la información completa relativa a los ensayos.

Leyenda:
N/D: No detectado
N/A: No analizado

Lic. Xiomara Del Carmen Rodríguez Silva
Director de LABSA
NO VÁLIDO SIN FIRMA NI SELLO

----------FIN DE ESTE INFORME----------

Km 12 y 1/2 Carretera Norte, Central telefónica: 22331501, 22331354, 22331899.
Ext.: 5252, 5251. Email: labsa@ci.una.edu.ni
Pág 1 de 2 Emisión: 2024-01-24

Tabla 53 Resultados de LABSA muestra 7

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA
Laboratorio de Suelos y Agua (UNA-LABSA)
Formato del sistema de gestión
Informe de Resultados de los Análisis en Suelo

LABSA-FG-7.8-01 **Versión 02**

Fecha de recepión de muestra: 07/05/2025
Fecha de Muestreo: 07/05/2025
Entidad: NA
Contácto: Fredman José Padilla Cano
Descripción de la muestra : Suelos (Bolsa No.7 , Prof: 0-40,X: 727288 Y: 1413444)
Código/LABSA: S-2025-0107

Fecha emisión/Informe: 29/5/2025
Fecha/análisis: 29/05/2025
Finca: La Guadalupana
Municipio: Paiwas
Departamento: RAAS
Informe No. 12648

	Parámetro	Resultados	Unidades	Método
Análisis Fisico				
Densidades	Da	N/A	g/cm3	ASTM D 7263-09
	Dr	N/A	g/cm3	NOM-021-RECNAT-2000/AS-04
Retencion de Humedad	CC	N/A	%	NOM-021-RECNAT-2000/AS-06
	Humedad	N/A	%	NOM-021-RECNAT-2000/AS-05
	PMP	N/A	%	NOM-021-RECNAT-2000/AS-06
Plasticidad	LIP	N/A	%	ASTM D 4318-00
	LSP	N/A	%	ASTM D 4318-00
	IP	N/A	%	ASTM D 4318-00
Textura de suelo [Bouyoucos]	Arcilla	N/A	%	NOM-021-RECNAT-2000/AS-09
	Limo	N/A	%	NOM-021-RECNAT-2000/AS-09
	Arena	N/A	%	NOM-021-RECNAT-2000/AS-09
	Clase Textural [Bouyoucos]	N/A	-	NOM-021-RECNAT-2000/AS-09
Textura del suelo [Pipeta]	Arena Muy Gruesa	N/A	%	ASTM D 422
	Arena Gruesa	N/A	%	ASTM D 422
	Arena Media	N/A	%	ASTM D 422
	Arena Fina	N/A	%	ASTM D 422
	Arena Muy Fina	N/A	%	ASTM D 422
	Arena Total	N/A	%	ASTM D 422
	Limo Grueso	N/A	%	ASTM D 422
	Limo Fino	N/A	%	ASTM D 422
	Limo Total	N/A	%	ASTM D 422
	Arcilla	N/A	%	ASTM D 422
	Clase Textural [Pipeta]	N/A	-	ASTM D 422

Se da fe únicamente de la muestra analizada
Las opiniones e interpretaciones no se encuentran dentro del alcance de acreditación y son emitidos bajo la responsabilidad del Laboratorio. El laboratorio tiene disponible la información completa relativa a los ensayos.

Leyenda:
N/D: No detectado
N/A: No analizado

Lic. Xiomara Del Carmen Rodríguez Silva
Director de LABSA
NO VÁLIDO SIN FIRMA NI SELLO

----------FIN DE ESTE INFORME----------

Tabla 54 Resultados de LABSA muestra 8

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA
Laboratorio de Suelos y Agua (UNA-LABSA)
Formato del sistema de gestión
Informe de Resultados de los Análisis en Suelo

LABSA-FG-7.8-01 **Versión 02**

Fecha de recepión de muestra: 07/05/2025
Fecha de Muestreo: 07/05/2025
Entidad: NA
Contácto: Fredman José Padilla Cano
Descripción de la muestra : Suelos (Bolsa No.8 , Prof: 40-74,X: 727288 Y: 1413444)
Código/LABSA: S-2025-0108

Fecha emisión/Informe: 29/5/2025
Fecha/análisis: 29/05/2025
Finca: La Guadalupana
Municipio: Paiwas
Departamento: RAAS
Informe No. 12649

		Parámetro	Resultados	Unidades	Método
Análisis Quimico					
RUTINA		pH (H_2O)	5,25	-	GLOSOLAN-SOP-06
		Materia Orgánica	N/A	%	GLOSOLAN-SOP-02
		Nitrógeno	0,11	%	GLOSOLAN-SOP-14
		Carbono Orgánico	N/A	g/kg	GLOSOLAN-SOP-02
		Fósforo disponible	ND	ppm	GLOSOLAN-SOP-10
		Conductividad Eléctrica	N/A	µS/cm	GLOSOLAN-SOP-07
		Aluminio	3,45	mEq/100 g suelo	NOM-021-RECNAT-2000/AS-33
BASES DEL SUELO	DISPONIBLE	K	0,98	mEq/100 g suelo	KSSL-4B1a1b (MODIFICADO)
		Ca	2,67	mEq/100 g suelo	KSSL-4B1a1b (MODIFICADO)
		Mg	1,55	mEq/100 g suelo	KSSL-4B1a1b (MODIFICADO)
	INTERCAMBIABLE	K	1,01	mEq/100 g suelo	KSSL-4B1a1b
		Ca	3,07	mEq/100 g suelo	KSSL-4B1a1b
		Mg	1,65	mEq/100 g suelo	KSSL-4B1a1b
		Na	0,01	mEq/100 g suelo	KSSL-4B1a1b
		CIC	8,33	mEq/100 g suelo	KSSL-4B1a
		SB	68,97	%	KSSL-4B1a
MICRO ELEMENTOS		Fe	22,95	mg/kg	MELICH 1
		Cu	2,70	mg/kg	MELICH 1
		Mn	24,45	mg/kg	MELICH 1
		Zn	0,10	mg/kg	MELICH 1
ANALISIS ESPECIALES		Carbonatos	N/A	mg/kg	NOM-021-RECNAT-2000/AS-20
		B	N/A	mg/kg	AZOMETINA-H
		SO_4^{2-}	N/A	mg/kg	TURBIDIMÉTRICO
		NO_3^-	N/A	mg/kg	ESPECTROFOTOMÉTRICO UV-VIS
		NH_4^+	N/A	mg/kg	ESPECTROFOTOMÉTRICO UV-VIS
		Acidez intercambiable	3,51	mEq/100 g suelo	NOM-021-RECNAT-2000/AS-33
		Hidrógeno intercambiable	N/A	mEq/100 g suelo	Calculado
		pH (KCl)	N/A	-	GLOSOLAN-SOP-06

Se da fe únicamente de la muestra analizada
Las opiniones e interpretaciones no se encuentran dentro del alcance de acreditación y son emitidos bajo la responsabilidad del Laboratorio. El laboratorio tiene disponible la información completa relativa a los ensayos.

Leyenda:
N/D: No detectado
N/A: No analizado

Lic. Xiomara Del Carmen Rodríguez Silva
Director de LABSA
NO VÁLIDO SIN FIRMA NI SELLO

----------FIN DE ESTE INFORME----------

Km 12 y 1/2 Carretera Norte, Central telefónica: 22331501, 22331354, 22331899.
Ext.: 5252, 5251. Email: labsa@ci.una.edu.ni

Pág 1 de 2 Emisión: 2024-01-24

Tabla 55 Resultados de LABSA muestra 8

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA
Laboratorio de Suelos y Agua (UNA-LABSA)
Formato del sistema de gestión
Informe de Resultados de los Análisis en Suelo

LABSA-FG-7.8-01 **Versión 02**

Fecha de recepión de muestra: 07/05/2025
Fecha de Muestreo: 07/05/2025
Entidad: NA
Contácto: Fredman José Padilla Cano
Descripción de la muestra : Suelos (Bolsa No.8 , Prof: 40-74,X: 727288 Y: 1413444)
Código/LABSA: S-2025-0108

Fecha emisión/Informe: 29/5/2025
Fecha/análisis: 29/05/2025
Finca: La Guadalupana
Municipio: Paiwas
Departamento: RAAS
Informe No. 12649

	Parámetro	Resultados	Unidades	Método
Análisis Fisico				
Densidades	Da	N/A	g/cm3	ASTM D 7263-09
	Dr	N/A	g/cm3	NOM-021-RECNAT-2000/AS-04
Retencion de Humedad	CC	N/A	%	NOM-021-RECNAT-2000/AS-06
	Humedad	N/A	%	NOM-021-RECNAT-2000/AS-05
	PMP	N/A	%	NOM-021-RECNAT-2000/AS-06
Plasticidad	LIP	N/A	%	ASTM D 4318-00
	LSP	N/A	%	ASTM D 4318-00
	IP	N/A	%	ASTM D 4318-00
Textura de suelo [Bouyoucos]	Arcilla	N/A	%	NOM-021-RECNAT-2000/AS-09
	Limo	N/A	%	NOM-021-RECNAT-2000/AS-09
	Arena	N/A	%	NOM-021-RECNAT-2000/AS-09
	Clase Textural [Bouyoucos]	N/A	-	NOM-021-RECNAT-2000/AS-09
Textura del suelo [Pipeta]	Arena Muy Gruesa	N/A	%	ASTM D 422
	Arena Gruesa	N/A	%	ASTM D 422
	Arena Media	N/A	%	ASTM D 422
	Arena Fina	N/A	%	ASTM D 422
	Arena Muy Fina	N/A	%	ASTM D 422
	Arena Total	N/A	%	ASTM D 422
	Limo Grueso	N/A	%	ASTM D 422
	Limo Fino	N/A	%	ASTM D 422
	Limo Total	N/A	%	ASTM D 422
	Arcilla	N/A	%	ASTM D 422
	Clase Textural [Pipeta]	N/A	-	ASTM D 422

Se da fe únicamente de la muestra analizada
Las opiniones e interpretaciones no se encuentran dentro del alcance de acreditación y son emitidos bajo la responsabilidad del Laboratorio. El laboratorio tiene disponible la información completa relativa a los ensayos.

Leyenda:
N/D: No detectado
N/A: No analizado

Lic. Xiomara Del Carmen Rodríguez Silva
Director de LABSA
NO VÁLIDO SIN FIRMA NI SELLO

----------FIN DE ESTE INFORME----------

Km 12 y 1/2 Carretera Norte, Central telefónica: 22331501, 22331354, 22331899.
Ext.: 5252, 5251. Email: labsa@ci.una.edu.ni

Pág 2 de 2 Emisión: 2024-01-24

Tabla 56 Resultados de LABSA muestra 9

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA
Laboratorio de Suelos y Agua (UNA-LABSA)
Formato del sistema de gestión
Informe de Resultados de los Análisis en Suelo

LABSA-FG-7.8-01 **Versión 02**

Fecha de recepión de muestra: 07/05/2025
Fecha de Muestreo: 07/05/2025
Entidad: NA
Contácto: Fredman José Padilla Cano
Descripción de la muestra : Suelos (Bolsa No.9 , Prof: 74-95,X: 727288 Y: 1413444
Código/LABSA: S-2025-0109

Fecha emisión/Informe: 29/5/2025
Fecha/análisis: 29/05/2025
Finca: La Guadalupana
Municipio: Paiwas
Departamento: RAAS
Informe No. 12650

		Parámetro	Resultados	Unidades	Método
Análisis Quimico					
RUTINA		pH (H_2O)	4,84	-	GLOSOLAN-SOP-06
		Materia Orgánica	N/A	%	GLOSOLAN-SOP-02
		Nitrógeno	0,03	%	GLOSOLAN-SOP-14
		Carbono Orgánico	N/A	g/kg	GLOSOLAN-SOP-02
		Fósforo disponible	ND	ppm	GLOSOLAN-SOP-10
		Conductividad Eléctrica	N/A	µS/cm	GLOSOLAN-SOP-07
		Aluminio	6,77	mEq/100 g suelo	NOM-021-RECNAT-2000/AS-33
BASES DEL SUELO	DISPONIBLE	K	0,40	mEq/100 g suelo	KSSL-4B1a1b (MODIFICADO)
		Ca	0,98	mEq/100 g suelo	KSSL-4B1a1b (MODIFICADO)
		Mg	1,09	mEq/100 g suelo	KSSL-4B1a1b (MODIFICADO)
	INTERCAMBIABLE	K	0,40	mEq/100 g suelo	KSSL-4B1a1b
		Ca	1,46	mEq/100 g suelo	KSSL-4B1a1b
		Mg	1,18	mEq/100 g suelo	KSSL-4B1a1b
		Na	0,14	mEq/100 g suelo	KSSL-4B1a1b
		CIC	21,92	mEq/100 g suelo	KSSL-4B1a
		SB	14,48	%	KSSL-4B1a
MICRO ELEMENTOS		Fe	23,25	mg/kg	MELICH 1
		Cu	2,80	mg/kg	MELICH 1
		Mn	15,05	mg/kg	MELICH 1
		Zn	0,60	mg/kg	MELICH 1
ANALISIS ESPECIALES		Carbonatos	N/A	mg/kg	NOM-021-RECNAT-2000/AS-20
		B	N/A	mg/kg	AZOMETINA-H
		SO_4^{2-}	N/A	mg/kg	TURBIDIMÉTRICO
		NO_3^-	N/A	mg/kg	ESPECTROFOTOMÉTRICO UV-VIS
		NH_4^+	N/A	mg/kg	ESPECTROFOTOMÉTRICO UV-VIS
		Acidez intercambiable	7,22	mEq/100 g suelo	NOM-021-RECNAT-2000/AS-33
		Hidrógeno intercambiable	N/A	mEq/100 g suelo	Calculado
		pH (KCl)	N/A	-	GLOSOLAN-SOP-06

Se da fe únicamente de la muestra analizada
Las opiniones e interpretaciones no se encuentran dentro del alcance de acreditación y son emitidos bajo la responsabilidad del Laboratorio. El laboratorio tiene disponible la información completa relativa a los ensayos.

Leyenda:
N/D: No detectado
N/A: No analizado

Lic. Xiomara Del Carmen Rodriguez Silva
Director de LABSA
NO VÁLIDO SIN FIRMA NI SELLO

----------FIN DE ESTE INFORME----------

Km 12 y 1/2 Carretera Norte, Central telefónica: 22331501, 22331354, 22331899.
Ext.: 5252, 5251. Email: labsa@ci.una.edu.ni

Pág 1 de 2 Emisión: 2024-01-24

Tabla 57 Resultados de LABSA muestra 9

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA
Laboratorio de Suelos y Agua (UNA-LABSA)
Formato del sistema de gestión
Informe de Resultados de los Análisis en Suelo

LABSA-FG-7.8-01 **Versión 02**

Fecha de recepión de muestra: 07/05/2025
Fecha de Muestreo: 07/05/2025
Entidad: NA
Contácto: Fredman José Padilla Cano
Descripción de la muestra : Suelos (Bolsa No.9 , Prof: 74-95,X: 727288 Y: 1413444
Código/LABSA: S-2025-0109

Fecha emisión/Informe: 29/5/2025
Fecha/análisis: 29/05/2025
Finca: La Guadalupana
Municipio: Paiwas
Departamento: RAAS
Informe No. 12650

	Parámetro	Resultados	Unidades	Método
Análisis Fisico				
Densidades	Da	N/A	g/cm3	ASTM D 7263-09
	Dr	N/A	g/cm3	NOM-021-RECNAT-2000/AS-04
Retencion de Humedad	CC	N/A	%	NOM-021-RECNAT-2000/AS-06
	Humedad	N/A	%	NOM-021-RECNAT-2000/AS-05
	PMP	N/A	%	NOM-021-RECNAT-2000/AS-06
Plasticidad	LIP	N/A	%	ASTM D 4318-00
	LSP	N/A	%	ASTM D 4318-00
	IP	N/A	%	ASTM D 4318-00
Textura de suelo [Bouyoucos]	Arcilla	N/A	%	NOM-021-RECNAT-2000/AS-09
	Limo	N/A	%	NOM-021-RECNAT-2000/AS-09
	Arena	N/A	%	NOM-021-RECNAT-2000/AS-09
	Clase Textural [Bouyoucos]	N/A	-	NOM-021-RECNAT-2000/AS-09
Textura del suelo [Pipeta]	Arena Muy Gruesa	N/A	%	ASTM D 422
	Arena Gruesa	N/A	%	ASTM D 422
	Arena Media	N/A	%	ASTM D 422
	Arena Fina	N/A	%	ASTM D 422
	Arena Muy Fina	N/A	%	ASTM D 422
	Arena Total	N/A	%	ASTM D 422
	Limo Grueso	N/A	%	ASTM D 422
	Limo Fino	N/A	%	ASTM D 422
	Limo Total	N/A	%	ASTM D 422
	Arcilla	N/A	%	ASTM D 422
	Clase Textural [Pipeta]	N/A	-	ASTM D 422

Se da fe únicamente de la muestra analizada
Las opiniones e interpretaciones no se encuentran dentro del alcance de acreditación y son emitidos bajo la responsabilidad del Laboratorio. El laboratorio tiene disponible la información completa relativa a los ensayos.

Leyenda:
N/D: No detectado
N/A: No analizado

Lic. Xiomara Del Carmen Rodriguez Silva
Director de LABSA
NO VÁLIDO SIN FIRMA NI SELLO

----------FIN DE ESTE INFORME----------

Km 12 y 1/2 Carretera Norte, Central telefónica: 22331501, 22331354, 22331899.
Ext.: 5252, 5251. Email: labsa@ci.una.edu.ni

11.1.3. Características morfológicas

Tabla 58 Características morfológicas

TARJETAS PARA BARRENADAS DE SUELOS

Observación Nº_____ Línea Nº_____ Foto Nº_____
Hoja Topográfica:_____ Cuadrante:_____
Municipio:_____ Localidad:_____
Coordenadas:_____
Clasificación:_____ Pendiente:_____
Clase de Capacidad:_____ Erosión:_____
Drenaje Natural:_____Material Madre:_____
Uso Actual:_____Rocas Sup:_____
Fecha:_____Trabajado por:_____

CARACTERÍSTICAS DE LA OBSERVACIÓN

	COLOR		TEXTURA	MOTEADOS	CONSISTENCIA MOJADO	REACCIÓN HCl
0	Seco	Húmedo				
10						
20						
30						
40						
50						
60						
70						
80						
90						
100						
110						
120						
130						
140						
150						
160						

OBSERVACIONES:_____
_____
_____

SÍMBOLO:

Nota: Formato para recopilación de datos de barrenadas en campo (MAG, 1971)

11.1.4. Descripción de perfiles

Tabla 59 Formato de descripción de Perfiles de Suelo

INSTITUTO NICARAGÜENSE DE ESTUDIOS TERRITORIALES
DIRECCIÓN GENERAL DE ORDENAMIENTO TERRITORIAL. DIRECCIÓN DE INVESTIGACIÓN TERRITORIAL
UNIDAD DE ESTUDIOS EDAFOLÓGICOS

DEPARTAMENTO:			DESCRITO POR:
MUNICIPIO:			COMARCA/SITIO:
LOCALIZACIÓN DEL PERFIL:			FECHA:
COORDENADAS:			PERFIL:
USO ACTUAL:			HOJA TOPOGRÁFICA
FISIOGRAFÍA:			ZONA CLIMÁTICA:
ELEVACIÓN (msnm):			RELIEVE:
EROSIÓN ACTUAL:			PENDIENTE (%):
PERMEABILIDAD:			ESCURRIMIENTO SUPERFICIAL:
INUNDACIÓN:	ALCALINIDAD:		DRENAJE NATURAL:
SALINIDAD:	PEDREGOSIDAD:		
OBSERVACIONES:			

HORIZ	PROF (cm)	COLOR		TEXTURA	ESTRUCTURA	CONSISTENCIA			REACCIÓN (Ph)	LÍMITE	POROS	RAÍCES	N^0 LAB
		SECO	HÚMEDO			SECO	HÚMEDO	MOJADO					
OBSERVACIONES:													

Nota: Formato de INETER para levantamiento de información en campo.

