



**unl** | Universidad  
Nacional  
de Loja

## **Universidad Nacional de Loja**

### **Facultad Agropecuaria y de Recursos Naturales Renovables**

#### **Carrera de Ingeniería Agrícola**

Caracterización de las propiedades físico-químicas del suelo y elaboración de un plan de fertilización para el cultivo de papa nativa, en el sector Simón Bolívar del Sistema de Riego Aguarongo – Zañe, Parroquia Chuquiribamba.

**Trabajo de Integración Curricular  
previa a la obtención del título de  
Ingeniero Agrícola**

#### **AUTOR:**

Gladys Esperanza Benitez Soto

#### **DIRECTOR:**

Ing. Miguel Ángel Villamagua Mg.Sc.

Loja – Ecuador

2024



unl

Universidad  
Nacional  
de Loja

Sistema de Información Académico  
Administrativo y Financiero - SIAAF

## CERTIFICADO DE CULMINACIÓN Y APROBACIÓN DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

Yo, **Villamagua Miguel Angel**, director del Trabajo de Integración Curricular denominado **Caracterización de las propiedades fisicoquímicas del suelo y elaboración de un plan de fertilización para el cultivo de papa nativa, en el sector Simón Bolívar del sistema de Riego Aguarongo-Zaña, parroquia Chuquiribamba**, perteneciente al estudiante **GLADYS ESPERANZA BENITEZ SOTO**, con cédula de identidad N° **1105167447**.

### Certifico:

Que luego de haber dirigido el **Trabajo de Integración Curricular**, habiendo realizado una revisión exhaustiva para prevenir y eliminar cualquier forma de plagio, garantizando la debida honestidad académica, se encuentra concluido, aprobado y está en condiciones para ser presentado ante las instancias correspondientes.

Es lo que puedo certificar en honor a la verdad, a fin de que, de así considerarlo pertinente, el/la señor/a docente de la asignatura de **Integración Curricular**, proceda al registro del mismo en el Sistema de Gestión Académico como parte de los requisitos de acreditación de la Unidad de Integración Curricular del mencionado estudiante.

Loja, 28 de Febrero de 2024



MIGUEL ANGEL  
VILLAMAGUA .

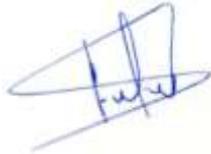
F)

DIRECTOR DE TRABAJO DE INTEGRACIÓN  
CURRICULAR

## **Autoría**

Yo, **Gladys Esperanza Benitez Soto**, declaro ser autora del presente Trabajo de Integración Curricular y eximo expresamente a la Universidad Nacional de Loja y a sus representantes jurídicos de posibles reclamos y acciones legales, por el contenido de la mismo. Adicionalmente acepto y autorizo a la Universidad Nacional de Loja la publicación de mi Trabajo de Integración Curricular en el Repositorio Digital Institucional – Biblioteca Virtual.

**Firma:**



**Cédula de identidad:** 1105167447

**Fecha:** 12 de junio del 2024

**Correo electrónico:** gladys.benitez@unl.edu.ec

**Teléfono o celular:** 0996320452

Carta de autorización por parte de la autora, para consulta, reproducción parcial o total, y publicación electrónica de texto completo, del Trabajo de Integración Curricular.

Yo, **Gladys Esperanza Benitez Soto**, declaro ser autora del Trabajo de Integración Curricular denominado: **Caracterización de las propiedades físico-químicas del suelo y elaboración de un plan de fertilización para el cultivo de papa nativa, en el sector Simón Bolívar del Sistema de Riego Aguarongo – Zañe, Parroquia Chuquiribamba**, como requisito para optar el título de **Ingeniera Agrícola** autorizo al sistema Bibliotecario de la Universidad Nacional de Loja para que con fines académicos muestre la producción intelectual de la Universidad, a través de la visibilidad de su contenido de la siguiente manera en el Repositorio Institucional. Los usuarios pueden consultar el contenido de este trabajo en el Repositorio Institucional, en las redes de información del país y del exterior con las cuales tenga convenio la Universidad. La Universidad Nacional de Loja, no se responsabiliza por el plagio o copia del Trabajo de Integración Curricular que realice un tercero.

Para constancia de esta autorización, en la ciudad de Loja, a los once días del mes de junio del año dos mil veinte y cuatro.

**Firma:**



**Autora:** Gladys Esperanza Benitez Soto

**Cédula:** 1105167447

**Dirección:** Loja

**Correo electrónico:** gladys.benitez@unl.edu.ec

**Celular:** 0996320452

**DATOS COMPLEMENTARIOS:**

Director del Trabajo de Integración Curricular: Ing. Miguel Ángel Villamagua, Mg.Sc.

## **Dedicatoria**

Mi Trabajo de Integración Curricular está dedicado en primera instancia a Dios y a la Virgen del Cisne por ser guía en cada paso que he dado y fortaleza para poder superar cada obstáculo que se presentó a lo largo de mi formación académica. A mis amados padres Amada Esperanza y Marcelo Francisco quienes fueron pilares fundamentales en este largo camino, quienes nunca dudaron y me apoyaron incondicionalmente en todo momento, inconstantemente trabajo para ver a su hija siendo la profesional que siempre anhelaban, de la misma forma deseo recompensar todo su esfuerzo y sacrificio que han hecho por mí.

Agradezco a mis hermanos Marcelo Antonio y Marisol Michelle, quienes de una u otra manera me han motivado y no han permitido mi desmayo en el transcurso del tiempo para lograr esta meta.

A mi amor chiquito Andrey Jair, quien ha sido mi motivación en mi vida y en mi camino académico; su presencia ha sido un recordatorio constante de la importancia de trabajar duro con el objetivo de lograr una meta más, espero que este trabajo sea ejemplo para él y finalmente dedicó a Byron Andrés y Fabián Celso por siempre motivarme cuando no podía más y darme ánimos para seguir adelante incluso en los momentos más duros, por siempre personas incondicionales y leal.

A mis amigos y familiares quienes formaron parte de este proceso universitario dándome su apoyo y amistad quedo eternamente agradecida.

*Gladys Esperanza Benitez Soto*

## **Agradecimiento**

Quiero expresar mi agradecimiento especial y sincero a mi director de Trabajo de Integración Curricular Mg. Sc. Miguel Ángel Villamagua por permitirme realizar este trabajo bajo su dirección, su ayuda y confianza brindada, han sido invaluable para mejorar la calidad de este proyecto “Generación de bioconocimiento, enfocado a la conservación y uso sostenible de la agrobiodiversidad de variedades nativas de papa (*Solanum spp*) con la aplicación de láminas de riego, enmiendas orgánicas y biofertilizantes en la Sierra Sur del Ecuador”.

De igual manera agradezco la contribución de la Ing. Fernanda Livisaca por sus enseñanzas y predisposición a cualquier hora y día sin importar si estuvo fuera de su carga horaria para realizar las actividades propuesta en esta investigación.

Quiero agradecer al Ing. Rubén Soto por su ayuda desinteresada durante el desarrollo de la presente investigación.

Agradecer a mi compañero y amigo Franklin Gómez por siempre apoyarme y motivarme a lo largo de nuestra formación académica.

*Gladys Esperanza Benitez Soto*

## Índice de contenidos

<b>Portada</b> .....	<b>i</b>
<b>Certificación</b> .....	<b>ii</b>
<b>Autoría</b> .....	<b>iii</b>
<b>Dedicatoria</b> .....	<b>v</b>
<b>Índice de contenidos</b> .....	<b>vii</b>
<b>Índice de tablas</b> .....	<b>x</b>
<b>Índice de figuras</b> .....	<b>xii</b>
<b>Índice de anexos</b> .....	<b>xiii</b>
<b>Agradecimiento</b> .....	<b>vi</b>
<b>1. Título</b> .....	<b>1</b>
<b>2. Resumen</b> .....	<b>2</b>
Abstract.....	3
<b>3. Introducción</b> .....	<b>4</b>
<b>4. Marco Teórico</b> .....	<b>6</b>
4.1. Suelo.....	6
4.2. Propiedades físicas.....	6
4.2.1. Textura.....	6
4.2.2. Estructura.....	7
4.2.3. Consistencia.....	8
4.2.4. Porosidad.....	8
4.2.5. Densidad aparente.....	9
4.2.6. Color.....	10
4.3. Contenido de agua en el suelo.....	10
4.4. Energía del agua en el suelo.....	11
4.5. Potencial del agua en el suelo .....	11
4.6. Curva de retención del suelo .....	12
4.7. Evaluación de las condiciones físicas del suelo .....	15
4.8. Infiltración.....	15
4.8.1. Capacidad de infiltración .....	16

4.9. Propiedades químicas.....	17
4.9.1. pH.....	17
4.9.2. Capacidad de intercambio catiónico.....	17
4.9.2.1. Arcillas de carga permanente. ....	18
4.9.2.2. Arcillas de carga variable. ....	18
4.9.3. Acidez intercambiable.....	19
4.9.4. Bases intercambiables .....	19
4.9.5. Saturación de bases .....	19
4.9.6. Relación de cationes .....	20
4.9.7. Materia orgánica .....	20
4.10.El cultivo de la papa.....	21
4.10.1. Producción del cultivo de papa .....	21
4.10.1.1. Producción a nivel mundial.....	21
4.10.1.2. Producción a nivel nacional .....	21
4.10.2. Fertilización de la papa .....	22
4.10.3. Nutrientes esenciales para el cultivo de la papa .....	22
4.10.4. Curva de absorción del cultivo de la papa .....	23
4.11. Encalado.....	24
4.11.1. Clasificación y características de cales agrícolas .....	25
4.12. Investigaciones relacionadas a las propiedades físicas, químicas y la fertilidad.....	25
<b>5. Metodología.....</b>	<b>27</b>
5.1. Diseño de la investigación .....	27
5.2. Descripción del área de estudio.....	27
5.3. Materiales y equipos .....	29
5.4. Metodología para el primer objetivo .....	29
5.5. Metodología para el segundo objetivo .....	31
<b>6. Resultados.....</b>	<b>32</b>
6.1. Caracterizar física y químicamente las propiedades de los suelos del sector Simón Bolívar del Sistema de Riego Aguarongo – Zañe.....	32

6.1.1. Suelo de la unidad San Vicente Módulo 1 (pendiente 0 – 8 %) .....	32
6.1.2. Suelo de la unidad Simón Bolívar Módulo 1 (pendiente 8 – 25 %).....	34
6.1.3. Suelo de la unidad Plazuela Módulo 1 (pendiente >25 %) .....	36
6.2. Plan de fertilización para el cultivo de la papa. ....	40
6.2.1. Suelo de la unidad San Vicente Módulo 1 pendiente (0 – 8 %).....	40
6.2.2. Suelo de la unidad Simón Bolívar Módulo 1 (pendiente 8 – 25 %).....	42
6.2.3.Suelo de la unidad Plazuela Módulo 1 (pendiente >25%) .....	44
<b>7. Discusión</b>	<b>46</b>
<b>8. Conclusiones</b> .....	<b>51</b>
<b>9. Recomendaciones</b> .....	<b>52</b>
<b>10. Bibliografía</b> .....	<b>53</b>
<b>11. Anexos</b> .....	<b>68</b>

## Índice de tablas

<b>Tabla 1.</b> Valores de pF, su equivalente en atm. ....	15
<b>Tabla 2.</b> Velocidad estabilizada de infiltración para diversos tipos de suelos.....	17
<b>Tabla 3.</b> Categorías de la infiltración básica.....	17
<b>Tabla 4.</b> Relación entre cationes intercambiables adecuados para la papa.....	20
<b>Tabla 5.</b> Interpretación del contenido de materia orgánica. ....	21
<b>Tabla 6.</b> Requerimiento de nutrimentos para la papa. ....	22
<b>Tabla 7.</b> Necesidad de cal agrícola para cambiar el pH de acuerdo a la textura. ....	25
<b>Tabla 8.</b> Características morfológicas de P1 San Vicente Módulo 1. ....	32
<b>Tabla 9</b> Resultados de los análisis físicos del sector San Vicente Módulo 1 (pendiente 0 - 8%) .....	33
<b>Tabla 10.</b> Retención de humedad en el rango de pF 0,0 a pF 4,20 de los dos primeros horizontes de los perfiles, en el sector Simón Bolívar del Sistema de riego Aguarongo - Zañe. ....	34
<b>Tabla 11.</b> Capacidad de aireación, agua aprovechable, volumen físicamente inerte y zona del diagrama triangular, de los dos primeros horizontes de los perfiles de sector Simón Bolívar.....	34
<b>Tabla 12.</b> Características morfológicas de P2 Simón Bolívar Módulo 1. ....	34
<b>Tabla 13.</b> Resultados de los análisis físicos del sector Simón Bolívar Módulo 1 (pendiente 8 – 25 %) 35	
<b>Tabla 14.</b> Características morfológicas P1 Plazuela Módulo 1. ....	36
<b>Tabla 15.</b> Resultados de los análisis físicos del sector Plazuela Módulo 1 (pendiente > 25%) .....	37
<b>Tabla 16.</b> Infiltración básica de los tres perfiles, en el sector Simón Bolívar del Sistema de Aguarongo - Zañe, Módulo 1.....	38
<b>Tabla 17.</b> Condiciones Químicas del sector Simón Bolívar Módulo 1. ....	39
<b>Tabla 18.</b> Fertilidad actual del sector Simón Bolívar Módulo 1.....	40
<b>Tabla 19.</b> CICE del suelo para el sector San Vicente (pendiente 0-8 %) Módulo 1. ....	41
<b>Tabla 20.</b> Enmiendas y relación de cationes para el suelo San Vicente (pendiente 0 -8%) Módulo1. .	41
<b>Tabla 21.</b> Fertilizantes recomendados para el cultivo de papa en el sector San Vicente (pendiente 0-8%) Módulo1. ....	41
<b>Tabla 22.</b> Fertilizantes de acuerdo a la etapa fenológica para el cultivo de la papa en el sector San Vicente (pendiente 0 – 8 %) Módulo 1.....	42

<b>Tabla 23.</b> CICE del suelo del sector Simón Bolívar (pendiente 8-25%) Módulo1. ....	42
<b>Tabla 24.</b> Enmiendas y relación de cationes para el suelo Simón Bolívar (pendiente 8-25 %) Módulo1. .....	43
<b>Tabla 25.</b> Fertilizantes recomendados para el cultivo de papa en el sector Simón Bolívar (pendiente 8-25 %) Módulo 1.....	43
<b>Tabla 26.</b> Fertilizantes de acuerdo a la etapa fenológica para el cultivo de la papa en el sector Simón Bolívar (pendiente 8-25 %) Módulo 1. ....	43
<b>Tabla 27.</b> CICE del suelo del sector Plazuela (pendiente >25%) Módulo 1.....	44
<b>Tabla 28.</b> Enmiendas y relación de cationes para el sector Plazuela (pendiente >25 %) Módulo1.....	44
<b>Tabla 29.</b> Fertilizantes recomendados para el cultivo de papa en el sector Plazuela (pendiente >25 %) Módulo 1. ....	45
<b>Tabla 30.</b> Fertilizantes de acuerdo a la etapa fenológica para el cultivo de la papa en el sector Plazuela (pendiente>25%) Módulo1. ....	45

## Indice de Figuras

<b>Figura 1.</b> Triángulo textural de los suelos .....	7
<b>Figura 2.</b> Efecto de la humedad del suelo en su consistencia .....	8
<b>Figura 3.</b> Perfil del suelo y sus diferentes horizontes .....	10
<b>Figura 4.</b> Fuerzas de absorción y capilaridad de moléculas de agua .....	12
<b>Figura 5.</b> Curva de contenido de humedad.....	13
<b>Figura 6.</b> Comportamiento de la CIC en diferentes texturas del suelo .....	19
<b>Figura 7.</b> Curva de absorción de la papa .....	23
<b>Figura 8.</b> Ubicación geográfica de la zona de estudio .....	28
<b>Figura 9.</b> Perfil 1 sector San Vicente (pendiente 0-8%)Módulo 1.....	33
<b>Figura 10.</b> Perfil 2 sector Simón Bolívar (pendiente 8-25%)Módulo 1 .....	35
<b>Figura 11.</b> Perfil 3 sector Plazuela (pendiente >25%) Módulo 1.....	37
<b>Figura 12.</b> Regresión lineal de la velocidad de infiltración básica de los perfiles, para diferentes usos del suelo y rangos de pendiente del terreno en el sector Simón Bolívar del Sistema de Riego Aguarongo – Zañe.....	39

## Indice de Anexos

<b>Anexo 1.</b> Diagrama triangular para evaluación de las condiciones físicas del suelo. ....	68
<b>Anexo 2.</b> Levantamiento topográfico y replanteo. ....	69
<b>Anexo 3.</b> Diseño de la distribución de las parcelas del sector Simón Bolívar. ....	70
<b>Anexo 4.</b> Descripción de los perfiles del suelo de la zona de estudio. ....	73
<b>Anexo 5.</b> Mapa de pendientes de la zona de estudio. ....	73
<b>Anexo 6.</b> Análisis del material parental en la zona de estudio. ....	74
<b>Anexo 7.</b> Mapa Geológico de Chuquiribamba. ....	75
<b>Anexo 8.</b> Pruebas de infiltración. ....	76
<b>Anexo 9.</b> Toma de muestras para enviar a laboratorio. ....	76
<b>Anexo 10.</b> Resultados de los análisis químicos del suelo. ....	78
<b>Anexo 11.</b> Ficha de descripción de los perfiles de suelos del sector Simón Bolívar en los predios seleccionados en función a la pendiente del terreno. ....	79
<b>Anexo 12.</b> Curvas de retención de humedad del primer horizonte de los nueve perfiles, del sector Simón Bolívar del Sistema Riego Aguarongo – Zañe. ....	95
<b>Anexo 13.</b> Curvas de retención de humedad del segundo horizonte de los nueve perfiles del sector Simón Bolívar del Sistema de Riego Aguarongo – Zañe. ....	95
<b>Anexo 14.</b> Descripción de las condiciones físicas del sector Simón Bolívar. ....	96
<b>Anexo 15.</b> Infiltración básica de los nueve perfiles, en el Sector Simón Bolívar del Sistema de Aguarongo. ....	104
<b>Anexo 16.</b> Tríptico divulgativo entregado a los asistentes en el día de campo. ....	104
<b>Anexo 17.</b> Aplicación y Difusión de los resultados. ....	107
<b>Anexo 18.</b> Certificado del resumen. ....	108

## **1. Título**

Caracterización de las propiedades físico-químicas del suelo y elaboración de un plan de fertilización para el cultivo de papa nativa, en el sector Simón Bolívar del Sistema de Riego Aguarongo – Zañe, Parroquia Chuquiribamba.

## 2. Resumen

El estudio se realizó en el sector Simón Bolívar perteneciente al sistema de riego Aguarongo-Zañe, ubicado en la parroquia de Chuquiribamba. Entre los principales usos del suelo se encuentra el cultivo de maíz blanco (32,64 %), pasto (34,52 %), cebolla de hoja (18,25 %), hortalizas (6,70 %) y papa (2,88 %). Los bajos niveles de producción de la papa (2,96 t/ha) se asocian a la baja capacidad de aireación (5,25 %) efecto del sobrepastoreo, textura franco arcillosa, alto contenido de aluminio (4,41 meq/100 ml), suelos ácidos (pH =4,5), bajo contenido de nutrientes (N, P, K, B y Zn).

