



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

**FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS Y
AMBIENTALES**

CARRERA: INGENIERÍA FORESTAL

**INFORME FINAL DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN
CURRICULAR, MODALIDAD PROYECTO DE INVESTIGACIÓN**

TEMA:

**“EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS, QUÍMICAS E
HIDROLÓGICAS DEL SUELO EN DOS ECOSISTEMAS CON *Juglans
neotropica* Diels.”**

**Trabajo de integración curricular previo a la obtención del título de Ingeniero
Forestal**

Línea de investigación: Desarrollo agropecuario y forestal sostenible.

Autor: Geovanny Smith Chiza Alvear

Director: Ing. Jorge Luis Ramírez López, M.Sc.

Ibarra – 2023



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

BIBLIOTECA UNIVERSITARIA

AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

1. IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA

En cumplimiento del Art. 144 de la Ley de Educación Superior, hago la entrega del presente trabajo a la Universidad Técnica del Norte para que sea publicado en el Repositorio Digital Institucional, para lo cual pongo a disposición la siguiente información:

DATOS DE CONTACTO			
CÉDULA DE IDENTIDAD:	DE	1003193420	
APELLIDOS Y NOMBRES:	Y	Chiza Alvear Geovanny Smith	
DIRECCIÓN:		San Pablo del Lago, Calle Ángel Vaca y Gerardo Guevara	
EMAIL:		gschizaa@utn.edu.ec	
TELÉFONO FIJO:	023803523	TELÉFONO MÓVIL:	0987383270


DATOS DE LA OBRA	
TÍTULO:	“EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS, QUÍMICAS E HIDROLÓGICAS DEL SUELO EN DOS ECOSISTEMAS CON <i>Juglans neotropica</i> Diels.”
AUTOR:	Geovanny Smith Chiza Alvear
FECHA: DD/MM/AAAA	23/11/2023
SOLO PARA TRABAJOS DE GRADO	
PROGRAMA:	<input checked="" type="checkbox"/> PREGRADO <input type="checkbox"/> POSGRADO
TÍTULO POR EL QUE OPTA:	Ingeniero Forestal
ASESOR /DIRECTOR:	Ing. Jorge Luis Ramírez López, M.Sc.

2. CONSTANCIAS

El autor manifiesta que la obra objeto de la presente autorización es original y se la desarrolló, sin violar derechos de autor de terceros, por lo tanto la obra es original y que es el titular de los derechos patrimoniales, por lo que asume la responsabilidad sobre el contenido de la misma y saldrá en defensa de la Universidad en caso de reclamación por parte de terceros.

Ibarra, a los 04 días del mes de diciembre de 2023

EL AUTOR:

(Firma) 
Nombre: Geovanny Smith Chiza Alvear

**CERTIFICACIÓN DIRECTOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN
CURRICULAR**

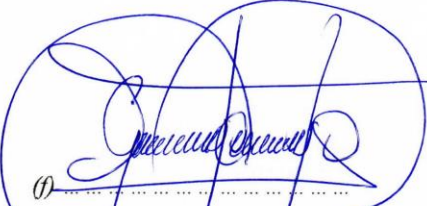
Ibarra, 04 de diciembre de 2023

Ing. Jorge Luis Ramírez López, M.Sc.

DIRECTOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

CERTIFICA:

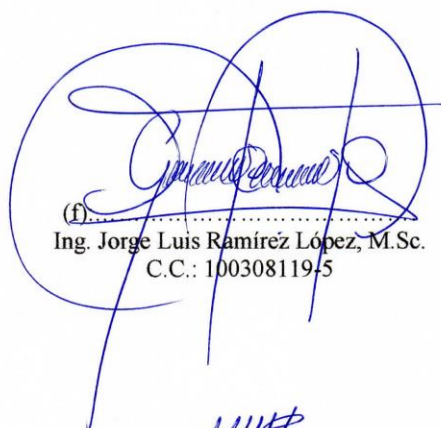
Haber revisado el presente informe final del trabajo de Integración Curricular, el mismo que se ajusta a las normas vigentes de la Universidad Técnica del Norte; en consecuencia, autorizo su presentación para los fines legales pertinentes.



Ing. Jorge Luis Ramírez López, M.Sc.
C.C.: 100308119-5

APROBACIÓN DEL COMITÉ CALIFICADOR

El Comité Calificador del trabajo de Integración Curricular “**EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS, QUÍMICAS E HIDROLÓGICAS DEL SUELO EN DOS ECOSITEMAS CON *Juglans neotropica* Diels.**”, elaborado por Sr. Geovanny Smith Chiza Alvear, previo a la obtención del título de Ingeniero Forestal, aprueba el presente informe de investigación en nombre de la Universidad Técnica del Norte:



(f).....
Ing. Jorge Luis Ramirez López, M.Sc.
C.C.: 100308119-5



(f).....
Ing. Carlos Arcos Unigarro, Mgs
C.C.: 040070118-1

DEDICATORIA

A Dios, quien me ha dado la sabiduría, para superar cada dificultad que se ha presentado en mi vida, a las personas tales como mi finado padre, mi madre, hermanos y amigos, los cuales me enseñaron a nunca rendirme en el trayecto, a dar mi mejor esfuerzo y siempre seguir adelante pese a las complicaciones que se presenten en el camino.

*Dedico especialmente mi tesis a mi madre querida **Patricia Alvear** quien me demostró que todo es posible si uno se enfoca y se dedica a cumplirlo, a mi finado padre **Fernando Chiza** el cual me enseñó a dar todo de uno hasta las últimas instancias pese a los aciertos y dificultades con el fin de llevar la satisfacción que se hizo todo lo posible por cumplir esa meta, a mi hermano mayor **Alex Chiza** quien es ejemplo a seguir como persona y finalmente mi hermana **Amanda Chiza** quien supo aconsejarme en cada circunstancia de mi vida, brindándome su apoyo moral y emocional.*

AGRADECIMIENTO

Agradezco a cada una de las personas involucradas en la elaboración del documento, tutores, asesores, ingenieros y amigos.

Agradezco a la Universidad Técnica del Norte quien supo abrirme las puertas en la carrera Ingeniería Foresta, la cual que me permitió cumplir un gran sueño de obtener estudios de tercer nivel.

De manera muy especial agradezco a mi grupo asesor, M.Sc. Jorge Luis Ramírez e Ing. Carlos Arcos, por los consejos brindados, sugerencias, paciencia y por estar al pendiente de todo el proceso de investigación.

También, agradezco a mis amigos Bryan, Fabricio, Edison, Oscar, Cinthya, Larissa, Lizeth, Fernando, Jean Pierre y otras grandes personas que han compartido conmigo aciertos y derrotas.

RESUMEN EJECUTIVO

La física, química e hidrología del suelo se encuentran sometidas a diversos cambios, debido a la interacción con el medioambiente. Por ende, se ha propuesto conocer acerca de dichas propiedades en entornos forestales y dar una aproximación de la calidad del suelo y como este se ve influenciado por las especies arbóreas. El objetivo fue determinar las propiedades físicas, químicas e hidrológicas del suelo en dos ecosistemas con presencia de *Juglans neotropica*. Se realizó la toma de muestras en el Campus Yuyucocha en una plantación inicial y un sistema forestal perteneciente a la fábrica la Gardenia ubicado en el GAD San Roque. El número de muestras para el análisis del suelo fueron cuatro repeticiones a dos profundidades del suelo de 0 – 30 cm y 30 – 60 cm de manera al azar, para asegurar la representación de la muestra; la velocidad de infiltración se tomó 3 muestras al azar en cada sitio. Los resultados en función de las propiedades evaluadas señalan que el suelo del Campus Yuyucocha presentó textura franco, con N medio, P de alto a medio, K de medio a bajo, pH de alcalino a ligeramente alcalino y el %MO bajo, además, los valores de la %CC, %PMP, %Ps, %Ha, %CH, %He son referenciales a la estructura del suelo, la velocidad de infiltración oscila de muy lenta a moderada, por otro lado en el predio la Gardenia la textura es franco arenoso, N y P oscila de medio a bajo, K es alto, el pH es prácticamente neutro, %MO es bajo, en tanto que la %CC, %PMP, %Ps, %Ha, %CH, %He son valores correspondientes a la clasificación textural del suelo, la velocidad de infiltración es moderada a rápida. El estudio mostró que existen diferencias estadísticamente significativas. Se concluye que las propiedades del suelo no muestran una correlación proporcional con las condiciones edáficas usualmente aceptadas.

Palabras clave: Interacción, entornos forestales, infiltración, clases texturales, plantación.

ABSTRACT

Soil physics, chemistry and hydrology are subject to various changes due to interaction with the environment. Therefore, it has been proposed to know about these properties in forest environments and to give an approximation of soil quality and how it is influenced by tree species. The objective was to determine the physical, chemical and hydrological properties of the soil in two ecosystems with presence of *Juglans neotropica*. Sampling was carried out at the Yuyucocha Campus in an initial plantation and a forest system belonging to the Gardenia factory located in the GAD San Roque. The number of samples for soil analysis were four repetitions at two soil depths of 0 - 30 cm and 30 - 60 cm randomly, to ensure the representation of the sample, the infiltration rate was taken 3 random samples at each site. The results according to the properties evaluated indicate that the soil of the Yuyucocha Campus presented loam texture, with medium N, high to medium P, medium to low K, alkaline to slightly alkaline pH and low %MO, in addition, the values of %CC, %PMP, %Ps, %Ha, %CH, %He are referential to the soil structure, On the other hand, in the Gardenia farm the texture is sandy loam, N and P range from medium to low, K is high, pH is practically neutral, %MO is low, while %CC, %PMP, %Ps, %Ha, %Ch, %He are values corresponding to the textural classification of the soil, the infiltration rate is moderate to fast. The study showed that there are statistically significant differences. It is concluded that soil properties do not show a proportional correlation with the usually accepted edaphic conditions.

Keywords: Interaction, forest environments, infiltration, textural classes, planting.

LISTA DE SIGLAS

FAO. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación.

USDA. United States of Department Agriculture.

CIMMYT. Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo.

NRCS. National Resources Conservation Service.

UNLP. Universidad Nacional de la Plata.

INTAGRI. Instituto para la Innovación Tecnológica en la Agricultura.

PROSAP Argentina. Programa de Servicios Agrícolas Provinciales.

MINAM. Ministerio del Ambiente del Perú.

N. Nitrógeno.

P. Fósforo.

K. Potasio.

%MO. Materia Orgánica.

%CC. Capacidad de Campo.

%PMP. Coeficiente de Marchitez o Punto de Marchitez Permanente

%Ps. Punto de Saturación.

%Ha. Agua aprovechable.

%Ch. Contenido de Humedad

%He. Humedad equivalente

ÍNDICE DE CONTENIDOS

DEDICATORIA.....	iv
AGRADECIMIENTO	v
RESUMEN EJECUTIVO	vi
ABSTRACT.....	vii
LISTA DE SIGLAS	viii
INTRODUCCIÓN	1
Problema de investigación	1
➤ Problemática para investigar.	1
Justificación	2
Objetivos.....	3
➤ Objetivo General	3
➤ Objetivos Específicos.....	3
Hipótesis	3
CAPITULO I.....	4
MARCO TEÓRICO	4
1. Fundamentación Teórica.....	4
1.1. Suelo.....	4
1.2. Horizontes del suelo.....	5
1.2.1. Propiedades físicas.....	6

➤	Textura y estructura del suelo	6
➤	Densidad aparente	7
➤	Porosidad total.....	8
1.2.2.	Propiedades químicas.....	8
➤	El pH del suelo	9
1.2.3.	Macronutrientes del suelo	10
➤	El nitrógeno del suelo.....	10
➤	Fósforo del suelo.....	11
➤	Potasio en el suelo.....	11
1.2.4.	Contenido de materia orgánica.....	11
1.3.	Propiedades hidrológicas	12
➤	Coefficiente de marchitez permanente	12
➤	Capacidad de campo	13
➤	Punto de saturación del agua en el suelo.....	13
➤	Velocidad de infiltración.....	13
➤	Agua aprovechable.....	14
➤	Contenido de humedad.....	14
➤	Humedad equivalente.....	14
1.4.	Hidrología forestal	14
CAPITULO II		16

MATERIALES Y MÉTODOS	16
2.1. Ubicación del lugar	16
2.1.1. Política.....	16
2.1.2. Ubicación Geográfica:	16
2.1.3. Límites.....	18
2.2. Caracterización edafoclimática del lugar.....	18
2.2.1. Suelo.....	18
➤ Parroquia Caranqui.....	18
➤ Parroquia San Roque.....	19
2.2.2. Clima.....	19
➤ Parroquia Caranqui.....	19
➤ Parroquia San Roque.....	19
2.3. Materiales, equipos y software	19
2.4. Metodología	20
2.4.1. Tamaño de muestra	20
2.4.2. Diseño no experimental.....	21
2.4.3. Determinación de las propiedades del suelo.	24
2.4.4. Determinación de la velocidad de infiltración del suelo.....	26
2.4.5. Variables	29
➤ Físicas:.....	29

Textura y estructura	29
Densidad aparente	30
Porosidad.....	32
➤ Propiedades químicas:.....	33
➤ Propiedades hidrológicas:	34
Capacidad de campo	34
Punto de marchitez permanente o Coeficiente de marchitez permanente	36
Punto de saturación del agua en el suelo	37
Agua aprovechable.....	38
Contenido de humedad	39
Humedad equivalente.....	40
CAPITULO III.....	41
RESULTADOS	41
3.1. Propiedades físicas del suelo con <i>Juglans neotropica</i>	41
3.2. Propiedades químicas del suelo con <i>Juglans neotropica</i>	46
3.3. Propiedades hídricas del suelo	51
3.4. Velocidad de infiltración.....	54
CAPITULO IV	58
CONCLUSIONES RECOMENDACIONES.....	58
4.1. Conclusiones	58

4.2. Recomendaciones	60
BIBLIOGRAFÍA.....	61
ANEXOS.....	73
FOTOGRAFICOS	73

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Ubicación geográfica de los sitios de estudio	16
Tabla 2 Límites de los sitios de estudio.	18
Tabla 3 Materiales, equipos y software	20
Tabla 4 Tamaño de muestra.	21
Tabla 5 Clasificación de la velocidad de infiltración.....	29
Tabla 6 Relación textura del suelo y densidad aparente.	31
Tabla 7 Clasificación de la densidad aparente en los suelos.....	32
Tabla 8 Clasificación del suelo según el porcentaje de porosidad.....	33
Tabla 9 Capacidad de campo en función a la clase textural del suelo.	35
Tabla 10 Valores correspondientes a la Capacidad de campo.	36
Tabla 11 Punto de marchitez permanente en función a la clase textural del suelo.	37
Tabla 12 Clasificación del punto de saturación en función de la estructura.....	38
Tabla 13 Textura y estructura del suelo en una plantación inicial de <i>Juglans neotropica</i> en el Campus Yuyucocha y en un predio de la Fábrica la Gardenia.	41
Tabla 14 Prueba de T con las muestras ajustadas para textura del suelo variables paramétricas profundidad 0 – 30 cm.	44
Tabla 15 Prueba de Wilcoxon para textura del suelo variables no paramétricas profundidad 0 – 30 cm.....	45
Tabla 16 Prueba de T con las muestras ajustadas para textura del suelo profundidad 30 - 60cm.	45
Tabla 17 Propiedades químicas y porcentaje de materia orgánica del suelo.	47

Tabla 18 Prueba de T de muestras ajustadas para las propiedades químicas del suelo a una profundidad de 0 – 30 cm.	49
Tabla 19 Prueba de T de muestras ajustadas para las propiedades químicas del suelo a una profundidad de 30 – 60 cm.	50
Tabla 20 Prueba de Wilcoxon para propiedades químicas, variables no paramétricas profundidad 30 – 60 cm.....	50
Tabla 21 Propiedades hidrológicas del suelo.....	51
Tabla 22 Prueba de T de medias ajustadas para las propiedades hidrológicas del suelo a una profundidad de 0 – 30 cm.	53
Tabla 23 Prueba de T de medias ajustadas para las propiedades hidrológicas del suelo a una profundidad de 30 – 60 cm.	54
Tabla 24 Velocidad de infiltración Campus Yuyucocha y Predio la Gardenia.	55
Tabla 25 Prueba de T de medias ajustadas para velocidad de infiltración del suelo en dos ecosistemas forestales.	57

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 pH del suelo, rangos de las clases de pH, y condiciones edáficas asociadas.	10
Figura 2 Mapa de ubicación de los sitios de estudio.	17
Figura 3 Puntos de toma de datos.	25
Figura 4 Colocación de anillos.	26
Figura 5 Colocación de plástico para evitar la erosión.	27
Figura 6 Nivel de los anillos.	27
Figura 7 Diagrama textura de la USDA.	30
Figura 8 Muestra de suelo.	34
Figura 9 Velocidad de infiltración Campus Yuyucocha.	56
Figura 10 Velocidad de infiltración predio perteneciente a la Fábrica la Gardenia.	56

INTRODUCCIÓN

Problema de investigación

➤ **Problemática para investigar.**

El suelo está sujeto a varios cambios en su estructura física y química e hidrológica, debido a las interacciones que existen entre vegetación y las condiciones climáticas. Las propiedades físicas, químicas e hidrológicas del suelo como densidad aparente, textura y estructura, contenido de humedad, velocidad de infiltración, pH, nitrógeno, fósforo y potasio, son influyentes en el desarrollo y crecimiento de las especies forestales.

La información disponible sobre las propiedades físicas, químicas e hidrológicas del suelo en etapas iniciales de crecimiento de plantaciones forestales es limitada, además dichos datos no se contemplan al momento de establecer este tipo de formaciones, por tal motivo es necesario evaluar dichas propiedades y su interacción con especies forestales de interés como *Juglans neotropica*, con el fin de determinar si la especie en la etapa inicial de plantación tiene requerimientos nutricionales e hídricos debido a que prefiere suelos profundos y bien drenados, de textura media limosa y fértil con pH de neutro a ácido.

- **Formulación del problema de investigación.**

El conocimiento acerca de la influencia de *Juglans neotropica* en las propiedades físicas, químicas e hidrológicas del suelo, así como su impacto en el desarrollo de plantaciones de esta especie, es escaso o inexistente en la literatura científica actual.

Justificación

Es importante conocer acerca de las propiedades químicas del suelo en entornos forestales debido que dicha información permite realizar recomendaciones de fertilización para suplir las necesidades de elementos químicos y de esta manera asegurar el desarrollo de *Juglans neotropica*.

Conocer las propiedades físicas e hidrológicas del suelo permite determinar su rigidez, la facilidad de penetración de raíces, aireación, capacidad de drenaje y almacenamiento de agua, lo que es fundamental para el desarrollo de una plantación forestal.

La presente investigación tiene como fin determinar dichas propiedades del suelo con las interacciones que tiene la especie *Juglans neotropica*.

La implicación práctica de la investigación es pertinente y científica a la vez, es de interés social, debido a que los resultados se pueden derivar nuevas investigaciones en función de otros problemas que se generen como temas de consulta relacionados a la especie forestal *Juglans neotropica*.

Se plantea realizar el análisis de las propiedades físico - químicas del suelo, de una plantación recientemente establecida, con el fin de proveer información de primera mano y compararla con una plantación de mayor edad.

Determinar la velocidad de infiltración del suelo en ecosistemas forestales es fundamental porque dicho dato permite dar una aproximación de la calidad de suelo y como este se ve influenciado por las especies que rodean el entorno; además, dicha información ayuda a tomar de acciones acerca de la cantidad de agua disponible para las especies forestales.

El valor teórico de la investigación tratara de brindar información. Respecto del comportamiento de la especie forestal *Juglans neotropica* – suelo.

Objetivos

➤ Objetivo General

Determinar las propiedades físicas, químicas e hidrológicas del suelo en dos ecosistemas con presencia de *Juglans neotropica*.

➤ Objetivos Específicos

Comparar las propiedades físicas, químicas e hidrológicas del suelo en una plantación inicial y un sistema agroforestal cubierto por *Juglans neotropica*.

Determinar la velocidad de infiltración del agua en el suelo bajo la interacción de *Juglans neotropica* en los dos sitios de estudio.

Hipótesis

H₀: Las propiedades físicas, químicas e hidrológicas del suelo son estadísticamente similares en los dos ecosistemas estudiados.

H_a: Las propiedades físicas, químicas e hidrológicas del suelo son estadísticamente diferentes en los dos ecosistemas estudiados.

CAPITULO I

MARCO TEÓRICO

1. Fundamentación Teórica

1.1.Suelo

El suelo es un recurso con regeneración muy lenta, sometido a procesos constantes de destrucción y degradación (Novillo y otros, 2018).

El suelo es un cuerpo poroso conformado por cuatro componentes, aire, agua, fracción orgánica y fracción mineral, en la cual se relacionan las fases sólida, líquida y gaseosa (Lemus et al., 2011).

