



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE RECURSOS NATURALES
CARRERA INGENIERÍA FORESTAL

**CARACTERIZACIÓN EDAFOLÓGICA DE LOS SUELOS EL
TRIUNFO, SAN CARLOS Y ALTO HUAMAYACU PARA
PLANTACIONES DE BALSA (*Ochroma pyramidale* Cav. ex
Lam) PROVINCIA DE ORELLANA**

Trabajo de Integración Curricular

Tipo: Proyecto de Investigación

Presentado para optar al grado académico de:

INGENIERA FORESTAL

AUTORA: JALIXA ELIZABETH MAZÓN OLIVO

DIRECTOR: Ing. MIGUEL ÁNGEL GUALLEPA CALVA MSc.

Riobamba – Ecuador

2023

© 2023, **Jalixa Elizabeth Mazón Olivo**

Se autoriza la reproducción total o parcial, con fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, incluyendo cita bibliográfica del documento, siempre y cuando se reconozca el Derecho de Autor.

Yo, Jalixa Elizabeth Mazón Olivo, declaro que el presente Trabajo de Integración Curricular es de mi autoría y los resultados del mismo son auténticos. Los textos en el documento que provienen de otras fuentes están debidamente citados y referenciados.

Como autora asumo la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este Trabajo de Integración Curricular; el patrimonio intelectual pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Riobamba, 27 de noviembre de 2023

Jalixa Elizabeth Mazón Olivo
220054956-2

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE RECURSOS NATURALES
CARRERA INGENIERÍA FORESTAL

El Tribunal del Trabajo de Integración Curricular certifica que: El Trabajo de Integración Curricular; Tipo: Proyecto de Investigación, **CARACTERIZACIÓN EDAFOLÓGICA DE LOS SUELOS EL TRIUNFO, SAN CARLOS Y ALTO HUAMAYACU PARA PLANTACIONES DE Balsa (*Ochroma pyramidale* Cav. ex Lam) PROVINCIA DE ORELLANA**, realizado por la señorita: **JALIXA ELIZABETH MAZÓN OLIVO**, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Tribunal del Trabajo de Integración Curricular, el mismo que cumple con los requisitos científicos, técnicos, legales, en tal virtud el Tribunal Autoriza su presentación.

	FIRMA	FECHA
Ing. Danny Daniel Castillo Vizuete PhD PRESIDENTE DEL TRIBUNAL	_____	2023-11-27
Ing. Miguel Ángel Guallpa Calva MSc. DIRECTOR DE TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR	_____	2023-11-27
Ing. Hernán Eriberto Chamorro Sevilla MSc. ASESOR DE TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR	_____	2023-11-27

DEDICATORIA

Este trabajo de Investigación se la dedico especialmente a mi querida mamá, Mirian, por ese apoyo determinante en mi camino académico, por brindarme esa fuerza y en ciertas ocasiones el consuelo que me faltaba en tiempos difíciles. A mi familia, quienes fueron una parte fundamental en el transcurso universitario, a mi querido hermano Thayron, quien me ayudó con sus consejos simples pero esenciales para comprender la vida. Gracias a mis amigos, compañeros de clase por la alegría en cada día de mi carrera, fueron piezas muy importantes. Cada persona que estuvo a mi lado me ha regalado conocimiento que es invaluable que, en conjunto con los valores humanos inculcados desde pequeña, han llegado a formar lo que hoy me puede representar.

Jalixa

AGRADECIMIENTO

A mi familia por su apoyo incondicional y la confianza depositada en mi a lo largo de mi vida.

A los Ingenieros Miguel Ángel Gualpa Calva; Hernán Eriberto Chamorro Sevilla y a la Ingeniera Elizabeth Pachacama por su ayuda continua en el desarrollo de mi trabajo de Integración Curricular hasta su culminación.

A la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, principalmente a la Facultad de Recursos Naturales, Escuela de Ingeniería Forestal por los conocimientos académicos y formarme como profesional.

Al Gobierno Autónomo Descentralizado Provincial de Orellana, por la aprobación de este proyecto de investigación y brindarme las facilidades necesarias para su realización.

Jalixa

ÍNDICE DE CONTENIDO

ÍNDICE DE TABLAS	xii
ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	xiv
ÍNDICE DE ANEXOS	xvi
RESUMEN	xvii
ABSTRACT	xviii
INTRODUCCIÓN	1

CAPÍTULO I

1	PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	2
1.1	Planteamiento del problema	2
1.2	Objetivos	2
1.2.1	<i>Objetivo General</i>	2
1.2.2	<i>Objetivos específicos</i>	2
1.3	Justificación	2
1.4	Hipótesis	3

CAPÍTULO II

2	MARCO TEÓRICO	4
2.1	Caracterización edafológica de los suelos	4
2.2	Fertilización de los suelos	4
2.2.1	<i>Condiciones de los suelos forestales</i>	4
2.3	Manejo y Aprovechamiento de plantaciones de balsa	5
2.3.1	<i>Generalidades de la balsa</i>	5
2.3.2	<i>Descripción taxonómica de la balsa</i>	5
2.3.3	Requerimientos edafoclimáticos de la balsa	5
2.3.4	Requerimientos nutricionales del suelo para plantaciones de Balsa	6
2.3.5	<i>Macronutrientes</i>	7
2.3.6	<i>Manejo de plantaciones de balsa</i>	8

2.3.7	Aprovechamiento de plantaciones de Balsa.....	8
2.4	Propiedades físicas del suelo	8
2.4.1	<i>Textura del suelo</i>	8
2.4.2	<i>Densidad real del suelo</i>	11
2.4.3	<i>Densidad aparente del suelo</i>	12
2.4.4	<i>Humedad del suelo</i>	13
2.4.5	<i>Color del suelo</i>	14
2.4.6	<i>Porosidad del suelo</i>	16
2.4.7	<i>Consistencia del suelo</i>	17
2.4.8	<i>Estabilidad Estructural</i>	18
2.5	Propiedades químicas del suelo	19
2.5.1	El potencial de Hidrógeno en el suelo (pH).....	19
2.5.2	<i>Materia orgánica del suelo</i>	20
2.5.3	<i>Conductividad eléctrica del suelo (CE)</i>	20
2.5.4	Capacidad de Intercambio catiónico del suelo (CIC).....	22
2.5.5	<i>Macronutrientes</i>	22
2.5.6	<i>Micronutrientes</i>	27
2.6	Métodos de muestreo.....	29
2.6.1	<i>Tipo y cantidad de muestras por tomar</i>	29
2.6.2	<i>Muestra simple</i>	29
2.6.3	<i>Muestra compuesta</i>	29
2.6.4	<i>Tamaño de la muestra</i>	30
2.7	Generalidades de las parroquias	30
2.7.1	<i>Características del lugar</i>	30
2.8	Sistemas de Información Geográfica (SIG).....	31
2.9	Georreferenciación	31
2.10	Geolocalización.....	32
2.11	Sistema GNSS y GPS.....	32
2.11.1	Global Navigation Satellite System o GNSS	32

2.11.2	<i>Sistema de Posicionamiento Global (GPS)</i>	32
2.12	Mapas de superficie.....	32
2.12.1	<i>Mapas temáticos</i>	33
2.12.2	<i>Mapa Edafológico</i>	33
2.13	Mapas de superficie.....	33
2.13.1	Método IDW	34
2.13.2	Método Kriging.....	34

CAPÍTULO III

3	MARCO METODOLÓGICO.....	35
3.1	Metodología	35
3.1.1	Enfoque de la Investigación	35
3.1.2	<i>Nivel de Investigación</i>	35
3.1.3	<i>Diseño de Investigación</i>	35
3.2	Tipo de estudio (documental/de campo).....	36
3.3	Ubicación geográfica.....	36
3.4	Materiales y equipos.....	37
3.4.1	<i>Materiales de campo</i>	37
3.4.2	<i>Equipos de campo</i>	37
3.4.3	<i>Equipos informáticos</i>	38
3.5	Metodología para determinar el tamaño de la muestra de suelo	38
3.5.1	<i>Cálculo del tamaño de la muestra.</i>	38
3.6	En campo.....	38
3.6.1	En Laboratorio.....	38
3.6.2	Para cumplimiento del primer objetivo se utilizó la siguiente metodología.....	39
3.6.3	<i>Análisis estadístico</i>	42
3.6.4	Para el cumplimiento del segundo objetivo se utilizó la siguiente metodología	42

CAPÍTULO IV

4	MARCO DE ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS.....	44
4.1	Evaluación de las propiedades fisicoquímicas de los suelos en estudio.....	44
4.1.1	<i>Propiedades cualitativas</i>	44
4.1.2	<i>Propiedades cuantitativas</i>	46
4.2	Discusión.....	55
4.2.1	<i>Textura del suelo</i>	55
4.2.2	<i>Color del suelo</i>	55
4.2.3	<i>Consistencia del suelo</i>	56
4.2.4	<i>Estabilidad estructural</i>	56
4.2.5	<i>Altitud</i> 56	
4.2.6	<i>Densidad real</i>	56
4.2.7	<i>Densidad aparente</i>	57
4.2.8	<i>Porosidad</i>	57
4.2.9	<i>Humedad del suelo</i>	57
4.2.10	<i>Materia orgánica</i>	57
4.2.11	<i>pH</i> 57	
4.2.12	<i>Conductividad Eléctrica del suelo</i>	57
4.2.13	<i>Capacidad de Intercambio Catiónico</i>	58
4.2.14	<i>Fósforo</i>	58
4.2.15	<i>Nitrógeno</i>	58
4.2.16	<i>Potasio</i>	58
4.2.17	<i>Calcio</i> 58	
4.2.18	<i>Magnesio</i>	59
4.2.19	<i>Sodio</i> 59	
4.2.20	<i>Hierro</i> 59	
4.2.21	<i>Zinc</i> 59	
4.2.22	<i>Manganeso</i>	59
4.3	Resultado del Método IDW de las propiedades fisicoquímicas del suelo en ArcMap 10.8 para el establecimiento de las plantaciones de Balsa	60

4.4	Mapas Edafológicos resultantes mediante la aplicación del método IDW en ArcMap 10.8 de tres localidades	65
4.5	Información de carácter técnica en los requerimientos sobre las propiedades físico - químicas del suelo para el establecimiento de las plantaciones de Balsa	83

CAPÍTULO V

5	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	85
5.1	Conclusiones.....	85
5.2	Recomendaciones.....	86

BIBLIOGRAFÍA

ANEXOS 94

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2-1: Condiciones climáticas óptimas para el crecimiento de la Balsa.....	6
Tabla 2-2: Requerimientos nutricionales principales del suelo para plantaciones de Balsa.....	7
Tabla 2-3: Definición de los separados del suelo	9
Tabla 2-4: Algunas características de las clases texturales del suelo, al tacto	9
Tabla 2-5: Rango de variación de los contenidos de arena, limo y arcilla en las diferentes clases texturales de suelos	10
Tabla 2-6: Niveles de Densidad Real del suelo	12
Tabla 2-7: Densidad aparente según la clase textural del suelo	12
Tabla 2-8: Valores normales de Capacidad de campo y coeficiente de Marchitez Permanente para suelos de diferentes texturas	14
Tabla 2-9: Clasificación de los poros del suelo, según su tamaño, propuesta por SSDS en 1993	17
Tabla 2-10: Calificación de la consistencia del suelo en el campo, según SSDS en1993	18
Tabla 2-11: Estabilidad Estructural del suelo adaptado a la práctica.....	18
Tabla 2-12: Calificación del pH del suelo para dos métodos de determinación	19
Tabla 2-13: Criterios para la valorización de la disponibilidad de nutrimentos.....	20
Tabla 2-14: Clasificación de suelos según su Conductividad Eléctrica (CE)	21
Tabla 2-15: Valores establecidos para evaluar la CIC del suelo.....	22
Tabla 4-1: Texturas de los suelos de tres comunidades de la provincia de Orellana	44
Tabla 4-2: Datos obtenidos de Laboratorio de Suelos de la Facultad de Recursos Naturales	44
Tabla 4-3: Datos obtenidos con la Tabla Munsell para el color de suelo en seco	45
Tabla 4-4: Categorías obtenidas de Consistencia del suelo húmedo, mojado y seco	45
Tabla 4-5: Datos obtenidos sobre la Estabilidad estructural en un tiempo de 5 minutos	45
Tabla 4-6: Análisis estadístico de la variable Altitud de las comunidades mediante la Prueba de Kruskal Wallis	46
Tabla 4-7: Análisis estadístico de la variable Densidad Real en los suelos de las comunidades mediante la Prueba de Kruskal Wallis	47
Tabla 4-8: Análisis estadístico de la variable Densidad Aparente en los suelos de las comunidades mediante la Prueba de Kruskal Wallis	47
Tabla 4-9: Análisis estadístico de la variable Porosidad en los suelos de las comunidades mediante la Prueba de Kruskal Wallis.....	48
Tabla 4-10: Análisis estadístico de la variable Humedad en los suelos de las comunidades mediante la Prueba de Kruskal Wallis	48

Tabla 4-11: Análisis estadístico de la variable Materia Orgánica en los suelos de las comunidades mediante la Prueba de Kruskal Wallis	49
Tabla 4-12: Análisis estadístico de la variable de pH en los suelos de las comunidades mediante la Prueba de Kruskal Wallis.....	49
Tabla 4-13: Análisis estadístico de la variable Conductividad Eléctrica en los suelos de las comunidades mediante la Prueba de Kruskal Wallis.....	50
Tabla 4-14: Análisis estadístico de la variable Capacidad de Intercambio Catiónico en los suelos de las comunidades mediante la Prueba de Kruskal Wallis.....	50
Tabla 4-15: Análisis estadístico de la variable Fósforo en los suelos de las comunidades mediante la Prueba de Kruskal Wallis.....	51
Tabla 4-16: Análisis estadístico de la variable Nitrógeno en los suelos de las comunidades mediante la Prueba de Kruskal Wallis	51
Tabla 4-17: Análisis estadístico de la variable Potasio en los suelos de las comunidades mediante la Prueba de Kruskal Wallis.....	52
Tabla 4-18: Análisis estadístico de la variable Calcio en los suelos de las comunidades mediante la Prueba de Kruskal Wallis.....	52
Tabla 4-19: Análisis estadístico de la variable Magnesio en los suelos de las comunidades mediante la Prueba de Kruskal Wallis	53
Tabla 4-20: Análisis estadístico de la variable Sodio en los suelos de las comunidades mediante la Prueba de Kruskal Wallis.....	53
Tabla 4-21: Análisis estadístico de la variable Hierro en los suelos de las comunidades mediante la Prueba de Kruskal Wallis.....	54
Tabla 4-22: Análisis estadístico de la variable Zinc en los suelos de las comunidades mediante la Prueba de Kruskal Wallis.....	54
Tabla 4-23: Análisis estadístico de la variable Manganeso en los suelos de las comunidades mediante la Prueba de Kruskal Wallis	55
Tabla 4-24: Necesidades de las características físicas principales para plantaciones de balsa..	83
Tabla 4-25: Necesidades de las características químicas para las plantaciones de balsa.....	83
Tabla 4-26: Resultado del Método IDW de las propiedades fisicoquímicas del suelo en ArcMap 10.8 para el establecimiento de las plantaciones de Balsa.....	60

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 2-1:Tabla Munsell 10 YR para la determinación del Color en el suelo	16
Ilustración 4-1: Altitud en las tres comunidades de la provincia de Orellana.....	65
Ilustración 4-2: Densidad Real de los suelos en tres comunidades de la provincia de Orellana	66
Ilustración 4-3: Densidad Aparente de los suelos en tres comunidades de la provincia de Orellana	67
Ilustración 4-4: Porcentaje de Porosidad de los suelos en tres comunidades de la provincia de Orellana	68
Ilustración 4-5: Porcentaje de Humedad de los suelos en tres comunidades de la provincia de Orellana	69
Ilustración 4-6: Porcentaje de Materia Orgánica de los suelos en tres comunidades de la provincia de Orellana.....	70
Ilustración 4-7: Niveles de pH de los suelos en tres comunidades de la provincia de Orellana	71
Ilustración 4-8: Conductividad Eléctrica de los suelos en tres comunidades de la provincia de Orellana	72
Ilustración 4-9: Capacidad de Intercambio Catiónico de los suelos en tres comunidades de la provincia de Orellana.....	73
Ilustración 4-10: Niveles de Fósforo de los suelos en tres comunidades de la provincia de Orellana	74
Ilustración 4-11: Niveles de Nitrógeno de los suelos en tres comunidades de la provincia de Orellana	75
Ilustración 4-12: Niveles de Potasio de los suelos en tres comunidades de la provincia de Orellana	76
Ilustración 4-13: Niveles de Calcio de los suelos en tres comunidades de la provincia de Orellana	77
Ilustración 4-14: Niveles de Magnesio de los suelos en tres comunidades de la provincia de Orellana	78
Ilustración 4-15: Niveles de Sodio de los suelos en tres comunidades de la provincia de Orellana	79

Ilustración 4-16: Niveles de Hierro de los suelos en tres comunidades de la provincia de Orellana	80
Ilustración 4-17: Niveles de Zinc de los suelos en tres comunidades de la provincia de Orellana	81
Ilustración 4-18: Niveles de Manganeso de los suelos en tres comunidades de la provincia de Orellana	82

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXOS

ANEXO A: IMÁGENES SOBRE EL PROCESO DE OBTENCIÓN DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA Y MUESTRAS DE LOS SUELOS DE LAS TRES LOCALIDADES EN ESTUDIO.

ANEXO B: TABLAS DE INFORMACIÓN TÉCNICA DE LAS PROPIEDADES FÍSICO - QUÍMICAS DE LOS SUELOS DE LAS TRES LOCALIDADES

RESUMEN

El Departamento Gestión Ambiental del Gobierno Autónomo Descentralizado Provincial de Orellana carecía de información técnica sobre estudios edafológicos de la zona productiva, lo que dificultaba la toma de decisiones con respecto al aprovechamiento forestal; en ese aspecto para la presente investigación no se realizó evaluaciones físicoquímicas de los suelos en los sectores que se acreditaron al proyecto institucional, por ello el objetivo general de esta investigación fue determinar las propiedades edafológicas de los suelos de las parroquias, El Triunfo, San Carlos y Alto Huamayacu de la provincia de Orellana para plantaciones de balsa (*Ochroma pyramidale* Cav. ex Lam). La metodología ejecutada tuvo un enfoque mixto es decir de carácter cuantitativo, cualitativo, para ello se utilizó un diseño completo al azar, complementando con un tamaño de muestra detallada calculada con la ecuación respectiva, para ello fue necesario el procedimiento en campo en conjunto con procedimientos en el Laboratorio de Suelos de la Facultad de Recursos Naturales-ESPOCH para la determinación de las propiedades físico-químicas de los suelos.

Palabras clave: <EDAFOLOGÍA>, <MAPAS TEMÁTICOS >, < PLANTACIONES DE BALSA (*Ochroma pyramidale*) >, <LORETO(CANTÓN)>, <LA JOYA DE LOS SACHAS (CANTÓN) >, < APROVECHAMIENTO FORESTAL>.

#1776-UPT-DBRA-2023

ABSTRACT

The Environmental Management Department of the Decentralized Autonomous Government of the province of Orellana lacked technical information on pedological studies of the productive area. It diffculted to make decisions regarding forestry use. In this aspect, for this research, no physicochemical evaluations of the soils were carried out in the sectors that were accredited to the institutional project. Therefore, the general objective of this sutdy was to determine the pedological properties of the soils of the towns El Triunfo, San Carlos and Alto Huamayacu in the province of Orellana for balsa plantations (*Ochroma pyramidale* Cav. ex Lam). The methodology implemented had a mixed approach. A complete randomized design was used, complemented by a detailed sample size calculated with the respective equation. The field procedure was necessary in conjunction with procedures in the Soil Laboratory of the Faculty of Natural Resources-ESPOCH for the determination of the physical-chemical properties of soils.

Keywords: <EDAPHOLOGY>, <THEMATIC MAPS>, <RAFT PLANTATIONS (*Ochroma pyramidales*)>, <LORETO(CITY)>, <LA JOYA DE LOS SACHAS (CITY)>, <FOREST USE>.

Riobamba, December 4th, 2023

PhD. Dennys Tenelanda López

ID number: 0603342189

INTRODUCCIÓN

Se conoce que la mayoría de los problemas forestales contemporáneos del mundo son la deforestación o bien conocido como la explotación forestal. Evidenciando el uso poco sustentable de los recursos renovables que ofrece la naturaleza y de paso la aceleración del cambio climático que acarrea consecuencias evidentes en estos tiempos.

Hoy en día, el Ecuador se encuentra en el boom de la explotación de madera, especialmente en la región amazónica que presenta diversidad en especies forestales, brindando oportunidades de ingresos económicos, lo que permite a la población rural diversificar la actividad con un cultivo boscoso.

El Gobierno Autónomo Descentralizado de la provincia de Orellana establece proyectos de interés local que fomenten la interacción de plantaciones forestales con fines de aprovechamiento para estimular las fuentes de trabajo con especies forestales y como variedad principal se encuentra *Ochroma pyramidale* Cav. ex Lam, presentando un alto potencial económico y de bajo mantenimiento silvicultural lo que permite al inversionista recuperar su capital en un plazo óptimo de acuerdo con la función de su cultivo (corto, mediano o a largo lapso), considerando la calidad de producto final.

Además, estos planes de vinculación implican a la conservación de los suelos degradados por actividades agrícolas, ganaderas o que disminuyan su fertilidad inicial.

Al dar paso a plantaciones forestales contribuyen con la aportación de nutrientes, mejorando su estructura y composición.

La identidad gubernamental precisa de un seguimiento al proyecto de incentivación económica para mejorar los procesos y resultados de los recursos forestales. Por tal razón se propone realizar estudios sobre la caracterización edafológica de los suelos y generar una fuente de información georreferenciada para determinar el impacto previo a la producción maderable.

CAPÍTULO I

1 PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1 Planteamiento del problema

El estudio edafológico de los suelos es vital para el correcto manejo de los recursos, siendo sustancial para el aprovechamiento forestal. Dicha información técnica es escasa dentro de bases de datos del Departamento de Gestión Ambiental del Gobierno Autónomo Descentralizado Provincial de Orellana, el cual afecta considerablemente en la planificación del proyecto incentivo que se lleva a cabo en las comunidades, siendo uno de los principales ingresos económicos y de reforestación en la zona amazónica.

1.2 Objetivos

1.2.1 *Objetivo General*

Caracterizar las propiedades edafológicas de los suelos El Triunfo, San Carlos y Alto Huamayacu, para plantaciones de balsa (*Ochroma pyramidale* Cav. ex Lam) provincia de Orellana.

1.2.2 *Objetivos específicos*

- Evaluar el grado de fertilidad de los suelos mediante los análisis físico – químicos.
- Diseñar los mapas edafológicos para las zonas en estudio.
- Determinar la aptitud forestal de los suelos en las zonas de estudio para implementar plantaciones de balsa.

1.3 Justificación

Es importante que se fomente la protección de los suelos mediante plantaciones forestales con el propósito de seguir beneficiándonos de este bien que nos brinda la naturaleza y ayudar a su conservación para garantizar la continua interacción de factores biológicos. Por el cual se propone vincular a la comunidad y a la academia a cuestiones de desarrollo social, económico y ambiental a partir del manejo de los recursos naturales en donde se incluye procesos técnicos relacionados con producción y extracción forestal que deben ser regularizadas sistemáticamente por entidades

correspondientes, siendo un apoyo económicamente a la colectividad y además genera responsabilidad sobre los bienes renovables del entorno; es así que se propone diseñar una base de datos para posteriores evaluaciones de la biodiversidad forestal.

1.4 Hipótesis

H₀. La caracterización edafológica no es adecuada para implementar plantaciones de balsa en las tres comunidades: El Triunfo, San Carlos y Alto Huamayacu.

H₁. La caracterización edafológica es adecuada para implementar plantaciones de balsa en al menos una de las tres comunidades: El Triunfo, San Carlos y Alto Huamayacu.

CAPÍTULO II

2 MARCO TEÓRICO

2.1 Caracterización edafológica de los suelos

Las características edafológicas consideran fundamentalmente las propiedades más estables del suelo a clasificar, enfatizando todo el perfil que lo compone, sin embargo, debido a dicha "estabilidad" que se encuentra con mayor frecuencia en capas profundas a diferencia de las capas superficiales; las primeras ocupan un gran peso en la clasificación de un determinado suelo en conjunto con el uso que el ser humano realice en él (Ibáñez, 2007, p.1).

2.2 Fertilización de los suelos

La fertilización del suelo específicamente en una plantación forestal se suele atribuir a la adecuada suministración de nutrientes, considerando los factores edafológicos como el espacio radicular, el riego, el régimen calórico, las necesidades climáticas de la zona para que la especie se establezca desde su etapa inicial de vivero y vaya obteniendo las características indispensables hasta la fase de cosecha o de conservación en el medio natural; los factores forestales relevantes que afectan a la productividad de la plantación deben ser tomados en cuenta al establecer un proceso de fertilización ya que pueden determinar un éxito o fracaso en el manejo forestal (Thiers et al. 2014; citados en Donoso et al. 2015, p. 2).

2.2.1 *Condiciones de los suelos forestales*

Las necesidades nutricionales de los árboles maderables son las mismas que las de cualquier otro tipo de plantas a excepción de ciertas especies forestales que requieren de grandes cantidades de dichos elementos conocidos como macronutrientes, en ellos se encuentra el nitrógeno (N), fósforo (P), potasio (K), calcio (Ca), magnesio (Mg) y azufre (S), que a diferencia de otros, se necesitan en pequeñas cantidades, denominados micronutrientes, tales son el hierro (Fe), cobre (Cu), cloro (Cl), manganeso (Mn), boro (B), zinc; además, la fotosíntesis extrae agua del suelo, así como carbono (C), hidrógeno (H) y oxígeno (O) del aire para completar su régimen alimenticio (Alvarado, 2007; citado en García, et al. 2012, p. 17) .

2.3 Manejo y Aprovechamiento de plantaciones de balsa

2.3.1 Generalidades de la balsa

La balsa (*Ochroma pyramidale* Cav. ex Lam) es considerada una especie agreste y maderera, nativa de la región Amazónica ecuatoriana presente en zonas tropicales de América, se considera de rápido crecimiento produciendo madera de alta calidad con múltiples aplicaciones; se la puede encontrar de manera natural en zonas aledañas a laderas de los ríos, especialmente en la selva sub-tropical de Ecuador, y también se la está utilizando como motivo de reforestación en sectores donde cumpla todas las características edafoclimáticas para su supervivencia, de ahí el gran interés para el mercado internacional (Ramos, 2016).

La balsa es considerada materia prima renovable que está adquiriendo mayor importancia en numerosos sectores por su madera liviana y resistente, lo que resulta fácil tallarla, obteniendo una superficie de encolado uniforme para mejor compatibilidad con resinas sintéticas utilizadas en algunos de los procesos de fabricación de tableros, tabiques, aviones, barcos, cascos o cubiertas de lanchas motoras costeras (Ramos, 2016).

2.3.2 Descripción taxonómica de la balsa

La balsa presenta la siguiente descripción taxonómica (Ramos, 2016).

Nombre científico: *Ochroma pyramidale* Cav. ex Lam. Urb.

Reino: Plantae

Familia: Bombacaceae

Clase: Magnoliopsida

Orden: Malvales.

Género: *Ochroma*

2.3.3 Requerimientos edafoclimáticos de la balsa

La balsa necesita de suelos fértiles y profundos, estos poder ser calizos, arcillosos, limosos o francos arenosos con buen drenaje, esta especie demanda de gran luminosidad, categorizándola como una planta heliófita que está restringida a sitios húmedos en claros de bosque o lugares que

se generan sombra, para eso se presenta los principales requerimientos edafoclimáticos en la Tabla 2-1 (Ramos, 2016).

Tabla 2-1: Condiciones climáticas óptimas para el crecimiento de la Balsa

Temperatura (°C)	22-30
Precipitación (mm)	500-3 000
Rango altitudinal (m.s.n.m)	0 - 1000

Fuente: (Ramos, 2016)

2.3.4 *Requerimientos nutricionales del suelo para plantaciones de Balsa*

Los suelos recomendados para esta especie deben poseer niveles altos de humedad, una textura franca, franco arenoso o franco limoso, requiere de una rica provisión de nutrientes a más de un buen drenaje, de lo contrario mueren con facilidad debido a las inundaciones; esta especie tiene su mejor crecimiento en suelos aluviales por contenidos de materia orgánica >3 %, el pH puede ser ligeramente ácido con rangos de 5,5 a 6,5 (Alagro, y otros, 2013).

2.3.4.1 *Densidad aparente (Da)*

La relación densidad aparente/conductividad eléctrica del suelo versus la actividad de enraizamiento de la planta debe ser mínima, ya que la actividad de la raíz disminuye cuando la *Da* excede cierto valor, misma que también varía con la textura, esto quiere decir que mientras una *Da* de 1,4 g/cm³ restringe la actividad de enraizamiento en un suelo arcilloso en un suelo arenoso la restricción ocurre hasta 1,7 g/cm³; por otra parte, a medida que aumenta la conductividad eléctrica, el efecto sobre la actividad de enraizamiento y crecimiento vegetal se verá afectado debido a la sensibilidad de la especie (Saavedra, y otros, 2020).

2.3.4.2 *Conductividad Eléctrica (CE)*

Con base al carácter tolerante/sensible de las especies arbóreas a las sales del suelo, los valores de conductividad eléctrica < 2,0 dS/m (450 ppm de sales solubles) se califican como adecuados, aunque algunas especies son sensibles incluso a esas concentraciones, de acuerdo con el USDA (2006), un suelo con más de 600 ppm de sales no es recomendable y si excede a este rango ya se denomina tóxico para cualquier cultivo (Saavedra, y otros, 2020).

2.3.4.3 Capacidad de intercambio catiónico (C.I.C)

Se estima que sólo el 5% de los suelos tropicales presentan una Capacidad de Intercambio Catiónico efectiva < 4 meq/100g en el horizonte superficial, si se encuentra fuera de este nivel, se llega a considerar que el suelo tiene una capacidad muy limitada para retener cationes, evitar la lixiviación y permitir que estos nutrientes sean absorbidos por la planta, dificultando el desarrollo de la misma (Fernández, 2014).

2.3.5 Macronutrientes

De manera general los suelos tropicales deben contener rango normal de 13-30 µg/ml para el fósforo, > 0,2 meq/100g para el potasio, > 4 meq/100g en cuanto al calcio, el magnesio tiene que ser >1 meq/100g, el sodio óptimo debe ser mayor a 2,3 meq/100g (Mora, y otros, 2014); los elementos nutricionales con mayor demanda de la especie forestal se presentan en la Tabla 2-2 con el propósito de comprender fácilmente y tener en cuenta las necesidades del suelo al establecer una plantación de balsa.

Tabla 2-2: Requerimientos nutricionales principales del suelo para plantaciones de Balsa

Propiedades físicas del suelo	
VARIABLES	REQUERIMIENTOS ESTABLECIDOS
Textura	Franca Franco arenosos Franco limosos
Humedad (%)	> 30
Densidad Real (g/cm ³)	> 2,65
Densidad Aparente (gc/m ³)	< 1,4 Suelos arcillosos < 1,7 Suelos arenosos
Porosidad (%)	50 - 60
Consistencia	Muy Friable
Estabilidad Estructural	Alta
Propiedades químicas del suelo	
VARIABLES	REQUERIMIENTOS ESTABLECIDOS
pH	5,5 – 6,5
Materia Orgánica (%)	> 3
Conductividad Eléctrica (dS/m)	< 2.0
Capacidad de intercambio catiónico (meq/100g)	> 4
Fósforo (µg/ml)	13 – 30

Potasio (meq/100g)	> 0,2
Calcio (meq/100g)	> 4
Magnesio (meq/100g)	> 1
Sodio (meq/100g)	> 0,01

Realizado por: Mazón, J. 2023

2.3.6 Manejo de plantaciones de balsa

Se recomienda sembrar al inicio de la temporada de lluvias y las plántulas deben estar con un espaciamiento de 4 x 4 o 5 x 5 m, este es el método de siembra más común para esta especie, dado que el objetivo final es cosechar alrededor de 400 plantas/ha de la edad de 6 o 7 años (máximo 9 años), un espaciamiento de 4 x 4 m es más apropiado para permitir la toma de mejores muestras (generalmente a la edad de 4 años) logrando un mayor porcentaje de fuste recto y liso; esta especie cuando crece competitivamente en el bosque, puede desarrollar un tronco sin ramas de hasta 15 m de altura, a veces incluso hasta 20 m (Álvaro Vallejo y Fredy Zapata 2018, p. 14).

Las plantaciones deben mantenerse limpias durante los dos primeros años de vida de los árboles, la tierra junto a cada árbol pequeño debe aflojarse en un círculo de al menos un metro de diámetro, después de eso, los árboles y la vegetación presentan una sana competencia, pero siempre es importante tener cuidado de las plantas trepadoras que pueden impedir el crecimiento saludable, sin dejar atrás las heridas que se producen en el fuste durante las operaciones de limpieza, aclareo o poda, son un factor a tener en cuenta durante las operaciones silvícolas porque son de difícil cicatrización y repercuten en la calidad de la madera (Álvaro Vallejo y Fredy Zapata 2018, p. 16).

2.3.7 Aprovechamiento de plantaciones de Balsa

El período ideal para el aprovechamiento de la especie es desde los 3 a 7 años, si sobrepasa este lapso es posible obtener madera con una mayor densidad si así lo requiere el mercado, sin embargo se han reportado incrementos en la cosecha de 17 a 30 m³/ha/año en promedio, determinando que no es un limitante el tiempo de mantenimiento de la plantación por la repoblación natural satisfactoria de la balsa que existe después de la tala rasa y la quema de los desechos (Álvaro Vallejo y Fredy Zapata 2018, p. 18).

2.4 Propiedades físicas del suelo

2.4.1 Textura del suelo

El tamaño de partícula que se encuentre en mayor abundancia en el suelo determina la textura, estas partículas se denominan segregados, dichas se clasifican en tres clases según su tamaño: Arena (A), Limo (L) y Arcilla (A); las diferentes partículas difieren mucho en sus cualidades fisicoquímicas, entre las cuales, las propiedades de los suelos minerales dependen en gran medida de su dominancia en el suelo, como se muestra en la Tabla 2-3 (Jaramillo, 2002, p. 165).

Tabla 2-3: Definición de los separados del suelo

Separado	Rango de diámetro de partícula (mm)		
	USDA	ISSS *	DIN y BSI**
Arena	2- 0,05	2 – 0,02	2 – 0,08
Limo	0,05 – 0,002	0,02 – 0,002	0,08 – 0,002
Arcilla	< 0,002	< 0,002	< 0,002

Fuente: (Jaramillo, 2002i)

* Sociedad Internacional de la Ciencia del Suelo.

** DIN: Instituto Alemán de Estándares; BSI: Instituto Británico de Estándares.

2.4.1.1 Métodos para evaluar las clases texturales de los suelos

Tacto

El método consiste en establecer una clase de textura del suelo basada en observaciones de su respuesta al manipularlo bajo diferentes estados de humedad que pueden estar relacionados con el contenido de los diferentes componentes del suelo, cuyas principales características del mismo se aíslan y ayudando a evaluar su textura al contacto con las manos en diferentes formas, como se establece en la Tabla 2-4 (Jaramillo 2002, p. 173).

Tabla 2-4: Algunas características de las clases texturales del suelo al tacto

Textura	Tacto	Cinta	Bolas	Adhesividad*
A	Áspero	No	No	No
AF	Áspero	Muy mala	Mala	Muy poca
FA	Áspero	Mala	Mala	Poca
F	Muy suave	Mala	Resistente	Poca
FL	Suave	Rizada	Buena	Media
L	Harinoso	Rizada	Regular	Poca
FArA	Poco áspero	Regular	Buena	Alta
FAr	Suave	Regular	Buena	Alta
FArL	Suave	Rizada	Buena	Alta
ArA	Poco áspero	Buena	Buena	Alta
ArL	Suave	Buena	Buena	Alta
Ar	Jabonoso	Buena	Firmes	Muy alta

* Se determina con el suelo casi saturado de agua, las demás propiedades se determinan con el suelo húmedo.

Fuente: (Jaramillo 2002h, p. 174)

Método Bouyoucos o Método del densímetro

La textura del suelo se evalúa mediante un hidrómetro o el método Bouyoucos, que consiste en determinar los porcentajes de diferentes elementos como la arcilla, limo o arena presente en el suelo a partir del peso de la misma muestra en estado seco, este procedimiento se basa en la Ley de Stokes, donde establece que la velocidad de caída de las partículas pequeñas en un medio líquido es proporcional a su tamaño (Jaramillo, 2002, p. 166), para ello se aplica la Ecuación 3-1; posterior al cálculo con las fórmulas propuestas y mediante el resultado obtenido, se define a qué rango porcentual corresponde, determinando así la clase textural del suelo como se indica en la Tabla 2-5.