El objetivo principal de la investigación es contribuir al incremento del rendimiento de la papa nativa a través de la caracterización físico-química y elaboración de un plan de fertilización. En el desarrollo del estudio se tomó muestras inalteradas de suelo por duplicado con ayuda de los cilindros Koppecky de 100 cm<sup>3</sup> para determinar densidad aparente, CC (pF=2 y 2,52), PMP (pF=4,2), saturación (pF=0), a través del diagrama triangular se evaluaron físicas del suelo. En la caracterización química se tomó muestras disturbadas a 25 cm de profundidad en la zona de estudio.

Los resultados indican que las condiciones físicas del suelo se ubican en el rango de pobre a medio, en las pendientes de 0 – 8% y >25% y de medio a bueno en el 8 – 25%. En el segundo horizonte las condiciones físicas van de pobre, medio y bueno en las pendientes de 0 – 8%, 8 a 25% y >25% respectivamente. Las características químicas de los suelos en la pendiente de 0 – 8% posee un pH medianamente ácido, CIC media, MO baja, saturación de bases baja; en las pendientes de 8 – 25% y >25% el pH es muy ácido, CIC media a baja, MO va en un rango de alto a medio, el porcentaje de saturación de bases es baja.

Se elaboró un plan de fertilización con enmiendas de (CaO 36%, MgO 10% y SO<sub>4</sub> 26%) con dosis de 1603 a 3354 kg/ ha<sup>-1</sup>, y nutrientes N:126 a 152 kg ha<sup>-1</sup>, P: 65 a 79 kg ha<sup>-1</sup>, K: 244 a 247 kg ha<sup>-1</sup>, Ca: 20 kg ha<sup>-1</sup>, Mg:41 kg ha<sup>-1</sup> y S 24 a 37 kg ha<sup>-1</sup> de las tres unidades de suelo.

**Palabras claves:** características físicas-químicas, calicatas, curva de absorción, papa nativa, plan de fertilización.

## **Abstract**

The study was carried out at Simón Bolívar sector of the Aguarongo-Zañe irrigation system, located in the parish of Chuquiribamba. The main land uses include the cultivation of white corn (32.64%), pasture (34.52%), leaf onion (18.25%), vegetables (6.70%) and potato (2.88%). The low levels of potato production (2.96 t/ha) are associated with low aeration capacity (5.25%) due to overgrazing, clay loam texture, high aluminum content (4.41 meq/100 ml), acid soils (pH =4.5), low nutrient content (N, P, K, B and Zn).

The main objective of the research is to contribute to the increase of native potato yield through the physicochemical characterization and elaboration of a fertilization plan. During the study, unaltered soil samples were taken in duplicate using 100 cm<sup>3</sup> Koppecky cylinders to determine bulk density, CC (pF=2 and 2.52), PMP (pF=4.2), saturation (pF=0), and soil physics were evaluated using the triangular diagram. For the chemical characterization, disturbed samples were taken at a depth of 25 cm in the study area.

The results indicate that the physical condition of the soil is in the poor to medium range for slopes 0 - 8% and >25% and medium to good for slopes 8 - 25%. In the second horizon, physical conditions range from poor, medium and good on slopes of 0-8%, 8-25% and >25%, respectively. The chemical characteristics of the soils on the 0 - 8% slope have a medium acid pH, medium CEC, low OM, low base saturation; on the 8 - 25% and >25% slopes the pH is very acid, medium to low CEC, OM ranges from high to medium, the percentage of base saturation is low.

A fertilization plan was elaborated with amendments of (CaO 36%, MgO 10% and SO<sub>4</sub> 26%) with doses from 1603 to 3354 kg/ ha<sup>-1</sup>, and nutrients N:126 to 152 kg ha<sup>-1</sup>, P: 65 to 79 kg ha<sup>-1</sup>, K: 244 to 247 kg ha<sup>-1</sup>, Ca: 20 kg ha<sup>-1</sup>, Mg:41 kg ha<sup>-1</sup> and S 24 to 37 kg ha<sup>-1</sup> from the three soil units.

**Key words:** physical-chemical characteristics, calicatas, absorption curve, native potato, fertilization plan.

### 3. Introducción

El estudio de las propiedades físicas y químicas del suelo es importante determinar la fertilidad física, que es la capacidad que tiene el suelo para administrar nutrientes y agua a las plantas en ausencia de inhibidores o elementos tóxicos, que influyen en la aireación, retención de agua y penetración de las raíces; y su fertilidad química que se relaciona con la capacidad de proporcionar nutrientes en formas disponibles para las plantas (García, 1988).

Villafuerte (2008) manifiesta que el cultivo de la papa crece mejor en suelos profundos con buen drenaje, de preferencia franco y franco arenosos, fértiles y ricos en materia orgánica, el pH ideal del suelo para el cultivo de la papa esta entre 5,5 a 6,5.

La papa (*Solanum tuberosum*) ha sido un cultivo de importancia no solo para el Ecuador, sino a nivel mundial, es uno de los alimentos más producidos, se ubica en el cuarto lugar después del trigo, maíz y arroz. La misma cumple un rol importante en los rubros de los sistemas de producción de la serranía ecuatoriana, porque constituye en una fuente importante de alimentación e ingresos para la familia campesina. Aproximadamente 1,4 mil millones de personas consumen papa y la producción total del cultivo sobrepasa los 300 millones de toneladas (Centro Internacional de la papa (CIP), 2015).

En Ecuador, el cultivo de la papa tiene un rendimiento promedio nacional de 12,8 t ha<sup>-1</sup> en el año 2021 en la región sierra, siendo las provincias más destacadas Carchi, Chimborazo y Tungurahua con mayor superficie cosechada la cual representa el 66,33 % del total de la superficie y en producción la provincia de Carchi es la de mayor participación con un 41,27 % (Cuesta et al., 2022). En la provincia de Loja el rendimiento oscila entre las 2,96 t ha<sup>-1</sup> según cifras de (SIPA, 2023). Definitivamente, Loja representa los rendimientos más bajos a nivel nacional.

El sistema de Riego Aguarongo -Zañe perteneciente a la parroquia Chuquiribamba, Pauta, (2019) manifiesta que los cultivos más representativos son: pastos con un 34,52 % (27,74 ha); maíz con 32,64 % (26,23 ha); una gran parte de hortalizas y verduras 18, 25 % (14,67 ha) entre las cuales la papa representa 2,88% (2,31 ha) del uso de suelo para la producción agrícola.

Los suelos del sector Simón Bolívar se caracterizan por el bajo rendimiento de la producción agrícola, en los predios se debe a varios factores como: los suelos presentan una escasa capacidad de aireación (5,25 %), por la compactación del suelo causada por el sobrepastoreo del ganado, con un aumento de la densidad aparente y resistencia mecánica a la penetración de las raíces, y una disminución en la macroporosidad del suelo.

Kwenda et al. (2016) manifiesta que la producción puede limitarse por factores bióticos como abióticos. Cabe destacar que, entre sus factores limitantes está la acidez de los suelos (Herrera & Scott, 1993). De hecho, aproximadamente un 40% de tierras dedicadas a la agricultura mundialmente, tienen un pH menor a 5,5 de acuerdo a Đalović et al. (2012). Mientras que en Ecuador la acidez representa el 23,9% del total de suelos (Espinosa et al., 2022).

Además, la aplicación de un exceso de agua de riego, afecta negativamente al desarrollo adecuado de los cultivos, provocando lixiviación de los nutrientes en los suelos, generando una degradación del suelo afectando directamente en la disminución de la fertilidad, y la erosión de los suelos lo que va a provocar la pérdida de la capa fértil.

La información que se genere con el presente estudio, servirá para planificar la lámina, tiempo y frecuencia de riego; permitiendo con ello un manejo racional de los recursos naturales renovables, además permitirá realizar la aplicación de enmiendas para la corrección de la acidez y elaborar un plan de fertilización de acuerdo a los predios seleccionados. Contribuyendo con información técnica para que los usuarios lo puedan adoptar para mejorar la producción, consecuentemente los ingresos económicos. Además, estos resultados pueden ser utilizados en otras zonas ecológicas y socioeconómicas similares de la provincia de Loja, para lo cual se pretende dar respuesta a la siguiente interrogante ¿Cuáles son las características físicas y químicas del suelo para el cultivo de la papa nativa en el sector Simón Bolívar de la parroquia Chuquiribamba? Para dar respuesta a esta problemática se plantearon los siguientes objetivos:

#### **Objetivo general**

Contribuir al incremento del rendimiento de la papa nativa a través de la caracterización y elaboración de un plan de fertilización del sector Simón Bolívar del Sistema de riego Aguarongo – Zañe.

#### **Objetivos específicos**

Caracterizar física y químicamente las propiedades de los suelos del sector Simón Bolívar del Sistema de riego Aguarongo – Zañe.

Elaborar un plan de fertilización para el cultivo de papa nativa en el sector Simón Bolívar.

## **4. Marco Teórico**

### **4.1. Suelo**

El suelo es la capa superficial de la tierra, constituye como medio para que las plantas puedan crecer. Es capaz de aportar nutrientes fundamentales para el crecimiento de los vegetales y almacenar agua de lluvias cediéndolas a las plantas a medida que la necesitan (INIA, 2015). Además de ser un sistema dinámico y en constante evolución, constituido por tres fases sólidos, líquidos y gases (Castelar, 2008).

Un suelo ideal contiene minerales (45 %) derivados de la roca (arenas, limos y arcillas), líquido (50 %) y materia orgánica (5 %), la misma resulta de la descomposición de restos vegetales, animales y microbiano (Arias et al., 2018, p. 3).

Desde el punto de vista agrícola, el suelo es la capa de material fértil que recubre la superficie de la Tierra y que es explotada por las raíces de las plantas y a partir de la cual obtienen sostén, nutrientes y agua (García, 1988). El suelo se distingue por sus propiedades físicas, químicas y biológicas, teniendo en cuenta que cada una de ellas tiene una función dentro del desarrollo de las plantas.

### **4.2. Propiedades físicas**

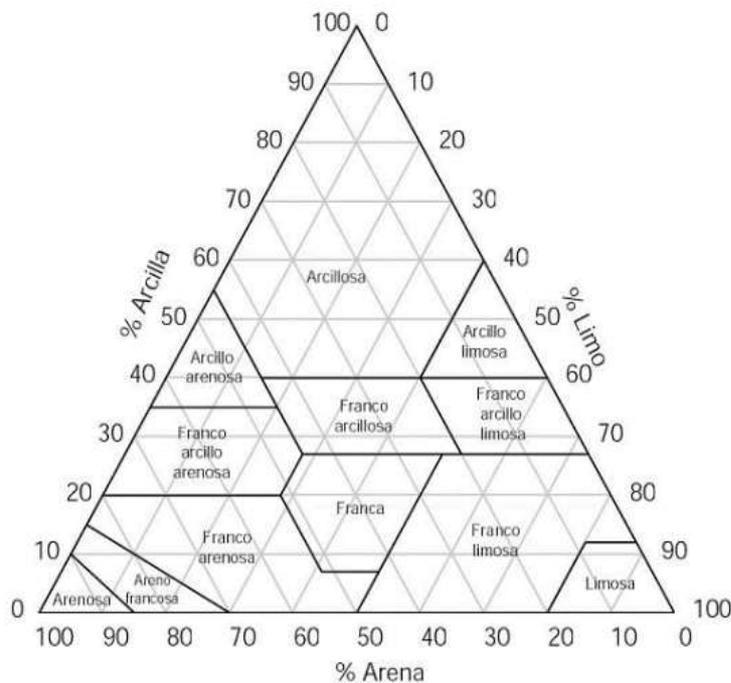
Las propiedades físicas determinan la rigidez, fuerza de sostenimiento, facilidad para la penetración de raíces, aireación, capacidad de drenaje, retención de nutrientes y almacenamiento de agua, que influyen en el crecimiento de las plantas (Rucks et al., 2004).

Así mismo Luna (2006) menciona que un suelo con buenas características físicas debe contener suficientes espacios poroso entre las partículas minerales, orgánicas y entre los agregados del suelo, con el fin de garantizar el adecuado suministro de agua, aire y nutrientes a las raíces de las plantas. A continuación, se describen las propiedades físicas más importantes del suelo:

#### **4.2.1. Textura**

Se refiere al tamaño de las partículas que lo componen y la proporción de cada uno de ellos en el suelo, representado por la cantidad de arena, limo y arcilla (López & Sánchez, 2018). Los suelos de textura arcillosa tienen un gran número de microporos, mientras los de textura arenosa predominan los microporos.

Cadena (2016) menciona que las partículas de arena tienen diámetros entre 2 – 0.02 mm, limo 0.02 – 0.002 mm y las arcillas son menores de 0.002 mm de acuerdo a la clasificación del Sistema Internacional. Un suelo con mayor cantidad de arenas es un suelo de textura gruesa, tiene poca capacidad de retención de agua y nutrientes para las plantas, así como una elevada lixiviación y volatilización de nitrógeno; mientras que un suelo de textura fina presenta alta capacidad de retención de agua y nutrientes, sin embargo, es susceptible a la compactación por la labranza(López & Estrada, 2015). La determinación de la textura se hace a través del triángulo textural o clasificación de Atterberg.



**Figura 1.** Triángulo textural de los suelos.

#### 4.2.2. Estructura

Se refiere a la forma en que se agrupan las partículas arena, limo y arcilla se asocian para formar agregados, en la estructura se considera tres aspectos; **forma** (granular, laminar, bloques y prisma) ;**tamaño** (muy fino, fino, medio, grueso y muy grueso) y **grado es la intensidad de agregación de las partículas** (sin estructura, débil, moderada y fuerte) (Rodríguez & Lotero, 1968). Es por ello que una mezcla de suelo bien estructurado contiene en volumen aproximadamente 50 por ciento de material sólido y 25 por ciento de aire y agua respectivamente.

De acuerdo a Calvache (2013) se determinó que realizar actividades agrícolas en exceso, especialmente en condiciones húmedas, tiene como consecuencia una disminución en la cantidad de materia orgánica presente en el suelo. Además, factores como el impacto de las

gotas de lluvia, la compactación causada por maquinaria y el pastoreo también contribuyen al deterioro de la estructura del suelo. Estos procesos conducen a una reducción en la aireación del suelo y dificultan la infiltración y percolación del agua en el mismo

### 4.2.3. Consistencia

Es la característica física que gobierna las fuerzas de cohesión – adhesión, las mismas que son responsables de la resistencia del suelo a ser roto o deformado, dichas fuerzas dependen del contenido de humedad, por tal razón la consistencia se debe expresar en términos de seco, húmedo y mojado (Vargas, 2012). Las fuerzas que causan la consistencia son:

**Cohesión.** - esta fuerza es debida a atracción molecular en razón, a que las partículas de arcilla presentan carga superficial, por una parte y la atracción de masas por las fuerzas de VAN DER WALLS.

**Adhesión.** - se debe a la tensión superficial que se presenta entre las partículas de suelo y las moléculas de agua. Sin embargo, cuando el contenido de agua aumenta, excesivamente, la adhesión tiende a disminuir. El efecto de la adhesión es mantener unidas las partículas por lo cual depende de la proporción agua y aire.



Figura 2. Efecto de la humedad del suelo en su consistencia.

Fuente: Jaramillo, 2002

### 4.2.4. Porosidad

Es el porcentaje del volumen del suelo ocupado por agua, nutrientes, aire y gases que pueden circular o almacenarse, es una característica que está íntimamente relacionada con la textura y la estructura, siendo la primera dominante de las fracciones de partículas del suelo. Dentro del

espacio poroso se pueden distinguir macroporos (no retienen el agua contra la fuerza de la gravedad, y por lo tanto son los responsables del drenaje y la aireación del suelo, constituyendo, además, el principal espacio en el que se desarrollan las raíces) y microporos (retienen agua, parte de la cual es disponible para las plantas) (Rucks et al., 2004).

En cuanto a la magnitud de la porosidad total, es la suma de macro y microporos. Los suelos arcillosos poseen más porosidad total que los arenosos.

La porosidad total se calcula en base a la densidad aparente y real, usando la siguiente formula:

$$\% \text{ de porosidad total} = 100 - \frac{\text{Densidad aparente}}{\text{Densidad real}} \times 100$$

#### **4.2.5. Densidad aparente**

Es la relación entre la masa de suelo seco y el volumen total, esta varia con la textura, estructura, contenido de materia orgánica y grado de compactación.

En suelos minerales generalmente oscila entre 1,0 y 1,6 g/cm<sup>-3</sup>. En cambio, en suelos orgánicos la densidad aparente es más baja y puede llegar a ser de 0,1 g/cm<sup>-3</sup>, la principal causa de estas variaciones radica en las diferencias en el volumen total de poros. En términos generales, los suelos con textura fina presentan una mayor porosidad y una menor densidad aparente en comparación con los suelos arenosos (Porta et al., 2008).

$$Da = \frac{Ms}{Vt}$$

De donde:

Da = densidad aparente

Ms = Masa de suelo seco

Vt = Volumen total

La densidad aparente aumenta con la profundidad del perfil del suelo, debido a los cambios en el contenido de materia orgánica, la porosidad y la compactación (Chaudhari et al., 2013). Los suelos más sueltos y porosos tendrán una densidad aparente menor, ya que poseen mayor volumen que aquellos más compactos, donde las partículas están en íntimo contacto, de lo cual resulta un menor espacio poroso; y, consecuentemente, una densidad aparente mayor (Navarro & Navarro, 2003).

Los suelos salinos, alcalinos o compactados provocan trastornos en el desarrollo y producción de la papa. Es recomendable tener suelos con una densidad aparente de 1.20 g/cm<sup>3</sup>

#### 4.2.6. Color

Permite la diferenciación de los perfiles y horizontes del suelo, sin embargo, no afecta directamente en el crecimiento de las plantas, pero si modifica la temperatura y humedad del suelo (FAO, 2019). Además que permite una aproximación a ciertas características fundamentales en los suelos, como son: el contenido de materia orgánica, la humedad, la probable presencia de óxidos o hidróxidos, así como la evidencia de ciertos fenómenos de formación de los suelos (Mosquero, 2017).



*Figura 3. Perfil del suelo y sus diferentes horizontes.*

Para la determinación se compara con la tabla Munsell la cual describe todos los posibles colores en términos de tres coordenadas matiz (Hue) que mide la composición cromática de la luz que alcanza el ojo; claridad (Value), el cual indica la luminosidad u oscuridad de un color con relación a una escala de gris neutro; y pureza (Chroma), que indica el grado de saturación del gris neutro por el color del espectro (Olortino, 2016).

#### 4.3. Contenido de agua en el suelo

El contenido de agua, se refiere a la cantidad de agua que es almacenada en el suelo la misma que interviene en el crecimiento de las plantas. Es altamente dependiente de la textura y materia orgánica, por lo tanto, puede ser expresado gravimétricamente o volumétricamente (Cajamarca & Guamán, 2017).

El suelo retiene agua en dos formas: como agua libre en los poros e intersticios que se encuentran entre las partículas sólidas; y, como agua adherida o retenida por absorción sobre las superficies sólidas de las partículas coloidales y arcilla. Cabe mencionar que el agua adherida no es aprovechable por las plantas.

El crecimiento de las plantas es dependiente del contenido de agua del suelo, por ello el contenido de agua es determinante del contenido de aire y del intercambio gaseoso en el suelo,

lo cual tiene directa relación con la respiración de las raíces, la actividad de los microorganismos y el potencial de óxido reducción del suelo (Loaiza & Paute, 2015).

El máximo contenido de agua del suelo corresponde a la condición de saturación, que es aquella en la cual todos los poros están llenos de agua; en tanto que, el mínimo contenido de agua (humedad) corresponde a la condición variable de “seco al aire” (Valarezo et al., 2020).