Tabla 60 Descripción de Perfil de Suelo Calicata 1

INSTITUTO NICARAGÜENSE DE ESTUDIOS TERRITORIALES
GENERAL DE ORDENAMIENTO TERRITORIAL. DIRECCIÓN DE INVESTIGACIÓN TERRITORIAL
UNIDAD DE ESTUDIOS EDAFOLÓGICOS

DEPARTAMENTO:	RACCN	**DESCRITO POR:** Fredman P, Larry P, Samir R
MUNICIPIO:	PAIWAS	**COMARCA/SITIO:** Las Minitas
LOCALIZACIÓN DEL PERFIL:	Hda. Ventanas de la Gloria	**FECHA:** 26/04/25
COORDENADAS:	726676; 1413184	**PERFIL:** No 1
USO ACTUAL:	Ganadería extensiva, pasto natural con árboles y palmas dispersas	**HOJA TOPOGRÁFICA Escala** 1:50,000
FISIOGRAFÍA:	Planicie volcánica ondulada y transición a ondular	**ZONA CLIMÁTICA:** Trópico muy húmedo 2500-3000 mm
ELEVACIÓN (msnm):	328	**RELIEVE:** Alomado-Colinado
EROSIÓN ACTUAL:	No visible	**PENDIENTE (%):** 8 (B)
PERMEABILIDAD:	Buena	**ESCURRIMIENTO SUPERFICIAL:** Moderado
INUNDACIÓN: No **ALCALINIDAD:** No		**DRENAJE NATURAL:**
SALINIDAD: No **PEDREGOSIDAD:** No		
OBSERVACIONES:	Palo de agua, Guapinol, Jiñocuabo, Caoba, Roble, Laurel, Capirote. Hay actividad biológica	

HORIZ	PROF (cm)	COLOR		TEXTURA	ESTRUCTURA	CONSISTENCIA			REACCIÓN (Ph)	LÍMITE	POROS	RAÍCES	N^0 LAB
		SECO	HÚMEDO			SECO	HÚMEDO	MOJADO					
A	0-21	$10YR_{4/4}$	$10YR_{4/4}$	FA	Bsa g_1 m_1 débil	MD	Fr	2P Y 2A	N/A	-	Abundante m_1 f	Muchas m_1 f_1 mf	1
C1	21-45	$10YR_{5/4}$ $2.5YR_{4/6}$	$7.5YR_{5/4}$	A	Masiva	LB	Fr	P y A	N/A	-	Abundante m_1 f	Pocas f_1 mf	2
C2	45-80	$10YR_{6/3}$ $10YR_{4/6}$	$10YR_{6/4}$	A	Masiva	LB	MF	P y A	N/A	-	Abundante m_1 f	Muy poca f_1 mf	3
OBSERVACIONES:	Presencia de raíz gruesa												

Nota: Bsa g1 m1 débil (bloques subangulares masivos débil).

Tabla 61 Descripción de Perfil de Suelo Calicata 2

INSTITUTO NICARAGÜENSE DE ESTUDIOS TERRITORIALES
DIRECCIÓN GENERAL DE ORDENAMIENTO TERRITORIAL. DIRECCIÓN DE INVESTIGACIÓN TERRITORIAL
UNIDAD DE ESTUDIOS EDAFOLÓGICOS

DEPARTAMENTO:	RACCN	**DESCRITO POR:** Fredman P, Larry P, Samir R
MUNICIPIO:	PAIWAS	**COMARCA/SITIO:** Las Minitas
LOCALIZACIÓN DEL PERFIL:	Hda. Ventanas de la Gloria	**FECHA:** 26/04/25
COORDENADAS:	726709; 1413724	**PERFIL:** No 2
USO ACTUAL:	Ganadería extensiva, pasto natural con árboles y palmas dispersas	**HOJA TOPOGRÁFICA Escala** 1:50,000
FISIOGRAFÍA:	Ondulado, transición a colinar	**ZONA CLIMÁTICA:** Trópico muy húmedo
ELEVACIÓN (msnm):	335	**RELIEVE:** Planicie volcánica ondulada y alomada
EROSIÓN ACTUAL:	No visible	**PENDIENTE (%):** 10-15% (C)
PERMEABILIDAD:	Buena	**ESCURRIMIENTO SUPERFICIAL:** Moderamente rápido
INUNDACIÓN: No **ALCALINIDAD:** No		**DRENAJE NATURAL:**
SALINIDAD: No **PEDREGOSIDAD:** No		
OBSERVACIONES:	Corozo, Nancite, Laurel, Ceiba, Patacón y Grama	

HORIZ	PROF (cm)	COLOR		TEXTURA	ESTRUCTURA	CONSISTENCIA			REACCIÓN (Ph)	LÍMITE	POROS	RAÍCES	N⁰ LAB
		SECO	HÚMEDO			SECO	HÚMEDO	MOJADO					
A	0-15	$10YR_{3/4}$	$10YR_{3/4}$	F	Granular	-	-	NP Y NA	N/A	-	Abundante f	Abundante f_1 mf	4
Bt_{11}	15-42	$7.5YR_{4/4}$	$7.5YR_{4/4}$	A	Bsa f_1 m_1 débil	B	Fr	P y A	N/A	-	Abundante f	Mucha o poca f_1 mf	5
Bt_{12}	42-65	$7.5YR_{4/4}$ $10YR_{4/8}$	$7.5YR_{5/4}$	A	Bsa Masiva	B	Fr	P y A	N/A	-	Abundante f	Poca f	6
C1	65-90	$10YR_{5/3}$ $10YR_{4/8}$	$7.5YR_{5/4}$	A	Masiva	-	-	P y A	N/A	-	Abundante	Muy poca f	3
OBSERVACIONES:	Hay concreciones de Manganeso y actividad biológica en el 1er horizonte.												

Nota: **B** (Blando), **Fr** (Friable), **P y A** (Plástico y adherente)

Tabla 62 Descripción de Perfil de Suelo Calicata 3

INSTITUTO NICARAGÜENSE DE ESTUDIOS TERRITORIALES
DIRECCIÓN GENERAL DE ORDENAMIENTO TERRITORIAL. DIRECCIÓN DE INVESTIGACIÓN TERRITORIAL
UNIDAD DE ESTUDIOS EDAFOLÓGICOS

DEPARTAMENTO:	RACCN	**DESCRITO POR:** Fredman P, Larry P, Samir R
MUNICIPIO:	PAIWAS	**COMARCA/SITIO:** Las Minitas
LOCALIZACIÓN DEL PERFIL:	Hda. Ventanas de la Gloria	**FECHA:** 27/04/25
COORDENADAS:	727288; 1413444	**PERFIL:** No 3
USO ACTUAL:	Ganadería extensiva, pasto natural con árboles y palmas dispersas	**HOJA TOPOGRÁFICA Escala** 1:50,000
FISIOGRAFÍA:	Planicie costanera del Caribe	**ZONA CLIMÁTICA:** Trópico muy húmedo 2500-3000 mm
ELEVACIÓN (msnm):	328	**RELIEVE:** Planicie ondulada
EROSIÓN ACTUAL:	No visible	**PENDIENTE (%):** 8 (B)
PERMEABILIDAD:	Buena	**ESCURRIMIENTO SUPERFICIAL:** Moderado
INUNDACIÓN: No **ALCALINIDAD:** No		**DRENAJE NATURAL:**
SALINIDAD: No **PEDREGOSIDAD:** No		
OBSERVACIONES:	Robles, Jicaros, Guácimos, Guarumo, Lombrices de tierra	

HORIZ	PROF (cm)	COLOR		TEXTURA	ESTRUCTURA	CONSISTENCIA			REACCIÓN (Ph)	LÍMITE	POROS	RAÍCES	N⁰ LAB
		SECO	HÚMEDO			SECO	HÚMEDO	MOJADO					
A	0-40	2.5YR$_{3/3}$	10R$_{3/3}$	A	Gr yBsa g_1 m_1 débil	D	Fr	P y A	N/A	-	Abundante f_1 mf	Abundante f_1 mf	7
$B_{21}t$	40-75	2.5YR$_{3/4}$	10R$_{3/3}$	A	Ba, g_1 Bsa m_1 débil	D	Fr	P y A	N/A	-	Abundante f_1 mf	Pocas f_1 mf	8
C1	74-95	5YR$_{3/3}$	5YR$_{3/4}$	A	Masiva	LD	Fr	P y A	N/A	-	Abundante f	No hay	9
OBSERVACIONES:	-												

Nota: **D** (Duro), **LD** (Ligeramente Duro)

11.1.5. Tablas de descripción detallada de perfiles

Tabla 63 Descripción de perfiles representativos suelos el Naranjo

PERFIL: No 1.

COMARCA/SITIO: Las Minitas.

FISIOGRAFIA: Planicie volcánica ondulada y transición a ondular.

ZONA CLIMÁTICA: Trópico muy húmedo 2500-3000 mm

RELIEVE: Alomado-Colinado.

FECHA: 26/04/25

PENDIENTE (%): 8 (B).

DESCRITO POR: Fredman P, Larry P, Samir R

ELEVACION (msnm): 328.

COORDENADAS: 726676; 1413184

HORIZONTE	CM	
A	(0-21):	Pardo amarillento oscuro (10YR 4/4) en húmedo; textura franco-arcillosa; estructura bloque subangular masiva débil; moderados friable plástico y adherente; muchos poros finos y muy finos; abundantes raíces finas y muy finas; PH 5.49; Limite claro y uniforme (código/LABSA: S-2025-0104).
C1	(21-45):	Pardo (7.5YR 5/4) en húmedo; textura arcillosa; estructura masiva; consistencia ligeramente friable, blando plástico y adherente; poros abundantes moderados y finos; raíces pocas finas y muy finas; PH 5.50 ligeramente acido; Limite claro y uniforme (código/LABSA: S-2025-0104).
C2	(45-80):	Pardo amarillento claro (10YR 6/4) en húmedo; textura arcillosa; estructura masiva; consistencia ligeramente friable, blando plástico y adherente; poros abundantes moderados y finos; raíces muy pocas finas y muy finas; PH 5.37 ligeramente acido; Limite claro y uniforme (código/LABSA: S-2025-0104).

Observaciones: Presencia de raises gruesas; Asesoramiento por parte de ING Gonzalo Bonilla (INETER); La presente descripción morfológica representa la variante típica del subgrupo taxonómico.

Nota: Elaboración Propia.

Tabla 64 Descripción de perfiles representativos suelos la Gloria

PERFIL: No 2.

FISIOGRAFIA: Ondulado, transición a colina.

RELIEVE: Planicie volcánica ondulada y alomada.

PENDIENTE (%): 10-15% (C)

ELEVACION (msnm): 335.

COORDENADAS: 726709; 1413724

COMARCA/SITIO: Las Minitas.

ZONA CLIMÁTICA: Trópico muy húmedo.

FECHA: 26/04/25

USO ACTUAL: Ganadería extensiva, pasto natural con árboles y palmas dispersas.

DESCRITO POR: Fredman P, Larry P, Samir R

HORIZONTE	CM
A	**(0-15):** Pardo Amarillento oscuro (10YR 3/4) en húmedo; textura franca; estructura granular; consistencia no plástica no adherente; poros abundantes finos; abundantes raíces finas y muy finas; PH 5.40; Limite claro y uniforme (código/LABSA: S-2025-0104).
BT_{11}	**(15-42):** Pardo (7.5YR 4/4) en húmedo; textura arcillosa; estructura Bloques subangulares finos medios débil; consistencia friable, blando, plástico y adherente; poros abundantes finos; raíces pocas finas y muy finas; PH 5.52 ligeramente acido; Limite claro y uniforme (código/LABSA: S-2025-0105).
BT_{12}	**(42-65):** Pardo (7.5YR 5/4) en húmedo; textura arcillosa; Estructura Bloque subangular masiva consistencia blanda, friable, plástica y adherente; poros abundantes finos; raíces pocas finas; PH 5.60 ligeramente acido; Limite claro y uniforme (código/LABSA: S-2025-0106).
C1	**(65-90):** Pardo (7.5YR 5/4) en húmedo; textura arcillosa; estructura masiva; plástica y adherente; poros abundantes; raíces muy pocas, finas Limite claro y uniforme.

Observaciones: Hay concreciones de Manganeso y actividad biológica en el 1er horizonte; Asesoramiento por parte de ING Gonzalo Bonilla (INETER); La presente descripción morfológica representa la variante típica del subgrupo taxonómico.

Nota: Elaboración propia

Tabla 65 Descripción de perfiles representativos suelos Santa Ana

PERFIL: No 3.

COMARCA/SITIO: Las Minitas.

FISIOGRAFIA: Planicie costanera del Caribe.

ZONA CLIMÁTICA: Trópico muy húmedo 2500-3000 mm

RELIEVE: Planicie ondulada.

FECHA: 26/04/25

PENDIENTE (%): 8 (B).

DESCRITO POR: Fredman P, Larry P, Samir R

ELEVACION (msnm): 328.

COORDENADAS: 727288; 1413444

HORIZONTE	CM	
A	(0-40):	Rojo sombrío (10R 3/3) en húmedo; textura arcillosa; estructura en bloque subangular medios débiles; consistencia dura, friable, plástico y adherente; poros abundantes finos y muy finos; abundantes raíces finas y muy finas; PH 5.77; Limite Difuso (código/LABSA): S-2025-0107).
C1	(40-75):	Rojo sombrío (10R 3/3) en húmedo; textura arcillosa estructura en bloque subangular medios débiles; consistencia dura, friable, plástico y adherente; poros abundantes finos y muy finos; raíces pocas finas y muy finas; PH 5.25 ligeramente acido; Limite Difuso (código/ LABSA): S-2025-0108).
C2	(75-95):	Pardo rojizo oscuro (5YR 3/4) en húmedo; textura arcillosa; estructura masiva; consistencia levemente friable, plástico y adherente; poros abundantes finos; raíces no hay; PH 4.84 acido; Limite difuso (código/ LABSA): S-2025-0109).

Observaciones: Asesoramiento por parte de ING Gonzalo Bonilla (INETER); La presente descripción morfológica representa la variante típica del subgrupo taxonómico.

Nota: Elaboración Propia

11.1.6. Propiedades Hidrofísicas

Tabla 66 Formato de Prueba de Velocidad de Infiltración

Lugar:			
Coordenadas			
X:		**Y:**	
Elevación (m.s.n.m):			
Hora de inicio:		**Hora de finalización:**	
Diámetro del agujero de infiltración (cm):		**Profundidad del agujero de infiltración (cm):**	
Carga (cm):			
Levantamiento:			

Hora	Tiempo (min)	Tiempo acumulado (min)	lectura h (cm)	Dh (cm)	Infiltracion acumulada (cm)	Velocidad de infiltración (cm/min)

Nota: Formato extraído de la metodología del Permeámetro de Guelph. (SOILMOISTURE)

Tabla 67 Velocidad de Infiltración Calicata 1

Prueba de Infiltración, Porchet		X	726676		Elevación:	328	msnm	
Lugar: Las Minitas, RACCN		Y	1413184					
Inicio	08:00:00 am							
Final	09:14:00 am							
					Las Minitas-Paiwas-			
Diametro	20			Ubicación	RACCN			
Radio	10			Textura:	Franco arcilloso			

Tiempo	Tiempo acumulado	Profundidad	R/2(T1-T2)	Ln((2h1+R)/(2h2+R)	Vel. Infiltración (cm/min)	Vel. Infiltración (cm/hra)	Vel. Infiltración (mm/hra)	Vel. Infiltración (m/dia)
0	0	30	5.0	0	0.00	0	0	0
1	1	27	5.0	0.09	0.45	26.9	268.8	6.45
1	2	24	5.0	0.10	0.49	29.5	295.3	7.09
1	3	21	5.0	0.11	0.55	32.8	327.6	7.86
1	4	18	5.0	0.12	0.61	36.8	367.8	8.83
1	5	15	5.0	0.14	0.70	41.9	419.3	10.06
1	6	13.5	5.0	0.08	0.39	23.4	233.9	5.61
1	7	11.5	5.0	0.11	0.57	34.3	343.2	8.24
1	8	8.5	5.0	0.20	1.00	60.2	602.0	14.45
		30	RELLENO					
1	9	28	5.0	0.06	0.29	17.7	176.5	4.24
1	10	26	5.0	0.06	0.31	18.8	187.6	4.50
3	13	24	1.7	0.07	0.11	6.7	66.7	1.60
3	16	22.5	1.7	0.05	0.09	5.3	53.1	1.27
3	19	20	1.7	0.10	0.16	9.5	95.3	2.29
5	24	18.5	1.0	0.06	0.06	3.7	37.1	0.89
5	29	17	1.0	0.07	0.07	4.0	39.6	0.95
5	34	15.5	1.0	0.07	0.07	4.2	42.4	1.02
5	39	14	1.0	0.08	0.08	4.6	45.6	1.09
5	44	13.5	1.0	0.03	0.03	1.6	16.0	0.38
5	49	13	1.0	0.03	0.03	1.6	16.4	0.39
5	54	12.5	1.0	0.03	0.03	1.7	16.9	0.41
5	59	12	1.0	0.03	0.03	1.7	17.4	0.42
5	64	11.5	1.0	0.03	0.03	1.8	17.9	0.43
5	69	11	1.0	0.031	0.03	1.8	18.5	0.44
5	74	10.5	1.0	0.03	0.03	1.9	19.0	0.46
10	79	10	1.0	0.03	0.03	2.0	19.7	0.47
10	84	10	1.0	0.000	0.00	0.0	0.0	0.00
30	89	9.5	1.0	0.03	0.03	2.0	20.3	0.49
30	94	9.5	1.0	0.00	0.00	0.0	0.0	0.00
60	99	9.5	1.0	0.000	0.00	0.0	0.0	0.00
				Promedio	0.0798	**0.51**	5.09	0.12

Nota: Elaboración propia

Tabla 68 Velocidad de Infiltración Calicata 2

Prueba de Infiltración, Porchet		X	726710		Elevación:	334	msnm	
Lugar: Las Minitas, RACCN		Y	1413728					
Inicio	09:00:00 am							
Final	10:20:00 am							
					Las Minitas-Paiwas-			
Diametro	20			Ubicación	RACCN			
Radio	10			Textura:	Franco arcilloso			

Tiempo	Tiempo acumulado	Profundidad	R/2(T2-T1)	Ln((2h1+R)/(2h2+R)	Vel. Infiltración (cm/min)	Vel. Infiltración (cm/hra)	Vel. Infiltración (mm/hra)	Vel. Infiltración (m/dia)
0	0	30	5.0	0	0.00	0	0	0
1	1	24.5	5.0	0.17	0.85	51.3	512.9	12.31
1	2	21	5.0	0.13	0.63	37.9	378.9	9.09
1	3	19	5.0	0.08	0.40	24.0	240.1	5.76
1	4	16	5.0	0.13	0.67	40.1	400.6	9.61
1	5	14	5.0	0.10	0.50	30.0	300.3	7.21
	0	30	RELLENO					
1	6	25	5.0	0.15	0.77	46.2	462.5	11.10
1	7	20	5.0	0.18	0.91	54.7	547.0	13.13
1	8	17	5.0	0.13	0.64	38.4	383.5	9.20
1	9	15	5.0	0.10	0.48	28.6	285.9	6.86
1	10	13	5.0	0.11	0.53	31.6	316.1	7.59
2	12	10	2.5	0.18	0.46	27.3	273.5	6.56
2	14	7	2.5	0.22	0.56	33.5	334.7	8.03
	0	30	RELLENO					
2	16	26	2.5	0.12	0.30	18.2	182.0	4.37
2	18	21	2.5	0.18	0.44	26.4	263.8	6.33
2	20	19	2.5	0.08	0.20	12.0	120.1	2.88
3	23	16	1.7	0.13	0.22	13.4	133.5	3.20
3	26	14	1.7	0.10	0.17	10.0	100.1	2.40
3	29	12	1.7	0.11	0.19	11.1	111.2	2.67
5	34	10	1.0	0.13	0.13	7.5	75.1	1.80
	0	30	RELLENO					
5	39	26	1.0	0.12	0.12	7.3	72.8	1.75
5	44	20	1.0	0.22	0.22	12.9	129.1	3.10
5	49	15	1.0	0.22	0.22	13.4	133.9	3.21
5	54	12	1.0	0.16	0.16	9.8	97.5	2.34
5	59	10	1.0	0.13	0.13	7.5	75.1	1.80
5	64	8	1.0	0.14	0.14	8.6	85.9	2.06
5	69	6	1.0	0.17	0.17	10.0	100.2	2.41
5	74	5	1.0	0.10	0.10	5.7	57.2	1.37
5	79	4.5	1.0	0.05	0.05	3.1	30.8	0.74
10	89	4	0.5	0.05	0.03	1.6	16.2	0.39
10	99	3.5	0.5	0.06	0.03	1.7	17.1	0.41
30	129	3.5	0.2	0.00	0.00	0.0	0.0	0.00
30	159	3.5	0.2	0.00	0.00	0.0	0.0	0.00
60	219	3.5	0.1	0.00	0.00	0.0	0.0	0.00
				Promedio	0.2	**0.67**	6.67	0.16