La base para la sustentación animal y vegetal es el suelo, por tal motivo es muy importante para las actividades forestales, agrícolas y pecuarias. En el recurso suelo transcurre varias funciones muy importantes como la regulación del ciclo del agua, el cuidado de la biodiversidad, almacenamiento y reciclaje de carbono y nutrientes (Ferrerías et al., 2015). Este brinda diversos servicios ambientales, entre los que se destacan ciclos biogeoquímicos de elementos imprescindibles para la vida como carbono, fósforo y nitrógeno (Burbano, 2016).

Garrido (1994) menciona que el suelo es utilizado de diferentes formas y es observado por los agricultores como fuente de producción para sus cosechas, para un edafólogo es aquello que proviene del proceso de degradación de las rocas por acciones de interperismo, en tanto para un urbanista es aquello que puede proveer de construcciones urbanísticas.

El suelo es un sistema dinámico y heterogéneo, incluyendo elementos tales como físicos, químicos, biológicos los cuales interactúan con las plantas y el entorno (Vallejo, 2013).

Moncada de la Fuente & Anaya Garduño (2014) afirman que a nivel mundial la cubierta vegetal es muy importante debido a que protege en gran parte el suelo que da vida, es indispensable conocer sus propiedades físico – químicas, ya que se puede comprender su funcionamiento y como interactúa el componente suelo con las plantas y viceversa.

Las relaciones de las plantas y el suelo son beneficiosas cuando existe la disponibilidad de nutrientes e improductiva por agotamiento o inmovilización de estos; si el suelo presentó mal manejo pierde parte de sus propiedades físicas y químicas, por tal motivo se afirma que el suelo se encuentra degradado por actividades antropogénicas (Bezemer et al., 2006).

1.2. Horizontes del suelo

El horizonte en el suelo se encuentra distribuido generalmente en capas verticales a la superficie del suelo, en algunos casos muestra la existencia de roca madre y los procesos que intervienen en la formación (Balasubramanian, 2017).

Los horizontes se clasifican de la siguiente manera:

- **Horizonte O.-** Mas conocido como horizonte orgánico, contiene cantidades altas y moderadas de materia orgánica, su principal uso es la agricultura, profundidad de 0 – 20cm (Salazar, 2018).
- **Horizonte A.-.** Caracterizado por ser un horizonte mineral que se ha formado por la superficie o bajo del horizonte O, su característica primordial es que ha desaparecido totalmente o en mayor parte la estructura de la roca madre y presenta materia orgánica en menor cantidad, profundidad de 5 – 20cm (Fadd, 2017).

- **Horizonte E.-** En este horizonte existe la ausencia de materia orgánica, hierro, aluminio y arcillas silicatadas, dando como resultado la concentración de partículas de arena y limo, profundidad de 20 – 30cm. (Salazar, 2018)
- **Horizonte B.-** Presenta la ausencia parcial o total de la estructura original de la roca, además presenta concentración iluvial de hierro, aluminio, arcillas silicatadas, humus, carbonatos, yeso o sílice; profundidad de 30 – 70cm (Fadd, 2017).

1.2.1. Propiedades físicas

Las propiedades físicas del suelo son muy importantes porque determinan el uso destinado a actividades agrícolas, pecuarias, forestales y también a otras diferentes de las agropecuarias (Arunkumar, 2021).

La física del suelo establece varios criterios como la facilidad de penetración de las raíces, la aireación, la fuerza de adhesión del suelo, drenaje y el almacenamiento de agua mediante el conocimiento de la capacidad de campo (Rucks et al., 2004).

La calidad física del suelo se encuentra condicionada debido a la alteración en factores tales como la porosidad, densidad, distribución y tamaño de poros, textura y tasa de infiltración del agua en el suelo (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación [FAO], 2000).

➤ **Textura y estructura del suelo**

El termino textura del suelo hace referencia a la distribución porcentual de las partículas primarias del suelo, arena, limo, arcilla que se encuentran distribuidos en los distintos horizontes (Brown, 2003).

Según la FAO (n.d.) la textura del suelo indica el contenido relativo de partículas de diferente tamaño, como la arena, el limo y la arcilla. La clasificación de la textura del suelo está dada por el tamaño de partículas, menores a 2 micrones son consideradas como arcilla, entre 2 a 20 micrones se considera limo, de 20 a 200 micrones es arena fina, de 200 a 2000 micrones es arena gruesa y superior a 2000 micrones se valora como arena gruesa (Lara, 2018).

La estructura del suelo se define como el grado de ordenamiento de las partículas primarias del suelo y estas se las puede clasificar en distintas formas y tamaños; así por ejemplo en bloques angulares, subangulares, redondeados y migajas (Bernal Fundora & Bernal Fundora, 2017).

La formación y estructura del suelo es distinta dependiendo de factores como clima, hidrología, geología regional y la actividad biológica; la estructura es la distribución de partículas en el suelo que reflejan el tamaño de los poros, la interrelación y los canales de aire disponibles para la circulación del agua. (Vereecken et al., 2022).

➤ **Densidad aparente**

La densidad aparente es la relación masa seca del suelo / unidad de volumen (g/cm^3) (Universidad Nacional de la Plata [UNLP], 2019). Esta propiedad física del suelo es fundamental, debido a que abarca características como la compactación y la relación entre los sólidos y la porosidad (Keller & Håkansson, 2010).

La densidad aparente es cambiante en función a la textura del suelo y el contenido de materia orgánica puede variar por su uso destinado, sobre todo en suelos con características de arcillas expandentes (Taboada & Alvarez, 2008).

Los problemas como el aumento de la densidad aparente, la erosión y compactación afectan a la calidad del suelo, disminuyendo la productividad de los sistemas forestales y agrícolas (Calderón et al., 2018).

➤ **Porosidad total**

El espacio no sólido del suelo disponible es ocupado por aire y agua, los cuales son fundamentales en procesos vitales de las plantas y son conocidos como macroporos y microporos; su funcionalidad varía dependiendo de la estructura del suelo, época del año e interacción con las raíces de las plantas (Ibañez et al., 2010).

La porosidad superficial es muy influyente, porque determina en gran medida los procedimientos de infiltración y escurrimiento del agua, que tiene gran afectación en la erosión y transporte dentro del suelo (Walling & Horowitz, 2005).

Según González et al. (2011) existe mayor porosidad del suelo en superficies de bosque y pradera, en superficies semidesnudas es baja; en superficies con baja cobertura vegetal es necesario realizar acciones de cuidado para evitar el pisoteo y sobrepastoreo del ganado, porque a menor porosidad la calidad física del suelo es deficiente.

La porosidad total o volumen de huecos del suelo, determina la capacidad para almacenar agua o aire en el suelo, siendo un parámetro muy relevante para el desarrollo, supervivencia y actividad biológica de las plantas (Soto et al., 2016).

1.2.2. Propiedades químicas

Tamhane et al. (1978) coinciden con Calderón et al. (2018) indicando que las propiedades químicas del suelo se pueden observar, medir y cuantificar en función de los cambios químicos que ocurren en el medio edáfico; dichos cambios explican el comportamiento de los componentes

que conforman el suelo tales como pH, conductividad eléctrica, capacidad de intercambio catiónico y contenido de materia orgánica.

➤ **El pH del suelo**

El pH del suelo refleja el movimiento de los iones de hidrogeno en la solución del suelo, esta característica química altera muchos de los procesos del suelo y la disponibilidad de nutrientes minerales para las plantas (FAO, 2009).

El pH del suelo se refiere al logaritmo negativo de una concentración iónica en base 10, además, es una particularidad química la cual mide el grado de acidez, neutralidad y alcalinidad en soluciones acuosas (Osorio, 2012). El pH o potencial de hidrogeno del suelo es una medida fundamental porque describe que tan acida o alcalina es la solución, donde se desarrollan las raíces y los microorganismos; la escala la cual mide el pH va de 0 al 14 (Instituto para la Innovación Tecnológica en la Agricultura [INTAGRI], 2018).

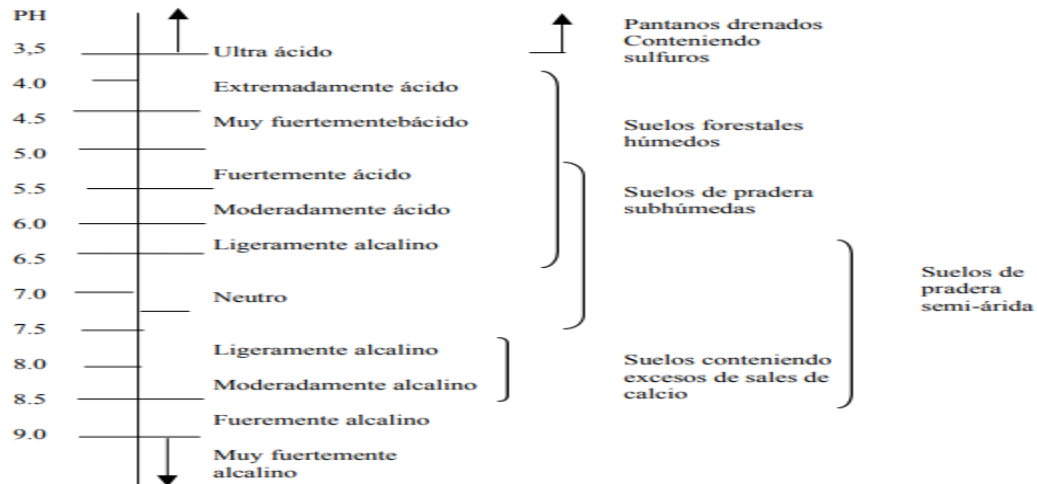
Según López & Medina (2015) el exceso de acides en el suelo inhibe la actividad de los organismo; para suelos con aptitud agrícola el valor del pH considerado como muy acido es de 3.5; el valor de 9.5 es muy alcalino y el pH ideal es de 6.5.

El valor del pH en el suelo afecta la disponibilidad de nutrientes y la actividad de los microorganismos beneficiosos (United States Of Department Agriculture [USDA], 1999). En climas húmedos los suelos orgánicos son ácidos, esto es causado por la alta producción ácidos orgánicos, que son conformados en la descomposición parcial de la materia orgánica (Thiers y otros, 2014).

La interpretación específica del pH en el suelo en función a su calidad dependerá de su uso específico y la tolerancia al cultivo (USDA, 1999), tal y como se muestra en la Figura 1.

Figura 1

pH del suelo, rangos de las clases de pH, y condiciones edáficas asociadas.



Nota. United States of Department Agriculture [USDA] (2017).

1.2.3. Macronutrientes del suelo

➤ El nitrógeno del suelo

Perdomo & Barbazán (2001) enuncian que el nitrógeno es fundamental para los seres vivos, porque es parte de varios compuestos vitales como nucleoproteínas, enzimas, proteínas, ácidos nucleicos, además es parte de las paredes celulares y la clorofila vegetal.

La captación del nitrógeno en el suelo está dada de manera biológica, con la ayuda de microorganismos de vida libre y algunas plantas, es de suma importancia en ecosistemas como zonas áridas y semiáridas; el nitrógeno disponible para plantas y microorganismos se genera en entornos con relación simbiótica entre plantas que desprenden sus hojas o simplemente cumplen su ciclo de vida (Celaya & Castellanos, 2011).

➤ **Fósforo del suelo**

El fósforo (P), es un elemento esencial para el crecimiento y desarrollo de las plantas. Es fundamental, porque se encarga de la captación, almacenamiento y transferencia de energía, además es un elemento básico en las estructuras macromoleculares como fosfolípidos y ácidos nucleicos (Fernandez, 2007).

El fósforo es un elemento y nutriente primario esencial para el crecimiento de las plantas, las funciones que ejerce no pueden ser suplidas por otro elemento y nutriente, por tal motivo es necesario una dosificación adecuada de P para el crecimiento y reproducción óptima de la planta (Munera & Meza, 2014).

El elemento fósforo es indispensable para la vida vegetal, en condiciones normales se lo puede encontrar en cantidades menores al 1%, es absorbido del suelo en forma de iones H_2PO_4 y HPO_4 , en un medio ligeramente ácido hasta ligeramente básico (Barrera y otros, 2008).

➤ **Potasio en el suelo**

El potasio es de vital importancia para el desarrollo de los cultivos; el potasio en el suelo se encuentra disponible alrededor del 1% al 2 % en forma de minerales insolubles, el potasio aprovechable es aproximadamente menor al 1% (Tapia & García, 2013).

1.2.4. Contenido de materia orgánica

El contenido de materia orgánica en el suelo es un conjunto de compuestos complejos que están en constante transformación y su estado depende de factores climáticos y del tipo de residuos orgánicos disponibles, además la humificación y mineralización son procesos importantes que afectan la migración de los nutrientes y el carbono en el suelo (Soto y otros, 2016).

La materia orgánica se encuentra definida como el conjunto de sustancias orgánicas variadas, de color pardo a negrozco, que es el resultado de la degradación de varios elementos orgánicos de origen vegetal y este se encuentra mezclado en el suelo (Julca y otros, 2006).

La parte perteneciente a la materia orgánica del suelo está compuesta por un 58% de carbono aproximadamente, que es obtenido de la atmosfera mediante la actividad fotosintética de las plantas, por tal motivo conocer acerca del contenido de materia orgánica del suelo es esencial (Grand & Michel, 2020).

Según la FAO (2009), la materia orgánica se encuentra definida como el material de origen animal y vegetal, que se encuentra en estado de descomposición total o parcial.

1.3. Propiedades hidrológicas

Las propiedades hidrológicas del suelo ejercen influencia sobre el transporte de sedimentos y la escorrentía superficial pertenecientes a la tasa de infiltración y permeabilidad del suelo (Ward & Trimble, 2004).

Las propiedades hidrológicas son determinantes en procesos hídricos de una cuenca, los cuales pueden presentar cambios por la presencia de la cubierta vegetal y su gestión, el conocimiento adecuado entre agua-suelo-biota permite desarrollar acciones que admitan el uso de estrategias de gestión del agua y el territorio en relación con el cambio climático (Valiente y otros, 2021).

➤ Coeficiente de marchitez permanente

Según la FAO (2009), el coeficiente de marchitez refiere a la cantidad de agua del suelo, que ha sido drenada en su totalidad a causa de actividades agrícolas y forestales severas, por lo tanto, el agua disponible no se encuentra para el uso y consumo de las plantas.

El Punto de Marchitez Permanente (PMP) o coeficiente de marchitez es un término para describir el nivel de humedad en el suelo donde las plantas se marchitan y no se recuperan, incluso después de ser expuestas a una atmósfera saturada de humedad durante un período prolongado de 12 horas (Enciso y otros, 2021).

➤ **Capacidad de campo**

La capacidad de campo del suelo está definida como la cualidad para retener agua pese a procesos de drenaje libre; el valor que refleja está directamente relacionado con la textura y estructura del suelo (Garrido, 1994).

El agua retenida para estimar la capacidad de campo generalmente se encuentra en los poros del suelo, dicha disponibilidad varía según la textura y estructura, además es cambiante en proporción al tamaño y forma de los poros del componente edáfico (Gudelj y otros, 2018).

➤ **Punto de saturación del agua en el suelo**

El punto de saturación del agua en el suelo es la cantidad máxima de retención de agua, dicho parámetro es influenciado por la materia orgánica y el tipo de contenido de arcilla (Flores & Alcalá, 2010).

➤ **Velocidad de infiltración**

La velocidad de infiltración está definida como la cantidad de agua que entra cada momento o el agua infiltrada por unidad de superficie y tiempo (Consortio Tracasa y Nipsa, 2014).

La velocidad de infiltración en el suelo determina la rapidez en la cual el agua puede penetrar la superficie terrestre, además, determina el volumen de agua que escurre sobre la superficie (Levy & Shainberg, 2005).

Los factores que condicionan la velocidad de infiltración del agua en el suelo están dados por la tasa de transmisión de agua a través del suelo, el estado de la superficie del suelo, características del fluido y capacidad de acumulación (FAO, 2000).

➤ **Agua aprovechable**

Según la FAO (2013), el agua aprovechable del suelo es la fuente principal de humedad en épocas desprovistas de irrigación, lo cual su aprovechamiento óptimo es fundamental para obtener altos rendimientos de los cultivos y para la sostenibilidad de la producción agrícola.

➤ **Contenido de humedad**

Kirkham (2005) menciona que el contenido de humedad del suelo se refiere a la cantidad de agua disponible en el suelo, este es un factor fundamental para el crecimiento y desarrollo de las plantas. Según el Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo [CIMMYT] (2013) el contenido de humedad del suelo es expresado como una proporción entre la masa en estado húmedo con respecto a la masa de la muestra del suelo después de un proceso de secado hasta un peso constante.

➤ **Humedad equivalente**

La HE es el valor obtenido en el laboratorio el cual demuestra la máxima capacidad de retención del agua en el suelo, además es la cantidad de agua que se encuentra retenida en una muestra de suelo previamente saturada a una fuerza equivalente a 0,3 atmosferas (Conti, 2000).

1.4. Hidrología forestal

La hidrología forestal es conocida como el estudio del agua en los bosques, incluyendo el almacenamiento, distribución, movimiento y calidad del agua, además contempla los procesos hidrológicos dentro de áreas boscosas y la entrega del agua en las áreas (Sun et al., 2016).

El estudio de la hidrología forestal abarca las interacciones entre los ecosistemas forestales, la cantidad y calidad de agua, desde un nivel micro hasta los macro; los procesos hídricos forestales y su interacción con los componentes del entorno como clima, humedad, geología y suelo es poco estudiado a comparación de la contraparte agrícola (Sun et al., 2016).

CAPITULO II

MATERIALES Y MÉTODOS

2.1. Ubicación del lugar

2.1.1. Política

La investigación se llevó a cabo en el Campus Yuyucocha de propiedad de la Universidad Técnica del Norte, en a la parroquia de Caranqui del cantón Ibarra y predios localizados en la fábrica la Gardenia, de la parroquia San Roque perteneciente al cantón Antonio Ante.

2.1.2. Ubicación Geográfica:

Las coordenadas de ubicación de los sitios donde se realizó la investigación se evidencian en la Tabla 1.

Tabla 1

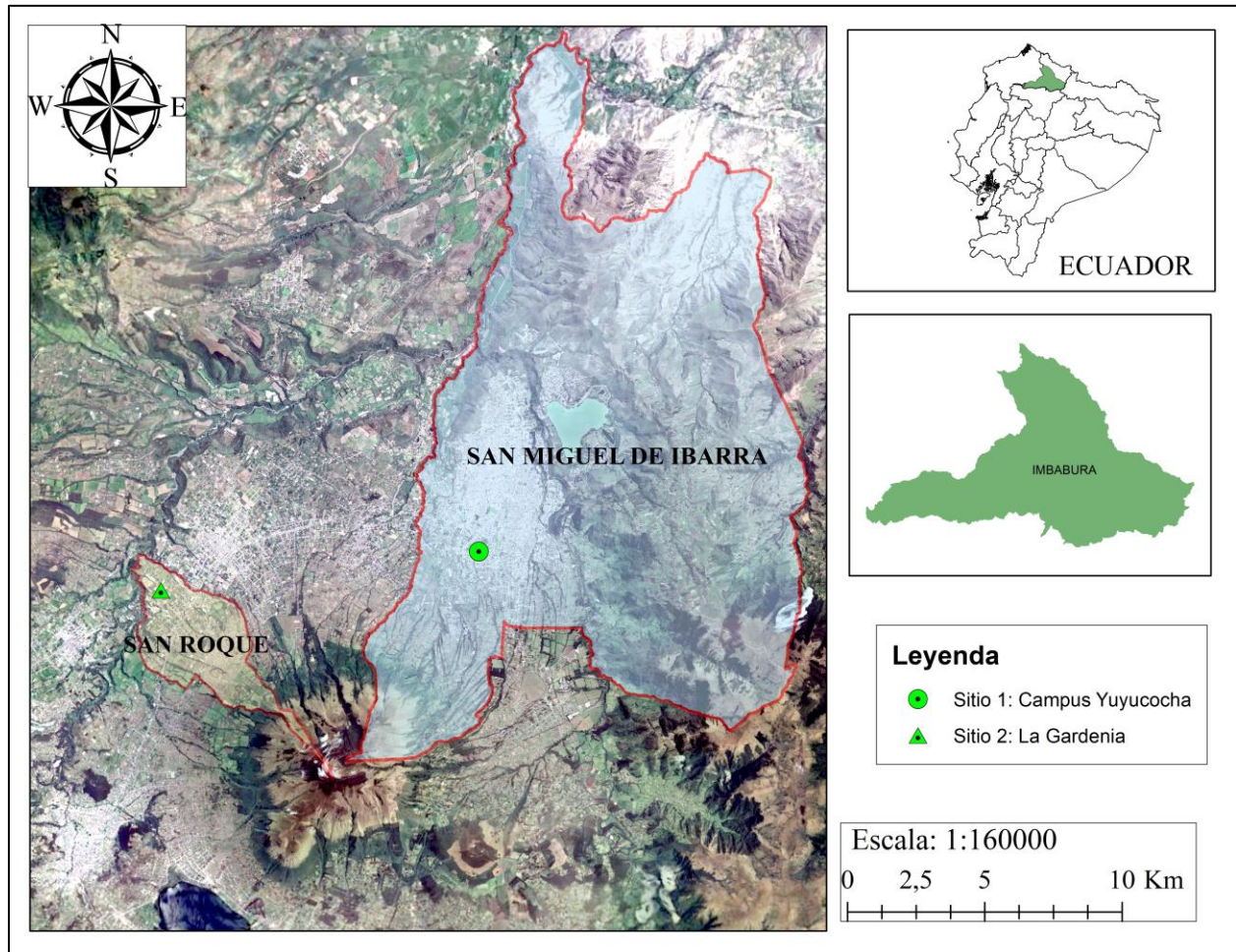
Ubicación geográfica de los sitios de estudio

Lugar	Longitud	Latitud	Altura
Campus Yuyucocha	78°07'58" W	0°19'45" N	2241 msnm
Predio Fábrica la Gardenia, Parroquia San Roque	78°14'10" W	0°18'56" N	2391 msnm

A continuación, en la Figura 2 se muestra los sitios de estudio donde se realizó la investigación.