Ecuación 3-1: Determinar los contenidos de los separados en el suelo

$$A (\%) = 100 - \left(\frac{\text{Lectura corregida } 40 \text{ s}}{\text{peso de la muestra}} * 100 \right)$$

$$Ar (\%) = 100 - \left(\frac{\text{Lectura corregida } 2h}{\text{peso de la muestra}} * 100 \right)$$

$$L (\%) = 100 - [A (\%) + Ar (\%)]$$

Donde: A (%): porcentaje de Arena

Ar (%): porcentaje de Arcilla

L (%): porcentaje de Limo

Tabla 2-5: Rango de variación de los contenidos de arena, limo y arcilla en las diferentes clases texturales de suelos

Clase textural	Rango (%) en el contenido de		
	Arena	Limo	Arcilla
Arenosa	100 - 85	15 - 0	10 - 0
Arenosa franca	90 - 70	30 - 0	15 - 0
Franco arenosa	85 - 43	50 - 0	20 - 0
Franca	52 - 23	50 - 32	27 - 7
Franco limosa	50 - 0	87 - 50	27 - 0
Limosa	20 - 0	100 - 80	12 - 0

Franco arcillo arenosa	80 - 45	28 - 0	35 - 20
Franco arcillosa	45 - 20	53 - 15	40 - 27
Franco arcillo limosa	20 - 0	73 - 40	40 - 27
Arcillo arenosa	67 - 45	20 - 0	55 - 35
Arcillo limosa	20 - 0	60 - 40	60 - 40
Arcillosa	45 - 0	40 - 0	100 - 40

Fuente: (Jaramillo, 2002, p. 171)

2.4.2 Densidad real del suelo

La densidad real es el peso de los sólidos presentes en el suelo en relación al volumen que ocupe independientemente de su composición, es decir, sin invadir el espacio poroso en esa dimensión; por tanto, depende de la estructura mineral y del contenido de algunos elementos como la materia orgánica y los óxidos de hierro de que tienen mayor presencia en suelos tropicales para la interacción de dichos elementos químicos con la planta (Jaramillo 2002h, p. 183).

2.4.2.1 Determinación

El método más recomendado para medir la densidad real del suelo es el del picnómetro, en él se desarrollan los siguientes pasos: pesar el picnómetro vacío e identificar con lápiz, seguido agregar 5 gramos de suelo en el picnómetro, pesar el picnómetro con agua destilada cuidado que no exista burbujas de aire, realizar una nueva pesada (Jaramillo, 2002) y determinar la densidad real con a la Ecuación 3-2; con el resultado obtenido del cálculo correspondiente se procede a establecer el nivel de la densidad real del suelo, según la Tabla 2-6.

Ecuación 3-2: Fórmula para determinar la Densidad Real del suelo

$$D_R = \frac{P_{SS}}{V_S} \quad \text{o} \quad \text{densidad} = \frac{m}{v}$$

Donde: Dr: densidad real: g/m³

Pss: peso del suelo seco: g.

Vs: volumen del suelo: cm³

m: masa

v: volumen

Tabla 2-6: Niveles de Densidad Real del suelo

Densidad Real (g/cm ³)	Categoría
< 1,45	Bajo
1,45 – 2,65	Óptimo
> 2,65	Alto

Fuente:(Rivera, 2011, p. 31)

2.4.3 Densidad aparente del suelo

Según Jaramillo (2002, p. 186) la densidad aparente del suelo es el espacio que ocupan los poros al cuantificar el volumen de la muestra, es decir que parte de la densidad real, lo que también va a depender de la estructura de la parte sólida de aquella sección que se ve afectada por la textura, el contenido de materia orgánica, la humedad (especialmente en suelos con material expandido) y su grado de compactación.

2.4.3.1 Determinación

Método del cilindro biselado

Es aplicable a la mayoría de los suelos agrícolas con poca o ninguna porosidad interna y/o sin porosidad, tomando en cuenta que el suelo no debe presentar gran cantidad de raíces gruesas a diferencia del suelo de un bosque bien desarrollado, si existen estas condiciones, pueden limitar o al menos impedir la introducción del cilindro y la extracción de una muestra de suelo completa de acuerdo con Jaramillo (2002, p. 186–187); con los datos obtenidos del cálculo oportuno, se procede a determinar la Densidad Aparente según la clase textural del suelo como se indica en la Tabla 2-7.

Ecuación 3-3: Fórmula para determinar la Densidad Aparente del suelo

$$Da = \frac{Pss}{Vc}$$

Donde: Da: densidad aparente: g/m³

Pss: peso del suelo seco en el horno: = Pt – Pc: g.

Vc: volumen del cilindro: cm³

Tabla 2-7: Densidad aparente según la clase textural del suelo

Textura del suelo	Densidad aparente ideal para el crecimiento de raíces (g/cm ³)	Densidad aparente que afecta el crecimiento de raíces (g/cm ³)
Arenoso	<1,6	>1,8
Arenoso franco		
Franco arenoso	<1,4	>1,8
Franco		
Franco arcilloso arenoso	<1,4	>1,75
Limoso		
Franco limoso	<1,3	>1,75
Franco arcilloso limoso	<1,4	>1,65
Arcillo arenoso		
Arcilloso limoso	<1,1	>1,58
Franco arcilloso		
Arcilloso (>45 % arcilla)	<1,1	>1,47

Fuente:(Luters y Salazar 2000, p. 57)

2.4.4 Humedad del suelo

La humedad en el suelo es uno de sus rasgos más notables en una plantación que va a depender principalmente de su composición mecánica, contenido de materia orgánica, composición mineral y fracciones orgánicas, estimando el porcentaje en el medio físico sobre su manejo, así mismo contribuye a lo que se define naturalmente como lluvia o la irrigación que es realizada por el hombre de manera artificial (Zotarelli et al., 2013, p. 3).

2.4.4.1 Determinación

Para Bonilla et al. (2013, p. 1) el método gravimétrico es el único método directo para medir la humedad del suelo, que consiste en tomar una muestra de suelo para pesarla antes y después del secado, seguido se calcula su contenido de humedad resultante, teniendo en cuenta que solamente se considera en estado seco cuando su peso es constante a 105° C, posteriormente se calcula los datos obtenidos utilizando la ecuación 3-4; una vez obtenido los valores porcentuales de la humedad según la clase textura del suelo, se establece si está dentro de los rangos de capacidad de campo o punto de marchitez como se indica en la Tabla 2-8.

Ecuación 3-4: Fórmula para determinar el porcentaje de humedad en laboratorio:

$$W (\%) = \frac{Psh - Pss}{Pss} * 100$$

Donde: W: Porcentaje de humedad.

Psh: Peso del suelo húmedo.

Tabla 2-8: Valores normales de Capacidad de campo y coeficiente de Marchitez Permanente para suelos de diferentes texturas

Clase Textural del suelo	Capacidad de Campo (%)	Punto de marchitez permanente (%)
Arenoso	5 - 15	3 - 8
Franco arenoso	10 - 20	6 - 12
Franco	15 - 30	8 - 17
Franco arcilloso	25 - 35	13 - 20
Arcilloso	30 - 70	17 - 40

Fuente: (Osorio 2010, p. 2)

2.4.5 *Color del suelo*

Los colores del suelo pueden verse alterados por el contenido de cada óxido presente en él, asimismo el tamaño de los cristales, el grado de transparencia de los mismos, el grado de cementación y otros fenómenos de sustitución que puedan ocurrir en el contraste de tonalidad; se evalúa por la cantidad y tamaño de los macronutrientes o micronutrientes presentes en el medio edáfico, además, el grado de compactación hacen que el color sea más claro u oscuro (Shewertmann, 1993; citado en Jaramillo, 2002b, p. 119).

Jaramillo (2002b, pp. 119-120) menciona que las matices oscuros en suelos pueden demostrar un bajo contenido de materia orgánica, demostrando la presencia óxidos de hierro, carbono, manganeso y/o magnetita a diferencia de suelos rojizos que indican un buen drenaje y ventilación o ha sido muy erosionado a través del tiempo; para los colores gris a blancos, estos pueden expresar un alto contenido de cuarzo, caolinita u otras arcillas de silicato, carbonatos de Ca, Mg, yeso, expresando malas condiciones de drenaje, característicos de horizontes sujetos a fuerte lixiviación.

2.4.5.1 *Tabla de Munsell para el Color del suelo*

La Tabla de Munsell es un catálogo físico que reúne una gama de colores utilizados para determinar el tono de los pisos u horizontes en el suelo mediante códigos de calificación ordenada en tres parámetros: Matiz (Color), Claridad o Brillo (Value) y Pureza (Croma) de acuerdo a los matices que puede presentar la muestra, esto se establece de manera visual en un entorno con condiciones idóneas para no alterar la observación (SSDS 1993; citado en Jaramillo, 2002b, p. 121).

Matiz (*Hue*)

En la escala de colores, el color correspondiente al número 0 es equivalente al color 10 de la tonalidad que le sigue; tomando en cuenta el orden de varios tonos como: rojo/*red* (R), rojo amarillento/*yellowish red* (YR) y amarillo/*yellow* (Y), es así que se obtiene un tono 0Y, lo que semeja a 10YR, por este motivo, un color con croma 0 no se tiene en cuenta dejando como resultado las dos categorías restantes y más utilizadas (SSDS 1993; citado en Jaramillo, 2002b, p. 121).

Brillo (*Value*)

El brillo determina qué tan oscuro es un color, en términos de su blancura o negrura y es una medida sobre la cantidad de luz que llega al ojo en condiciones de iluminación estándar, enfatizando la potencia del negro o blanco determinada en una escala de 0 - 10, siendo 0 negro azabache y 10 blanco puro; los colores oscuros tienen valores de 0 a 5 y los colores claros de 5 a 10 en la Tabla Munshell (SSDS 1993; citado en Jaramillo, 2002b, p. 121).

Pureza (*Chroma*)

La pureza indica el grado de dilución del color debido a la presencia de grises que puede estar relacionado directamente con la cantidad de materia orgánica acumulada en el suelo, estos se presentan en valores que van desde 0 para grises neutros, hasta 20 para no grises, sin embargo, para este medio edáfico, el rango se limita a valores de 0 a 8, según SSDS-1993 (citado en Jaramillo, 2002b, p. 121), que está situado al reverso de la página y donde se ubica el código resultante que determina el nombre del color del suelo, esquematizado en la Ilustración 2-1.

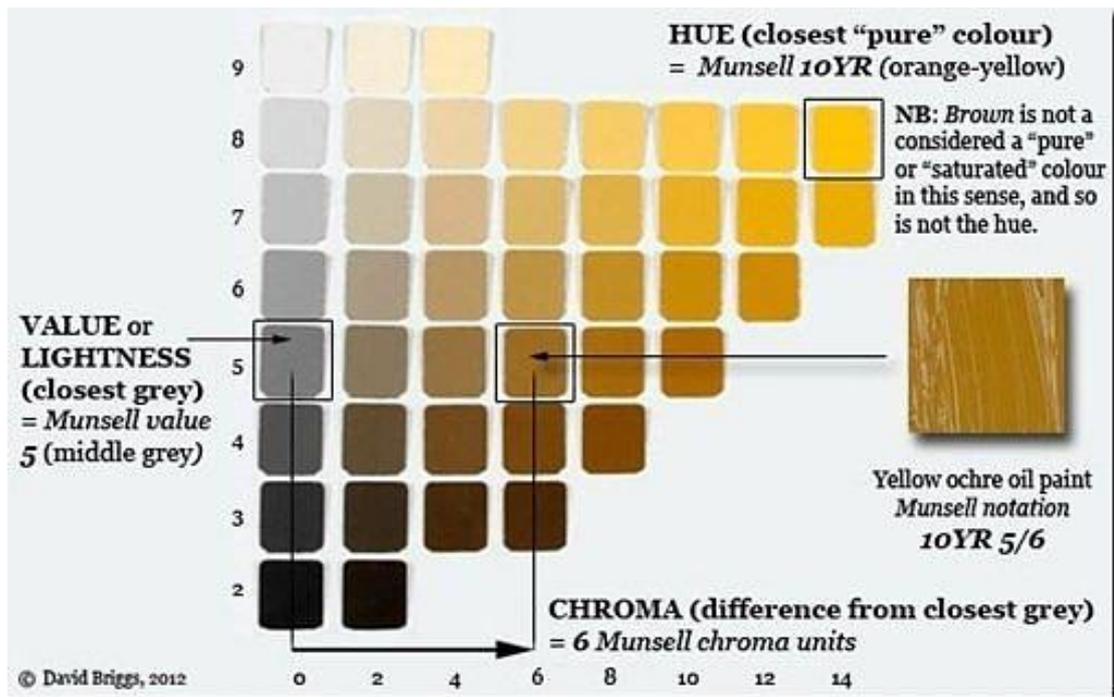


Ilustración 2-1: Tabla Munsell 10 YR para la determinación del Color en el suelo

Fuente: (Briggs, 2012; citado en Montoro, 2013)

2.4.6 Porosidad del suelo

La porosidad total en el suelo según Jaramillo (2002g, p. 192) es el volumen de superficie que no está ocupado por sólidos a más de la disposición en la que se encuentre el espacio poroso, ya sea dependiendo de su composición que se encuentra en conjunto con la fracción sólida, dando como resultado dos tipos de poros: los microporos, con capacidad de retener agua y los macroporos que están llenos de aire donde puede fluir el agua.

2.4.6.1 Determinación

La porosidad de un suelo depende de las propiedades de su fracción sólida, la cual se calcula a partir de la densidad real y la densidad aparente, esto multiplicado por cien para obtener una cantidad porcentual según Jaramillo (2002g, p. 192) y de acuerdo con la Ecuación 5-1; teóricamente se acepta como una adecuada porosidad total promedio de alrededor de 50%, sin embargo, existen diferentes rangos como se indica en la Tabla 2-9:

Ecuación 3-5: Fórmula para la determinar la porosidad del suelo

$$P (\%) = \left(1 - \frac{Dr - Da}{Da}\right) * 100$$

Donde: P: Porosidad total: %

Dr: densidad real: g/m³

Da: densidad aparente: g/m³

Tabla 2-9: Clasificación de los poros del suelo, según su tamaño, propuesta por SSDS en 1993

Porosidad total (%)	Categoría
> 70	Excesiva
55 – 70	Excelente
50 – 55	Satisfactoria
40 – 50	Baja
< 40	Muy Baja

Fuente: (Jaramillo 2002g, p. 196)

2.4.7 Consistencia del suelo

La consistencia del suelo es la rigidez con la que se unen sus compuestos o la capacidad del mismo para resistir la deformación o una fractura, a esta propiedad física se la evalúa con muestras mojadas, húmedas y secas; en suelos mojados se determina por la friabilidad que posee, en húmedos se define por viscosidad y plasticidad, en las estado seco se define por la dureza, ya sea en el campo utilizando pruebas simples o medir con mayor precisión en el laboratorio (Hillel, 1998; citado en Jaramillo 2002c, p. 237).

2.4.7.1 Determinación de la consistencia del suelo en campo

En campo, la consistencia del suelo se evalúa estableciendo su resistencia al desmoronamiento en estado seco que está determinada por la dureza relativa, de blanda a extremadamente dura; en estado húmedo, en términos de friabilidad y dureza; así mismo en carácter mojado en términos de pegajosidad y ductilidad según las recomendaciones de *Soil Survey Division Staff* como también se expone en la Tabla 2-10 (SSDS, 1993; citado en Jaramillo 2002c, p. 246).

Tabla 2-10: Calificación de la consistencia del suelo en el campo, según SSDS en 1993

CONSISTENCIA DEL SUELO			
Seco	Húmedo	Mojado	
Suelta	Suelta	Pegajosidad	Plasticidad
Blanda	Muy friable	No pegajoso	No plástico
Ligeramente dura	Friable	Ligeramente pegajoso	Ligeramente plástico
Dura	Muy firme	Moderadamente pegajoso	Moderadamente plástico
Muy dura	Extremadamente firme	Muy pegajoso	Muy plástico
Extremadamente dura			

Fuente: (Jaramillo, 2002c, p. 246)

2.4.8 Estabilidad Estructural

Si bien la formación de estructuras es un proceso fundamental en el suelo, Jaramillo (2002d, p. 108) manifiesta que su persistencia frente a las perturbaciones ambientales es esencial para un adecuado ambiente físico del suelo, siendo un factor que determina en gran medida la intensidad y el tipo de uso o gestión del medio edáfico, siendo una de las propiedades más importantes, ya que es la característica más determinante de la resistencia al desgaste y erosión.

2.4.8.1 Determinación

Método Henin

Con este método Henin et. al (1972; citado en Jaramillo 2022, p. 112) establece el grado de inestabilidad de la estructura del suelo cuando se somete al agua durante un tiempo determinado, tratando de estimar el efecto del aire atrapado en el interior de los agregados que pueden estar interferidos por la materia orgánica sobre dicho elemento en un medio líquido y así clasificar su resistencia ante eventos naturales como se expone en la Tabla 2-11.

Tabla 2-11: Estabilidad Estructural del suelo adaptado a la práctica

Disgregación de partículas de suelo seco por agitación en agua/5 min	Estabilidad Estructural/Suelo propenso a erosiones
Bajo	En riesgo: Alta posibilidad de erosión
Medio	Moderada: Media posibilidad de erosión
Alto	Fuerte: Baja posibilidad de erosión

Fuente: (Jaramillo, 2022, pp. 112–114)

2.5 Propiedades químicas del suelo

2.5.1 El potencial de Hidrógeno en el suelo (pH)

Kluepfel y Lippert (2012, p. 1) expresan que el mayor impacto que puede tener un pH extremo en las plantas tiene que ver con la disponibilidad de nutrientes o concentraciones de minerales que son tóxicos para las plantas, esto ocurre en suelos muy ácidos, en donde los nutrientes como el aluminio y el manganeso se vuelven más disponibles con tendencia a ser venenosos para la planta, sin embargo, en suelos con pH bajo, los nutrientes como calcio, fósforo y magnesio se vuelven menos disponibles en el cultivo, es así que el valor de pH es $\geq 6,5$, los contenidos de fósforo o la mayoría de micronutrientes serán escasos.

2.5.1.1 Determinación

Método del potenciométrico

Este método es utilizado en el laboratorio para determinar el pH en suspensión de suelo: agua, con una relación de peso de 1:1, sin embargo, por conveniencia, a menudo se usa una relación de volumen de 1:1, en algunos casos resulta necesario aumentar la relación suelo-agua para formar dicha suspensión, siendo común cuando se trabaja con suelos de alto contenido en materia orgánica y las variaciones más comunes son aquellas que utilizan una relación volumétrica de tierra a agua de 1:2 o 1:5 según Jaramillo (2002b, pp. 346–348) demostrada en la siguiente Tabla 2-12.

Tabla 2-12: Calificación del pH del suelo para dos métodos de determinación

pH determinado en agua 1:1		pH determinado en KCl 1:1, P: V	
Valor	Calificación *	Valor	Calificación**
< 3,5	Ultra ácido	< 4,0	Extremadamente ácido
3,5 – 4,4	Extremadamente ácido	4,0 – 4,9	Fuertemente ácido
4,5 – 5,0	Muy fuertemente ácido	5,0 – 5,9	Moderadamente ácido
5,1 – 5,5	Fuertemente ácido	6,0 – 6,9	Ligeramente ácido
5,6 – 6,0	Moderadamente	7,0	Neutro
6,1 – 6,5	Ligeramente ácido	7,1 – 8,0	Ligeramente alcalino
6,6 – 7,3	Neutro	8,1 – 9,0	Moderadamente alcalino
7,4 – 7,8	Ligeramente alcalino	9,1 – 10,0	Fuertemente alcalino

7,9 – 8,4	Moderadamente alcalino	> 10,1	Extremadamente alcalino
8,5 – 8,5	Fuertemente alcalino		
> 9,0	Muy fuertemente alcalino		

* Según Soil Survey Division Staff (SSDS, 1993).
 Fuente: (Jaramillo 2002b, p. 352)

** Según Fassbender (1982).

2.5.2 *Materia orgánica del suelo*

La materia orgánica se forma a partir de los residuos de origen vegetal o animal que llegan al suelo, obteniéndose una fuente de nutrientes esencial que proporciona energía y alimento a los organismos del suelo que también son materia prima para la formación de coloides orgánicos llamado humus, los cuales se acumulan en el medio edáfico para ser retribuidos al ciclo natural, es lo que manifiesta Otiniano et al. (2006, p. 50).

2.5.2.1 *Determinación*

Método de Calcinación o Ignición

Este método determina el contenido total o parcial de materia orgánica presente en el suelo, debido a la evaporación de todas las formas de carbono orgánico existentes en la muestra y con este procedimiento se obtiene niveles que pueden estar dentro o no del rango establecido según los requerimientos de la especie a producir de acuerdo con Jaramillo (2002, p. 425) y como se indica en la Tabla 2-13.

Tabla 2-13: Criterios para la valorización de la disponibilidad de nutrimentos

Contenido de Materia Orgánica (%)	Categoría
< 1	Muy Baja/ Suelo muy pobre en nutrientes
1 – 2,5	Baja/ Suelo pobre en nutrientes
2,5 – 5,0	Media/ Suelo medio en nutrientes
>5	Alta/Suelo rico en nutrientes

Fuente: (García et al. 2009, p. 36)

2.5.3 *Conductividad eléctrica del suelo (CE)*

La conductividad eléctrica es la capacidad del suelo para administrar electricidad entre elementos químicos, aprovechando las propiedades de la sal al momento de transportar dicha energía, por lo tanto, la CE mide la concentración de sales disueltas que existen en una solución de suelo, es así que facilita su movimiento por la superficie; en concentración > 1 dS/m sobre el medio edáfico se considera un limitante en el crecimiento de las plantas a diferencia de valores ≤ 0,5 dS/m que permiten el buen desempeño del organismo (García Aragón, Sequeira Martínez y Álvarez Amador 2020, p. 88).

2.5.3.1 Determinación de la Conductividad eléctrica del suelo

Para establecer la conductividad eléctrica del suelo se utiliza el conductímetro, esto se procede añadiendo agua destilada a una muestra seca y tamizada, hasta conseguir que se forme una pasta con suficiente agua para poder considerar que está saturada, pero sin llegar a que se segmente en dos fases por exceso de líquido, después dejamos equilibrar la pasta para revolverla antes de tomar la lectura, todo esto se debe realizar con el equipo calibrado con un estándar de: KCl 0,01 N⁻, KCl 0,001 N (García Aragón, Sequeira Martínez y Álvarez Amador 2020, p. 88), y finalmente calcularla con la ecuación 6-1; una vez realizado los cálculos, transformamos a dS/m y se procede a establecer el rango de salinidad de la muestra según la Tabla 2-14.

Ecuación 3-6: Fórmula para la obtención de la Conductividad Eléctrica del suelo

$$CE \frac{mmohs}{cm} = 1\,411,8 \text{ mmohs} * \text{lectura del equipo}$$

Tabla 2-14: Clasificación de suelos según su Conductividad Eléctrica (CE)

Conductividad Eléctrica (dS/m)	Categoría
< 1	Suelo libre de sales/ No existe restricción para ningún cultivo.
1 – 2	Suelo muy bajo en sales/ Algunos cultivos son muy sensibles, pueden verse restringidos sus rendimientos.
2 – 4	Suelo moderadamente salino/ Los rendimientos de cultivos sensibles, pueden verse afectados en su rendimiento.
4 – 8	Suelo salino/ El rendimiento de casi todos los cultivos se ve afectado por esta condición de salinidad.
8 - 16	Suelo altamente salino/ Solo los cultivos muy resistentes a la salinidad pueden crecer en estos suelos.
>16	Suelo extremadamente salino/ Prácticamente ningún cultivo convencional puede crecer económicamente en estos suelos.

Fuente: (Nieto 2016, p. 17)

2.5.4 Capacidad de Intercambio catiónico del suelo (CIC)

Es una medida de la capacidad del suelo para absorber cationes y corresponde a la carga negativa del suelo, expresándose en meq/100g de suelo, esto va a depender de la cantidad o el tipo de coloides, determinando el número de lugares disponibles para almacenar cationes en la superficie; según Jaramillo (2002a, p. 321) expresa que los cationes más importantes en el intercambio catiónico son Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^{+} , Na^{+} y NH_4 , estos se encuentran protegidos contra procesos de lixiviación, evitando así la pérdida de nutrientes para la planta.

2.5.4.1 Determinación de la CIC al pH del suelo

Se puede evaluar mediante el método NH_4OAc 1N, siguiendo fundamentalmente tres etapas que son: el período de saturación del suelo con soluciones salinas de un catión particular, seguido el enjuague del exceso de solución saturada y la determinación de cationes indicadores extraídos del suelo (Jaramillo 2002a, p. 324) con la determinación del CIC en el laboratorio se procede a valorizar dentro de una escala según la Tabla 2-15.

Tabla 2-15: Valores establecidos para evaluar la CIC del suelo

CIC (meq/100 g)	Categoría
<5	Muy Baja
5 - 15	Baja
15 - 25	Media
25 - 40	Alta
>40	Muy Alta

Fuente: (Anónimo, 2016)

2.5.5 Macronutrientes

2.5.5.1 Nitrógeno (N)

De acuerdo con Chavarría (2011, p. 69), el nitrógeno se encuentra en distintas formas en el suelo, aunque es absorbido por las plantas y microorganismos como nitrato (NO_3^-) o amonio (NH_4^-), la solubilidad de los compuestos nitrogenados es alta, por lo tanto su disponibilidad también lo es, en determinadas condiciones el balance en la superficie varía según el cultivo y variedad, principalmente debido a la textura, fertilización (tipo de fertilizante, frecuencia, dosis, forma de aplicación), nivel de materia orgánica, prácticas agronómicas entre otras.

Determinación

Se emplea el método de Kjeldahl, basado en una oxidación en medio ácido de la materia orgánica a más de la conversión del nitrógeno orgánico a amonio, esto cuantifica dicho elemento por destilación y titulación con ácido, también se puede determinar directamente por métodos calorimétricos como el ácido fenoldisulfónico o el ácido cromotrópico (Mckean 1993, p. 57); la determinación del Nitrógeno total es adecuado utilizar un rango estimado como se presenta en la Tabla 2-16.

Tabla 2-16: Rango de Nitrógeno total en el suelo.

N (mtd. Kjeldahl) ug/ml	Categoría
< 0,63	Muy bajo
0,64 – 0,950	Bajo
0,96 – 1,26	Medio
1,27 – 1,58	Medianamente alto
>1,59	Alto

Fuente: (Besteiro y Descalzo 2021)

2.5.5.2 Fósforo en el suelo (P)

La cantidad de fósforo en la solución del suelo suele estar en torno a 0,05 ppm, concentración muy baja en comparación con el adsorbido por las superficies activas, por lo tanto, cuando las plantas se desarrollan, sólo una pequeña cantidad de fósforo entrará en contacto con la sección radicular que será absorbido rápidamente, requiriendo un reemplazamiento para permitir el normal desarrollo de las plantas, ya sea por flujo de masas condicionado a la toma de agua por parte de la raíz o la difusión, es así que el aporte de fósforo estará determinado por su concentración en la solución del suelo (Fernández 2007, p. 52).

Determinación del contenido de Fósforo en el suelo por el método Olsen

El método de Olsen con bicarbonato de sodio fue creado para predecir la respuesta del cultivo a la adición de fertilizantes de fósforo en suelos calcáreos, además, es utilizado como método predilecto en aquellas superficies con ± 2 de carbonato de calcio, pero se ha demostrado en algunas investigaciones que es razonablemente eficaz para suelos ácidos (Garbozo 2015, p. 8), como se indica en la Tabla 2-17.

Tabla 2-17: Cualificación de Fósforo (P) en el suelo según valores cuantitativo.

P (mtd. Olsen) ug/ml	Categoría
< 15	Bajo
15 – 30	Medio
>30	Alto

Fuente: (Besteiro and Descalzo, 2021)

2.5.5.3 Potasio

El potasio es un macronutriente absorbido en grandes cantidades por las plantas y que menores problemas de disponibilidad tiene, ya que, en general, la provisión de este elemento en los suelos es aceptable a diferencia del fósforo o del azufre; estando presente en la solución del suelo solamente como un catión cargado positivamente (K⁺), además no ocasiona problemas ambientales cuando sale del sistema suelo, considerándose no tóxico y ayudando a la eutrofización en cualquier ecosistema (Rizo 2010, p. 1).

Determinación

Este catión se extrae con acetato de amonio 1 N a pH neutro y se cuantifica por absorción atómica, en suelos calcáreos se recomienda extraer con acetato de amonio 1 N a pH de 8,5 para evitar sobreestimaciones de calcio y magnesio (EnlACe 2015, p. 61), así mismo en conjunto con los valores obtenidos en laboratorio se procede a establecer el rango de potasio en el suelo con una categoría indicada en la Tabla 2-18.

Tabla 2-18: Rango de Potasio (K) en el suelo.

K (meq/100g)	Categoría
< 0,20	Bajo
0,20 – 0,40	Medio
> 0,40	Alto

Fuente: (EnlACe 2015)

2.5.5.4 Calcio (Ca)

El contenido de calcio de los diferentes tipos medios edáficos varía principalmente según los factores parenterales, así como el clima y la humedad que afectan el desarrollo en los organismos, en suelos inorgánicos tienden a contener altos niveles de Ca^{2+} , por lo tanto, el encalado es la principal forma de mejorar la estructura del suelo y pH; en suelos ácidos de turba el contenido natural de Ca puede ser tan bajo que las plantas sufren de deficiencia, siendo aconsejable la aplicación de fertilizantes que contengan dicho elemento (Mengel y Kirkby 2000, p. 401).

Determinación

Este catión se extrae con acetato de amonio 1 N a pH neutro y se cuantifica por el método de absorción atómica, asimismo en los suelos calcáreos se recomienda extraer con acetato de amonio 1 N a pH de 8,5 para evitar sobreestimaciones de magnesio (EnlACe 2015, p. 61), para ello se establece un rango de calcio en el suelo de acuerdo al contenido resultante y para su posterior interpretación como se expresa en la Tabla 2-19.

Tabla 2-19: Rango de Calcio (Ca) en el suelo.

Ca (meq/ 100g)	Categoría
<5	Bajo
5-10	Medio
>10	Alto

Fuente: (EnlACe 2015)

2.5.5.5 *Magnesio (Mg)*

El magnesio procede de minerales como la biotita, hornablenda, dolomita y clorita, estando sujeta a intercambio catiónico para encontrarse en la solución del suelo, siendo adsorbido en las superficies de las arcillas o de la materia orgánica, estos suelos generalmente contienen menos magnesio que calcio, debido a que el Mg no es absorbido tan fuertemente como el Ca por los coloides del suelo, perdiéndose fácilmente por lixiviación (Chavarría 2011, p. 76).

Determinación

La absorción atómica es la técnica más utilizada para determinar el contenido del magnesio en el suelo, donde los átomos captan la luz en longitudes de onda específicas que son la base de la técnica de espectrofotometría de absorción atómica, siendo una lámpara de cátodo hueco que emite el espectro de líneas exclusivo de la sustancia; al filtrar la otra radiación que expone la

lámpara, un monocromador aísla la onda resonante y la concentración se calcula usando estándares después de medir la intensidad de absorción con y sin la muestra (McKean 1993, p. 93) para posteriormente clasificarla según la Tabla 2-20.

Tabla 2-20: Rango de Magnesio (Mg) en el suelo

Mg (meq/ 100g)	Categoría
<0,5	Muy Bajo
0,5 – 1,5	Bajo
1,5 -3,0	Medio
>3,0	Alto

Fuente: (Martín, 2021)

2.5.5.6 Sodio (Na)

Los contenidos de sodio en los suelos son similares a los iones de potasio que se encuentran más unido a los minerales de arcilla a diferencia de otros elementos, sin embargo, los niveles altos de sodio pueden reemplazar el calcio y el potasio, lo que hace que la estructura del suelo se deteriore; Jordán (2005, p. 135-137) manifiesta una baja energía de adsorción por parte de dicho elemento filtrándose fácilmente en los horizontes profundos del suelo por la lluvia en áreas con climas húmedos y semihúmedos.

Determinación

Para determinar el sodio del suelo se utiliza el procedimiento de emisión, siendo el opuesto de absorción; la muestra es atomizada en una llama de alta temperatura para estimular los átomos, estos posteriormente se encuentran agitados emitiendo radiación a longitudes de ondas características, dicha radiación es aislada de la otra difusión que es expuesta por los átomos donde mide la intensidad (McKean 1993, p. 93), presentando en la Tabla 2-21, la clasificación de Na según su contenido en el medio edáfico.

Tabla 2-21: Rango de Sodio (Na) en el suelo.

Na (meq/100 g)	Categoría
< 0,60	Bajo
0,60 - 1	Medio
> 1	Alto

Fuente: Intagri, 2014

2.5.6 *Micronutrientes*

2.5.6.1 *Hierro (Fe)*

El hierro es uno de los elementos más habituales en las rocas y en los suelos agrícolas, siendo reflejados en el color de la superficie y, en consecuencia en la diferenciación visual de los horizontes del perfil debido a los depósitos de óxidos e hidróxidos de Fe, expresados en partes por millón (ppm); estos compuestos son minerales de neoformación provenientes de la alteración del material parental en el medio edáfico, debido a que no se encuentran unidos química o estructuralmente a los silicatos, más bien se presentan como compuestos libres (Acevedo-Sandoval et al. 2004, p. 485-486).

Determinación

En la determinación del Fe se ejecuta el método de espectrofotometría de absorción atómica, donde es utilizado un agente de floculación denominado superfloc 127, el cual es una poliacrilamida de gran peso molecular y de alta efectividad en suspensiones acidas, neutras y alcalinas, además, se emplean estándares que son soluciones concentradas (1000 ppm de Fe) ya preparadas comercialmente (Silva 1989, p. 93) obteniendo los rangos expuestos en la Tabla 2-22 con la interpretación correspondiente.

Tabla 2-22: Rango de Hierro (Fe) en el suelo.

Hierro (ppm)	Categoría
<25	Bajo
25 - 50	Medio
>50	Alto

Fuente: (Martín, 2021)

2.5.6.2 *Zinc (Zn)*

La capa de superficie cultivable contiene alrededor del 66% de zinc asimilable en el suelo para la absorción de los organismos, teniendo como orígenes a los materiales silicatados, sulfuros, óxidos y carbonatos; en la disolución del suelo se encuentra fundamentalmente como Zn^{2+} , sin que tenga propiedades redox, encontrándose con mayor frecuencia en suelos ácidos que en alcalinos, siendo su mínima disponibilidad para pH por encima de 7 (Chavarría 2011, p. 79).

Determinación

Se ocupa el mismo método de espectrofotometría de absorción atómica, donde es utilizado un agente de floculación denominado superfloc 127, el cual es una poliacrilamida de gran peso molecular y de alta efectividad en suspensiones acidas, neutras y alcalinas para determinar los micronutrientes del suelo (Silva 1989, p. 91), el contenido de Zinc esta expresado en ppm como se referencia en la Tabla 2-23.

Tabla 2-23: Rango de Zinc (Zn) en el suelo.

Zn (ppm)	Categoría
<1,5	Bajo
1,50 – 3,0	Medio
>3,0	Alto

Fuente: (Martín, 2021)

2.5.6.3 Manganeseo

El manganeseo en el suelo proviene de óxidos, carbonatos, silicatos y sulfatos, su disponibilidad depende tanto del pH como del potencial redox, a pH > 5,5 se favorece la oxidación por acción biológica en superficies con buena aireación pasando a ser más disponibles en pH ácidos, de lo contrario tiende a disminuir el contenido en el medio edáfico, lo que dificulta la absorción por parte de la planta (Chavarría 2011, p. 81).

Determinación

La determinación del manganeseo del suelo está estipulada por método de espectrofotometría de absorción atómica, donde es utilizado un agente de floculación denominado superfloc 127, el cual es una poliacrilamida de gran peso molecular y de alta efectividad en suspensiones acidas, neutras y alcalinas para determinar los micronutrientes del suelo (Silva 1989, p. 91), su categorización se presenta en la Tabla 2-24.

Tabla 2-24: Rango de Manganeso (Mn) en el suelo.

Mn (ppm)	Categoría
< 15	Bajo
15 – 25	Medio
> 25	Alto

Fuente: (Martín, 2021)

2.6 Métodos de muestreo

Los métodos de muestreo permiten conocer las características del suelo antes de su uso para cualquier fin, dicho análisis sirve como la mejor una herramienta de diagnóstico para identificar sus condiciones, accediendo a planificar adecuadamente y, además, gestionar actividades al tiempo que ajusta los insumos de producción, sin embargo, si el muestreo fue insuficiente o no representativo del sitio a evaluar, el análisis no brindaría un panorama real para una óptima producción de cualquier especie forestal o agrónoma (de Bustos 2013, p. 1).

2.6.1 Tipo y cantidad de muestras por tomar

2.6.2 Muestra simple

La muestra simple es aquella se puede adquirir mediante una sola extracción del suelo, siendo utilizada para trabajos de investigación sin mayor complejidad o también se ejecuta en suelos extremadamente uniformes, sin características topográficas relevantes; es aconsejable tomar al menos cuatro muestras de un kilogramo de suelo por cada sector que se pretenda evaluar, con el objetivo de generar representatividad en la composición edafológica (Sosa s.f, p. 1).