Nota: Elaboración propia

Tabla 69 Velocidad de Infiltración Calicata 3

Prueba de Infiltración, Porchet		X	727288		Elevación:	328	msnm	
Lugar: Las Minitas, RACCN		Y	1413444					
Inicio	09:00:00 am							
Final	10:12:00 am							
					Las Minitas-Paiwas-			
Diametro	20			Ubicación	RACCN			
Radio	10			Textura:	Franco arcilloso			

Tiempo	Tiempo acumulado	Profundidad	R/2(T2-T1)	Ln((2h1+R)/(2h2+R)	Vel. Infiltración (cm/min)	Vel. Infiltración (cm/hra)	Vel. Infiltración (mm/hra)	Vel. Infiltración (m/dia)
0	0	30	5.0	0	0.00	0	0	0
1	1	27	5.0	0.09	0.45	26.9	268.8	6.45
1	2	24	5.0	0.10	0.49	29.5	295.3	7.09
1	3	19	5.0	0.19	0.95	56.8	567.7	13.63
1	4	16	5.0	0.13	0.67	40.1	400.6	9.61
1	5	15	5.0	0.05	0.24	14.6	146.4	3.51
1	6	13	5.0	0.11	0.53	31.6	316.1	7.59
1	7	12	5.0	0.06	0.29	17.1	171.5	4.12
1	8	11	5.0	0.06	0.30	18.2	181.9	4.36
1	9	10	5.0	0.06	0.32	19.4	193.6	4.65
		30	RELLENO					
1	10	27	2.5	0.09	0.22	13.4	134.4	3.23
2	12	25	2.5	0.06	0.16	9.7	96.8	2.32
2	14	23	2.5	0.07	0.17	10.3	103.5	2.48
2	16	20	2.5	0.11	0.28	17.0	170.0	4.08
2	18	17	2.5	0.13	0.32	19.2	191.8	4.60
2	20	15	2.5	0.10	0.24	14.3	143.0	3.43
2	22	13	1.0	0.11	0.11	6.3	63.2	1.52
		30	RELLENO					
5	27	27	1.0	0.09	0.09	5.4	53.8	1.29
5	32	25	1.0	0.06	0.06	3.9	38.7	0.93
5	37	23	1.0	0.07	0.07	4.1	41.4	0.99
5	42	19	1.0	0.15	0.15	9.2	92.5	2.22
5	47	16	1.0	0.13	0.13	8.0	80.1	1.92
5	52	13	1.0	0.15	0.15	9.2	92.5	2.22
5	57	11	1.0	0.12	0.12	7.1	70.7	1.70
5	62	9	1.0	0.13	0.13	8.0	80.1	1.92
5	67	7	1.0	0.15	0.15	9.2	92.5	2.22
5	72	5	1.0	0.18	0.18	10.9	109.4	2.63
10	82	4	0.5	0.11	0.05	3.2	31.6	0.76
10	92	3.5	0.2	0.06	0.01	0.6	5.7	0.14
30	122	2	0.2	0.19	0.03	1.9	19.4	0.47
30	152	2	0.1	0.00	0.00	0.0	0.0	0.00
60	212	2	0.0	0.00	0.00	0.0	0.0	0.00
				Promedio	0.1373	**0.63**	6.28	0.15

Nota: Elaboración propia

Tabla 70 Determinación de Textura en Laboratorio

PORCENTAJES DE LIMO, ARCILLA Y ARENA						
Código	**%L+A**	**%Arcilla**	**%Arena**	**%Limo**	**Total**	**Textura**
DRAKE	59.84	33.45	40.16	26.39	100	FA
23	65.77	53.37	34.23	12.40	100	A
20	63.77	47.39	36.23	16.39	100	A
5K	55.89	28.46	44.11	27.43	100	FA
Kat	70.15	46.32	29.85	23.82	100	A
2L	67.76	49.38	32.24	18.38	100	A
16	53.96	40.04	46.04	13.92	100	A
17	65.92	46.10	34.08	19.83	100	A
24	59.66	33.35	40.34	26.31	100	FA

Nota: Elaboración Propia

Tabla 71 Porosidad Total

POROSIDAD TOTAL			
Muestra	Dr	Da	Pt
1	1.715	0.792	53.78%
2	1.764	0.748	57.60%
3	1.729	0.824	52.34%
4	1.618	0.837	48.27%
5	1.845	0.892	51.65%
6	1.782	0.812	54.44%
7	1.749	0.872	50.16%
8	1.694	0.886	47.70%
9	1.812	0.931	48.62%

Nota: Elaboración Propia

Tabla 72 Muestra de Capacidad de Campo a 24 hrs

CAPACIDAD DE CAMPO (24hrs)				
Muestra	**Psht (Gr)**	**Psst (Gr)**	**Pt (Gr)**	**%Cc**
1	54.83	39.4	15.80	65.38%
2	47.61	34.15	15.71	72.99%
3	47.61	37.84	15.76	44.25%
4	49.48	35.8	11.39	56.04%
5	60.68	46.52	15.70	45.94%
6	50.51	39.12	15.53	48.28%
7	46.16	35.24	11.32	45.65%
8	46.87	35.32	15.70	58.87%
9	40.82	33.74	15.85	39.58%

Nota: Elaboración Propia

Tabla 73 Muestra de Capacidad de Campo a 48 hrs

CAPACIDAD DE CAMPO (48hrs)				
Muestra	**Psht (Gr)**	**Psst (Gr)**	**Pt (Gr)**	**%Cc**
1	39.4	32.9	15.80	38.01%
2	34.15	28.30	15.71	46.47%
3	37.84	31.16	15.76	43.38%
4	35.8	29.73	11.39	33.10%
5	46.52	37.24	15.70	43.08%
6	39.12	31.76	15.53	45.35%
7	35.24	28.53	11.32	38.99%
8	35.32	29.58	15.70	41.35%
9	33.74	28.91	15.85	36.98%

Nota: Elaboración Propia

Tabla 74 Muestra de Capacidad de Campo a **72** hrs

CAPACIDAD DE CAMPO (72hrs)				
Muestra	**Psht (Gr)**	**Psst (Gr)**	**Pt (Gr)**	**%Cc**
1	32.9	28.71	15.80	32.46%
2	28.3	24.67	15.71	40.51%
3	31.16	26.83	15.76	39.11%
4	29.73	25.68	11.39	28.34%
5	37.24	31.11	15.70	39.78%
6	31.76	27.01	15.53	41.38%
7	28.53	24.02	11.32	35.51%
8	29.58	25.74	15.70	38.25%
9	28.91	25.84	15.85	30.73%

Nota: Elaboración Propia

Tabla 75 Determinación de capacidad de campo

DETERMINACIÓN DE LA CAPACIDAD DE CAMPO (MÉTODO DEL METRO CUADRADO)								
				Fecha:		Hora:		
Ubicación:		Zona:		Lote:		Coordenada X:		
Finca:		Tipo de Suelo:				Coordenada Y:		
N° de Muestra:								
Prof. (cm)	Tara	P_{tara} (P_T)	P_T + SS	SS	P_T + SH	SH	H_2O	%Cc

Nota: Formato extraído de estudio de actualización de propiedades hidrofísicas y morfológicas de los suelos cañeros de CASUR. (López, 2014)

Tabla 76 Formato de entrevista semi-estructurada

Entrevista Semi-Estructurada
Información del Entrevistado
Nombre del Productor: _____
Fecha: _____
Ubicación de la Finca: _____
Teléfono/Contacto: _____
Introducción
Agradecer al productor por su tiempo y explicar el propósito de la entrevista, que es identificar las prácticas actuales de manejo de los suelos en la finca y promover mejoras para la sostenibilidad.
Preguntas Generales
1. ¿Cuánto tiempo lleva trabajando en esta finca?
Respuesta: _____
2. ¿Qué tipo de cultivos y/o ganado tiene en la finca?
Respuesta: _____
Prácticas de Manejo del Suelo
3. ¿Cuáles son las prácticas actuales de manejo que utiliza para el suelo?
Respuesta: _____
4. ¿Realiza alguna práctica de conservación del suelo (ej. cobertura vegetal, rotación de cultivos)?
Respuesta: _____
5. ¿Qué técnicas de labranza emplea en su finca?
Respuesta: _____
Disponibilidad de Recursos
6. ¿Qué recursos utiliza para mejorar la calidad del suelo (ej. fertilizantes, abonos orgánicos)?
Respuesta: _____
7. ¿Recibe capacitación o asistencia técnica sobre el manejo del suelo? Si es así, ¿de quién?
Respuesta: _____
Desafíos y Oportunidades

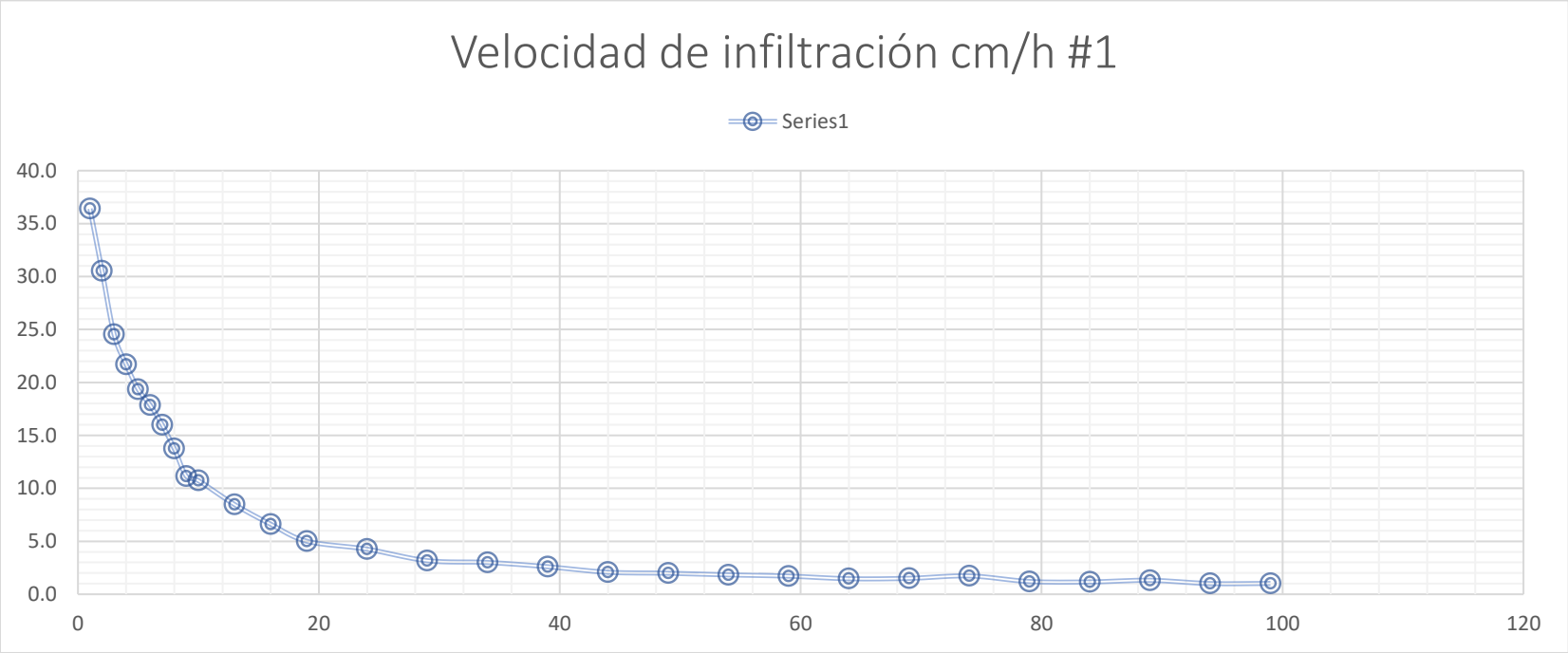
8. ¿Cuáles son los principales desafíos que enfrenta en el manejo del suelo?
Respuesta: _____
9. ¿Qué cambios le gustaría implementar en sus prácticas de manejo del suelo?
Respuesta: _____
Cierre
10. ¿Hay algún otro aspecto que considere importante sobre el manejo del suelo en su finca?
Respuesta: _____
Agradecer nuevamente al productor por su participación y tiempo.

Nota: Este formato te permitirá recopilar información valiosa sobre las prácticas actuales de manejo del suelo en la finca, lo que contribuirá a la propuesta de mejoras para la sostenibilidad (Elaboración propia).