Figura 2

Mapa de ubicación de los sitios de estudio.



2.1.3. Límites

Los límites de los sitios de estudio se encuentran definidos en la Tabla 2.

Tabla 2

Límites de los sitios de estudio.

Lugar	Norte	Sur	Este	Oeste
Campus Yuyucocha	Calle Armando Hidrobo	Calle Armando Hidrobo	Av. José Espinoza de los Monteros	Av. José Espinoza de los Monteros
Predio Fábrica la Gardenia, Parroquia San Roque	Fábrica de medias la Gardenia	-	Calle los Laureles	Calle 16 de agosto

2.2. Caracterización edafoclimática del lugar

2.2.1. Suelo

➤ Parroquia Caranqui.

El tipo de suelo presente en la parroquia de Caranqui tiene ligeras limitaciones, pero su contextura es óptima para actividades agropecuarias, la pendiente oscila entre 5 - 12%, la profundidad de la capa arable varía entre 51 - 100 cm y el régimen de humedad es durante la época lluviosa (Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal de San Miguel de Ibarra [GAD San Miguel de Ibarra], 2021).

➤ **Parroquia San Roque**

El suelo de la parroquia San Roque presenta cualidades como fertilidad media, moderadamente buena y mala, donde su uso principal es agrícola, pastoreo y forestal, es propenso a inundaciones en ciertos sectores, además muestra pendientes moderadas y el riesgo de erosión es medio a alto, (Sánchez, 2019).

2.2.2. Clima

➤ **Parroquia Caranqui**

Presenta clima templado seco con temperatura que oscila entre 7 a 18.9 °C y una precipitación de 0 mm a 1250 mm (GAD San Miguel de Ibarra, 2021).

➤ **Parroquia San Roque**

La parroquia presenta un clima mesotérmico semihúmedo, debido a dos estaciones lluviosas en los meses de febrero a mayo y de octubre a noviembre, teniendo una precipitación anual de 750 a 1000 mm. Su temperatura oscila de 5 a 15 °C en la parte alta y en la parte baja alcanza los 15 a 20 °C (Sánchez, 2019).

2.3. Materiales, equipos y software

Los materiales de campo, laboratorio, equipos y software que se empleó se detallan en la Tabla 3.

Tabla 3*Materiales, equipos y software*

Materiales de campo	Materiales de laboratorio	Equipos	Software
Libreta de campo		GPS	Microsoft Word
Machete		Cámara fotográfica	Microsoft Exel
		Infiltrómetro de doble anillo	ArcGIS 10.5
Azadón			EFL209674136
			Teaching Lab Pack
Útiles de escritorio		Horno de secado	Google Earth
Balde plástico			InfoStat Versión 2023
Fundas plásticas			
Etiquetas			
Flexómetro			
Barreno de suelos			

2.4. Metodología

2.4.1. Tamaño de muestra

El tamaño de muestra fue definido por las áreas de estudio, se obtuvo las propiedades físicas y químicas, tomando en cuenta la extensión de cada predio, tal como se muestra en la Tabla 4.

Tabla 4

Tamaño de muestra.

Área de interés (ha)	Puntos de muestreo en total
0.1	4
0.5	6
1	9
2	15
3	19

Nota. Perú. Ministerio de Ambiente [MINAM] (2014, p. 32)

El total de puntos de muestreo se determinó en función de cada área de interés:

- Primer sitio de estudio tiene un área de 2600m², por lo tanto, el número de muestras obtenidas son 4, en base a lo detallado en la Tabla 4.
- Segundo sitio de estudio tiene un área de 4700m², por lo tanto, el número de muestras obtenidas son 4, en base a lo detallado en la Tabla 4.

El número de muestras obtenidas para determinar la velocidad de infiltración son 3, las cuales se ubicaron en la parte inicial, media y baja de los sitios de estudio.

2.4.2. Diseño no experimental

La investigación se realizó mediante la comparación de las muestras de dos sitios de estudio.

Se realizó una prueba de t con muestras ajustadas para las variables que cumplen los supuestos paramétricos.

Se utilizó la prueba de Wilcoxon (Mann – Whitney U) en caso de no cumplir con los supuestos paramétricos de normalidad y homocedasticidad.

La ecuación que se empleó para la comprobación del supuesto normalidad es la de Shapiro Wilks (1965), empleada por Pérez et al. (2020):

$$W = \frac{b^2}{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2} \quad (1)$$

Donde:

- W: Estadístico Shapiro-Wilk.
- X_i : Número que ocupa la i enésima muestral, son los datos de la muestra, ordenados por tamaño, desde el menor al mayor.
- \bar{X} : Es la media muestral.
- b: $\sum_{i=1}^n a_i^n [X_{(n-i+1)} - X_i]$, siendo a_i el valor de un coeficiente tabulado para cada tamaño de muestra y la posición i de observación.

La ecuación que se empleó para la comprobación del supuesto homocedasticidad es la de Levene (1960), empleada por Correa et al. (2006):

$$W = \frac{(N - K) \sum_{i=1}^K n_i (\bar{Z}_i - \bar{Z} \dots)^2}{(K - 1) \sum_{i=1}^K \sum_{j=1}^{n_i} (Z_{ij} - \bar{Z})^2} \quad (2)$$

Donde:

- W: Resultado de la prueba de Levene.
- K: Cantidad contable de diferentes grupos a los que pertenece los casos tomados.
- N: Número total de los casos en todos los grupos.
- n_i : Número de casos en el grupo i.
- Z_{ij} : Puede tener una de las siguientes tres definiciones:

$Z_{ij} = |X_{ij} - \bar{X}_i|$, donde \bar{X}_i es la media del i-ésimo subgrupo.

$Z_{ij} = |X_{ij} - \tilde{X}_i|$, donde \tilde{X}_i es la mediana del i-ésimo subgrupo.

$Z_{ij} = |X_{ij} - \bar{X}'_i|$, donde \bar{X}'_i la media recortada al 10% del i-ésimo subgrupo.

- \bar{Z} : es la media global de Z_{ij} y \bar{Z}_i es la media del i-ésimo subgrupo de los Z_{ij} .

La ecuación que se empleó para la comparación en las variables paramétricas es la prueba de T de medias ajustadas (1899), empleada por González y otros (2017), que se detalla a continuación:

$$t = \frac{\bar{D}}{\sqrt{\frac{S_1^2}{n_1} + \frac{S_2^2}{n_2}}}$$

(3)

Donde:

- t: estadístico t Student para muestras independientes.
- \bar{D} : Diferencia entre los promedios de las dos mediciones.
- n_1 : Tamaño de la muestra uno.
- n_2 : Tamaño de la muestra dos.

- S_1^2 : Varianza de las puntuaciones de la muestra uno.
- S_2^2 : Varianza de las puntuaciones de la muestra dos.

La ecuación que se utilizó para la comparación de las variables no paramétricas es la de Wilcoxon (Mann – Whitney U) (1945), propuesta por Quispe et al. (2019) que se muestra a continuación:

$$U_1 = n_1 n_2 \frac{n_1(n_1 + 1)}{2} - R_1$$

$$U_2 = n_1 n_2 \frac{n_2(n_2 + 1)}{2} - R_2$$

(4)

Donde:

- U_1 : Tamaño menor de la muestra.
- U_2 : Tamaño mayor de la muestra.
- $n_1 n_2$: Tamaños respectivos de cada muestra.
- R_1 y R_2 : Suma de los rangos de las observaciones de las muestras 1 y 2 respectivamente.

2.4.3. Determinación de las propiedades del suelo.

Para determinar las propiedades del suelo se obtuvo muestras representativas a distintas profundidades, con la ayuda del barreno se extrajo las muestras, tomando en cuenta los siguientes parámetros:

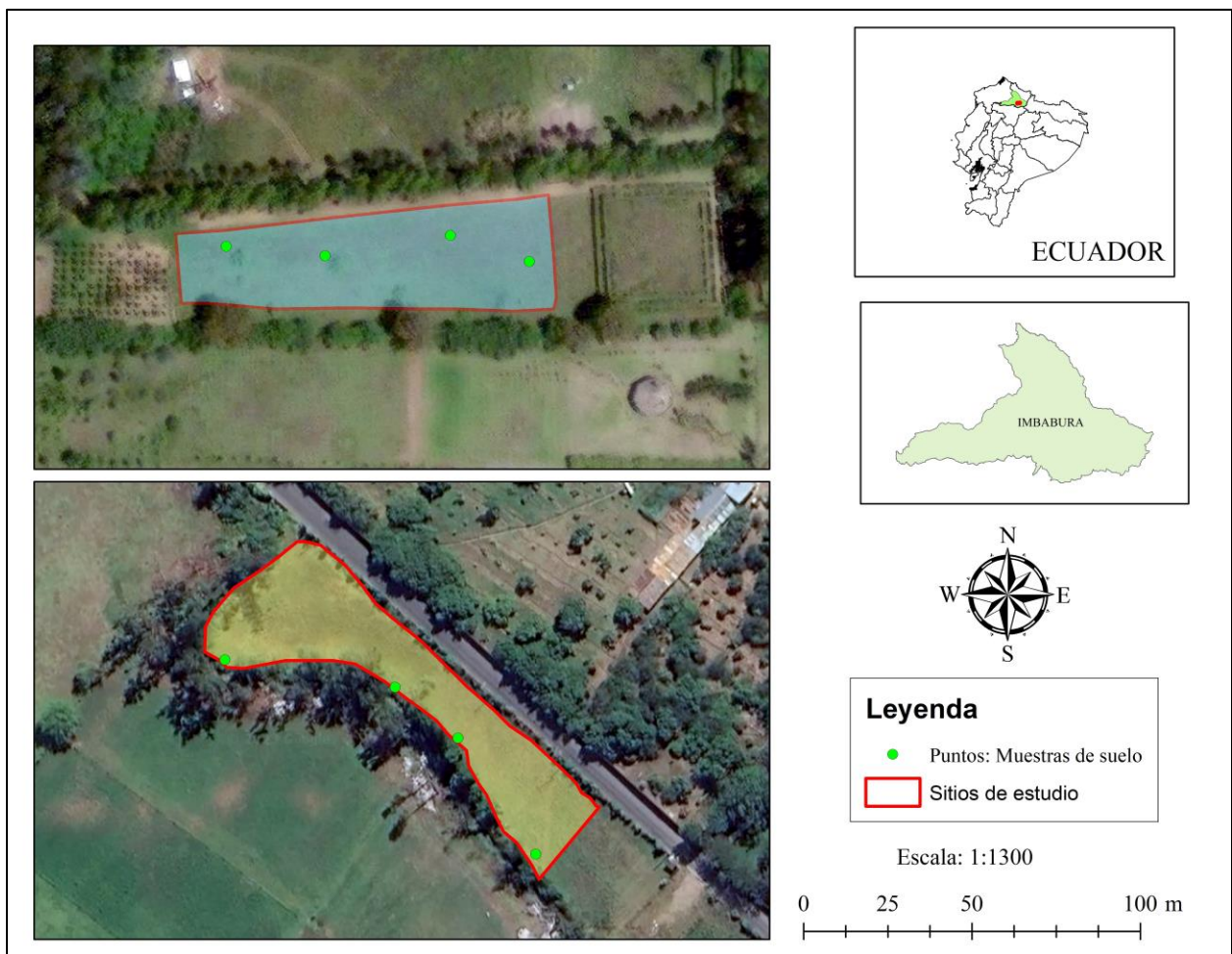
- La primera muestra se tomó de 0 a 30 cm de profundidad para abarcar los horizontes O y A referido a la capa superficial del suelo, donde penetran las raíces de cultivos y pastos (Ruiz, 2020).

- La segunda muestra fue tomada de 30 a 60 cm para abarcar los horizontes E y B, principalmente relacionados con la presencia de partículas minerales del suelo (Ruiz, 2020).

Los puntos seleccionados para la toma de muestras de suelo se determinaron con la ayuda del programa georreferencial ArcGIS10.5, que se muestra en la Figura 3.

Figura 3

Puntos de toma de datos.



2.4.4. Determinación de la velocidad de infiltración del suelo

“El método consiste en saturar una porción de suelo limitada por dos anillos concéntricos para a continuación medir la variación del nivel del agua en el cilindro interior” (Ibañez y otros, 2010).

Para asegurar una muestra representativa se tomó 3 lecturas en distintos puntos por sitio de estudio. Para determinar esta variable, se rigió en el instructivo “(R014) Medición de la infiltración en el suelo mediante infiltrómetros doble anillo” del PROSAP Argentina.

A continuación, se indica el procedimiento realizado para las mediciones de la velocidad de infiltración:

- a. Se encontró una localización representativa del suelo, se evitó ubicar los anillos en zonas compactadas por vehículos o personas.
- b. Se clavó los cilindros en el suelo a 10 cm de profundidad empezando por el anillo exterior y luego el interior, los anillos mal colocados tienen la posibilidad de sufrir fugas, tal y como se muestra en la Figura 4.

Figura 4

Colocación de anillos.



- c. Se instaló plástico en el anillo central con el fin de evitar la erosión sobre el suelo desnudo, tal y como se muestra en la Figura 5.

Figura 5

Colocación de plástico para evitar la erosión.



- d. Se conservó el mismo nivel del agua en el interior de ambos anillos. Como norma general el llenado inicial no debe sobrepasar los 15 cm, y tampoco debe dejar que el nivel descienda a menos de 5 cm, tal y como se observa en la Figura 6.

Figura 6

Nivel de los anillos.



- e. Se realizó medidas a intervalos regulares de tiempo o de descenso de la lámina de agua en el interior del cilindro; este método permite identificar cuándo la tasa de absorción permanece constante.
- f. Se realizó mediciones a partir de los 5 minutos en el caso que la infiltración sea baja a moderada, en función de la infiltración de agua se establece los intervalos de tiempo.

Para obtener la velocidad de infiltración es necesario estimar la infiltración acumulada propuesta por la ecuación de Kastyakov (1932) y mejorada por Lewis (1979):

$$I = k \cdot t^n \tag{5}$$

Donde:

- I: Infiltración acumulada (cm/min)
- k: parámetro que presenta la velocidad de infiltración durante el intervalo inicial.
- t: tiempo de infiltración en minutos.
- n: parámetro que indica la forma en que la velocidad de infiltración se reduce con el tiempo (-1.0 < n < 0).

La velocidad de infiltración se encuentra clasificada de muy lenta a rápida, véase en la Tabla 5.

Tabla 5

Clasificación de la velocidad de infiltración.

Clasificación	Valor de infiltración básica (mm/h)	Textura
Muy lenta	< 13	Arcillosa
Lenta	13 – 38	Arcillo Arenosa Franco-arcillo-limosa Franco arcillosa
Moderada	38 – 76	Franco limoso Franco-arcillosa-arenosa
Rápida	>76	Arenosa - limosa franca Arenosa

Nota. Bradbury et al. (2000)

2.4.5. Variables

➤ Físicas:

Textura y estructura

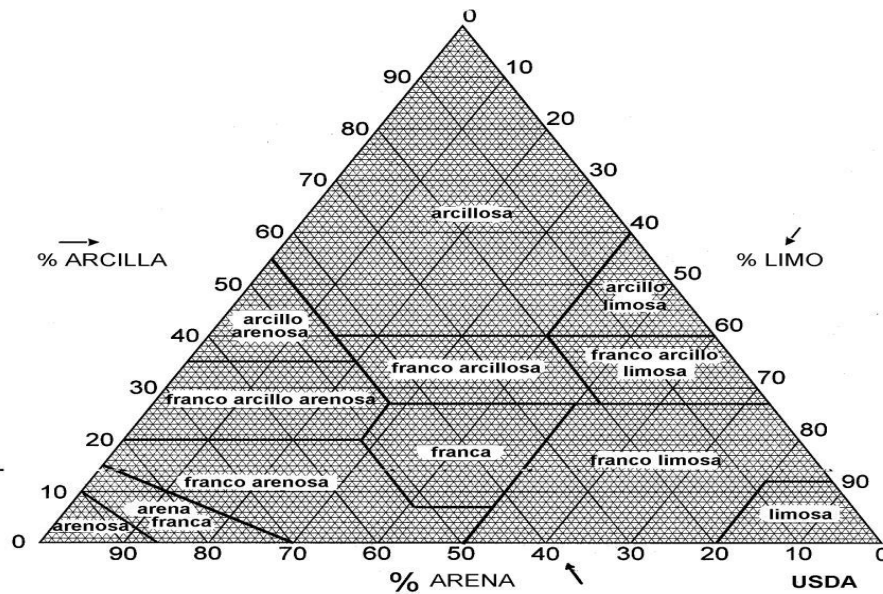
La estructura generalmente se estima mediante el método de Bouyucos, el cual determina la densidad de la solución por un hidrómetro calibrado, además entrega directamente el contenido y porcentaje de un diámetro X, correspondientes a los porcentajes de texturales de arena, limo, arcilla (Norambuena et al., 2002).

La textura del suelo se estima mediante la organización (en porcentaje de masa de suelo) de partículas menores a 2 mm de diámetro (arena, arcilla y limo) distribuidos en los horizontes del

suelo (Ibañez et al., 2010). El triángulo textural USDA es una herramienta para obtener las clases texturales en función de los porcentajes de arena, limo y arcilla, tal como se muestra en la Figura 7.

Figura 7

Diagrama textura de la USDA.



Nota. United States of Department Agriculture [USDA] (1999).

Densidad aparente

Para estimar la densidad del suelo se aplicó la metodología del cilindro de volumen conocido, el cual presenta un diámetro de 5 cm y una altura de 5 cm dando como volumen del cilindro de 98,174 cm³, siendo este un valor referencial (Mestas Valero, 2011). La densidad se estima con la siguiente ecuación propuesta por Guitián et al. (1976):

$$D_a = \frac{P_s}{V}$$

(6)

Donde

- D_a : densidad aparente de suelo (gr cm^{-3}).
- P_s : peso seco a 105°C del suelo contenido dentro del cilindro (g).
- V : volumen del cilindro (cm^3).

La textura y la densidad aparente del suelo es directamente proporcional al tamaño de sus partículas, véase en la Tabla 6.

Tabla 6

Relación textura del suelo y densidad aparente.

Textura del suelo	Densidad aparente (g/cm^3)
Arenoso	1,6 – 1,8
Franco Arenoso	1,4 – 1,6
Franco	1,3 – 1,4
Franco - arcilloso	1,2 – 1,3
Franco limoso	1,0 – 1,1
Arcilloso	< 1

Nota. Kaúrichev y otros (1980).

La clasificación de la densidad aparente puede ser desde muy bajo hasta muy alto, véase Tabla 7.

Tabla 7

Clasificación de la densidad aparente en los suelos.

Unidad de la (Da) g/cm³	Clasificación
< 1,0	Muy bajo
1,0 – 1,2	Bajo
1,2 – 1,45	Medio
1,45 – 1,60	Alto
>1,60	Muy alta

Nota. Cairo & Reyes (2017).

Porosidad

La porosidad o espacio poroso que existe en el suelo se lo calcula a partir de la densidad aparente y de la densidad real, cuyo valor es 2,65; la ecuación utilizada por Giménez (2017) para estimar este valor es la siguiente:

$$\%Ep = \left(1 - \frac{D_a}{D_r}\right) * 100$$

(7)

Donde:

- D_a : Densidad aparente.
- D_r : Densidad real.
- %Ep: Espacio poroso o porcentaje de porosidad.

La porosidad del suelo se lo puede clasificar según su porcentaje de porosidad tal y como se muestra en la Tabla 8.

Tabla 8

Clasificación del suelo según el porcentaje de porosidad.