2.6.3 Muestra compuesta

Es el más utilizado a la hora de planificar la fertilización, para ello se genera una muestra de suelo a partir de varias muestras simples o submuestras mezcladas uniformemente, con una variación en su peso desde 0,5 a 1 kg; es recomendable recolectar entre 15 y 20 submuestras por parcela de muestreo, es importante recordar que cada submuestra tiene el mismo volumen, igual sección transversal y profundidad que las demás (Sosa s.f, p. 2).

2.6.4 *Tamaño de la muestra*

De acuerdo a la información otorgada en el Laboratorio de Suelos de la Facultad de Recursos Naturales-ESPOCH, es recomendable que por cada 20 hectáreas se debe establecer 3 muestras de suelo mínimo para un resultado representativo en la investigación, esto por las extensiones considerables de las tres comunidades que sobrepasan las 100 hectáreas esto en concordancia con Mendoza & Espinoza (2017, p. 15-16) generando así la siguiente ecuación:

$$n = \frac{\text{superficie de estudio (has)} * 3}{20}$$

Donde: n: Tamaño de muestra

3: número mínimo de muestras de suelo por cada 20 has

20: superficie (has) establecida para la toma de muestras

2.7 *Generalidades de las parroquias*

2.7.1 *Características del lugar*

2.7.1.1 *Localización*

Las comunidades El Triunfo y San Carlos pertenecen al cantón Loreto, mientras que el sector Alto Huamayacu se ubica en el catón La Joya de los Sachas, pertenecientes a la provincia de Orellana, para el establecimiento de las plantaciones forestales de balsa como parte del incentivo económico que ofrece el Departamento de Gestión Ambiental hacia el sector rural y bajo el mando del Gobierno Autónomo Descentralizado jurisdiccional (GADP, 2015).

2.7.1.2 *Características climatológicas*

La comunidad El Triunfo posee una temperatura media anual de 21°C, una humedad relativa anual del 85% y una precipitación promedio anual de 4000 mm; en el sector San Carlos se registra precipitaciones de 6000 mm, con una temperatura de 25 °C, una humedad del 85 a 95 % en promedio durante el año; en la zona de Alto Huamayacu se presencia una temperatura de 25,5 °C con lluvias que llegan hasta los 3000 mm, acompañados de una humedad del 90% durante los 12 meses (GADP, 2015).

2.7.1.3 *Zona de vida*

Comunidad Alto Huamayacu - Cantón La Joya de los Sachas

Este sector se encuentra en un ecosistema de Bosque inundable de palmas de la llanura aluvial de la Amazonía, que representa a bosques permanentemente anegados o inundados donde la palma *Mauritia flexuosa* es un elemento dominante, en algunos casos conforma rodales monoespecíficos, estas especies se adaptan a los terrenos hidromórficos inundables de planicies ligeramente depresionadas y pantanosas que ocupan grandes extensiones, especialmente en la parte central del norte de la Amazonía ecuatoriana (MAE, 2012).

Comunidades El Triunfo y San Carlos - Cantón Loreto

Pertenece al Bosque siempreverde pie montano sobre afloramientos de roca caliza de las cordilleras amazónicas en las vertientes bajas de la Cordillera Oriental y las Cordilleras Galeras, Kutukú y Cóndor con substrato de rocas sedimentarias calizas, con un suelo arcilloso con bajo contenido de arena, además un sotobosque que incluye arbustos típicos como: *Podandrogynne brevipedunculata*, *Erythrina schimpfii*, *Tabernaemontana sananho*, *Sanango racemosum* y numerosas especies de *Psychotria* y *Palicourea* (MAE, 2012).

2.8 Sistemas de Información Geográfica (SIG)

Los Sistemas de Información Geográfica son herramientas que en conjunto con un software y hardware permiten interactuar con información ya georreferenciada sobre cualquier tema de carácter cartográfico, es decir, ayuda en la adquisición, mantenimiento e interacción de datos espaciales, generando como resultado mapas, informes, gráficos entre otras aplicaciones de análisis en la superficie terrestre (Olaya 2020, p. 4-7).

2.9 Georreferenciación

La georreferenciación es una técnica de posicionamiento en el espacio, que mediante un proceso permite atribuir coordenadas geográficas a datos o cualquier información obtenida de fenómenos terrestres, dichos valores espaciales se ocupan para un análisis más completo al calcular distancias, direcciones, superficies o simplemente evaluar formalmente combinaciones, asociaciones, superposiciones entre otras aplicaciones geográficas (Espigao y Almonacid 2019, pp. 8-10)

2.10 Geolocalización

La geolocalización es una tecnología diseñada para el acceso a información sobre cualquier entidad en el plano terrestre, es decir que puede ser localizado con ayuda de datos previamente registrados en softwares; en el ámbito forestal resulta ventajoso en el tema de logística ya sea mediante un sistema automatizado que mejora el rendimiento de las personas involucradas en cada fase, generando una evaluación eficiente en dichos procesos (Magni 2019, p. 38).

2.11 Sistema GNSS y GPS

2.11.1 Global Navigation Satellite System o GNSS

Es el grupo de tecnologías de navegación satelital que ofrecen cobertura global y posicionamiento geoespacial de forma autónoma, su estructura se compone de tres segmentos distintos que forman los sistemas de navegación por satélite, siendo estos: el segmento espacial, la sección de control y de usuario, si alguno de estos tres elementos es omitido, no se puede entender un GNSS (García 2008, p. 5).

2.11.2 Sistema de Posicionamiento Global (GPS)

El GPS es un sistema de navegación que proporciona información relativa a la ubicación, componiéndose de satélites, un receptor y múltiples algoritmos para sincronizar datos de localización, con el objetivo de desplazarse a un punto en el plano espacial a más de un aporte en tercera dimensión que permite calcular la altitud o la distancia entre dos elementos, todo esto es posible realizarlos desde cualquier dispositivo tecnológico que recibe y transmite señales por GPS (Kyes, J. 2022).

2.12 Mapas de superficie

Los mapas de superficie son aquellos que proporcionan información sintetizada de un territorio o de fenómenos naturales en una representación visual con puntos de localización, coordenadas de orientación entre otras características de dicha área geográfica sobre una superficie bidimensional y dentro de una escala métrica, es así que se simplifica mediante la simbología presente en el mapa (GeoTing 2020).

2.12.1 Mapas temáticos

Es la esquematización de cualquier fenómeno terrestre constituido en un mapa, cuyo propósito es que el usuario intérprete una idea de manera visual con los datos presentados a una escala específica para el objeto simbolizado, para ello es necesario un plano topográfico como base, el cual se obtiene simplificando los puntos más finos del mapa, esto genera una mejor accesibilidad y transmisión de información técnica (Dávila 2013, p. 9).

2.12.2 Mapa Edafológico

El mapa edafológico es una representación digital del suelo mediante la recopilación de datos de campo, posteriormente un análisis técnico y esquematización de las características que existe en una superficie geográfica, ya sea con información detallada sobre su composición, textura, pH, el contenido de nutrientes entre otras variables, siendo fundamental en la agricultura para la toma de decisiones al implementar cualquier cultivo (Balmaseda y Ponce de León 2010, p. 47).

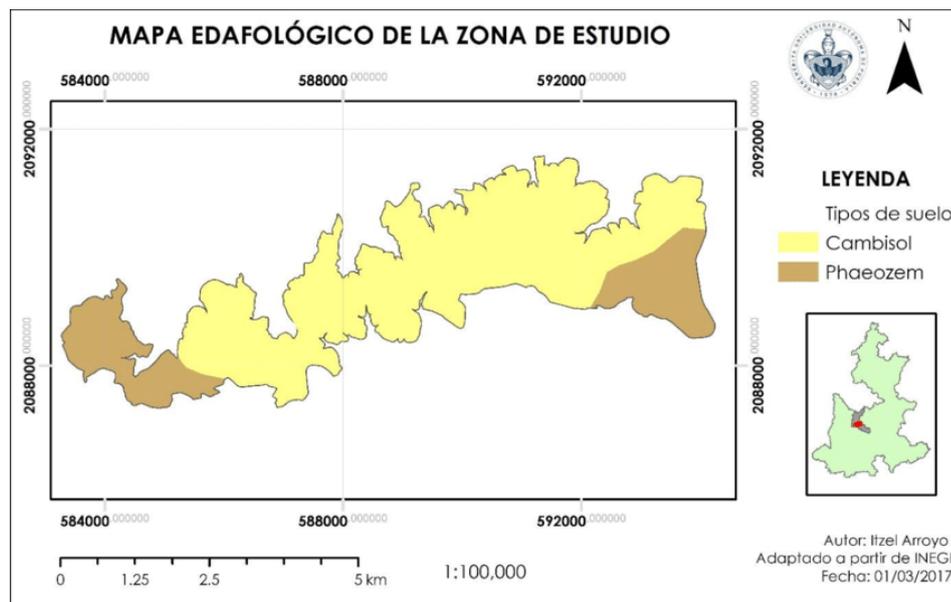


Ilustración 2-1: Mapa Edafológico de la zona de estudio/Impacto de los procesos erosivos sobre las características y propiedades de los suelos en la región Sur de Valsequillo, Puebla

Fuente: (Arroyo et al. 2017, p. 38)

2.13 Mapas de superficie

2.13.1 Método IDW

El método de la Distancia Inversa Ponderada/ Inverse Distance Weighted (IDW), interpola los datos de una muestra, dando mayor peso a los valores que se encuentran más cerca y menos a los valores más alejados de la recta, el resultado establece que el peso de cada muestra es inversamente proporcional a la distancia desde el lugar de dónde se está obteniendo dicho punto sobre el plano espacial (Rodríguez 2014, p. 5).

2.13.2 Método Kriging

Este método se enfoca en minimizar la varianza del error esperado, que es la diferencia entre el valor real y el valor estimado para ofrecer dos tipos de interpolación: puntual o en bloque, esto permite la incorporación de variables auxiliares, además, estos dos tipos de estimación dan paso a la incorporación de variables auxiliares que mejoran la calidad de la predicción en cada punto a diferencia del procedimiento IDW (Rodríguez 2014, p. 6).

CAPÍTULO III

3 MARCO METODOLÓGICO

3.1 Metodología

3.1.1 *Enfoque de la Investigación*

La presente investigación tiene un enfoque mixto (cuantitativo, cualitativo), que se llevó a cabo en las tres comunidades: Triunfo, San Carlos ubicadas en las parroquias Ávila Huiruno y Puerto Murialdo respectivamente, perteneciente al cantón Loreto; mientras que Alto Huamayacu, está ubicada en la parroquia La Joya de los Sachas en el cantón que lleva el mismo nombre. Se localizan al norte de la Región amazónica del Ecuador, con una altitud desde 255-400 msnm y con un clima lluvioso tropical promedio de 24,4 °C.

3.1.2 *Nivel de Investigación*

El estudio tiene un nivel de investigación intermedio analítico, donde se realiza un análisis de suelo más completo y detallado con el objetivo de resolver situaciones actuales de la calidad del suelo y su efecto en posteriores plantaciones forestales, mediante la recopilación de muestras de suelo de diferentes zonas en las tres comunidades para su análisis en un laboratorio obtener la cuantificación de macro y micronutrientes que puedan influir en la fertilidad.

3.1.3 *Diseño de Investigación*

La investigación presenta un diseño descriptivo para establecer qué tan aptos son los suelos de las comunidades El Triunfo, San Carlos y Alto Huamayacu para el establecimiento de plantaciones de balsa, mediante la evaluación de las propiedades físico-químicos del medio edáfico en conjunto con la aplicando técnicas de muestreo en zigzag en campo y el posterior análisis en el Laboratorio de la Facultad para determinar las condiciones en las que se encuentra las áreas de estudio.

3.1.3.1 *Según la manipulación o no de la variable independiente (no experimental, casi experimental, experimental)*

Es una investigación no experimental debido a que la variable independiente no presentó manipulación y evaluando solamente las propiedades físico-químicas de los suelos de las tres comunidades: El Triunfo, San Carlos y Alto Huamayacu, de la provincia de Orellana, consistiendo en caracterizar la fertilidad existente en las áreas de estudio para la implementación de plantaciones de balsa.

3.1.3.2 *Según las intervenciones en el trabajo de campo (transversal, longitudinal)*

La investigación presentó una intervención de carácter transversal en la fase de campo, debido a la recolección de datos en un periodo de tiempo establecido para el estudio y así, determinando las variables cuantitativas y cualitativas proporcionadas por las propiedades físico-químicas de los suelos de las comunidades El Triunfo, San Carlos y Alto Huamayacu para la implementación de plantaciones de balsa

3.2 Tipo de estudio (documental/de campo)

El presente trabajo es de tipo campo/ laboratorio, de acuerdo a la metodología empleada para la toma de muestras de los suelos de las tres comunidades El Triunfo, San Carlos y Alto Huamayacu de la provincia de Orellana con la obtención de datos reales y estudiarlos sin manipular las variables establecidas. Por esta razón, su característica esencial se lleva cabo con la recopilación de muestras y posteriormente ser evaluadas en el laboratorio de Suelos de la Facultad de Recursos Naturales.

3.3 Ubicación geográfica

La presente investigación se llevó a cabo en los suelos de las tres comunidades: Triunfo, San Carlos ubicadas en las parroquias Ávila Huiruno y Puerto Murialdo respectivamente, perteneciente al cantón Loreto; mientras que Alto Huamayacu, se encuentra en la parroquia La Joya de los Sachas en el cantón que lleva el mismo nombre. Las tres comunidades se localizan al norte de la Región amazónica del Ecuador, con una altitud desde 255-400 msnm y con un clima lluvioso tropical.

MAPA DE UBICACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

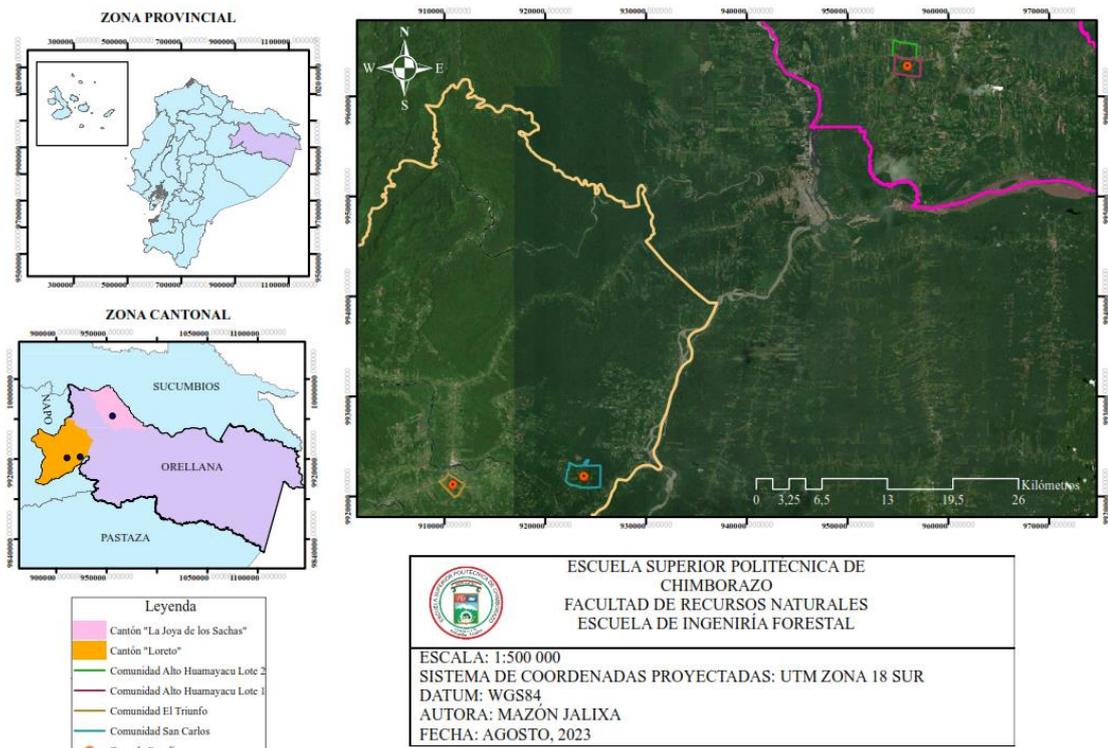


Ilustración 1-3. Georreferenciación de las tres comunidades evaluadas

Realizado por: Mazón, J. 2023

3.4 Materiales y equipos

3.4.1 *Materiales de campo*

- Barreno
- fundas plásticas ziploc
- lápiz, marcador
- balde 4L
- botas de caucho.

3.4.2 *Equipos de campo*

- Cámara fotográfica de 25 megapíxeles f/1.7
- GPS GARMIN 62SC.

3.4.3 Equipos informáticos

- Computador Lenovo Windows 11
- aplicación móvil “UTM Geo Map”
- software Microsoft Word, Excel
- InfoStat (programa con prueba de 30 días),
- ArcMap 10.8.

3.5 Metodología para determinar el tamaño de la muestra de suelo

3.5.1 Cálculo del tamaño de la muestra.

Para la caracterización físico-química de los suelos en las tres comunidades antes mencionadas, se realizó un muestreo utilizando la metodología de Mendoza & Espinoza y con la ecuación establecida se obtuvo 273 muestras en total, 45 muestras de los suelos del sector Triunfo, 107 del sector San Carlos, 121 de Alto Huamayacu, siendo trasladadas posteriormente al Laboratorio de Suelos de la Facultad de Recursos Naturales-ESPOCH.

3.6 En campo

Se procedió a formar un trayecto para la toma de puntos del área de trabajo, levantando las coordenadas por cada una de las zonas de muestreo mediante el uso del GPS GARMIN 62SC; dichas muestras se tomaron a una profundidad de 30 cm con ayuda del barreno siguiendo un desplazamiento en zigzag para cubrir toda el área y resulte una muestra representativa, posteriormente se almacenaron en fundas ziploc la cantidad de 1kg con el etiquetado con pegatinas de diferentes colores (Fucsia, Verde neón, Naranja Neón) según la zona de estudio en conjunto con el libro de campo registrando información de Provincia, Cantón, Parroquia, Comunidad, N° de muestra.

3.6.1 En Laboratorio

Se trasladó las 273 muestras etiquetadas al laboratorio de Suelos de la Facultad de Recursos Naturales-ESPOCH para la determinación de las propiedades físico-químicas, colocándolas inicialmente en la Estufa a 105 °C durante 24 horas. Para la determinación de las propiedades

físicas, se ejecutó en asesoría con la Técnico Docente del Laboratorio en cada procedimiento para mayor veracidad y seguridad.

3.6.2 Para cumplimiento del primer objetivo se utilizó la siguiente metodología

3.6.2.1 Determinación de propiedades físicas

Textura del suelo

Con las muestras preparadas en el Laboratorio de Suelos, se aplicó el método del densímetro establecida por Jaramillo, mediante el siguiente procedimiento:

- Se pesó 100 g de suelo, seco al aire, cernido por tamiz de 2 mm (TFSA).
- Agregar 10 ml de agente dispersante (Hexametáfosfato de sodio).
- Añadir 200 ml de agua, mezclando y dejando en reposo durante 24 horas.
- Posteriormente se trasladó la suspensión a los cilindros de vidrio (Bouyoucos)
- A ello, se lavó los frascos con chorro de agua de la pisseta, cuidando que no quede partículas de suelo en el frasco.
- Después se completó el volumen a 1000 ml con el Higrómetro sumergido
- Se agitó vigorosamente la suspensión del cilindro, tapando con la palma de la mano por un lapso de un minuto.
- Sobre una superficie rígida, se dejó en reposo para tomar la primera lectura a los 40 segundos.
- La segunda lectura se efectuó a las dos horas transcurridas.
- Con los datos obtenidos procedimos a calcular los porcentajes de Arena, Limo, Arcilla con la Ecuación 3-1.

Densidad real

Se utilizó el método del picnómetro presentada por Jaramillo, siendo el más recomendable para la determinación de la densidad real en las muestras de suelo de las tres comunidades. En él se desarrollaron los siguientes pasos:

- Se pesó el picnómetro vacío e identificó con lápiz.
- Seguido se agregó 5 gramos de suelo en el picnómetro.
- A ello se pesó el picnómetro con agua destilada, cuidando que no exista burbujas de aire.
- Posterior se realizó una nueva pesada y,

Finalizando el cálculo de la densidad real con a la Ecuación 3-2.

Densidad aparente

En esta ocasión se aplicó el método del cilindro biselado expuesto por Jaramillo, en el cual se realizó una perforación en cada sector con un aproximado de 20 cm * 20 cm a la misma profundidad que utilizada para la toma muestras compuestas de suelo e insertando el cilindro a una pared de la excavación, se llevaron al laboratorio para después continuar con los siguientes pasos:

- Inicialmente se pesó el cilindro vacío
- Seguido se procedió a pesar el suelo húmedo
- Continuando con la colocación de la muestra de suelo a la estufa a una temperatura de 60 °C durante 24 horas.
- Después se retiró de la estufa para su respectivo enfriamiento y se pesó con la muestra de suelo seco.
- Por último, se calculó la Densidad Aparente de las muestras con la Ecuación 3-3.

Humedad del suelo

En este caso fue utilizado el método gravimétrico estipulado por Bonilla, que consistió en:

- Inicialmente se pesó la muestra de suelo húmedo
- Seguido se procedió a colocar la muestra húmeda en la estufa a 105 °C durante 24 horas.
- La muestra seca se retiró de la estufa para luego pesarla por segunda ocasión.
- Culminando con el cálculo de la Humedad del suelo con la Ecuación 3-4.

Color de suelo

Para la determinación de color del suelo, se procedió a determinar en cada una de las muestras en estado húmedo y seco de acuerdo Jaramillo, utilizando la tabla Munsell facilitada por el Laboratorio de Suelos- FRN de la siguiente forma:

- Una vez seleccionado una muestra de suelo ya sea en estado húmedo o seco con ayuda de una cuchara de plástico.

- Se procedió a colocar la muestra debajo de la sección que más se asemeja al matiz del suelo que se encuentra en la parte superior derecha (2,5 YR/ 5 YR/ 7,5 YR/ 10 YR), siendo el último el más común en suelos tropicales.
- Una vez determinado el Matiz, se estableció el Value que se ubica a la izquierda y se obtuvo direccionándonos de arriba hacia abajo como se muestra en la sección de la Tabla de Munsell
- Continuamos con el Chroma que se encuentra en la parte inferior de la hoja, cuyo valor se determinó de manera horizontal.
- Para la determinación del código final se encontró una intersección entre el Value y la Chroma. Ejem: 10YR 3/4
- Se obtuvo el código final que en el reverso de la hoja o sección presenta la interpretación del Color del suelo (10YR 3/4= Dark yellowish brown).

Porosidad

Con los datos resultantes en los cálculos anteriores de la Densidad real y Densidad aparente, se aplicó Ecuación 3-5 basado en la metodología de Jaramillo.

Consistencia

La consistencia se determinó mediante el método de Tacto establecido por Jaramillo, el cual consistió en utilizar nuestro sentido para evaluar la resistencia al desmoronamiento en estado húmedo, categorizándolas en términos de friabilidad, firme, suelta; mientras tanto en estado seco se valoró escalas de dureza o si era suelta. Además, su pegajosidad y ductilidad también se valoró cuando las muestras de suelo estaban mojadas. Todo esto mediante la manipulación de las muestras de suelos en las manos mediante cordones, pelotas, apiñaduras.

Estabilidad Estructural

Para su determinación, se empleó el método de Henin presentado con adaptaciones por Jaramillo que consistieron en colorar un vaso de 7 onzas cubierto con una gasa quirúrgica sujeta con una liga, posteriormente se vertió agua hasta ocupar 2/3 de volumen del recipiente para seleccionar un agregado que se obtuvo de las muestras de los suelos secas al aire y ponerlo sobre la gasa. Una vez realizado ese paso, en grupos de 10 - 20 muestras se realizó movimientos circulares a cada vaso en una superficie firme por un lapso de 10 segundos para evaluar su resistencia a disgregarse en 5 minutos en total.

3.6.2.2 *Propiedades químicas*

En esta etapa, el técnico docente encargado del Laboratorio de Suelos de la Facultad de Recursos Naturales de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo facilitó los resultados que se emitieron formato físico con los permisos y autorización por parte de director del área.

3.6.3 *Análisis estadístico*

La base de datos cuantitativa obtenida de las propiedades fisicoquímicas de los suelos se empleó el método estadístico o Prueba no paramétrica de Kruskal Wallis ejecutada en InfoStat, programa libre por 30 días.

3.6.4 *Para el cumplimiento del segundo objetivo se utilizó la siguiente metodología*

Se realizó la generación de información de carácter técnica de las propiedades físico-químicas en relación con las plantaciones de balsa mediante:

3.6.4.1 *Importación de datos de las muestras de suelos al software ArcMap 10.8*

- Se diseñó la base de datos en Excel de las evaluaciones físico-químicas que fueron realizadas y facilitadas en el Laboratorio de Suelos FRN-ESPOCH.
- Posteriormente se importó la base de datos del proyecto al software georreferencial ArcMap 10.8
- Seguido a eso fue la elaboración de un polígono de prueba (*Test polygon*) que sea más extenso que el polígono de estudio y que cada figura que lo conforme este superpuesto un poco al anterior para menor error en la interpolación de valores.

3.6.4.2 *Elaboración del mapa de la superficie mediante los métodos IDW*

- Con los polígonos o shapefiles necesarios (Área o superficie, variables evaluadas, *Test Polygon*) de cada comunidad, se prosiguió a ejecutar la herramienta de IDW para cada factor físico-químico, obteniendo un Ráster temático con información cuantitativa.
- Se prosiguió a diseñar los mapas temáticos de cada variable físico-química del suelo con los resultados de las tres comunidades.
- La información adquirida de las variables físico-químicas de los suelos en las tres comunidades estudiadas se extrajo en formato CVS para ejecutarla en Excel.

- Se finalizó con la restructuración de la Tabla resultante de la aplicación del método IDW para una mejor interpretación.

3.6.5 *Para el cumplimiento del tercer objetivo se utilizó la siguiente metodología*

Se realizó la generación de información de carácter técnica de las propiedades físico-químicas en relación con las plantaciones de balsa mediante La formación de una tabla información general de las comunidades El Triunfo, San Carlos y Alto Huamayacu de la provincia de Orellana para una lectura contrastante de los requerimientos nutricionales del suelo más esenciales para la implementación de plantaciones de balsa.

CAPÍTULO IV

4 MARCO DE ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

4.1 Evaluación de las propiedades fisicoquímicas de los suelos en estudio

4.1.1 *Propiedades cualitativas*

4.1.1.1 *Textura del suelo*

Como resultado de la textura de los suelos estudiados con las muestras preparadas en el Laboratorio de Suelos de la Facultad de Recursos Naturales y aplicando el método de Bouyoucos se obtuvo la Tabla 4-1.

Tabla 4-1: Texturas de los suelos de tres comunidades de la provincia de Orellana

Comunidad	N	Textura
El Triunfo (1)	45	Franco arenoso
Alto Huamayacu (2)	121	Franco limoso
San Carlos (3)	107	Franco limoso

Fuente: Laboratorio de Suelos FRN-ESPOCH

4.1.1.2 *Color del suelo*

Color en suelo húmedo

Los colores de los suelos de las tres comunidades en estado húmedo utilizando la tabla Munsell, presentaron los siguientes resultados (Tabla 4-2).

Tabla 4-2: Datos obtenidos de Laboratorio de Suelos de la Facultad de Recursos Naturales

Comunidad	N	Color del suelo húmedo
El Triunfo (1)	45	Amarillento oscuro
Alto Huamayacu (2)	121	Amarillento parduzco
San Carlos (3)	107	Pardo oscuro

Fuente: Laboratorio de Suelos FRN-ESPOCH

Color en seco

Como resultado de la evaluación del color de los suelos de las tres comunidades en fase seca y utilizando la tabla Munsell, se obtuvo la Tabla 4-3.

Tabla 4-3: Datos obtenidos con la Tabla Munsell para el color de suelo en seco

Comunidad	Número de muestras	Color del suelo seco
El Triunfo (1)	45	Pardo amarillento
Alto Huamayacu (2)	121	Amarillento parduzco
San Carlos (3)	107	Pardo amarillento

Fuente: Laboratorio de Suelos FRN-ESPOCH

4.1.1.3 Consistencia del suelo

Los datos obtenidos de la consistencia de los suelos de las comunidades El Triunfo, San Carlos y Alto Huamayacu en estado húmedo y mojado, se presentan en la Tabla 4-4.

Tabla 4-4: Categorías obtenidas de Consistencia del suelo húmedo, mojado y seco

Comunidad	Número de muestras	Suelo húmedo	Suelo Mojado		Suelo seco
			Pegajosidad	Plasticidad	
El Triunfo (1)	45		Ligeramente pegajoso	Moderadamente plástico	Dura
Alto Huamayacu (2)	121	Friable			
San Carlos (3)	107				

Fuente: Laboratorio de Suelos FRN-ESPOCH

4.1.1.4 Estabilidad estructural

La estabilidad estructural resultante de las 273 muestras de los suelos de las tres comunidades evaluadas en el Laboratorio de Suelos – FRN, se exponen en la Tabla 4-5.

Tabla 4-5: Datos obtenidos sobre la Estabilidad estructural en un tiempo de 5 minutos

Comunidad	Número de muestras	Disgregación de partículas de suelo seco por agitación en agua/5 min	Estabilidad estructural
El Triunfo (1)	45	Media	Moderada: Posibilidad media de erosión
Alto Huamayacu (2)	121	Alto	Fuerte: Baja posibilidad de erosión
San Carlos (3)	107	Baja	En riesgo: Alta posibilidad de erosión

Fuente: Laboratorio de Suelos FRN-ESPOCH

4.1.2 Propiedades cuantitativas

Las variables cuantitativas se analizaron en el Software estadístico InfoStat ejecutando la Prueba no paramétrica de Kruskal Wallis en las comunidades El Triunfo, San Carlos y Alto Huamayacu de la provincia de Orellana para la implementación de plantaciones de balsa, obteniendo los siguientes resultados:

4.1.2.1 Altitud

El cálculo de altitud para las Comunidades de estudio se realizó mediante la aplicación georreferencial móvil, con un lapso de tiempo de espera > 1 minuto para minimizar el rango de error, expresados en metros sobre el nivel del mar (m.s.n.m); las altitud de las comunidades El Triunfo, Alto Huamayacu y San Carlos de la provincia de Orellana para la implementación de plantaciones de balsa, presenta diferencias estadísticas significativas entre las áreas de estudio con un valor de $p < 0,0001 (<0,05)$. Los datos de las medianas definen tres grupos, siendo el valor más alto con 402 m.s.n.m (El Triunfo), seguido de 324 m.s.n.m (San Carlos) y como el menor valor (Alto Huamayacu) 287 m.s.n.m. (Tabla 4-6).

Tabla 4-6: Análisis estadístico de la variable Altitud de las comunidades mediante la Prueba de Kruskal Wallis

Variable	Comunidad	N	Medias	D.E	Medianas	H	p	Trat.	Rangos
Altitud (m)	El Triunfo (1)	45	400,33	7,47	402,00	219,07	<0,0001	2	63,70 A
	Alto Huamayacu (2)	121	290,79	12,70	287,00	219,07	<0,0001	3	171,94 B
	San Carlos (3)	107	324,29	8,26	324,00	219,07	<0,0001	1	251,00 C

*N=números de observaciones; D. E=Desviación estándar; H y p = estadísticos de probabilidad

Fuente: Laboratorio de Suelos FRN-ESPOCH

4.1.2.2 Densidad real

Para la evaluación de la densidad real de los suelos en estudio se aplicó el método del picnómetro que fueron expresados en gramos por centímetro cubico de agua (g/cm^3), cuyos valores obtenidos de las medianas determinadas se muestran en la Tabla 4-7; presentando diferencias estadísticas significativas como se con un valor de $p < 0,05 (< 0,0001)$, definiendo dos grupos, siendo 2,49 g/cm^3 siendo la cifra más alta (El Triunfo y Alto Huamayacu) en contraste con 2,46 g/cm^3 (San Carlos) como el valor menor.

Tabla 4-7: Análisis estadístico de la variable Densidad Real en los suelos de las comunidades mediante la Prueba de Kruskal Wallis

Variable	Comunidad	N	Medias	D.E	Medianas	H	p	Trat.	Rangos	
Densidad Real (g/cm ³)	El Triunfo (1)	45	2,52	0,07	2,49	18,19	0,0001	3	111,81	A
	Alto Huamayacu (2)	121	2,51	0,09	2,49	18,19	0,0001	2	151,24	B
	San Carlos (3)	107	2,45	0,10	2,46	18,19	0,0001	1	158,59	B

*N=números de observaciones; D. E=Desviación estándar; H y p = estadísticos de probabilidad

Fuente: Laboratorio de Suelos FRN-ESPOCH

4.1.2.3 Densidad aparente

La densidad aparente de los suelos de las tres comunidades se calculó a partir de datos obtenidos de la Densidad real y expresados en (g/cm³); de acuerdo con los valores obtenidos de las medianas en la Tabla 4-8, se observa diferencias estadísticas significativas con un valor de $p < 0,005$ ($< 0,0001$). Se establecieron tres grupos, iniciando con la cifra superior de 1,43 g/cm³ (Alto Huamayacu), seguido de 1,30 g/cm³ (El Triunfo) y finalizando con la 1,25 g/cm³ (San Carlos).

Tabla 4-8: Análisis estadístico de la variable Densidad Aparente en los suelos de las comunidades mediante la Prueba de Kruskal Wallis

Variable	Comunidad	N	Medias	D.E	Medianas	H	p	Trat.	Rangos	
Densidad aparente (g/cm ³)	El Triunfo (1)	45	1,30	0,07	1,30	100,74	<0,0001	3	86,53	A
	Alto Huamayacu (2)	121	1,42	0,10	1,43	100,74	<0,0001	1	115,57	B
	San Carlos (3)	107	1,27	0,07	1,25	100,74	<0,0001	2	189,60	C

*N=números de observaciones; D. E=Desviación estándar; H y p = estadísticos de probabilidad

Fuente: Laboratorio de Suelos FRN-ESPOCH

4.1.2.4 Porosidad

Con los datos resultantes y las ecuaciones establecidas en la metodología, se obtuvo la porosidad calculada para las muestras de los suelos en estudio expresadas en porcentaje (%). Según las medianas determinadas en la Tabla 4-9, se identificaron diferencias estadísticas significativas con un valor de $p < 0,05$ ($< 0,0001$) estableciendo dos grupos: 56,46 % para Alto Huamayacu, siendo

la cifra más alta, seguido de 51,82 % en San Carlos y El Triunfo con 51,57 % posicionándolo con el dato más bajo.

Tabla 4-9: Análisis estadístico de la variable Porosidad en los suelos de las comunidades mediante la Prueba de Kruskal Wallis

Variable	Comunidad	N	Medias	D.E	Medianas	H	p	Trat.	Rangos
Porosidad (%)	El Triunfo (1) Alto	45	51,83	3,20	51,82	61,76	<0,0001	1	100,89 A
	Huamayacu (2)	121	56,46	4,48	56,60	61,76	<0,0001	3	104,62 A
	San Carlos (3)	107	52,16	3,89	51,57	61,76	<0,0001	2	179,07 B

*N=números de observaciones; D. E=Desviación estándar; H y p = estadísticos de probabilidad

Fuente: Laboratorio de Suelos FRN-ESPOCH

4.1.2.5 Humedad

Mediante la aplicación de las ecuaciones correspondientes en el capítulo anterior, se valoró el contenido de humedad en las muestras de suelo estudiadas, y expresadas en %. El valor de las medianas en concordancia con la Tabla 4-10 define dos grupos que presentan diferencias estadísticas significativas con un valor de $p < 0,05$ ($< 0,0001$), siendo San Carlos la zona con mayor humedad (41,82 %), continuando con El Triunfo (39,61 %) y finalizando con Alto Huamayacu (35,55 %).

Tabla 4-10: Análisis estadístico de la variable Humedad en los suelos de las tres comunidades mediante la Prueba de Kruskal Wallis

Variable	Comunidad	N	Medias	D.E	Medianas	H	p	Trat.	Rangos
Humedad (%)	El Triunfo (1) Alto	45	40,33	5,17	39,61	49,41	<0,0001	2	99,44 A
	Huamayacu (2)	121	35,87	5,61	35,55	49,41	<0,0001	1	162,12 B
	San Carlos (3)	107	41,25	6,17	41,82	49,41	<0,0001	3	168,91 B

*N=números de observaciones; D. E=Desviación estándar; H y p = estadísticos de probabilidad

Fuente: Laboratorio de Suelos FRN-ESPOCH

4.1.2.6 Materia Orgánica

Para el análisis de la materia orgánica del suelo de las comunidades en estudio, se aplicó el método de espectrofotometría UV-Vis y el cálculo estequiométrico expresado en %. El valor de las medianas (Tabla 4-11) expresan diferencias estadísticas significativas con un valor de $p < 0,05$ ($<$

0,0001), observando dos grupos con datos de las medianas de 8,30 % para El Triunfo siendo el valor máximo, seguido de 6,50 % en San Carlos y finalizando con una mínima de 6,20 % en Alto Huamayacu.