#### 4.4. Energía del agua en el suelo

Según Soto (2022), la principal característica del suelo es el estado energético en que se encuentra el agua contenida en él. Mientras el agua del suelo, al igual que otros cuerpos en la naturaleza, contiene energía en diferentes cantidades y formas. La física clásica reconoce dos formas principales de energía: cinética y potencial.

Puesto que el movimiento del agua en el suelo es lento, su energía cinética la cual es proporcional al cuadrado de la velocidad. Al contrario, la energía potencial la cual se relaciona con la posición o la condición interna, es clave para la determinación del estado y movimiento del agua en el suelo (Porta et al., 2014).

#### 4.5. Potencial del agua en el suelo

Vélez (2014) manifiesta la importancia de conocer la energía con que el agua es retenida por las partículas coloidales, las cuales ejercerán cierta fuerza de retención o expulsión. También LabFerrer (2016) menciona que el potencial del agua permite estimar la cantidad de trabajo que una planta debe ejercer para extraer una unidad de agua.

El agua del suelo sujeta a un número de campos de fuerza, los cuales originan que si potencia sea diferente al agua pura y libre. De esta forma, el potencial total del agua del suelo se lo puede considerar como la suma de la acción de los factores individuales, así:

$$\Psi_t = \psi_m + \psi_g + \psi_p + \psi_o$$

**Donde:**

$\Psi_t$  = potencial total

$\Psi_g$  = potencial gravitacional

$\psi_p$  = potencial de presión

$\psi_m$  = potencial matricial

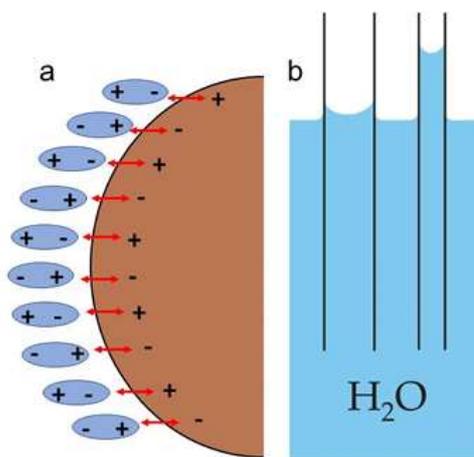
$\psi_s$  = potencial osmótico

**Potencial gravitacional ( $\psi_g$ ).** – por la acción gravitatoria sobre el agua. Todo el cuerpo es atraído al centro de la tierra por la fuerza gravitacional que es igual al producto de la masa de

ese cuerpo por la aceleración de la gravedad. Este potencial dependerá de un nivel de referencia pudiendo ser positivo o negativo con relación al nivel de referencia (Departamento de ingeniería agrícola, 2020).

**Potencial de presión ( $\psi_p$ ).** -esto sucede cuando el agua del suelo en un punto dado se encuentra a una presión hidrostática mayor a la atmosféricas, el  $\psi_p$  se considera positivo y es la energía que tienen el agua debido a la presión de una columna de agua por encima de ese punto. Cabe mencionar que esto solo ocurre en suelo saturados por lo que es importante diseñar sistemas de drenaje (Fuente, 2006).

**Potencial mátrico ( $\psi_m$ ).** – este potencial es el resultado de las fuerzas capilares y absorbidas debido a la matriz del suelo, estas fuerzas atraen y enlazan el agua del suelo y disminuye su energía potencial a un nivel más bajo que el agua libre (Barría & Martínez, 2021).



*Figura 4. Fuerzas de absorción y capilaridad de moléculas de agua.*

**Potencial osmótico ( $\psi_o$ ).** – es la presencia de solutos en el agua afecta a sus propiedades termodinámicas y disminuye su energía potencial. Se manifiesta cuando el agua es absorbida en presencia de membranas y es importante en lo referente a la absorción de agua por las raíces de las plantas (Giner, 2019).

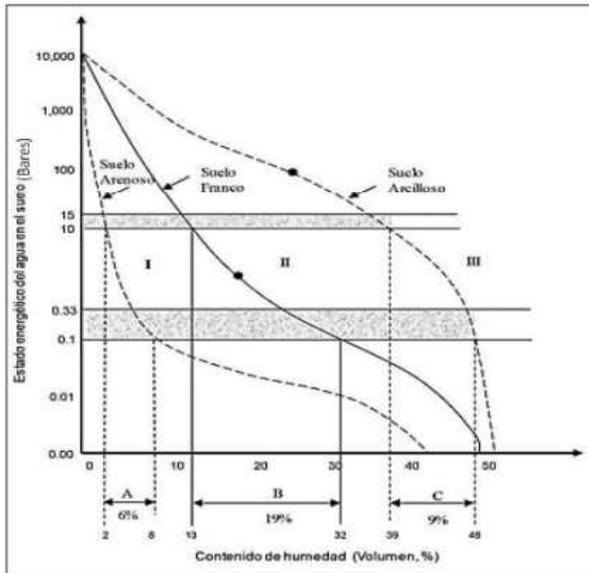
#### **4.6. Curva de retención del suelo**

El trabajo que se requiere ejercer para extraer el agua del suelo será numéricamente igual, pero opuesto en signo, al potencial del agua del suelo (White, 2006). Cada suelo se caracteriza por tener una relación diferente entre el contenido de agua y el trabajo necesario para extraer un pequeño incremento de agua.

El gráfico que representa la relación entre la carga de presión negativa y el contenido de humedad, se lo conoce como curva de retención de agua en el suelo, la cual constituye una

herramienta fundamental para una serie de aplicaciones de la relación agua -suelo- aire (Datta et al., 2017).

Según Vásquez et al. (2017) la curva de retención de agua de un suelo se ve afectada por factores estructurales, texturales y químicas del sistema del suelo, así como la temperatura del agua en el suelo por ende para una tensión, el contenido de humedad disminuye a medida que la temperatura del suelo aumenta. A continuación, se presenta en la figura 5 la curva de contenido de humedad para tres suelos característicos arenoso, arcilloso y franco.



**Figura 5.** Curva de contenido de humedad.

**Fuente:** (Vásquez et al. 2017)

La información que se obtiene de la curva permite:

- Conocer el volumen total de poros y la distribución de los poros por rango de tamaño.
- Determinar la capacidad de aireación del suelo para las raíces y el espacio poroso drenable.
- Determinar el rango de agua aprovechable para las plantas y el volumen de agua rápidamente aprovechable.
- Conocer el espacio poroso físicamente inerte.

Factores que determinan la forma de la curva característica de humedad del suelo.

Existen puntos importantes en la curva del pF, que serán mencionados a continuación (López & Sánchez, 2018):

**Saturación.** – el nivel de saturación se observa inmediatamente después de un riego o lluvia abundante. El espacio poroso presente en el suelo se encuentre en un 100 % lleno de agua, por lo que es incapaz de almacenar agua.

El punto intersección de la curva con el eje de las abscisas (contenido de agua en unidades de volumen) corresponde a un valor de tensión de un cm ( $pF=0$ ), equivale al contenido de agua del suelo en la condición de saturación, que equivale a porosidad total.

**Punto de marchitez (PMP).** - corresponde al nivel de humedad en el suelo donde las raíces son incapaces de realizar absorción de esa agua, pudiendo presentar una marchitez irreversible y morir. En este sentido se considera al PMP como el nivel más bajo del agua útil total en el suelo.

**Capacidad de campo (CC).** – es el nivel de contenido de agua posterior al período de saturación cuando se ha drenado libremente el exceso de agua. Esta condición se presenta entre 24 48 horas, este nivel se considera como el nivel superior de almacenamiento de humedad óptima, donde el agua es absorbida por la planta con mayor facilidad.

**Agua aprovechable (AA).** - se refiere al volumen de agua en el suelo que las raíces pueden absorber sin mayor dificultad. El agua disponible para las plantas depende del tipo de suelo y varía entre el 20 y 30 por ciento de la capacidad 13 de retención total. El agua disponible para las plantas suele expresarse en milímetros. También se expresa la lámina de agua que un suelo puede almacenar entre los límites de capacidad de campo y punto de marchitez permanente a la profundidad radical efectiva del cultivo estudiado.

$$AA (\% \theta v) = CC (\% \theta v) - PMP (\% \theta v)$$

**Capacidad de aireación (CA)** . - la capacidad de campo al máximo contenido de agua que puede retener un suelo en condiciones de libre drenaje, y se alcanza entre 24 y 72 horas después de haberse concluido el riego, según el tipo de suelo (Vélez, 2014).

Siendo un parámetro muy importante para la difusión del oxígeno hacia las raíces y para los cálculos de drenaje. El volumen que resulta de la diferencia entre el contenido de agua a saturación ( $pF = 0$ ) y el contenido de agua a capacidad de campo ( $pF = 2,0$  ó  $2,52$ ), corresponde a la capacidad de aireación del suelo (FAO, 2019).

$$CA (\% \theta v) = \textit{Saturación} (\% \theta v) - CC (\% \theta v)$$

**Tabla 1.** Valores de pF, su equivalente en atm.

pF	Atm	Puntos
4,40	±28,8	Agua hidrosópica
4,20	15,0	PMP
2,52	0,3	CC
2,00	0,1	CC
0,0	0,0001	Saturación

#### 4.7. Evaluación de las condiciones físicas del suelo

La distribución de los volúmenes de las tres fases del suelo (sólida, líquida y gaseosa) a capacidad de campo, sirve para estimar la condición física del suelo en relación con el crecimiento de las plantas.

Por ende, se utiliza el diagrama triangular, que se representa en Anexo 1, en base al triángulo se encuentra valores porcentuales del volumen de la capacidad de aireación, cuyos poros tienen un diámetro equivalente mayor a 30 micras. En el lado derecho del triángulo se encuentran los valores porcentuales del agua aprovechable, con un diámetro equivalente de poros de en base del triángulo se encuentra los valores porcentuales del volumen de la capacidad de 0,2 a 30 micras, considerando como capacidad de campo el contenido de agua retenida a pF 2, mientras en el lado izquierdo contiene los valores porcentuales del volumen físicamente inerte del suelo, que es igual al volumen de sólidos más el volumen inútil de poros; este corresponde al valor del contenido volumétrico de agua en el PMP, del cual comprende poros menores a 0,2 micras, que no proveen de aire, agua para las raíces con su respectiva interpretación (Valarezo et al., 2020).

En la parte inferior del diagrama triangular se encuentra dividido en cinco zonas. La zona I corresponde a una situación muy pobre de las condiciones físicas del suelo para las plantas; en tanto en la zona V, da cabida a aquella combinación de disponibilidad de agua y aire que se la considera muy buena. Las zonas II, III y IV corresponden a las condiciones pobre, medio y buena, respectivamente. Por debajo del triángulo se encuentran las líneas prolongadas de los rangos del agua aprovechable y de la capacidad de aireación con su respectiva interpretación (Valarezo et al., 2020).

#### 4.8. Infiltración

La infiltración es el proceso por el cual el agua en la superficie de la tierra entra al suelo, la misma está gobernada por dos fuerzas: la gravedad y la acción capilar los poros muy pequeños empujan el agua por la acción capilar además de contra la fuerza de la gravedad. La tasa de

infiltración se ve afectada por características del suelo como la facilidad de entrada, la capacidad de almacenaje y la tasa de transmisión por el suelo (Úbeda & Delgado, 2018).

De igual manera Arshad & Martin (2002) concuerda que la infiltración se encuentra relacionada con la capilaridad y las fuerzas asociadas con la adhesión y la cohesión de las partículas del suelo. Finalmente Delgadillo & Pérez (2016) mencionan la importancia práctica para el diseño y evaluación del riego en la parcela, pues la capacidad de infiltración del suelo es la que determina la tasa con la que el agua puede ser aplicada a su superficie sin escurrimiento.

Según Lanfranco et al. (2014) manifiesta que se reconocen las siguientes subdivisiones del proceso de infiltración:

- **Infiltración instantánea ( $I_{ins}$ ):** es el volumen de agua que se infiltra a través de una superficie de suelo horizontal unitario en un período de tiempo infinitamente pequeño.
- **Infiltración acumulada ( $I_{cum}$ ):** es el volumen total de agua que se ha infiltrado a través de una unidad de área horizontal de la superficie del suelo, durante un período determinado de tiempo.
- **Infiltración media ( $I_{av}$ ):** equivale al valor de la infiltración acumulada dividido por el tiempo desde el inicio y el final de la prueba de infiltración.
- **Infiltración básica ( $I_b$ ):** es la infiltración que presenta una tasa relativamente constante, la misma que se alcanza después de 3 o 4 horas de iniciada la prueba.

#### **4.8.1. Capacidad de infiltración**

Es el nivel máximo del agua que un suelo puede absorber dependiendo de sus propiedades físicas y del estado de humedad antecedente a la precipitación, la misma se mide por la altura de agua que se infiltra, que se encuentra expresada en mm/hora (Romera & Santos, 2013).

##### **Factores que afectan a la capacidad de infiltración**

El agua, para infiltrarse, debe penetrar a través de la superficie del terreno y circular a través de él. Se puede considerar dos grupos de factores que influyen en el proceso:

- Características del terreno o medio permeable.
- Características del fluido que se infiltra.

Entre las propiedades del suelo que afectan a la infiltración encontraríamos la textura (las texturas más gruesas normalmente permiten una mayor infiltración), el tipo de arcilla, la estructura del suelo (formación de agregados) y el contenido de materia orgánica.

**Tabla 2.** *Velocidad estabilizada de infiltración para diversos tipos de suelos*

<b>Tipos de suelo</b>	<b>Velocidad (mm.h<sup>-1</sup>)</b>
Arenoso	>30
Arenoso Franco	15 – 30
Franco Arenoso	12 – 18
Franco	8 – 14
Franco Limoso	6 – 10
Arenoso Limoso	20 – 30
Limoso	10 – 20
Arcillo limoso	5 – 8
Arcilloso	3 – 6

**Fuente:** (Cadena, 2016)

En los suelos arenosos, aunque su porosidad total es menor que en los arcillosos, la infiltración es más rápida porque tiene poros más grandes.

### **Interpretación de los valores de la infiltración básica**

**Tabla 3.** *Categorías de la infiltración básica*

<b>Infiltración básica (cm h<sup>-1</sup>)</b>	<b>Interpretación</b>
< 0,127	Muy lenta
0,127 – 0,50	Lenta
0,50 – 2,00	Moderadamente lenta
2,00 – 6,35	Media
6,35 – 12,7	Moderadamente rápida
12,7 – 25,0	Rápida
>25,0	Muy rápida

**Fuente:** (Ferrero, 1991).

## **4.9. Propiedades químicas**

Según Bautista et al. (2004), las propiedades químicas del suelo están directamente relacionadas con la calidad y disponibilidad de agua y nutrientes para las plantas. Algunas propiedades químicas relevantes incluyen el pH, la materia orgánica, la conductividad eléctrica y los nutrientes extractables como fósforo (P), nitrógeno (N) y potasio (K)

### **4.9.1. pH**

Es la concentración de los iones de hidrogeno ( $H^+$ ) en la solución del suelo y manifiesta si el suelo es ácido, neutro o alcalino, además de ser clave en el crecimiento de las plantas (Medina, 2016).

### **4.9.2. Capacidad de intercambio catiónico**

La capacidad de intercambio catiónico es un indicador de fertilidad, puesto nos indica la capacidad que tiene un suelo para almacenar nutrientes en sus coloides, es decir la CIC mide la cantidad de cargas negativas, cuantas más partículas pequeñas (0,002 mm) tenga un suelo,

mayor capacidad de carga tiene (Acosta, 2007). Los suelos con alto contenido de CIC, son aquellos con altos contenidos de arcillas o materia orgánica ofreciendo mayor capacidad para retener nutrientes, lo que beneficia a la fertilidad, está a su vez afecta directamente la cantidad y frecuencia de aplicación de fertilizantes.

$$C.I.C.Total = SB + (H + Al)$$

Diaz et al. (2021) es la carga eléctrica de las arcillas y materia orgánica del suelo, esta puede ser permanente o dependiente del pH, se expresa en  $cmol_c kg^{-1}$  del suelo. Suelos muy ácidos, meteorizados, pueden desarrollar carga positiva y por lo tanto pueden alcanzar la CIC. Existen mezclas de minerales arcillosos de cargas variables (1:1) y permanente (2:1).

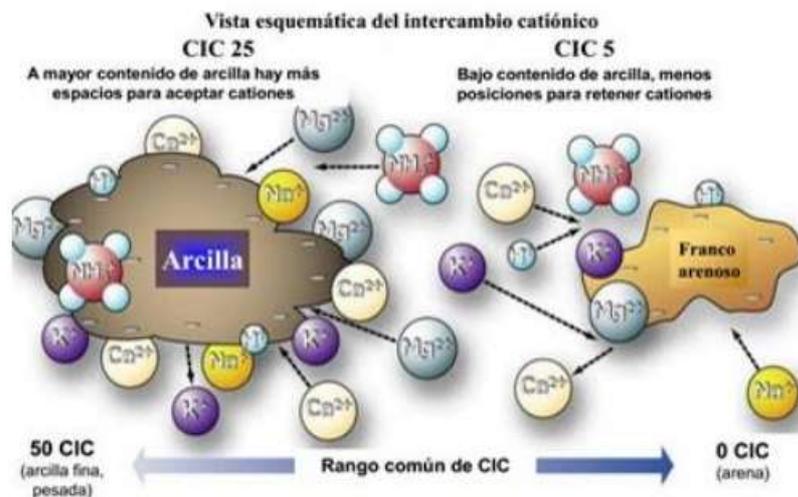
#### **4.9.2.1. Arcillas de carga permanente.**

En los suelos denominados por arcillas de tipo 2:1 como montmorillonita y vermiculita, la reducción en saturación de bases (pérdida de K, Ca y Mg) desarrolla acidez. Este incremento en acidez (reducción del pH) conduce a la ruptura de la estructura de los cristales de las arcillas y a la liberación de su Al estructural. Este Al ocupa los sitios de intercambio dejados por las bases desplazadas. Esto sucede por tener arcillas de superficie de baja reactividad fácilmente pueden encalarse hasta llegar a pH 7,0 en la cual se obtienen los mejores rendimientos de los cultivos. El incremento de pH logrado con el encalado incrementa poco o nada la CIC del suelo (suelos de carga permanente) (Espinosa, 1999).

#### **4.9.2.2. Arcillas de carga variable.**

En el caso de las arcillas de carga variable, el Al se encuentra fijo en la partícula de arcilla y no amenaza el crecimiento de la planta hasta que el pH del suelo llega a valores donde los óxidos, hidróxidos y caolinita se disuelven y liberan Al a la solución del suelo. Esto sucede cuando el pH se encuentra 5,0 a 5-3, cuando esto ocurre es aconsejable elevar el pH a valores de alrededor de 5,5 lo que permite la precipitación del Al e incrementa apreciablemente la CIC (suelos de carga variable).

De acuerdo a Espinosa (1999) manifiesta que en el pasado estos minerales se conocían como arcillas dependientes del pH porque la carga eléctrica está gobernada en gran parte por el pH de la solución. A diferencia de lo que ocurre con la carga permanente, las arcillas de carga variable el hombre puede manipular la carga y crear condiciones diferentes a través del manejo que se le dará.



**Figura 6.** Comportamiento de la CIC en diferentes texturas del suelo.

Según Blanco (2003) indica que la capacidad de intercambio catiónico depende de la textura, el tipo de arcilla y el contenido de materia orgánica del suelo que están estrechamente relacionadas con el nivel de fertilidad de los suelos.