Rango	Clasificación	Textura del suelo
>70	Porosidad excesiva	Arcilloso
55 – 65	Porosidad excelente	Franco arcilloso
50 – 55	Porosidad satisfactoria	Franco
< 50	Porosidad no satisfactoria	Franco limo arenoso
40 – 25	Porosidad deficiente	Arenoso

Nota. Kaúrichev y otros (1980).

➤ **Propiedades químicas:**

Para la toma de muestras de suelo se utilizó la “Guía para el muestreo de suelos”, del MINAM del Perú. Se identificó los puntos aleatorios geo-referenciados, en cada uno de los sitios de estudio.

- a. Con la ayuda del barreno se realizó un agujero a la primera profundidad 0 – 30cm y se recolectó la primera muestra. En el mismo punto de muestreo se obtuvo la segunda muestra a la profundidad de 30 – 60 cm, tal y como se muestra en la Figura 8.

Figura 8

Muestra de suelo.



- b. Cada muestra se almacenó cuidadosamente en una funda y se la procedió a etiquetar en función del punto de muestreo, profundidad, lugar de estudio y fecha de recolección.
- c. Las muestras de suelo que se obtuvieron en los sistemas forestales se llevaron al laboratorio para su análisis y los resultados obtenidos se utilizaron como referencia para el procesamiento de las variables.

➤ **Propiedades hidrológicas:**

Capacidad de campo

La capacidad de campo del suelo se determinó mediante el contenido de agua en peso y se encuentra expresado por la ecuación propuesta por García et al. (2017):

$$\% \text{ CC} = \left(\frac{(\text{Peso Fresco a CC} - \text{Peso Suelo Seco})}{\text{Peso Suelo Seco}} \right) * 100$$

(8)

Donde:

- % CC = Capacidad de Campo

La capacidad de campo se puede interpretar con la clasificación textural del suelo, como se muestra en la Tabla 9.

Tabla 9 Tabla 9.

Tabla 9

Capacidad de campo en función a la clase textural del suelo.

Textura del suelo	Capacidad de campo (% en peso)
Arenoso	5 – 7
Franco Arenoso	8 – 13
Franco	12 – 18
Franco – arcilloso	18 – 23
Franco limoso	23 – 46
Arcilloso	> 46

Nota. Santa Olalla (1993).

La capacidad de campo se la puede clasificar en valores que van desde muy bajo a elevada, como se muestra en la Tabla 10.

Tabla 10

Valores correspondientes a la Capacidad de campo.

Capacidad de campo (%)	Observaciones
< 7	Muy baja
7 – 12	Baja
12 – 20	Media baja
20 – 30	Media
> 30	Elevada

Nota: Garrido (1994).

Punto de marchitez permanente o Coeficiente de marchitez permanente

Este método es determinado mediante una regresión, la cual se encuentra expresada por la ecuación propuesta por García et al. (2017):

$$\% PMP = 5 - (\% CC * 0.74)$$

(9)

Donde:

- % PMP= Punto de marchitez permanente

El punto de marchitez permanente se puede interpretar según la textura del suelo, como se muestra en la Tabla 11.

Tabla 11

Punto de marchitez permanente en función a la clase textural del suelo.

Textura del suelo	Punto de marchitez permanente (% en peso)
Arenoso	2 – 5
Franco Arenoso	5 – 8
Franco	8 – 12
Franco – arcilloso	12 – 15
Franco limoso	15 – 17
Arcilloso	17 - 19

Nota: Flores & Alcalá (2010).

Punto de saturación del agua en el suelo

El punto de saturación del agua en el suelo es un parámetro que se estimó en laboratorio, donde la muestra de suelo fue sometida a un proceso de saturación y secado al horno a una temperatura de 105°C. Mbah (2014), estimo dicho valor con la siguiente ecuación:

$$\%Ps = \left(\frac{C - K}{K - J} \right) * 100 \tag{10}$$

Donde:

- Ps: Punto de saturación del agua en el suelo
- K: Peso del crisol + Masa de suelo seco al horno
- J: Peso del crisol

- C: Peso del crisol + Masa del suelo húmedo

El punto de saturación de agua en el suelo se relaciona con la textura del suelo, véase en la siguiente Tabla 12.

Tabla 12

Clasificación del punto de saturación en función de la estructura.

Descripción	Porcentaje de saturación
Arenoso	< 10
Franco arenoso	10 – 20
Franco	20 – 35
Franco limoso	35 – 45
Franco arcilloso	45 – 55
Arcilloso	> 65

Nota. Adaptado de Fulton (2009) y Fertilab (2016).

Agua aprovechable

El agua aprovechables se estimó mediante la diferencia de los valores porcentuales de la capacidad de campo y el punto de marchitez permanente, este parámetro está definido por la siguiente ecuación propuesta por Vega (2011):

$$\%Ha = \frac{(CC \% - PMP \%)(D_a Pr)}{100}$$

(11)

Donde:

- CC: Capacidad de campo
- PMP: Punto de Marchitez Permanente
- D_a : Densidad aparente
- Pr: Profundidad de enraizamiento(cm)
- Ha: Agua aprovechable

Contenido de humedad

El contenido de humedad del suelo es la diferencia entre el suelo húmedo y el secado al horno a 105°C, este parámetro se estimó mediante el método gravimétrico (Voroney, 2018):

- Método Gravimétrico

Este método es considerado como destructivo, porque se manipula y expone al proceso de secado a las muestras dejándolas inservibles para un análisis químico, cuya ecuación fue empleada por Voroney (2018):

$$CH = \left(\frac{\text{Masa de suelo húmedo (g)} - \text{Masa de suelo secado al horno (g)}}{\text{Masa de suelo secado al horno (g)}} \right) * 100$$

(12)

Humedad equivalente

La humedad equivalente se estimó mediante ajuste de datos regionales o locales con relación a la textura del suelo, empleado por Génova et al. (2019):

$$He(\%) = 0.555 (\% \text{ Arcilla}) + 0,187 (\% \text{ Limo}) + 0,027 (\% \text{ Arena})$$

(13)

Donde:

- He (%): Humedad equivalente en porcentaje.

CAPITULO III

RESULTADOS

3.1. Propiedades físicas del suelo con *Juglans neotropica*.

En el Campus Yuyucocha, los valores promedio obtenidos en el análisis de la textura y estructura, densidad aparente y porosidad del suelo a una profundidad de 0 – 30 cm, dio como resultado que existe una textura franca, la cual es directamente relacionada con el valor de la densidad aparente y la porosidad de la Tabla 8; tal como menciona Kaúrichev et al. (1980), así mismo se obtiene el mismo comportamiento a una profundidad de 30 – 60 cm. Véase en la Tabla 13.

En el predio perteneciente a la Fábrica la Gardenia en una profundidad de 0 – 30 cm y 30 – 60 cm se obtuvo que la textura del suelo es franco arenoso según la descripción del triángulo textural USDA, sin embargo, dicha descripción no es proporcional al valor promedio obtenido en la densidad aparente de la Tabla 6 propuesta por Kaúrichev et al. (1980). En cuanto a la porosidad del suelo se relaciona con la textura mencionada previamente en la Tabla 8. Véase en la Tabla 13.

Tabla 13

*Textura y estructura del suelo en una plantación inicial de *Juglans neotropica* en el Campus Yuyucocha y en un predio de la Fábrica la Gardenia.*

Muestra	Profundidad (cm)	% Arena	% Limo	% Arcilla	Textura	Densidad aparente (g/cm ³)	% Porosidad
Campus Yuyucocha							
M 1 (1Yupro 1)	0-30	43,2	47,2	9,6	Franco	1,31	50,73
M 2 (2 Yupro 1)	0-30	39,2	49,2	11,6	Franco	1,24	53,29

M 3 (3 Yupro 1)	0-30	41,2	47,2	11,6	Franco	1,32	50,16
M 4 (4 Yupro 1)	0-30	35,2	51,2	13,6	Franco Limoso	1,26	52,30
Promedio		39,7	48,7	11,6	Franco	1,28	51,62
M 5 (5 Yupro2)	30-60	43,2	49,2	7,6	Franco	1,24	53,15
M 6 (6 Yupro2)	30-60	45,2	47,2	7,6	Franco	1,26	52,44
M 7 (7 Yupro2)	30-60	45,2	44	10,8	Franco	1,22	54,15
M 8 (8 Yupro2)	30-60	37,2	54	8,8	Franco Limoso	1,38	47,74
Promedio		42,7	48,6	8,7	Franco	1,28	51,84
Predio Fábrica la Gardenia							
M1 (1 Garpro 1)	0-30	59,2	30,0	10,8	Franco Arenoso	1,24	53,15
M 2 (2 Garpro 1)	0-30	57,2	32,0	10,8	Franco Arenoso	1,18	55,57
M 3 (3 Garpro 1)	0-30	57,2	34,0	8,8	Franco Arenoso	1,25	53,01
M 4 (4 Garpro 1)	0-30	55,2	36,0	8,8	Franco Arenoso	1,19	55,14
Promedio		57,2	33	9,8	Franco Arenoso	1,21	54,22
M 5 (5 Garpro 2)	30-60	61,6	29,6	8,8	Franco Arenoso	1,21	54,29
M 6 (6 Garpro 2)	30-60	55,6	33,6	10,8	Franco Arenoso	1,37	48,31
M 7 (7 Garpro 2)	30-60	65,6	27,6	6,8	Franco Arenoso	1,23	53,44
M 8 (8 Garpro 2)	30-60	59,6	31,6	8,8	Franco Arenoso	1,26	52,30
Promedio		60,6	30,6	8,8	Franco Arenoso	1,27	52,08

Barreto et al. (1990) en su investigación mencionó que *Juglans neotropica* tiene preferencia por suelos bien drenados, profundos, sueltos y arenosos, medio limosos, fértiles con pH de preferencia neutro a poco ácido. Según los estudios realizados por Leyva & Cescas (1980) la especie forestal *Juglans neotropica*, se la puede encontrar en suelos sueltos, franco arenosos a franco limosos. En la presente investigación es concordante con los autores únicamente para suelos con textura franca arenosa.

Estudios realizados por Thiers et al. (2014) el suelo se encuentra conformado por clases texturales y su composición está dada con relación a distintas fracciones de arena, limo y arcilla, representado en el triángulo de texturas, la conformación del suelo con 60 % de arena, 30 % de limo y 10 % de arcilla es clasificado como un suelo de textura franco arenoso. Lo que corrobora con la investigación realizada en el sitio perteneciente a la Fábrica la Gardenia.

Castillo (2005) menciona en sus estudios, que la porosidad para el entorno forestal, bosque a una profundidad de 0 – 20 cm es media (48%), debido a que en este tipo de suelos existe actividad biológica (raíces, lombrices de tierra, chicharras y termitas), además, señala que existe mayor equilibrio entre los poros fino y medios. Estudios realizados por Haro (2021), obtuvo que, en un bosque mixto y pastizal, la porosidad se encuentra de un rango de 40% a 60%. En tanto que en la presente investigación a una profundidad de 0 – 30 cm para el Campus Yuyucocha es de 51.62% y para el Predio de la fábrica la Gardenia es de 54.22%. Esto significa que estadísticamente los datos son similares con Castillo (2005).

El autor Castillo (2005) menciona que mediante el cálculo de la densidad aparente (D_a) se puede conocer el grado de dureza del suelo, también indica que la D_a , en tratamientos de pasto, cultivo y bosque oscila entre 1.2 a 1.26 g/cm³ y se encuentra clasificada de baja a media. Los estudios realizados por Rubio (2010) en tres sitios ubicados en el Parque Natural de los

Alcornocales clasificados como bosque dominado por *Quercus suber* (alcornoque), obtuvo que a una profundidad de 4 cm del perfil del suelo la Da, oscila en un amplio rango que va desde 0.62 a 1.30 g/cm³ y un valor promedio de 0.86 g/cm³.

Los resultados obtenidos en el presente estudio a una profundidad de 0 – 30 cm la densidad aparente en el Campus Yuyucocha fue de 1.28 g/cm³, en tanto que en el predio la Gardenia fue de 1.21 g/cm³. Datos que son similares a lo investigado por Castillo (2005) pero que si difieren con el de Rubio (2010).

Al realizar la comprobación de supuestos se obtuvo que a una profundidad de 0 – 30 cm existe normalidad en el porcentaje de arena, limo, arcilla y porosidad, sin embargo, en la densidad aparente no se cumple el supuesto.

En el caso de las variables que cumplieron los supuestos paramétricos se encontró diferencias significativas entre los sitios estudiados con respecto al porcentaje de arena, limo y porosidad; por el contrario, no existe diferencias en el porcentaje de arcilla véase en la Tabla 14.

Tabla 14

Prueba de T con las muestras ajustadas para textura del suelo variables paramétricas profundidad 0 – 30 cm.

Variable	Grupo 1	Grupo 2	Media (1)	Media (2)	T	p - valor
% Arena	Gardenia	Yuyucocha	57,2	39,7	9,24	0,0001
%Limo	Gardenia	Yuyucocha	33	48,7	-9,77	0,0001
%Arcilla	Gardenia	Yuyucocha	9,8	11,6	-1,8	0,122
%Porosidad	Gardenia	Yuyucocha	54,22	51,62	2,66	0,0376

Para la variable densidad aparente que no cumplió el supuesto de normalidad se dio como resultado que no existen diferencias significativas entre las procedencias, véase en la Tabla 15.

Tabla 15

Prueba de Wilcoxon para textura del suelo variables no paramétricas profundidad 0 – 30 cm.

Variable	Grupo 1	Grupo 2	Media(1)	Media(2)	p(2 colas)
Densidad aparente	Gardenia	Yuyucocha	1,22	1,28	0,0857

A una profundidad de 30 – 60 cm, obtuvo que existe diferencia significativas en el porcentaje de arcilla en función a sus procedencias, tal y como se muestra en la Tabla 16.

Tabla 16

Prueba de T con las muestras ajustadas para textura del suelo profundidad 30 - 60cm.

Variable	Grupo 1	Grupo 2	Media (1)	Media (2)	T	p -valor
% Arena	Gardenia	Yuyucocha	42,7	39,7	1,18	0,2839
%Limo	Gardenia	Yuyucocha	48,6	48,7	-0,04	0,9668
%Arcilla	Gardenia	Yuyucocha	8,7	11,6	-2,61	0,0402
Densidad aparente	Gardenia	Yuyucocha	1,28	1,28	-0,18	0,8602
%Porosidad	Gardenia	Yuyucocha	51,87	51,62	0,16	0,8803

El estudio realizado por Gómez et al. (2014), obtuvo que los valores medios en las tierras de pastoreo presentan mayor contenido de arena (70,82 %) y contenido de humedad (59,46 %), en comparación a las tierras forestales que presentan mayor contenido de limo (32,32 %) y las

tierras agrícolas se diferencian de las previamente mencionadas por mayor contenido de arcilla (18,29 %), densidad aparente (1,31 %) y porosidad (49,34 %), en la presente investigación se encontró que a una profundidad de 0 – 30 cm existe diferencias estadísticas entre la plantación inicial y el sistema agroforestal en el porcentaje de arena, limo porosidad y densidad aparente, a la profundidad de 30 – 60 cm solo existe diferencia estadística en el porcentaje de arcilla, concordando con lo mencionado por el autor.

3.2. Propiedades químicas del suelo con *Juglans neotropica*

Los valores promedio obtenidos de las propiedades químicas en el Campus Yuyucocha a una profundidad de 0 – 30 cm en Nitrógeno (N) y Potasio (K) son medios, el Fósforo (P) es alto, además, el pH del suelo es ligeramente alcalino y finalmente el porcentaje de Materia orgánica (%MO) es bajo. A una profundidad de 30 – 60 cm se observó que el valor del N y P es medio y K es bajo. El pH, cambió de ligeramente alcalino a alcalino en comparación a la estimación previa y el porcentaje de materia orgánica se mantiene bajo, véase en la Tabla 17.

En el predio de la Fábrica la Gardenia, los valores promedio obtenidos a una profundidad de 0 – 30 cm dio como resultado que el N y P es medio, el K es alto y el pH es prácticamente neutro, finalmente el porcentaje de materia orgánica es bajo. En tanto que a una profundidad de 30 – 60 cm se obtuvo que el valor promedio de N y P desciende de medio a bajo, además el K se mantiene alto en comparación a la profundidad de 0 – 30 cm, el pH es constante a esta profundidad y porcentaje de materia se mantiene bajo, tal y como se observa en la Tabla 17.

Tabla 17*Propiedades químicas y porcentaje de materia orgánica del suelo.*

Muestra	Prof. (cm)	Nitrógeno		Fósforo (ppm)		Potasio (meq/ 100 ml)		pH	% Mat. Org.		
		(ppm)									
Campus Yuyucocha											
M1 (1 Yupro 1)	0-30	53,75	Medio	16,11	Medio	0,29	Medio	7,95	Lig. Alcalino	1,09	Bajo
M 2 (2 Yupro 1)	0-30	56,27	Medio	20,42	Alto	0,45	Alto	7,6	Lig. Alcalino	1,38	Bajo
M 3 (3 Yupro 1)	0-30	50	Medio	29,74	Alto	0,23	Medio	7,73	Lig. Alcalino	1,59	Bajo
M 4 (4 Yupro 1)	0-30	52,5	Medio	21,3	Alto	0,32	Medio	7,94	Lig. Alcalino	1,8	Bajo
Promedio		53,13	Medio	21,89	Alto	0,32	Medio	7,81	Lig. Alcalino	1,47	Bajo
M 5 (5 Yupro2)	30-60	46,25	Medio	8,25	Bajo	0,19	Bajo	8,23	Alcalino	0,5	Bajo
M 6 (6 Yupro2)	30-60	50	Medio	9,21	Bajo	0,17	Bajo	8,17	Alcalino	0,67	Bajo
M 7 (7 Yupro2)	30-60	43,75	Medio	23,7	Alto	0,15	Bajo	8,26	Alcalino	1,18	Bajo
M 8 (8 Yupro2)	30-60	36,25	Medio	10,76	Medio	0,17	Bajo	8,22	Alcalino	0,93	Bajo
Promedio		44,06	Medio	12,98	Medio	0,17	Bajo	8,22	Alcalino	0,82	Bajo
Predio Fábrica la Gardenia											
M1 (1 Garpro 1)	0-30	53,75	Medio	16,36	Medio	0,64	Alto	7,24	Pract. Neutro	2,18	Bajo
M 2 (2 Garpro 1)	0-30	43,75	Medio	11,63	Medio	0,65	Alto	7,12	Pract. Neutro	1,63	Bajo
M 3 (3 Garpro 1)	0-30	57,5	Medio	16,97	Medio	0,62	Alto	7,12	Pract. Neutro	1,93	Bajo
M 4 (4 Garpro 1)	0-30	50	Medio	21,63	Alto	0,88	Alto	7,48	Pract. Neutro	2,85	Bajo
Promedio		51,25	Medio	16,65	Medio	0,70	Alto	7,24	Pract. Neutro	2,15	Bajo
M 5 (5 Garpro 2)	30-60	22,5	Bajo	7,66	Bajo	0,63	Alto	7,52	Lig. Alcalino	0,67	Bajo
M 6 (6 Garpro 2)	30-60	28,75	Bajo	6,97	Bajo	0,47	Alto	7,25	Pract. Neutro	0,79	Bajo
M 7 (7 Garpro 2)	30-60	27,5	Bajo	8,87	Bajo	0,67	Alto	7,05	Pract. Neutro	0,66	Bajo
M 8 (8 Garpro 2)	30-60	29,15	Bajo	11,97	Medio	0,81	Alto	7,48	Pract. Neutro	0,89	Bajo
Promedio		26,98	Bajo	8,87	Bajo	0,65	Alto	7,33	Pract. Neutro	0,75	Bajo

En el estudio realizado por Ruiz (2020), el porcentaje de materia orgánica fue alto en todos los árboles de *Juglans neotropica*, a distintas profundidades propuestas, el pH va desde prácticamente neutro a ligeramente ácido, además se presenta altos contenidos de nitrógeno y potasio. Estudios realizados por Valverde (2020), en cinco muestras de *Juglans neotropica*, obtuvo que dicha especie se desarrolla en suelos ácidos con un pH promedio de 5.2 y valores altos de nitrógeno 159.35 ppm y fósforo 57.33 ppm.

Estudios realizados por Ospina et al. (2003) muestran que *Juglans neotropica* presenta mejor desarrollo cuando existe contenidos altos de materia orgánica y un pH ácido a ligeramente ácido (pH 5.0 a 5.8), además se encuentra establecido en plantaciones donde el suelo presenta nitrógeno de 0.25 a 0.80 %, potasio de 0.42 a 0.41 mEq/ 100ml suelo y fósforo de 1 a 20 ppm.

La investigación realizada por López et al. (2022), demostró que el suelo donde se establece el nogal pecanero es extremadamente rico en potasio con una media de 399 mEq/ 100ml en el perfil de 0 – 30 cm, este valor decrece a 298 mEq/ 100ml en el perfil de 30 – 60 cm. Investigaciones realizadas por Tarango & García (2012), mencionan que el rango mínimo de nutrimento en el suelo en nitrógeno es de 20 ppm, fósforo 10 ppm, potasio 100 mEq/ 100ml y materia orgánica 1.5 %; del nogal pecanero para su desarrollo adecuado.