Tabla 4-11: Análisis estadístico de la variable Materia Orgánica en los suelos de las comunidades mediante la Prueba de Kruskal Wallis

Variable	Comunidad	N	Medias	D.E	Medianas	H	p	Trat.	Rangos	
Materia Orgánica (%)	El Triunfo (1)	45	8,11	0,98	8,30	44,96	<0,0001	2	115,26	A
	Alto Huamayacu (2)	121	6,43	1,50	6,20	49,41	<0,0001	3	132,14	A
	San Carlos (3)	107	6,78	1,23	6,50	49,41	<0,0001	1	207,01	B

*N=números de observaciones; D. E=Desviación estándar; H y p = estadísticos de probabilidad

Fuente: Laboratorio de Suelos FRN-ESPOCH

4.1.2.7 pH

En relación con la evaluación del pH de los suelos de las zonas de interés, se aplicó el método potenciométrico teniendo en cuenta que no presenta unidades como tal cuando se determina la acidez del elemento litológico. Según la Tabla 4-12, el valor de las medianas define dos grupos y demuestra que presentan diferencias estadísticas significativas con un valor de $p < 0,05$ ($< 0,0001$) con niveles superiores de 5,68 (El Triunfo), seguido de 5,48 (San Carlos y Alto Huamayacu).

Tabla 4-12: Análisis estadístico de la variable de pH en los suelos de las comunidades mediante la Prueba de Kruskal Wallis

Variable	Comunidad	N	Medias	D.E	Medianas	H	p	Trat.	Rangos	
pH	El Triunfo (1)	45	5,69	0,21	5,68	12,29	0,0021	2	127,17	A
	Alto Huamayacu (2)	121	5,33	0,67	5,48	12,29	0,0021	3	132,43	A
	San Carlos (3)	107	5,45	0,49	5,48	12,29	0,0021	1	174,32	B

*N=números de observaciones; D. E=Desviación estándar; H y p = estadísticos de probabilidad

Fuente: Laboratorio de Suelos FRN-ESPOCH.

4.1.2.8 Conductividad Eléctrica

Para la determinación de la conductividad eléctrica de los suelos de las tres comunidades en estudio, se procedió a medir la salinidad con el conductímetro cuyas unidades se expresan en decisiemens por metro (dS/m). De acuerdo con las medianas obtenidas en la Tabla 4-13 se clasifican en tres grupos con un valor de $p < 0,05$ ($<0,0001$) en: El Triunfo (0,13 dS/m), siendo la cifra más alta, continuando con San Carlos (0,09 dS/m) y culminando con el dato más bajo en Alto Huamayacu (0,07 dS/m).

Tabla 4-13: Análisis estadístico de la variable Conductividad Eléctrica en los suelos de las comunidades mediante la Prueba de Kruskal Wallis

Variable	Comunidad	N	Medias	D.E	Medianas	H	p	Trat.	Rangos
Conductividad Eléctrica (dS/m)	El Triunfo (1)	45	0,13	0,03	0,13	78,56	<0,0001	2	96,55 A
	Alto Huamayacu (2)	121	0,08	0,05	0,07	78,56	<0,0001	3	149,93 B
	San Carlos (3)	107	0,10	0,03	0,09	78,56	<0,0001	1	215,01 C

*N=números de observaciones; D. E=Desviación estándar; H y p = estadísticos de probabilidad

Fuente: Laboratorio de Suelos FRN-ESPOCH

4.1.2.9 Capacidad de Intercambio Catiónico

La capacidad el intercambio catiónico fue determinada mediante método estequiométrico, sus valores se expresaron en miliequivalentes por cien gramos de suelo (meq/100g). Según las medianas resultantes en la Tabla 4-14, no presentan diferencias estadísticas significativas con un valor de $p > 0,05$ (0,4535) presentando niveles superiores de 15,32 meq/100g para El Triunfo, seguido de 14,90 meq/100g en San Carlos, finalizando con 14,38 meq/100g en Alto Huamayacu con la categoría más baja.

Tabla 4-14: Análisis estadístico de la variable Capacidad de Intercambio Catiónico en los suelos de las comunidades mediante la Prueba de Kruskal Wallis

Variable	Comunidad	N	Medias	D.E	Medianas	H	p
Capacidad de Intercambio Catiónico (meq/100g)	El Triunfo (1)	45	15,09	3,02	15,32	1,57	0,4561
	Alto Huamayacu (2)	121	14,42	2,74	14,38	1,57	0,4561
	San Carlos (3)	107	14,95	3,26	14,90	1,57	0,4561

*N=números de observaciones; D. E=Desviación estándar; H y p = estadísticos de probabilidad

Fuente: Laboratorio de Suelos FRN-ESPOCH

4.1.2.10 Fósforo

Con las muestras de suelos de las tres comunidades en estudio, se evaluó el contenido de fósforo mediante el método Olsen expresados en microgramos por mililitro ($\mu\text{g/ml}$). Las medianas obtenidas en la Tabla 4-15 se clasifican en dos grupos presentando diferencias estadísticas significativas con un valor de $p < 0,05$ ($< 0,0001$) con niveles superiores de $18,20 \mu\text{g/ml}$ (El Triunfo) seguido de $17,23 \mu\text{g/ml}$ (San Carlos) y finalizando con $10,361 \mu\text{g/ml}$ (Alto Huamayacu) ocupando la categoría más baja.

Tabla 4-15: Análisis estadístico de la variable Fósforo en los suelos de las comunidades mediante la Prueba de Kruskal Wallis

Variable	Comunidad	N	Medias	D.E	Medianas	H	p	Trat.	Rangos	
Fósforo ($\mu\text{g/ml}$)	El Triunfo (1)	45	19,73	7,17	18,20	109,18	<0,0001	2	81,43	A
	Alto Huamayacu (2)	121	10,71	3,19	10,36	109,18	<0,0001	3	176,15	B
	San Carlos (3)	107	17,09	5,24	17,23	109,18	<0,0001	1	193,34	B

*N=números de observaciones; D. E=Desviación estándar; H y p = estadísticos de probabilidad

Fuente: Laboratorio de Suelos FRN-ESPOCH

4.1.2.11 Nitrógeno

Se evaluó el contenido de nitrógeno de las muestras de suelos de las tres comunidades en estudio, mediante el método Kjeldahl expresados en $\mu\text{g/ml}$. De acuerdo a las medianas resultantes en la Tabla 4-16 se establece dos grupos en donde se observa diferencias estadísticas significativas con un valor de $p < 0,05$ ($< 0,0001$) en niveles superiores de $0,94 \mu\text{g/ml}$ para Alto Huamayacu, seguido de $0,92 \mu\text{g/ml}$ en San Carlos, finalizando con $0,80 \mu\text{g/ml}$ en El Triunfo estableciéndose en una categoría baja.

Tabla 4-16: Análisis estadístico de la variable Nitrógeno en los suelos de las comunidades mediante la Prueba de Kruskal Wallis

Variable	Comunidad	N	Medias	D.E	Medianas	H	p	Trat.	Rangos	
Nitrógeno ($\mu\text{g/ml}$)	El Triunfo (1)	45	0,80	0,09	0,80	32,72	<0,0001	1	75,48	A
	Alto Huamayacu (2)	121	1,02	0,81	0,94	32,72	<0,0001	2	149,13	B
	San Carlos (3)	107	0,98	0,70	0,92	32,72	<0,0001	3	149,15	B

*N=números de observaciones; D. E=Desviación estándar; H y p = estadísticos de probabilidad

Fuente: Laboratorio de Suelos FRN-ESPOCH

Nota: Para los macronutrientes como: Potasio, calcio, magnesio, sodio se evaluó el contenido de potasio mediante la extracción con acetato de amonio 1N a un pH neutro expresados en meq/100g.

4.1.2.12 Potasio

De acuerdo a las medianas determinadas en la Tabla 4-17 se clasificaron dos grupos obteniendo diferencias estadísticas significativas con un valor de $p < 0,05$ ($<0,0001$) para: El Triunfo (0,49 meq/100g) siendo el nivel más alto, seguido de San Carlos (0,48 meq/100g) y Alto Huamayacu en la menor categoría (0,13 meq/100g).

Tabla 4-17: Análisis estadístico de la variable Potasio en los suelos de las comunidades mediante la Prueba de Kruskal Wallis

Variable	Comunidad	N	Medias	D.E	Medianas	H	p	Trat.	Rangos
Potasio (meq/100g)	El Triunfo (1)	45	0,49	0,21	0,45	139,05	<0,0001	2	73,98 A
	Alto Huamayacu (2)	121	0,13	0,12	0,11	139,05	<0,0001	3	184,04 B
	San Carlos (3)	107	0,48	0,29	0,45	139,05	<0,0001	1	194,61 B

*N=números de observaciones; D. E=Desviación estándar; H y p = estadísticos de probabilidad

Fuente: Laboratorio de Suelos FRN-ESPOCH

4.1.2.13 Calcio

En la Tabla 4-18 se observa que las medianas se ordenan en dos grupos presentando diferencias estadísticas significativas con un valor de $p < 0,05$ ($< 0,0001$) y niveles superiores de 7,50 meq/100g (El Triunfo), seguido de 5,95 meq/100g (San Carlos) para finalizar en 5,31 meq/100g (Alto Huamayacu) con la categoría más baja.

Tabla 4-18: Análisis estadístico de la variable Calcio en los suelos de las comunidades mediante la Prueba de Kruskal Wallis

Variable	Comunidad	N	Medias	D.E	Medianas	H	p	Trat.	Rangos
	El Triunfo (1)	45	7,56	1,20	7,50	51,87	<0,0001	2	115,69 A
	Alto Huamayacu (3)	121	5,24	1,99	5,31	51,87	<0,0001	3	129,03 A

Calcio (meq/100g)	Huamayacu (2)										
	San Carlos (3)	107	5,66	1,37	5,95	51,87	<0,0001	1	213,24	B	

*N=números de observaciones; D. E=Desviación estándar; H y p = estadísticos de probabilidad

Fuente: Laboratorio de Suelos FRN-ESPOCH

4.1.2.14 Magnesio

Las medianas presentadas en la Tabla 4-19 se organizaron en dos grupos obteniendo diferencias estadísticas significativas con un valor de $p < 0,05$ ($<0,0002$) en los siguientes valores: 8,38 meq/100g (Alto Huamayacu) siendo el nivel más alto, proseguido de 7,21 meq/100g (San Carlos) culminando con la menor categoría de 5,46 meq/100g (El Triunfo).

Tabla 4-19: Análisis estadístico de la variable Magnesio en los suelos de las comunidades mediante la Prueba de Kruskal Wallis

Variable	Comunidad	N	Medias	D.E	Medianas	H	p	Trat.	Rangos	
Magnesio (meq/100g)	El Triunfo (1)	45	5,89	3,19	5,46	17,32	0,0002	1	103,36	A
	Alto									
	Huamayacu (2)	121	7,80	2,39	8,38	17,32	0,0002	3	128,38	A
	San Carlos (3)	107	7,53	2,15	7,21	17,32	0,0002	2	157,14	B

*N=números de observaciones; D. E=Desviación estándar; H y p = estadísticos de probabilidad

Fuente: Laboratorio de Suelos FRN-ESPOCH

4.1.2.15 Sodio

Los resultados de las medianas presentadas en la Tabla 4-20, reflejan diferencias estadísticas significativas con un valor de $p < 0,05$ ($<0,0002$) con los siguientes valores: 1,10 meq/100g (San Carlos y Alto Huamayacu) siendo el nivel más alto en contraste a 1,05 meq/100g (El Triunfo).

Tabla 4-20: Análisis estadístico de la variable Sodio en los suelos de las comunidades mediante la Prueba de Kruskal Wallis

Variable	Comunidad	N	Medias	D.E	Medianas	H	p
Sodio (meq/100g)	El Triunfo (1)	45	0,95	0,27	1,05	4,15	0,0002
	Alto						
	Huamayacu (2)	121	1,04	0,18	1,10	4,15	0,0002
	San Carlos (3)	107	1,08	0,13	1,10	4,15	0,0002

*N=números de observaciones; D. E=Desviación estándar; H y p = estadísticos de probabilidad

Nota: Los micronutrientes como Hierro, zinc, manganeso se evaluaron mediante la extracción con DTPA (Ácido dietilenotriamino- pentaacético) y se expresaron en partes por millón (ppm).

4.1.2.16 Hierro

Según la Tabla 4-21, los datos obtenidos de las medianas las ordenan en tres grupos que presentan diferencias estadísticas significativas con un valor de $p < 0,05$ ($<0,0001$) para: San Carlos (85,63 ppm) ocupando el nivel más alto, seguido de El Triunfo (57,45 ppm) y Alto Huamayacu con la menor categoría (0,20 ppm).

Tabla 4-21: Análisis estadístico de la variable Hierro en los suelos de las comunidades mediante la Prueba de Kruskal Wallis

Variable	Comunidad	N	Medias	D.E	Medianas	H	p	Trat.	Rangos
	El Triunfo (1)	45	44,18	31,00	57,45	215,36	<0,0001	2	61,98 A
	Alto Huamayacu (2)	121	1,54	2,32	0,20	215,36	<0,0001	1	153,49 B
	San Carlos (3)	107	193,59	238,38	85,63	215,36	<0,0001	3	214,90 C

*N=números de observaciones; D. E=Desviación estándar; H y p = estadísticos de probabilidad

Fuente: Laboratorio de Suelos FRN-ESPOCH

4.1.2.17 Zinc

La Tabla 4-22 refleja que las medianas están clasificadas en dos grupos en donde se observa diferencias estadísticas significativas con un valor de $p < 0,05$ ($<0,0001$) en los siguientes valores: 25,20 ppm (Alto Huamayacu), siendo el nivel más alto, proseguido de 12,98 ppm (Alto Huamayacu) y 7,60 ppm situándose en la menor categoría (El Triunfo).

Tabla 4-22: Análisis estadístico de la variable Zinc en los suelos de las comunidades mediante la Prueba de Kruskal Wallis

Variable	Comunidad	N	Medias	D.E	Medianas	H	p	Trat.	Rangos
	El Triunfo (1)	45	16,27	14,60	7,60	40,30	<0,0001	3	109,26 A

Alto										
Zinc (ppm)	Huamayacu (2)	121	26,25	15,59	25,20	40,30	<0,0001	1	111,57	A
	San Carlos (3)	107	16,28	21,05	12,98	40,30	<0,0001	2	170,99	B

*N=números de observaciones; D. E=Desviación estándar; H y p = estadísticos de probabilidad

Fuente: Laboratorio de Suelos FRN-ESPOCH

4.1.2.18 Manganeseo

De acuerdo con la Tabla 4-23, los resultados de las medianas se ordenaron en tres grupos reflejando diferencias estadísticas significativas con un valor de $p < 0,05$ ($<0,0001$) en los siguientes valores: 16,60 ppm (El Triunfo), ocupando el nivel más alto, seguido de 14,43 ppm (San Carlos) y 8,53 ppm (Alto Huamayacu) con una categoría baja.

Tabla 4-23: Análisis estadístico de la variable Manganeseo en los suelos de las comunidades mediante la Prueba de Kruskal Wallis

Variable	Comunidad	N	Medias	D.E	Medianas	H	p	Trat.	Rangos	
Manganeseo (ppm)	El Triunfo (1)	45	16,60	19,46	13,52	44,24	<0,0001	2	103,77	A
	Alto Huamayacu (2)	121	8,53	3,88	8,59	44,24	<0,0001	1	139,79	B
	San Carlos (3)	107	14,43	7,06	12,03	44,24	<0,0001	3	173,41	C

*N=números de observaciones; D. E=Desviación estándar; H y p = estadísticos de probabilidad

Fuente: Laboratorio de Suelos FRN-ESPOCH

4.2 Discusión

4.2.1 Textura del suelo

Las texturas de los suelos estudiados son francos limosos, en las comunidades de: Alto Huamayacu y San Carlos a diferencia de El Triunfo con un resultado franco arenoso y de acuerdo con Alaagro et. al (2013) las dos texturas del suelo son favorables para plantaciones de Balsa.

4.2.2 Color del suelo

Al comparar el color de los suelos húmedos con tabla Munsell, estos presentan una coloración de amarillento oscuro en los suelos de los sectores El Triunfo a un pardo oscuro en Alto Huamayacu y San Carlos, según Briggs (2012) estas tonalidades pertenecen a suelos con buena fertilidad para cualquier cultivo.

4.2.3 Consistencia del suelo

En las comunidades El Triunfo, Alto Huamayacu y San Carlos presentaron una consistencia friable de los suelos en estado húmedo, en mojado el resultado fue moderadamente pegajoso y moderadamente plástico en comparación con la dureza en fase seca; Jaramillo (2002c, p. 246) expresa que estas consistencias reflejan un suelo saludable para cualquier plantación.

4.2.4 Estabilidad estructural

Los resultados obtenidos sobre la estabilidad estructural en los suelos estudiados demuestran que la comunidad El Triunfo presenta una posibilidad media de erosión; mientras que Alto Huamayacu posee una baja posibilidad a erosión y San Carlos se encuentra en riesgo con una alta posibilidad de erosión, de acuerdo con Jaramillo (2002, pp. 112–114) los suelos aptos para la agricultura deben ser resistentes a cualquier evento natural.

4.2.5 Altitud

Los rangos de altitud de las áreas evaluadas pertenecientes a las comunidades El Triunfo, San Carlos y Alto Huamayacu (402, 384 y 287 m.s.n.m.) se insertan dentro de los valores indicados con la investigación de Ramos (2016), quién manifiesta que las alturas favorables para el crecimiento de la especie *Ochroma pyramidale*, están entre 0 - 1000 m.s.n.m de acuerdo con la Ilustración 4-1, siendo aptas para el desarrollo de la balsa.

4.2.6 Densidad real

Los resultados obtenidos de la densidad real de los suelos en las tres comunidades estudiadas (2,49 y 2,46 g/cm³) presentada en la Ilustración 4-2, se encuentran dentro de los rangos óptimos de acuerdo con Saavedra et. al (2010) para especies forestales (1,45-2,65 g/cm³).

4.2.7 Densidad aparente

Los rangos generados de la densidad aparente de los suelos evaluados (1,43, 1,30 y 1,25 g/cm³) observados en la Ilustración 4-3, están dentro de los niveles adecuados según Saavedra et. al (2010), en donde manifiesta que deben ser menores a < 1,7 g/cm³ en suelos arenosos.

4.2.8 Porosidad

Los resultados obtenidos de porosidad del suelo en los sectores evaluados (56,60, 51,82 y 51,57 %) que además se percibe en la Ilustración 4-4, demuestra que están incluidos en los rangos beneficiosos para plantaciones forestales (50 – 60 %), esto en concordancia con Alagro et. al (2013).

4.2.9 Humedad del suelo

Los niveles de humedad en los suelos investigados (41,82, 39,61 y 35,55 %) visualizados en la Ilustración 4-5, se consideran altos, resultando valores adecuados para plantaciones con especies forestales según Alagro et. al (2013).

4.2.10 Materia orgánica

La materia orgánica de los suelos en las tres comunidades (8,30, 6,50 y 6,20 %) representada en la Ilustración 4-6, está dentro de la categoría que menciona Alagro et. al (2013), en donde expresa que el contenido de esta variable debe ser > 3% para plantaciones de Balsa.

4.2.11 pH

La acidez de los suelos evaluados (5,68 y 5,48) demostrada en la Ilustración 4-7, son aceptables de acuerdo a Alagro et. al (2013), donde expresa que los niveles de pH del suelo para plantaciones con especies forestales deben ser de 5,5 a 6,5 para su óptima producción.

4.2.12 Conductividad Eléctrica del suelo

La salinidad de los suelos estudiados (0,13, 0,09 y 0,07 dS/m) que se observa en la Ilustración 4-8, están en el rango establecido por Saavedra et. al (2020), aludiendo que el contenido sales solubles en suelo para plantaciones con especies forestales deben ser $< 2,0$ dS/m.

4.2.13 Capacidad de Intercambio Catiónico

La C.I.C de los suelos investigados (15,32, 14,90 y 14,38 meq/100g) que ha sido esquematizado en la Ilustración 4-9, están dentro del nivel expuesto por Fernández (2014), mencionando los niveles deben ser > 4 meq/100g para plantaciones con especies forestales tropicales.

4.2.14 Fósforo

Los niveles de fósforo resultantes de los suelos estudiados (18,20, 17,23 y 10,36 $\mu\text{g/ml}$) representados en la Ilustración 4-10, son adecuados según Mora et. al (2014), donde expresa que el contenido de fósforo del suelo tropical para plantaciones forestales debe estar en una categoría normal (13- 30 $\mu\text{g/ml}$) para una buena productividad.

4.2.15 Nitrógeno

El contenido de nitrógeno presente en los suelos indagados (0,94, 0,92 y 0,80 0,96 $\mu\text{g/ml}$) y observados en la Ilustración 4-11, son permisibles de acuerdo con Besteiro & Descalzo (2021), en donde expresa que los niveles medios de nitrógeno para el suelo son $> 0,96$ $\mu\text{g/ml}$, manifestando que este macronutriente debe estar en cantidades mayores a la media para una futura plantación forestal productiva.

4.2.16 Potasio

Los niveles obtenidos de potasio en los suelos evaluados (0,45 y 0,11 meq/100g) y representados en la Ilustración 4-12, se categorizan como admisibles para Mora et. al (2014), mencionando que los niveles óptimos del macronutriente en suelos tropicales para plantaciones con especies forestales son $> 0,2$ me/100g.

4.2.17 Calcio

Los resultados del contenido de calcio en los suelos de interés (7,50, 5,95 y 5,31 meq/100g) fueron esquematizados en la Ilustración 4-13 y categorizados como idóneos según Mora et. al (2014) y

estableciendo que los niveles óptimos en suelos tropicales para plantaciones deben ser > 4 meq/100g.

4.2.18 *Magnesio*

Los niveles obtenidos de magnesio en los suelos evaluados (8,38, 7,21 y 5,46 meq/100g) y representados en la Ilustración 4-14, son adecuados en concordancia con Mora et. al (2014), en donde menciona que el contenido óptimo en suelos tropicales con aptitud forestal es $> 2,3$ meq/100g.

4.2.19 *Sodio*

Los niveles de sodio en los suelos determinados (1,10 y 1,05 meq/100g) se representaron en la Ilustración 4-15, denotando que son permisibles de acuerdo con Mora et. al (2014), donde manifiesta el contenido óptimo en suelos tropicales con aptitud forestal es > 1 meq/100g.

4.2.20 *Hierro*

Los contenidos de hierro en el suelo de las tres comunidades de interés se expusieron en la Ilustración 4-16, donde el sector el sector San Carlos y El Triunfo (85,63 y 57,45 ppm) sobrepasan el rango mientras que Alto Huamayacu (0,20 ppm) carece del micronutriente según Martín (2021), estableciendo que los niveles recomendables son 25-50 ppm y no debe excederse este rango porque se consideraría tóxico.

4.2.21 *Zinc*

Los niveles de zinc en los suelos evaluados (25,20, 12,98 y 7,60 ppm) y representados en la Ilustración 4-17, manifiestan un exceso de acuerdo con Chavarría (2011, p. 79) donde alude que los grandes contenidos se presentan con mayor frecuencia en suelos con pH tendentes a ácido.

4.2.22 *Manganeso*

Los resultados del contenido de manganeso en los suelos estudiados (13,52, 12,03 y 8,59 ppm) fueron esquematizados en la Ilustración 4-18, estableciéndose un exceso según Chavarría (2011, p. 81), por la dependencia al pH, así mismo sus formas oxidadas se reducen siendo más disponibles a $\text{pH} > 7$

4.3 Resultado del Método IDW de las propiedades fisicoquímicas del suelo en ArcMap 10.8 para el establecimiento de las plantaciones de Balsa

Tabla 4-26: Resultado del Método IDW de las propiedades fisicoquímicas del suelo de la Comunidad El Triunfo en ArcMap 10.8 para el establecimiento de las plantaciones de Balsa

# Muestra	Coordenada X	Coordenada Y	m.s.n.m IDW_Altitud	g/cc IDW_Dr	g/cc IDW_Da	% IDW_Poros	% IDW_H	% IDW_M.O	IDW_pH	dS/m IDW_CE	meq/100g IDW_CIC	ug/ml IDW_P	ug/ml IDW_N	meq/100g IDW_K	meq/100g IDW_Ca	meq/100g IDW_Mg	meq/100g IDW_Na	ppm IDW_Fe	ppm IDW_Zn	ppm IDW_Mn
El_Triunfo_M02	243029	9920095	391,00	2,48	1,28	51,50	35,13	8,97	5,49	0,12	4,18	10,31	0,91	0,44	9,57	5,46	1,24	4,68	29,60	77,97
El_Triunfo_M03	243929	9921300	394,14	2,47	1,50	60,85	36,62	7,23	5,07	0,10	3,91	13,20	0,80	0,46	8,48	5,59	1,10	6,39	33,91	64,71
El_Triunfo_M04	242488	9922229	414,80	2,54	1,32	51,90	38,59	7,78	5,82	0,12	3,97	17,52	0,84	0,42	7,93	6,09	1,40	5,31	31,43	71,74
El_Triunfo_M05	242527	9922150	415,99	2,57	1,18	45,97	34,97	9,42	6,13	0,16	3,36	26,42	0,73	0,51	9,12	2,53	1,27	27,85	3,16	5,39
El_Triunfo_M06	242665	9922130	408,00	2,47	1,37	55,65	38,53	6,02	5,82	0,19	3,40	17,75	0,83	0,11	7,54	4,84	1,12	2,56	1,46	14,10
El_Triunfo_M07	242623	9922006	410,00	2,65	1,31	49,45	46,18	6,74	5,88	0,14	2,95	18,84	0,95	0,19	8,63	2,41	0,56	3,73	2,26	13,54
El_Triunfo_M08	242737	9922018	406,01	2,47	1,24	50,07	53,12	8,50	5,59	0,15	3,09	20,33	0,92	0,15	8,80	2,82	0,61	4,62	4,51	14,88
El_Triunfo_M09	242819	9921895	411,98	2,49	1,43	57,27	38,28	9,36	6,00	0,16	3,48	21,48	0,90	0,20	9,40	3,59	0,73	4,01	3,68	15,45
El_Triunfo_M10	242934	9921918	410,99	2,53	1,42	56,30	37,63	7,96	5,41	0,09	4,16	22,38	0,89	0,33	6,24	9,01	1,05	10,34	30,41	18,84
El_Triunfo_M11	243033	9921887	407,02	2,67	1,36	50,80	48,54	6,83	5,77	0,11	5,12	23,15	0,78	0,38	8,52	10,47	1,12	17,31	23,44	19,43
El_Triunfo_M12	242652	9920628	395,03	2,46	1,41	57,39	41,54	8,32	5,72	0,10	4,28	25,25	0,76	0,37	6,45	9,21	1,11	13,01	19,89	17,42
El_Triunfo_M13	242423	9920737	397,01	2,48	1,36	54,73	40,56	8,42	5,65	0,09	4,54	23,34	0,81	0,40	6,72	9,86	1,15	11,60	16,79	18,50
El_Triunfo_M14	242319	9920907	394,01	2,47	1,30	52,66	50,90	8,17	5,67	0,11	4,51	25,22	0,95	0,40	8,18	8,29	1,17	14,93	28,67	21,32
El_Triunfo_M15	242065	9921259	403,00	2,54	1,27	50,15	40,32	8,03	5,62	0,12	4,00	26,35	0,90	0,47	6,92	7,49	1,13	18,67	31,84	19,61
El_Triunfo_M16	242803	9920343	390,00	2,57	1,31	50,95	38,40	8,29	5,65	0,15	4,88	28,11	0,80	0,44	7,49	10,55	1,01	15,52	26,94	16,96
El_Triunfo_M17	242866	9920293	389,01	2,47	1,30	52,51	38,85	7,48	5,61	0,10	4,63	29,59	0,80	0,44	8,98	8,03	1,05	13,87	24,86	17,55
El_Triunfo_M18	242750	9920396	390,00	2,49	1,30	52,32	41,18	7,53	5,43	0,12	4,15	31,57	0,92	0,46	6,57	8,51	1,08	19,53	28,69	23,88
El_Triunfo_M19	243400	9920342	389,05	2,46	1,29	52,40	46,47	8,66	5,64	0,11	4,96	32,92	0,85	0,46	8,30	9,96	1,12	16,26	24,08	23,06
El_Triunfo_M20	243299	9920347	392,99	2,48	1,28	51,56	48,25	9,06	5,82	0,11	4,55	31,84	0,78	0,45	7,66	8,92	1,14	13,76	24,78	21,69
El_Triunfo_M21	243223	9920487	395,98	2,47	1,24	50,43	44,12	9,04	5,80	0,12	3,86	35,41	0,83	0,68	8,47	5,18	1,11	77,80	7,26	3,38
El_Triunfo_M22	242658	9921016	403,02	2,54	1,35	53,02	40,99	8,87	5,94	0,18	3,49	11,97	0,87	0,69	6,69	5,46	1,12	69,50	6,29	4,84
El_Triunfo_M23	242620	9920987	404,00	2,57	1,37	53,26	38,49	9,25	5,82	0,14	3,78	13,62	0,93	0,69	7,95	5,31	1,17	73,80	7,64	5,29
El_Triunfo_M24	242507	9921014	404,00	2,46	1,32	53,51	44,19	9,70	5,83	0,15	3,81	18,02	0,76	0,73	8,17	5,24	1,12	61,65	6,75	3,82
El_Triunfo_M25	242559	9920937	402,00	2,45	1,27	51,91	44,37	8,57	5,70	0,12	2,03	13,23	0,74	0,62	6,42	0,64	0,46	65,38	0,91	5,89
El_Triunfo_M26	242664	9920931	405,95	2,49	1,34	53,81	39,76	9,90	5,55	0,13	2,81	21,04	0,72	0,59	8,76	1,41	0,51	63,50	2,23	8,35
El_Triunfo_M27	242664	9920854	405,95	2,49	1,34	53,81	39,76	9,90	5,55	0,13	2,81	21,04	0,72	0,59	8,76	1,41	0,51	63,50	2,23	8,35
El_Triunfo_M28	243593	9920598	391,01	2,51	1,28	51,04	39,90	8,57	5,97	0,13	2,78	27,17	0,76	0,62	9,27	0,70	0,53	59,02	1,36	7,01
El_Triunfo_M29	243531	9920598	393,00	2,46	1,21	49,43	34,92	6,97	5,67	0,15	2,19	27,62	0,76	0,61	6,72	0,94	0,50	55,61	0,91	6,92
El_Triunfo_M30	243429	9920549	394,00	2,48	1,31	52,91	36,40	7,71	6,16	0,16	3,06	29,08	0,73	0,93	7,86	2,82	0,61	59,28	7,60	2,52
El_Triunfo_M31	243406	9920642	394,99	2,47	1,31	53,09	35,39	8,54	5,60	0,15	3,62	22,55	0,71	0,77	9,67	3,22	0,84	48,40	6,80	3,86
El_Triunfo_M32	243397	9920748	395,00	2,49	1,25	49,97	49,39	8,78	5,78	0,14	2,83	19,14	0,66	0,85	7,02	2,84	0,60	63,22	7,20	4,72
El_Triunfo_M33	243284	9920744	396,00	2,53	1,30	51,54	39,18	6,75	5,43	0,16	3,32	12,84	0,64	0,86	8,73	3,00	0,66	58,31	6,01	3,92
El_Triunfo_M34	243649	9921442	398,00	2,67	1,27	47,68	40,33	8,92	5,68	0,14	4,66	13,80	0,63	0,69	6,00	10,95	1,01	73,29	45,14	18,55
El_Triunfo_M35	243717	9921328	395,00	2,46	1,36	55,24	28,39	6,79	5,63	0,15	3,57	14,37	0,67	0,35	4,24	8,65	1,04	83,20	46,53	14,47
El_Triunfo_M36	243774	9921219	388,05	2,47	1,34	54,17	41,57	6,58	5,50	0,24	4,34	12,70	0,77	0,29	6,39	9,55	1,11	79,44	48,12	15,85
El_Triunfo_M37	243340	9921393	402,00	2,49	1,38	55,39	36,83	6,75	5,68	0,08	4,10	8,75	0,90	0,31	4,87	10,10	1,14	75,33	42,49	14,59
El_Triunfo_M38	242262	9921688	407,00	2,53	1,24	49,11	30,91	7,56	5,81	0,07	4,51	9,98	0,92	0,08	7,06	9,67	1,22	73,76	19,59	4,39
El_Triunfo_M39	242294	9921477	411,00	2,67	1,24	46,26	39,61	7,93	5,60	0,08	3,56	11,71	0,78	0,82	7,44	4,89	1,10	79,36	2,45	2,96
El_Triunfo_M40	242627	9921308	402,99	2,53	1,23	48,79	37,61	8,06	5,59	0,13	3,41	14,35	0,78	0,83	7,30	4,49	1,02	77,50	4,60	5,32
El_Triunfo_M41	242622	9921194	401,02	2,67	1,25	46,74	45,05	6,69	5,75	0,11	4,23	18,17	0,80	0,49	6,46	9,24	0,75	77,42	16,68	6,85
El_Triunfo_M42	242744	9921156	400,04	2,74	1,28	46,79	38,96	8,75	5,94	0,09	3,77	15,30	0,74	0,28	6,94	6,98	0,87	91,51	3,92	4,27
El_Triunfo_M43	242804	9921030	403,98	2,47	1,32	53,31	30,81	8,63	5,47	0,14	4,18	14,44	0,77	0,29	7,10	8,27	1,03	86,04	3,78	5,71
El_Triunfo_M44	242918	9921010	404,00	2,49	1,20	48,34	42,28	6,76	5,36	0,14	2,88	13,82	0,73	0,29	6,92	3,75	0,56	71,61	3,75	3,81
El_Triunfo_M45	242909	9920927	404,00	2,49	1,21	48,66	37,62	7,76	5,78	0,12	2,39	16,45	0,44	6,90	1,67	0,53	76,95	4,58	4,95	

Realizado por: Mazón Jalixa, 2023

Tabla 4-27: Resultado del Método IDW de las propiedades fisicoquímicas del suelo de la Comunidad San Carlos en ArcMap 10.8 para el establecimiento de las plantaciones de Balsa