#### 4.9.3. Acidez intercambiable

La acidez intercambiable es aquella producida por  $H^+$  y  $Al^+$  que causan una disminución en el pH (Zapata, 2016).

La alta concentración de  $Al^{3+}$  genera toxicidad para las plantas, además de tener un efecto negativo sobre las propiedades químicas del suelo como solubilización, disponibilidad y absorción de nutrimentos, físicas como estructura y estabilidad de agregados y biológicas como tipo de organismos presentes en el suelo, ocasionando así una reducción en el crecimiento de las raíces lo cual afecta en forma negativa el crecimiento del cultivo (Olivia, 2009).

#### 4.9.4. Bases intercambiables

La fertilidad de un suelo está delimitada en gran parte por la presencia de bases intercambiables. De esta forma, la suma de bases ( $Ca^{++}$ ,  $Mg^{++}$  y  $K^{++}$ ) es un criterio importante para establecer el grado de fertilidad de un suelo y diagnosticar problemas de acidez. Una suma de bases inferior a 5 cmol (+) se considera un valor bajo que podría afectar el crecimiento de las plantas, y que generalmente está asociado con problemas de acidez (Soto, 2018)

#### 4.9.5. Saturación de bases

La saturación de bases es una propiedad importante de los suelos y se define como el porcentaje ocupado en el suelo por los cationes ( $Ca^{++}$  60 – 70%,  $Mg^{++}$  12 – 25%,  $K^{++}$  5 -10 %),

está relacionada con el pH y la fertilidad del suelo. A mayor pH mayor fertilidad del suelo y mayor es el grado de saturación de bases. A mayor grado de saturación de bases es mayor la facilidad con que los cationes son absorbidos por las plantas. Entre más ácido sea un suelo, menor porcentaje de saturación de bases (Califra, 2012). Estos me miden la disponibilidad y deficiencia de los nutrientes.

#### 4.9.6. *Relación de cationes*

Con los resultados de los análisis químicos, se calcula la relación de cationes intercambiables: Ca/Mg, (Ca+Mg) /K, Mg/K, Ca/K (Tabla 4). Partiendo de esa información se evalúa el balance de cationes y se toman decisiones pertinentes referidas a la adición de los fertilizantes que se encuentran en desequilibrio (Enríquez, 2014).

**Tabla 4.** Relación entre cationes intercambiables adecuados para la papa.

Relación entre cationes	Rangos óptimos $\text{cmol.kg}^{-1}$	Nivel Crítico	Recomendación
$\text{Ca Mg}^{-1}$	2,0 - 5,0	Si <2,0	Agregar calcio
		Si >5,0	Agregar magnesio
$\text{Mg K}^{-1}$	2,5 -15,0	Si <2,5	Agregar magnesio
		Si >15	Agregar potasio
$(\text{Ca+Mg}) \text{K}^{-1}$	10 - 40	Si <10	Agregar calcio y magnesio
		Si >40	Agregar potasio

**Fuente:** (Hernández, 2022).

#### 4.9.7. *Materia orgánica*

La materia orgánica es un indicador de la calidad del suelo que juega un papel importante en la fertilidad de los suelos como fuente de nutrientes para las plantas y fuente de energía para los microorganismos, además de ser influenciada tanto por factores bióticos, como la abundancia, producción y diversidad de especies vegetales, así como la actividad microbiana, como factores ambientales, tales como la temperatura, contenido de agua y textura del suelo (Lal, 2004).

La materia orgánica constituye el 5% del suelo y se deriva de la descomposición parcial de restos de plantas, humus y organismos del suelo. En los primeros centímetros del suelo generalmente es alto y va disminuyendo a medida que aumenta la profundidad, lo que se define como una disminución de carbono orgánico regular. Los factores que influyen en el contenido de MO son: vegetación, clima, organismos del suelo, textura, composición mineralógica de las

arcillas y estructura, entre otras, de igual manera la MO influye sobre las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo (Pérez, 2020).

**Tabla 5.** Interpretación del contenido de materia orgánica.

Contenido de Materia Orgánica	Interpretación
0,0 - 3,0	Bajo
3,0 - 5,0	Medio
> a 5,0	Alto

#### 4.10. El cultivo de la papa

La papa (*Solanum tuberosum L.*) es el cuarto cultivo alimenticio más importante a nivel mundial, después del maíz, trigo y arroz. Además que desempeña un papel fundamental en la soberanía y seguridad alimentaria (Devaux et al., 2010). La altitud óptima para un desarrollo y producción excelentes se ubica entre 1 500 a 2 500 m s.n.m.

##### 4.10.1. Producción del cultivo de papa

###### 4.10.1.1. Producción a nivel mundial

A nivel mundial, la producción de papa bordeó los 388 millones de toneladas, es así que actualmente es el cuarto cultivo alimentario más importante del mundo. Los principales países productores de papa son 157 de los cuales, los encabeza China en la producción, seguido de India, Rusia, Ucrania, Estados Unidos, Alemania y entre otros.

En América Latina, Argentina alcanza la mayor producción por área (22 t/ha), seguida por Chile y Brasil (15 t/ha). En los Andes, Colombia y Venezuela producen los rendimientos más altos (16 t/ha). Los rendimientos más bajos se observan en Bolivia y Ecuador (6 y 7 t/ha).

Registra que en Ecuador durante el 2022 se produjo 251,433.39  $t\ ha^{-1}$  sobre una superficie de 17,926.10 hectáreas con un rendimiento de 14,03  $t\ ha^{-1}$  (SIPA, 2023).

###### 4.10.1.2. Producción a nivel nacional

A nivel nacional, la papa ocupa el primer lugar en producción de raíces y tubérculos dicho eso, en 2022 se produjo 14  $tn\ ha^{-1}$  de papa a nivel nacional mientras que a nivel provincial se obtuvieron las siguientes cifras: Carchi, 4,14  $tn\ ha^{-1}$ ; Imbabura, 16,40  $tn\ ha^{-1}$ ; Pichincha 14,10  $tn\ ha^{-1}$ ; Cotopaxi, 13,41  $tn\ ha^{-1}$ ; Tungurahua, 13,0  $tn\ ha^{-1}$ ; Bolívar, 11,70  $tn\ ha^{-1}$ ; Chimborazo, 9,11  $tn\ ha^{-1}$ ; Cañar 3,77  $tn\ ha^{-1}$ ; Azuay, 4,15  $tn\ ha^{-1}$  y en la

provincia de Loja el rendimiento oscila entre las  $2,96 \text{ tn ha}^{-1}$  según cifras de (SIPA, 2023). Definitivamente, Loja representa los rendimientos más bajos a nivel nacional.

#### 4.10.2. Fertilización de la papa

La fertilización tiene la función de suministrar nutrientes al cultivo que no son aportados de manera natural por el suelo. Para una buena producción en términos de cantidad y calidad, usualmente los macronutrientes NPK, son aplicados al cultivo de la papa cuando las reservas del suelo son limitadas (Ierna et al., 2011).

**Tabla 6.** Requerimiento de nutrimentos para la papa.

Autor	Interpretación del análisis de suelo	N	P	K	S
		Kg/ha			
INIAP	Bajo	150-200	300-400	100-150	40-60
	Medio	100-150	200-300	60-100	20-40
	Alto	60-100	100-200	40-60	0-20
INIAP, 1984	Bajo	200	131	125	
	Medio	150	65,50	83,33	
	Alto	50	34,93	33,33	
Máximo, 2007	Bajo	150	300	150	
	Medio	100	200	100	
	Alto	70	100	50	
INIAP, 2002	Bajo	150-200	131-174,67	83,33-125	40-60
	Medio	100-150	87,34-131	50-83,33	20-40
	Alto	60-100	43,67-87,34	33,33-50	0-20

**Fuente:** La autora, 2024.

#### 4.10.3. Nutrientes esenciales para el cultivo de la papa

Hernández & Martínez (2013) la papa demanda grandes cantidades de nutrientes que son de gran importancia en el rendimiento y calidad de los tubérculos, principalmente nitrógeno N, fósforo P y potasio K durante todo su ciclo (White et al., 2007).

**Nitrógeno.** – favorece al desarrollo foliar, logrando aumentar la superficie de fotosíntesis, lo que conlleva a la producción de almidón, incidiendo directamente en la translocación del almidón desde las hojas hasta los tubérculos, asimismo incrementa el rendimiento en tubérculos de mayor tamaño (Alonso, 2008).

**Fósforo.** – es un elemento esencial para el cultivo de la papa favorece el desarrollo radicular, acelera la maduración de los tubérculos, favorece a la fijación de nitrógeno, incrementa el número de tubérculos por planta y ayuda a usar el agua más eficiente (Moposita, 2021).

**Potasio.** – ayuda la formación de fécula y proporciona a las plantas una mayor resistencia a las heladas, sequía y a las enfermedades, especialmente al mildiu, y hace que su conservación sea más fácil (Inostroza, 2022).

**Magnesio.** – es necesario para la activación del metabolismo de los carbohidratos y la respiración de la célula. Según Inostroza (2022) indica que también es un activador de muchas enzimas requeridas en los procesos de crecimiento de las plantas, además ayuda a la resistencia al ennegrecimiento de la papa y a la duración del almacenamiento.

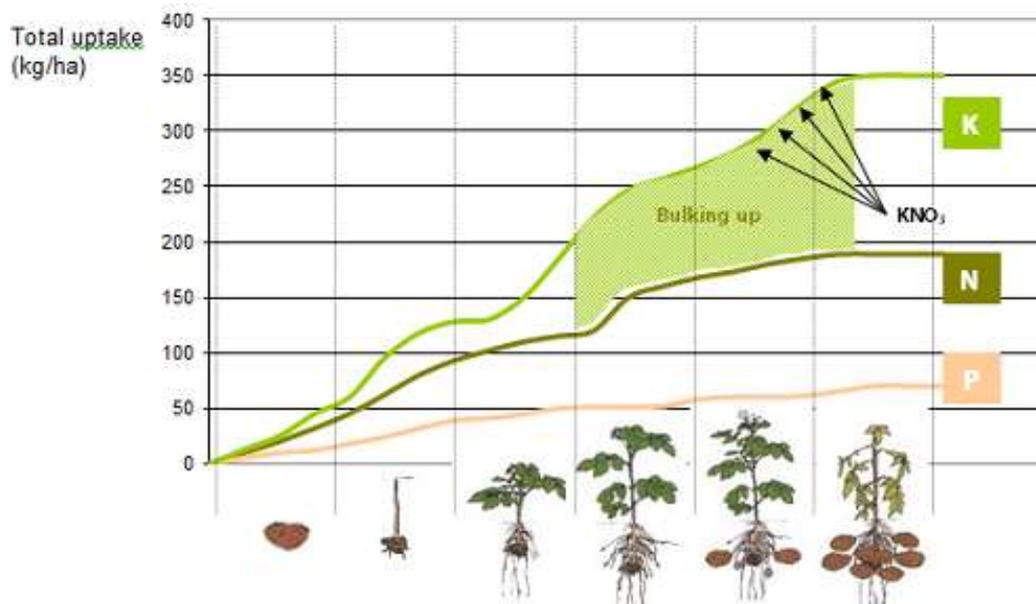
**Calcio.** - interviene en procesos metabólicos que determinarán la producción. Tradicionalmente la aportación de Calcio en este cultivo se hacía vía radicular, debido a la dificultad de movilización de este elemento (Chine, 2022).

**Azufre.** - ayuda a desarrollar enzimas y vitaminas vegetales, contribuye al proceso de formación de la clorofila, y está presente en varios compuestos orgánicos de la planta (Pumisacho & Sherwood, 2002).

**Boro.** – cumple roles específicos en la germinación y crecimiento de los tubos polínicos y en el transporte de azúcares (Inostroza, 2022).

#### 4.10.4. Curva de absorción del cultivo de la papa

Arteaga et al. (2022) argumenta que la curva de absorción permite elaborar planes de fertilidad con el fin de alcanzar un mejor rendimiento y calidad de los tubérculos en la papa, en un tiempo definido. Los estudios de absorción contabilizan, la extracción o consumo de nutrientes en sus diferentes fases de crecimiento para completar su ciclo productivo (Coraspe et al., 2009).



*Figura 7. Curva de absorción de la papa.*

El cultivo de la papa demanda de grandes cantidades de nutrientes, principalmente de nitrógeno (N), fósforo (P) y potasio (K) durante todo el ciclo. La mayoría de N absorbe antes de la primera etapa de crecimiento, lo cual significa que antes del llenado de tubérculos la planta consume más de 50 % con una demanda diaria de 7 kg ha<sup>-1</sup> día, en el caso de P la demanda fluctúa entre 0,4 a 0,9 kg ha<sup>-1</sup> día a mitad del ciclo, mientras el K la absorción es de 5 a 14 kg ha<sup>-1</sup> día (Horneck & Rosen, 2008).

#### **4.11. Encalado**

Según Espinosa (1999) manifiesta los suelos ácidos de textura arenosa deben ser encalados con mayor frecuencia que los arcillosos, la cal se mueve muy poco debido a que se disipa como CO<sub>2</sub> después de las reacciones de hidrólisis. Para que la cal sea efectiva es necesario mezclar completamente el material en los primeros 15 – 20 cm de suelo utilizando una rastra o arado de tal forma que se mezcle uniformemente con la capa de suelo. La época más apropiada para aplicar la cal es al inicio de lluvias, una vez aplicada la cal se debe esperar un tiempo prudencial (1 – 2 meses) para que reaccione antes de añadir el fertilizante.

Consiste en agregar al suelo cualquier compuesto de calcio y magnesio que sea capaz de reducir la acidez y elevar el pH. El encalado permite la neutralización de los iones H<sup>+</sup> en la solución del suelo por medio de los iones OH<sup>-</sup> producidos al entrar la cal en contacto con el agua del suelo. Es por esta razón que la cal es efectiva solamente cuando existe humedad en el suelo. Los óxidos reaccionan inmediatamente con el agua del suelo transformándose en hidróxidos y neutralizan la acidez a través de su OH<sup>-</sup> que es una base fuerte, por lo que son más efectivos a corto plazo (Sadzawka & Campillo, 2006).

Vega (2014), argumenta que el encalado en los suelos ácidos tiene un efecto positivo en la estructura del suelo debido a la acción flocculante de la cal, la acción flocculante y cementante de los óxidos e hidróxidos de Fe y Al formados como producto de la adición de la cal, se considera que después del encalado mejora apreciablemente la agregación de los suelos ácidos con alto contenido de Al intercambiable.

Además, incrementa la población, tamaño y actividad de las lombrices que son sensitivas a condiciones ácidas del suelo, el aumento de la actividad de las lombrices beneficia en la estructura del suelo y la acción barrenadora de las lombrices incrementa los macroporos. Una mejor exploración del suelo permitiendo que la planta absorba los nutrientes de los fertilizantes aplicados al suelo (Espinosa, 1999).

#### 4.11.1. Clasificación y características de cales agrícolas

De acuerdo a Sadzawka & Campillo (2006) manifiesta que existen varios materiales que son capaces de reaccionar en el suelo con el objetivo de incrementar el pH, a continuación, se describirá los más usados:

**Oxido de calcio (CaO).** – es un polvo blanco muy difícil y desagradable de manejar, de la cual se obtiene calcinando la piedra caliza (900 °C), sin embargo, la pureza depende del material de origen. La misma al ser aplicada reacciona de manera inmediata por lo cual el productor tendrá resultados rápidos.

**Hidróxido de calcio (Ca (OH)<sub>2</sub>).** -denominada cal hidratada, que es una sustancia blanca, polvorienta, difícil y desagradable de manejar, la misma se prepara hidratando la cal viva. Cabe mencionar que esta cal es poco utilizada por el productor por el alto costo que representa.

**Carbonatos o cales agrícolas.** – estos son los más utilizados por su economía son los carbonatos. Se caracterizan por su baja solubilidad lo que determina efectos en el suelo relativamente lentos (uno a varios meses), dependiendo de la pureza del material.

**Cal dolomítica.** – es una enmienda para corregir la acidez del suelo, dado el alto porcentaje de (CaO 36%), (MgO 10%) y (SO<sub>4</sub> 26%) neutraliza el aluminio tóxico y sube el pH a niveles favorables para el cultivo. El producto es 10% natural, la materia prima es extraída de las minas del municipio de Tesalia (Huila, Colombia) en forma de piedra y reducida a polvo en la fábrica, tiene un efecto a partir de los 8 días de la aplicación en el suelo (Raphel, 2023).

*Tabla 7. Necesidad de cal agrícola para cambiar el pH de acuerdo a la textura.*

Cambio deseado del pH	Cantidad de cal agrícola (t ha <sup>-1</sup> ) según la textura						
	Arenoso	Fr.Arenoso	Franco	Fr.Limoso	Fr. Arcilloso	Arcilloso	Orgánico
0,5	0,7	1,2	2	2,6	3,3	4	4,9
1	1,3	2	3,3	4	5,1	6,1	9,6
1,5	2	3,2	4,9	5,7	7,1	8,5	10,3
2	2,8	4,6	7	7,9	9,4	11,3	15,2
2,5	3,9	6,3	9,1	10,1	11,7	14	20,4
3	5,2	8,4	11,7	13,3	15,6	18,7	26

Fuente:(Gómez & Mantilla, 2014)

#### 4.12. Investigaciones relacionadas a las propiedades físicas, químicas y la fertilidad.

Chamba (2021), en la caracterización agrosocioeconómica y biofísica del área de influencia del sistema de riego Aguarongo-Zañe, determinó las características físico- químicas la cual corresponde a la clase textural Franco Arenoso. Mientras el pH 5,81 indica que son suelos ligeramente ácidos, con bajos niveles de materia orgánica bajo contenido de N, P, K.

Aguirre (2017), en su estudio de investigación “Evaluación química y biológica de la fertilidad de un suelo desarrollado sobre andesita en el sector San Vicente de la Parroquia Chuquiribamba, cantón Loja” en los seis usos de suelo la densidad aparente en los usos de maíz se encuentra entre 1,33 a 1,34 g cm<sup>-3</sup> debido a la textura Franco, está influenciada por los valores medios de materia orgánica. Mientras en el cultivo de fresa la densidad aparente es de 1,21 g cm<sup>-3</sup> debido a la textura franco arcilloso, la densidad aparente disminuye a medida que aumenta la MO y el espacio poroso.

El AA de los seis usos de suelo se encontró en un rango de alto a muy alto, debido al tipo de suelo los cuales van de (Franco a Franco arcillosa) y de estructura subangular. Por otro lado, la capacidad de aireación de los seis tipos de uso de suelo se categorizo en un rango muy bajo, ocasionado por la textura arcillosa y a las prácticas de manejo como el arado continuo que da como resultado la compactación, reduciendo el espacio poroso.

Soto (2022) indica que en su estudio “Evaluación de las propiedades físicas de los suelos en el sistema de Aguarongo Zañe de la parroquia Chuquiribamba” utilizó un diseño bifactorial completamente al azar para evaluar las propiedades físicas concluye que para el uso de pasto y maíz en la primera capa se categorizó de muy pobre a medio; en el segundo horizonte se encuentra en el rango muy pobre a pobre. Para la CA y AA el cultivo de maíz se encuentra en rango medio y alto, mientras para el pasto se encuentra en un rango bajo y medio.