11.2. Figuras

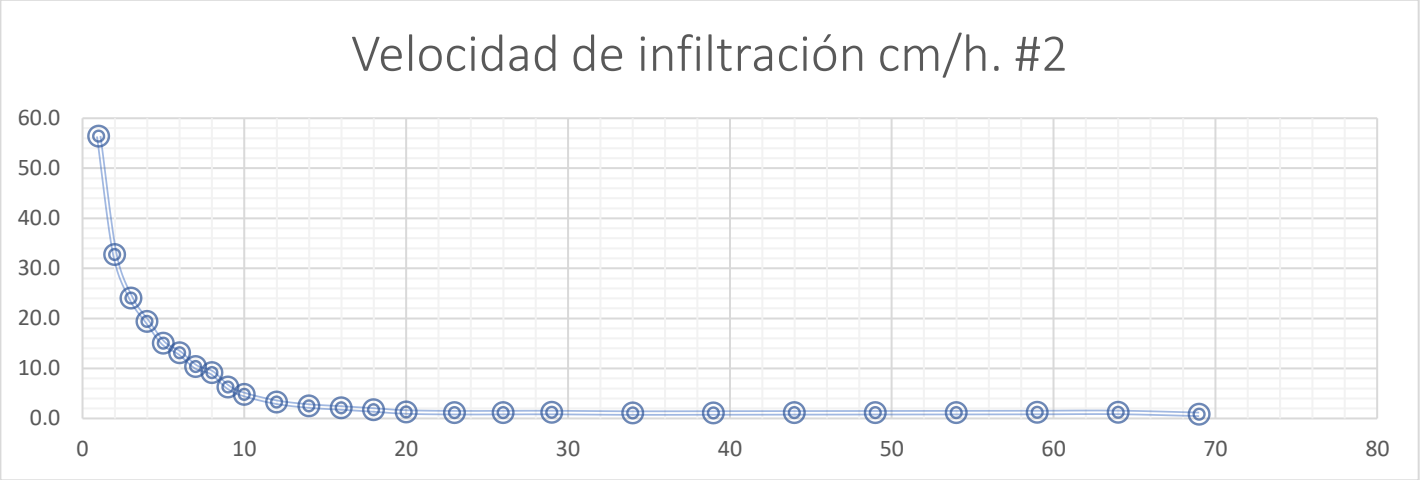
11.2.1. Gráficos

Figura 12 Velocidad de Infiltración Calicata 1



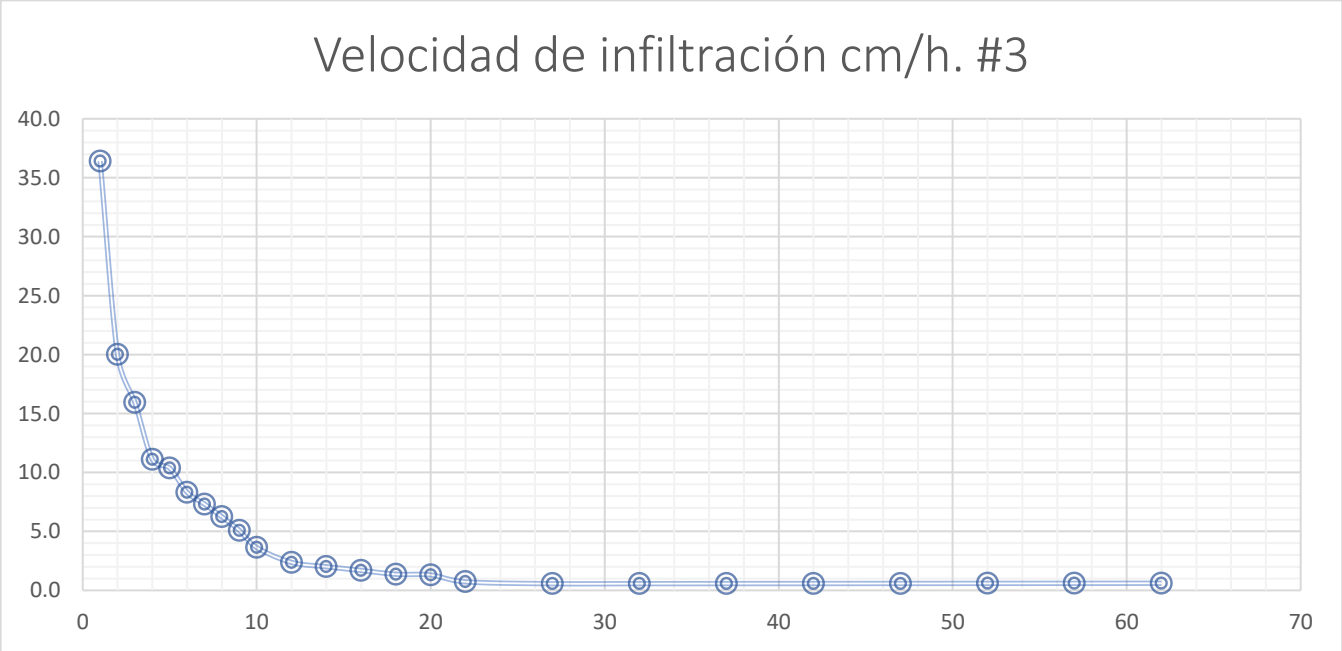
Nota: Elaboración Propia

Figura 13 Velocidad de Infiltración Calicata 2



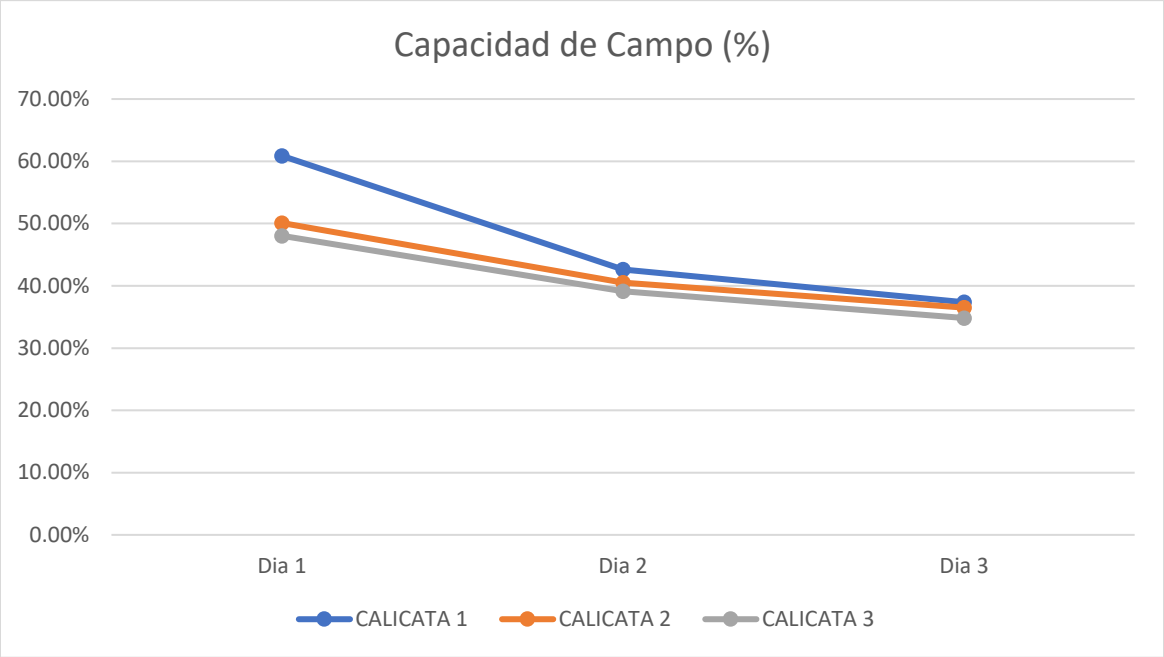
Nota: Elaboración Propia

Figura 14 Velocidad de Infiltración Calicata 3



Nota: Elaboración Propia

Figura 15 Capacidad de Campo



Nota: Elaboración Propia

11.2.2. Imágenes

Figura 16 Elaboración de Calicatas



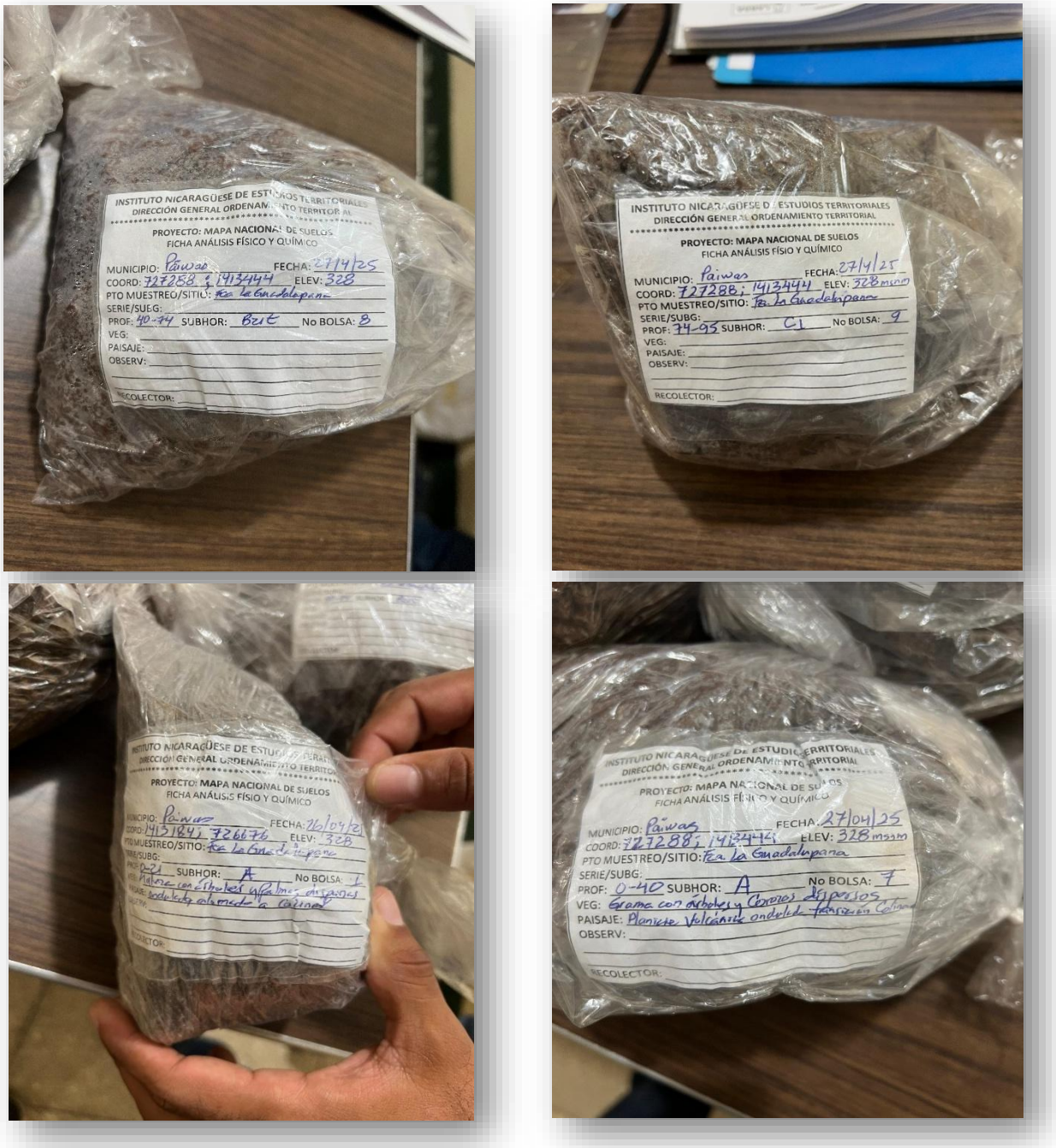
Nota: Elaboración Propia

Figura 17 Presencia de Raíces