#_Muestra	Coordenada X	Coordenada Y	m.s.n.m		g/cc		%		%		IDW_pH	dS/m		mg/100g		ug/ml		mg/100g		mg/100g		ppm	
			IDW_Altitud	IDW_Dr	IDW_Da	IDW_Poros	IDW_H	IDW_M.O	IDW_CE	IDW_CIC		IDW_P	IDW_N	IDW_K	IDW_Ca	IDW_Mg	IDW_Na	IDW_Fe	IDW_Zn	IDW_Mn			
San_Carlos_M01	255887	9921082	317.01	2,37	2,37	53,84	38,44	7,78	6,74	0,13	3,80	20,87	0,87	1,64	4,40	8,05	1,10	96,82	21,60	5,91			
San_Carlos_M02	255866	9921172	319,00	2,35	2,35	51,39	42,26	8,03	5,99	0,14	5,24	25,27	0,87	0,60	7,23	12,00	1,14	106,56	24,15	10,46			
San_Carlos_M03	255944	9921245	321,00	2,51	2,51	57,73	34,03	6,20	5,92	0,11	4,01	16,13	0,83	0,55	6,94	7,34	1,23	92,00	17,62	8,56			
San_Carlos_M04	255909	9921345	326,89	2,63	2,63	53,90	33,43	5,31	5,66	0,06	3,57	16,26	0,85	0,80	4,36	7,99	1,11	87,41	23,20	6,49			
San_Carlos_M05	255997	9921390	324,00	2,46	2,46	55,14	31,93	4,65	5,37	0,05	5,11	17,24	0,80	0,46	7,12	11,70	1,17	88,52	25,91	7,49			
San_Carlos_M06	255879	9921404	327,00	2,53	2,53	53,46	32,39	5,23	5,26	0,06	4,04	17,10	0,92	0,51	6,86	7,59	1,21	79,54	18,90	9,63			
San_Carlos_M07	255958	9921504	326,00	2,41	2,41	53,32	38,70	5,66	5,41	0,08	3,76	16,65	0,91	1,47	4,41	7,92	1,25	80,10	24,88	8,52			
San_Carlos_M08	256119	9921610	323,03	2,30	2,30	58,16	33,98	5,63	6,18	0,08	5,28	17,14	0,84	0,61	7,37	12,00	1,10	79,41	20,45	9,62			
San_Carlos_M09	255899	9921558	327,98	2,38	2,38	56,93	34,06	5,41	5,60	0,08	4,02	16,56	0,73	0,52	7,00	7,52	1,04	82,74	199,28	7,54			
San_Carlos_M10	256012	9921603	326,98	2,34	2,34	55,82	35,28	6,29	6,28	0,11	3,70	17,10	0,90	1,41	4,33	7,92	1,13	84,66	24,81	6,89			
San_Carlos_M11	255865	9921654	330,96	2,27	2,27	60,48	34,75	7,13	5,58	0,10	5,33	17,56	0,77	0,62	7,40	12,21	1,08	85,58	21,21	10,27			
San_Carlos_M12	256079	9921719	326,00	2,52	2,52	50,20	35,54	7,01	5,32	0,07	3,99	18,67	0,94	0,55	6,85	7,49	1,10	83,69	20,08	11,13			
San_Carlos_M13	255801	9921795	327,01	2,51	2,51	52,85	32,94	5,33	5,33	0,07	3,64	19,27	0,74	1,29	4,42	7,72	1,15	86,10	24,84	8,37			
San_Carlos_M14	256074	9921879	329,00	2,46	2,46	51,46	37,47	7,52	5,16	0,07	5,39	18,53	0,82	0,61	7,54	12,28	1,13	81,70	18,21	9,63			
San_Carlos_M15	255936	9922062	331,99	2,53	2,53	48,54	36,57	9,20	5,30	0,14	4,09	18,81	0,90	0,52	7,02	7,82	1,01	83,81	23,05	10,86			
San_Carlos_M16	255697	9922116	330,00	2,41	2,41	61,97	30,31	5,05	5,53	0,07	3,70	18,53	0,86	1,32	4,52	7,89	1,07	85,32	19,40	8,79			
San_Carlos_M17	256199	9921392	314,03	2,30	2,30	60,36	33,89	6,42	5,51	0,06	4,96	18,03	0,89	0,61	5,97	12,26	1,00	79,54	16,85	9,52			
San_Carlos_M18	256051	9921277	316,04	2,38	2,38	52,58	37,58	6,56	5,54	0,09	4,06	17,15	0,88	0,49	6,97	7,76	1,03	79,11	22,07	8,55			
San_Carlos_M19	256197	9921157	317,99	2,34	2,34	50,75	39,33	9,32	5,52	0,09	3,12	17,84	0,84	1,25	4,68	5,49	1,05	75,88	20,38	8,38			
San_Carlos_M20	256043	9921101	315,04	2,45	2,45	46,17	45,54	8,04	5,70	0,10	4,30	17,51	0,85	0,57	6,51	8,98	1,10	88,54	13,88	4,44			
San_Carlos_M21	256158	9921008	314,04	2,43	2,43	55,73	37,11	6,62	5,44	0,10	4,52	16,31	0,82	0,58	6,96	9,44	1,11	79,59	15,93	6,40			
San_Carlos_M22	257265	9923113	327,99	2,52	2,52	50,72	36,06	6,28	4,37	0,07	4,45	17,05	0,89	0,59	6,86	9,18	1,19	73,18	25,20	4,73			
San_Carlos_M23	256920	9923009	322,00	2,59	2,59	47,95	34,79	6,14	4,16	0,08	4,53	15,84	0,88	0,58	6,44	9,89	1,22	64,31	27,60	4,29			
San_Carlos_M24	257076	9922878	317,00	2,43	2,43	50,55	35,01	6,09	4,43	0,07	4,60	13,90	0,80	0,62	5,95	10,71	1,14	58,68	41,40	5,12			
San_Carlos_M25	257225	9922713	320,99	2,45	2,45	58,32	34,72	5,60	4,37	0,09	2,84	14,60	0,87	0,10	2,13	8,03	1,12	84,02	43,29	5,68			
San_Carlos_M26	256812	9922652	323,00	2,51	2,51	59,94	26,90	5,15	4,71	0,09	3,31	12,40	0,89	0,24	4,00	7,98	1,03	390,00	16,45	13,47			
San_Carlos_M27	257233	9922540	313,00	2,37	2,37	52,30	39,12	6,11	5,13	0,09	2,43	12,70	0,94	0,25	3,98	4,31	1,18	772,32	7,81	12,73			
San_Carlos_M28	256946	9922444	318,02	2,58	2,58	48,26	40,83	7,64	4,68	0,10	2,98	13,50	0,92	0,26	4,13	6,43	1,12	508,70	8,42	11,83			
San_Carlos_M29	257275	9922203	319,01	2,51	2,51	53,48	35,70	7,01	5,07	0,13	2,43	13,42	0,92	0,34	4,21	3,99	1,20	993,24	5,61	10,75			
San_Carlos_M30	257118	9922216	324,00	2,45	2,45	55,94	31,68	5,97	5,26	0,11	2,84	13,98	0,92	0,29	3,57	6,35	1,14	442,19	10,84	12,97			
San_Carlos_M31	257038	9922025	332,99	2,46	2,46	59,19	30,85	5,75	4,89	0,08	2,35	13,21	0,96	0,31	3,84	4,05	1,19	771,12	8,80	12,03			
San_Carlos_M32	257218	9921943	323,01	2,53	2,53	54,70	34,38	5,98	4,86	0,05	2,92	8,03	0,97	0,25	4,34	5,86	1,21	834,57	9,10	11,63			
San_Carlos_M33	256905	9921760	336,98	2,41	2,41	55,37	34,74	6,83	4,83	0,07	3,00	11,38	0,93	0,35	4,01	6,60	1,03	541,79	3,81	12,73			
San_Carlos_M34	256840	9922007	318,03	2,30	2,30	57,13	35,19	8,00	5,07	0,10	3,12	13,03	0,98	0,24	4,56	6,65	1,03	647,08	7,35	9,38			
San_Carlos_M35	256752	9922192	328,00	2,38	2,38	53,77	37,12	7,59	5,06	0,06	3,01	7,57	1,08	0,31	4,48	6,24	1,02	401,54	3,80	10,84			
San_Carlos_M36	256672	9921974	325,00	2,34	2,34	51,14	43,71	7,34	5,07	0,06	3,02	12,29	1,00	0,30	4,34	6,34	1,12	756,96	5,25	11,61			
San_Carlos_M37	256629	9922144	325,00	2,52	2,52	49,85	36,66	6,57	5,57	0,10	2,83	8,35	0,95	0,26	3,68	6,27	1,11	453,22	5,20	8,54			
San_Carlos_M38	256419	9922043	326,99	2,37	2,37	51,57	45,42	6,57	5,36	0,08	2,97	8,72	0,90	0,30	3,77	6,73	1,09	678,62	6,66	12,04			
San_Carlos_M39	256458	9922380	321,02	2,51	2,51	49,42	44,12	8,89	5,48	0,12	3,04	10,72	0,93	0,29	4,62	6,07	1,17	435,36	2,22	11,73			
San_Carlos_M40	256292	9922678	329,99	2,51	2,51	47,75	49,56	6,51	4,96	0,08	3,17	10,26	0,98	0,26	4,43	6,93	1,05	826,11	4,55	10,73			
San_Carlos_M41	257395	9921109	346,95	2,64	2,64	44,21	52,44	9,74	4,84	0,09	2,98	11,84	1,01	0,33	4,50	5,97	1,13	391,51	4,41	12,01			
San_Carlos_M42	257313	9921207	343,97	2,46	2,46	49,69	39,72	9,09	4,67	0,08	2,82	9,10	0,92	0,30	4,23	5,74	1,01	824,97	6,30	11,02			
San_Carlos_M43	257169	9921155	320,08	2,53	2,53	48,26	37,01	8,67	4,59	0,04	2,40	9,62	0,95	0,26	4,09	4,59	0,67	500,63	3,21	9,53			
San_Carlos_M44	257157	9921262	346,94	2,41	2,41	51,31	36,55	9,31	4,51	0,06	3,11	9,23	0,97	0,34	4,47	6,62	1,02	669,35	7,34	9,85			
San_Carlos_M45	257059	9921249	332,02	2,46	2,46	50,47	36,86	7,37	4,69	0,04	2,80	8,02	0,98	0,24	4,26	5,67	1,05	633,40	2,62	10,07			
San_Carlos_M46	257102	9921354	353,97	2,52	2,52	48,52	43,60	8,52	4,63	0,06	2,84	8,22	1,00	0,26	3,95	6,05	1,11	592,27	5,60	11,74			
San_Carlos_M47	256976	9921290	325,06	2,30	2,30	55,70	47,37	6,10	5,36	0,04	3,28	8,69	0,98	0,16	5,29	6,53	1,14	111,04	5,06	13,00			
San_Carlos_M48	256951	9921413	335,93	2,38	2,38	51,26	47,36	6,37	5,42	0,07	3,38	8,32	1,08	0,16	5,14	7,12	1,08	39,69	10,41	12,89			
San_Carlos_M49	256840	9921218	306,09	2,34	2,34	53,25	48,01	7,22	5,44	0,09	2,66	7,78	1,12	0,11	4,02	5,49	1,04	41,71	9,70	13,92			
San_Carlos_M50	256783	9921240	307,13	2,37	2,37	58,49	43,74	7,39	5,34	0,09	2,31	8,69	1,11	0,12	3,56	4,92	0,63	46,08	13,74	14,81			
San_Carlos_M51	256660	9921311	312,00	2,51	2,51	48,84	43,99	7,41	5,72	0,09	2,44	9,61	1,11	0,18	3,90	4,96	0,74	53,94	12,98	16,83			

San_Carlos_M52	256533	9921233	312,01	2,51	2,51	48,73	46,88	7,19	5,18	0,11	2,62	9,49	0,99	0,13	3,83	5,51	1,01	43,85	16,06	15,92
San_Carlos_M53	256568	9921389	315,00	2,64	2,64	51,07	40,94	6,16	5,47	0,15	2,64	10,42	1,02	0,13	4,13	5,24	1,06	36,31	18,04	20,98
San_Carlos_M54	255561	9921642	328,97	2,46	2,46	54,13	46,01	6,11	5,97	0,13	2,81	13,70	0,94	0,15	4,26	5,84	1,00	40,54	21,44	26,46
San_Carlos_M55	255665	9921418	320,02	2,53	2,53	49,96	44,76	6,13	5,60	0,10	2,87	14,71	1,00	0,12	4,14	6,21	1,01	57,56	22,78	26,01
San_Carlos_M56	255523	9921365	324,98	2,41	2,41	51,43	43,88	6,95	5,38	0,08	3,08	15,59	0,93	0,16	4,24	6,88	1,07	62,40	29,89	21,09
San_Carlos_M57	255669	9921289	318,01	2,64	2,64	47,81	40,84	7,20	5,64	0,07	4,68	16,91	1,00	0,30	6,57	10,74	1,10	103,74	43,46	43,15
San_Carlos_M58	255500	9921256	322,96	2,46	2,46	52,28	41,83	6,06	5,61	0,11	4,36	22,31	0,97	0,31	6,17	9,87	1,07	86,18	27,81	24,52
San_Carlos_M59	255559	9921150	319,93	2,53	2,53	51,20	37,00	5,85	5,72	0,10	4,42	23,93	0,93	0,30	6,73	9,61	1,01	75,33	30,39	13,02
San_Carlos_M60	255510	9921074	317,03	2,41	2,41	53,36	42,32	5,45	6,21	0,10	4,69	27,85	0,94	0,74	7,67	9,30	1,03	83,00	21,05	9,31
San_Carlos_M61	255466	9921127	317,03	2,57	2,57	48,16	39,46	7,08	6,23	0,13	4,38	26,89	0,94	0,72	7,47	8,30	1,05	84,05	9,69	14,19
San_Carlos_M62	255444	9921174	318,94	2,52	2,52	47,76	47,51	7,04	6,19	0,14	4,82	24,76	0,95	0,75	7,89	9,51	1,12	92,44	7,05	18,51
San_Carlos_M63	255407	9921116	314,05	2,53	2,53	48,64	48,13	6,80	5,87	0,15	3,89	25,86	0,94	0,61	6,26	7,52	1,17	94,12	1,87	26,50
San_Carlos_M64	255297	9921297	315,02	2,37	2,37	51,74	41,67	5,81	5,95	0,13	3,88	25,56	0,93	0,62	6,45	7,26	1,20	90,05	2,88	25,81
San_Carlos_M65	256190	9923665	316,00	2,47	2,47	49,02	51,51	6,46	5,48	0,09	3,66	23,76	0,86	0,57	6,55	6,38	1,13	89,53	3,50	24,02
San_Carlos_M66	255930	9923311	314,01	2,51	2,51	49,36	43,47	5,93	5,24	0,09	3,64	24,01	0,80	0,63	6,14	6,63	1,15	81,77	1,40	21,73
San_Carlos_M67	255652	9923038	329,99	2,64	2,64	47,28	37,98	6,00	5,62	0,09	3,67	23,83	0,94	0,63	6,10	6,73	1,21	68,02	2,80	22,93
San_Carlos_M68	256103	9922972	326,00	2,46	2,46	50,67	44,93	7,68	5,42	0,14	4,26	22,01	0,96	0,59	7,21	7,97	1,28	78,72	3,85	24,04
San_Carlos_M69	255393	9922713	330,00	2,53	2,53	47,86	48,22	4,82	5,52	0,06	3,68	22,80	0,81	0,62	6,93	6,14	1,01	80,75	2,10	22,61
San_Carlos_M70	255668	9922545	330,00	2,41	2,41	47,42	52,15	7,31	5,76	0,15	4,05	20,03	0,84	0,57	7,65	6,93	1,07	74,82	2,45	23,61
San_Carlos_M71	255277	9922429	331,99	2,17	2,17	68,01	36,84	4,10	6,55	0,11	4,07	19,93	8,13	0,63	7,94	6,66	1,05	63,87	4,55	25,03
San_Carlos_M72	255607	9922317	330,00	2,52	2,52	47,47	50,28	6,20	5,78	0,12	3,95	21,52	0,86	0,59	6,92	7,15	1,12	70,08	2,81	23,23
San_Carlos_M73	255235	9922996	330,00	2,37	2,37	55,50	48,01	4,57	5,56	0,07	3,76	20,33	0,82	0,61	6,25	6,99	1,17	62,84	3,85	21,85
San_Carlos_M74	255075	9922719	331,00	2,25	2,25	55,42	45,25	6,03	5,67	0,12	3,77	19,89	0,90	0,63	5,75	7,48	1,24	76,82	2,10	25,02
San_Carlos_M75	255077	9922453	332,98	2,51	2,51	47,87	51,66	5,97	5,42	0,10	3,77	19,21	0,80	0,62	6,48	6,73	1,27	80,15	0,73	23,85
San_Carlos_M76	254865	9922365	329,00	2,64	2,64	49,05	42,20	5,95	5,46	0,07	3,73	18,81	0,81	0,59	5,89	7,21	1,22	85,27	3,18	21,02
San_Carlos_M77	254923	9922209	327,00	2,46	2,46	51,31	45,16	5,99	5,44	0,06	3,59	18,04	0,77	0,58	5,00	7,62	1,18	79,61	4,98	24,75
San_Carlos_M78	254610	9923282	338,98	2,53	2,53	48,36	47,65	9,08	5,61	0,14	3,37	17,93	0,89	0,62	5,09	6,66	1,11	91,78	4,20	26,29
San_Carlos_M79	254475	9923149	333,00	2,41	2,41	51,42	41,66	6,61	5,23	0,09	2,97	16,29	0,79	0,63	4,68	5,56	1,03	74,83	3,15	19,64
San_Carlos_M80	254803	9923121	333,00	2,30	2,30	54,26	43,21	7,02	5,20	0,06	2,89	16,63	0,95	0,57	4,52	5,42	1,05	85,63	2,80	20,06
San_Carlos_M81	254522	9922891	335,00	2,38	2,38	52,52	51,68	6,17	5,58	0,06	3,08	16,95	0,98	0,63	4,82	5,73	1,13	89,62	5,25	21,74
San_Carlos_M82	254724	9922777	327,02	2,34	2,34	54,69	46,09	6,21	5,84	0,12	2,77	16,01	0,93	0,58	4,91	4,49	1,10	93,69	2,45	23,97
San_Carlos_M83	254446	9922583	332,00	2,52	2,52	48,50	48,70	6,61	5,78	0,10	2,99	17,55	0,88	0,57	5,26	5,08	1,04	96,04	4,55	24,11
San_Carlos_M84	254553	9922308	332,00	2,48	2,48	51,54	48,11	5,12	5,43	0,06	2,67	15,90	0,90	0,63	5,01	4,44	0,60	98,51	3,16	24,98
San_Carlos_M85	254315	9922140	325,00	2,52	2,52	52,27	45,22	5,58	5,52	0,07	2,52	16,96	0,89	0,26	4,31	4,84	0,67	104,80	4,20	25,97
San_Carlos_M86	254384	9922024	323,00	2,17	2,17	55,05	45,25	7,25	5,71	0,09	2,90	17,49	0,89	0,33	5,19	5,08	1,00	96,72	6,31	20,08
San_Carlos_M87	254242	9921771	321,01	2,52	2,52	54,41	40,23	6,40	5,66	0,09	3,18	17,90	0,91	0,32	6,16	5,26	1,01	94,68	7,40	18,52
San_Carlos_M88	254395	9921576	320,99	2,37	2,37	54,76	43,53	6,21	5,99	0,09	2,94	16,05	0,93	0,26	6,55	4,34	0,61	85,37	9,85	17,40
San_Carlos_M89	255364	9922173	326,02	2,53	2,53	47,62	40,77	7,46	5,05	0,12	3,32	16,57	0,97	0,23	5,01	7,01	1,03	91,63	11,88	15,41
San_Carlos_M90	255389	9921771	327,98	2,51	2,51	48,39	46,70	7,26	5,79	0,11	3,60	17,48	0,99	0,31	5,26	7,70	1,11	75,99	10,90	13,79
San_Carlos_M91	255140	9921991	325,00	2,64	2,64	44,69	43,23	8,48	5,95	0,17	3,84	18,01	1,01	0,26	6,66	7,40	1,05	72,41	15,05	14,32
San_Carlos_M92	255020	9921790	323,00	2,46	2,46	49,42	48,23	5,76	5,81	0,09	4,31	18,03	0,97	0,34	7,12	8,61	1,17	72,87	17,15	12,03
San_Carlos_M93	254940	9922065	324,00	2,53	2,53	50,32	48,01	6,17	5,94	0,08	3,60	17,58	0,99	0,36	6,85	6,15	1,05	69,43	22,04	11,88
San_Carlos_M94	254822	9921806	322,00	2,41	2,41	51,64	46,11	8,47	5,83	0,14	4,26	18,34	0,88	0,36	7,56	8,03	1,08	70,11	25,89	12,06
San_Carlos_M95	254732	9921923	329,99	2,30	2,30	57,90	39,65	6,40	5,71	0,10	4,27	18,42	0,92	0,25	7,50	8,32	1,03	74,83	24,15	10,99
San_Carlos_M96	254512	9921696	320,00	2,38	2,38	50,65	50,90	5,81	7,05	0,10	3,88	17,24	0,91	0,33	6,76	7,40	1,05	78,54	29,37	9,63
San_Carlos_M97	254491	9921828	322,01	2,45	2,45	52,13	48,54	6,04	5,67	0,11	4,35	18,29	0,96	0,35	7,48	8,45	1,12	80,66	30,74	10,64
San_Carlos_M98	254603	9921976	329,98	2,53	2,53	50,29	46,26	6,50	6,01	0,13	4,63	18,78	0,98	0,71	7,61	9,03	1,17	88,00	32,50	11,99
San_Carlos_M99	254605	9922158	327,01	2,52	2,52	52,18	43,77	5,64	5,58	0,09	4,40	19,86	0,99	0,70	7,29	9,64	1,01	87,55	25,83	9,68
San_Carlos_M100	254586	9921499	317,00	2,28	2,28	51,61	43,05	7,78	5,57	0,13	4,23	21,94	0,99	0,65	6,93	8,33	1,03	83,74	13,73	3,88
San_Carlos_M101	254690	9921619	317,00	2,30	2,30	52,95	44,74	8,61	5,26	0,13	4,60	27,10	1,00	0,46	7,49	9,32	1,14	88,84	17,64	4,88
San_Carlos_M102	254794	9921562	312,05	2,37	2,37	52,90	41,16	8,90	5,66	0,12	4,53	25,10	0,96	0,45	6,56	9,89	1,22	87,43	22,42	7,54
San_Carlos_M103	254926	9921627	315,01	2,25	2,25	54,04	46,59	8,59	5,56	0,15	4,89	23,79	0,93	0,45	7,02	10,90	1,17	83,09	25,20	6,84
San_Carlos_M104	254849	9921452	313,01	2,51	2,51	48,16	49,88	7,69	5,14	0,10	4,92	25,63	0,88	0,45	6,58	11,57	1,08	91,63	27,60	10,25
San_Carlos_M105	254721	9921320	317,00	2,42	2,42	51,87	29,81	9,28	5,22	0,16	5,01	26,41	0,85	0,44	6,21	12,33	1,05	93,69	31,58	11,72
San_Carlos_M106	254907	9921387	315,00	2,46	2,46	53,15	27,15	6,07	5,26	0,08	5,18	26,84	0,80	0,44	6,57	12,63	1,05	95,68	35,13	13,69
San_Carlos_M107	255130	9921441	319,99	2,53	2,53	52,45	30,61	9,61	5,04	0,13	5,32	27,00	0,82	0,24	6,75	13,24	1,03	96,59	37,52	15,76

Realizado por: Mazón Jalixa, 2023

Tabla 4-27: Resultado del Método IDW de las propiedades fisicoquímicas del suelo de la Comunidad Alto Huamayacu en ArcMap 10.8 para el establecimiento de las plantaciones de Balsa

# Muestra	Coordenada X	Coordenada Y	m.s.n.m			%			IDW_pH	dS/m			mg/100g			ppm				
			IDW_Altitud	IDW_Dr	IDW_Da	IDW_Poros	IDW_H	IDW_MO		IDW_CE	IDW_CIC	IDW_P	IDW_N	IDW_K	IDW_Ca	IDW_Mg	IDW_Na	IDW_Fe	IDW_Zn	IDW_Mn
Aho_Huamayacu_M01	287401	9963082	280.02	2.51	1.28	50.95	39.98	8.24	5.98	0.11	1.42	7.20	0.71	0.25	4.90	0.08	0.45	6.27	7.70	4.85
Aho_Huamayacu_M02	287504	9963114	281.04	2.46	1.39	56.30	33.43	7.38	6.37	0.09	1.38	7.00	0.74	0.26	4.74	0.10	0.43	6.07	8.50	3.98
Aho_Huamayacu_M03	287425	9963172	284.86	2.56	1.41	55.08	23.82	8.24	6.25	0.11	1.78	7.45	0.84	0.27	6.14	0.19	0.51	6.26	7.56	4.21
Aho_Huamayacu_M04	287368	9963242	280.03	2.62	1.25	47.71	37.81	7.23	5.99	0.09	1.71	7.78	1.28	0.25	5.96	0.11	0.52	5.92	8.11	4.03
Aho_Huamayacu_M05	287548	9963260	289.97	2.67	1.52	56.66	31.55	5.70	4.91	0.06	3.03	7.43	1.03	0.02	2.55	8.49	1.05	2.09	34.53	2.11
Aho_Huamayacu_M06	287432	9963348	290.96	2.51	1.43	56.78	25.05	4.92	4.43	0.06	3.07	7.14	0.83	0.02	2.46	8.68	1.12	2.42	32.80	2.75
Aho_Huamayacu_M07	287218	9963321	270.17	2.46	1.29	52.55	39.43	7.64	5.19	0.07	3.45	7.57	1.27	0.03	3.04	9.66	1.08	2.20	33.72	3.29
Aho_Huamayacu_M08	287206	9963179	272.00	2.56	1.35	52.69	37.83	8.51	5.46	0.06	3.03	6.98	1.45	0.04	2.76	8.27	1.06	3.05	31.97	2.85
Aho_Huamayacu_M09	287242	9962984	272.03	2.49	1.44	57.93	34.11	7.36	5.92	0.06	3.28	7.61	1.26	0.03	2.96	9.00	1.11	2.68	33.28	3.28
Aho_Huamayacu_M10	287243	9963413	272.13	2.67	1.43	53.51	31.01	7.84	5.68	0.06	3.49	7.40	1.86	0.02	3.01	9.01	1.14	2.77	33.99	3.42
Aho_Huamayacu_M11	287422	9963423	296.53	2.56	1.52	59.30	38.13	5.99	5.33	0.07	2.63	6.94	1.20	0.03	3.16	6.32	1.02	2.75	34.56	2.99
Aho_Huamayacu_M12	287541	9963451	302.74	2.49	1.31	52.80	35.10	8.87	5.26	0.10	2.49	7.14	1.65	0.04	2.55	6.25	1.10	2.24	35.56	3.85
Aho_Huamayacu_M13	287398	9963493	283.07	2.67	1.55	57.93	26.00	5.31	4.61	0.13	3.39	6.95	1.09	0.04	3.50	8.97	1.05	1.92	34.27	3.16
Aho_Huamayacu_M14	287493	9963601	283.04	2.47	1.48	59.84	34.58	5.53	4.40	0.08	2.76	7.22	0.54	0.04	2.92	7.01	1.05	2.51	33.35	2.87
Aho_Huamayacu_M15	287373	9963746	288.00	2.67	1.54	57.77	26.73	5.51	4.31	0.10	2.96	7.89	0.94	0.04	3.10	7.55	1.13	2.95	37.26	3.07
Aho_Huamayacu_M16	287204	9963660	283.03	2.51	1.48	58.96	31.52	6.34	4.45	0.08	3.27	7.13	1.15	0.02	2.70	9.16	1.20	2.62	36.58	4.07
Aho_Huamayacu_M17	286972	9963903	305.97	2.48	1.38	55.74	25.14	6.11	4.21	0.07	3.09	6.61	1.11	0.10	2.31	8.66	0.78	2.93	38.44	4.29
Aho_Huamayacu_M18	286775	9963803	278.00	2.61	1.42	54.31	30.88	6.52	4.46	0.06	3.19	7.07	0.96	0.22	2.14	9.20	1.21	2.93	70.38	7.28
Aho_Huamayacu_M19	286931	9963671	298.92	2.67	1.48	55.18	37.82	4.68	4.67	0.03	3.16	7.90	1.26	0.22	2.21	9.12	1.10	3.03	67.99	6.73
Aho_Huamayacu_M20	286779	9963569	286.03	2.51	1.51	60.24	37.30	4.29	5.31	0.03	2.95	8.03	1.45	0.23	2.41	8.03	1.14	3.31	69.42	5.32
Aho_Huamayacu_M21	286880	9963417	303.99	2.48	1.23	49.80	36.21	8.80	5.65	0.12	3.43	8.74	1.28	0.21	4.13	8.31	1.05	3.39	67.85	6.52
Aho_Huamayacu_M22	286733	9963257	283.01	2.61	1.33	50.82	36.00	7.71	5.98	0.08	3.83	10.25	1.53	0.21	4.22	9.87	1.01	3.71	70.58	6.89
Aho_Huamayacu_M23	288594	9965218	283.08	2.48	1.34	54.27	39.66	6.17	5.57	0.07	2.88	11.11	1.30	0.20	3.27	6.94	1.11	3.55	63.73	5.77
Aho_Huamayacu_M24	288441	9965166	287.01	2.48	1.34	54.23	38.72	6.13	6.25	0.10	3.15	12.18	0.19	0.21	2.50	8.69	1.20	3.09	60.39	5.92
Aho_Huamayacu_M25	288306	9965258	290.00	2.45	1.38	56.20	33.88	7.24	5.65	0.07	3.48	13.20	0.71	0.12	4.97	7.59	1.24	4.43	28.81	3.40
Aho_Huamayacu_M26	288126	9965223	287.02	2.49	1.32	52.91	40.04	8.72	5.74	0.06	3.69	12.32	1.26	0.12	5.39	8.03	1.21	4.88	26.78	3.24
Aho_Huamayacu_M27	288163	9965053	292.99	2.67	1.25	46.93	40.12	7.01	6.00	0.05	3.76	11.82	0.56	0.12	5.99	7.80	1.14	4.74	28.03	2.87
Aho_Huamayacu_M28	288305	9965128	288.07	2.51	1.36	54.03	40.72	8.69	5.86	0.06	3.99	10.91	0.63	0.13	6.51	8.21	1.11	6.51	29.90	3.05
Aho_Huamayacu_M29	288400	9965006	294.00	2.48	1.27	51.12	46.69	8.14	5.52	0.09	4.28	6.35	1.46	0.11	7.43	8.34	1.23	6.97	31.76	2.96
Aho_Huamayacu_M30	288523	9965062	291.01	2.61	1.35	51.61	36.47	8.57	5.76	0.08	4.03	7.00	1.06	0.12	5.94	8.88	1.17	7.65	30.79	3.22
Aho_Huamayacu_M31	288559	9964936	299.97	2.42	1.34	55.22	34.88	7.12	5.56	0.05	3.96	7.43	0.98	0.13	6.80	7.79	1.12	8.15	28.66	3.15
Aho_Huamayacu_M32	288692	9965030	291.09	2.50	1.45	57.80	35.77	5.57	5.17	0.05	3.84	7.88	0.94	0.10	4.94	9.17	1.15	9.90	38.71	3.14
Aho_Huamayacu_M33	288744	9964945	301.00	2.36	1.43	60.55	34.82	5.92	4.69	0.05	3.84	7.46	1.12	0.09	5.22	8.93	1.13	9.01	33.50	4.69
Aho_Huamayacu_M34	288546	9964686	313.94	2.41	1.48	61.59	28.29	5.27	4.35	0.03	4.16	7.00	1.16	0.09	5.90	9.52	1.10	9.43	36.98	3.90
Aho_Huamayacu_M35	288668	9964820	319.90	2.61	1.53	58.60	29.87	4.71	4.56	0.05	2.76	6.96	1.29	0.02	2.09	7.75	1.17	0.38	30.03	12.14
Aho_Huamayacu_M36	288412	9964798	298.01	2.40	1.50	62.43	33.44	5.80	5.12	0.06	2.73	7.57	1.00	0.02	2.45	7.26	1.22	0.33	33.00	11.76
Aho_Huamayacu_M37	288191	9964812	303.00	2.44	1.53	62.67	35.55	5.18	5.02	0.04	2.90	7.61	9.44	0.03	2.75	7.59	1.24	0.29	35.50	10.76
Aho_Huamayacu_M38	287597	9964900	291.00	2.40	1.50	62.65	30.70	6.20	5.22	0.06	3.74	7.77	0.92	0.27	4.05	9.60	1.06	0.19	35.65	11.61
Aho_Huamayacu_M39	287179	9965109	284.00	2.43	1.44	59.21	36.43	6.45	5.67	0.06	3.96	7.58	0.79	0.29	4.39	10.13	1.02	0.20	33.58	9.43
Aho_Huamayacu_M40	287031	9964741	280.02	2.48	1.53	61.73	31.53	6.09	5.62	0.06	4.16	7.62	0.81	0.28	5.46	9.92	1.00	0.19	39.78	8.43
Aho_Huamayacu_M41	286743	9964498	296.00	2.51	1.50	59.76	28.35	4.67	4.13	0.04	4.00	8.03	0.86	0.28	5.05	9.67	1.01	0.19	35.88	9.56
Aho_Huamayacu_M42	287105	9964421	294.00	2.67	1.53	57.33	35.22	4.88	4.18	0.09	4.34	7.41	0.94	0.30	4.51	11.51	1.05	0.15	37.49	8.46
Aho_Huamayacu_M43	286910	9964227	298.99	2.51	1.52	60.34	32.41	5.12	4.83	0.05	4.36	7.94	0.85	0.29	5.90	10.11	1.14	0.17	34.05	9.74
Aho_Huamayacu_M44	287380	9964372	286.04	2.36	1.55	65.80	35.78	5.88	4.57	0.04	4.40	7.98	0.94	0.28	6.07	10.10	1.16	0.17	40.92	8.46
Aho_Huamayacu_M45	287475	9963941	300.97	2.61	1.51	57.95	38.33	4.07	4.59	0.06	3.81	8.54	0.80	0.28	4.23	9.63	1.11	0.19	36.57	8.62
Aho_Huamayacu_M46	287617	9964526	284.05	2.48	1.54	62.38	30.53	4.49	4.56	0.05	5.27	7.94	0.74	0.31	7.90	11.69	1.16	0.18	40.01	9.34
Aho_Huamayacu_M47	287771	9964317	307.98	2.44	1.51	61.92	35.97	4.69	4.80	0.05	4.83	8.74	0.81	0.28	6.82	11.18	1.05	0.19	38.41	8.53
Aho_Huamayacu_M48	287602	9964136	290.10	2.67	1.58	59.00	36.07	4.50	4.67	0.04	5.06	8.29	1.03	0.29	8.13	10.78	1.05	0.18	36.81	9.73
Aho_Huamayacu_M49	287831	9964186	307.99	2.51	1.47	58.69	31.65	4.68	4.94	0.01	4.59	8.77	0.92	0.29	7.57	9.46	1.02	0.20	35.19	8.57
Aho_Huamayacu_M50	288038	9964352	296.02	2.36	1.54	65.21	33.75	5.93	4.58	0.02	3.93	7.89	0.95	0.31	5.87	8.38	1.14	0.19	39.79	7.46
Aho_Huamayacu_M51	288004	9964134	306.01	2.61	1.40	53.82	49.32	6.36	5.05	0.03	3.71	8.19	1.02	0.30	5.33	8.05	1.13	0.19	35.66	10.65
Aho_Huamayacu_M52	288252	9964275	307.00	2.48	1.43	57.86	33.14	6.91	4.30	0.06	4.02	8.24	0.90	0.24	4.67	10.12	1.06	0.20	39.79	9.35
Aho_Huamayacu_M53	288075	9963949	316.99	2.49	1.48	59.66	33.72	7.13	4.43	0.07	4.76	7.94	1.21	0.29	8.78	8.88	1.08	0.19	37.72	8.94
Aho_Huamayacu_M54	288359	9964087	317.99	2.67	1.48	55.18	32.54	5.51	4.59	0.06	4.89	7.89	1.14	0.32	8.25	9.91	1.05	0.17	37.49	9.62
Aho_Huamayacu_M55	288619	9963971	320.98	2.51	1.52	60.55	29.26	5.10	4.24	0.04	4.39	8.24	1.17	0.25	4.72	11.58	1.02	0.15	40.01	10.87
Aho_Huamayacu_M56	288455	9964427	303.02	2.36	1.55	65.57	29.18	5.71	4.26	0.06	4.02	7.63	1.22	0.25	5.40	9.27	1.17	0.14	36.34	8.46
Aho_Huamayacu_M57	288575	9964302	307.01	2.61	1.54	59.04	35.30	5.50	5.40	0.06	4.07	7.60	0.98	0.26	5.87	9.07	1.10	0.17	38.86	9.48
Aho_Huamayacu_M58	287182	9962356	278.01	2.41	1.43	59.38	32.04	7.16	4.38											