De acuerdo al estudio realizado por Aguirre (2017) en seis usos del suelo desarrollado sobre andesita en el sector San Vicente de la parroquia de Chuquiribamba en las características químicas posee un pH desde muy ácido para el cultivo de maíz del bloque 3, ácido para el maíz bloque 2 y bloque 1; esto se debe a la acidificación del suelo por lixiviación de bases la causa más importante es por el uso indiscriminado de fertilizantes de reacción ácida en el suelo que genera  $H^+$ , especialmente los amoniacales, que afecta tanto al pH como la pérdida de cationes básicos. Mientras que para la fresa el pH es ligeramente ácido y prácticamente neutro, esto sucede al que el cultivo no se desarrolla en pH ácidos.

Pumisacho & Sherwood (2002), menciona que el uso de fertilizantes compuestos es muy común en la papa. Normalmente, más del 50% del nitrógeno es aplicado al momento de la siembra o retape (tres a cuatro semanas después de la siembra) que tienen N-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> y K<sub>2</sub>O como: 10-30-10, 18-46-0, 12-36-12, 8-20-20 y 15-15-15. Las tres primeras formulaciones son las más usadas; las otras son comúnmente aplicadas al momento del medio aporque.

## **5. Metodología**

### **5.1. Diseño de la investigación**

El estudio de caracterización de las propiedades físico-químicas y elaboración de un plan de fertilización en la parroquia Chuquiribamba, sector Simón Bolívar en el sistema de riego Aguarongo-Zañe, con el fin de alcanzar los objetivos planteados, se desarrolló una investigación cualitativa descriptiva donde se analizó la relación de los datos tomados en campo mediante análisis de laboratorio, para posteriormente realizar cálculos matemáticos con el fin contribuir al incremento del rendimiento de la papa nativa.

### **5.2. Descripción del área de estudio**

La investigación se desarrolló en el sector Simón Bolívar perteneciente al sistema de riego Aguarongo - Zañe, se encuentra ubicado al noreste a 41 km de distancia de la ciudad de Loja. La ubicación geográfica en coordenadas desde 6 82378 m E; 9 572989 m N hasta 6 84520 m E; 9 578694 m N a una altitud 2 657 m s.n.m. El área del sistema de riego Aguarongo-Zañe, se ubica en los alrededores de la cabecera parroquial de Chuquiribamba, forma parte de la cuenca hidrográfica Catamayo – Chira, en la subcuenca del Rio Catamayo y en las microcuencas Aguarongo - Zañe y Chuquiribamba- Chantaco.



**Figura 8.** Ubicación geográfica de la zona de estudio.

**Fuente:** La autora, 2024.

El área de riego del sistema Aguarongo – Zañe, cuenta con una topografía irregular en donde presentan relieves con pendiente suave (0 - 12 %); moderado (12 – 26 %), fuerte (26 – 36 %), muy fuerte (36 – 46 %), escarpada (46 – 57 %), muy escarpados (> 57 %), lo que indica que el terreno es muy propenso a la erosión y deslizamientos; la geología está conformada por la formación Sacapalca, Célica y Loma Blanca caracterizada por depósitos aluviales y coluviales ; los suelos están compuestos por los órdenes Inceptisol, Entisol y Alfisol. El clima es Ecuatorial Mesotérmico Semi-Húmedo, la pluviometría promedio es 937,60 mm/año, la cual se concentra en abril con un total de 609,60 mm; mientras de mayo a noviembre la necesidad del riego es indispensable para realizar la actividad agrícola. Siendo marzo el mes con mayor precipitación 136,70 mm, mientras que agosto tiene la precipitación media mínima 40,60 mm. La humedad relativa más baja (70,60 %) se presenta en agosto y la máxima (77,77 %), en febrero que corresponde a la temporada invernal, con una temperatura promedio de 12,5 °C (Gobierno Autónomo Descentralizado de Chuquiribamba, 2015).

### 5.3. Materiales y equipos

Entre los materiales se anotan (barreno, recipientes plásticos, fundas ziploc, cinta métrica, cilindros infiltrómetros, cilindros Koppecky de 100  $cm^3$ , martillo de goma, tabla Munsell, espátula, cinta edafológica, crisoles, muestreador de suelos no disturbados, cartas topográficas del IGM) y equipos (equipo topográfico, ollas de presión Richard, estufa, GPS, potenciómetro, balanza de precisión, clinómetro).

### 5.4. Metodología para el primer objetivo

Caracterización física y químicamente las propiedades de los suelos del sector Simón Bolívar del Sistema de Riego Aguarongo – Zañe.

Se seleccionó tres predios agrícolas considerando los rangos de pendientes: 0 – 8, 8-25 y >25 %, con una extensión 1 000  $m^2$ , en los cuales se realizaron levantamientos topográficos en diferentes pendientes, logrando identificar detalles a simple vista (caminos, entregas de agua, cercos), posteriormente se coloca la estación total, una vez ya nivelado, con ayuda de las estacas se replantearon puntos para poder trazar las parcelas, empleando los planos enlazados en el Anexo 2 y 3, como sujeto de estudio del sector Simón Bolívar perteneciente al sistema de riego Aguarongo-Zañe. Para conocer la formación geológica regional fue determinada mediante el uso de la Hoja geológica (Instituto Nacional de Investigación Geológico Minero Metalúrgico, 2017) a una escala 1:500000, además se recolectaron muestras de rocas donde se obtuvo muestras in situ que fueron estudiadas para su clasificación y determinación de los minerales primarios.

Se determinó zonas representativas del predio en función de la geomorfología y el uso del suelo, seguidamente se realizó calicatas de 1,20 m de profundidad x 1,50 m de largo x 1,20 m de ancho de acuerdo a (FAO, 2014). Este método sirve para determinar las características físicas e hidrofísicas en la profundidad de los suelos.

Se describió los horizontes del suelo, en base a las normas de la "Guía y Claves para la descripción de Perfiles de Suelos" de la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (2009). La designación de horizontes y capas se realizó siguiendo la nomenclatura comprendida en el USDA *Soil Taxonomy* (2014).

Se recolectó muestras inalteradas por duplicado, utilizando los cilindros Koppecky de 100  $cm^3$  en los primeros horizontes de cada perfil del suelo, las cuales fueron enviadas al Laboratorio de Suelos y Aguas de la Facultad Agropecuaria y de Recursos Naturales Renovables (FARNR), perteneciente a la Universidad Nacional de Loja, en la cual se determinó mediante el método

de las Ollas Richard (Romero et al. 2020); a un  $pF=0$  (Saturación);  $pF=2$  y  $2,52$  (capacidad de campo); finalmente a  $pF=4,2$  (punto de marchitez permanente). Con los datos obtenidos se determinó agua aprovechable (AA), capacidad de aireación (CA) y volumen de poros físicamente inertes (VPFI), con ayuda del diagrama triangular se evaluó las condiciones físicas del suelo Anexo 1.

Para determinar la densidad aparente, se lo realizó por el método del cilindro, sugerido por Kopecky (1914), el cual consiste en tomar un volumen fijo de suelo sin perturbar y pesarlo una vez seco, por calentamiento en la estufa a  $105\text{ }^{\circ}\text{C}$  durante 24 horas.

El color se evaluó con la tabla Munsell (Domínguez et al. 2012), mientras que la textura con el método de acuerdo a Bouyoucos (1936).

La velocidad de infiltración por el método del doble anillo (Moreno et al. 2008), por triplicado a una distancia aproximadamente de 1 a 2 m entre los cilindros (Anexo 4) de cada perfil del suelo, durante el tiempo de 4 horas hasta alcanzar la infiltración básica. Con los datos obtenidos en el campo se procesaron en una hoja electrónica, los valores de  $K$  y  $n$  de la ecuación de Kostiakov:  $I_{cum} = Kt^n$  se obtuvieron a partir de graficar la curva de infiltración acumulada en escalas doble logarítmica y en Excel. Se calcularon las velocidades de infiltración media e instantánea en  $\text{cm}\cdot\text{min}^{-1}$  para cada uno de los tiempos; así como, la velocidad de infiltración básica en  $\text{cm}\cdot\text{h}^{-1}$ , por regresión lineal.

Se tomaron muestras a una profundidad de 00-25 cm por cada perfil del suelo para las propiedades químicas y de fertilidad de las cuales se determinaron; pH se lo realizó por el método del potenciómetro según Cadre et al. (2023), la materia orgánica mediante el método de Walkley Black de acuerdo a García & Ballesteros (2005), para determinar la capacidad de intercambio catiónico (CIC) con acetato de amonio 1N pH 7,0 y generación de  $\text{OH}^{-}$  por el método de Formaldehído, según Guerrero 2019); y la acidez intercambiable ( $\text{H}^{+} + \text{Al}^{+3}$ ) mediante titulación con NaOH 0,01 N en extractos con KCl 1N por el método de Day según Day (1965), bases intercambiables por Espectrofotometría de Absorción Atómica, y para la disponibilidad de nutrientes por Espectrofotometría de Absorción Atómica, utilizando la solución extractora Olsen Modificado (RELEASE, 2016).

## 5.5. Metodología para el segundo objetivo

*Elaborar un plan de fertilización para el cultivo de papa nativa en el sector Simón Bolívar.*

Para desarrollar un plan de fertilización, se realizó el cálculo de la saturación de las bases, %Ca, %Mg y %K, previamente determinada por la CICE ( $\text{Ca}^{++}$ ,  $\text{Mg}^{++}$ ,  $\text{K}^{++}$ ,  $\text{Na}^{++}$ ,  $\text{Al}^{++}$ ). La determinación de Ca, Mg y K se determinó por la relación de cationes, Ca/Mg, Mg/K y (Ca + Mg/K), hasta dejar en el rango óptimo para el cultivo de la papa; Ca/Mg 2,0 – 5,0, Mg/K 2,5 – 15 y (Ca + Mg/K) 10 – 40.

Para definir la dosis de N, P, K y micronutrientes se determinó a través de la oferta del suelo y demanda del cultivo. Para la distribución de los nutrientes se utilizó las curvas de absorción. Estos valores definidos de nutrientes se realizó la transformación a equivalentes químicos, luego se procedió a igualar los aniones y cationes, en caso de existir diferencias se procedió a igualar a través del factor de conversión: y finalmente se transformó a kg/ha y g/planta, para calcular la cantidad de fertilizantes y proceder a su aplicación. Además, se realizó la socialización de los resultados a los propietarios de las parcelas experimentales.

## 6. Resultados

### 6.1. Caracterizar física y químicamente las propiedades de los suelos del sector Simón Bolívar del Sistema de Riego Aguarongo – Zañe.

La geología del sector corresponde a la formación Unidad Tesalia con predominio de brechas y autobrechas volcánicas básicas e intermedias y lavas andesíticas; y, depósito coluvial, con presencia de avalanchas con bloques angulosos de rocas volcánicas y metamórficas (Anexo 6 y 7).

El material parental en las unidades geomorfológicas en el sector San Vicente a una pendiente de 0 – 8 %, representado por basaltos alterados con óxidos de Fe y presencia de sulfuros como piritita, Simón Bolívar a una pendiente de 8 – 25 % le corresponde basalto y toba andesítica con materiales como la plagioclasa, biotita, hornblenda y minerales de óxido de hierro y Plazuela > 25 %, el material parental de andesita basáltica con materiales como el cuarzo, plagioclasa, feldespatos alterados por óxido de Fe (limolita) (Anexo 3).

#### 6.1.1. Suelo de la unidad San Vicente Módulo 1 (pendiente 0 – 8 %)

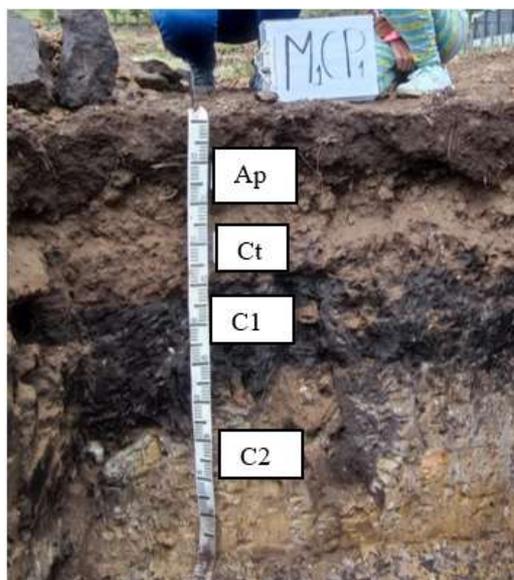
*Tabla 8. Características morfológicas de P1 San Vicente Módulo 1.*

<b>Clasificación Taxonómica:</b>	<b>Typic udorthents.</b>
Ubicación del perfil:	6 84160 m E y 9 574739 m N 17 M
Altitud:	2 679 m s.n.m.
Fisiografía:	Pendiente de 2 % de pie de monte, tipo terraza
Material Parental:	Roca basalto
Drenaje interno:	Moderado.

**Fuente:** La autora, 2024.

#### **Descripción general del perfil:**

Suelo formado por depósitos coluviales, en el que se han desarrollado por 4 horizontes, el superior Ap de 30 cm de espesor, con raíces finas, medias, comunes y pocas; un horizonte C<sub>1</sub> de 40 cm de espesor con pocos fragmentos rocosos, gravas y de forma redonda con raíces medias, finas y comunes, sin estructura y presencia de iluviación de arcilla; un horizonte C<sub>1</sub> de 30 cm, con raíces muy finas y pocas, pocos fragmentos rocosos y pedregón con forma angular. Finalmente, un horizonte C<sub>2</sub> que se extiende hasta los 110 cm. Tiene un drenaje moderado.



**Figura 9.** Perfil 1 sector San Vicente (pendiente 0-8 %) Módulo 1.

**Características físicas:**

En la tabla 9 se describen las características físicas de los perfiles del área de estudio, con texturas de franco arcilloso en los dos horizontes superiores, arcilloso arenoso y en la último horizonte arcilloso arenoso limoso, con una densidad  $1,10 \text{ g cm}^{-3}$ .

**Tabla 9** Resultados de los análisis físicos del sector San Vicente Módulo 1 (pendiente 0 - 8%)

Ho	Prof. (cm)	Ao %	Lo %	Ac %	Textura	Estructura	Cohesión	Color	Da $\text{g cm}^{-3}$
Ap	0-12	34	32	34	Fo Ac	Migajosa a bloques subangulares	Suelto y friable	10YR 3/4	1,10

**Fuente:** La autora, 2024.

En la Tabla 11, la distribución de volúmenes de las fases del suelo para la retención de agua a pF 2,00 indica que la capacidad de aireación ( $8,45 \% \theta_v$ ) se encuentra en el rango bajo, el agua aprovechable ( $21,73 \% \theta_v$ ) es muy alto, y el volumen del suelo físicamente inerte es ( $69,82 \% \theta_v$ ), valor considerado como alto, la condición física para el crecimiento de las plantas corresponde a la zona II del diagrama triangular, equivalente a pobre.

**Características hidrofísicas:**

En la Tabla 10, se presentan las características para la capa de 00 – 12 cm (horizonte Ap), la cual presenta a pF 0,00 un volumen de poros  $55,3 \% \theta_v$ . La retención de agua a pF 4,20 es de ( $25,1 \% \theta_v$ ), indica que más de la mitad de la porosidad total del suelo corresponde a microporos que retienen agua que no es aprovechada por las plantas. El contenido de agua a pF 2,00 es de ( $46,8 \% \theta_v$ ) y a pF 2,52 es de ( $44,2 \% \theta_v$ ).

**Tabla 10.** Retención de humedad en el rango de pF 0,0 a pF 4,20 de los dos primeros horizontes de los perfiles, en el sector Simón Bolívar del Sistema de riego Aguaronco - Zañe.

Unidad de suelo	Pendiente %	Profundidad cm	Da g.cm <sup>-3</sup>	Porosidad total % $\theta_v$ pF0	Capacidad de campo % $\theta_v$ pF2,00	Capacidad de campo % $\theta_v$ pF 2,52	Punto Marchitez % $\theta_v$ pF4,20
M1 P1San Vicente	2 %	Ap (00-12)	1,10	55,3	46,8	44,2	25,1
M1P2 Simón Bolívar	22 %	Ap (00-15)	0,96	68,3	50,8	49,1	28,1
M1P3 Plazuela	28 %	Bw (15-35)	0,97	61,5	43,9	41,0	20,3
		Ap (00-15)	0,79	60,9	54,1	52,6	16,7
		Bt (15 -30)	0,85	58,0	52,7	51,5	27,1

Fuente: La autora,2024.

**Tabla 11.** Capacidad de aireación, agua aprovechable, volumen físicamente inerte y zona del diagrama triangular, de los dos primeros horizontes de los perfiles de sector Simón Bolívar.

Perfiles de Suelo/Usos	Pendiente %	Profundidad cm	CA % $\theta_v$ pF 2	CA % $\theta_v$ pF2,52	AA % $\theta_v$ pF 2	AA % $\theta_v$ pF2,52	VFI % $\theta_v$	Zona del diagrama pF2,00	Equivalencia
M1P1 San Vicente Barbecho	2	Ap (00-12)	8,45	11,05	21,73	19,13	69,82	II	Pobre
M1P2 Simón Bolívar	22	Ap (00-15)	17,5	19,2	22,71	21,01	59,79	IV	Bueno
Barbecho/hortalizas		Bw (15-35)	17,6	20,5	23,61	20,71	58,79	IV	Bueno
M1P3 Plazuela	28	Ap (00-15)	6,8	8,25	37,32	35,87	55,88	II	Pobre
Pasto		Bw (15-30)	5,25	6,5	25,6	24,35	69,15	II	Pobre

Fuente: La autora,2024.

Capacidad de Aireación (CA); Agua Aprovechable (AA); Volumen físicamente Inerte (VFI).

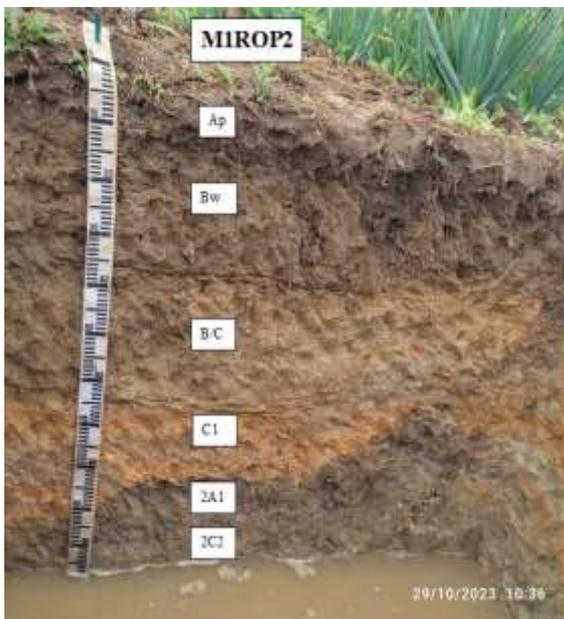
### 6.1.2. Suelo de la unidad Simón Bolívar Módulo 1 (pendiente 8 – 25 %)

**Tabla 12.** Características morfológicas de P2 Simón Bolívar Módulo 1.

<b>Clasificación Taxonómica:</b>	Typic Dystrudetps.
Ubicación del perfil:	6 83946 m E y 9 5775781 m N 17 M
Altitud:	2 755 m s.n.m.
Fisiografía:	Pendiente de 10-22 % de montaña tipo loma.
Material Parental:	Roca toba basáltica
Drenaje interno:	Bueno.