En el presente estudio en los dos sitios investigados el porcentaje de materia orgánica es bajo, a la profundidad de 0 – 30 cm. En lo referente al pH en el Campus Yuyucocha es de alcalino a ligeramente alcalino, en el predio perteneciente a la fábrica la Gardenia es prácticamente neutro. En cuanto a los valores de nitrógeno para el Campus Yuyucocha es 53,13 ppm y fósforo 21,89 ppm; en el predio de la Fábrica la Gardenia el nitrógeno es 51,25 ppm y fósforo 16,65 ppm. Datos que difieren significativamente a los estudios de Ruiz (2020), Ospina (2003), Tarango & García

(2012) así también como lo investigado por López et al. (2022), a profundidades que van de 0 – 30 cm y de 30 – 60 cm.

Al realizar las pruebas para la comprobación de supuestos de las propiedades químicas y contenido de materia orgánica del suelo a una profundidad de 0 – 30 cm, se observó que cumplen con los supuestos de normalidad y homocedasticidad. Se encontró que existen diferencias significativas en la procedencia de K y el pH, tal y como se observa en la Tabla 18.

Tabla 18

Prueba de T de muestras ajustadas para las propiedades químicas del suelo a una profundidad de 0 – 30 cm.

Variable	Grupo 1	Grupo 2	Media (1)	Media (2)	T	p - valor
Nitrógeno (ppm)	Gardenia	Yuyucocha	51,25	53,13	-0,59	0,5793
Fósforo (ppm)	Gardenia	Yuyucocha	16,65	21,89	-1,49	0,1856
Potasio (ppm)	Gardenia	Yuyucocha	0,7	0,32	4,88	0,0028
pH	Gardenia	Yuyucocha	7,24	7,81	-4,7	0,0033
% Materia Orgánica	Gardenia	Yuyucocha	2,15	1,47	2,27	0,0637

Al realizar las pruebas para la comprobación de supuestos a una profundidad de 30 – 60 cm, se obtuvo que las variables N, P, K y % MO, cumplen con los supuestos paramétricos, sin embargo, la variable pH no cumple el supuesto de homocedasticidad. En las variables que cumplieron los supuestos, se realizó una prueba de T de medias ajustadas donde se observó diferencias significativas en el N, K con la procedencia como se observa en la Tabla 19.

Tabla 19

Prueba de T de muestras ajustadas para las propiedades químicas del suelo a una profundidad de 30 – 60 cm.

Variable	Grupo 1	Grupo 2	Media(1)	Media(2)	T	p-valor
Nitrógeno (ppm)	Gardenia	Yuyucocha	26,98	44,06	-5,2	0,002
Fósforo (ppm)	Gardenia	Yuyucocha	8,87	12,98	-1,09	0,3179
Potasio (ppm)	Gardenia	Yuyucocha	0,65	0,17	6,75	0,0067
% Materia Orgánica	Gardenia	Yuyucocha	0,75	0,82	-0,43	0,6855

En el caso de la variable que no cumplió los supuestos se realizó la prueba de Wilcoxon, la cual se obtuvo como resultado que existe diferencias significativas en el pH en relación con su procedencia como se muestra en la Tabla 20.

Tabla 20

Prueba de Wilcoxon para propiedades químicas, variables no paramétricas profundidad 30 – 60 cm.

Variable	Grupo 1	Grupo 2	Media (1)	Media (2)	p (2 colas)
pH	Gardenia	Yuyucocha	7,33	8,22	0,0286

3.3. Propiedades hídricas del suelo.

En el campus Yuyucocha los valores promedio obtenidos a una profundidad de 0 – 30 cm en la capacidad de campo (% CC) es de 14,12%; el coeficiente de marchitez permanente (% PMP) es de 5,45 %; el punto de saturación (% Ps) es de 14,12 %; agua aprovechable (% Ha) es de 3,33%; contenido de humedad (% CH) es de 16,18% y la humedad equivalente (% He) es de 16,62 %. En tanto en la Gardenia en el mismo orden de las propiedades los valores promedios fueron 16,58 %; 7,27 %; 16,58 %; 3,38 %; 18,10 %; 13,15%. Los datos obtenidos en la investigación para los dos sitios en cuanto a las propiedades hídricas difieren considerablemente en las profundidades propuestas, posiblemente se deba a las propiedades físicas del suelo que tienen los dos sitios. Véase en la Tabla 21.

Tabla 21

Propiedades hidrológicas del suelo

Muestra	Prof. (cm)	Capacidad de campo (%)	Coefficiente de marchitez	Punto de saturación (%)	Agua Aprovechable (%)	Contenido de humedad (%)	Humedad Equivalente (%)
Campus Yuyucocha							
M1 (1 Yupro 1)	0-30	10,75	2,95	10,75	3,05	14,64	15,32
M 2 (2 Yupro 1)	0-30	14,43	5,68	14,43	3,25	15,53	16,70
M 3 (3 Yupro 1)	0-30	13,97	5,34	13,97	3,42	16,38	16,38
M 4 (4 Yupro 1)	0-30	17,32	7,82	17,32	3,60	18,15	18,07
Promedio		14,12	5,45	14,12	3,33	16,18	16,62
M 5 (5 Yupro2)	30-60	18,71	8,84	18,71	7,35	17,57	14,58
M 6 (6 Yupro2)	30-60	13,61	5,07	13,61	6,46	16,41	14,26
M 7 (7 Yupro2)	30-60	17,70	8,10	19,79	7,00	16,55	15,44

M 8 (8 Yupro2)	30-60	14,71	5,89	16,02	7,33	19,36	15,99
Promedio		16,18	6,97	17,03	7,03	17,47	15,07
Predio Fábrica la Gardenia							
M1 (1 Garpro 1)	0-30	15,28	6,31	15,28	3,34	18,48	13,20
M 2 (2 Garpro 1)	0-30	17,79	8,17	17,79	3,40	17,42	13,52
M 3 (3 Garpro 1)	0-30	13,33	4,87	13,33	3,16	17,93	12,79
M 4 (4 Garpro 1)	0-30	19,93	9,75	19,93	3,63	18,57	13,11
Promedio		16,58	7,27	16,58	3,38	18,10	13,15
M 5 (5 Garpro 2)	30-60	17,18	7,71	17,18	6,88	17,64	12,08
M 6 (6 Garpro 2)	30-60	16,72	7,37	16,72	7,68	19,23	13,78
M 7 (7 Garpro 2)	30-60	22,48	11,64	12,75	8,03	17,37	10,71
M 8 (8 Garpro 2)	30-60	25,66	13,99	15,46	8,85	16,71	12,40
Promedio		20,51	10,18	15,53	7,86	17,74	12,24

Los estudios realizados por Chacón et al. (2019) obtuvo resultados donde en varios entornos la capacidad de campo varia, sin embargo, en un bosque esta fue de $19,4 \pm 4,6$ %, y el coeficiente de marchitez permanente fue de $8,9 \pm 2,0$ %. Valores que no se alejan de los obtenidos en el presente estudio con la especie forestal *Juglans neotropica* en dos entornos, por otro lado, resultados expuestos por Návar (2011), obtuvo que el punto de saturación en entornos forestales de Durango México fue de $0,50 \text{ cm cm}^{-1}$, el contenido del agua a la capacidad de campo es de $0,45 \text{ cm cm}^{-1}$.

La investigación realizada por Haro (2021), demostró que el valor de la capacidad de campo es de $42,1 \pm 40,41$ % y agua aprovechable $19,22 \pm 18,45$ % en zonas con presencia de árboles, siendo estos bosques nativos, mixto o el sistema que forma el pasto con el *Alnus nepalensis* (Aliso). Estudios realizados por Schouwn & Ferreyra (1997), el valor medio en función de la textura franco a franco arenosa del suelo para las variables hídricas la capacidad de campo es de

14 ± 22 %, el coeficiente de marchitez permanente es de 6 ±10 % y el agua aprovechable es de 8 ± 12 %. Valores que no presentan gran diferencia con los datos obtenidos en la presente investigación.

Al realizar la comprobación de supuestos se obtuvo que las variables hidrológicas a una profundidad de 0 – 30 cm, presentan normalidad y homocedasticidad, por tal motivo se realizó la prueba de T de medias ajustadas con el fin de conocer si existen diferencias significativas, el resultado obtenido es que existe diferencias significativas en la humedad equivalente aceptando la hipótesis alterna, en el resto de variables acepta la hipótesis nula, que enuncia que son estadísticamente similares en los dos ecosistemas estudiados. Véase en la Tabla 22.

Tabla 22

Prueba de T de medias ajustadas para las propiedades hidrológicas del suelo a una profundidad de 0 – 30 cm.

Variable	Grupo 1	Grupo 2	Media (1)	Media (2)	T	p-valor
Capacidad de campo	Gardenia	Yuyucocha	16,58	14,12	1,25	0,2578
Coeficiente de marchitez permanente	Gardenia	Yuyucocha	7,28	5,45	1,25	0,2572
Punto de saturación	Gardenia	Yuyucocha	16,58	14,12	1,25	0,2578
Agua Aprovechable	Gardenia	Yuyucocha	3,38	3,33	0,34	0,7422
Contenido de humedad	Gardenia	Yuyucocha	18,1	16,18	2,42	0,0516
Humedad Equivalente	Gardenia	Yuyucocha	13,16	16,62	-5,9	0,001

La prueba de comprobación de supuestos dio como resultado que existe normalidad y homocedasticidad, por tal motivo se realizó una prueba de T de medias ajustadas, la cual dio como

resultado que existen diferencias significativas en la humedad equivalente de los entornos, para las otras variables no existe diferencias significativas. Véase en la Tabla 23.

Tabla 23

Prueba de T de medias ajustadas para las propiedades hidrológicas del suelo a una profundidad de 30 – 60 cm.

Variable	Grupo 1	Grupo 2	Media (1)	Media (2)	T	p-valor
Capacidad de campo	Gardenia	Yuyucocha	20,51	16,18	1,75	0,1306
Coeficiente de marchitez permanente	Gardenia	Yuyucocha	10,18	6,98	1,75	0,1307
Punto de saturación	Gardenia	Yuyucocha	15,53	17,03	-0,88	0,4123
Agua Aprovechable	Gardenia	Yuyucocha	7,86	7,04	1,8	0,1219
Contenido de humedad	Gardenia	Yuyucocha	17,74	17,47	0,31	0,7697
Humedad Equivalente	Gardenia	Yuyucocha	12,24	15,07	-3,8	0,009

3.4.Velocidad de infiltración

La velocidad de infiltración obtenida en el Campus Yuyucocha da como resultado la siguiente clasificación: muy lenta a moderada; entendiéndose que dicho resultado es proporcional a las condiciones texturales predominantes del suelo franco, en adición la velocidad de infiltración obtenida en el predio perteneciente a la fábrica la Gardenia es considerada de moderada a rápida correspondiente a la clasificación textural del suelo predominante franco arenoso, como se muestra en la Tabla 24.

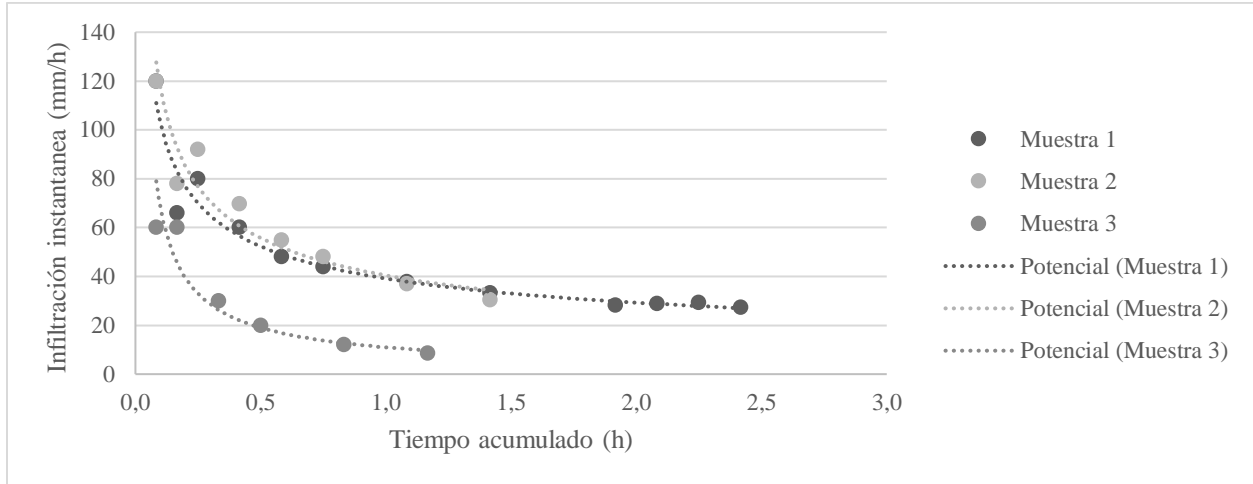
Tabla 24*Velocidad de infiltración Campus Yuyucocha y Predio la Gardenia.*

Muestra	Velocidad de infiltración (mm/h)	Clasificación	Textura
Campus Yuyucocha			
Punto 1 (Parte Inicial)	69,91	Moderada	Franco
Punto 2 (Parte Intermedia)	71,12	Moderada	Franco
Punto 3 (Parte Final)	11,29	Muy lenta	Arcilloso
Predio Fábrica la Gardenia			
Punto 1 (Parte Inicial)	120,10	Rápida	Arenosa - limosa franca
Punto 2 (Parte Intermedia)	59,542	Moderada	Franco arenoso
Punto 3 (Parte Final)	74,982	Moderada	Franco arenoso

En la Figura 9 la velocidad de infiltración encontrada en el Campus Yuyucocha, se observa que en la muestra 3 esta es baja, le sigue la muestra 2 que se clasifica como moderado y la muestra 1 es moderada, dichos parámetros son relacionados con la textura presente en el predio.

Figura 9

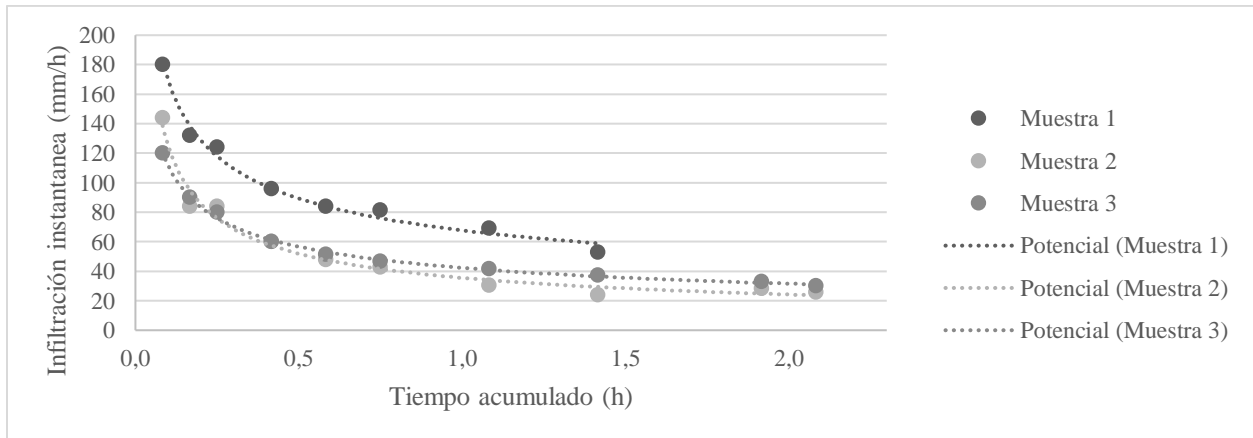
Velocidad de infiltración Campus Yuyucocha.



En la Figura 10 la velocidad de infiltración en la muestra 1 es rápida, por otro lado, en la muestra 2 y 3 son semejantes en su descripción de moderada y pertenece al tipo textural de suelo franco arenoso.

Figura 10

Velocidad de infiltración predio perteneciente a la Fábrica la Gardenia.



En el estudio realizado por Gómez et al. (2014) obtuvo como resultado que la velocidad de infiltración promedio en entornos forestales fue de 14,04 cm/h, para tierras agrícolas de 12,42 cm/h y para pastoreo de 2,07 cm/h.

En un estudio realizado por Oyarzún et al. (2011) la velocidad de infiltración es diferente dependiendo de la cobertura en bosque nativo y plantación de *E. globulus*, señalando distintas características hidrológicas entre ambos suelos. Las dos coberturas mostraron una fuerte variación estacional, especialmente en el suelo con bosque nativo, que registró valores (promedio \pm S) entre $703,3 \pm 380,0$ y $76,9 \pm 56,7$ mm/h, en marzo y julio, respectivamente.

En tanto que en la presente investigación se obtuvieron los siguientes datos: en el Campus Yuyucocha fueron 11,29 a 71,12 mm/h, en el predio la Gardenia fueron de 59,54 a 120,10 mm/h; valores que difieren con Oyarzún et al. (2011) así mismo con Gómez et al. (2014) solo en el primer sitio de muestreo.

La prueba para comprobación de supuestos paramétricos dio como resultado que existe normalidad y homocedasticidad, al cumplir los supuestos se realizó una prueba de T de medias ajustadas donde el p valor acepta la hipótesis nula que enuncia que no existen diferencia significativa en los entornos al evaluar la variable hídrica de velocidad de infiltración. Véase en la Tabla 25.

Tabla 25

Prueba de T de medias ajustadas para velocidad de infiltración del suelo en dos ecosistemas forestales.

Variable	Grupo 1	Grupo 2	Media(1)	Media(2)	T	p-valor
Velocidad de infiltración	Gardenia	Yuyucocha	84,87	50,77	1,27	0,2726

CAPITULO IV

CONCLUSIONES RECOMENDACIONES

4.1. Conclusiones

- Tras el análisis de propiedades edáficas en dos ecosistemas con la presencia de *Juglans neotropica*, se concluye que las propiedades físicas, químicas e hidrológicas del suelo no muestran una correlación proporcional con las condiciones edáficas usualmente aceptadas. Esta falta de correlación puede deberse a diversos factores, es posible que la especie tenga un impacto específico en el suelo, generando cambios en sus características que no necesariamente se ajustan a una relación lineal con los factores edáficos tradicionalmente considerados. La interacción entre las raíces de *Juglans neotropica* y el suelo, sus efectos en la disponibilidad de nutrientes y la estructura física del suelo, así como sus interacciones con otros organismos y microorganismos del suelo, pueden estar contribuyendo a la complejidad de los resultados observados. Además, es importante tener en cuenta que los ecosistemas son sistemas dinámicos y complejos, donde múltiples variables interactúan simultáneamente. Por lo tanto, la influencia de *Juglans neotropica* en el suelo puede verse afectada por la presencia de otras especies, las condiciones climáticas y otros factores ambientales.
- El suelo del Campus Yuyucocha presentó textura franco, con nitrógeno medio, fósforo de alto a medio, potasio de medio a bajo, pH de alcalino a ligeramente alcalino y el contenido de materia orgánica bajo, además los valores de la capacidad de campo, coeficiente de marchitez, punto de saturación, agua aprovechable, contenido de humedad, humedad equivalente son referenciales a la estructura del suelo y la velocidad de infiltración oscila de muy lenta a moderada.

- Las características del suelo en el predio perteneciente a la fábrica la Gardenia en su textura es franco arenoso, el nitrógeno y fosforo oscila de medio a bajo, el potasio es alto, el pH es prácticamente neutro, la materia orgánica es baja, en tanto que, la capacidad de campo, coeficiente de marchitez, punto de saturación, agua aprovechable, contenido de humedad, humedad equivalente; valores correspondientes a la clasificación textural del suelo, además la velocidad de infiltración es moderada a rápida.
- Existe diferencias estadísticas en los dos sitios de estudio a una profundidad de 0 – 30 cm en las variables físicas correspondiente al porcentaje de arena, limo y porosidad; en cuanto a las propiedades químicas, potasio y pH, para los lugares investigados tienen sus propias características bajo la presencia de *Juglans neotropica*.
- A una profundidad de 30 – 60 cm, existió diferencias estadísticas en las propiedades físicas correspondiente al porcentaje de arcilla, así mismo, en las propiedades químicas nitrógeno, potasio y pH, bajo la presencia de *Juglans neotropica*.
- La velocidad de infiltración en los sitios de estudio se observó que esta varió significativamente, con rangos desde muy lenta hasta rápida. Sin embargo, es importante destacar que estadísticamente no se encontraron diferencias significativas entre los sitios, por lo que no se pudo identificar un impacto directo de las formaciones *Juglans neotropica* en este parámetro particular.
- En cambio, se concluye que la velocidad de infiltración está más influenciada por la calidad y el uso del suelo en cada sitio. Factores como la textura del suelo, la estructura, el contenido de materia orgánica y las prácticas de manejo fueron los principales determinantes de la velocidad de infiltración en ambos sitios de estudio.