Alto_Huamayacu_M59	287279	9962551	276.01	2.51	1.37	54.50	33.11	5.81	4.54	0.06	3.04	9.16	0.80	0.11	2.70	8.22	1.14	0.34	36.03	7.46
Alto_Huamayacu_M60	287538	9962394	283.00	2.41	1.30	53.77	30.48	6.80	5.65	0.07	3.00	9.88	0.85	0.11	2.36	8.38	1.16	0.28	38.03	8.51
Alto_Huamayacu_M61	287473	9962731	273.01	2.48	1.47	59.50	33.64	2.37	5.70	0.09	3.13	10.08	0.73	0.00	4.27	7.22	1.03	0.01	10.52	5.12
Alto_Huamayacu_M62	287608	9962563	283.99	2.67	1.50	55.96	31.59	7.39	5.28	0.12	3.25	10.29	0.73	0.01	4.45	7.40	1.17	0.01	3.94	7.64
Alto_Huamayacu_M63	287698	9962440	288.00	2.51	1.39	55.50	29.82	7.39	5.32	0.12	3.76	11.06	0.62	0.00	5.16	8.76	1.13	0.02	5.96	6.39
Alto_Huamayacu_M64	287765	9962704	279.03	2.48	1.36	55.07	36.72	8.84	5.80	0.10	3.95	9.28	0.95	0.01	6.58	7.97	1.22	0.02	10.18	8.48
Alto_Huamayacu_M65	287862	9962555	289.99	2.61	1.34	51.35	36.05	8.23	5.64	0.11	3.57	9.89	0.86	0.01	5.57	7.53	1.15	0.02	12.25	6.31
Alto_Huamayacu_M66	287807	9962369	288.98	2.49	1.28	51.63	34.65	9.08	5.82	0.37	3.88	9.11	0.93	0.00	7.14	7.28	1.10	0.01	8.08	7.42
Alto_Huamayacu_M67	287978	9962404	286.96	2.51	1.25	49.99	34.91	8.59	6.03	0.11	3.45	9.95	0.94	0.01	5.18	7.54	1.08	0.01	11.87	5.87
Alto_Huamayacu_M68	287887	9962260	286.99	2.48	1.22	49.52	34.45	8.25	6.31	0.15	4.40	10.57	0.97	0.01	8.74	7.80	1.05	0.01	14.99	7.04
Alto_Huamayacu_M69	288021	9962227	285.00	2.44	1.33	54.22	27.74	8.65	6.10	0.10	4.43	10.39	0.83	0.01	7.62	9.07	1.05	0.02	5.01	6.84
Alto_Huamayacu_M70	288014	9962504	284.97	2.67	1.49	55.69	36.22	4.57	6.34	0.09	4.03	11.14	0.79	0.01	6.82	8.28	1.04	0.02	8.12	9.36
Alto_Huamayacu_M71	288173	9962207	285.97	2.51	1.47	58.61	38.16	5.03	6.21	0.09	4.63	11.63	0.70	0.01	8.73	8.66	1.11	0.02	10.84	7.52
Alto_Huamayacu_M72	288292	9962295	281.03	2.36	1.42	60.10	38.75	7.11	5.86	0.10	4.10	12.05	0.95	0.01	6.23	9.03	1.14	0.02	8.10	8.65
Alto_Huamayacu_M73	288164	9962500	280.01	2.61	1.34	51.31	38.66	7.32	6.17	0.07	3.65	11.94	0.61	0.01	5.47	8.03	1.12	0.02	14.68	9.38
Alto_Huamayacu_M74	288078	9962560	280.05	2.49	1.26	50.82	38.72	7.36	6.05	0.09	3.96	12.42	0.94	0.01	7.31	7.44	1.06	0.02	12.88	10.06
Alto_Huamayacu_M75	288184	9962572	279.06	2.48	1.38	55.90	43.75	7.12	5.82	0.07	3.56	13.56	0.74	0.00	5.90	7.32	1.01	0.02	9.24	11.86
Alto_Huamayacu_M76	288130	9962623	280.02	2.51	1.37	54.78	36.67	8.23	6.43	0.12	3.78	13.29	0.67	0.01	4.99	9.09	1.04	0.02	5.19	13.91
Alto_Huamayacu_M77	288188	9962728	281.97	2.66	1.35	50.79	30.69	6.44	6.04	0.05	3.58	14.09	0.81	0.01	4.63	8.62	1.05	0.02	14.54	9.75
Alto_Huamayacu_M78	288214	9962649	280.02	2.51	1.39	55.37	36.22	6.81	6.30	0.06	4.12	14.00	0.94	0.01	5.45	9.89	1.11	0.03	16.16	8.72
Alto_Huamayacu_M79	288245	9962595	279.09	2.37	1.44	60.62	34.31	8.02	6.44	0.13	4.29	15.77	0.62	0.01	6.47	9.46	1.21	0.04	12.77	9.77
Alto_Huamayacu_M80	288234	9962457	281.00	2.61	1.42	54.56	38.32	8.65	6.37	0.18	3.92	15.22	1.00	0.01	7.04	7.59	1.02	0.02	14.33	8.58
Alto_Huamayacu_M81	288229	9962354	282.96	2.51	1.35	54.08	7.21	5.99	0.13	3.55	14.99	0.78	0.21	0.01	5.14	8.02	1.00	0.02	8.85	9.30
Alto_Huamayacu_M82	288106	9962316	284.00	2.48	1.42	57.39	29.66	6.43	6.36	0.06	3.99	14.76	0.91	0.01	6.57	8.32	1.08	0.03	10.15	7.54
Alto_Huamayacu_M83	287604	9962847	271.09	2.49	1.42	57.00	32.16	6.17	5.49	0.06	3.83	14.96	0.71	0.01	5.57	8.74	1.02	0.03	12.60	8.69
Alto_Huamayacu_M84	287875	9962683	286.89	2.67	1.35	50.73	32.23	6.21	5.64	0.05	4.23	15.43	0.84	0.01	7.27	8.59	1.05	0.02	16.36	8.04
Alto_Huamayacu_M85	288018	9962731	282.97	2.51	1.52	60.42	37.45	5.38	5.73	0.11	3.96	15.21	1.08	0.01	5.68	9.05	1.10	0.02	11.60	9.65
Alto_Huamayacu_M86	288149	9962768	281.03	2.36	1.49	63.06	37.20	6.08	5.67	0.09	4.46	15.26	0.64	0.01	7.29	9.51	1.03	0.02	9.85	10.45
Alto_Huamayacu_M87	288160	9962834	285.92	2.61	1.55	59.27	29.78	6.07	5.95	0.33	3.81	15.28	0.69	0.01	5.13	9.05	1.07	0.02	11.91	11.01
Alto_Huamayacu_M88	288136	9962879	284.95	2.49	1.36	54.38	36.85	8.25	6.01	0.06	3.68	15.31	0.55	0.01	5.31	8.32	1.12	0.02	11.01	9.63
Alto_Huamayacu_M89	288175	9962957	288.99	2.48	1.54	62.33	32.81	8.75	6.02	0.10	3.66	15.16	0.82	0.01	5.75	7.70	1.18	0.02	12.95	8.63
Alto_Huamayacu_M90	288102	9962931	284.00	2.67	1.49	55.75	50.60	6.08	6.06	0.06	4.07	15.13	0.73	0.01	7.00	8.00	1.25	0.02	17.46	8.62
Alto_Huamayacu_M91	288062	9962867	280.07	2.51	1.54	61.35	46.07	4.58	6.28	0.08	4.41	15.02	0.76	0.01	8.01	8.39	1.22	0.02	17.06	9.42
Alto_Huamayacu_M92	288027	9962817	280.10	2.37	1.53	64.73	40.97	5.59	6.24	0.09	4.06	15.38	0.75	0.00	6.29	8.79	1.17	0.02	13.05	7.55
Alto_Huamayacu_M93	287992	9962900	281.01	2.61	1.48	56.70	41.28	4.36	5.70	0.13	4.26	15.24	0.68	0.01	6.38	9.49	1.14	0.03	16.40	7.55
Alto_Huamayacu_M94	287941	9962807	282.98	2.49	1.49	59.73	41.52	4.33	5.10	0.08	3.93	15.65	0.80	0.01	6.29	8.18	1.25	0.02	15.05	8.53
Alto_Huamayacu_M95	287798	9962864	272.12	2.48	1.48	59.85	42.32	5.81	5.59	0.10	3.71	15.60	0.76	0.01	5.60	8.02	1.21	0.03	17.81	8.98
Alto_Huamayacu_M96	287950	9962946	280.02	2.48	1.55	62.46	30.47	6.06	5.04	0.08	3.00	15.64	0.71	0.05	4.85	5.91	1.20	0.07	15.61	24.36
Alto_Huamayacu_M97	287765	9963046	278.05	2.49	1.49	59.76	40.50	6.21	5.89	0.05	2.93	14.89	0.78	0.05	5.27	5.28	1.12	0.08	17.69	16.69
Alto_Huamayacu_M98	287907	9963116	286.00	2.36	1.53	64.67	43.32	3.70	4.79	0.04	3.15	12.88	0.85	0.32	2.37	8.71	1.19	0.14	19.49	12.92
Alto_Huamayacu_M99	287772	9963185	291.96	2.49	1.46	58.55	38.13	5.94	5.21	0.06	3.22	12.82	0.97	0.35	2.48	8.94	1.12	0.18	17.41	12.84
Alto_Huamayacu_M100	288100	9963261	298.97	2.48	1.47	59.46	43.41	5.30	4.75	0.06	3.35	12.40	0.94	0.33	2.79	9.22	1.07	0.15	17.09	10.88
Alto_Huamayacu_M101	287833	9963335	299.97	2.67	1.48	55.50	40.58	5.93	4.59	0.02	3.11	11.87	0.95	0.35	2.55	8.44	1.11	0.23	14.74	12.73
Alto_Huamayacu_M102	287906	9963519	319.99	2.51	1.33	52.87	61.81	5.51	4.31	0.05	3.27	11.78	1.00	0.37	3.42	8.21	1.08	0.29	13.51	13.72
Alto_Huamayacu_M103	288087	9963600	331.95	2.36	1.48	62.71	37.22	5.53	4.53	0.04	3.50	11.61	1.02	0.39	3.16	9.36	1.07	0.22	16.51	12.84
Alto_Huamayacu_M104	288438	9962179	283.03	2.61	1.48	56.77	35.43	8.58	5.31	0.09	2.91	11.60	1.07	0.34	2.30	7.92	1.10	0.26	12.90	16.26
Alto_Huamayacu_M105	288720	9962222	294.99	2.48	1.40	56.60	33.53	4.72	5.00	0.06	3.12	11.50	1.06	0.36	2.39	8.68	1.04	0.19	11.42	15.82
Alto_Huamayacu_M106	288598	9962367	293.98	2.49	1.49	59.98	34.23	4.71	4.43	0.07	3.10	11.53	1.15	0.29	2.47	9.04	0.60	0.18	8.13	14.73
Alto_Huamayacu_M107	288864	9962438	314.00	2.39	1.35	56.60	42.06	7.56	5.56	0.07	2.69	11.59	1.20	0.15	7.25	2.55	0.81	0.98	10.40	19.00
Alto_Huamayacu_M108	288581	9962559	285.00	2.49	1.24	49.87	40.63	7.72	5.94	0.08	2.75	11.65	0.97	0.15	7.57	2.63	0.65	1.16	18.81	12.84
Alto_Huamayacu_M109	288448	9962565	283.03	2.46	1.25	50.72	47.40	6.82	4.80	0.08	3.05	11.84	1.13	0.15	8.57	2.74	0.71	1.09	20.98	14.66
Alto_Huamayacu_M110	288413	9962404	282.01	2.42	1.34	55.29	43.40	4.32	4.54	0.08	3.25	12.04	1.20	0.14	9.37	2.85	0.65	1.14	27.11	11.95
Alto_Huamayacu_M111	289054	9962540	310.99	2.42	1.21	49.94	32.56	7.83	5.63	0.06	3.22	12.73	1.29	0.15	8.76	3.24	0.73	1.30	25.19	9.63
Alto_Huamayacu_M112	288896	9962642	301.02	2.67	1.21	45.40	44.88	6.98	4.81	0.05	2.85	13.10	1.20	0.13	7.12	3.49	0.65	1.20	23.19	10.64
Alto_Huamayacu_M113	288795	9962816	308.92	2.51	1.27	50.37	31.02	5.24	4.63	0.05	3.05	13.43	1.21	0.15	7.35	4.02	0.67	1.45	19.27	9.65
Alto_Huamayacu_M114	288605	9962720	290.02	2.36	1.21	51.17	39.68	8.31	5.48	0.04	3.12	12.70	1.05	0.14	7.68	3.92	0.75	1.32	29.58	8.55
Alto_Huamayacu_M115	288997	9962967	312.99	2.61	1.23	47.30	37.53	6.49	5.58	0.05	3.29	13.16	1.00	0.12	9.57	2.61	0.85	1.22	19.61	9.12
Alto_Huamayacu_M116	288706	9963007	320.78	2.43	1.27	52.26	28.52	7.44	5.70	0.07	3.74	13.24	0.96	0.15	8.39	5.43	1.00	1.31	20.45	11.65
Alto_Huamayacu_M117	288564	9962892	300.97	2.67	1.28	47.84	38.07	9.55	5.78	0.12	3.21	13.64	0.92	0						

4.4 Mapas Edafológicos resultantes mediante la aplicación del método IDW en ArcMap 10.8 de tres localidades

MAPAS EDAFOLÓGICOS

(ALTITUD)

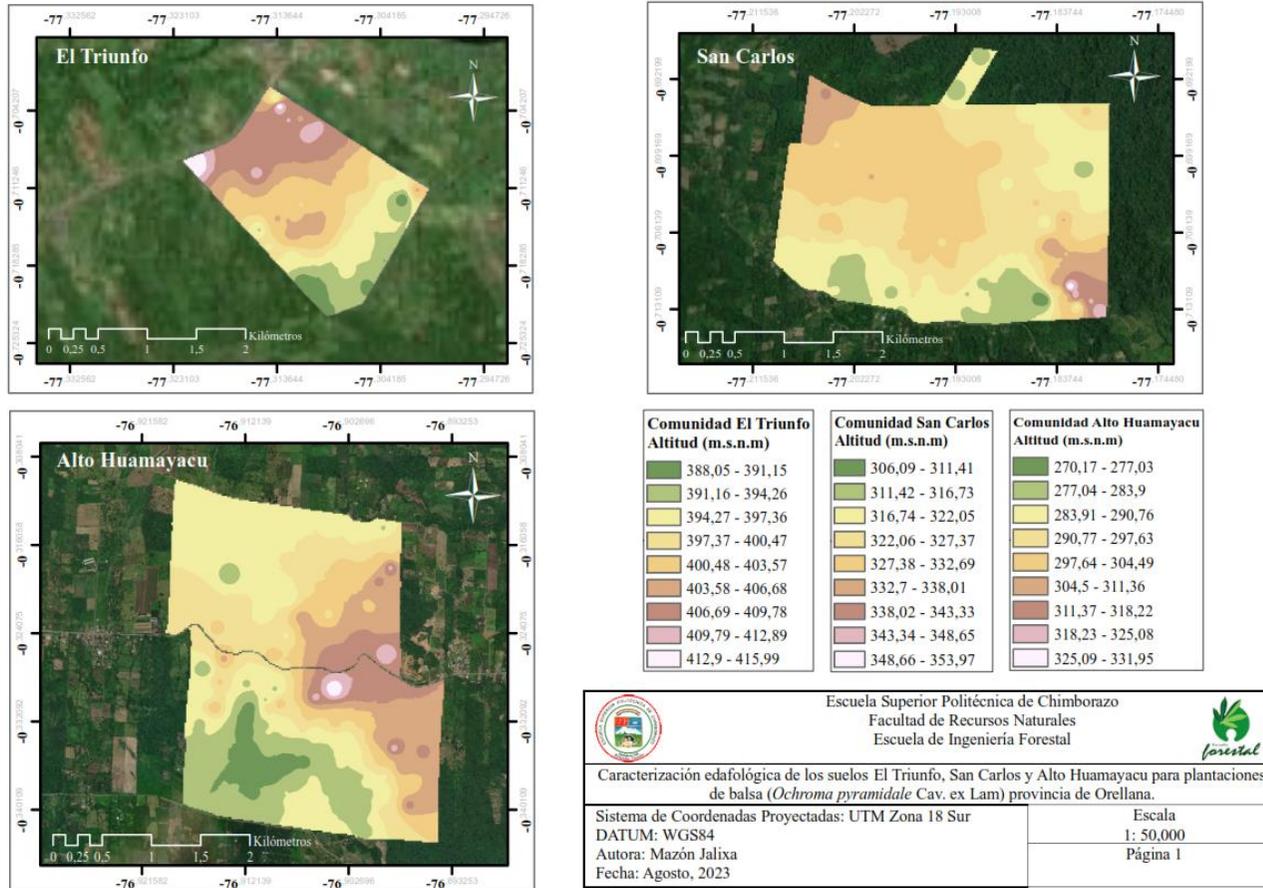


Ilustración 4-1: Altitud en las tres comunidades de la provincia de Orellana

Realizado por: Mazón Jalixa, 2023

MAPAS EDAFOLÓGICOS (DENSIDAD REAL)

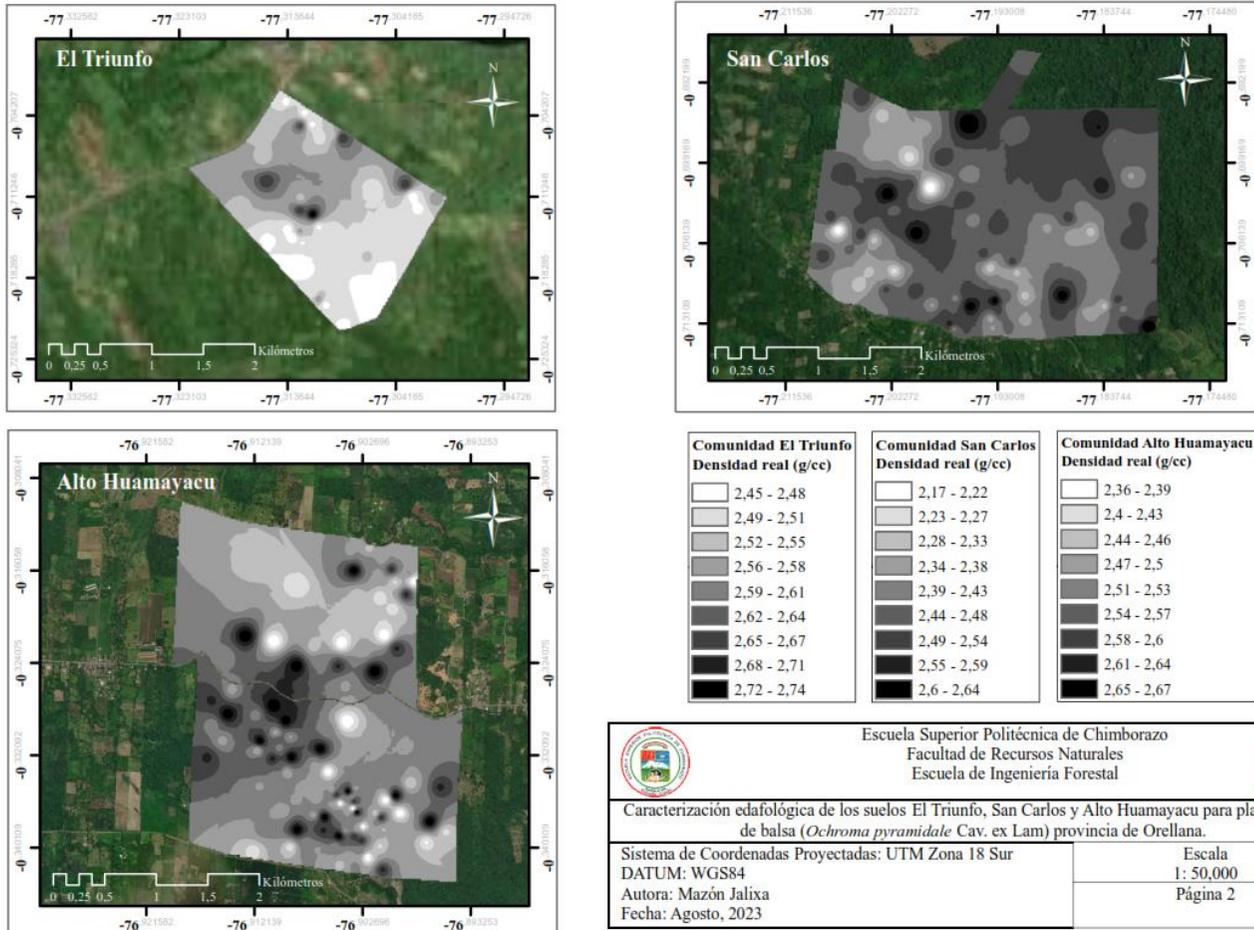


Ilustración 4-2: Densidad Real de los suelos en tres comunidades de la provincia de Orellana

Realizado por: Mazón Jalixa, 2023

MAPAS EDAFOLÓGICOS (DENSIDAD APARENTE)

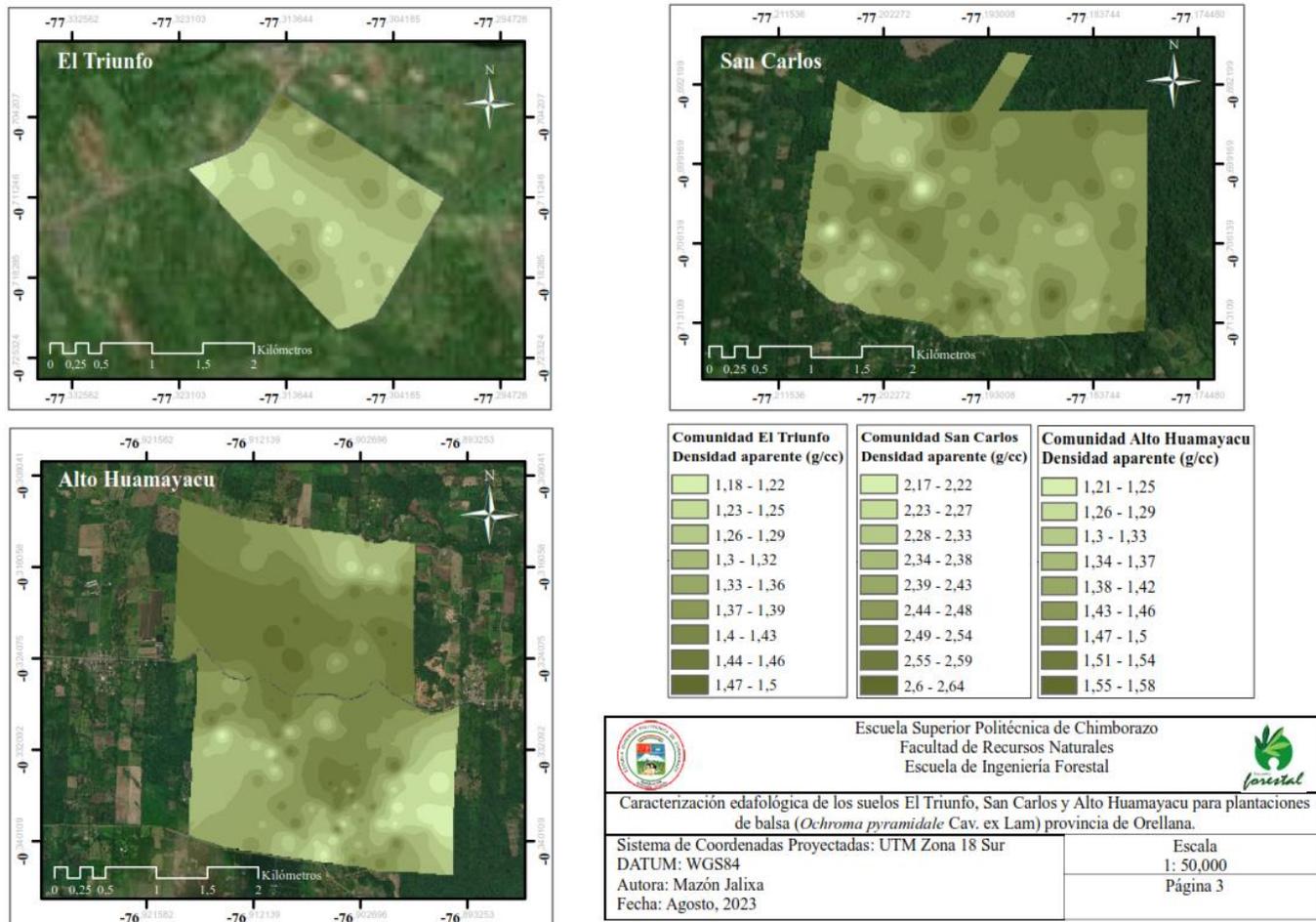


Ilustración 4-3: Densidad Aparente de los suelos en tres comunidades de la provincia de Orellana

Realizado por: Mazón Jalixa, 2023

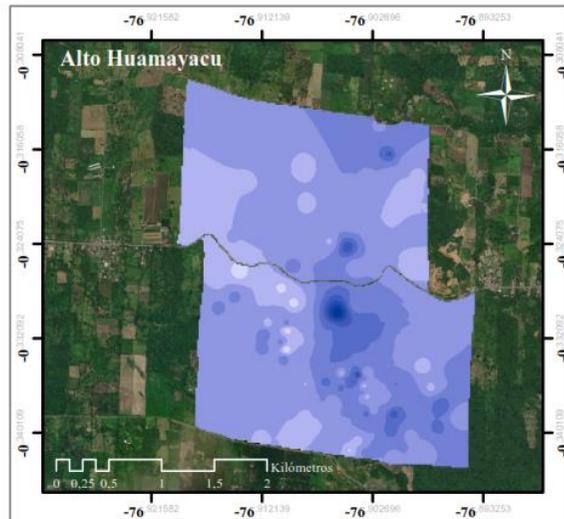
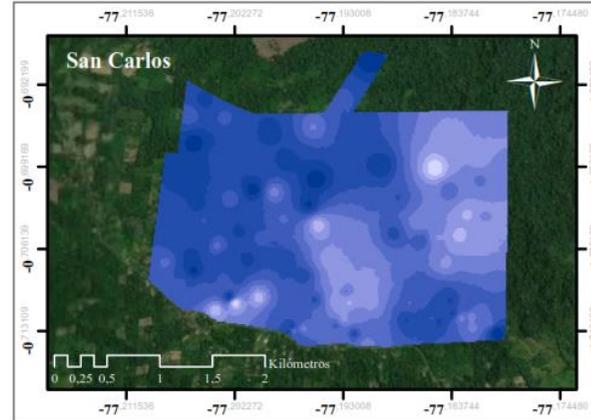
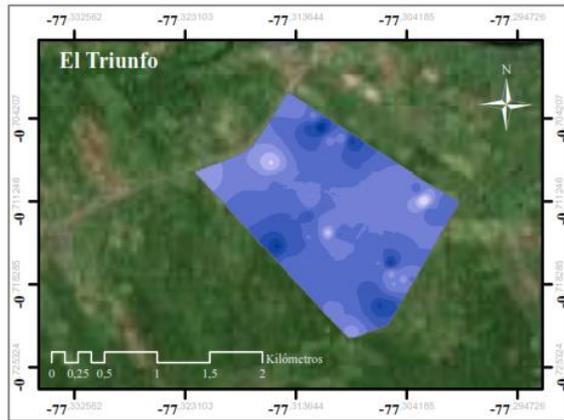
MAPAS EDAFOLÓGICOS (POROSIDAD)



Ilustración 4-4: Porcentaje de Porosidad de los suelos en tres comunidades de la provincia de Orellana

Realizado por: Mazón Jalixa, 2023

MAPAS EDAFOLÓGICOS (HUMEDAD)



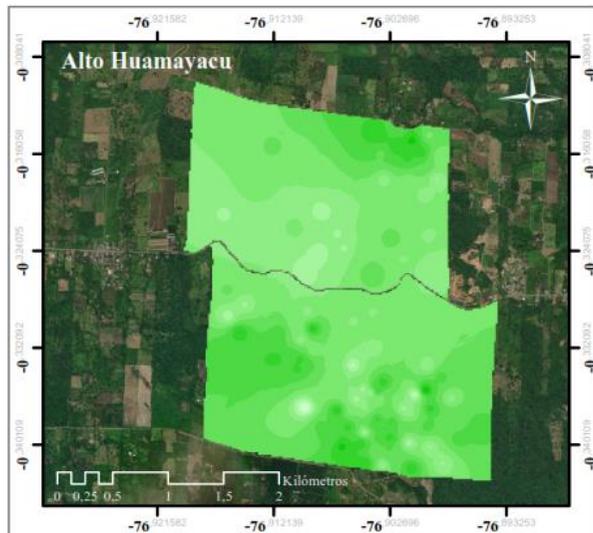
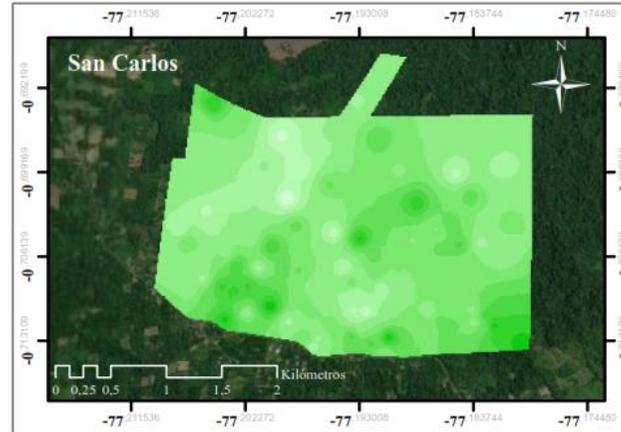
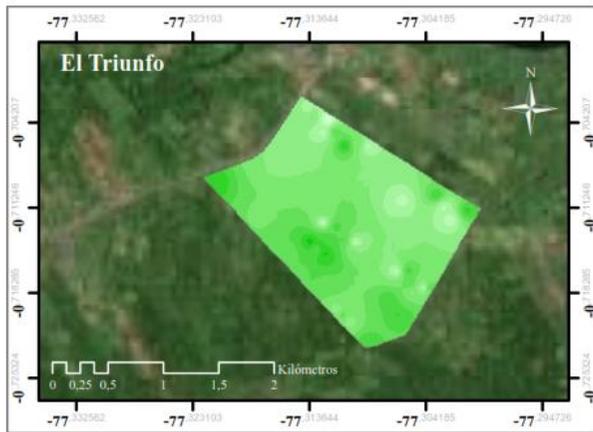
Comunidad El Triunfo Humedad (%)	Comunidad San Carlos Humedad (%)	Comunidad Alto Huamayacu Humedad (%)
28,39 - 31,13	26,9 - 29,73	23,82 - 28,04
31,14 - 33,88	29,74 - 32,57	28,05 - 32,26
33,89 - 36,63	32,58 - 35,41	32,27 - 36,48
36,64 - 39,38	35,42 - 38,25	36,49 - 40,71
39,39 - 42,13	38,26 - 41,09	40,72 - 44,93
42,14 - 44,88	41,1 - 43,93	44,94 - 49,15
44,89 - 47,62	43,94 - 46,76	49,16 - 53,37
47,63 - 50,37	46,77 - 49,6	53,38 - 57,59
50,38 - 53,12	49,61 - 52,44	57,6 - 61,81

	Escuela Superior Politécnica de Chimborazo Facultad de Recursos Naturales Escuela de Ingeniería Forestal	
Caracterización edafológica de los suelos El Triunfo, San Carlos y Alto Huamayacu para plantaciones de balsa (<i>Ochroma pyramidale</i> Cav. ex Lam) provincia de Orellana.		
Sistema de Coordenadas Proyectadas: UTM Zona 18 Sur		Escala
DATUM: WGS84		1: 50,000
Autora: Mazón Jalixa		Página 5
Fecha: Agosto, 2023		

Ilustración 4-5: Porcentaje de Humedad de los suelos en tres comunidades de la provincia de Orellana

Realizado por: Mazón Jalixa, 2023

MAPAS EDAFOLÓGICOS (MATERIA ORGÁNICA)



Comunidad El Triunfo Materia orgánica (%)	Comunidad San Carlos Materia orgánica (%)	Comunidad Alto Huamayacu Materia orgánica (%)
6,02 - 6,45	4,1 - 4,72	2,37 - 3,17
6,46 - 6,89	4,73 - 5,35	3,18 - 3,97
6,9 - 7,32	5,36 - 5,98	3,98 - 4,77
7,33 - 7,75	5,99 - 6,61	4,78 - 5,56
7,76 - 8,18	6,62 - 7,23	5,57 - 6,36
8,19 - 8,61	7,24 - 7,86	6,37 - 7,16
8,62 - 9,04	7,87 - 8,49	7,17 - 7,96
9,05 - 9,47	8,5 - 9,12	7,97 - 8,75
9,48 - 9,9	9,13 - 9,74	8,76 - 9,55

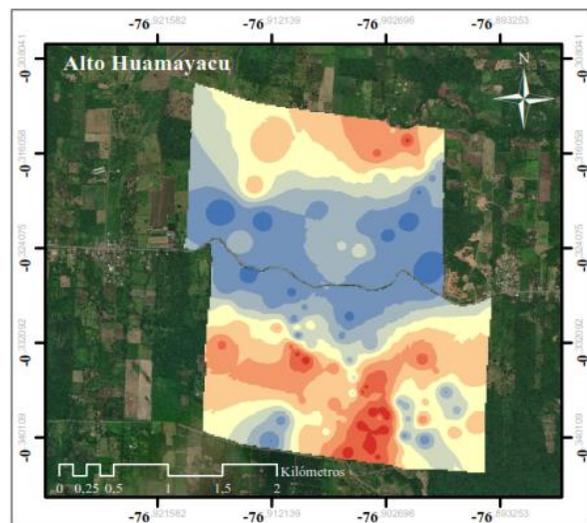
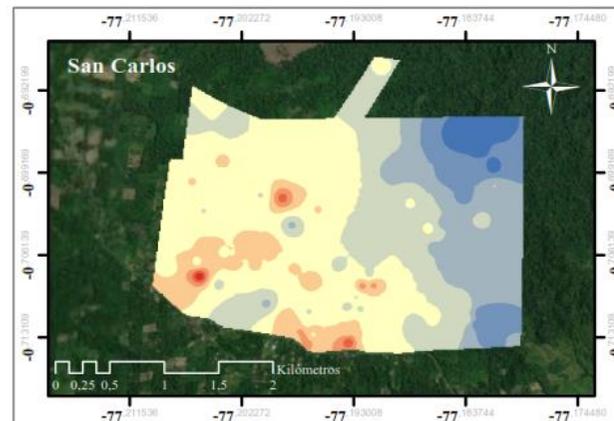
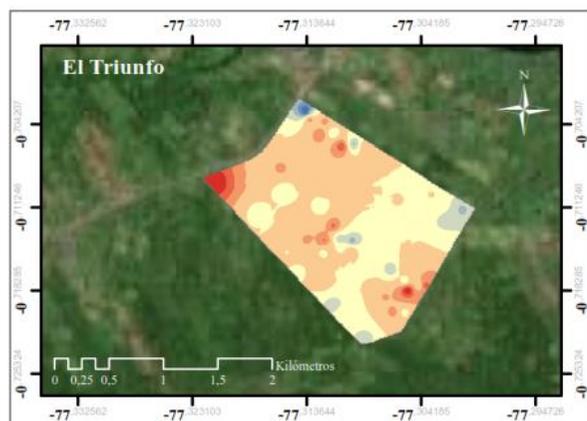
Escuela Superior Politécnica de Chimborazo Facultad de Recursos Naturales Escuela de Ingeniería Forestal	
Caracterización edafológica de los suelos El Triunfo, San Carlos y Alto Huamayacu para plantaciones de balsa (<i>Ochroma pyramidale</i> Cav. ex Lam) provincia de Orellana.	
Sistema de Coordenadas Proyectadas: UTM Zona 18 Sur DATUM: WGS84 Autora: Mazón Jalixa Fecha: Agosto, 2023	Escala 1: 50.000 Página 6

Ilustración 4-6: Porcentaje de Materia Orgánica de los suelos en tres comunidades de la provincia de Orellana

Ilustración 4-7: Realizado por: Mazón Jalixa, 2023

MAPAS EDAFOLÓGICOS

(pH)



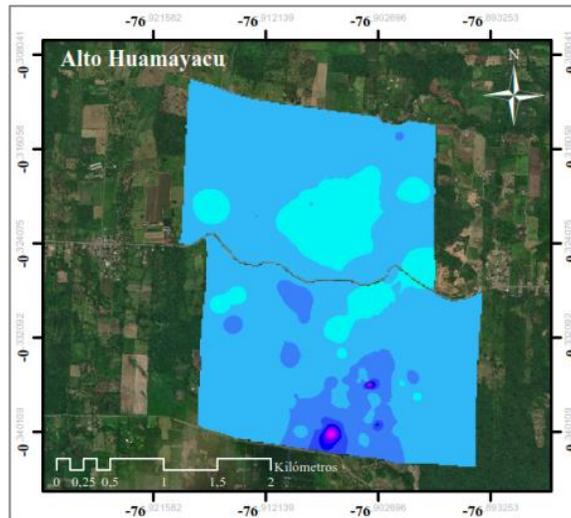
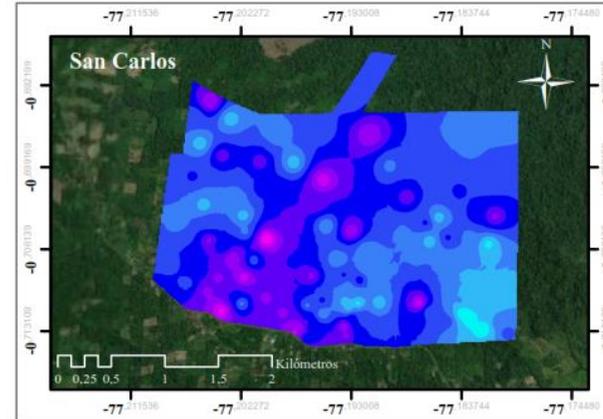
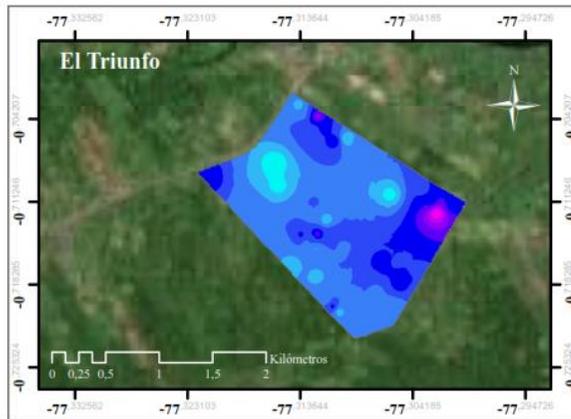
Comunidad El Triunfo pH	Comunidad San Carlos pH	Comunidad Alto Huamayacu pH
5,1 - 5,2	4,16 - 4,48	4,13 - 4,39
5,3 - 5,3	4,49 - 4,8	4,4 - 4,64
5,4 - 5,4	4,81 - 5,12	4,65 - 4,9
5,5 - 5,6	5,13 - 5,44	4,91 - 5,16
5,7 - 5,7	5,45 - 5,76	5,17 - 5,41
5,8 - 5,8	5,77 - 6,08	5,42 - 5,67
5,9 - 5,9	6,09 - 6,4	5,68 - 5,93
6 - 6	6,41 - 6,73	5,94 - 6,18
6,1 - 6,2	6,74 - 7,05	6,19 - 6,44

	Escuela Superior Politécnica de Chimborazo Facultad de Recursos Naturales Escuela de Ingeniería Forestal		
	Caracterización edafológica de los suelos El Triunfo, San Carlos y Alto Huamayacu para plantaciones de balsa (<i>Ochroma pyramidale</i> Cav. ex Lam) provincia de Orellana.		
Sistema de Coordenadas Proyectadas: UTM Zona 18 Sur DATUM: WGS84 Autora: Mazón Jalixa Fecha: Agosto, 2023		Escala 1: 50,000 Página 7	