### Descripción general del perfil:

Suelo joven formado de 2 extractos bien diferentes: El primer estrato formado una sección de un horizonte Ap/Bw/(B/C)/C<sub>1</sub>, y el segundo por 2A<sub>1</sub>/2C<sub>2</sub> de color oscuro, textura arcillosa, con una estructura blocosa angular y presencia de restos de carbón. El estrato más reciente, presenta un horizonte Ap de 15 cm de espesor, franco arcilloso al tacto, marrón, un horizonte Bw de 35 cm de espesor, franco arcilloso, marrón, raíces pocas y medias; el horizonte B/C de 55 cm de espesor, franco arenoso, marrón muy pálido con presencia de un bolsón de arena; un horizonte C<sub>1</sub> de 85 cm de espesor, arcilloso, amarillo rojizo, raíces pocas y medias. El sistema radicular llega hasta los 60 cm.



**Figura 10.** Perfil 2 sector Simón Bolívar (pendiente 8 – 25 %) Módulo 1.

### Características físicas:

En la Tabla 13 se describen las características físicas de los perfiles del área de estudio, con texturas de franco arcilloso en los dos horizontes superiores y franco arcillo arenoso, con una densidad 0,97 y 0,95 g cm<sup>-3</sup>.

**Tabla 13.** Resultados de los análisis físicos del sector Simón Bolívar Módulo 1 (pendiente 8 – 25 %)

Ho	Prof. (cm)	Ao %	Lo %	Ac %	Textura	Estructura	Cohesión	Color	Da g cm <sup>-3</sup>
Ap	0-15	22	40	38	Fo Ac	Migajosa	Friable	10YR 4/3	0,97
Bw	15-35	41	30	29	Fo Ac	Bloques subangulares	Firme	10YR 4/3	0,95
B/C	35-55	61	15	24	Fo Ac Ao	Bloques subangulares	Friable	10YR 7/3	

**Fuente:** La autora, 2024.

En la capa de 00 – 15cm, la distribución de volúmenes de las fases del suelo para la retención de agua a pF<sub>2,00</sub> indica que la capacidad de aireación (17,50 % $\theta_v$ ) se encuentra en el rango alto, el agua aprovechable (22,71 % $\theta_v$ ) se ubica en el rango muy alto, y el volumen del suelo físicamente inerte es (59,79 % $\theta_v$ ), valor considerado como alto, la condición física para el crecimiento de las plantas corresponde a la zona IV del diagrama triangular, equivalente a bueno.

Para la capa de 15 - 35 cm, la distribución de volúmenes de las fases del suelo para la retención de agua a pF<sub>2,00</sub> indica que la capacidad de aireación (17,60 % $\theta_v$ ) se encuentra en el rango alto, el agua aprovechable (23,61 % $\theta_v$ ) se ubica en el rango muy alto, y el volumen del suelo físicamente inerte es (58,79 % $\theta_v$ ), valor considerado como alto, la condición física para el crecimiento de las plantas corresponde a la zona IV del diagrama triangular, equivalente a bueno.

#### **Características hidrofísicas:**

En la Tabla 10, se presentan las características para la capa de 00 – 15cm (horizonte Ap), la cual presenta a pF<sub>0,00</sub> un volumen total de poros (68,3 %  $\theta_v$ ). La retención de agua a pF<sub>4,20</sub> es de (28,1 %  $\theta_v$ ), valor que indica que más de la mitad de la porosidad total del suelo corresponde a microporos que retienen agua que no es aprovechable por las plantas. El contenido de agua a pF<sub>2,00</sub> es de (50,8 %  $\theta_v$ ) y a pF es de (49,1 %  $\theta_v$ ).

Para la capa 15 - 35 cm (horizonte Bw), la cual presenta a pF<sub>0,00</sub> volumen total de poros (61,5 % $\theta_v$ ). La retención de agua a pF<sub>4,20</sub> es de (20,3 % $\theta_v$ ), valor que evidencia que es más de la mitad de la porosidad total del suelo que está constituida por microporos. El contenido de agua a pF<sub>2,00</sub> es de (43,9 %  $\theta_v$ ) y a pF es de (41,0 %  $\theta_v$ ).

### **6.1.3. Suelo de la unidad Plazuela Módulo 1 (pendiente >25 %)**

**Tabla 14.** Características morfológicas P1 Plazuela Módulo 1.

<b>Clasificación Taxonómica:</b>	Inseptic Hapludafs.
Ubicación del perfil:	6 84114 m E y 9 577319 m N 17 M
Altitud:	2 866 m s.n.m.
Fisiografía:	Pendiente de 28 % de colina tipo loma
Material Parental:	Roca toba basáltica
Drenaje interno:	Bueno.

**Fuente:** La autora, 2024.

### Descripción general del perfil:

Suelo formado por los siguientes horizontes: Ap/;AB/;Bt/;Bw/;C/;R: El horizonte Ap de 15 cm de espesor, franco arcilloso limoso, marrón oscuro le subyace; una capa transicional AB de 30 cm de espesor arcilloso limoso, marrón grisáceo muy oscuro, raíces comunes y medias: un horizonte Bt de 50 cm de espesor, arcilloso limoso, marrón oscuro en húmedo, amarillo parduzco en seco: un horizonte Bw de 70 cm de espesor, franco arcilloso limoso, marrón amarillento oscuro: un horizonte C de 80 cm de espesor, franco arcillo limoso, marrón amarillento oscuro, finalmente presenta un horizonte R con un material parental es estado de meteorización.



**Figura 11.** Perfil 3 sector Plazuela (pendiente > 25%) Módulo 1.

### Características físicas:

En la Tabla 15 se describen las características físicas de los perfiles del área de estudio, con texturas de franco arenoso en los tres horizontes superiores, con una densidad 0,79 y 0,85 g cm<sup>-3</sup>.

**Tabla 15.** Resultados de los análisis físicos del sector Plazuela Módulo 1 (pendiente > 25%)

Ho	Prof. (cm)	Ao %	Lo %	Ac %	Textura	Estructura	Cohesión	Color	Da g cm <sup>-3</sup>
Ap	0-15	50	42	34	Fo Ao	Bloques subangulares	Friable	7,5YR 2,5/3	0,79
AB	15-30	81	15	4	Fo Ao	Prismática a bloques subangulares	Friable	10YR 3/2	0,85

**Fuente:** La autora, 2024.

En la capa de 00 – 15cm, la distribución de volúmenes de las fases del suelo para la retención de agua a pF 2,00 indica que la capacidad de aireación (6,80 %θ<sub>v</sub>) se encuentra en el rango

bajo, el agua aprovechable (37,32 % $\theta_v$ ) se ubica en el rango muy alto, y el volumen del suelo físicamente inerte es 55,88 % $\theta_v$ , valor considerado como alto, la condición física para el crecimiento de las plantas corresponde a la zona II del diagrama triangular, equivalente a pobre.

Para la capa de 15 - 30 cm, la distribución de volúmenes de las fases del suelo para la retención de agua a pF<sub>2,00</sub> indica que la capacidad de aireación (5,25 % $\theta_v$ ) se encuentra en el rango bajo, el agua aprovechable (25,60 % $\theta_v$ ) se ubica en el rango muy alto, y el volumen del suelo físicamente inerte es (69,15 % $\theta_v$ ), valor considerado como muy alto, la condición física para el crecimiento de las plantas corresponde a la zona II del diagrama triangular, equivalente a pobre.

### Características hidrofísicas:

En la Tabla 10, se presenta las características para la capa de 00 – 15 cm (horizonte Ap), la cual presenta a pF 0,00 un volumen total de poros es relativamente alto (60,9 % $\theta_v$ ). La retención de agua a pF 4,20 es de (16,7 % $\theta_v$ ), valor que indica que más de la mitad de la porosidad total del suelo corresponde a microporos que retienen agua que no es aprovechable por las plantas. El contenido de agua a pF 2,00 es de (54,1 % $\theta_v$ ) y a pF 2,52 es de (52,6 % $\theta_v$ ).

En la capa de 15 – 30 cm (horizonte AB), la cual presenta a pF<sub>0,00</sub> un volumen total de poros (58,0 % $\theta_v$ ). La retención de agua a pF 4,20 es de (27,1 % $\theta_v$ ), valor que evidencia que es menos de la mitad de la porosidad total del suelo que está constituida por microporos. El contenido de agua a pF 2,00 es de (52,7%  $\theta_v$ ) y a pF 2,52 es de (51,5%  $\theta_v$ ).

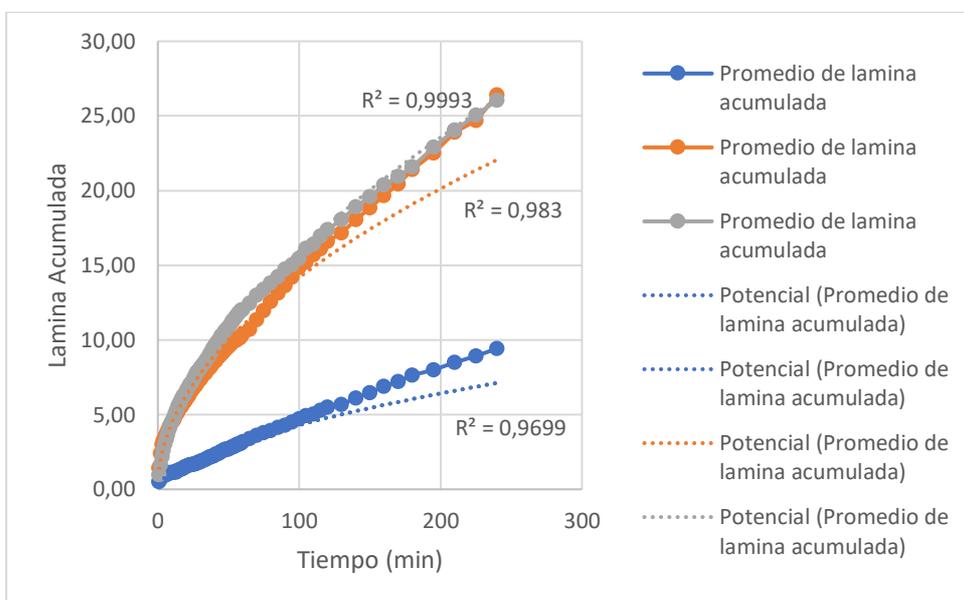
### Infiltración

Los valores promedio de las infiltraciones básicas de los perfiles estudiados del sector Simón Bolívar del sistema de riego Aguarongo – Zañe oscilan entre los 1,15 y 5,70 cm.h<sup>-1</sup>, clasificado de moderadamente lenta y media respectivamente (Anexo 8).

**Tabla 16.** Infiltración básica de los tres perfiles, en el sector Simón Bolívar del Sistema de Aguarongo -Zañe, Módulo 1.

CODIGO	Uso del suelo	Pendiente	Velocidad de infiltración Básica cm h <sup>-1</sup>	Equivalencia
P1 San Vicente M1	Barbecho	2%	3,39	Media
P2 Simón Bolívar M1	Maíz	12%	5,70	Media
P3 Plazuela M1	Pasto	28%	1,15	Moderadamente Lenta

**Fuente:** La autora, 2024.



**Figura 12.** Regresión lineal de la lámina acumulada de infiltración básica de los perfiles, para diferentes usos del suelo y rangos de pendiente del terreno en el sector Simón Bolívar del Sistema de Riego Aguarongo – Zaña.

### Condiciones Químicas:

**Tabla 17.** Condiciones Químicas del sector Simón Bolívar Módulo 1.

Unidad de suelo	pH	MO	AL+H	AL	CIC	Saturación de bases
	1:2.5 (Agua)	%			meq/100 g	
P1 San VicenteM1	5,7	2,2	0,11		21,25	17,65
P2 Simón BolívarM1	4,5	3,6	5,31	4,41	22,90	20,29
P3 PlazuelaM1	4,5	11,2	5,29	4,21	17,33	14,49

**Fuente:** La autora, 2024.

Materia orgánica (MO); Capacidad de Intercambio Catiónico (CIC).

La Tabla 17, el pH del suelo con pendientes de 0 – 8 % y > 25 % es de 4,5 (muy ácidos) respectivamente, y de pendiente de 8 – 25 % es de 5,7 (medianamente ácido), la materia orgánica de las tres unidades de suelo se obtuvo un porcentaje de 2,2 a 11,2 en la que se categorizaron de (bajo a alto) y con un contenido de la CIC ubicado en el rango (bajo a medio).

## Fertilidad Actual:

Tabla 18. Fertilidad actual del sector Simón Bolívar Módulo 1.

Unidad de suelo	N	P	K	Ca	Mg	S	Zn	Cu	Fe	Mn	B
	ppm			meq/ 100g			ppm				
P1 San Vicente M1	29	60	0,42	14	3	15	5,1	19,4	222	21,1	0,16
<b>Interpretación</b>	M	A	A	A	A	M	M	A	A	A	B
P2 Simón Bolívar M1	32	34	0,87	16	3,3	15	4,4	2,8	192	26,9	1,11
<b>Interpretación</b>	M	A	A	A	A	M	M	M	A	A	A
P2 Plazuela M1	22	33	0,2	13	1,3	11	1	2,9	226	14,6	0,57
<b>Interpretación</b>	M	A	M	A	M	M	B	M	A	M	M

Interpretación de los análisis químicos; A =alto; M = medio; B=bajo.

**Fuente:** La autora,2024.

Los resultados de los análisis químicos por el método de Olsen modificado en la tabla 18 presentan:

- En la unidad San Vicente con pendiente 0 – 8 %, mostraron alta disponibilidad de elementos como P, K, Ca, Mg, Cu, Fe y Mn, elementos como N, S y Zn su contenido de disponibilidad fue medio, y elementos como B mostro baja disponibilidad.
- En la unidad Simón Bolívar con pendiente 8 – 25 %, mostraron alto contenido de elementos como P, K, Ca, Mg, Fe y Mn, elementos como N, S, Zn y Cu su contenido de disponibilidad fue medio.
- En la unidad Plazuela con pendiente > 25 %, mostraron alto contenido de elementos como P, Ca y Fe, a elementos como N, K, Mg, S, Cu, Mn y B su contenido de disponibilidad fue medio, y elementos como Zn mostro baja disponibilidad.

## 6.2. Plan de fertilización para el cultivo de la papa.

Para dar respuesta a los bajos rendimientos de producción del cultivo de papa, en la Parroquia Chuquiribamba, sector Simón Bolívar, se elaboró el siguiente plan de fertilización.

### 6.2.1. Suelo de la unidad San Vicente Módulo 1 pendiente (0 – 8 %).

El pH del suelo en pendiente de 0 – 8% es de 5,7 (medianamente ácido); que se encuentra en el rango óptimo para el cultivo de la papa (5,5 – 6,5), sin embargo, no es necesario encalar, pero es importante poner en equilibrio la relación de cationes.

**Tabla 19.** CICE del suelo para el sector San Vicente (pendiente 0-8 %) Módulo 1.

B. intercambiables	cmol.kg-1	cmol.kg-1	Total
Ca <sup>++</sup>	15,23	0,05	15,3
Mg <sup>++</sup>	3,2	0,12	3,6
K <sup>+</sup>	0,49	0,12	0,6
Na <sup>+</sup>	1,31		1,31
Al <sup>3+</sup>	0,11		
CICE 1	20,33	CICE 2	21,49

**Fuente:** La autora, 2024.

CICE: Capacidad de Intercambio Catiónico Efectivo.

**Tabla 20.** Enmiendas y relación de cationes para el suelo San Vicente (pendiente 0 -8%) Módulo 1.

SB	Enmienda				Relación de cationes			
	Antes (%)	Esperado (%)	R. óptimo (%)		Antes cmol kg <sup>-1</sup>	Agregar	Después cmol kg <sup>-1</sup>	R. óptimo cmol kg <sup>-1</sup>
Ca	74,9	74,34	60-70	Ca Mg <sup>-1</sup>	4,76	Ca-Mg	4,4	2-5
Mg	15,7	16,72	10-20	Mg K <sup>-1</sup>	6,53	Mg	5,9	2,5-15
K	2,4	2,85	2-5	(Ca+Mg) K <sup>-1</sup>	37,61	Ca-Mg	32,0	10-40

**Fuente:** La autora, 2024.

Al momento de realizar la relación de cationes, se encuentra deficiencia el K, por lo cual se adiciono 0,12 cmol kg<sup>-1</sup> de K, con este valor se aproxima a los rangos óptimos de la relación de cationes, agregando Sulpomag y KCl se pretende completar este elemento, se plantea aplicar antes de la simbra del cultivo de la papa, de preferencia con riego indicados en la Tabla 21.

**Tabla 21.** Fertilizantes recomendados para el cultivo de papa en el sector San Vicente (pendiente 0-8%) Módulo 1.

Fertilizante	Kg/ha	m2	kg/área total	kg/surco	Sacos (45 kg)
Cal Dolomix	1603,3	378,0	61	2,02	1,35
	Kg/ha	g/planta	N° plantas	Total	
Sulpomag	303,9	12,2	1716	20,9	
KCl	150,54	6,02	1716	10,3	

**Fuente:** La autora, 2024.

**Tabla 22.** Fertilizantes de acuerdo a la etapa fenológica para el cultivo de la papa en el sector San Vicente (pendiente 0 – 8 %) Módulo 1.

Etapa Fenológica	Días	Fertilizante	Kg parcelas <sup>-1</sup>	N° de plantas	g planta <sup>-1</sup>	Kg ha <sup>-1</sup>
Inicial	00 - 40	YaraMila™ Complex (12-11-18)	3,6	1716	2,09	52,31
		YaraMila™ Rafos (12-24-12)	3,6	1716	2,09	52,31
		Fosfato Monopotásico	6,4	1716	3,74	93,51
		Muriato de potasio	1,5	1716	0,86	21,54
Floración	40 - 59	YaraMila™ Abotek (15-4-23)	14,4	1716	8,37	209,22
		YaraMila™ Azutek (13-4-25)	3,3	1716	1,93	48,28
		Fosfato Monopotásico	5,3	1716	3,07	76,71
		Muriato de potasio	3,7	1716	2,17	54,14
Tuberización	60 - 72	YaraMila™ Abotek (15-4-23)	16,8	1716	9,76	244,09
		YaraMila™ Azutek (13-4-25)	3,9	1716	2,25	56,33
		Fosfato Monopotásico	5,0	1716	2,94	73,43
		Muriato de potasio	4,6	1716	2,66	66,48
Final	73 - 86	Nitrato de Potasio	12,2	1716	7,10	177,46

**Fuente:** La autora, 2024.

Los contenidos en kg ha<sup>-1</sup> de fertilizantes, se calcularon en base a los requerimientos del cultivo de la papa, referido a los análisis químicos, la relación de cationes del cultivo, la densidad de siembra de la papa en el sector San Vicente, cuenta con una densidad de siembra entre planta de 0,4 m y entre hilera 1,0 m.

Cabe mencionar que la aplicación de los fertilizantes se debe realizar en las diferentes etapas fenológicas del cultivo, el encalado se debe realizar antes de la siembra con el objetivo que el Al<sup>3+</sup> pueda ser neutralizado con el SO<sub>4</sub><sup>-</sup> de la Cal dolomix.

### 6.2.2. Suelo de la unidad Simón Bolívar Módulo 1 (pendiente 8 – 25 %)

El pH del suelo en la pendiente 8 – 25 % es de 4,5 (muy ácido); es decir se encuentra debajo del rango óptimo para el cultivo de la papa; para ello se realiza el encalado del suelo hasta llegar a los valores óptimos de (5,5 – 6,5).

**Tabla 23.** CICE del suelo del sector Simón Bolívar (pendiente 8-25%) Módulo 1.

B. intercambiables	cmol.kg-1	cmol.kg-1	Total
Ca <sup>++</sup>	16,42	2,21	18,6
Mg <sup>++</sup>	3,4	0,96	4,4
K <sup>++</sup>	1,12	0,12	1,2
Na <sup>+</sup>	0,96		0,96
Al <sup>3+</sup> +H <sup>+</sup>	5,31		
Al	4,41		
CICE 1	26,31	CICE 2	25,18

**Fuente:** La autora, 2024.

CICE: Capacidad de Intercambio Catiónico Efectivo.