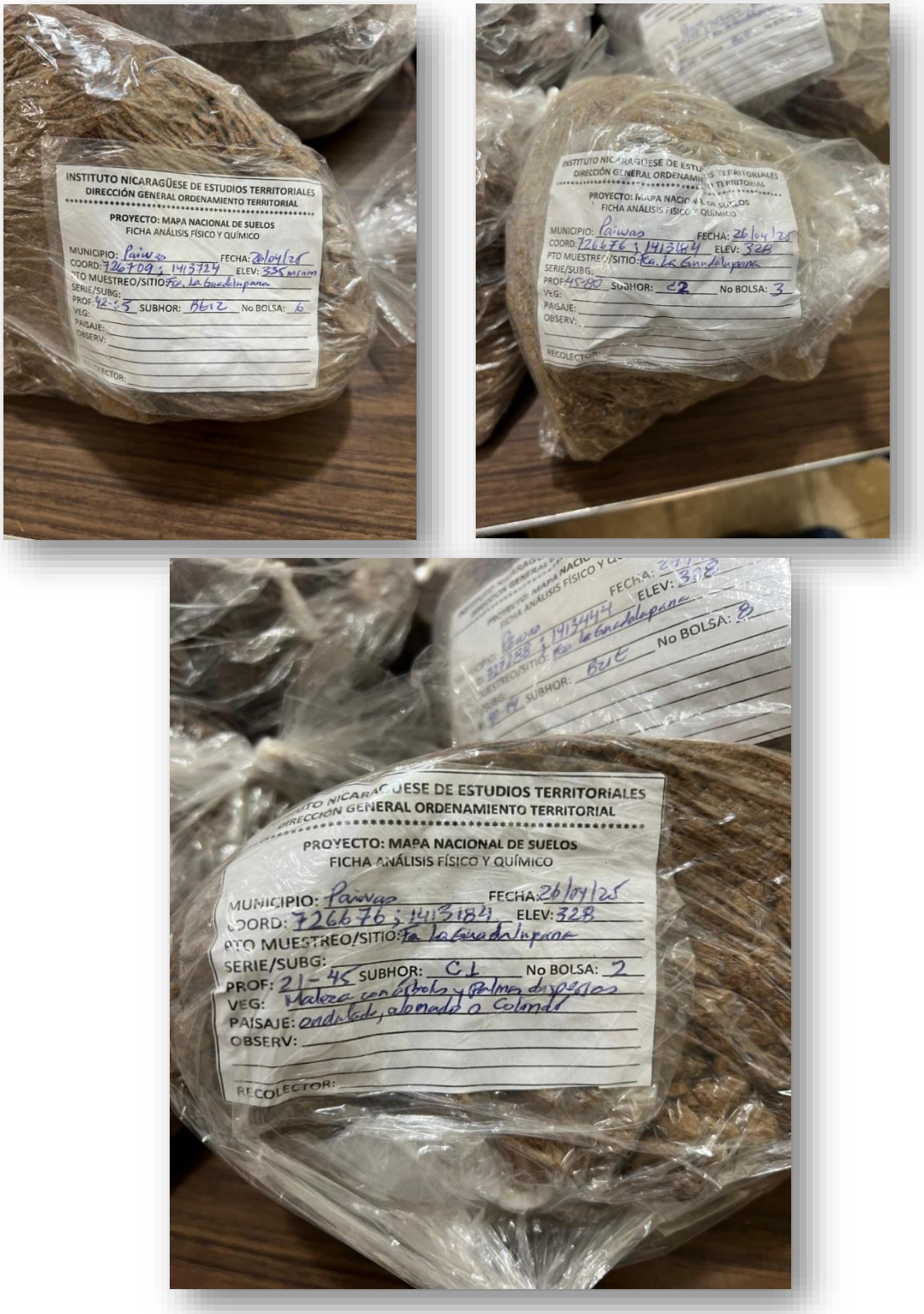
Nota: Elaboración Propia

Figura 18 Muestras de Calicatas



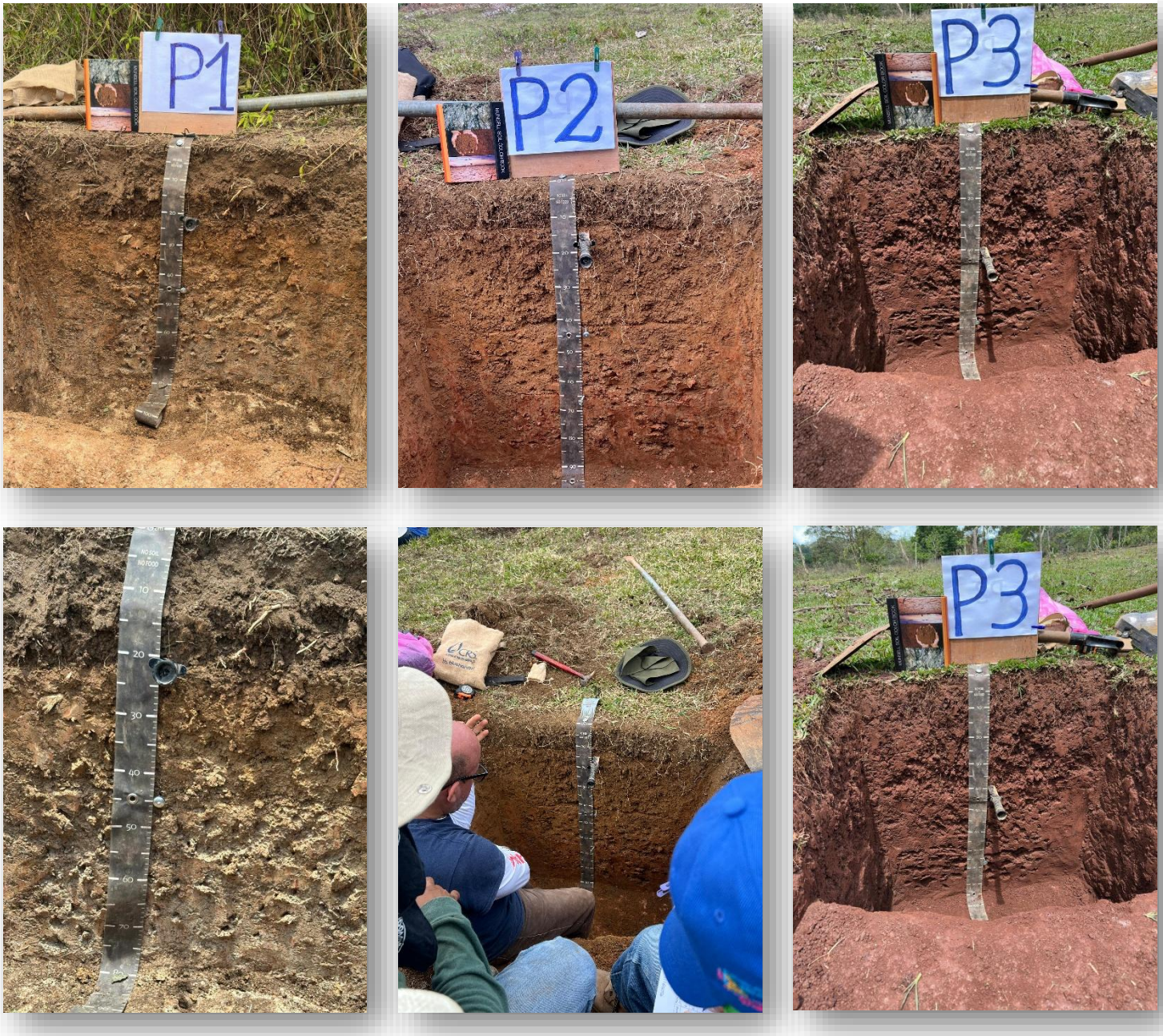
Nota: Elaboración Propia

Figura 19 Muestras de Calicatas



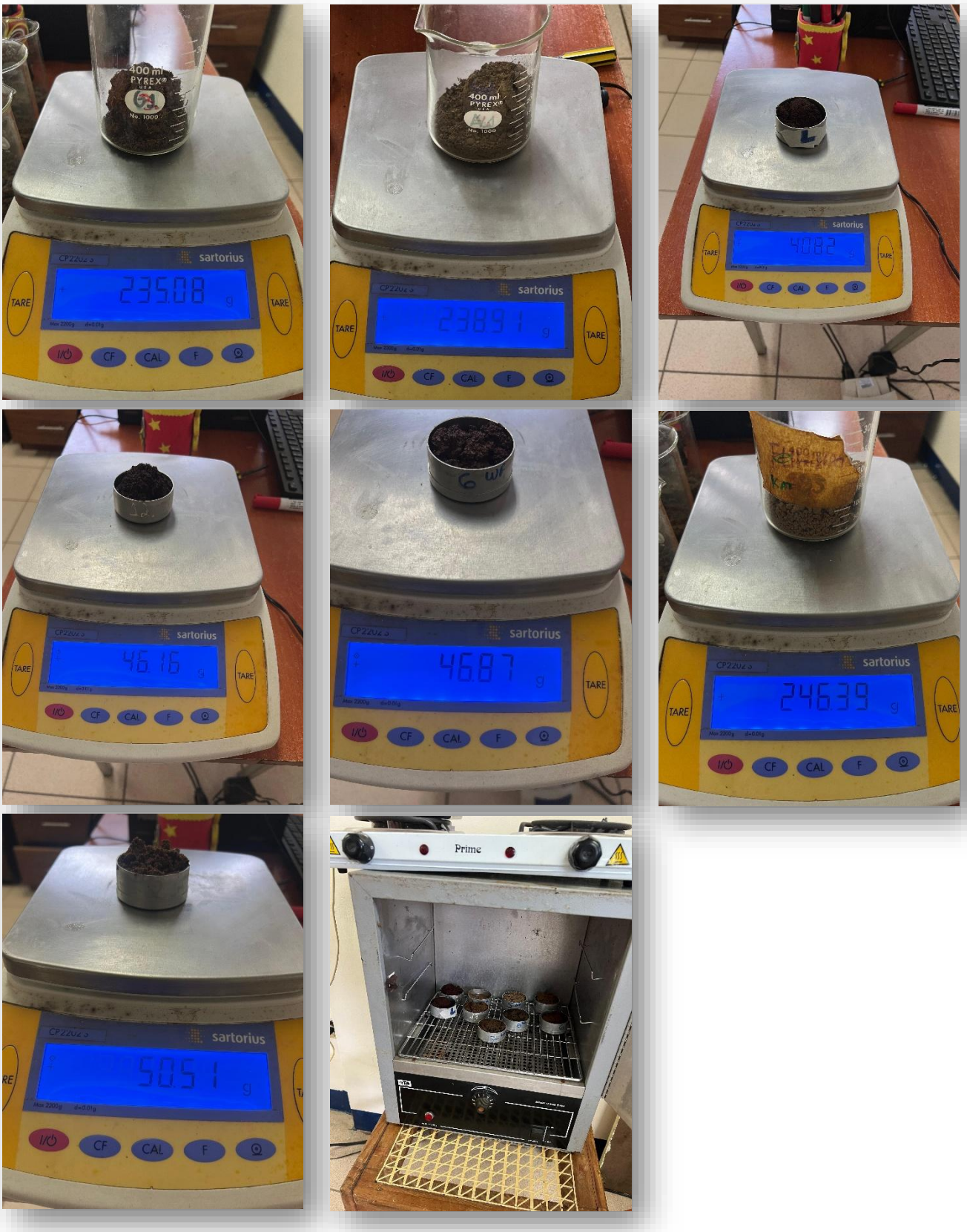
Nota: Elaboración Propia

Figura 20 Profundidad de los Suelos



Nota: Elaboración Propia

Figura 21 Peso y secado de muestras



Nota: Elaboración Propia

Figura 22 Clasificación de Color con Tabla Munssell



Nota: Elaboración Propia

Figura 23 Textura del suelo por medio del tacto



Nota: Elaboración Propia