Ilustración 4-8: Niveles de pH de los suelos en tres comunidades de la provincia de Orellana

Realizado por: Mazón Jalixa, 2023

MAPAS EDAFOLÓGICOS (CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA)



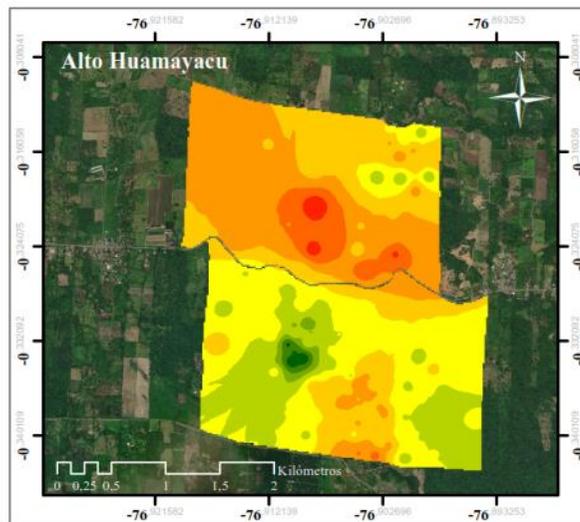
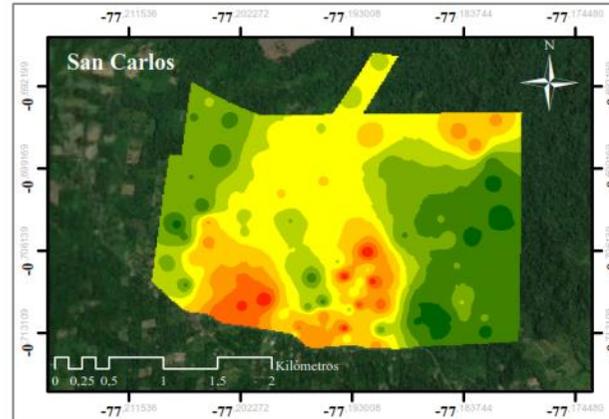
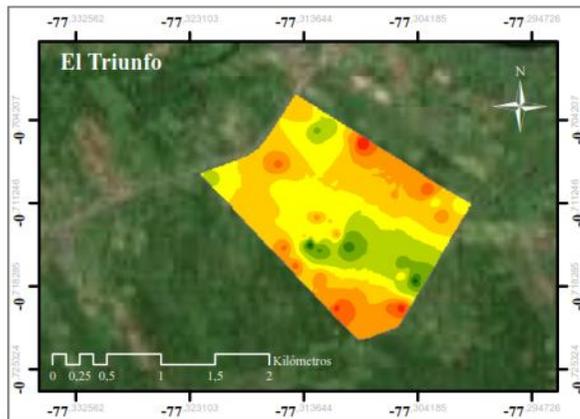
Comunidad El Triunfo Conductividad Eléctrica (dS/m)	Comunidad San Carlos Conductividad Eléctrica (dS/m)	Comunidad Alto Huamayacu Conductividad Eléctrica (dS/m)
0,07 - 0,09	0,04 - 0,05	0,01 - 0,05
0,1 - 0,11	0,06 - 0,07	0,06 - 0,09
0,12 - 0,13	0,08 - 0,08	0,1 - 0,13
0,14 - 0,15	0,09 - 0,1	0,14 - 0,17
0,16 - 0,16	0,11 - 0,11	0,18 - 0,21
0,17 - 0,18	0,12 - 0,13	0,22 - 0,25
0,19 - 0,2	0,14 - 0,14	0,26 - 0,29
0,21 - 0,22	0,15 - 0,16	0,3 - 0,33
0,23 - 0,24	0,17 - 0,17	0,34 - 0,37

	Escuela Superior Politécnica de Chimborazo Facultad de Recursos Naturales Escuela de Ingeniería Forestal	
Caracterización edafológica de los suelos El Triunfo, San Carlos y Alto Huamayacu para plantaciones de balsa (<i>Ochroma pyramidale</i> Cav. ex Lam) provincia de Orellana.		
Sistema de Coordenadas Proyectadas: UTM Zona 18 Sur	Escala 1: 50,000	
Autora: Mazón Jalixa	Página 8	
Fecha: Agosto, 2023		

Ilustración 4-9: Conductividad Eléctrica de los suelos en tres comunidades de la provincia de Orellana

Realizado por: Mazón Jalixa, 2023

MAPAS EDAFOLÓGICOS (CAPACIDAD DE INTERCAMBIO CATIONICO)



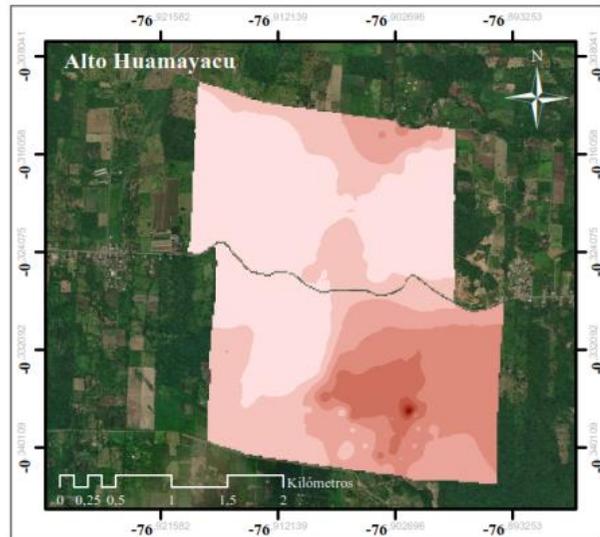
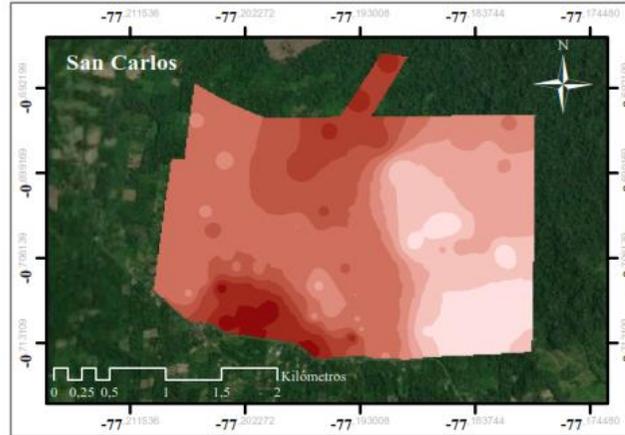
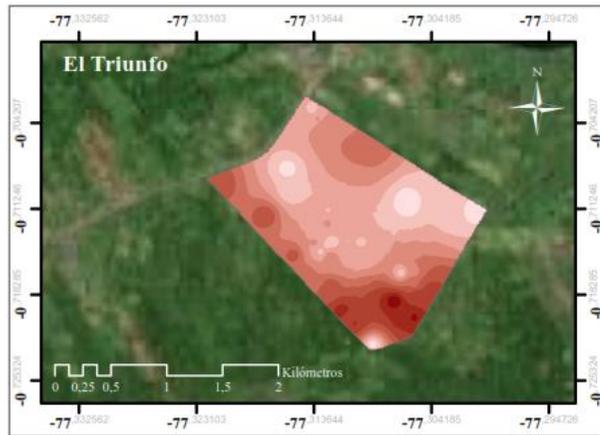
Comunidad El Triunfo Capacidad de Intercambio Catiónico (meq/100g)	Comunidad San Carlos Capacidad de Intercambio Catiónico (meq/100g)	Comunidad Alto Huamayacu Capacidad de Intercambio Catiónico (meq/100g)
2,03 - 2,38	2,31 - 2,65	1,38 - 1,81
2,39 - 2,72	2,66 - 2,99	1,82 - 2,25
2,73 - 3,06	3 - 3,34	2,26 - 2,68
3,07 - 3,41	3,35 - 3,68	2,69 - 3,11
3,42 - 3,75	3,69 - 4,02	3,12 - 3,54
3,76 - 4,09	4,03 - 4,36	3,55 - 3,97
4,1 - 4,43	4,37 - 4,7	3,98 - 4,4
4,44 - 4,78	4,71 - 5,05	4,41 - 4,83
4,79 - 5,12	5,06 - 5,39	4,84 - 5,27

 <p style="text-align: center;">Escuela Superior Politécnica de Chimborazo Facultad de Recursos Naturales Escuela de Ingeniería Forestal</p>	
<p>Caracterización edafológica de los suelos El Triunfo, San Carlos y Alto Huamayacu para plantaciones de balsa (<i>Ochroma pyramidale</i> Cav. ex Lam) provincia de Orellana.</p>	
Sistema de Coordenadas Proyectadas: UTM Zona 18 Sur DATUM: WGS84 Autora: Mazón Jalixa Fecha: Agosto, 2023	Escala 1: 50.000 Página 9

Ilustración 4-10: Capacidad de Intercambio Catiónico de los suelos en tres comunidades de la provincia de Orellana

Realizado por: Mazón Jalixa, 2023

MAPAS EDAFOLÓGICOS (FÓSFORO)



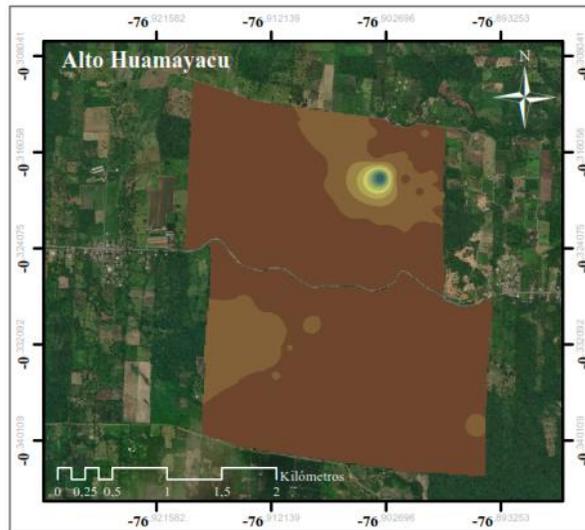
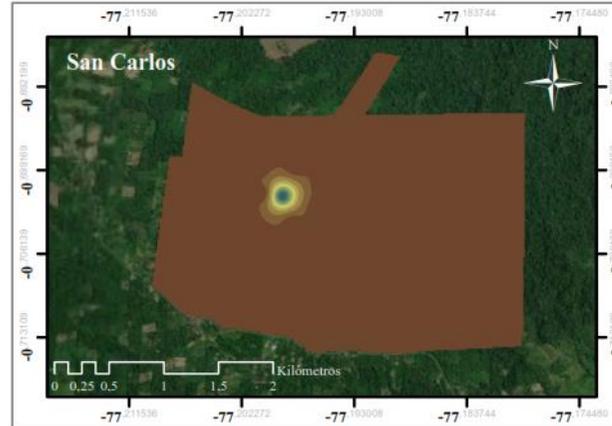
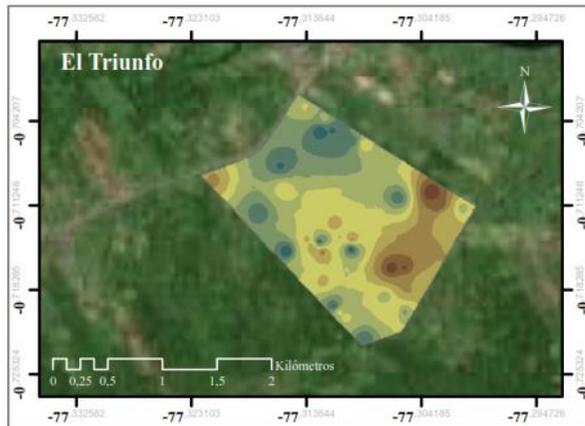
Comunidad El Triunfo Fósforo (µg/ml)	Comunidad San Carlos Fósforo (µg/ml)	Comunidad Alto Huamayacu Fósforo (µg/ml)
8,47 - 11,46	7,57 - 9,83	6,35 - 8,28
11,47 - 14,46	9,84 - 12,08	8,29 - 10,21
14,47 - 17,45	12,09 - 14,33	10,22 - 12,14
17,46 - 20,44	14,34 - 16,59	12,15 - 14,07
20,45 - 23,44	16,6 - 18,84	14,08 - 16
23,45 - 26,43	18,85 - 21,09	16,01 - 17,94
26,44 - 29,42	21,1 - 23,34	17,95 - 19,87
29,43 - 32,42	23,35 - 25,6	19,88 - 21,8
32,43 - 35,41	25,61 - 27,85	21,81 - 23,73

	Escuela Superior Politécnica de Chimborazo Facultad de Recursos Naturales Escuela de Ingeniería Forestal	
Caracterización edafológica de los suelos El Triunfo, San Carlos y Alto Huamayacu para plantaciones de balsa (<i>Ochroma pyramidale</i> Cav. ex Lam) provincia de Orellana.		
Sistema de Coordenadas Proyectadas: UTM Zona 18 Sur DATUM: WGS84 Autora: Mazón Jalixa Fecha: Agosto, 2023		Escala 1: 50,000 Página 10

Ilustración 4-11: Niveles de Fósforo de los suelos en tres comunidades de la provincia de Orellana

Realizado por: Mazón Jalixa, 2023

MAPAS EDAFOLÓGICOS (NITRÓGENO)



Comunidad El Triunfo Nitrógeno (µg/ml)	Comunidad San Carlos Nitrógeno (µg/ml)	Comunidad Alto Huamayacu Nitrógeno (µg/ml)
0,63 - 0,67	0,73 - 1,55	0,19 - 1,22
0,68 - 0,7	1,56 - 2,38	1,23 - 2,25
0,71 - 0,74	2,39 - 3,2	2,26 - 3,27
0,75 - 0,77	3,21 - 4,02	3,28 - 4,3
0,78 - 0,81	4,03 - 4,84	4,31 - 5,33
0,82 - 0,84	4,85 - 5,66	5,34 - 6,36
0,85 - 0,88	5,67 - 6,49	6,37 - 7,38
0,89 - 0,91	6,5 - 7,31	7,39 - 8,41
0,92 - 0,95	7,32 - 8,13	8,42 - 9,44

	Escuela Superior Politécnica de Chimborazo Facultad de Recursos Naturales Escuela de Ingeniería Forestal	
Caracterización edafológica de los suelos El Triunfo, San Carlos y Alto Huamayacu para plantaciones de balsa (<i>Ochroma pyramidale</i> Cav. ex Lam) provincia de Orellana.		
Sistema de Coordenadas Proyectadas: UTM Zona 18 Sur DATUM: WGS84 Autora: Mazón Jalixa Fecha: Agosto, 2023	Escala 1: 50,000 Página 11	

Ilustración 4-12: Niveles de Nitrógeno de los suelos en tres comunidades de la provincia de Orellana

Realizado por: Mazón Jalixa, 2023

MAPAS EDAFOLÓGICOS (POTASIO)

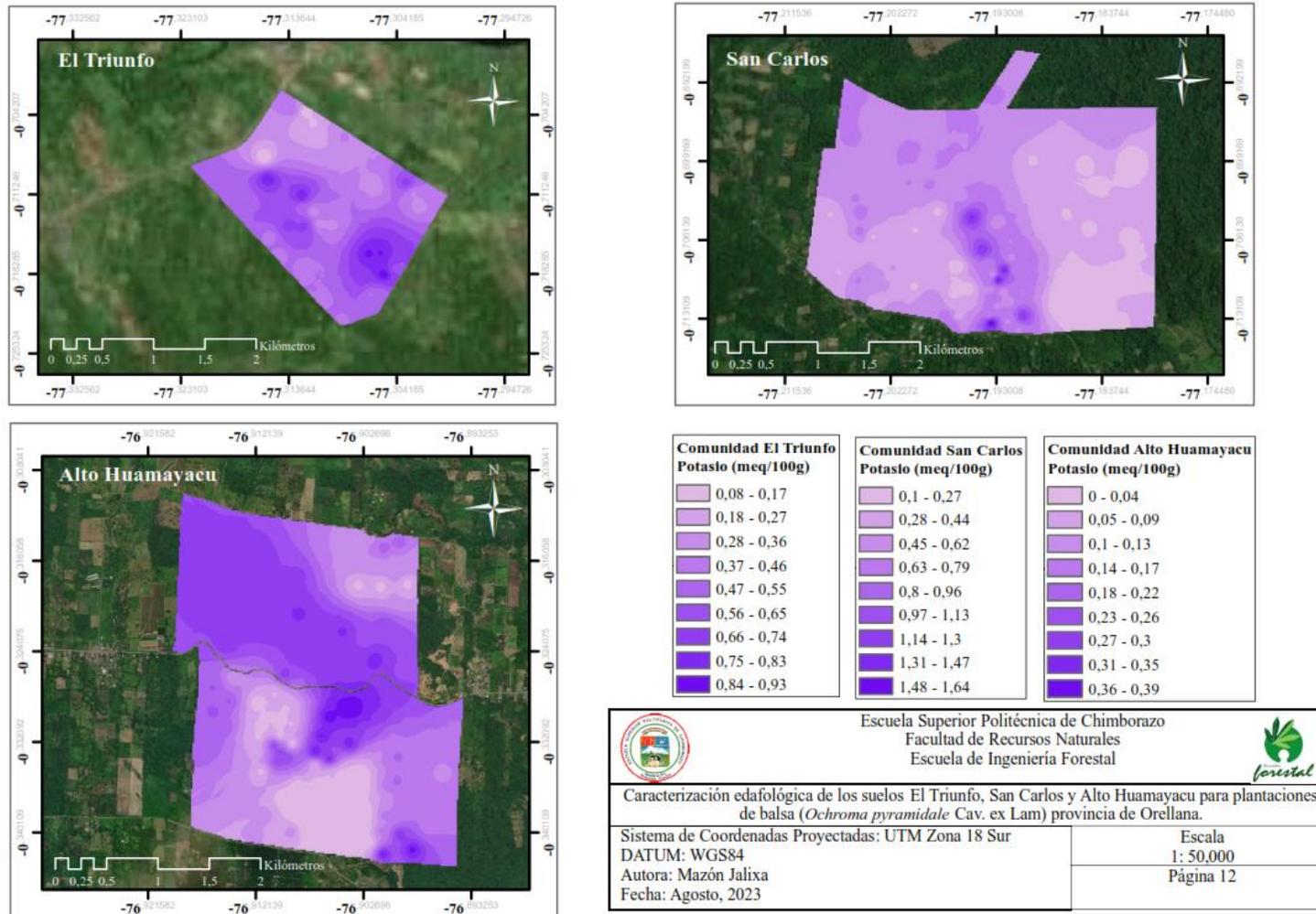
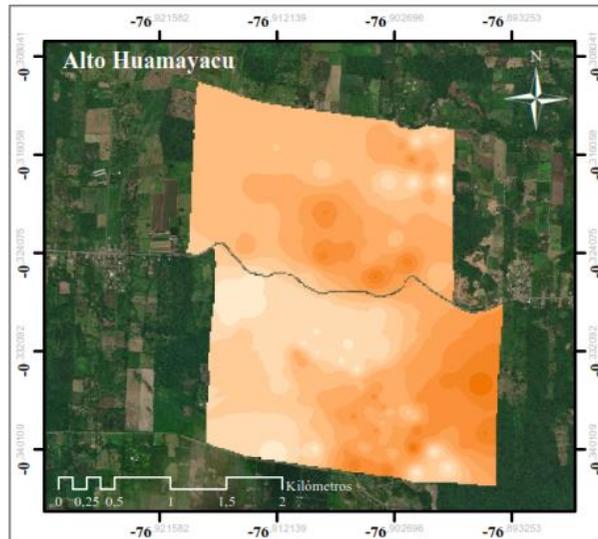
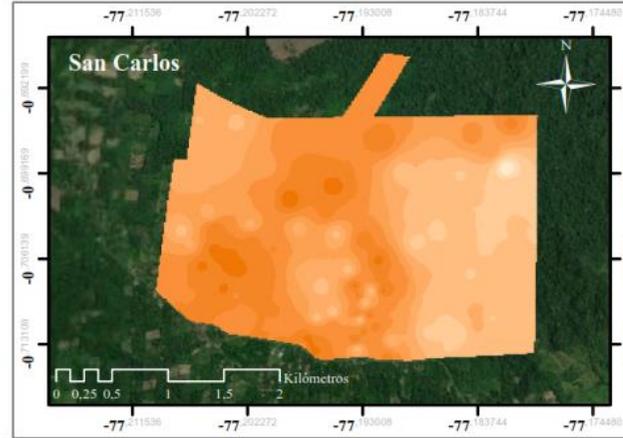
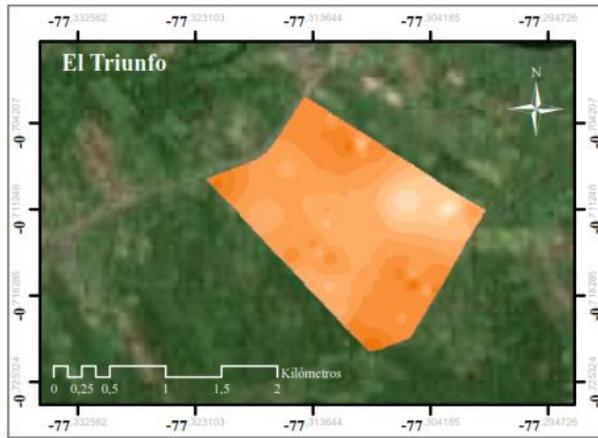


Ilustración 4-13: Niveles de Potasio de los suelos en tres comunidades de la provincia de Orellana

Realizado por: Mazón Jalixa, 2023

MAPAS EDAFOLÓGICOS (CALCIO)



Comunidad El Triunfo Calcio (meq/100g)	Comunidad San Carlos Calcio (meq/100g)	Comunidad Alto Huamayacu Calcio (meq/100g)
4,24 - 4,85	2,13 - 2,78	1,84 - 2,7
4,86 - 5,45	2,79 - 3,42	2,71 - 3,55
5,46 - 6,05	3,43 - 4,07	3,56 - 4,41
6,06 - 6,66	4,08 - 4,71	4,42 - 5,27
6,67 - 7,26	4,72 - 5,36	5,28 - 6,13
7,27 - 7,86	5,37 - 6	6,14 - 6,99
7,87 - 8,47	6,01 - 6,65	7 - 7,85
8,48 - 9,07	6,66 - 7,29	7,86 - 8,71
9,08 - 9,67	7,3 - 7,94	8,72 - 9,57

	Escuela Superior Politécnica de Chimborazo Facultad de Recursos Naturales Escuela de Ingeniería Forestal	
Caracterización edafológica de los suelos El Triunfo, San Carlos y Alto Huamayacu para plantaciones de balsa (<i>Ochroma pyramidale</i> Cav. ex Lam) provincia de Orellana.		
Sistema de Coordenadas Proyectadas: UTM Zona 18 Sur DATUM: WGS84 Autora: Mazón Jalixa Fecha: Agosto, 2023		Escala 1: 50,000 Página 13

Ilustración 4-14: Niveles de Calcio de los suelos en tres comunidades de la provincia de Orellana

Realizado por: Mazón Jalixa, 2023

MAPAS EDAFOLÓGICOS (MAGNESIO)

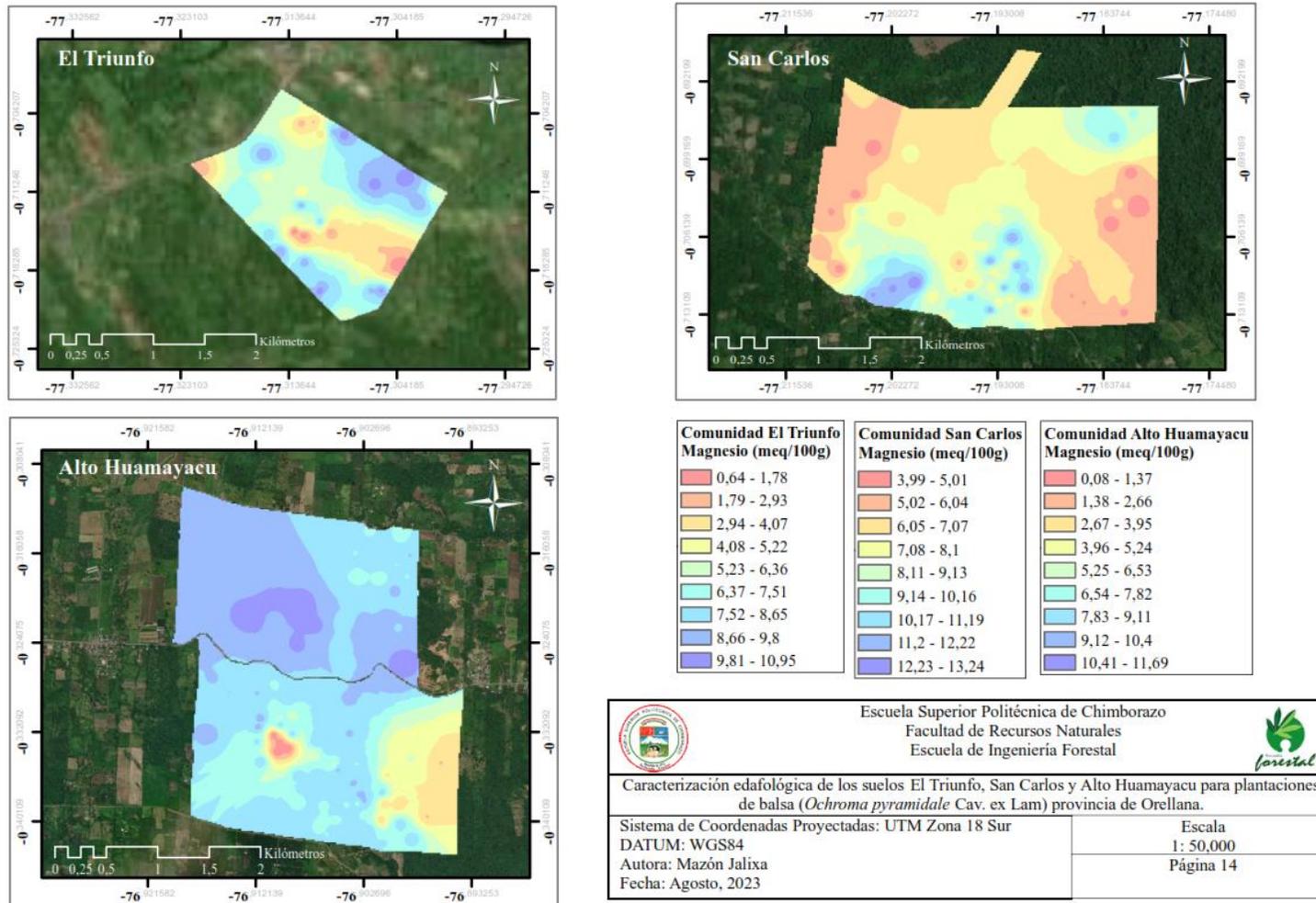


Ilustración 4-15: Niveles de Magnesio de los suelos en tres comunidades de la provincia de Orellana

Realizado por: Mazón Jalixa, 2023

MAPAS EDAFOLÓGICOS (SODIO)

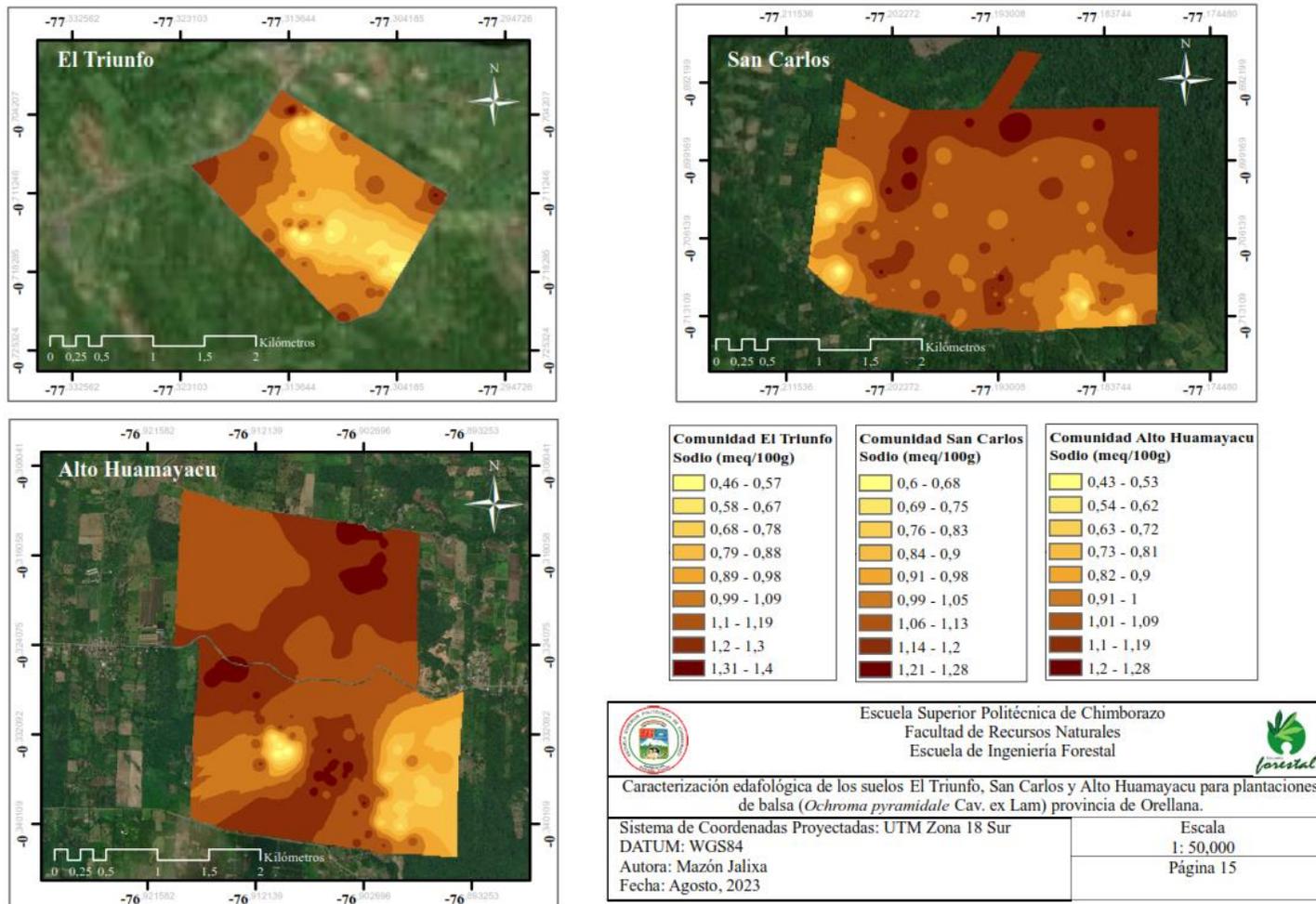
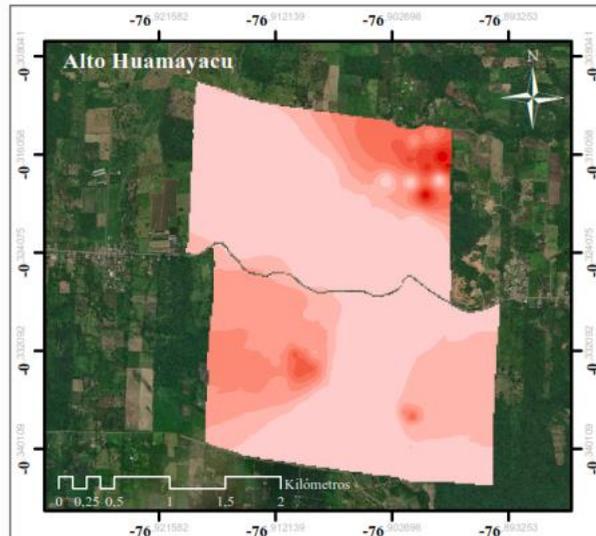
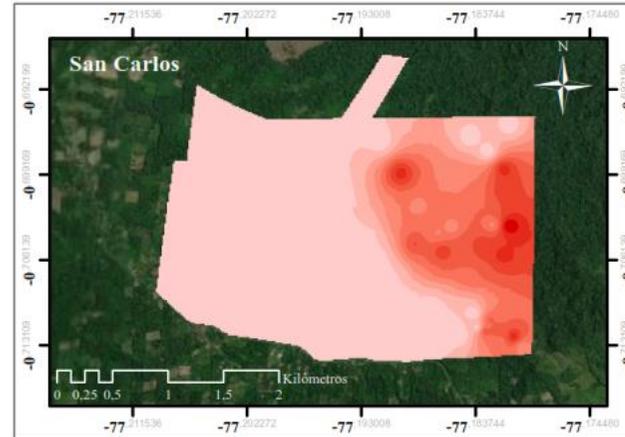
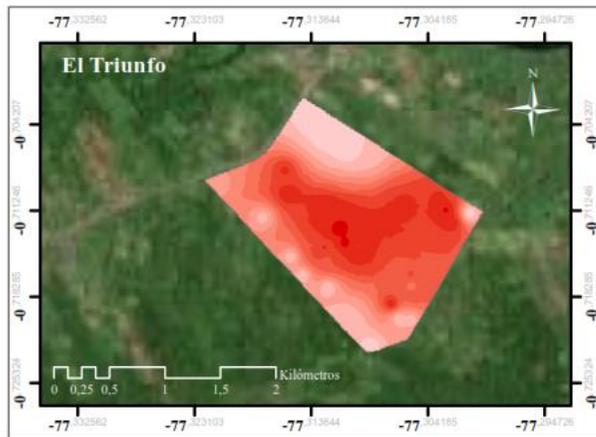


Ilustración 4-16: Niveles de Sodio de los suelos en tres comunidades de la provincia de Orellana

Realizado por: Mazón Jalixa, 2023

MAPAS EDAFOLÓGICOS (HIERRO)



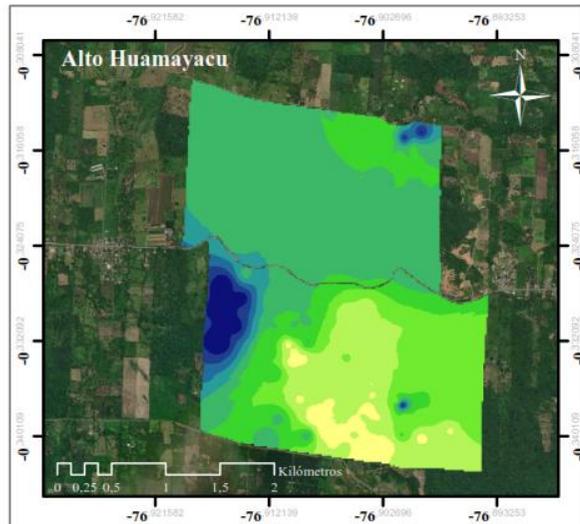
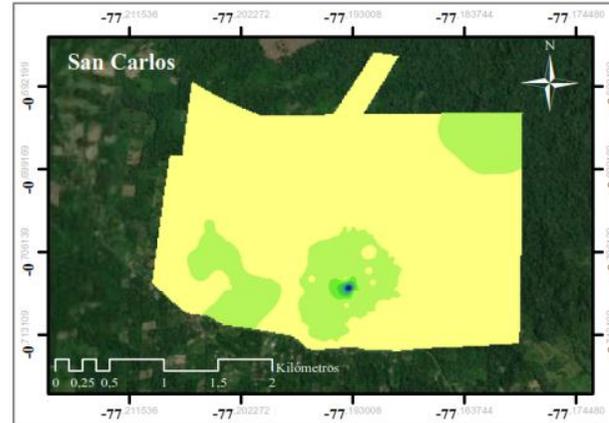
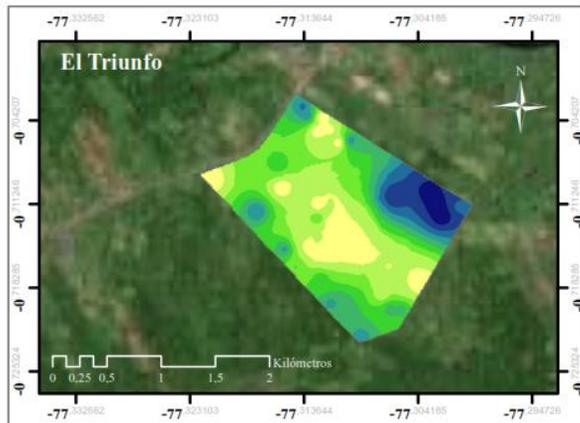
Comunidad El Triunfo Hierro (ppm)	Comunidad San Carlos Hierro (ppm)	Comunidad Alto Huamayacu Hierro (ppm)
2,56 - 12,45	36,31 - 142,63	0,01 - 1,11
12,46 - 22,33	142,64 - 248,96	1,12 - 2,21
22,34 - 32,21	248,97 - 355,28	2,22 - 3,31
32,22 - 42,09	355,29 - 461,61	3,32 - 4,41
42,1 - 51,98	461,62 - 567,93	4,42 - 5,51
51,99 - 61,86	567,94 - 674,26	5,52 - 6,6
61,87 - 71,74	674,27 - 780,58	6,61 - 7,7
71,75 - 81,63	780,59 - 886,91	7,71 - 8,8
81,64 - 91,51	886,92 - 993,24	8,81 - 9,9