4.2.Recomendaciones

- Realizar seguimiento en intervalos de tiempo para determinar si hubo cambios en las propiedades físicas, químicas e hidrológicas con la interacción de la especie forestal *Juglans neotropica*, debido a que la información presentada sirve como base para futuras investigaciones.
- Profundizar la información obtenida con otras especies forestales de interés tales como *Juglans neotropica*, con la finalidad de evaluar el comportamiento de dicha especie en los ecosistemas forestales.
- Realizar estudios de micronutrientes en la propiedades químicas del suelo con la interacción del *Juglans neotropica*, con la finalidad poder realizar seguimiento y complementar la información del presente documento.

BIBLIOGRAFÍA

- Arunkumar, S. (2021). Soil physical and chemical properties in relation to plant growth. *AgriCos e-Newsletter*, 2(19), 64-66.
- Balasubramanian, A. (2017). *Characteristics of soil profile*.
- Barrera, J., Díaz, B., Durango, J., & Ramos, A. (2008). Efecto de las épocas de lluvia y sequía sobre la absorción de potasio y fósforo en plantaciones de plátano. *Acta Agronómica*, 57(1), 55-59.
- Barreto, G., Herrera, J. D., & Trujillo, E. (1990). *Juglans neotrópica*. Editira Guadalupe LTDA.
- Bernal Fundora, A., & Bernal Fundora, A. (2017). Influencia de diferentes sistemas de uso del suelo sobre su estructura. *Cultivos Tropicales*, 38, 50-57.
- Bezemer, M., Lawson, C., Hedlund, K., Edwards, A., Brook, A., Igual, J., . . . Van Der Putten, W. H. (2006). Plant species and functional group effects on abiotic and microbial soil properties and plant–soil feedback responses in two grasslands. *Journal of Ecology*, 94, 893-904. <https://doi.org/10.1111/J.1365-2745.2006.01158.X>
- Bradbury, K., Dripps, W., Hankley, C., Anderson, M. P., & Potter, K. W. (2000). *Refinement of two methods for estimation of groundwater recharge rates*. Madison, Wisconsin.
- Brown, R. (2003). Soil Texture. *Soil Texture*. Florida, Florida, USA.
- Burbano, H. (2016). El suelo y su relación con los servicios ecosistémicos y la seguridad alimentaria. *Revista de Ciencias Agrícolas*, 33, 117-124.
<https://doi.org/http://dx.doi.org/10.22267/rcia.163302.58>

- Cairo, P. I., & Reyes, A. (2017). *La Fertilidad Física del Suelo y la Agricultura Orgánica en el Trópico*. Editorial academica española.
- Calderón, C. L., Bautista, G. P., & Rojas, S. (2018). Propiedades químicas, físicas y biológicas del suelo, indicadores. *ORINOQUIA*, 22, 141-157.
<https://doi.org/10.22579/20112629.524>
- Castillo, C. (2005). *Selección y calibración de indicadores locales y técnico para evaluar la degradación de los suelos laderas, en la microcuenca Cuscamá el Tuma - La Dalia Matagalpa, 2005*.
- Celaya, H., & Castellanos, A. (2011). Mineralización de nitrógeno en el suelo de zonas áridas y semiáridas. *Terra Latinoamericana*, 29, 346-356.
- Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo [CIMMYT]. (2013). Contenido de Humedad Guía útil para comparar las prácticas de manejo de cultivo. *Contenido de Humedad* . Mexico.
- Chacón, J., Nakajima, S., Rojas, P., & Rojas, C. (2019). Efecto de la cobertura forestal sobre las características del suelo en la finca experimental interdisciplinaria de modelos agroecológicos: un estudio de caso. *InterSedes*, 20(42), 210-226.
<https://doi.org/10.15517/ISUCR.V20I42.41851>
- Consorcio Tracasa y Nipsa. (2014). *Velocidad de infiltración*.
- Conti, M. (2000). Principios de Edafología con énfasis en suelos argentinos. In M. Conti. Facultad Agronomía.

- Correa, J. C., Iral, R., & Rojas, L. (2006). Estudio de potencia de pruebas de homogeneidad. *Revista Colombiana de Estadística*, 29(1), 57-76.
- Enciso, J., Porte, D., & Périès*, X. (2021). Uso de sensores de humedad del suelo para efficientizar el riego. *Texas A&M AgriLife Extension Service*, 1-14.
- Fadd, G. (2017). *Morfología del suelo*. Tucumán: Facultad de Agronomía y Zootecnia Universidad Nacional de Tucumán.
- Fernandez, M. (2007). Fósforo: amigo o enemigo. *Icidca*, 41(2), 51-57.
- Ferreras, L., Faggioli, V., Toresani, S., & Galarza, C. (2015). Sensibilidad de indicadores biológicos edáficos en un Argiudol de la Región Pampeana Argentina. *Spanish Journal of Soil Science*, 5, 220-235. <https://doi.org/10.3232>
- Fertilab. (2016). *Fertilab*. Retrieved from Fertilab:
<https://www.fertilab.com.mx/Sitio/notas/INTERPRETACION%20DE%20RESULTADO%20DE%20TEXTURA%20Y%20HUMEDAD%20DEL%20SUELO.pdf>
- Flores, L., & Alcalá, J. (2010). Manual de Procedimientos Analíticos. *Manual de Procedimientos Analíticos*. Mexico.
- Fulton, A. (2009). *Interpreting Soil pH and Saturation Percentage Measurements*. Retrieved from UC Farm Advisor Tehama: <http://cetehama.ucdavis.edu/newsletters.htm>.
- García, M., Puppo, L., Hayashi, R., & Morales, P. (2017). Metodología para determinar los parámetros hídricos. *Metodología para determinar los parámetros hídricos*. Montevideo , Uruguay .

- Garrido, S. (1994). *Interpretación de análisis de suelos Guia práctica para muestrear los suelos e interpretar sus análisis.*
- Génova, L., Andreau, R., Etcheverry, M., Pablo, E., Chale, W., Luciano, C., & Ramos, F. (2019). Relaciones agua-suelo-planta-atmósfera. In L. Génova, R. Andreau, M. Etcheverry, E. Pablo, W. Chale, C. Luciano, & F. Ramos, *Relaciones agua-suelo-planta-atmósfera.* (p. 46).
- Gimenez, R. (2017). Física del suelo. *Física del suelo.* Tucumán.
- Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal de San Miguel de Ibarra [GAD San Miguel de Ibarra]. (2021). Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial del GAD de San Miguel de Ibarra. *Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial del GAD de San Miguel de Ibarra.* Ibarra, Imbabura, Ecuador.
- Gómez, G., Munive, R., Mallma, T., & Orihuela, C. (2014). Evaluación de la tasa de infiltración en tierras agrícolas, forestales y de pastoreo en la subcuenca del río Shullcas. *Apuntes de Ciencia & Sociedad*, 4(1), 32-34. <https://doi.org/10.18259/ACS.2014004>
- González, F., Escoto, M. d., & Chávez, J. (2017). *Estadística aplicada en Psicología y Ciencias de la Salud.* Manual Moderno.
- González, J. L., González, G., Sánchez, I., López, A., & Valenzuela, L. (2011). Caracterización de la porosidad edáfica como indicador de la calidad física del suelo. *Terra Latinoamericana*, 29(4), 369-377.
- Grand, A., & Michel, V. (2020). Materia orgánica del suelo. Best4Soil.

- Gudelj, O., Arce, J., & Gudelj, V. (2018). Metodología de muestreo y determinación de agua del suelo. *INTA Ediciones*, 29, 1-18.
- Gutián, Francisco, & Carballas, T. (1976). *Técnicas de análisis de suelos*. Pico Sacro.
- Gutiérrez, L., Guerrero, S., Ortega, F., Rivas, L., & Palacios, A. (2022). Análisis del Suelo y su Importancia en el Cultivo del Nogal Pecanero en el Distrito de Riego 05 Delicias. *Editorial AgrícolaTuxpan*, 10(1), 8-16.
- Haro, B. S. (2021). *influencia de la cobertura forestal en el balance hídrico superficial de la reserva hídrica el Paraíso*.
- Ibañez, S., Moreno, H., & Blanquer, J. M. (2010). Características del infiltrometro de doble anillo (Anillos de MUNZ). *Características del infiltrometro de doble anillo (Anillos de MUNZ)*. Valencia, España.
- Instituto para la Innovación Tecnológica en la Agricultura [INTAGRI]. (2018). *Disponibilidad de Nutrimientos y el pH del Suelo*. Retrieved from INTAGRI:
<https://www.intagri.com/articulos/nutricion-vegetal/disponibilidad-de-nutrimientos-y-el-ph-del-suelo#:~:text=El%20rango%20de%20pH%20del,va%20de%205.5%20a%207.0>.
- Julca, A., Meneses, L., Blas, R., & Bello, S. (2006). La materia orgánica, importancia y experiencias. *IDESIA (Chile)*, 24(1), 49-61.
- Kaúrichev, I., Panov, N., Stratónovich, M., Grechin, I., Sávich, V., Ganzhara, N., & Mershin, A. (1980). *Prácticas de edafología*. Mir Moscú.

- Keller, T., & Håkansson, I. (2010). Estimation of reference bulk density from soil particle size distribution and soil organic matter content. *Geoderma*, 154, 3-4.
<https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2009.11.013>
- Kirkham, M. (2005). Field Capacity, Wilting Point, Available Water, and the Non-Limiting Water Range. *Principles of Soil and Plant Water Relations*, 101-115.
<https://doi.org/10.1016/B978-012409751-3/50008-6>
- Lara, A. G. (2018). *Estudio de la factibilidad del uso de arcillas de la provincia de Chimborazo para la remoción de colorantes en efluentes de la industria textil*.
- Lemus, G., Salgado, I., Carrasco, J., Ortiz, M., Sepúlveda, P., Defilippi, B., . . . Becerra, C. (2011). *Centro de Frutales de Carozo: Resumen Técnico*. Rengo.
- Levy, G., & Shainberg, I. (2005). Sodic Soils. *Encyclopedia of Soils in the Environment*, 4, 504-513. <https://doi.org/10.1016/B0-12-348530-4/00218-6>
- Leyva, A., & Cescas, M. (1980). *Arboles de la Sabana de Bogotá*. Ediciones Uniandes.
- López, E., López, I., Cueto, J., Soto, M., Méndez, J., & Ordaz, S. (2022). Propiedades del suelo y follaje del nogal pecanero en la región norte de Coahuila, México. *Brazilian Journal of Animal and Environmental Research*, 5(2), 2050-2060.
<https://doi.org/10.34188/bjaerv5n2-047>
- López, M., & Medina, H. E. (2015). Propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo. *Bioagrobiencias*, 8(1), 3-11.

- Mbah, C. (2014). Determining the Field Capacity, Wilting point and Available Water Capacity of some Southeast Nigerian Soils using Soil Saturation from Capillary Rise. *Nigerian Journal of Biotechnology*, 24, 41-47.
- Mestas Valero, R. M. (2011). *Régimen hídrico del suelo y evapotranspiración en áreas agrícolas y forestales*.
- Moncada de la Fuente, J., & Anaya Garduño, M. (2014). Manejo de la relación agua, suelo, planta y clima para el desarrollo sustentable en lo ambiental, económico y social. *El Cotidiano*(188), 81-85.
- Munera, G., & Meza, D. (2014). El Fósforo Elemento Indispensable Para La Vida Vegetal. *El Fósforo Elemento Indispensable Para La Vida Vegetal*.
- Návar, J. (2011). Modelación del contenido de agua de los suelos y su relación con los incendios forestales en la Sierra Madre Occidental de Durango, México. *Madera y bosques*, 17(3), 65-81.
- Norambuena, P., Luzio, W., & Vera, W. (2002). Comparación entre los métodos de la pipeta y Bouyoucos y su relación con la retención de agua en ocho suelos de la zona Altiplánica de la provincia de Parinacota, Chile. *Agricultura Técnica*, 62(1), 150-157.
- Novillo, I., Carrillo, M., Moreira, N., Albán, K., & Morales, F. (2018). Propiedades físicas del suelo en diferentes sistemas agrícolas. *TEMAS AGRARIOS*, 23, 177 - 187.
- Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación [FAO]. (2000). *Manual de practicas integradas de manejo y conservacion de suelos*. FAO.

Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación [FAO]. (2009). *Guía para la descripción de suelos*. FAO.

Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación [FAO]. (2013). *Captación y almacenamiento de agua de lluvia Opciones técnicas para la agricultura familiar en América Latina y el Caribe*. FAO.

Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación [FAO]. (n.d.). *Food and Agriculture Organization of the United Nations*. Retrieved from Food and Agriculture Organization of the United Nations:
https://www.fao.org/fishery/docs/CDrom/FAO_Training/FAO_Training/General/x6706s/x6706s06.htm

Osorio, N. (2012). pH del suelo y disponibilidad de nutrientes. *Manejo Integral del Suelo y Nutrición Vegetal*, 1(4), 1-4.

Ospina, C., Hernández, R., Aristizabal, F., Patiño, J., & Salazar, J. (2003, Julio). EL cedro negro: una especie promisoría en la zona cafetera. Chinchiná, Caldas, Colombia: Cenicafé.

Oyarzún, C., Frêne, C., Lacrampe, G., Huber, A., & Hervé, P. (2011). Propiedades hidrológicas del suelo y exportación de sedimentos en dos microcuencas de la Cordillera de la Costa en el sur de Chile con diferente cobertura vegetal. *BOSQUE*, 32(1), 10-19.

Perdomo, C., & Barbazán, M. (2001). *Nitrógeno*. Facultad de Agronomía Universidad de la República.

Pérez, J., Telles, R., Alanís, E., Yerena, J., García, D., & Gómez, M. (2020). Estimación del carbono almacenado en una plantación de *Tectona grandis* L. f. mediante ecuaciones

alométricas. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, 11(57), 32-56.

<https://doi.org/10.29298/RMCF.V11I57.550>

Perú. Ministerio de Ambiente [MINAM]. (2014, Noviembre). Guía para el muestreo de suelos.

Guía para el muestreo de suelos. Lima, Perú: MAVET IMPRESIONES E.I.R.L.

Programa de Servicios Agrícolas Provinciales [PROSAP]. (2014). Medición de la infiltración en el suelo.

Quispe, A., Calla, K., Yangali, J., Rodríguez, J., & Pumacayo, I. (2019). *Estadística no paramétrica aplicada a la investigación científica con software SPSS, MINITAB Y EXCEL*. EIDEC.

Rucks, L., García, F., Kaplán, A., Ponce de León, J., & Hill, M. (2004). *Propiedades Físicas del Suelo*.

Ruiz, C. (2020). *Influencia del tipo de suelo sobre el crecimiento diamétrico anual de Juglans neotropica Diels y Eriotheca ruizii (K. Schum.) A. Robyns en los sectores del parque universitario Francisco Vivar Castro y la reserva el Chilco, al sur de Ecuador*. Loja.

Salazar, L. (2018). Caracterización y georreferenciación espacial de las propiedades físicas en los suelos eutric fluvisols de uso agropecuario en la Finca Experimental “La María” del Cantón Mocache. *Caracterización y georreferenciación espacial de las propiedades físicas en los suelos eutric fluvisols de uso agropecuario en la Finca Experimental “La María” del Cantón Mocache*. Mocache, Los Ríos, Ecuador.

- Sánchez, V. (2019). Plan de desarrollo y ordenamiento territorial de la parroquia rural "San Roque". *Plan de desarrollo y ordenamiento territorial de la parroquia rural "San Roque"*. Atuntaqui, Imbabura, Ecuador.
- Santa Olalla, F. M. (1993). *Agronomía del riego*. Ediciones Mundi-Prensa.
- Schouwn, S. v., & Ferreyra, R. (1997). Necesidades de agua y manejo de riego en nogales. 107-133.
- Soto, E. S., Hernández, M., Santos, H., Ortiz, E., & García, E. (2016). Evaluación del contenido de materia orgánica en suelos agrícolas y su relación carbono/nitrógeno. *Revista Iberoamericana de Ciencias*, 9(46), 4-26.
<https://doi.org/https://doi.org/10.29298/rmcf.v9i46.134>
- Sun, G., Devendra, A., & McNulty, S. (2016). Hydrology, Forest. In V. P. Singh, *Handbook of Applied Hydrology* (pp. 1-8). McGraw-Hill Education.
- Taboada, M. A., & Alvarez, C. R. (2008). *Fertilidad física de los suelos*. Facultad Agronomía (UBA).
- Tamhane, D., Motiramani, Y., & Bali, P. (1978). *Suelos: Su química y fertilidad en zonas tropicales*. Diana Técnico.
- Tapia, Y., & García, F. (2013). La disponibilidad del fósforo es producto de la actividad bacteriana en el suelo en ecosistemas Oligotróficos: Una revisión crítica. *Terra Latinoamericana*, 31(3), 231-242.

- Tarango, S. H., & García, G. (2012, Febrero). Manejo sostenible del suelo en nogaleras. *Manejo sostenible del suelo en nogaleras*. Manejo sostenible del suelo en nogaleras, México: INIFAP.
- Thiers, O., Reyes, V., Gerding, J., & Schlatter, J. (2014). Suelos en ecosistemas forestales. In C. Donoso, M. González, & A. Lara, *Ecología Forestal Bases para el Manejo Sustentable y Conservación de los Bosques Nativos de Chile* (Vol. 1, pp. 133-178). Ediciones UACH.
- United States Of Department Agriculture [USDA]. (1999). Guía para la Evaluación de la Calidad y Salud del Suelo. Estados Unidos de Norteamérica: Departamento de Agricultura de los EE.UU. .
- United States Of Department Agriculture [USDA]. (1999, Agosto). Soil Quality Test Kit Guide. Argentina.
- United States of Department Agriculture [USDA]. (2017). *Soil Survey Manual*. USDA.
- Universidad Nacional de la Plata [UNLP]. (2019). TEMA 5: "POROSIDAD Y AIREACIÓN". *POROSIDAD Y AIREACIÓN*.
- Valiente, M., Zabaleta, A., Meaurio, M., Uriarte, J. A., & Antigüedad, I. (2021). Caracterización y funcionalidad hidrológica de los suelos de una cuenca pre-pirenaica (Bidasoa, Navarra). *Geotemas (Madrid)*, 18, 330.
- Vallejo, V. E. (2013). Importancia y utilidad de la evaluación de la calidad de suelos mediante el componente microbiano: experiencias en sistemas silvopastoriles. *Colombia forestal*, 16(1), 83-99.

Valverde, J. X. (2020). Composición química de la madera de *Juglans Neotropica* Diels., y su relación con las propiedades químicas del suelo en la parroquia Valladolid, provincia de Zamora Chinchipe, Ecuador. *Revista Investigación Agraria.*, 2(3), 68-82.

<https://doi.org/10.47840/ReInA202120>

Vega, V. (2011). *Diseño de un sistema de riego a gravedad.*

Vereecken, H., Amelung, W., Bauke, S., Bogen, H., Brüggemann, N., Montzka, C., . . . Zhang, Y. (2022). Soil hydrology in the Earth system. *Nature Reviews Earth and Environment*, 3, 573-587. <https://doi.org/10.1038/S43017-022-00324-6>

Voroney, P. (2018). Soils for horse pasture management. *Horse Pasture Management*, 65-79.

<https://doi.org/10.1016/B978-0-12-812919-7.00004-4>

Walling, D., & Horowitz, A. J. (2005). *Sediment budgets.* IHAS.

Ward, A., & Trimble, S. (2004). *Environmental Hydrology.*

ANEXOS

FOTOGRAFICOS

Análisis del contenido de humedad



LABONORT

LABORATORIOS NORTE

Juan Hernández y Jaime Roldos: Ibarra - Ecuador

REPORTE ANÁLISIS DE HUMEDAD(%)

NOMBRE: GEOVANNY CHIZA
ANÁLISIS: HUMEDAD EN SUELO
PROVINCIA: IMBABURA

FECHA INGRESO: 30 de mayo 2023
FECHA REPORTE: 06 de junio 2023

Nro. MUESTRA	Nro. CAMPO	% HUMEDAD
11412	M1(1YuPro1)(0-30cm)	14,64
11413	M2(2YuPro1)(0-30cm)	15,53
11414	M3(3YuPro1)(0-30cm)	16,38
11415	M4(4YuPro1)(0-30cm)	18,15
11416	M5(5YuPro2)(30-60cm)	17,57
11417	M6(6YuPro2)(30-60cm)	16,41
11418	M7(7YuPro2)(30-60cm)	16,55
11419	M8(8YuPro2)(30-60cm)	19,36
11420	M1(1GarPro1)(0-30cm)	18,48
11421	M2(2GarPro1)(0-30cm)	17,42
11422	M3(3GarPro1)(0-30cm)	17,93
11423	M4(4GarPro1)(0-30cm)	18,57
11424	M5(5GarPro2)(30-60cm)	17,64
11425	M6(6GarPro2)(30-60cm)	19,23
11426	M7(7GarPro2)(30-60cm)	17,37
11427	M8(8GarPro2)(30-60cm)	16,71


Método: Estufa 110°C(24H)

Dr. Quím. Edison M. Miño Medina
RESPONSABLE DE LABONORT









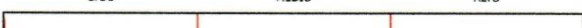



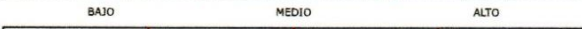
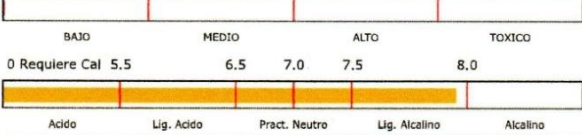


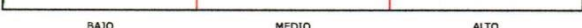

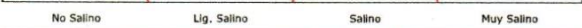
Anexo I. Análisis del contenido de humedad de los dos sitios de estudio.