Figura 24 Prueba de Velocidad de Infiltración con Permeámetro de Guelph



Nota: Elaboración Propia

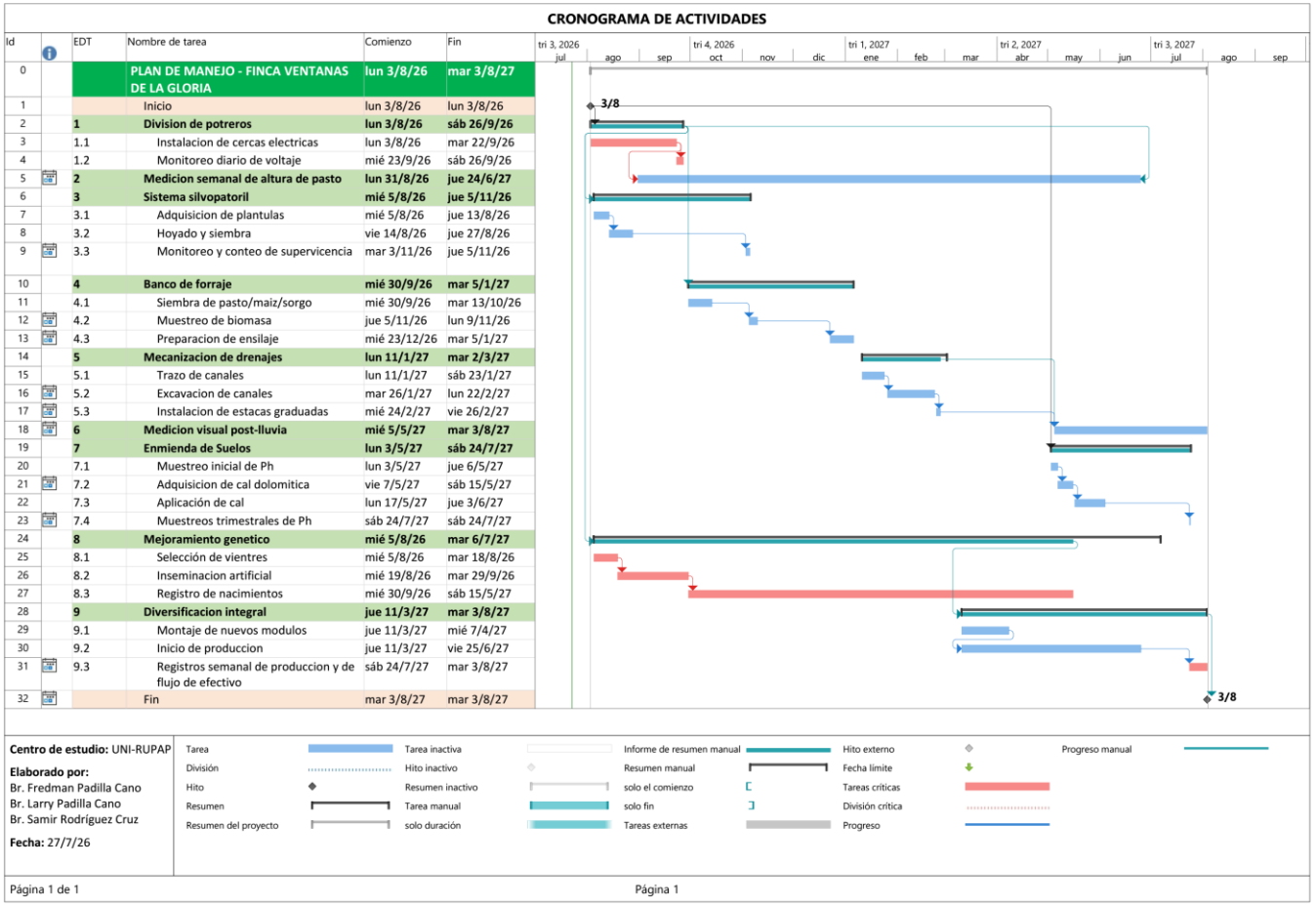
Figura 25 Topografía y Relieve



Nota: Elaboración Propia

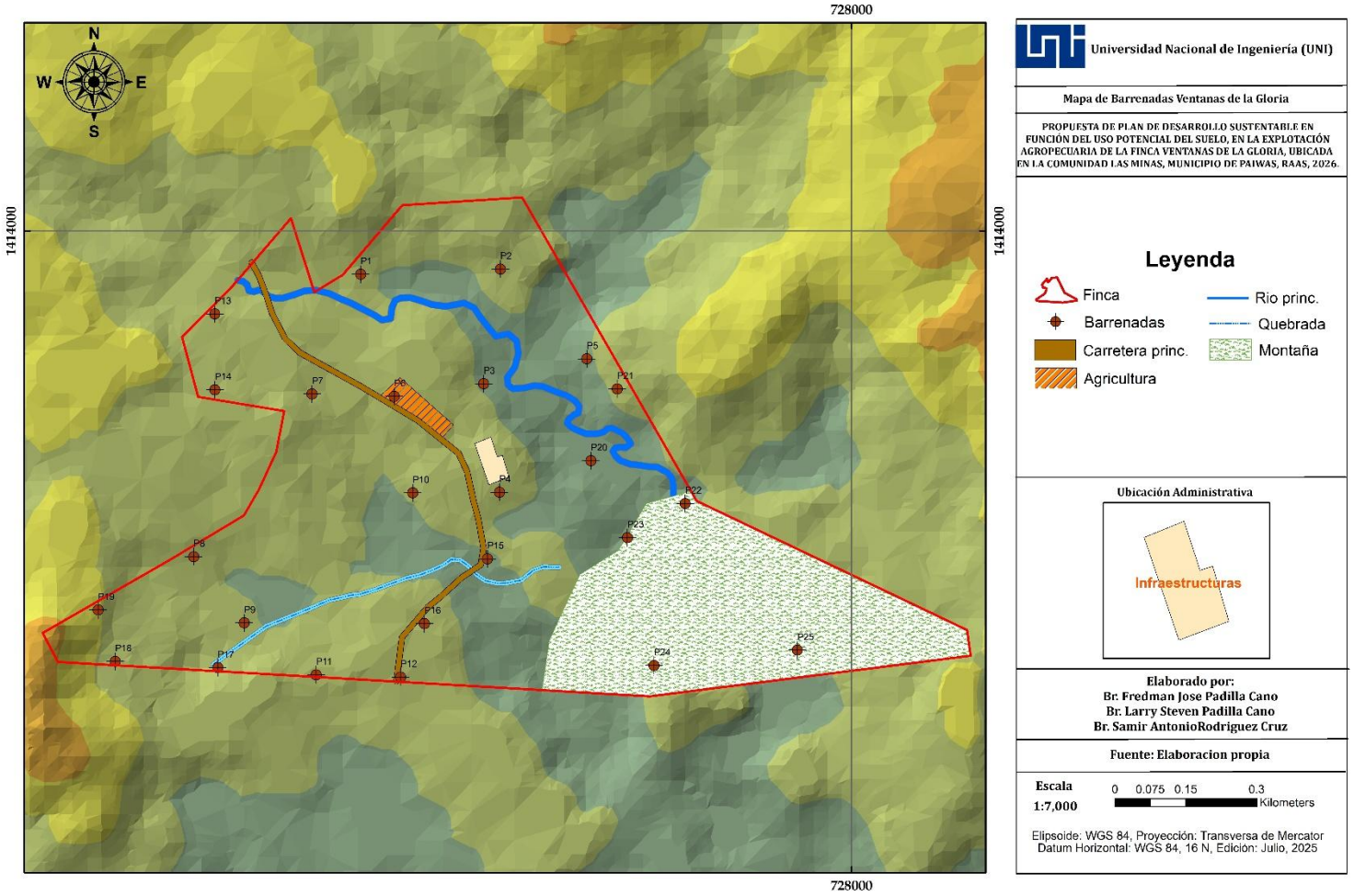
11.3. Cronograma

Tabla 77 Cronograma de actividades

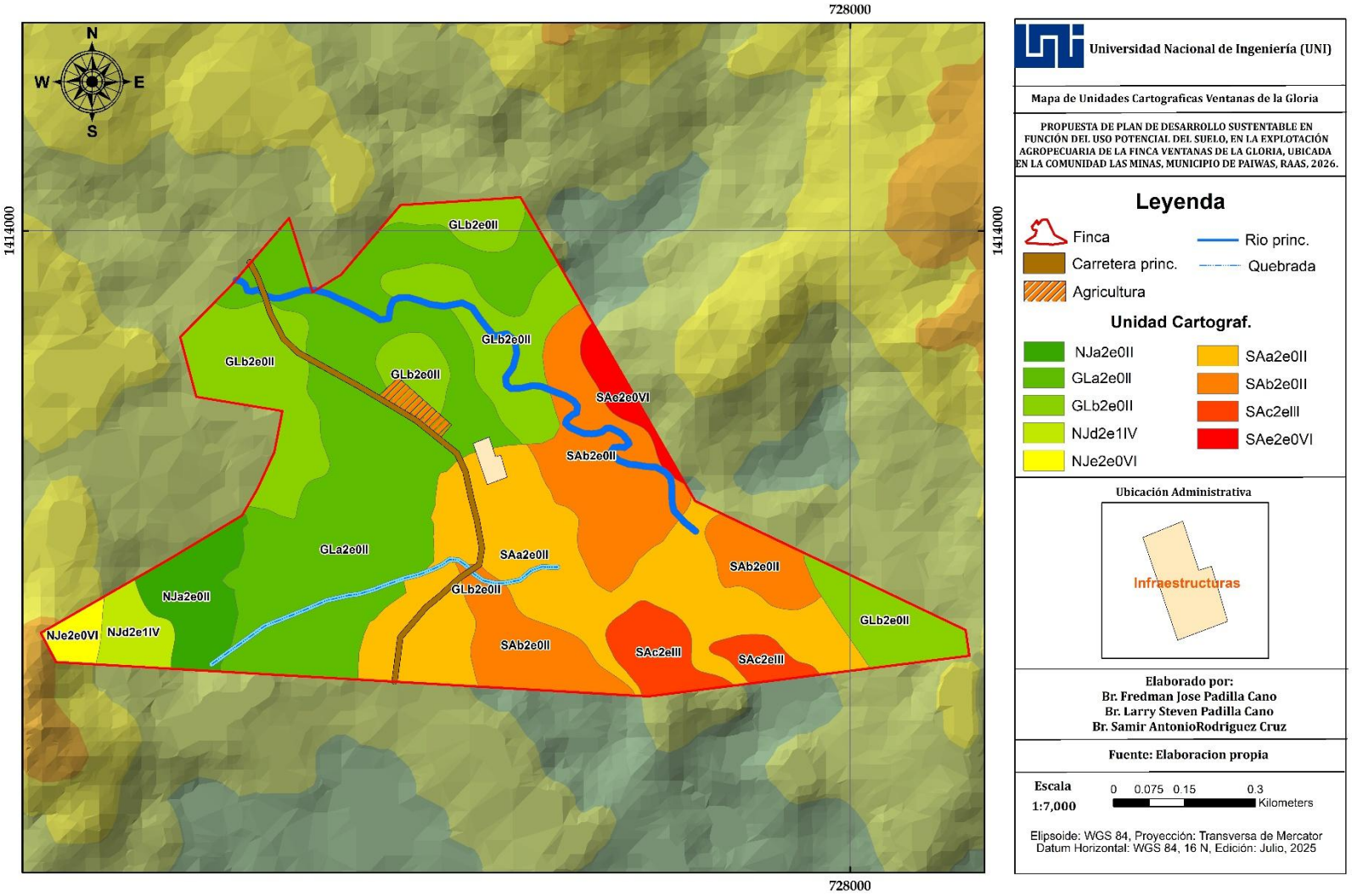


11.4. Mapas

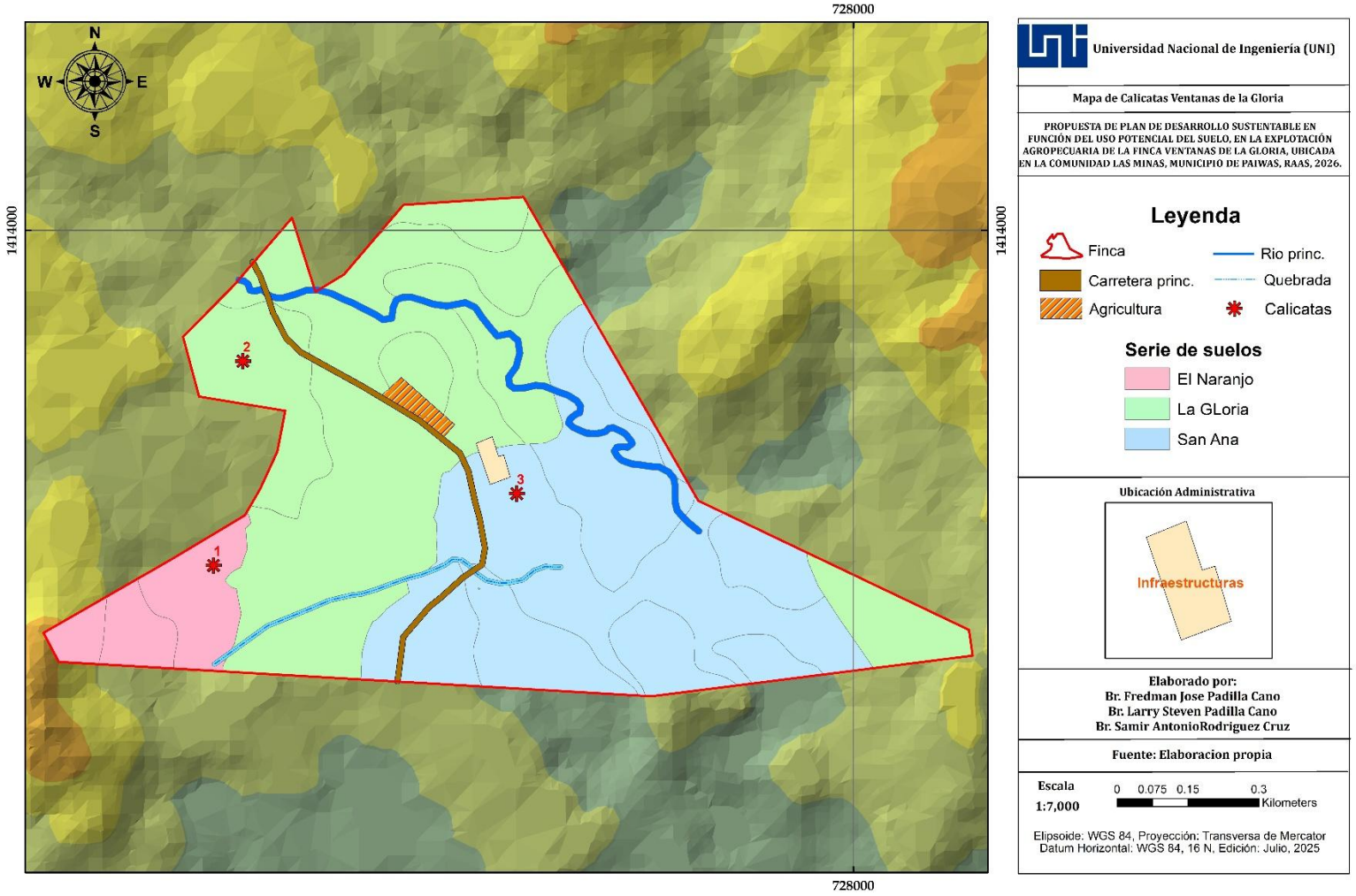
Mapa 1 Barrenadas



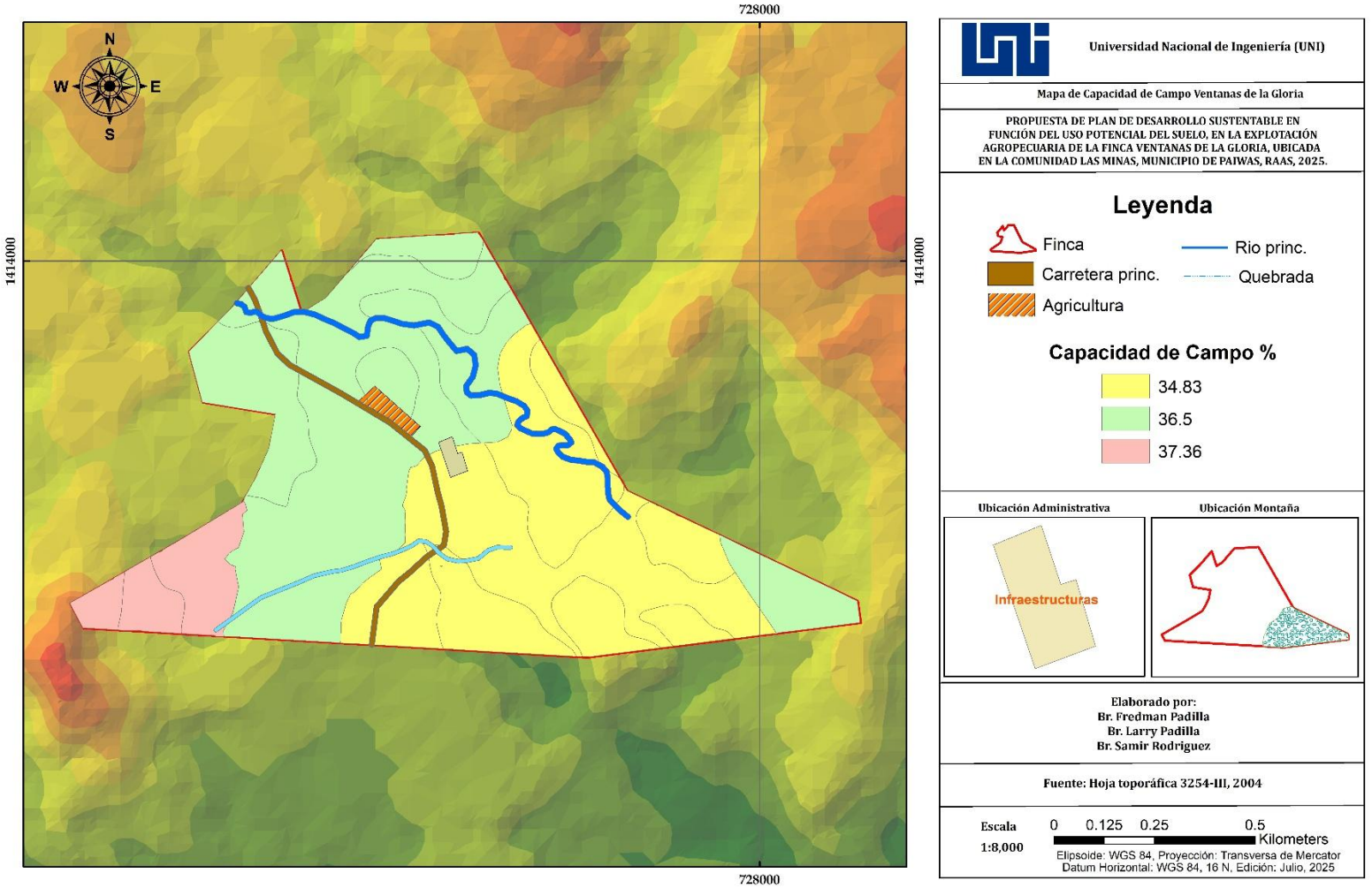
Mapa 2 Unidades Cartográficas



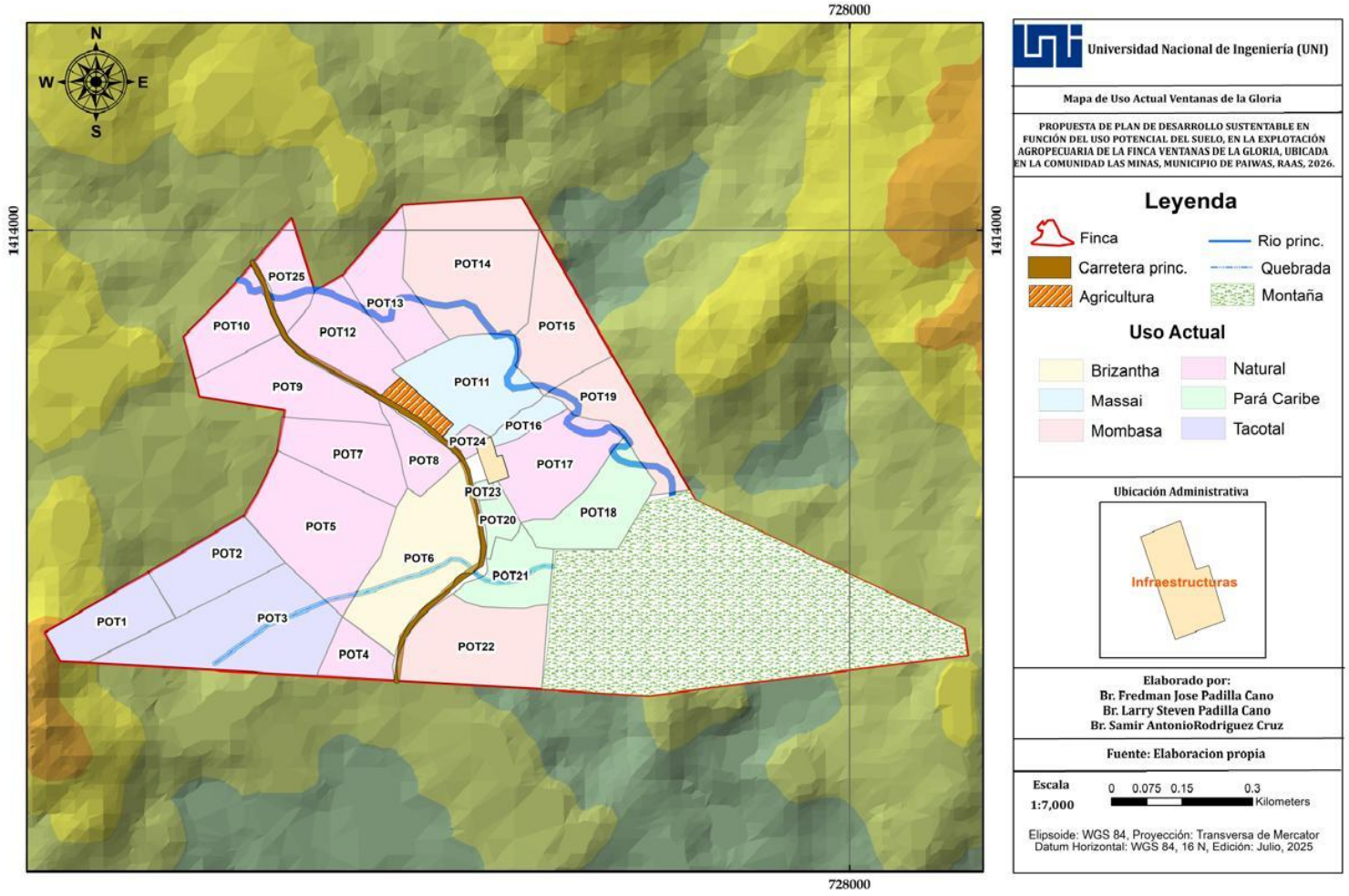
Mapa 3 Calicatas



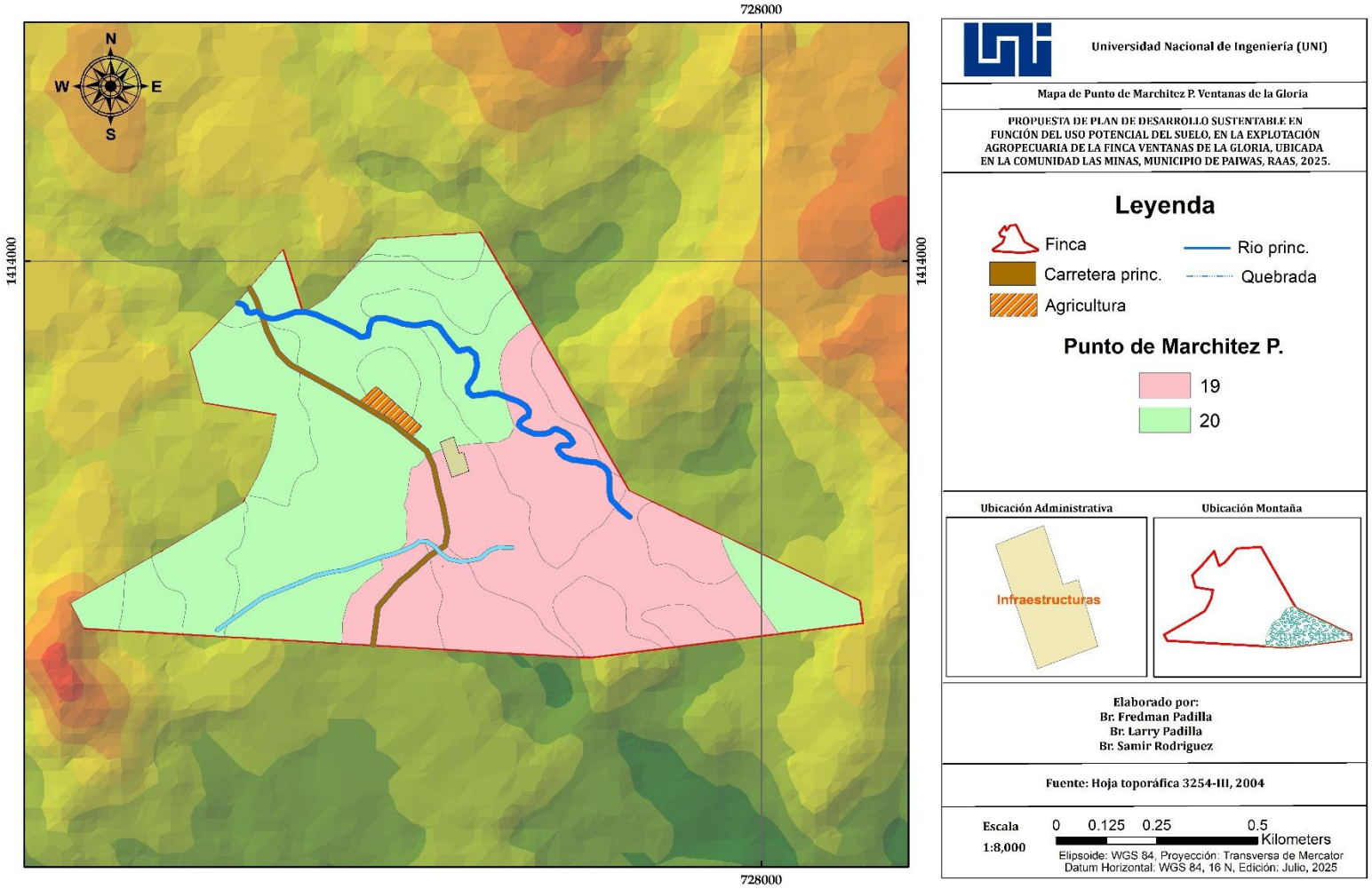
Mapa 4 Capacidad de Campo