 <p>Escuela Superior Politécnica de Chimborazo Facultad de Recursos Naturales Escuela de Ingeniería Forestal</p>	
Caracterización edafológica de los suelos El Triunfo, San Carlos y Alto Huamayacu para plantaciones de balsa (<i>Ochroma pyramidale</i> Cav. ex Lam) provincia de Orellana.	
Sistema de Coordenadas Proyectadas: UTM Zona 18 Sur	
DATUM: WGS84 Autora: Mazón Jalixa Fecha: Agosto, 2023	
Escala 1: 50,000 Página 16	

Ilustración 4-17: Niveles de Hierro de los suelos en tres comunidades de la provincia de Orellana

Realizado por: Mazón Jalixa, 2023

MAPAS EDAFOLÓGICOS (ZINC)



Comunidad El Triunfo Zinc (ppm)	Comunidad San Carlos Zinc (ppm)	Comunidad Alto Huamayacu Zinc (ppm)
0,91 - 6,16	0,73 - 22,79	3,94 - 11,34
6,17 - 11,4	22,8 - 44,85	11,35 - 18,75
11,41 - 16,65	44,86 - 66,91	18,76 - 26,15
16,66 - 21,89	66,92 - 88,97	26,16 - 33,56
21,9 - 27,14	88,98 - 111,04	33,57 - 40,96
27,15 - 32,38	111,05 - 133,1	40,97 - 48,37
32,39 - 37,63	133,11 - 155,16	48,38 - 55,77
37,64 - 42,87	155,17 - 177,22	55,78 - 63,18
42,88 - 48,12	177,23 - 199,28	63,19 - 70,58

Escuela Superior Politécnica de Chimborazo Facultad de Recursos Naturales Escuela de Ingeniería Forestal	
Caracterización edafológica de los suelos El Triunfo, San Carlos y Alto Huamayacu para plantaciones de balsa (<i>Ochroma pyramidale</i> Cav. ex Lam) provincia de Orellana.	
Sistema de Coordenadas Proyectadas: UTM Zona 18 Sur DATUM: WGS84 Autora: Mazón Jalixa Fecha: Agosto, 2023	Escala 1: 50,000 Página 17

Ilustración 4-18: Niveles de Zinc de los suelos en tres comunidades de la provincia de Orellana

Realizado por: Mazón Jalixa, 2023

MAPAS EDAFOLÓGICOS (MANGANESO)

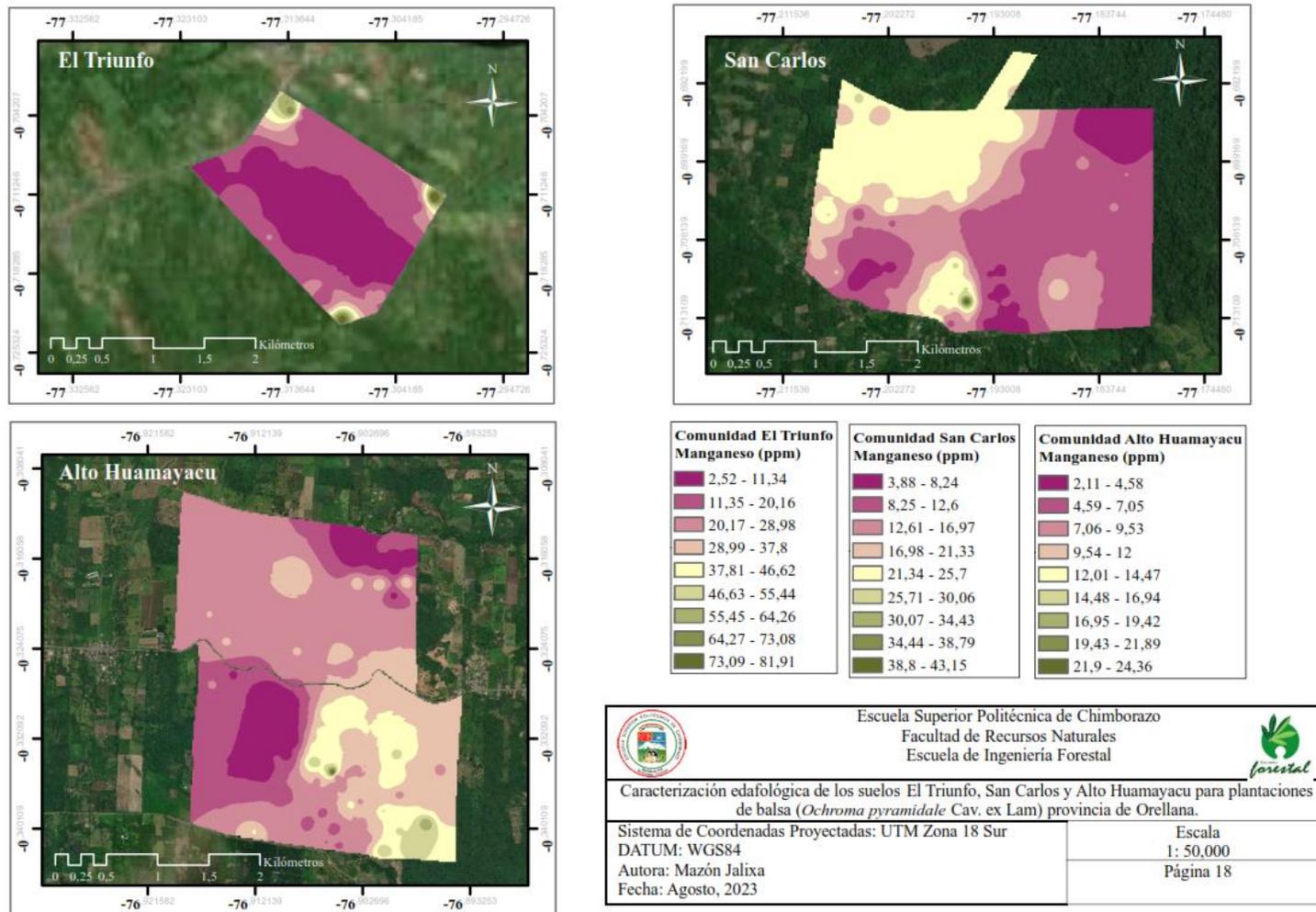


Ilustración 4-19: Niveles de Manganeso de los suelos en tres comunidades de la provincia de Orellana

Realizado por: Mazón Jalixa, 2023

4.5 Información de carácter técnica en los requerimientos sobre las propiedades físico - químicas del suelo para el establecimiento de las plantaciones de Balsa

Tabla 4-24: Necesidades de las características físicas principales para plantaciones de balsa

Propiedades físicas del suelo		
Variabes	Requerimientos establecidos	Resultado de la Investigación
	Fraca	
Textura	Franco arenosos	Franco limoso
	Franco limosos	Franco arenoso
Humedad (%)	> 30	35,87 – 41,25
Densidad Real (g/cm ³)	> 2,65	2,45 – 2,51
Densidad Aparente (gc/m ³)	< 1,4 Suelos arcillosos	1,27 – 1,42
	< 1,7 Suelos arenosos	
Porosidad (%)	50 - 60	51,83 – 56,46
Consistencia	Muy Friable	Friable
Estabilidad Estructural	Alta	Medio

Realizado por: Mazón Jalixa, 2023.

Según la Tabla 4-23 de las necesidades con respecto a las propiedades físicas para el establecimiento de plantaciones de balsa (*Ochroma pyramidale* Cav. ex Lam) y en comparación con los resultados obtenidos en la investigación, los suelos pertenecientes a las localidades “El Triunfo, Alto Huamayacu y San Carlos” de los cantones Loreto y La Joya de los Sachas, se ajustan a los requerimientos edafoclimáticos para la especie forestal.

Tabla 4-25: Necesidades de las características químicas para las plantaciones de balsa

Propiedades químicas del suelo		
Variabes	Requerimientos establecidos	Resultados de la Investigación
pH	5,5 – 6,5	5,33-5,69
Materia Orgánica (%)	> 3	6,43 – 8,11
Conductividad Eléctrica (dS/m)	< 2,0	0,08 – 0,13
Capacidad de intercambio catiónico (meq/100g)	> 4	14,42 – 15,09
Fósforo (µg/ml)	13 – 30	10,71 – 19,73
Potasio (meq/100g)	> 0,2	0,13 – 0,49
Calcio (meq/100g)	> 4	5,24 – 7,56

Magnesio (meq/100g)	> 1	5,89 – 7,80
Sodio (meq/100g)	> 0,01	0,95 – 1,04
Hierro (ppm)	-	1,54 – 193,59
Zinc (ppm)	-	16,27 – 26,25
Manganeso (ppm)	-	8,53 – 16,60

Realizado por: Mazón Jalixa, 2023.

En lo referente a las características químicas más relevantes de los suelos pertenecientes a las localidades “El Triunfo, San Carlos y Alto Huamayacu” de los cantones Loreto y La Joya de los Sachas, con respecto a los requerimientos, estos manifiestan escenarios satisfactorios para sostener el crecimiento y desarrollo de las plantaciones prevista para la balsa (Tabla 4-25).

CAPÍTULO V

5 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

Con el estudio realizado sobre las propiedades físico-químicas en los suelos de las tres comunidades “El Triunfo, San Carlos y Alto Huamayacu” ubicadas en las parroquias Loreto y La Joya de los Sachas respectivamente, pertenecientes a la provincia de Orellana en una altitud menor a los 500 m.s.n.m, con respecto a las propiedades físicas: son suelos con estabilidad estructural medio, presentan colores amarillentos parduzcos a pardos amarillentos en seco y de amarillentos oscuros, parduzco a pardos oscuros en húmedo; son suelos friables, de textura franco arenoso a franco limoso; poseen una alta humedad > 30 %, suelos livianos de baja densidad aparente ($1,27 - 1,42 \text{ g/cm}^3$), su densidad real ($2,45 - 2,51 \text{ g/m}^3$) y con una porosidad satisfactoria (51,83 – 56,46 %), ajustándose a los requerimientos edafoclimáticos de la *Ochroma pyramidale* Cav. ex Lam (Balsa).

Referente a las propiedades químicas: son suelos moderadamente ácidos, no salinos, con niveles altos en materia orgánica y en su capacidad de intercambio catiónico. El contenido nutricional en niveles medios para fósforo y potasio, niveles altos para calcio, magnesio, nitrógeno. Los micronutrientes en niveles bajos para el sodio y zinc, mientras que niveles altos para hierro y medios en manganeso, manifestando escenarios satisfactorios para sostener el crecimiento y desarrollo de las plantaciones prevista para la Balsa.

Las áreas pertenecientes a las comunidades “El Triunfo, Alto Huamayacu” poseen una aptitud forestal óptima para el establecimiento de las plantaciones forestales de balsa, mientras que el sector San Carlos presentó alteraciones en sus micronutrientes (hierro, zinc, manganeso), los cuales influirán en su crecimiento y frente a la necesidad de garantizar la sobrevivencia de la especie de interés, será fundamental planificar enmiendas orgánicas antes de la fase de establecimiento.

El estudio fue complementario con el diseño de mapas edafológicos de las propiedades cuantitativas (físicoquímicas) del suelo establecidas, que se presenta de una manera visual y con el respaldo de la base de datos resultante del método IDW con la interpolación de la información para antecedentes en posteriores estudios o el monitoreo con el propósito de evaluar el impacto socioeconómico de proyectos forestales impulsados por los Gobiernos seccionales.

5.2 Recomendaciones

Realizar posteriores evaluaciones de las propiedades físico-químicas en plantaciones forestales de *Ochroma pyramidale* ya establecidas en las localidades estudiadas y relacionar su efecto en el crecimiento dasométrico de la especie evaluada.

Realizar estudios de fertilización fundamentados en mejorar los niveles para los macronutrientes (P, K, Ca, Mg y Na) y evaluar el rendimiento de las futuras producciones forestales, así como la economía del inversor.

Implementar estrategias de remediación en suelos para la producción forestal en beneficio de la comunidad, como por ejemplo realizar correcciones nutricionales por alteraciones en contenido de micronutrientes.

Establecer costos y rentabilidad de futuros proyectos de forestación con balsa considerando la caracterización edafológica de esta investigación para el establecimiento y manejo silvicultural.

BIBLIOGRAFÍA

ACEVEDO-SANDOVAL, O., ORTIZ-HERNÁNDEZ, E., CRUZ-SÁNCHEZ, M. y CRUZ-CHÁVEZ, E. El papel de óxidos de hierro en suelos. *Terra Latinoamericana, Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo, A.C.2004* [en línea], vol. 22, no. 4, [consulta: 12 diciembre 2022]. ISSN 2395-8030. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/573/57311096013.pdf>.

VALLEJO Álvaro y **ZAPATA** Fredy, . Balso. *Forestal Maderero- Artículo* [en línea]. [consulta: 25 abril 2023].2018 Disponible en: <https://www.forestalmaderero.com/articulos/item/balso.html>.

ANÓNIMO. Capacidad de Intercambio Catiónico (CIC) de un suelo. *Hablemos de Suelos* [en línea]. [consulta: 27 abril 2022]. 2016 Disponible en: <https://m.facebook.com/hablemosdesuelos/photos/conocer-la-capacidad-de-intercambio-cati%C3%B3nico-cic-de-un-suelo-es-fundamental-pue/146120613609883/>.

ARROYO, I., LÓPEZ, L., HERNÁNDEZ, J., PEÑA, R., JIMÉNEZ, D. y RUIZ, J.,. *IMPACTO DE LOS PROCESOS EROSIVOS SOBRE LAS CARACTERÍSTICAS Y PROPIEDADES DE LOS SUELOS EN LA REGIÓN SUR DE VALSEQUILLO, PUEBLA.* Tesis. Puebla, México: Benemérita Universidad Autónoma de Puebla. 2017.

BALMASEDA, C. y PONCE DE LEÓN, D. Modelo conceptual para la información edafológica. Estudio de caso: mapa nacional de suelos. *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias* [en línea], vol. 19, [consulta: 14 abril 2023]. ISSN 1010-2760. 2010 Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/932/93218512008.pdf>.

BESTEIRO, S. y DESCALZO, A. Contenidos de nitrógeno y fósforo del suelo ante un cambio de cobertura y condición topográfica. *Revista de Investigaciones Agropecuarias* [en línea], vol. 47, no. 2, [consulta: 27 abril 2022]. 2021. Disponible en: <https://www.redalyc.org/journal/864/86469002015/html/>.

BONILLA, N. y FERNÁNDEZ. DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE HUMEDAD. [en línea]. Puebla: [consulta: 26 abril 2022]. 2013. Disponible en: <http://www.ingenieriaquimica.buap.mx/SGC/ANALISIS/Documentos/analisis/QUIMICA%20ANALITICA/ACT-TE-INQM%2013-12.pdf>.

BURSTEIN, T. SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA Y SU APLICACIÓN EN LA SALUD PÚBLICA. *Revista Peruana de Medicina Experimental y Salud Publica* [en línea], vol. 19, no. 3, [consulta: 25 abril 2023]. ISSN versión impresa ISSN 1726-4634. 2002 Disponible en: <http://www.scielo.org.pe/pdf/rins/v19n3/a01v19n3.pdf>.

CASCÓN KATCHADOURIAN, J., RUIZ RODRÍGUEZ, A. y QUESADA ROMÁN, A., Georreferenciación y publicación web de cartografía antigua en sistemas de información geográficos: requisitos para su evaluación y estudio de caso. *Revista General de Información y Documentación*, vol. 28, no. 1, ISSN 1988-2858. DOI 10.5209/RGID.60810. 2018.

CHAVARRÍA, F. *Edafología 1* [en línea]. Primera edición. Caldas: CO-OPERATION OFFICE EUROPEAID. [consulta: 12 diciembre 2022]. 2011 Disponible en: <https://www.uaeh.edu.mx/investigacion/productos/4776/edafologia.pdf>.

DÁVILA, Á., *La cartografía temática* [en línea]. 2013. Quito: Instituto Geográfico Militar. [consulta: 14 abril 2023]. 2013..Disponible en: <https://www.geoportaligm.gob.ec/portal/wp-content/uploads/2012/09/cartografia-tematica.pdf>.

DE BUSTOS, M.E. | Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. *Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria* [en línea]. [consulta: 15 diciembre 2022]. 2013 Disponible en: <https://inta.gob.ar/documentos/muestreo-de-suelos-0>.

DONOSO, P., NAVARRO, C., GERDING, V., SOTO, D., THIERS, O., PINARES, J., ESCOBAR, B. y SANHUEZA, M.J. Fertilización de plantaciones forestales de especies nativas of «Mixed plantation model system for sustainable bioenergy production» View project [en línea]. Temuco, Chile: Universidad Austral de Chile – Universidad Católica de Temuco. ISBN 9789569412233. 2015 Disponible en: <https://www.researchgate.net/publication/288831746>.

ENLACE. EnlACe La Revista de la Agricultura de Conservación. *Enlace. Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo* [en línea], vol. 6, no. 27, 2015 Disponible en: www.cimmyt.org.

FERNÁNDEZ, M.T., Fósforo: amigo o enemigo. *ICIDCA. Sobre los Derivados de la Caña de Azúcar* [en línea], vol. XLI, no. 2, [consulta: 27 abril 2022]. ISSN 0138-6204. 2007. Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=223114970009>.

GARBOZO, J. Determinación de fósforo. *Alimentación* [en línea]. [consulta: 27 abril 2022]. 2015 Disponible en: <https://es.slideshare.net/julianajudithgarbozosaenz/determinacin-de-fsforo>.

GARCÍA ARAGÓN, H.A., SEQUEIRA MARTÍNEZ, J.J. y ÁLVAREZ AMADOR, C. Manejo y características de los suelos agrícolas de colonia Providencia, Nueva Guinea, 2017. *Revista Universitaria del Caribe*, vol. 24, no. 01, ISSN 2311-5807. DOI 10.5377/ruc.v24i01.9913. 2020

GARCÍA, D. *Sistema GNSS (GLOBAL NAVIGATION SATELLITE SYSTEM)* [en línea]. Proyecto de Investigación. Madrid: Universidad Autónoma de Madrid. [consulta: 15 abril 2023]. 2008 Disponible en: <https://arantxa.ii.uam.es/~jms/pfcsteleco/lecturas/20080125DavidGarcia.pdf>.

GARCÍA, L., POZO RUZ, A., GARCÍA-ALEGRE, M.C., SANDOVAL, F. y GUINEA, D. Sistema GPS descripción, análisis de errores, aplicaciones y futuro. *Dialnet-Mundo Electrónico* [en línea], no. 306, [consulta: 15 abril 2023]. ISSN 0300-3787. 2000 Disponible en: <https://www.peoplesmatters.com/Archivos/Descargas/GPS.pdf>.

GARCÍA, P., LUCENA, J., RUANO, S. y NOGALES, M. GUÍA PRÁCTICA DE LA FERTILIZACIÓN RACIONAL DE LOS CULTIVOS EN ESPAÑA P AUTORES PARTE I PARTE II. [en línea].: [consulta: 23 abril 2022]. 2009. Disponible en: [https://www.mapa.gob.es/es/agricultura/publicaciones/01_FERTILIZACI%C3%93N\(BAJA\)_tcm30-57890.pdf](https://www.mapa.gob.es/es/agricultura/publicaciones/01_FERTILIZACI%C3%93N(BAJA)_tcm30-57890.pdf).

GARCÍA, Y., RAMÍREZ, W. y SÁNCHEZ, S. Indicadores de la calidad de los suelos: una nueva manera de evaluar este recurso Soil quality indicators: A new way to evaluate this resource. *Pastos y Forrajes*, vol. 35, no. 2, ISSN 0864-0394. 2012

HANG, S. Propiedades Físicas de los Suelos. [en línea]. Córdoba, Argentina: [consulta: 14 mayo 2023]. Disponible en: <https://studylib.es/doc/4549594/fisica-de-suelos-propiedades-fisicas-de-los-suelos>. 2014

IBÁÑEZ, J. Caracterización de Los Horizontes Superficiales del Suelo Según la FAO, ya es Accesible en Internet: “FAO Top Soil Characterization” [en línea]. 18 febrero 2007. S.l.: s.n. [consulta: 28 abril 2022]. 2007 Disponible en: <https://www.madrimasd.org/blogs/universo/2007/02/18/59536>.

JARAMILLO, D. Capacidad de Intercambio catiónico. *INTRODUCCIÓN A LA CIENCIA DEL SUELO*. Medellín: Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Ciencias, pp. 321-329. 2002a

JARAMILLO, D. DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE AGUA. *INTRODUCCIÓN A LA CIENCIA DEL SUELO*. Medellín: UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA, pp. 217. 2002b.

JARAMILLO, D. Determinación del pH del suelo. Método potenciométrico. *INTRODUCCIÓN A LA CIENCIA DEL SUELO*. Medellín: Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Ciencias, pp. 343-352. 2002c.

JARAMILLO, D. El color del suelo. *INTRODUCCIÓN A LA CIENCIA DEL SUELO*. Medellín: Universidad Nacional de Colombia, pp. 117-119. 2002d.

JARAMILLO, D. Estabilidad Estructural. *INTRODUCCIÓN A LA CIENCIA DEL SUELO*. Medellín: Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Ciencias, pp. 108-114.

JARAMILLO, D., 2002f. Evaluación de la materia orgánica del suelo. Calcinación. *INTRODUCCIÓN A LA CIENCIA DEL SUELO*. Medellín: Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Ciencias, pp. 412-425. 2002e

JARAMILLO, D. La Consistencia del suelo. *INTRODUCCIÓN A LA CIENCIA DEL SUELO*. Medellín: Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Ciencias, pp. 236-246. 2002g

JARAMILLO, D. Porosidad. Tipos de poros. *INTRODUCCIÓN A LA CIENCIA DEL SUELO*. Medellín: Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Ciencias, pp. 192-196. 2002h

JARAMILLO, D. Textura del suelo. *INTRODUCCIÓN A LA CIENCIA DEL SUELO* [en línea]. Medellín: Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Ciencias, pp. 165.

[consulta: 23 abril 2022]. 2002i. Disponible en: <file:///C:/Users/cuent/OneDrive%20-%20ESCUELA%20SUPERIOR%20POLITECNICA%20DE%20CHIMBORAZO/Pr%C3%A1cticas%20Pre-Profesionales/clasif.%20de%20suelos.pdf>.

JORDÁN, A. *MANUAL DE EDAFOLOGÍA* [en línea]. Sevilla: Departamento de Cristalografía, Mineralogía y Química. [consulta: 12 diciembre 2022]. 2005. Disponible en: <https://avdiaz.files.wordpress.com/2008/08/suelo-completo.pdf>.

KLUEPFEL, M. y LIPPERT, B. Cambiando el pH del Suelo | Home & Garden Information Center. *Clemson Cooperative Extension. Home & Garden Information Center* [en línea]. [consulta: 24 abril 2022]. 2012. Disponible en: <https://hgic.clemson.edu/factsheet/cambiando-el-ph-del-suelo/>.

LUTERS, A. y SALAZAR, J. Guía para la Evaluación de la Calidad y Salud del Suelo. *Instituto de Suelos. CRN - CNI - INTA* [en línea]. S.l.: [consulta: 23 abril 2022]. 2000. Disponible en: https://www.nrcs.usda.gov/Internet/FSE_DOCUMENTS/nrcs142p2_051913.pdf.

MAGNI, F. Herramienta integral. *Revista Forestal* [en línea], vol. 8, no. 23, [consulta: 13 abril 2023]. 2019. Disponible en: https://www.revistaforestal.uy/wp-content/uploads/2019/04/Log%C3%ADstica_F23.pdf.

MARTÍN, A. Interpretación de análisis de suelo. *Herogra Fertilizantes* [en línea]. [consulta: 12 diciembre 2022]. 2021. Disponible en: <https://herografertilizantes.com/interpretacion-de-analisis-de-suelo/>.

MCKEAN, S. Manual de análisis de suelos y tejido vegetal-Una guía teórica y práctica de metodología. [en línea]. Roma: [consulta: 12 diciembre 2022]. 129. 1993. Disponible en: [file:///C:/Users/cuent/Downloads/Manual de an%C3%A1lisis de suelos y tejido vegetal Una gu%C3%ADa te%C3%B3rica y pr%C3%A1ctica de metodologia.pdf](file:///C:/Users/cuent/Downloads/Manual%20de%20an%C3%A1lisis%20de%20suelos%20y%20tejido%20vegetal%20Una%20gu%C3%ADa%20te%C3%B3rica%20y%20pr%C3%A1ctica%20de%20metodologia.pdf).

MENDOZA, Reynaldo y ESPINOZA Ariel. Guía Técnica para Muestreo de Suelos [preprint]. Managua: Complejo Gráfico TMC, 2017. Disponible en: <https://repositorio.una.edu.ni/3613/1/P33M539.pdf>

MENGEL, K. y KIRKBY, E., *Calcio en el suelo* [en línea]. 4. Basilea: Principios de la Nutrición Vegetal. [consulta: 27 abril 2022]. 4, vol. 4. Disponible en: https://aulavirtual.agro.unlp.edu.ar/pluginfile.php/66737/mod_resource/content/2/PRINCIPIOS%20DE%20NUTRICI%C3%93N%20VEGETAL.pdf. 2000.

MONTORO, M., Pensando en Munsell...(I) | Pasión por la pintura al óleo.... [Blog]. *Pintura al Óleo* [en línea]. [consulta: 26 abril 2022]. 2013 Disponible en: <https://migueldemontoro.wordpress.com/2013/05/26/pensando-en-munselli/>.

NIETO, J., Conductividad eléctrica. *EMA 3. PROPIEDADES QUÍMICAS DEL SUELO* [en línea]. [consulta: 27 abril 2022]. 2016 Disponible en: <https://docplayer.es/13395855-Tema-3-propiedades-quimicas-del-suelo-los-elementos-quimicos-en-el-suelo-capacidad-de-intercambio-cationico-el-ph-suelo-conductividad-electrica.html>.

OSORIO, S., Apuntes de Geotecnia con Énfasis en Laderas: El Agua en el Suelo. *Blog spot. El agua en el suelo* [en línea]. [consulta: 25 abril 2022]. 2010 Disponible en: <http://geotecnia-sor.blogspot.com/2010/10/el-agua-en-el-suelo.html>.

OTINIANO, A., FLORIÁN, L., SEVILLANO, R. y SEGUNDO, B., LA MATERIA ORGÁNICA, IMPORTANCIA Y EXPERIENCIA DE SU USO EN LA AGRICULTURA. *Idesa (Arica)* [en línea], vol. 24, no. 1, [consulta: 23 abril 2022]. ISSN 0718-3429. DOI 10.4067/S0718-34292006000100009. 2006 Disponible en: http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-34292006000100009&lng=es&nrm=iso&tlng=es.

RIVERA, L., *Aclimatación de vitroplantas y tolerancia a cadmio en caña de azúcar.* [en línea]. Maestría en Ciencias. Montecillo, Texcoco, Edo. de México: Colegio de Postgraduados. [consulta: 30 abril 2022]. 2011. Disponible en: <https://library.co/document/6zker3pz-aclimatacion-vitroplantas-tolerancia-cadmio-cana-azucar.html>.

RIZO, E., Síntomas de deficiencia de potasio. *Síntomas que indican deficiencias de potasio - Hortalizas* [en línea]. [consulta: 23 abril 2022]. 2010. Disponible en: <https://www.hortalizas.com/miscelaneos/sintomas-que-indican-deficiencias-de-potasio/>.

RODRÍGUEZ, J., APLICACIÓN DE METODOS DE INTERPOLACIÓN PARA EL CÁLCULO DE PRECIPITACIÓN POR MODELAMIENTO GEOESTADISTICO Y ANÁLISIS ESPACIAL PARA EL DEPARTAMENTO DE CUNDINAMARCA [en línea]. Cundinamarca: Universidad Militar Nueva Granada. [consulta: 15 abril 2023]. 2014 Disponible en: <https://core.ac.uk/download/pdf/143448058.pdf>.

SANGUINO, E., Influencia del pH sobre la fijación de fosforo y su relación con la respuesta del maíz a la fertilización fosfatada. *Acta Agronómica* [en línea], vol. XI, no. 3-4, [consulta: 27 abril 2022]. 1961. Disponible en: https://revistas.unal.edu.co/index.php/acta_agronomica/article/view/48957/50039.

SILVA, R., DETERMINACIÓN DE LOS MICRONUTRIMENTOS COBRE, HIERRO, MANGANESO, ZINC, BORO, MOLIBDENO Y SELENIO DISPONIBLES. [en línea]. S.l.: [consulta: 12 diciembre 2022]. 1989. Disponible en: https://repository.agrosavia.co/bitstream/handle/20.500.12324/20231/77475_57813.pdf?sequence=1.

SOSA, D.A., [sin fecha]. *Técnicas de toma y remisión de muestras de suelos*. Cerro Azul, Argentina: Estación Experimental Agropecuaria Cerro Azul.

ZOTARELLI, L., DUKES, M.D. y MORGAN, K.T., Interpretación del Contenido de la Humedad del Suelo para Determinar Capacidad de Campo y Evitar Riego Excesivo en Suelos Arenosos Utilizando Sensores de Humedad 1 Capacidad del suelo para almacenar agua. *Agricultural and Biological Engineering, Servicio de Extensión Cooperativa de la Florida, Instituto de Alimentos y Ciencias Agrícolas, Universidad de la Florida. (UF/IFAS)* [en línea], [consulta: 24 abril 2022]. 2013. Disponible en: <http://edis.ifas.ufl.edu/ae266>.

ANEXOS

ANEXO A: IMÁGENES SOBRE EL PROCESO DE OBTENCIÓN DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA Y MUESTRAS DE LOS SUELOS DE LAS TRES LOCALIDADES EN ESTUDIO.



Imagen 1. Formación del trayecto del área de estudio



Imagen 2. Georreferenciación del área de estudio



Imagen 3. Desplazamiento para la toma de 15 submuestras de suelo mediante el método de zigzag.



Imagen 4. Toma y almacenamiento de la muestra compuesta



Imagen 5. Etiquetado de las muestras de suelos a estudio



Imagen 6. Ingreso de las muestras de suelos al Laboratorio de la Facultad de Recursos Naturales-ESPOCH

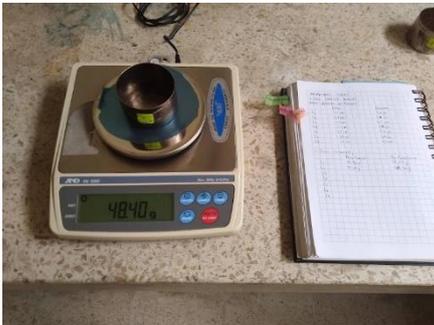


Imagen 7. Derminación de la Densidad Real y Aparente; se procedió a medir la altura, diámetro de los cilindros vacíos que corresponden a la cantidad de muestras y cada uno fue pesado en la balanza.



Imagen 8. En cuento al indicador de Humedad, se pesó los cilindros vacíos, los cilindros con suelo húmedo y con suelo seco.



Imagen 9. Para el indicador de Color, se procedió a determinarlo en las muestras en suelo húmedo y seco, utilizando la tabla Munsell para color de suelo.



Imagen 10. Para el Indicador de Consistencia de Suelo, se realizó en suelo húmedo y mojado, tomando una porción de muestra con la cual se forma un cordón, una circunferencia a más de manipularla con ambas manos para determinar su friabilidad y plasticidad.



Imagen 11. En la determinación del Indicador de Estabilidad Estructural, se procedió a colocar una gasa de forma transversal en un vaso de plástico, sujetandola con una liga y formando una aspecto de caída de la gasa . Después se agragó agua en un vaso de plástico hasta cubrir considerablemente

la gasa para colocar un agregado de suelo seco y tomar el tiempo hasta que se disgruege completamente. Esto se realizó para las 273 muestras de los suelos

ANEXO B: TABLAS DE INFORMACIÓN TÉCNICA DE LAS PROPIEDADES FÍSICO - QUÍMICAS DE LOS SUELOS DE LAS TRES LOCALIDADES

Tabla 1: Localización y resultados de las Propiedades fisicoquímicas del suelo de El Triunfo.

EL TRIUNFO					
Comunidad	El Triunfo	Parroquia	Ávila Huiruno	Cantón	Loreto
Muestreo N°	45	Área		300 has	
Profundidad de muestreo	30 cm	X		242844	
		Y		9921257	
		Z		402,00 m.s.n.m	
Resultados de las Propiedades Físico - químicas del suelo					
<i>Propiedades físicas</i>					
Humedad	39,61 %: Zona con altas precipitaciones				
Estabilidad Estructural	Media: Moderada: Posibilidad media de erosión				
Color	Suelo Seco: Pardo amarillento				
	Suelo húmedo: Amarillento oscuro				
Consistencia	Friable: Ligeramente pegajosos-ligeramente plástico				
Densidad Aparente	1,30 g/cm ³ : Ideal para el crecimiento de las raíces				
Densidad Real	2,49 g/cm ³				
Porosidad	51,82 %: Satisfactoria				
Clase Textural	Franco arenosa				
<i>Resultados de las Propiedades químicas</i>					
pH	5,68: Moderadamente ácido				
CE	0,13 dS/m: Suelo libre de sales. No existe restricción para ningún cultivo				
Mat. Orgánica	8,30 %: Alta/Suelo rico en nutrientes				
CIC	15,32 meq/100 g: Medio				
P	18,20 µg/ml: Medio				
N	0,80 µg/ml: Bajo				
K	0,45 meq/100 g: Alto				
Ca	7,56 meq/100 g: Medio				
Mg	5,46 meq/100 g: Alto				
Na	1,05 meq/100g: Medio				
Fe	57,45 ppm: Medio				
Zn	7,60 ppm: Alto				
Mn	13,52 ppm: Medio				

Tabla 2: Localización y resultados de las Propiedades fisicoquímicas del suelo de San Carlos.

SAN CARLOS					
Comunidad	San Carlos	Parroquia	Puerto Murialdo	Cantón	Loreto
Muestreo N°	107	Área		714 has	
Profundidad de muestreo	30 cm	X		255831	
		Y		9922159	
		Z		324,00 m.s.n.m	
Resultados de las Propiedades Físico - químicas del suelo					
<i>Propiedades físicas</i>					
Humedad	41,82 %: Zona con altas precipitaciones				
Estabilidad Estructural	Baja: En riesgo: Alta posibilidad de erosión				
Color	Suelo Seco: Pardo amarillento				
	Suelo húmedo: Pardo oscuro				
Consistencia	Friable: Ligeramente pegajosos-ligeramente plástico				
Densidad Aparente	1,25 g/cm ³ : Ideal para el crecimiento de las raíces				
Densidad Real	2,46 g/cm ³				
Porosidad	51,57 %: Satisfactoria				
Clase Textural	Franco limoso				
<i>Resultados de las Propiedades químicas</i>					
pH	5,48: Moderadamente ácido				
CE	0,07 dS/m: Suelo libre de sales. No existe restricción para ningún cultivo				
Mat. Orgánica	6,50 %: Alto/Suelo rico en nutrientes				
CIC	14,90 meq/100 g: Baja				
P	17,23 µg/ml: Medio				
N	0,92 µg/ml: Medio				
K	0,45 meq/100 g: Alto				
Ca	5,66 meq/100 g: Medio				
Mg	7,21 meq/100 g: Alto				
Na	1,10 meq/100g: Alto				
Fe	85,63 ppm: Alto				
Zn	12,98 ppm: Alto				
Mn	12,03 ppm: Bajo				

Tabla 3: Localización y resultados de las Propiedades fisicoquímicas del suelo de Alto Huamayacu.

ALTO HUAMAYACU					
Comunidad	Alto Huamayacu	Parroquia	La Joya de los Sachas	Cantón	La Joya de los Sachas
Muestreo N°	121	Área		809 has	
Profundidad de muestreo	30 cm	X		287828	
		Y		9963109	
		Z		287,00 m.s.n.m	
Resultados de las Propiedades Físico - químicas del suelo					
<i>Propiedades físicas</i>					
Humedad	35,55 %: Zona con altas precipitaciones				

Estabilidad Estructural	Alta: Fuerte: Baja posibilidad de erosión
Color	Suelo Seco: Amarillento parduzco
	Suelo húmedo: Amarillento parduzco
Consistencia	Friable: Ligeramente pegajosos-ligeramente plástico
Densidad Aparente	1,43 g/cm ³ : Ideal para el crecimiento de las raíces
Densidad Real	2,49 g/cm ³
Porosidad	56,60 %: Excelente
Clase Textural	Franco limoso
<i>Resultados de las Propiedades químicas</i>	
pH	5,48: Moderadamente ácido
CE	0,09 dS/m: Suelo libre de sales. No existe restricción para ningún cultivo
Mat. Orgánica	6,20 %: Alta/Suelo rico en nutrientes
CIC	14,38 meq/100 g: Bajo
P	10,36 µg/ml: Bajo
N	0,94 µg/ml: Medio
K	0,11 meq/100 g: Bajo
Ca	5,24 meq/100 g: Medio
Mg	8,38 meq/100 g: Alto
Na	1,10 meq/100g: Alto
Fe	0,20 ppm: Bajo
Zn	25,20 ppm: Alto
Mn	8,59 ppm: Bajo