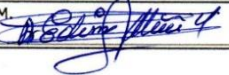
Análisis de la propiedades físicas y químicas del suelo campus Yuyucocha




LABONORT

LABORATORIOS NORTE
Juan Hernández y Jaime Roldós (Entrada Mercado Mayorista) Ibarra - Ecuador cel. 0999591050

REPORTE DE ANALISIS DE SUELOS			
DATOS DE PROPIETARIO Nombre: GEOVANNY CHIZA Ciudad: Ibarra Teléfono: 0987383270 Fax:		DATOS DE LA PROPIEDAD Provincia: Imbabura Cantón: Ibarra Parroquia: Caranquí Sitio: Granja Experimental Yuyucocha	
DATOS DEL LOTE Sitio: Granja Experimental Yuyucocha Superficie: Número de Campo: M1 (1Yupro1)(0-30cm) Cultivo Actual: A Cultivar:		DATOS DE LABORATORIO Nro Reporte.: 11412 Tipo de Análisis: Elemental, MO,T,H Muestra: Suelo, M1(1Yupro1) Fecha de Ingreso: 2023-05-30 Fecha de Reporte: 2023-06-07	
Nutriente	Valor	Unidad	INTERPRETACION
N	53.75	ppm	
P	16.11	ppm	
S		ppm	
K	0.29	meq/100 ml	
Ca	11.61	meq/100 ml	
Mg	1.55	meq/100 ml	
Zn		ppm	
Cu		ppm	
Fe		ppm	
Mn		ppm	
B		ppm	
pH	7.95		
Acidez Int. (Al+H)		meq/100 ml	
Al		meq/100 ml	
Na		meq/100 ml	
Ce	0.330	mS/cm	
MO	1.09	%	
Ca	Mg	Ca+Mg (meq/100ml)	%
Mg	K	K	Sum Bases
7.49	5.34	45.38	13.45
			NTot
			CI
			Arena
			Limo
			Arcilla
			Clase Textural
			FRANCO

Dr. Quim. Edison M. Miño M. 
Responsable Laboratorio



Anexo 2. Análisis de la propiedades físicas y químicas del suelo Muestra 1, Profundidad 1.



LABONORT

LABORATORIOS NORTE

Juan Hernández y Jaime Roldós (Entrada Mercado Mayorista) Ibarra - Ecuador cel. 0999591050

REPORTE DE ANALISIS DE SUELOS									
DATOS DE PROPIETARIO Nombre: GEOVANNY CHIZA Ciudad: Ibarra Teléfono: 0987383270 Fax:					DATOS DE LA PROPIEDAD Provincia: Imbabura Cantón: Ibarra Parroquia: Caranquí Sitio: Granja Experimental Yuyucocha				
DATOS DEL LOTE Sitio: Granja Experimental Yuyucocha Superficie: Número de Campo: M2(2YuPro1)(0-30cm) Cultivo Actual: A Cultivar:					DATOS DE LABORATORIO Nro Reporte.: 11413 Tipo de Análisis: Elemental, MO,T,H Muestra: Suelo M2(2YuPro1) Fecha de Ingreso: 2023-05-30 Fecha de Reporte: 2023-06-07				
Nutriente	Valor	Unidad	INTERPRETACION						
N	56.27	ppm							
P	20.42	ppm							
S		ppm							
K	0.45	meq/100 ml							
Ca	12.30	meq/100 ml							
Mg	1.79	meq/100 ml							
Zn		ppm							
Cu		ppm							
Fe		ppm							
Mn		ppm							
B		ppm							
pH	7.60								
Acidez Int. (Al+H)		meq/100 ml							
Al		meq/100 ml							
Na		meq/100 ml							
Ce	0.320	mS/cm							
MO	1.38	%							
Ca	Mg	Ca+Mg (meq/100ml)	%	ppm	(%)				
Mg	K	K	Sum Bases	NTot	Cl	Arena	Limo	Arcilla	Clase Textural
6.87	3.98	31.31	14.54			39.20	49.20	11.60	FRANCO
Dr. Quim. Edison M. Miño M. Responsable Laboratorio									



Anexo 3. Análisis de la propiedades físicas y químicas del suelo Muestra 2, Profundidad 1.



LABONORT

LABORATORIOS NORTE

Juan Hernández y Jaime Roldós (Entrada Mercado Mayorista) Ibarra - Ecuador cel. 0999591050

REPORTE DE ANALISIS DE SUELOS										
DATOS DE PROPIETARIO					DATOS DE LA PROPIEDAD					
Nombre: GEOVANNY CHIZA					Provincia: Imbabura					
Ciudad: Ibarra					Cantón: Ibarra					
Teléfono: 0987383270					Parroquia: Caranqui					
Fax:					Sitio: Granja Experimental Yuyucocha					
DATOS DEL LOTE					DATOS DE LABORATORIO					
Sitio: Granja Experimental Yuyucocha					Nro Reporte.: 11414					
Superficie:					Tipo de Análisis: Elemental, MO,T,H					
Número de Campo: M3(3YuPro1)(0-30cm)					Muestra: Suelo, M3(3YuPro1)					
Cultivo Actual:					Fecha de Ingreso: 2023-05-30					
A Cultivar:					Fecha de Reporte: 2023-06-07					
Nutriente	Valor	Unidad	INTERPRETACION							
N	50.00	ppm								
P	29.74	ppm								
S		ppm								
K	0.23	meq/100 ml								
Ca	15.10	meq/100 ml								
Mg	2.40	meq/100 ml								
Zn		ppm								
Cu		ppm								
Fe		ppm								
Mn		ppm								
B		ppm								
pH	7.73									
Acidez Int. (Al+H)		meq/100 ml								
Al		meq/100 ml								
Na		meq/100 ml								
Ce	0.350	mS/cm								
MO	1.59	%								
Ca	Mg	Ca+Mg (meq/100ml)	%	ppm	(%)					Clase Textural
Mg	K	K	Sum Bases	NTot	Cl	Arena	Limo	Arcilla		
6.29	10.43	76.09	17.73			41.20	47.20	11.60	FRANCO	
Dr. Quim. Edison M. Miño M. Responsable Laboratorio										



Anexo 4. Análisis de la propiedades físicas y químicas del suelo Muestra 3, Profundidad 1.



LABONORT

LABORATORIOS NORTE

Juan Hernández y Jaime Roldós (Entrada Mercado Mayorista) Ibarra - Ecuador cel. 0999591050

REPORTE DE ANALISIS DE SUELOS									
DATOS DE PROPIETARIO					DATOS DE LA PROPIEDAD				
Nombre: GEOVANNY CHIZA					Provincia: Imbabura				
Ciudad: Ibarra					Cantón: Ibarra				
Teléfono: 0987383270					Parroquia: Caranqui				
Fax:					Sitio: Granja Experimental Yuyucocha				
DATOS DEL LOTE					DATOS DE LABORATORIO				
Sitio: Granja Experimental Yuyucocha					Nro Reporte.: 11415				
Superficie:					Tipo de Análisis: Elemental, MO,T,H				
Número de Campo: M4(4YuPro1)(30-60cm)					Muestra: Suelo, M4(4YuPro1)				
Cultivo Actual:					Fecha de Ingreso: 2023-05-30				
A Cultivar:					Fecha de Reporte: 2023-06-07				
Nutriente	Valor	Unidad	INTERPRETACION						
N	52.50	ppm							
P	21.30	ppm							
S		ppm							
K	0.32	meq/100 ml							
Ca	15.57	meq/100 ml							
Mg	2.43	meq/100 ml							
Zn		ppm							
Cu		ppm							
Fe		ppm							
Mn		ppm							
B		ppm							
pH	7.94								
Acidez Int. (Al+H)		meq/100 ml							
Al		meq/100 ml							
Na		meq/100 ml							
Ce	0.370	mS/cm							
MO	1.80	%							
Ca	Mg	Ca+Mg	(meq/100ml)	%	ppm	(%)			Clase Textural
Mg	K	K	Sum Bases	NTot	Cl	Arena	Limo	Arcilla	
6.41	7.59	56.25	18.32			35.20	51.20	13.60	Franco limoso
Dr. Quim. Edison M. Miño M.									
Responsable Laboratorio									



Anexo 5. Análisis de la propiedades físicas y químicas del suelo Muestra 4, Profundidad 1.



LABONORT

LABORATORIOS NORTE

Juan Hernández y Jaime Roldós (Entrada Mercado Mayorista) Ibarra - Ecuador cel. 0999591050

REPORTE DE ANALISIS DE SUELOS									
DATOS DE PROPIETARIO					DATOS DE LA PROPIEDAD				
Nombre: GEOVANNY CHIZA					Provincia: Imbabura				
Ciudad: Ibarra					Cantón: Ibarra				
Teléfono: 0987383270					Parroquia: Caranqui				
Fax:					Sitio: Granja Experimental Yuyucocha				
DATOS DEL LOTE					DATOS DE LABORATORIO				
Sitio: Granja Experimental Yuyucocha					Nro Reporte.: 11416				
Superficie:					Tipo de Análisis: Elemental, MO,T,H				
Número de Campo: M5(5Yupro2)(30-60cm)					Muestra: Suelo M5(5Yupro2)				
Cultivo Actual:					Fecha de Ingreso: 2023-05-30				
A Cultivar:					Fecha de Reporte: 2023-06-07				
Nutriente	Valor	Unidad	INTERPRETACION						
N	46.25	ppm							
P	8.52	ppm							
S		ppm							
K	0.19	meq/100 ml							
Ca	10.71	meq/100 ml							
Mg	1.22	meq/100 ml							
Zn		ppm							
Cu		ppm							
Fe		ppm							
Mn		ppm							
B		ppm							
pH	8.23								
Acidez Int. (Al+H)		meq/100 ml							
Al		meq/100 ml							
Na		meq/100 ml							
Ce	0.240	mS/cm							
MO	0.50	%							
Ca	Mg	Ca+Mg (meq/100ml)	%	ppm	(%)				Clase Textural
Mg	K	K	Sum Bases	NTot	Cl	Arena	Limo	Arcilla	
8.78	6.42	62.79	12.12			43.20	49.20	7.60	FRANCO
Dr. Quim. Edison M. Miño M.									
Responsable Laboratorio									



Anexo 6. Análisis de la propiedades físicas y químicas del suelo Muestra 5, Profundidad 2.



LABONORT

LABORATORIOS NORTE

Juan Hernández y Jaime Roldós (Entrada Mercado Mayorista) Ibarra - Ecuador cel. 0999591050

REPORTE DE ANALISIS DE SUELOS																																																																																																					
<table border="1"> <tr> <td> DATOS DE PROPIETARIO Nombre: GEOVANNY CHIZA Ciudad: Ibarra Teléfono: 0987383270 Fax: </td> <td> DATOS DE LA PROPIEDAD Provincia: Imbabura Cantón: Ibarra Parroquia: Caranqui Sitio: Granja Experimental Yuyucocha </td> </tr> <tr> <td> DATOS DEL LOTE Sitio: Granja Experimental Yuyucocha Superficie: Número de Campo: M6(6YuPro2)(30-60cm) Cultivo Actual: A Cultivar: </td> <td> DATOS DE LABORATORIO Nro Reporte.: 11417 Tipo de Análisis: Elemental, MO,T,H Muestra: Suelo M6(6YuPro2) Fecha de Ingreso: 2023-05-30 Fecha de Reporte: 2023-06-07 </td> </tr> </table>		DATOS DE PROPIETARIO Nombre: GEOVANNY CHIZA Ciudad: Ibarra Teléfono: 0987383270 Fax:	DATOS DE LA PROPIEDAD Provincia: Imbabura Cantón: Ibarra Parroquia: Caranqui Sitio: Granja Experimental Yuyucocha	DATOS DEL LOTE Sitio: Granja Experimental Yuyucocha Superficie: Número de Campo: M6(6YuPro2)(30-60cm) Cultivo Actual: A Cultivar:	DATOS DE LABORATORIO Nro Reporte.: 11417 Tipo de Análisis: Elemental, MO,T,H Muestra: Suelo M6(6YuPro2) Fecha de Ingreso: 2023-05-30 Fecha de Reporte: 2023-06-07																																																																																																
DATOS DE PROPIETARIO Nombre: GEOVANNY CHIZA Ciudad: Ibarra Teléfono: 0987383270 Fax:	DATOS DE LA PROPIEDAD Provincia: Imbabura Cantón: Ibarra Parroquia: Caranqui Sitio: Granja Experimental Yuyucocha																																																																																																				
DATOS DEL LOTE Sitio: Granja Experimental Yuyucocha Superficie: Número de Campo: M6(6YuPro2)(30-60cm) Cultivo Actual: A Cultivar:	DATOS DE LABORATORIO Nro Reporte.: 11417 Tipo de Análisis: Elemental, MO,T,H Muestra: Suelo M6(6YuPro2) Fecha de Ingreso: 2023-05-30 Fecha de Reporte: 2023-06-07																																																																																																				
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Nutriente</th> <th>Valor</th> <th>Unidad</th> <th>INTERPRETACION</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>N</td> <td>50.00</td> <td>ppm</td> <td></td> </tr> <tr> <td>P</td> <td>9.21</td> <td>ppm</td> <td></td> </tr> <tr> <td>S</td> <td></td> <td>ppm</td> <td></td> </tr> <tr> <td>K</td> <td>0.17</td> <td>meq/100 ml</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Ca</td> <td>11.84</td> <td>meq/100 ml</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Mg</td> <td>1.59</td> <td>meq/100 ml</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Zn</td> <td></td> <td>ppm</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Cu</td> <td></td> <td>ppm</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Fe</td> <td></td> <td>ppm</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Mn</td> <td></td> <td>ppm</td> <td></td> </tr> <tr> <td>B</td> <td></td> <td>ppm</td> <td></td> </tr> <tr> <td>pH</td> <td>8.17</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Acidez Int. (Al+H)</td> <td></td> <td>meq/100 ml</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Al</td> <td></td> <td>meq/100 ml</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Na</td> <td></td> <td>meq/100 ml</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Ce</td> <td>0.260</td> <td>mS/cm</td> <td></td> </tr> <tr> <td>MO</td> <td>0.67</td> <td>%</td> <td></td> </tr> </tbody> </table>	Nutriente	Valor	Unidad	INTERPRETACION	N	50.00	ppm		P	9.21	ppm		S		ppm		K	0.17	meq/100 ml		Ca	11.84	meq/100 ml		Mg	1.59	meq/100 ml		Zn		ppm		Cu		ppm		Fe		ppm		Mn		ppm		B		ppm		pH	8.17			Acidez Int. (Al+H)		meq/100 ml		Al		meq/100 ml		Na		meq/100 ml		Ce	0.260	mS/cm		MO	0.67	%		<table border="1"> <thead> <tr> <th>Ca</th> <th>Mg</th> <th>Ca+Mg (meq/100ml)</th> <th>%</th> <th>ppm</th> <th>(%)</th> <th colspan="2">Clase Textural</th> </tr> <tr> <th>Mg</th> <th>K</th> <th>K</th> <th>Sum Bases</th> <th>NTot</th> <th>Cl</th> <th>Arena</th> <th>Limo</th> <th>Arcilla</th> <th></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>7.45</td> <td>9.35</td> <td>79.00</td> <td>13.60</td> <td></td> <td></td> <td>45.20</td> <td>47.20</td> <td>7.60</td> <td>FRANCO</td> </tr> </tbody> </table>	Ca	Mg	Ca+Mg (meq/100ml)	%	ppm	(%)	Clase Textural		Mg	K	K	Sum Bases	NTot	Cl	Arena	Limo	Arcilla		7.45	9.35	79.00	13.60			45.20	47.20	7.60	FRANCO
Nutriente	Valor	Unidad	INTERPRETACION																																																																																																		
N	50.00	ppm																																																																																																			
P	9.21	ppm																																																																																																			
S		ppm																																																																																																			
K	0.17	meq/100 ml																																																																																																			
Ca	11.84	meq/100 ml																																																																																																			
Mg	1.59	meq/100 ml																																																																																																			
Zn		ppm																																																																																																			
Cu		ppm																																																																																																			
Fe		ppm																																																																																																			
Mn		ppm																																																																																																			
B		ppm																																																																																																			
pH	8.17																																																																																																				
Acidez Int. (Al+H)		meq/100 ml																																																																																																			
Al		meq/100 ml																																																																																																			
Na		meq/100 ml																																																																																																			
Ce	0.260	mS/cm																																																																																																			
MO	0.67	%																																																																																																			
Ca	Mg	Ca+Mg (meq/100ml)	%	ppm	(%)	Clase Textural																																																																																															
Mg	K	K	Sum Bases	NTot	Cl	Arena	Limo	Arcilla																																																																																													
7.45	9.35	79.00	13.60			45.20	47.20	7.60	FRANCO																																																																																												
Dr. Quim. Edison M. Miño M. Responsable Laboratorio																																																																																																					



Anexo 7. Análisis de la propiedades físicas y químicas del suelo Muestra 6, Profundidad 2.



LABONORT

LABORATORIOS NORTE

Juan Hernández y Jaime Roldós (Entrada Mercado Mayorista) Ibarra - Ecuador cel. 0999591050

REPORTE DE ANALISIS DE SUELOS										
DATOS DE PROPIETARIO					DATOS DE LA PROPIEDAD					
Nombre: GEOVANNY CHIZA					Provincia: Imbabura					
Ciudad: Ibarra					Cantón: Ibarra					
Teléfono: 0987383270					Parroquia: Caranqui					
Fax:					Sitio: Granja Experimental Yuyucocha					
DATOS DEL LOTE					DATOS DE LABORATORIO					
Sitio: Granja Experimental Yuyucocha					Nro Reporte.: 11418					
Superficie:					Tipo de Análisis: Elemental, MO,T,H					
Número de Campo: M7(7YuPro2)(30-60cm)					Muestra: Suelo M7(7YuPro2)					
Cultivo Actual:					Fecha de Ingreso: 2023-05-30					
A Cultivar:					Fecha de Reporte: 2023-06-07					
Nutriente	Valor	Unidad	INTERPRETACION							
N	43.75	ppm								
P	23.70	ppm								
S		ppm								
K	0.15	meq/100 ml								
Ca	13.10	meq/100 ml								
Mg	2.40	meq/100 ml								
Zn		ppm								
Cu		ppm								
Fe		ppm								
Mn		ppm								
B		ppm								
pH	8.26									
Acidez Int. (Al+H)		meq/100 ml								
Al		meq/100 ml								
Na		meq/100 ml								
Ce	0.310	mS/cm								
MO	1.18	%								
Ca	Mg	Ca+Mg (meq/100ml)	%	ppm	(%)					Clase Textural
Mg	K	K	Sum Bases	NTot	Cl	Arena	Limo	Arcilla		
5.46	16.00	103.33	15.65			45.20	44.00	10.80	FRANCO	
Dr. Quim. Edison M. Miño M. Responsable Laboratorio										



Anexo 8. Análisis de la propiedades físicas y químicas del suelo Muestra 7, Profundidad 2.