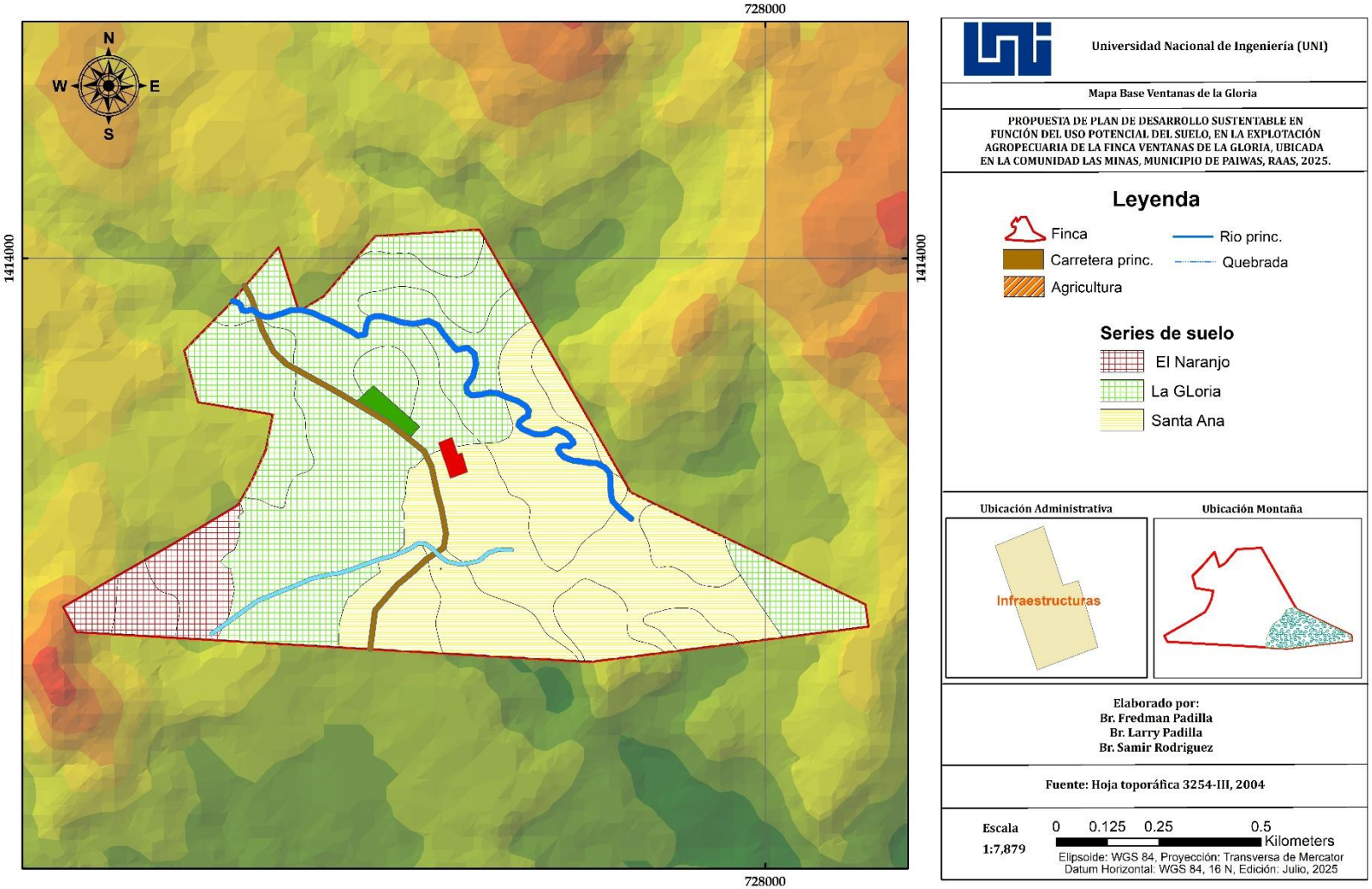
Mapa 5 Uso Actual



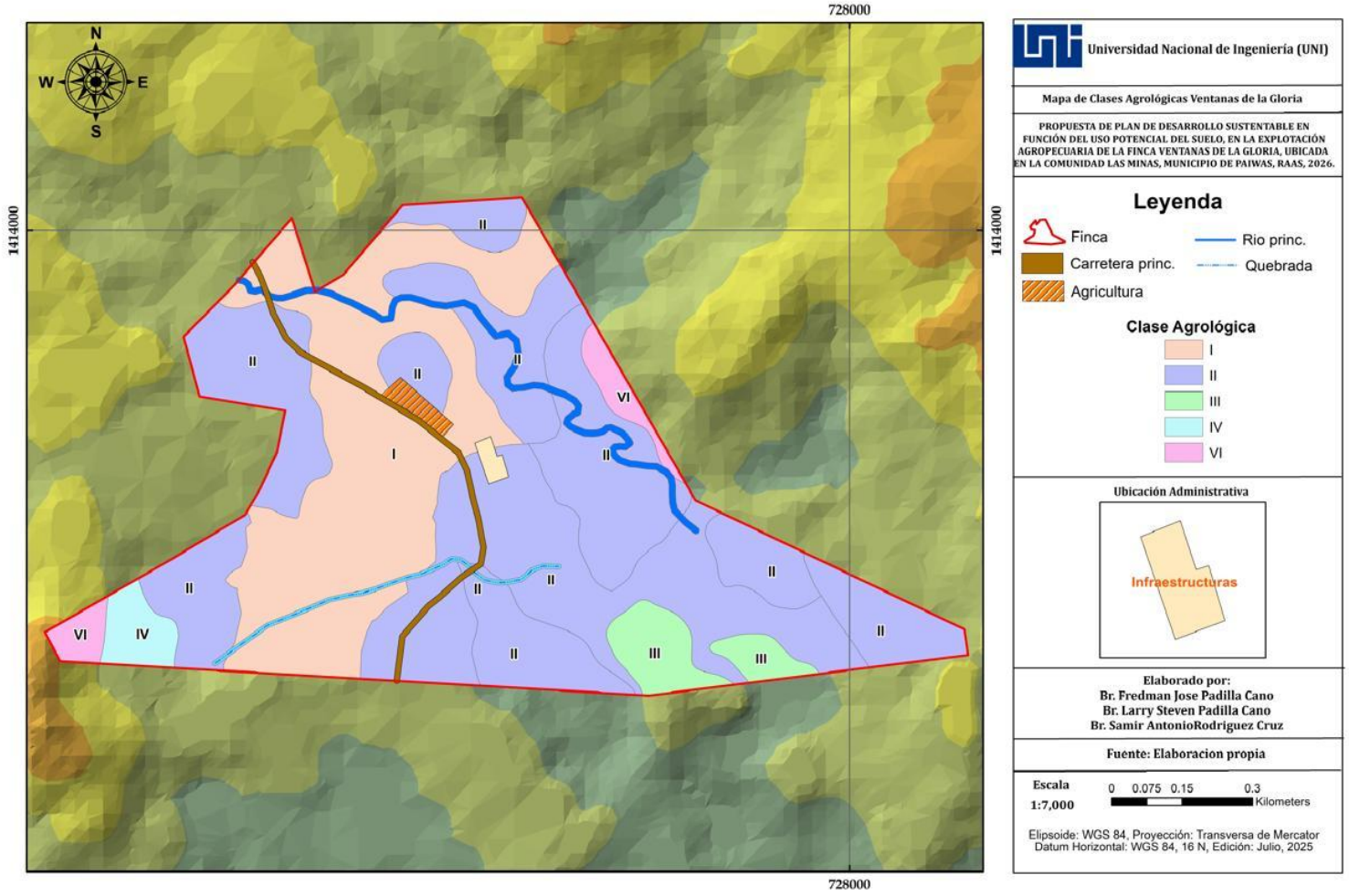
Mapa 6 Punto de Marchitez Permanente



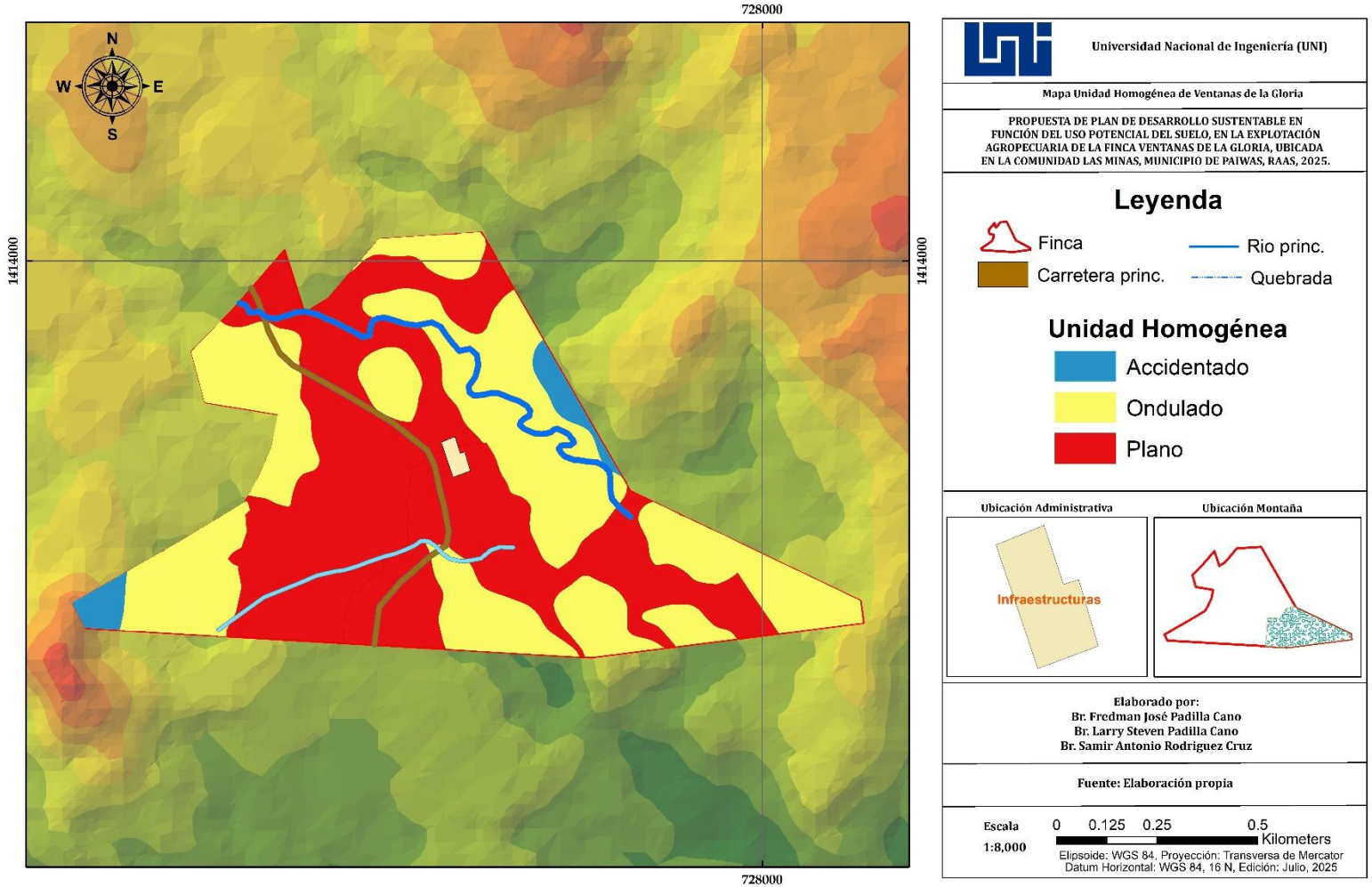
Mapa 7 Clasificación de Suelos



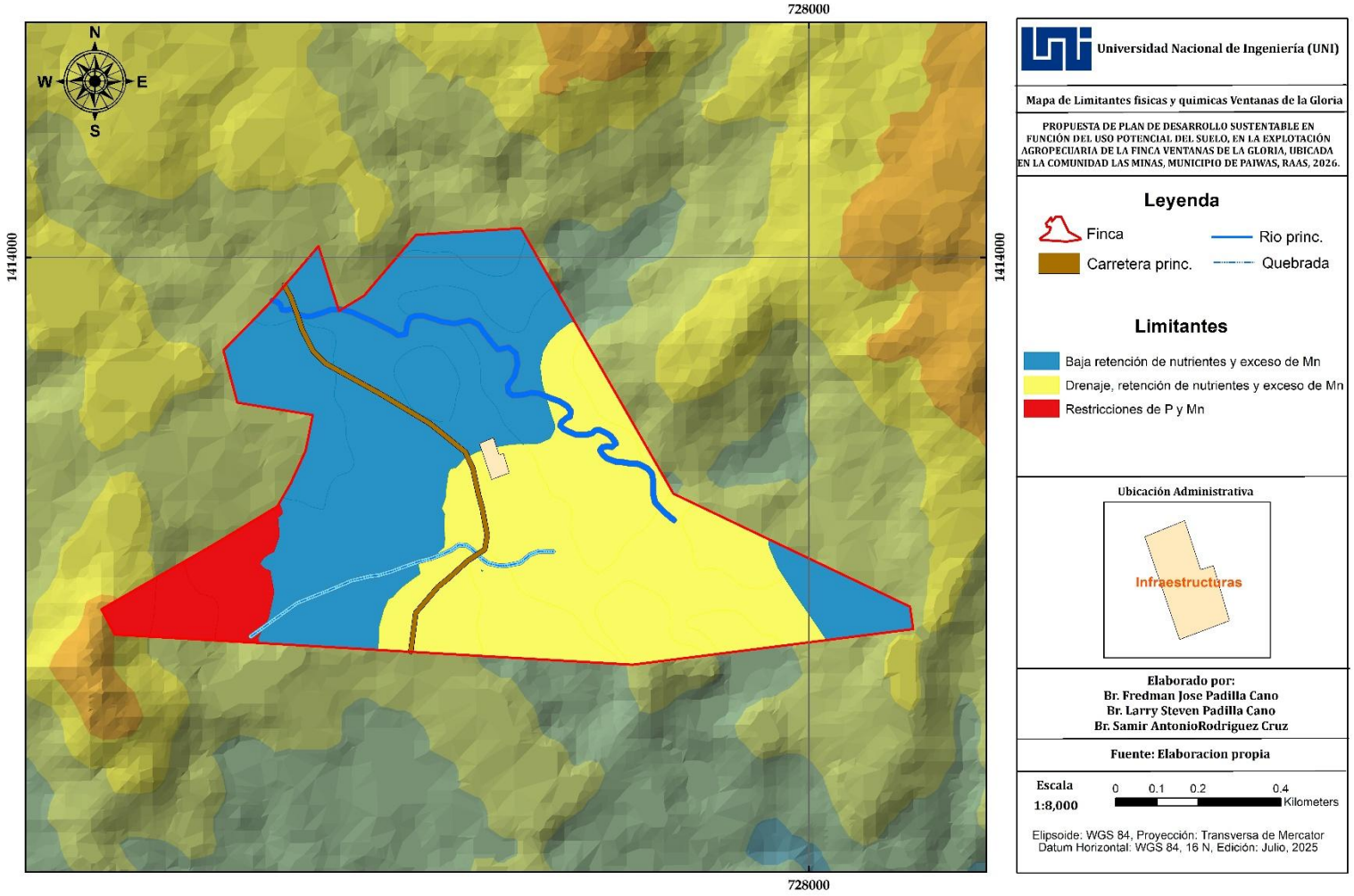
Mapa 8 Clases Agrologicas



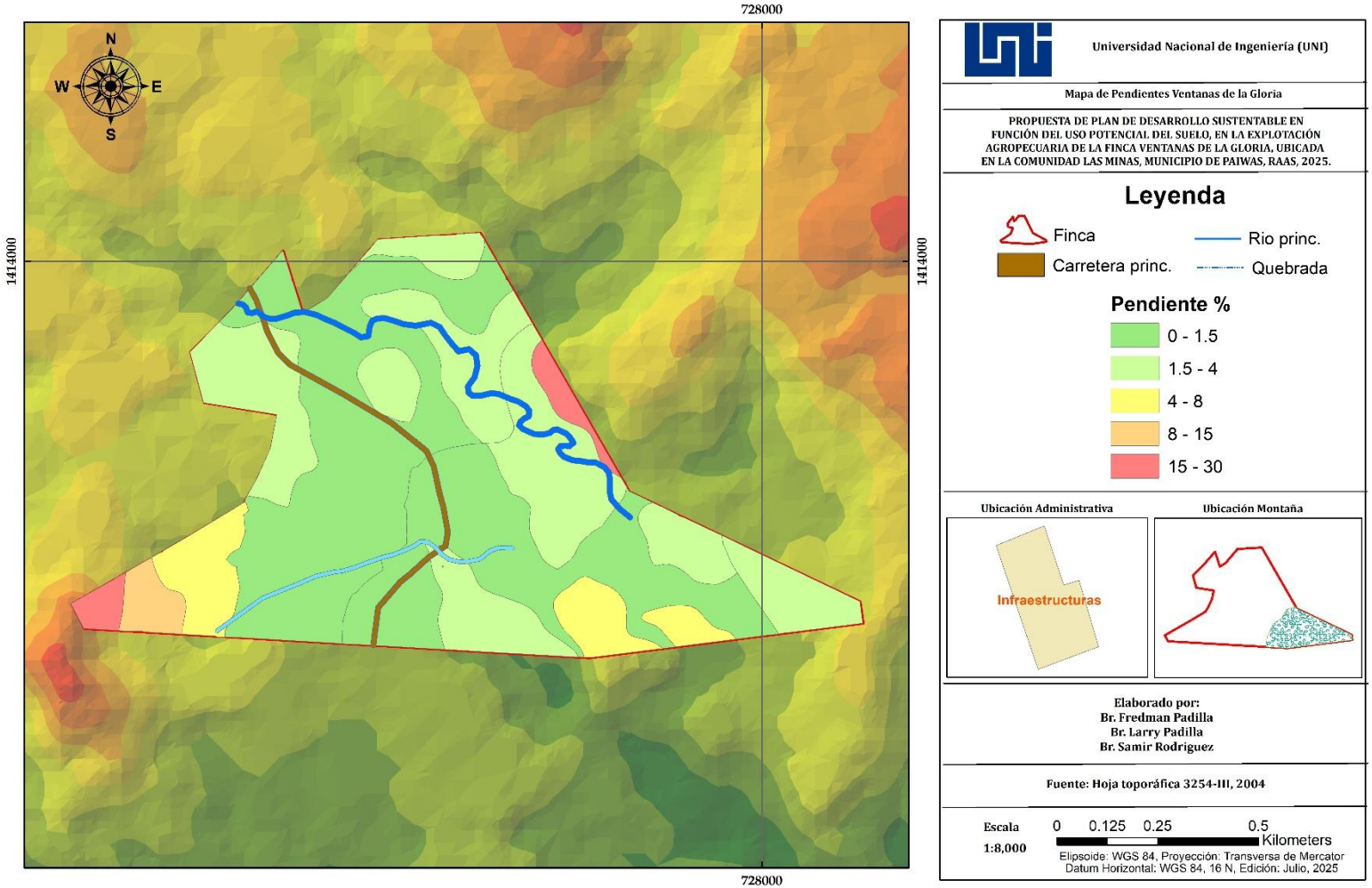
Mapa 9 Unidades Homogéneas



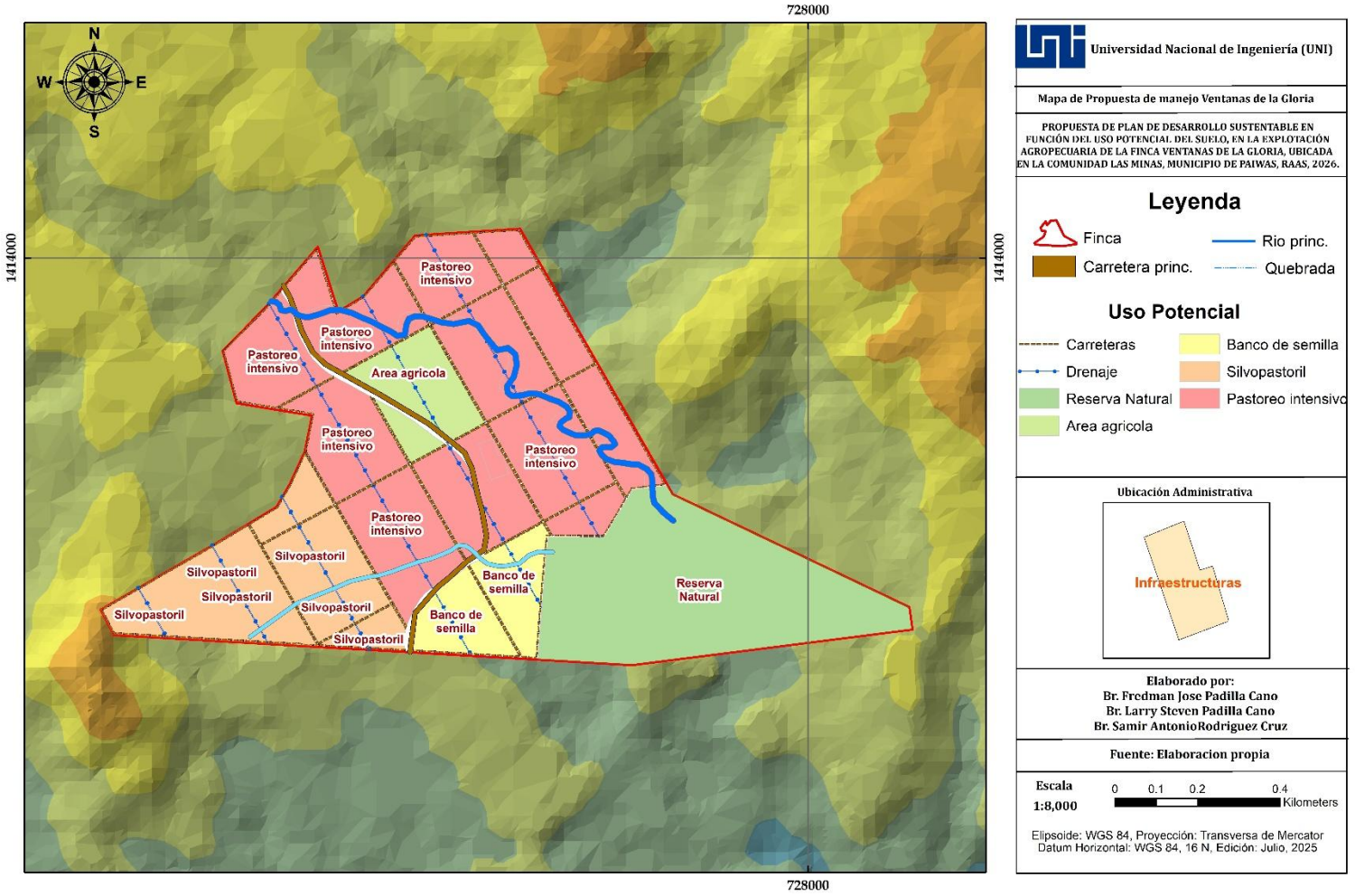
Mapa 10 Limitantes Físicas y Químicas



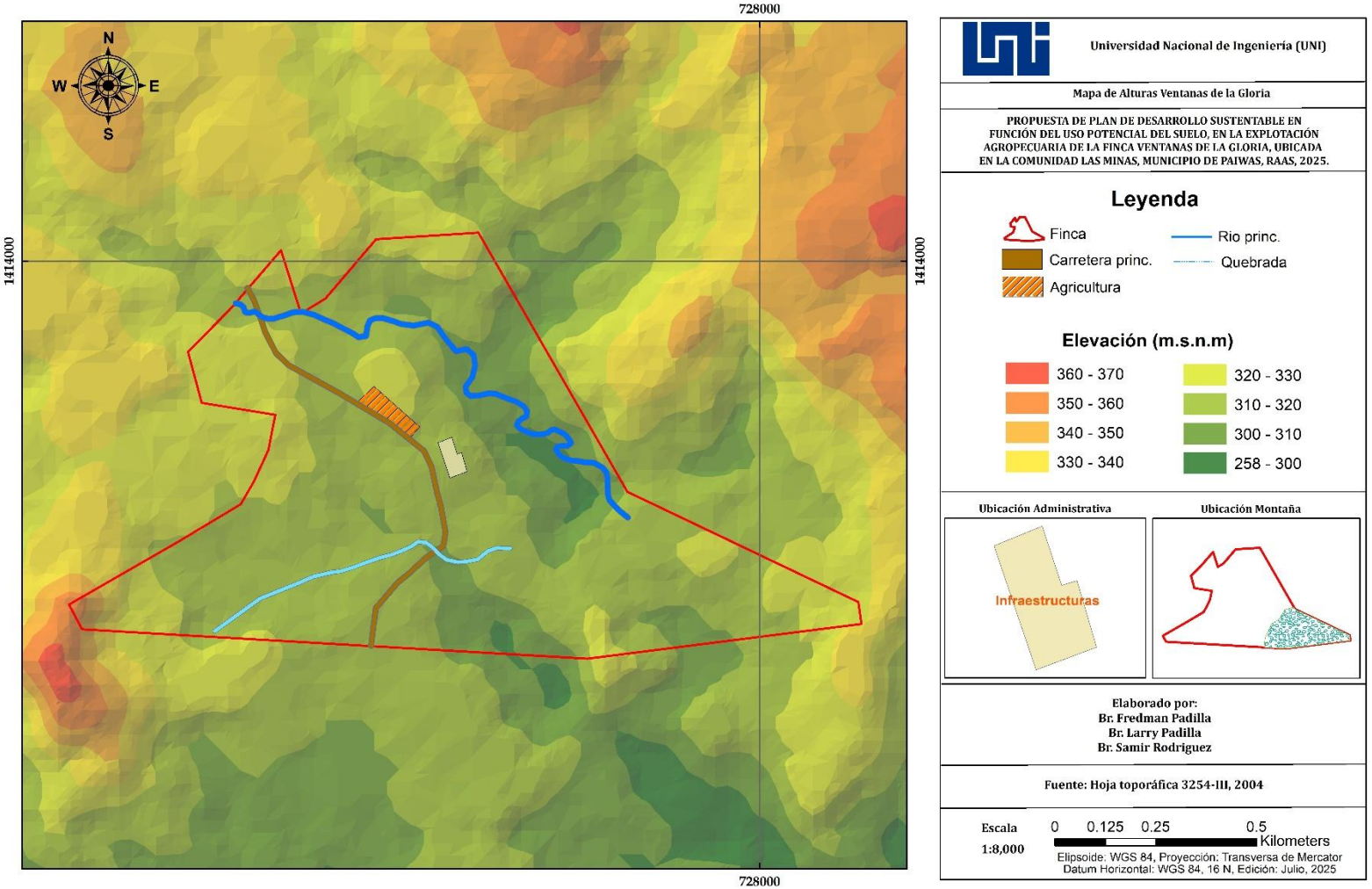
Mapa 11 Pendientes



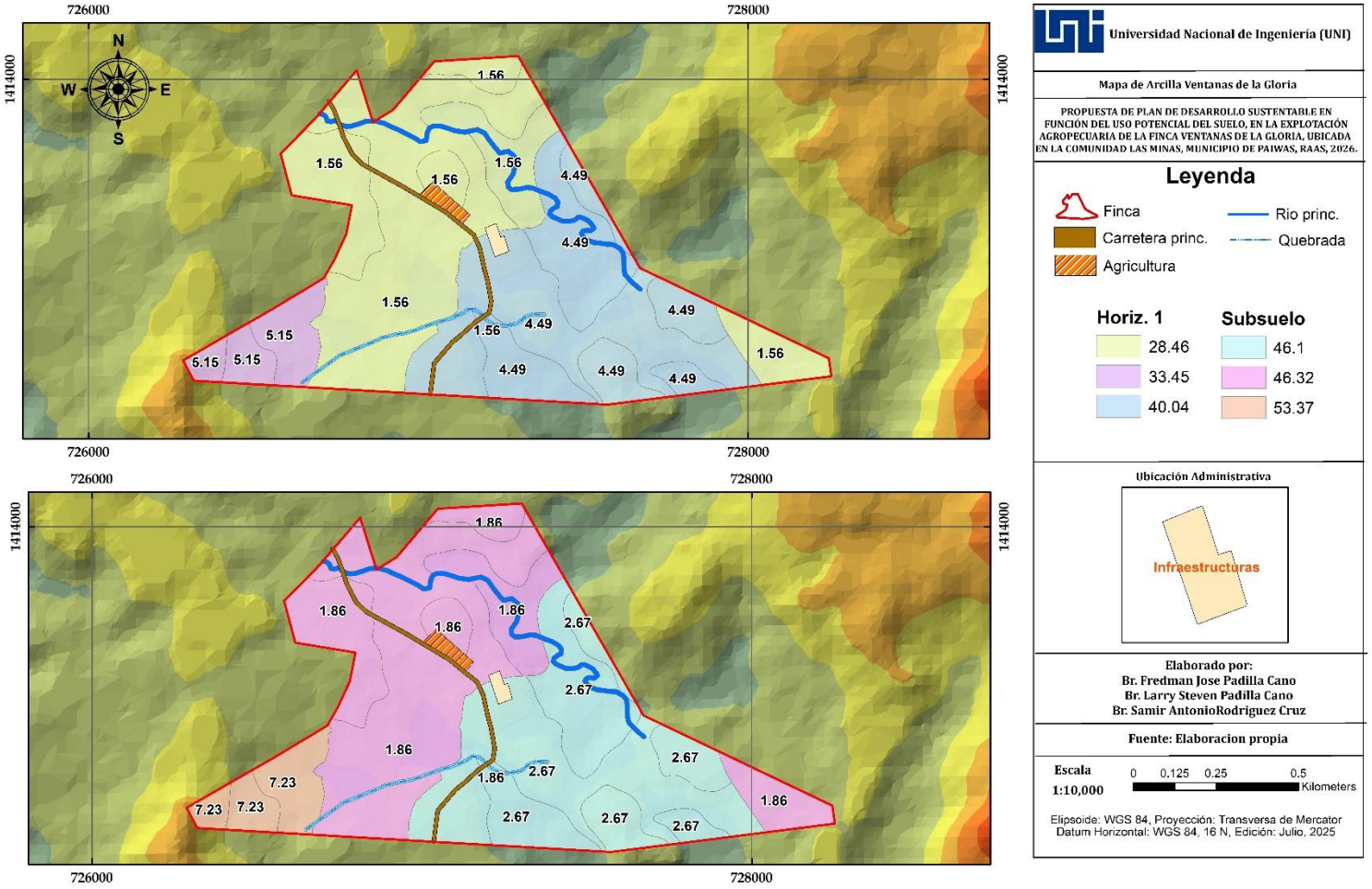
Mapa 12 Propuesta de Manejo