**Tabla 24.** Enmiendas y relación de cationes para el suelo Simón Bolívar (pendiente 8-25 %) Módulo 1.

Enmienda				Relación de cationes				
SB	Antes (%)	Esperado (%)	R. óptimo (%)	Antes cmol kg <sup>-1</sup>	Agregar	Después cmol kg <sup>-1</sup>	R. óptimo cmol kg <sup>-1</sup>	
Ca	62,4	74,94	60-70	Ca Mg <sup>-1</sup>	4,83	Ca-Mg	4,3	2-5
Mg	12,9	17,32	10-20	Mg K <sup>-1</sup>	3,04	Mg	3,5	2,5-15
K	4,3	4,93	2-5	(Ca+Mg) <sub>1</sub> K <sup>-</sup>	17,70	Ca-Mg	18,5	10-40

**Fuente:** La autora, 2024.

Al momento de realizar la relación de cationes, se encuentra deficiente el K, por lo cual se adiciono 0,12 cmol kg<sup>-1</sup> de K, con este valor se aproxima a los rangos óptimos de la relación de cationes, agregando Sulpomag se pretende completar este elemento, se plantea aplicar antes de la siembra del cultivo de la papa, de preferencia con riego.

**Tabla 25.** Fertilizantes recomendados para el cultivo de papa en el sector Simón Bolívar (pendiente 8-25 %) Módulo 1.

Resumen	Kg/ha	m2	kg/área total	kg/surco	Sacos (45 kg)
Cal Dolomix	4156,5	378,0	157	5,24	3,49
	kg/ha	g/planta	N° plantas	Total	
Sulpomag	268,0	10,7	1716	18,4	

**Fuente:** La autora, 2024.

**Tabla 26.** Fertilizantes de acuerdo a la etapa fenológica para el cultivo de la papa en el sector Simón Bolívar (pendiente 8-25 %) Módulo 1.

Etapa Fenológica	Días	Fertilizante	Kg parcelas <sup>-1</sup>	N° de plantas	g planta <sup>-1</sup>	Kg ha <sup>-1</sup>
Inicial	00 - 40	YaraMila™ Complex (12-11-18)	3,6	1716	2,12	53,00
		YaraMila™ Rafos (12-24-12)	3,6	1716	2,12	53,00
		Fosfato Monopotásico	5,4	1716	3,13	78,15
		Muriato de potasio	1,5	1716	0,88	22,02
Floración	40 - 59	YaraMila™ Abotek (15-4-23)	14,6	1716	8,48	212,01
		YaraMila™ Azutek (13-4-25)	3,4	1716	1,96	48,92
		Fosfato Monopotásico	4,5	1716	2,61	65,27
		Muriato de potasio	3,3	1716	1,91	47,70
Tuberización	60 - 72	YaraMila™ Abotek (15-4-23)	17,0	1716	9,89	247,34
		YaraMila™ Azutek (13-4-25)	3,9	1716	2,28	57,08
		Fosfato Monopotásico	4,3	1716	2,48	61,93
		Muriato de potasio	4,0	1716	2,34	58,60
Final	73 - 86	Nitrato de Potasio	14,0	1716	8,17	204,18

**Fuente:** La autora, 2024.

Los contenidos en  $\text{kg ha}^{-1}$  de fertilizantes, se calcularon en base a los requerimientos del cultivo de la papa, referido a los análisis químicos, la relación de cationes del cultivo, la densidad de siembra de la papa en el sector Simón Bolívar, cuenta con una densidad de siembra entre planta de 0,4 m y entre hilera 1,0 m.

Cabe mencionar que la aplicación de los fertilizantes se debe realizar en las diferentes etapas fenológicas del cultivo, el encalado se lo debe realizar antes de la siembra con el objetivo, que el  $\text{Al}^{3+}$  pueda ser neutralizado con el  $\text{SO}_4^-$  de la Cal dolomix.

### 6.2.3. Suelo de la unidad Plazuela Módulo 1 (pendiente >25%)

El pH en la pendiente > 25 % es de 4,5 (muy ácido); se encuentra debajo del rango óptimo para el cultivo de la papa; por lo tanto, se realizará el encalado hasta llegar a los valores óptimos de (5,5 a 6-5).

**Tabla 27.** CICE del suelo del sector Plazuela (pendiente >25%) Módulo 1.

B. intercambiables	cmol.kg-1	cmol.kg-1	Total
Ca <sup>++</sup>	13,12	2,11	15,2
Mg <sup>++</sup>	1,6	1,12	2,7
K <sup>++</sup>	0,28	0,22	0,5
Na <sup>+</sup>	1,33		1,33
Al <sup>+3</sup> +H <sup>+</sup>	5,29		
Al	4,21		
CICE 1	20,54	CICE 2	19,78

**Fuente:** La autora, 2024.

CICE: Capacidad de Intercambio Catiónico Efectivo.

**Tabla 28.** Enmiendas y relación de cationes para el sector Plazuela (pendiente >25 %) Módulo 1.

SB	Enmienda			Relación de cationes	Antes cmol kg <sup>-1</sup>	Agregar	Después cmol kg <sup>-1</sup>	R. óptimo cmol kg <sup>-1</sup>
	Antes (%)	Esperado (%)	R. óptimo (%)					
Ca	63,9	76,96	60-70	Ca Mg <sup>-1</sup>	8,20	Ca-Mg	5,6	2-5
Mg	7,8	13,76	10-20	Mg K <sup>-1</sup>	5,71	Mg	5,4	2,5-15
K	1,4	2,55	2-5	(Ca+Mg) K <sup>-1</sup>	52,57	Ca-Mg	35,5	10-40

**Fuente:** La autora, 2024.

Al momento de realizar la relación de cationes, se encuentra deficiencia en el K, por lo cual se adiciono  $0,22 \text{ cmol kg}^{-1}$  de K, con este valor se aproxima a los rangos óptimos de la relación de cationes, agregando Sulpomag y KCL, se pretende completar este elemento, se plantea aplicar antes de la siembra del cultivo de la papa, de preferencia con riego.

**Tabla 29.** Fertilizantes recomendados para el cultivo de papa en el sector Plazuela (pendiente >25 %) Módulo 1.

Fertilizante	Kg/ha	m <sup>2</sup>	kg/área total	kg/surco	Sacos (45 kg)
Cal Dolomix	3354,4	475,2	159	4,83	3,51
	Kg/ha	g/planta	N° plantas	Total	
SULPOMAG	679,7	27,2	2160	58,7	
KCl	112,22	4,49	2160	9,7	

**Fuente:** La autora,2024.

**Tabla 30.** Fertilizantes de acuerdo a la etapa fenológica para el cultivo de la papa en el sector Plazuela (pendiente>25%) Módulo1.

Etapa Fenológica	Días	Fertilizante	Kg parcelas <sup>-1</sup>	N° de plantas	g planta <sup>-1</sup>	Kg ha <sup>-1</sup>
Inicial	00 - 40	YaraMila™ Complex (12-11-18)	5,0	2160	2,33	58,22
		YaraMila™ Rafos (12-24-12)	5,0	2160	2,33	58,22
		Fosfato Monopotásico	7,7	2160	3,56	89,08
		Muriato de potasio	2,3	2160	1,06	26,53
Floración	40 - 59	YaraMila™ Abotek (15-4-23)	20,1	2160	9,31	232,87
		YaraMila™ Azutek (13-4-25)	4,6	2160	2,15	53,74
		Fosfato Monopotásico	6,4	2160	2,96	74,10
		Muriato de potasio	5,2	2160	2,42	60,52
Tuberización	60 - 72	YaraMila™ Abotek (15-4-23)	23,5	2160	10,87	271,68
		YaraMila™ Azutek (13-4-25)	5,4	2160	2,51	62,69
		Fosfato Monopotásico	6,1	2160	2,82	70,45
Final	73 - 86	Muriato de potasio	6,4	2160	2,96	73,89
		Nitrato de Potasio	16,8	2160	7,79	194,79

**Fuente:** La autora,2024.

Los contenidos en kg ha<sup>-1</sup> de fertilizantes, se calcularon en base a los requerimientos del cultivo de la papa, referido a los análisis químicos, la relación de cationes del cultivo, la densidad de siembra de la papa en el sector Plazuela, cuenta con una densidad de siembra entre planta de 0,4 m y entre hilera 1,0 m.

Cabe mencionar que la aplicación de los fertilizantes se debe realizar en las diferentes etapas fenológicas del cultivo, el encalado se lo debe realizar antes de la siembra con el objetivo, que el Al<sup>3+</sup> pueda ser neutralizado con el SO<sub>4</sub><sup>-</sup> de la Cal dolomix.

## 7. Discusión

### **Caracterizar física y químicamente las propiedades de los suelos del sector Simón Bolívar del Sistema de Riego Aguarongo – Zañe.**

El material parental en las unidades geomorfológicas de suelo con pendientes de 0 – 8% esta representados por basaltos alterados con óxidos de Fe y presencia de sulfuros como pirita. En la pendiente de 8 – 25 % le corresponde a basalto y toba andesítica con materiales como la plagioclasa, biotita, hornblenda y minerales de óxido de hierro. Finalmente; en la pendiente > a 25 % el material parental es andesita basáltica con materiales como el cuarzo, plagioclasa, feldespatos alterados por óxido de Fe (limolita), datos que corrobora con Soto (2022) en su estudio realizado en el sector La Dolorosa del sistema de riego Aguarongo-Zañe, el material parental en la pendiente de 8 – 25 %, encontró andesitas basálticas con minerales ferromagnéticos típicos del basalto, como olivino, plagioclasa y piroxeno; en la pendiente de 25 a 58% localizó tobas dacíticas y dacitas de composición química félsica o ácida, con más del 63% de sílice.

La capacidad de aireación en las pendientes del suelo a pF 2,00 para el primer horizonte San Vicente 0 - 8% y Plazuela >25% se encuentra el rango bajo; para el sector Simón Bolívar 8 – 25 % medio. En el segundo horizonte Simón Bolívar 8– 25% alto, y el sector Plazuela >25% bajo, esto se ve influenciado por el contenido de materia orgánica que existe en la zona, estos datos se contrastan con Valarezo et al. (2020) argumenta en los terrenos del piso templado Andino Sur del Ecuador ocupados por el cultivo de pasto tuvo los valores más bajos y por ende lenta descomposición de la materia orgánica, por efecto de la compactación lo que provoca la disminución de la oxigenación del suelo por la destrucción de los macroporos. En el caso de ingresar grandes cantidades de ganado vacuno en poca área de terreno, se presenta un hábito la cual modifica la estructura del suelo debido a la presión que ejerce el pisoteo de los animales (Vistoso & Martínez, 2020). De igual manera Soto (2022) manifiesta que en la segunda capa para el cultivo de maíz sufre compactación producto de labranza del mal manejo del suelo y pisoteo del ganado. Esto concuerda Ramírez (2023) que el pastoreo en el clima mediterráneo árido provoca la disminución de la porosidad total, agua útil, densidad aparente, y aumenta la resistencia a la penetración.

El agua aprovechable en las pendientes del suelo a pF 2,00 para el primer y segundo horizonte: San Vicente 0 – 8%; Simón Bolívar 8 – 25%; y Plazuela >25 % se encuentra muy alto debido a que el agua aprovechable está en función de la textura franco arcillosa y

posiblemente el predominio de arcillas del grupo de las esmectitas, las cuales tienen elevada capacidad de retención de agua y su contenido de materia orgánica (Soto, 2022).

El volumen de poros físicamente inertes en la zona radicular del primer horizonte, para el cultivo de barbecho en el sector San Vicente 0 – 8% se ubican en la zona II del diagrama triangular, equivalente a pobre; para el cultivo de hortalizas en el sector Simón Bolívar 8 -25% se ubica en la zona IV del diagrama triangular, equivalente a bueno y para el uso de pasto en el sector Plazuela >25% se ubica en la zona II, equivalente a pobre. Para el segundo horizonte en el sector Simón Bolívar 8 – 25% se ubica en la zona IV, equivalente a bueno; y en el sector Plazuela >25% se ubica en la zona II, equivalente a pobre, mismas que coinciden con Valarezo et al. (1998) quienes determinan que la baja capacidad de aireación es la principal limitación que influye en la pobreza de los suelos respecto a sus condiciones físicas y afecta el adecuado crecimiento de las plantas en la región sur del Ecuador, de igual manera Soto (2022) corrobora en el sistema de riego Aguarongo – Zañe de la parroquia Chuquiribamba, las condiciones físicas del suelo para los cultivos de maíz y pasto en la primera capa está dentro del rango pobre a medio, mientras que en el segundo horizonte se encuentra en el rango de muy pobre a pobre. De igual forma Aguirre (2017) coincide que las condiciones físicas de los suelos del colegio San Vicente Ferrer de los seis suelos estudiados se categorizaron como muy pobres.

Las velocidades de infiltración básica se encuentran en un rango medio (3,39 a 5,70 cm h<sup>-1</sup>) para el uso de barbecho en la pendiente de 0 – 8%, al igual para la pendiente de 8 – 25% con uso del suelo de maíz y hortalizas. Los perfiles con una pendiente > 25% con uso de suelo de pasto, la velocidad de infiltración es 1,15 cm h<sup>-1</sup> lo que es equivalente a moderadamente lento. Resultado que concuerda con Soto (2022), quien determinó que la velocidad de infiltración en el sector La Dolorosa del sistema de Riego Aguarongo-Zañe en el uso del cultivo de maíz con 2,77 cm h<sup>-1</sup> calificado como medio, mientras que para el cultivo de pasto presentó un valor de 0,82 cm h<sup>-1</sup> equivalente a moderadamente lento. Valarezo et al. (2020) argumenta que la infiltración básica del área de Salapa del Sistema de Riego Santiago, oscilan entre 0,1 cm h<sup>-1</sup> para el cultivo de pasto y 4,1 cm h<sup>-1</sup> para el cultivo de hortalizas, ubicándose en las categorías de muy lenta a media, respectivamente, esto sucede producto del sobrepastoreo del ganado que produce compactación del suelo lo que dificulta el ingreso del agua al suelo. Barría et al. (2021) argumentan que la velocidad de infiltración depende de la textura, estructura y pendiente, es decir existe un mayor contenido de humedad en suelos planos debido a su característica que le permite retener mayor cantidad, sin embargo, los suelos con textura franco arenoso tienen a

infiltrar de manera rápida, siempre y cuando la estructura no se encuentre compactada lo que limita la capacidad de almacenaje de agua.

En relación a las condiciones químicas el pH de las tres unidades de suelo van: de medianamente ácido a muy ácidos en la pendiente de 0 – 8% (pH=5,7); y en las pendientes de 8 – 25% (pH=4,5) y ; > 25 % (pH=4,5). Estos valores de medianamente ácidos a muy ácidos son debido a las aplicaciones de abonos no compostados (gallinaza) de manera tradicional y sin un criterio técnico que afecta el pH, acidificando cada vez más los suelos y disminuyendo la disponibilidad de los nutrientes como: N, P, K, Mg, Ca, Zn y B, haciendo que los rendimientos de la producción de cultivos agrícolas sean bajos (Villamagua, 2022).

De acuerdo a González & García (2013) sostiene que el cultivo de la papa toleran suelos ácidos hasta un pH de 5, mismos resultados de la pendiente de 0-8% que tiene un pH de 5,7 (medianamente ácidos), esto concuerda con García & Mansilla (2013) quienes aseveran que el pH ideal para este cultivo se encuentra entre 5,5 a 6,5. Del mismo modo CESA (1996) coincide que la papa se desarrolla en pH ligeramente ácidos.

El pH influye negativamente sobre la disponibilidad de nutrientes y la actividad microbiana (Wan et al., 2020), al mismo tiempo, cuando el pH es muy bajo el  $Al^{3+}$  se vuelve altamente tóxico, el cual inhibe la absorción del agua y nutrientes, datos corroborados con Espinosa (1999) quien argumenta que los suelos con  $pH < 5$ , una limitante para el crecimiento de las plantas debido, a la toxicidad del  $Al^{3+}$  y su derivado  $H^+$ , así mismo. Otra propiedad que provoca acidez es la materia orgánica que por acción de los microorganismos se descompone produciendo ( $CO_2$ ) transformándose en bicarbonato ( $HCO_3^-$ ) que a la vez libera hidrogeno, mismo que acidifica el suelo (Campillo & Sadzawka, 2006). Los fertilizantes nitrogenados también provocan acidificación, por acción de reducción biológica, los amónicos se transforman en nitratos y a la vez liberan  $H^+$ , debido a que las plantas prefieren nitratos en su nutrición (Espinosa & Molina, 2015).

La materia orgánica de las tres unidades de suelo es bajo, medio y alto para el horizonte Ap en las pendientes de 0 – 8% (MO:2,2); de 8 – 25% (MO: 3,6); y pendiente > 25% (MO:11,2); respectivamente. Según Aguirre (2017) en su investigación la materia orgánica se encuentra en rango medio a altos para usos de maíz y fresa, esto se debe a que los suelos presentan en su superficie los residuos de las cosechas los cuales aún no están mineralizados completamente para su absorción.

Según Zaragoza (2010) manifiesta que la papa es un cultivo muy exigente en materia orgánica, humus y nutrientes que normalmente los suelos de cultivo no disponen en su

totalidad, por lo que es necesario aportar abonos químicos (N, P y K) y productos orgánicos en cantidades importantes para un mejor desarrollo. Al descender los niveles de humus del suelo, baja la capacidad de intercambio catiónico (CIC), y por ende la papa comienza a no poder asimilar las unidades de NPK que se aporta al cultivo, por lo que comienza a descender la producción (Zaragoza, 2010).

La CIC en zona de estudio de las tres unidades estudiadas en el horizonte Ap de las pendientes de 0 – 8% (CIC:21,25 meq/100 g); de 8 – 25% (CIC:22,90 meq/100 g); y > 25% (CIC:17,33 meq/100 g); las mismas que se encuentran en un rango bajo a medio. De acuerdo a Aguirre (2017), la CIC dentro de su estudio los valores fueron alto y medio, estos se encuentran influenciados por el material parental.

FAO (2015) argumenta que una baja CIC hace referencia a la baja habilidad del suelo de retener nutrientes, es característico de los suelos arenosos o pobres en materia orgánica, gracias a la CIC del suelo las raíces de las plantas toman nutrientes minerales que son necesarios para el crecimiento de la planta. Sin embargo Chávez (2015) indica que los suelos con alta CIC son muy fértiles, mientras que los suelos de baja CIC son pobres, esto porque los nutrientes no se adhieren a los coloides.

#### **Elaboración de un plan de fertilización para la papa nativa del sector Simón Bolívar.**

El plan de fertilización propone la aplicación de nutrientes en la pendiente de 0 – 8% : N 125, P 73, K 244, Ca 20 , Mg 41 y S 34 kg/ha<sup>-1</sup>; de 8 – 25%; N 127, P 65, K 244, Ca 20, Mg 41 y S 24 kg ha<sup>-1</sup>; finalmente > 25% ; N 152, P 79 , K 247, Ca 20, Mg 41 y S 37 kg ha<sup>-1</sup>.