LABONORT

LABORATORIOS NORTE

Juan Hernández y Jaime Roldós (Entrada Mercado Mayorista) Ibarra - Ecuador cel. 0999591050


REPORTE DE ANALISIS DE SUELOS			
DATOS DE PROPIETARIO Nombre: GEOVANNY CHIZA Ciudad: Ibarra Teléfono: 0987383270 Fax:		DATOS DE LA PROPIEDAD Provincia: Imbabura Cantón: Ibarra Parroquia: Caranqui Sitio: Granja Experimental Yuyucocha	
DATOS DEL LOTE Sitio: Granja Experimental Yuyucocha Superficie: Número de Campo: M8(8YuPro2)(30-60cm) Cultivo Actual: A Cultivar:		DATOS DE LABORATORIO Nro Reporte.: 11419 Tipo de Análisis: Elemental, MO,T,H Muestra: SueloM8(8YuPro2) Fecha de Ingreso: 2023-05-30 Fecha de Reporte: 2023-06-07	
Nutriente	Valor	Unidad	INTERPRETACION
N	36.25	ppm	
P	10.76	ppm	
S		ppm	
K	0.17	meq/100 ml	
Ca	14.93	meq/100 ml	
Mg	2.65	meq/100 ml	
Zn		ppm	
Cu		ppm	
Fe		ppm	
Mn		ppm	
B		ppm	
pH	8.22		
Acidez Int. (Al+H)		meq/100 ml	
Al		meq/100 ml	
Na		meq/100 ml	
Ce	0.300	mS/cm	
MO	0.93	%	
Ca	Mg	Ca+Mg (meq/100ml)	%
Mg	K	K	Sum Bases
5.63	15.59	103.41	17.75
ppm	ppm	ppm	NTot
(%)	(%)	(%)	Clase Textural
Arena	Limo	Arcilla	
37.20	54.00	8.80	Franco limoso

Dr. Quim. Edison M. Miño M.
Responsable Laboratorio




Anexo 9. Análisis de la propiedades físicas y químicas del suelo Muestra 8, Profundidad 2.

Análisis de la propiedades físicas y químicas del suelo predio fábrica la Gardenia



LABONORT
LABORATORIOS NORTE
Juan Hernández y Jaime Roldós (Entrada Mercado Mayorista) Ibarra - Ecuador cel. 0999591050

REPORTE DE ANALISIS DE SUELOS			
DATOS DE PROPIETARIO		DATOS DE LA PROPIEDAD	
Nombre: GEOVANNY CHIZA		Provincia: Imbabura	
Ciudad: Atuntaqui		Cantón: Antonio Ante	
Teléfono: 0987383270		Parroquia: San Roque	
Fax:		Sitio: La Gardenia	
DATOS DEL LOTE		DATOS DE LABORATORIO	
Sitio: La Gardenia		Nro Reporte.: 11420	
Superficie:		Tipo de Análisis: Elemental, MO,T,H	
Número de Campo: M1(1GarPro1)(0- 30cm)		Muestra: SueloM1(1GarPro1)	
Cultivo Actual:		Fecha de Ingreso: 2023-05-30	
A Cultivar:		Fecha de Reporte: 2023-06-07	
Nutriente	Valor	Unidad	INTERPRETACION
N	53.75	ppm	
P	16.63	ppm	
S		ppm	
K	0.64	meq/100 ml	
Ca	11.78	meq/100 ml	
Mg	4.42	meq/100 ml	
			BAJO MEDIO ALTO
Zn		ppm	
Cu		ppm	
Fe		ppm	
Mn		ppm	
			BAJO MEDIO ALTO
B		ppm	
			BAJO MEDIO ALTO TOXICO
			0 Requiere Cal 5.5 6.5 7.0 7.5 8.0
pH	7.24		
			Acido Lig. Acido Pract. Neutro Lig. Alcalino Alcalino
Acidez Int. (Al+H)		meq/100 ml	
Al		meq/100 ml	
Na		meq/100 ml	
			BAJO MEDIO ALTO
Ce	0.310	mS/cm	
			No Salino Lig. Salino Salino Muy Salino
MO	2.18	%	
			BAJO MEDIO ALTO
Ca	Mg	Ca+Mg (meq/100ml)	%
Mg	K	K	Sum Bases
2.67	6.91	25.31	16.84
			NTot
			Cl
			PPM
			(%)
			Arena
			Limo
			Arcilla
			Clase Textural
			Franco Arenoso
Dr. Quim. Edison M. Miño M. Responsable Laboratorio			



Anexo 10. Análisis de la propiedades físicas y químicas del suelo Muestra 1, Profundidad 1.



LABONORT

LABORATORIOS NORTE

Juan Hernández y Jaime Roldós (Entrada Mercado Mayorista) Ibarra - Ecuador cel. 0999591050

REPORTE DE ANALISIS DE SUELOS										
DATOS DE PROPIETARIO					DATOS DE LA PROPIEDAD					
Nombre: GEOVANNY CHIZA					Provincia: Imbabura					
Ciudad: Atuntaqui					Cantón: Antonio Ante					
Teléfono: 0987383270					Parroquia: San Roque					
Fax:					Sitio: La Gardenia					
DATOS DEL LOTE					DATOS DE LABORATORIO					
Sitio: La Gardenia					Nro Reporte.: 11421					
Superficie:					Tipo de Análisis: Elemental, MO,T,H					
Número de Campo: M2(2GarPro1)(0-30cm)					Muestra: Suelo M2(2GarPro1)					
Cultivo Actual:					Fecha de Ingreso: 2023-05-30					
A Cultivar:					Fecha de Reporte: 2023-06-07					
Nutriente	Valor	Unidad	INTERPRETACION							
N	43.75	ppm								
P	11.63	ppm								
S		ppm								
K	0.65	meq/100 ml								
Ca	12.43	meq/100 ml								
Mg	3.46	meq/100 ml								
Zn		ppm								
Cu		ppm								
Fe		ppm								
Mn		ppm								
B		ppm								
pH	7.12									
Acidez Int. (Al+H)		meq/100 ml								
Al		meq/100 ml								
Na		meq/100 ml								
Ce	0.240	mS/cm								
MO	1.63	%								
Ca	Mg	Ca+Mg (meq/100ml)	%	ppm	(%)					Clase Textural
Mg	K	K	Sum Bases	NTot	Cl	Arena	Limo	Arcilla		
3.59	5.32	24.45	16.54			57.20	32.00	10.80		Franco Arenoso
Dr. Quím. Edison M. Miño M. Responsable Laboratorio										



Anexo 11. Análisis de la propiedades físicas y químicas del suelo Muestra 2, Profundidad 1.



LABONORT

LABORATORIOS NORTE

Juan Hernández y Jaime Roldós (Entrada Mercado Mayorista) Ibarra - Ecuador cel. 0999591050

REPORTE DE ANALISIS DE SUELOS										
DATOS DE PROPIETARIO					DATOS DE LA PROPIEDAD					
Nombre: GEOVANNY CHIZA					Provincia: Imbabura					
Ciudad: Atuntaqui					Cantón: Antonio Ante					
Teléfono: 0987383270					Parroquia: San Roque					
Fax:					Sitio: La Gardenia					
DATOS DEL LOTE					DATOS DE LABORATORIO					
Sitio: La Gardenia					Nro Reporte.: 11422					
Superficie:					Tipo de Análisis: Elemental, MO,T,H					
Número de Campo: M3(3GarPro1)(0-30cm)					Muestra: Suelo M3(3GarPro1)					
Cultivo Actual:					Fecha de Ingreso: 2023-05-30					
A Cultivar:					Fecha de Reporte: 2023-06-07					
Nutriente	Valor	Unidad	INTERPRETACION							
N	57.50	ppm								
P	16.97	ppm								
S		ppm								
K	0.62	meq/100 ml								
Ca	12.36	meq/100 ml								
Mg	2.82	meq/100 ml								
Zn		ppm								
Cu		ppm								
Fe		ppm								
Mn		ppm								
B		ppm								
pH	7.12									
Acidez Int. (Al+H)		meq/100 ml								
Al		meq/100 ml								
Na		meq/100 ml								
Ce	0.250	mS/cm								
MO	1.93	%								
Ca	Mg	Ca+Mg (meq/100ml)	%	ppm	(%)					Clase Textural
Mg	K	K	Sum Bases	NTot	Cl	Arena	Limo	Arcilla		
4.38	4.55	24.48	15.80			57.20	34.00	8.80	Franco Arenoso	
Dr. Quim. Edison M. Miño M.										
Responsable Laboratorio										



Anexo 12. Análisis de la propiedades físicas y químicas del suelo Muestra 3, Profundidad 1.



LABONORT

LABORATORIOS NORTE

Juan Hernández y Jaime Roldós (Entrada Mercado Mayorista) Ibarra - Ecuador cel. 0999591050

REPORTE DE ANALISIS DE SUELOS									
DATOS DE PROPIETARIO					DATOS DE LA PROPIEDAD				
Nombre: GEOVANNY CHIZA					Provincia: Imbabura				
Ciudad: Atuntaqui					Cantón: Antonio Ante				
Teléfono: 0987383270					Parroquia: San Roque				
Fax:					Sitio: La Gardenia				
DATOS DEL LOTE					DATOS DE LABORATORIO				
Sitio: La Gardenia					Nro Reporte.: 11423				
Superficie:					Tipo de Análisis: Elemental, MO,T,H				
Número de Campo: M4(4GarPro1)(0-30cm)					Muestra: Suelo M4(4GarPro1)				
Cultivo Actual:					Fecha de Ingreso: 2023-05-30				
A Cultivar:					Fecha de Reporte: 2023-06-07				
Nutriente	Valor	Unidad	INTERPRETACION						
N	50.00	ppm							
P	21.63	ppm							
S		ppm							
K	0.88	meq/100 ml							
Ca	11.94	meq/100 ml							
Mg	3.01	meq/100 ml							
Zn		ppm							
Cu		ppm							
Fe		ppm							
Mn		ppm							
B		ppm							
pH	7.48								
Acidez Int. (Al+H)		meq/100 ml							
Al		meq/100 ml							
Na		meq/100 ml							
Ce	0.250	mS/cm							
MO	2.85	%							
Ca	Mg	Ca+Mg	(meq/100ml)	%	ppm	(%)			Clase Textural
Mg	K	K	Sum Bases	NTot	Cl	Arena	Limo	Arcilla	
3.97	3.42	16.99	15.83			55.20	36.00	8.80	Franco Arenoso
Dr. Quim. Edison M. Miño M.									
Responsable Laboratorio									



Anexo 13. Análisis de la propiedades físicas y químicas del suelo Muestra 4, Profundidad 1.



LABONORT

LABORATORIOS NORTE

Juan Hernández y Jaime Roldós (Entrada Mercado Mayorista) Ibarra - Ecuador cel. 0999591050

REPORTE DE ANALISIS DE SUELOS										
DATOS DE PROPIETARIO Nombre: GEOVANNY CHIZA Ciudad: Atuntaqui Teléfono: 0987383270 Fax:					DATOS DE LA PROPIEDAD Provincia: Imbabura Cantón: Antonio Ante Parroquia: San Roque Sitio: La Gardenia					
DATOS DEL LOTE Sitio: La Gardenia Superficie: Número de Campo: M5(5GarPro2)(30-60cm) Cultivo Actual: A Cultivar:					DATOS DE LABORATORIO Nro Reporte.: 11424 Tipo de Análisis: Elemental, MO,T,H Muestra: SueloM5(5GarPro2) Fecha de Ingreso: 2023-05-30 Fecha de Reporte: 2023-06-07					
Nutriente	Valor	Unidad	INTERPRETACION							
N	22.50	ppm								
P	7.66	ppm								
S		ppm								
K	0.63	meq/100 ml								
Ca	8.48	meq/100 ml								
Mg	2.61	meq/100 ml								
Zn		ppm								
Cu		ppm								
Fe		ppm								
Mn		ppm								
B		ppm								
pH	7.52									
Acidez Int. (Al+H)		meq/100 ml								
Al		meq/100 ml								
Na		meq/100 ml								
Ce	0.220	mS/cm								
MO	0.67	%								
Ca	Mg	Ca+Mg	(meq/100ml)	%	ppm	(%)				Clase Textural
Mg	K	K	Sum Bases	NTot	Cl	Arena	Limo	Arcilla		Franco Arenoso
3.25	4.14	17.60	11.72			61.60	29.60	8.80		
Dr. Quim. Edison M. Miño M. Responsable Laboratorio										



Anexo 14. Análisis de la propiedades físicas y químicas del suelo Muestra 5, Profundidad 2.



LABONORTE

LABORATORIOS NORTE

Juan Hernández y Jaime Roldós (Entrada Mercado Mayorista) Ibarra - Ecuador cel. 0999591050

REPORTE DE ANALISIS DE SUELOS									
DATOS DE PROPIETARIO Nombre: GEOVANNY CHIZA Ciudad: Atuntaqui Teléfono: 0987383270 Fax:					DATOS DE LA PROPIEDAD Provincia: Imbabura Cantón: Antonio Ante Parroquia: San Roque Sitio: La Gardenia				
DATOS DEL LOTE Sitio: La Gardenia Superficie: Número de Campo: M6(6GarPro2)(30-60cm) Cultivo Actual: A Cultivar:					DATOS DE LABORATORIO Nro Reporte.: 11425 Tipo de Análisis: Elemental, MO,T,H Muestra: Suelo M6(6GarPro2) Fecha de Ingreso: 2023-05-30 Fecha de Reporte: 2023-06-07				
Nutriente	Valor	Unidad	INTERPRETACION						
N	28.75	ppm							
P	6.97	ppm							
S		ppm							
K	0.47	meq/100 ml							
Ca	10.41	meq/100 ml							
Mg	2.65	meq/100 ml							
Zn		ppm							
Cu		ppm							
Fe		ppm							
Mn		ppm							
B		ppm							
pH	7.25								
Acidez Int. (Al+H)		meq/100 ml							
Al		meq/100 ml							
Na		meq/100 ml							
Ce	0.230	mS/cm							
MO	0.79	%							
Ca	Mg	Ca+Mg	(meq/100ml)	%	ppm	(%)			
Mg	K	K	Sum Bases	NTot	Cl	Arena	Limo	Arcilla	Clase Textural
3.93	5.64	27.79	13.53			55.60	33.60	10.80	Franco Arenoso
Dr. Quím. Edison M. Miño M. Responsable Laboratorio									



Anexo 15. Análisis de la propiedades físicas y químicas del suelo Muestra 6, Profundidad 2.



LABONORT

LABORATORIOS NORTE

Juan Hernández y Jaime Roldós (Entrada Mercado Mayorista) Ibarra - Ecuador cel. 0999591050

REPORTE DE ANALISIS DE SUELOS										
DATOS DE PROPIETARIO Nombre: GEOVANNY CHIZA Ciudad: Atuntaqui Teléfono: 0987383270 Fax:					DATOS DE LA PROPIEDAD Provincia: Imbabura Cantón: Antonio Ante Parroquia: San Roque Sitio: La Gardenia					
DATOS DEL LOTE Sitio: La Gardenia Superficie: Número de Campo: M7(7Garpro2)(30-60cm) Cultivo Actual: A Cultivar:					DATOS DE LABORATORIO Nro Reporte.: 11426 Tipo de Análisis: Elemental, MO,T,H Muestra: Suelo M7(7GarPro2) Fecha de Ingreso: 2023-05-30 Fecha de Reporte: 2023-06-07					
Nutriente	Valor	Unidad	INTERPRETACION							
N	27.50	ppm								
P	8.87	ppm								
S		ppm								
K	0.67	meq/100 ml								
Ca	10.23	meq/100 ml								
Mg	2.41	meq/100 ml								
Zn		ppm								
Cu		ppm								
Fe		ppm								
Mn		ppm								
B		ppm								
pH	7.05									
Acidez Int. (Al+H)		meq/100 ml								
Al		meq/100 ml								
Na		meq/100 ml								
Ce	0.230	mS/cm								
MO	0.66	%								
Ca	Mg	Ca+Mg (meq/100ml)	%	ppm	(%)					Clase Textural
Mg	K	K	Sum Bases	NTot	Cl	Arena	Limo	Arcilla		
4.24	3.60	18.87	13.31			65.60	27.60	6.80	Franco Arenoso	
Dr. Quim. Edison M. Miño M. Responsable Laboratorio										



Anexo 16. Análisis de la propiedades físicas y químicas del suelo Muestra 7, Profundidad 2.



LABORIOS NORTE

LABORATORIOS NORTE

Juan Hernández y Jaime Roldós (Entrada Mercado Mayorista) Ibarra - Ecuador cel. 0999591050

REPORTE DE ANALISIS DE SUELOS																																																							
DATOS DE PROPIETARIO Nombre: GEOVANNY CHIZA Ciudad: Atuntaqui Teléfono: 0987383270 Fax:	DATOS DE LA PROPIEDAD Provincia: Imbabura Cantón: Antonio Ante Parroquia: San Roque Sitio: La Gardenia																																																						
DATOS DEL LOTE Sitio: La Gardenia Superficie: Número de Campo: M8(8GarPro2)(30-60cm) Cultivo Actual: A Cultivar:	DATOS DE LABORATORIO Nro Reporte.: 11427 Tipo de Análisis: Elemental, MO,T,H Muestra: Suelo M8(8GarPro2) Fecha de Ingreso: 2023-05-30 Fecha de Reporte: 2023-06-07																																																						
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Nutriente</th> <th>Valor</th> <th>Unidad</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>N</td> <td>29.15</td> <td>ppm</td> </tr> <tr> <td>P</td> <td>11.97</td> <td>ppm</td> </tr> <tr> <td>S</td> <td></td> <td>ppm</td> </tr> <tr> <td>K</td> <td>0.81</td> <td>meq/100 ml</td> </tr> <tr> <td>Ca</td> <td>11.45</td> <td>meq/100 ml</td> </tr> <tr> <td>Mg</td> <td>2.65</td> <td>meq/100 ml</td> </tr> <tr> <td>Zn</td> <td></td> <td>ppm</td> </tr> <tr> <td>Cu</td> <td></td> <td>ppm</td> </tr> <tr> <td>Fe</td> <td></td> <td>ppm</td> </tr> <tr> <td>Mn</td> <td></td> <td>ppm</td> </tr> <tr> <td>B</td> <td></td> <td>ppm</td> </tr> <tr> <td>pH</td> <td>7.48</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Acidez Int. (Al+H)</td> <td></td> <td>meq/100 ml</td> </tr> <tr> <td>Al</td> <td></td> <td>meq/100 ml</td> </tr> <tr> <td>Na</td> <td></td> <td>meq/100 ml</td> </tr> <tr> <td>Ce</td> <td>0.210</td> <td>mS/cm</td> </tr> <tr> <td>MO</td> <td>0.89</td> <td>%</td> </tr> </tbody> </table>	Nutriente	Valor	Unidad	N	29.15	ppm	P	11.97	ppm	S		ppm	K	0.81	meq/100 ml	Ca	11.45	meq/100 ml	Mg	2.65	meq/100 ml	Zn		ppm	Cu		ppm	Fe		ppm	Mn		ppm	B		ppm	pH	7.48		Acidez Int. (Al+H)		meq/100 ml	Al		meq/100 ml	Na		meq/100 ml	Ce	0.210	mS/cm	MO	0.89	%	INTERPRETACION
Nutriente	Valor	Unidad																																																					
N	29.15	ppm																																																					
P	11.97	ppm																																																					
S		ppm																																																					
K	0.81	meq/100 ml																																																					
Ca	11.45	meq/100 ml																																																					
Mg	2.65	meq/100 ml																																																					
Zn		ppm																																																					
Cu		ppm																																																					
Fe		ppm																																																					
Mn		ppm																																																					
B		ppm																																																					
pH	7.48																																																						
Acidez Int. (Al+H)		meq/100 ml																																																					
Al		meq/100 ml																																																					
Na		meq/100 ml																																																					
Ce	0.210	mS/cm																																																					
MO	0.89	%																																																					
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Ca</th> <th>Mg</th> <th>Ca+Mg (meq/100ml)</th> <th>%</th> <th>ppm</th> <th colspan="3">Clase Textural</th> </tr> <tr> <th>Mg</th> <th>K</th> <th>K</th> <th>Sum Bases</th> <th>NTot</th> <th>Cl</th> <th>Arena</th> <th>Limo</th> <th>Arcilla</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>4.32</td> <td>3.27</td> <td>17.41</td> <td>14.91</td> <td></td> <td></td> <td>59.60</td> <td>31.60</td> <td>8.80</td> <td>Franco Arenoso</td> </tr> </tbody> </table>	Ca	Mg	Ca+Mg (meq/100ml)	%	ppm	Clase Textural			Mg	K	K	Sum Bases	NTot	Cl	Arena	Limo	Arcilla	4.32	3.27	17.41	14.91			59.60	31.60	8.80	Franco Arenoso																												
Ca	Mg	Ca+Mg (meq/100ml)	%	ppm	Clase Textural																																																		
Mg	K	K	Sum Bases	NTot	Cl	Arena	Limo	Arcilla																																															
4.32	3.27	17.41	14.91			59.60	31.60	8.80	Franco Arenoso																																														
Dr. Quim. Edison M. Miño M. Responsable Laboratorio																																																							



Anexo 17. Análisis de la propiedades físicas y químicas del suelo Muestra 8, Profundidad 2.

Toma de muestras de suelo campus Yuyucocha y predio Fábrica la Gardenia



Anexo 18. Toma de muestra de suelo predio fábrica la Gardenia.



Anexo 19. Toma de muestras de suelo campus Yuyucocha.

Infiltrómetro



Anexo 20. Rellenado del anillo principal del infiltrómetro en el predio de la fábrica la Gardenia.



Anexo 21. Rellenado del anillo principal del infiltrómetro en el campus Yuyucocha.