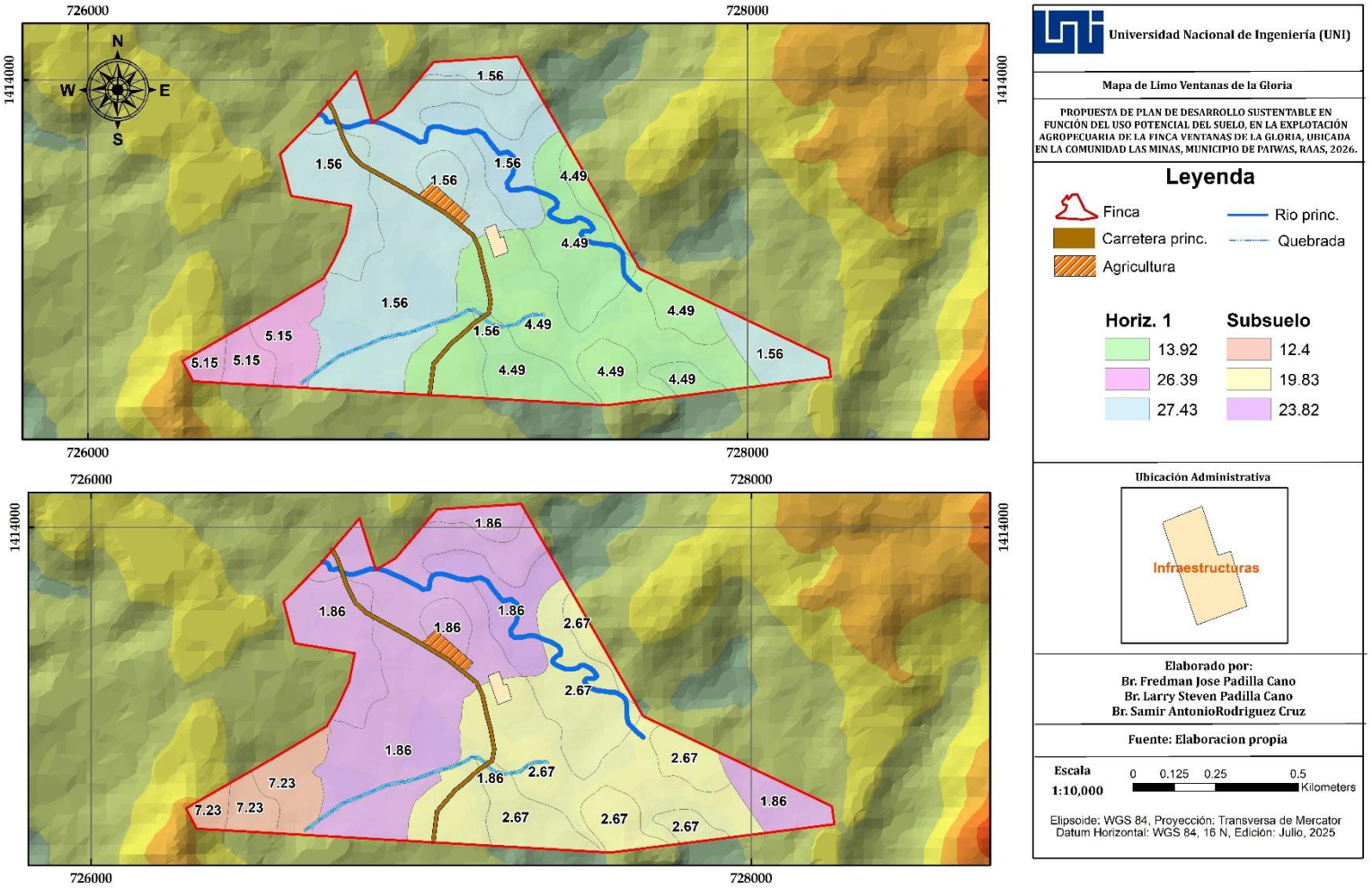
Mapa 13 Elevaciones



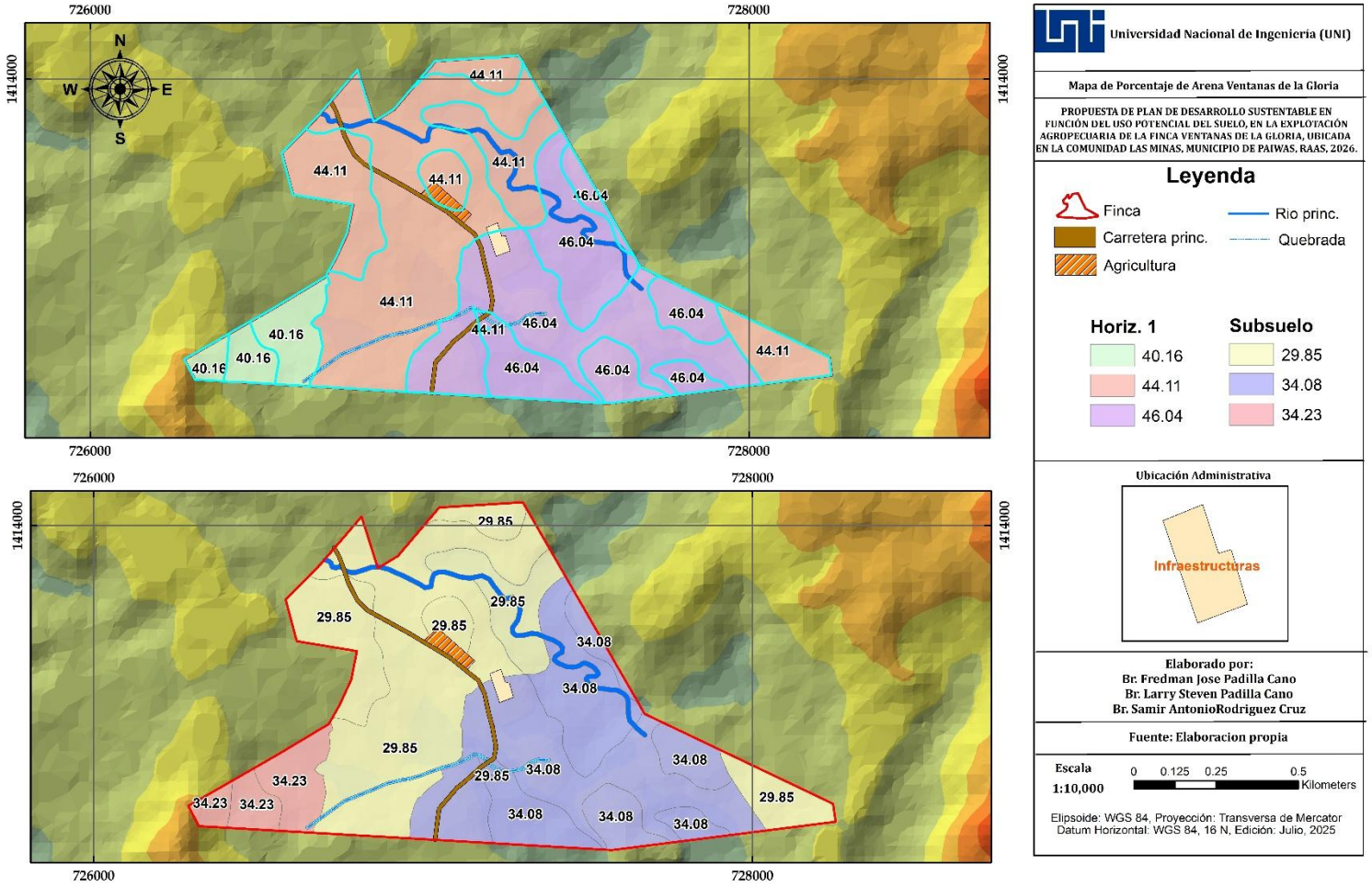
Mapa 14 Porcentaje de Arcillas



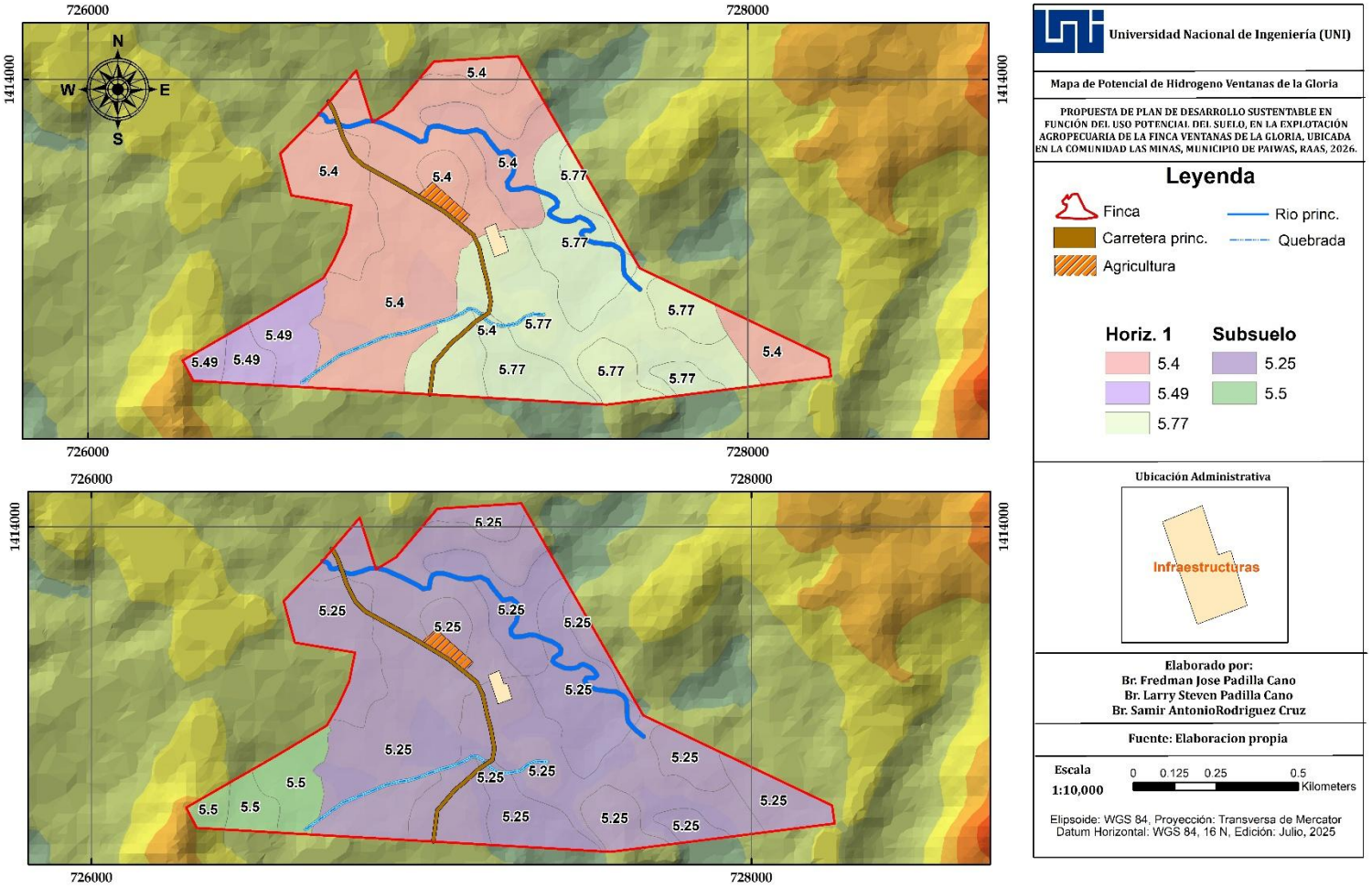
Mapa 15 Porcentaje de Limo



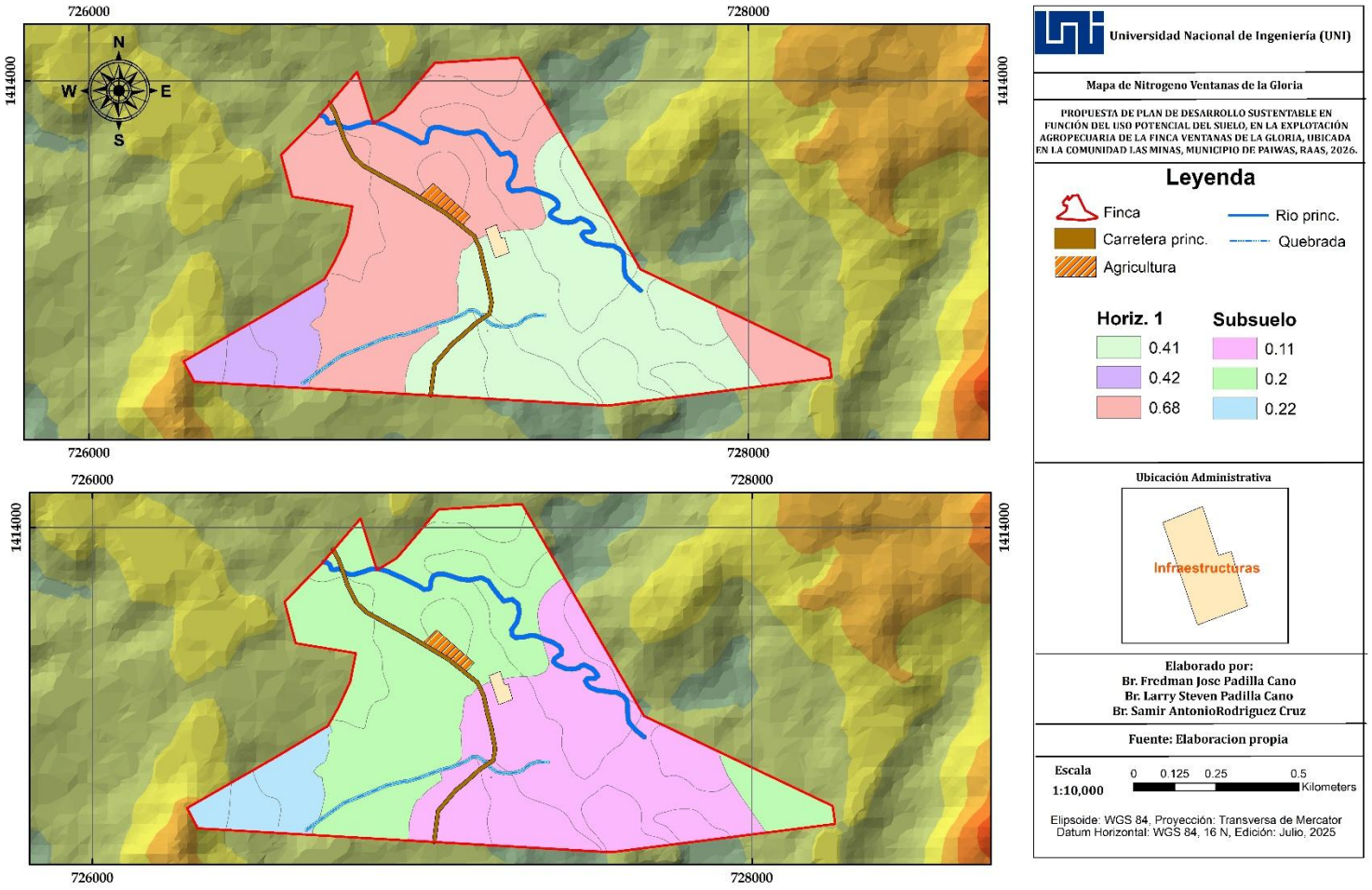
Mapa 16 Porcentaje de Arenas



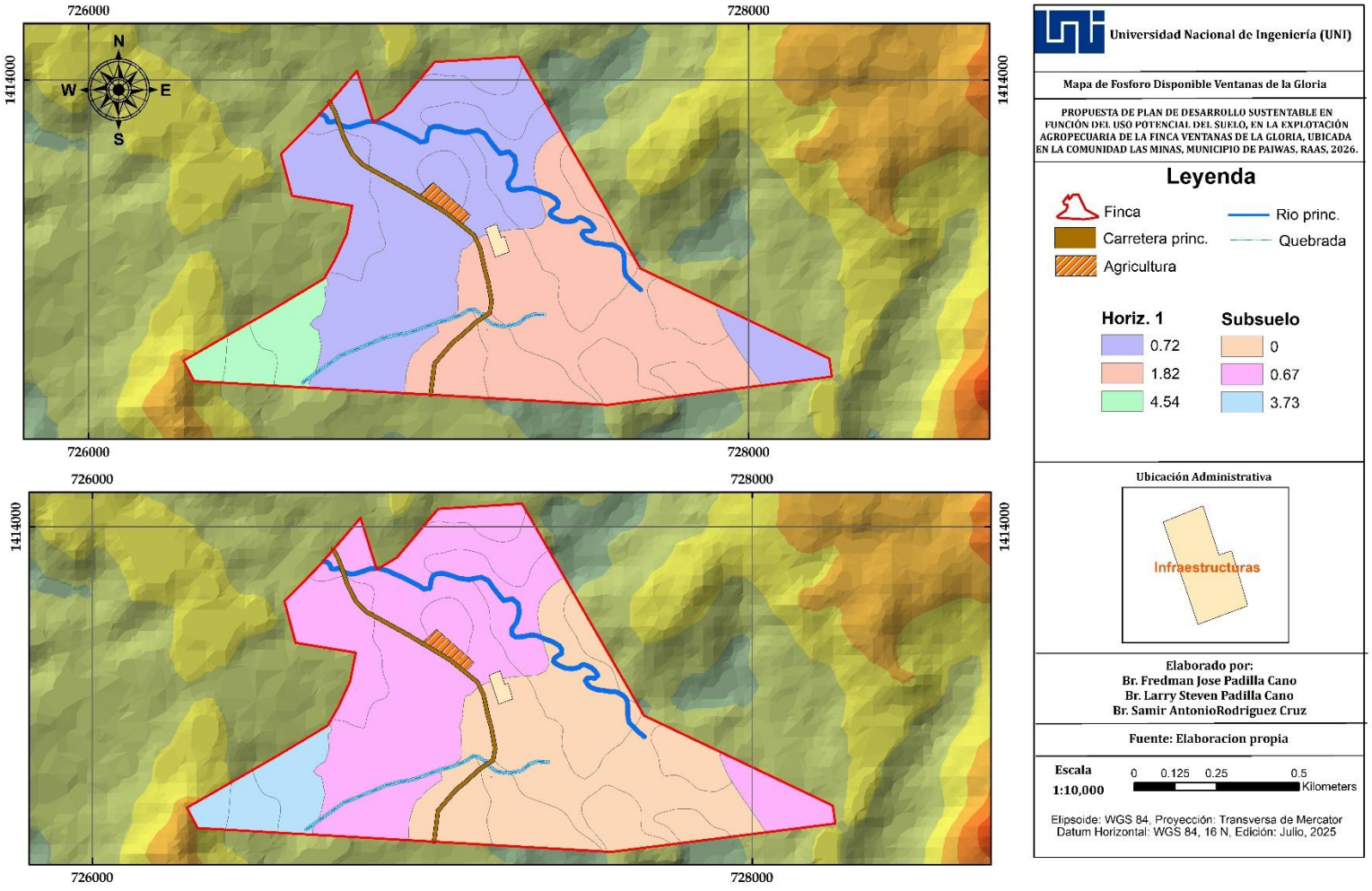
Mapa 17 pH en el Suelo



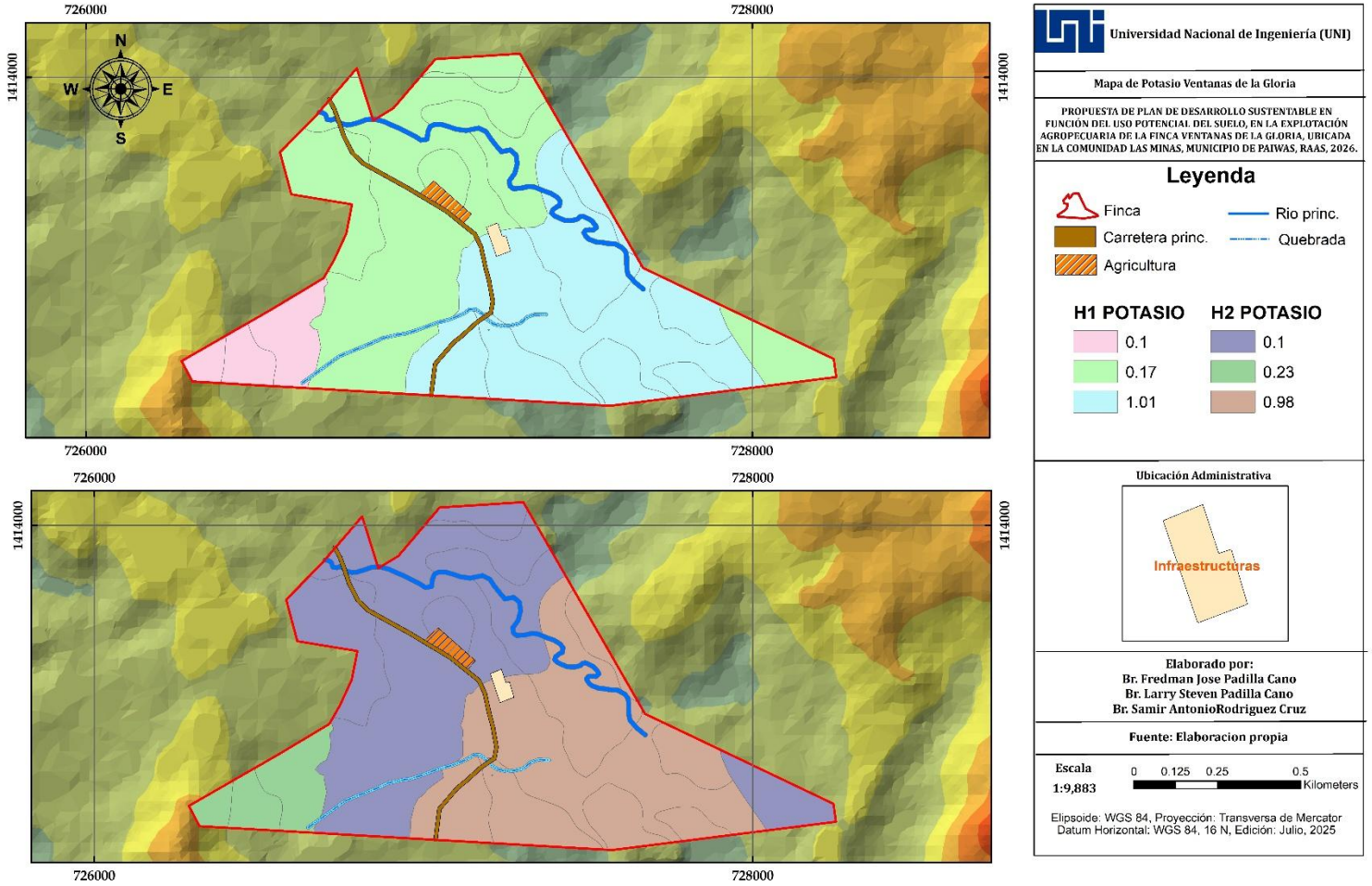
Mapa 18 Nitrógeno en el Suelo



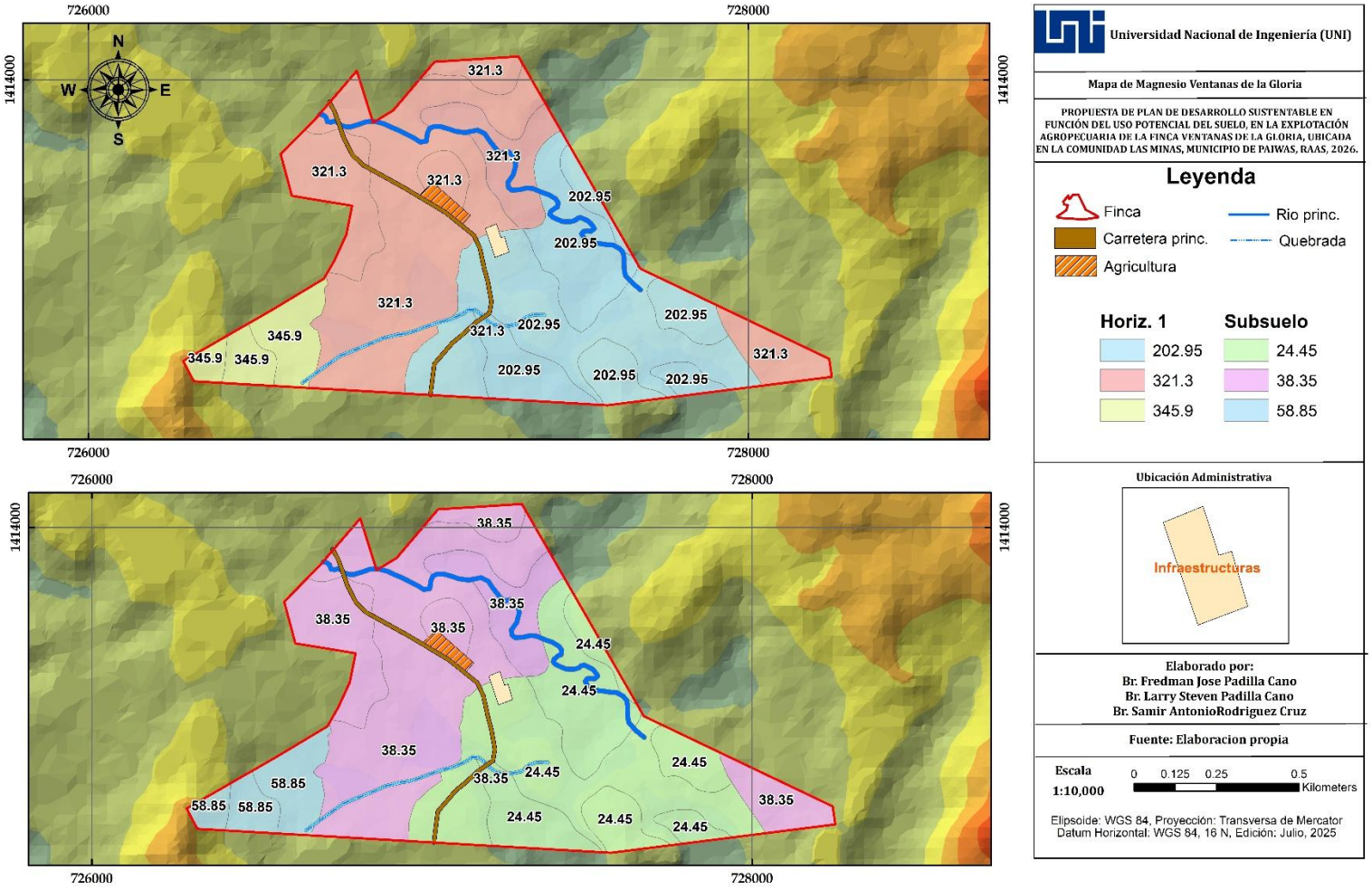
Mapa 19 Fosforo Disponible



Mapa 20 Potasio en el Suelo



Mapa 21 Magnesio en el Suelo



Mapa 22 Capacidad de Intercambio Catiónico