Zambrano (2019) ratifica que el plan de fertilidad se realiza de acuerdo al principio del requerimiento del cultivo y la disponibilidad de nutrientes en el suelo. Flores (2019) indica que para el cultivo de la papa (*Solanum tuberosum*) el plan de fertilidad se planifico para cuatro etapas fenológicas. White et al. (2007) menciona que el cultivo de la papa requiere de altas dosis de nitrógeno, fósforo y potasio, ya que son elementos que más absorben la planta en su ciclo fenológico. De la misma manera Porras (2005) coincide para la nutrición del cultivo de la papa se concentra principalmente en la respuesta en rendimiento a la aplicación N, P y K y en ocasiones elementos como Ca, Mg y S.

Wieczorek (1979) manifiesta que la mayoría de suelos en zonas donde se cultiva papa responden favorablemente a la aplicación de N, P (P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>), obteniendo mayores rendimientos con dosis de 50 a 100 kg ha<sup>-1</sup> de N y entre 100 - 300 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> en zonas de alturas menores a 2 900 m s.n.m. Mientras Avilés & Piedra (2016) mencionan que la fertilización en papa es fundamental en los primeros meses del ciclo, para la variedad floresta requiere

aproximadamente 270 kg ha<sup>-1</sup> de N, 130 kg ha<sup>-1</sup> de P y 385 kg ha<sup>-1</sup> de K, Zaragoza, (2010) añade la recomendación para una producción de 30 000 kg/ha es 75 UF de N en forma amoniacal, 60 UF de P en forma (P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) y 300 UF en (K<sub>2</sub>O). Por otro lado, Inostroza (2022) argumenta que la papa para el elemento de nitrógeno se concentra principalmente en los tubérculos, estimándose que el 80% del nitrógeno absorbido se vuelve a encontrar en ellos, la extracción del nutriente por el cultivo fluctúa entre los 96 y 120 kg ha<sup>-1</sup>. Para producir 20 tn ha<sup>-1</sup> de papa se estima 220, 20, 240, 60 y 20 kg ha<sup>-1</sup> de N, P, K, Ca y Mg (Sifuentes et al., 2013). Mientras que Hernández & Martínez (2013) de acuerdo a su experimento que se realizó en un suelo Andosol en la comunidad de la Peñuela del municipio de Zinacantepec, Estado de México para un rendimiento de 40 tn ha<sup>-1</sup> de papa, se extraen del suelo 150 kg de N, 60 Kg de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, 350 Kg de K<sub>2</sub>O, 90 kg de CaO y 30 kg de MgO por ha.

Aguilar et al. (2000) mencionan que la dosis de fertilización de N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> y K<sub>2</sub>O tuvieron mayor impacto en la producción de papa es 80, 200 y 80 kg ha<sup>-1</sup>, puede lograr mayores rendimientos si incrementamos las cantidades de P. Sin embargo, Morales et al. (2013) quienes evaluaron la variedad (Fianna) de papa, determinaron que la dosis óptima mínima para la papa es 150, 250 y 70 kg ha<sup>-1</sup> de NPK. El potasio es extraído en mayor cantidad por la papa, con 175 a 396 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O, luego le sigue el nitrógeno con 108 a 288 kg ha<sup>-1</sup> de N y finalmente está el fósforo con 43 a 128 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (Inostroza et al., 2017).

Mendoza et al. (2015) indican que para la extracción nutrimental diaria y total de N, P y K realizó un ensayo con tres tratamientos, el T1 consistió en aplicar 245, 30, 350 kg ha<sup>-1</sup> de NPK respectivamente, el T2 se fertilizó de acuerdo a la misma CB más un incremento del 20 % (294, 36, 280 kg ha<sup>-1</sup>) y el T3 de acuerdo a la misma CB con una reducción del 20 % (196, 24, 280 kg ha<sup>-1</sup>) del cual obtuvo la máxima demanda de NPK con el T2 donde el cultivo extrajo un total de 270, 30 y 300 kg ha<sup>-1</sup> encontrándose mayor absorción en las etapas iniciales del cultivo como inicio de estolonización y elongación de estolones. Inostroza et al. (2017) argumenta que la extracción de nitrógeno está entre 100 a 290 kg ha<sup>-1</sup>, para el fósforo de 20 a 65 kg ha<sup>-1</sup> y de potasio 150 a 480 kg ha<sup>-1</sup> para rendimientos entre 20 a 60 t ha<sup>-1</sup>.

## 8. Conclusiones

Las condiciones físicas del suelo en el primer horizonte en la pendiente de 0 – 8% se ubican de pobre a medio, 8 – 25% se ubica en rango de medio a bueno y > 25% en el rango de pobre a medio. En el segundo horizonte las condiciones físicas en las tres unidades van de pobre, medio y bueno.

Las condiciones hidrofísicas en las pendientes de 0 – 8%; de 8 -25%; y, > 25% el volumen de poros se ubica en rangos altos, mientras que el punto de marchitez la retención de agua a pF 4,20, indica que más de la mitad de la porosidad total del suelo corresponde a microporos que retienen agua que no es aprovechable por las plantas.

La velocidad de infiltración en la pendiente de 0 – 8% es 3,39 cm h<sup>-1</sup> que se encuentra en un rango medio, de 8 – 25% es 5,70 cm h<sup>-1</sup> lo que equivale a medio y > 25% es 1,15 cm h<sup>-1</sup> equivalente a moderadamente lento.

En la pendiente de 0 – 8% posee un pH mediadamente ácido, CIC media, MO baja, de 8 – 25 % y 25 -58% los pH son muy ácidos respectivamente, CIC media a baja, el contenido de MO va en un rango de alto a medio, el porcentaje de saturación de bases es baja, presentan baja disponibilidad de nutrientes como el B y Zn.

Se aplicará enmiendas de cal dolomix de 1603, 2493 y 3354 kg ha<sup>-1</sup> en las pendientes de 0 – 8%, 8 – 25% y > 25%, respectivamente.

Además, se aplicará la fertilización en la pendiente de 0 – 8%: N 125, P 73, K 244, Ca 20, Mg 41 y S 34 kg/ha<sup>-1</sup>; de 8 – 25%; N 127, P 65, K 244, Ca 20, Mg 41 y S 24 kg/ha<sup>-1</sup>; finalmente > 25%; N 152, P 79, K 247, Ca 20, Mg 41 y S 37 kg/ha<sup>-1</sup>.

## **9. Recomendaciones**

Con ayuda del equipo de investigación del proyecto “Generación de bioconocimiento, enfocado a la conservación y uso sostenible de la agrobiodiversidad de variedades nativas de papa (*Solanum spp*) con la aplicación de láminas de riego, enmiendas orgánicas y biofertilizantes en la Sierra Sur del Ecuador”, se recomienda establecer compromisos con los productores con el fin de obtener el apoyo en las actividades planificadas para cumplir con lo establecido.

Dar seguimiento con la investigación preliminar y aplicar el plan de fertilización en base al análisis químico y biológico para conseguir resultados en producción y así concluir cual es más favorable para el productor.

Mejorar las condiciones físicas como la capacidad de aireación mediante la aplicación de enmiendas con cal dolomix, abonos orgánicos (gallinaza, compost, estiércol).

## 10. Bibliografía

Acosta, C. (2007). *El suelo agrícola, un ser vivo*.  
<https://inventio.uaem.mx/index.php/inventio/article/view/713/819>

Aguilar, J., López, R., Volke, V., & Khalil, A. (2000). *FERTILIZACION EN PAPA Y SU EFECTO RESIDUAL EN MAIZ, EN DOS AGROSISTEMAS DE LA SIERRA VERACRUZANA* (Vol. 18). chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/<https://www.redalyc.org/pdf/573/57318108.pdf>

Aguirre, V. (2017). *“EVALUACIÓN QUÍMICA Y BIOLÓGICA DE LA FERTILIDAD DE UN SUELO DESARROLLADO SOBRE ANDESITA EN EL SECTOR SAN VICENTE DE LA PARROQUIA CHUQUIRIBAMBA, CANTÓN LOJA”*.  
<https://dspace.unl.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/19302/1/VALERIA%20STEFANIA%20AGUIRRE%20VASQUEZ.pdf>

Alonso, J. (2008). *Fisiología y Manejo de Tuberculos—Semilla de Papa | PDF | Patata | Tallo de la planta*. <https://es.scribd.com/document/20232642/Fisiologia-y-manejo-de-tuberculos-semilla-de-papa>

Arias, N. M. M., Rangel, M. del C. N., López, I. C. P., Sánchez, E. C., & Cruz, J. M. de la. (2018). El suelo y su multifuncionalidad: ¿qué ocurre ahí abajo? *CIENCIA ergo-sum*, 25(3), Article 3. <https://doi.org/10.30878/ces.v25n3a9>

Arshad, M., & Martin, S. (2002). *Infiltración*.  
<https://repositorio.unan.edu.ni/14592/1/14592.pdf>

Arteaga, G. A., Ortiz, R. S. O., & Carteaga Ayala, Y. E. C. (2022). Dinámica de la absorción de nutrimentos en el cultivo de papa (*Solanum tuberosum*) variedad Superchola, para la producción de semilla prebásica. *Siembra*, 9(2), Article 2. <https://doi.org/10.29166/siembra.v9i2.3481>

Avilés, J., & Piedra, L. (2016). *Manual del cultivo de papa en Costa Rica*. Instituto Nacional de Innovación y Transferencia en Tecnología Agropecuaria.

Barría, H., & Martínez, I. (2021). *La tensión del agua en el suelo y su importancia para el riego*. chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://biblioteca.inia.cl/bitstream/handle/20.500.14001/67528/Informativo%20INIA%20N%20c2%b0%20270?sequence=1&isAllowed=y#:~:text=El%20potencial%20gravitacional%20es%20dependiente,en%20la%20soluci%C3%B3n%20del%20suelo.

Barría, H., Uribe, H., & Jil, P. (2021). *Medición de la velocidad de infiltración para riego en praderas*. chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://biblioteca.inia.cl/bitstream/handle/20.500.14001/67529/NR42517.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Bautista, A., Etchevers, B., Castillo, R., & Gutiérrez, C. (2004). *La calidad del suelo y sus indicadores* (Vol. 13). <https://www.revistaecosistemas.net/index.php/ecosistemas/article/view/572>

Bouyoucos, G. J. (1936). *Directions for Making Mechanical Analysis of Soils by the Hydrometer Method*. Ciencia e investigación agraria. [http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci\\_abstract&pid=S0718-16202014000200013&lng=es&nrm=iso&tlng=en](http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S0718-16202014000200013&lng=es&nrm=iso&tlng=en)

Cadena, V. H. (2016). *Hablemos de riego* (2. ed). CONGOPE.

Cadre, J. E. V., Fontanet, J. G. G., Piña, J. J., & Pérez, M. de los Á. A. (2023). Métodos potenciométricos y conductimétricos de bajo costo: Una revisión. *INNOTECH*, 25 ene-jun, Article 25 ene-jun. <https://doi.org/10.26461/25.01>

Cajamarca, M., & Guamán, J. (2017). "CALIBRACIÓN DE SENSORES DE HUMEDAD DEL SUELO PARA ESTIMAR EL CONTENIDO DE AGUA EN EL CAMPUS «IRQUIS» DE LA UNIVERSIDAD DE CUENCA." [Universidad de Cuenca]. chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/http://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/27476/1/Trabajo%20de%20Titulaci%C3%B3n.pdf

Califra, Á. (2012). *ALTERATIVA PREDICTIVA DE LA SATURACIÓN DE BASES E SUELOS ÁCIDOS* [UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA FACULTAD DE AGRONOMÍA]. <https://www.colibri.udelar.edu.uy/jspui/bitstream/20.500.12008/9791/1/0137cal.pdf>

Calvache, M. (2013). *Riego Andino Tecnificado* (Editorial Universitaria Universidad Central del Ecuador). [chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://www.researchgate.net/profile/Angel-Calvache-Ulloa/publication/337484474\\_RIEGO\\_ANDINO\\_TECNIFICADO\\_PARA\\_FERTIRRIEGO/links/5ddb307d92851c1fedaf59e9/RIEGO-ANDINO-TECNIFICADO-PARA-FERTIRRIEGO.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Angel-Calvache-Ulloa/publication/337484474_RIEGO_ANDINO_TECNIFICADO_PARA_FERTIRRIEGO/links/5ddb307d92851c1fedaf59e9/RIEGO-ANDINO-TECNIFICADO-PARA-FERTIRRIEGO.pdf)

Campillo, R., & Sadzawka, A. (2006). *Encalado de los suelos. Caracterización y manejo de enmiendas calcáreas*. <https://biblioteca.inia.cl/handle/20.500.14001/8537>

Castelar. (2008). *El suelo y su conservación*. [chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/http://www.fediap.com.ar/administracion/pdfs/El%20Suelo%20y%20su%20Conservaci%C3%B3n%20-%20Manual%20INTA.pdf](http://www.fediap.com.ar/administracion/pdfs/El%20Suelo%20y%20su%20Conservaci%C3%B3n%20-%20Manual%20INTA.pdf)

CESA. (1996). *Chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://dspace.unl.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/27307/1/PaolaGabriela\_Ram%c3%adrezVera.pdf* (2.ª ed.). CESA.

Chamba, M. (2021). Caracterización agrosocioeconómica y biofísica del área de influencia del sistema de riego Aguarongo – Zañe (Loja – Ecuador). *CEDAMAZ*, 11(2), Article 2. <https://doi.org/10.54753/cedamaz.v11i2.1175>

Chaudhari, P. R., Ahire, D. V., Ahire, V. D., Chkravarty, M., & Maity, S. (2013). *Soil Bulk Density as related to Soil Texture, Organic Matter Content and available total Nutrients of Coimbatore Soil*. 3(2). <https://www.ijsrp.org/research-paper-0213/ijsrp-p1439.pdf>

Chávez A., A. R. (2015). *Comparación de dos métodos de determinación de la capacidad de intercambio catiónico en suelos de la región central de Honduras* [Zamorano: Escuela Agrícola Panamericana, 2015.]. <https://bdigital.zamorano.edu/handle/11036/4564>

Chine, M. (2022, abril 1). Mejora la producción de papa con aportaciones de Calcio vía foliar. *Agrostock Group*. <https://agrostockgroup.com/mejora-la-produccion-de-papa-con-aportaciones-de-calcio-via-foliar/>

Cuesta, X., Monteros, C., Racines, M., & Rivadeneira, J. (2022). *Catálogo de variedades de papa del Ecuador*. (Segunda edición, p. 28). chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/<https://repositorio.iniap.gob.ec/bitstream/41000/5850/1/CATALOGO%20PAPA%202022.pdf>

Đalović, I., Jockovic, D., Dugalic, G., Bekavac, G., Purar, B., Šeremešić, S., & Jockovic, M. (2012). Soil acidity and mobile aluminum status in pseudogley soils in Cacak-Kraljevo basin. *Journal of the Serbian Chemical Society*, 77, 833-843. <https://doi.org/10.2298/JSC110629201D>

Datta, S., Stivers, J. W., & Taghvaeian, S. (2017). *Understanding Soil Water Content and Thresholds For Irrigation Management*. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.35535.89765>

Day, P. (1965). *Método del hidrómetro para análisis del tamaño de partículas*. <https://www.scirp.org/reference/ReferencesPapers?ReferenceID=1203551>

Delgadillo, O., & Pérez, L. (2016). *Medición de la infiltración del agua en el suelo*. chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/[http://www.centro-agua.umss.edu.bo/wp-content/uploads/2022/04/S\\_T\\_12016\\_Medicion\\_infiltracion\\_doble\\_anilla.pdf](http://www.centro-agua.umss.edu.bo/wp-content/uploads/2022/04/S_T_12016_Medicion_infiltracion_doble_anilla.pdf)

Departamento de Agricultura & de los Estados Unidos. (2014). *Claves para la Taxonomía de Suelos*. 1-410.

Departamento de ingeniería agrícola. (2020). *Potencial hídrico del agua en el suelo—Universidad de Sucre Departamento de Ingeniería Agrícola*. <https://www.studocu.com/co/document/universidad-de-sucre/ingenieria-agricola/potencial-hidrico-del-agua-en-el-suelo/27775387>

Devaux, A., Ordinola, M., Hibon, A., & Flores, R. (2010). *El sector papa en la región andina Diagnóstico y elementos para una visión estratégica (Bolivia, Ecuador y Perú)*. 386.

<https://doi.org/chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://cipotato.org/wp-content/uploads/2014/08/005363.pdf>

Domínguez, J. M., Román, A. D., Prieto, F., & Acevedo, O. (2012). Sistema de Notación Munsell y CIELab como herramienta para evaluación de color en suelos. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 3(1), 141-155.

Enríquez, G. A. 1935-. (2014). *Guía técnica para la producción y poscosecha del café arábigo* / (1. edición). COFENAC,.

Espinosa, J. (1999). *Acidez y Encalado de los suelos*. (Primera edición). International Plant Nutrition Institute. [chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/http://nla.ipni.net/ipniweb/region/nla.nsf/e0f085ed5f091b1b852579000057902e/c093707b0327c2fe05257a40005f359f/\\$FILE/L%20Acidez.002.pdf/L%20Acidez.pdf](chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/http://nla.ipni.net/ipniweb/region/nla.nsf/e0f085ed5f091b1b852579000057902e/c093707b0327c2fe05257a40005f359f/$FILE/L%20Acidez.002.pdf/L%20Acidez.pdf)

Espinosa, J., Mite, F., Alvarado Ochoa, S., & Moreno Izquierdo, V. (2022). *Suelos Ecuador—Características, Uso y Manejo* (pp. 325-386).

Espinosa, J., & Molina, E. (2015). *Acidez y encalado de los suelos (Soil acidity and liming)*. <https://doi.org/10.13140/2.1.3888.9281>

FAO. (2014). *Claves para la Taxonomía de Suelos*. <chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://www.nrcs.usda.gov/sites/default/files/2022-10/Spanish-Keys-to-Soil-Taxonomy.pdf>

FAO. (2015). *Levantamiento de suelos “Propiedades Químicas”*. Portal de Suelos FAO. <http://www.fao.org/soils-portal/levantamiento-desuelos/propiedades-del-suelo/propiedades-quimicas/es/>

FAO. (2019). *Portal de suelos de la FAO*. <https://www.fao.org/soils-portal/soil-survey/propiedades-del-suelo/propiedades-fisicas/es/>

Flores, S. (2019). *“Alternativas de fertilización para el cultivo de papa (Solanum tuberosum L.) con el empleo de biol de producción local, microorganismos solubilizadores*

*de fósforo y extracto de algas en la Comunidad de Canchaguano, Montúfar, Carchi.*"  
[FACULTAD DE INDUSTRIAS AGROPECUARIAS Y CIENCIAS AMBIENTALES CARRERA DE  
DESARROLLO INTEGRAL AGROPECUARIO]. chrome-  
extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/http://repositorio.upec.edu.ec/bitstream  
/123456789/762/1/346%20Alternativas%20de%20fertilizaci%C3%B3n%20para%20el%20  
cultivo%20de%20papa%20-%20Canchaguano.pdf

Fuente, A. (2006). *Programacion del riego con tensiometros*. SlideShare.  
<https://es.slideshare.net/ShitoRyu64/programacion-del-riego-con-tensiometros>

García. (1988). *Suelos*. chrome-  
extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://apps1.semarnat.gob.mx:8443/dg  
eia/informe\_12/pdf/Cap3\_suelos.pdf

García, D., & Mansilla, M. (2013). *Antecedentes Técnicos para el cultivo de la papa (Solanum tuberosum) en la región de Aysen*. chrome-  
extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://bibliotecadigital.ciren.cl/server/a  
pi/core/bitstreams/74012e1c-eb83-4add-857e-afcc4994d94c/content

García, J., & Ballesteros, M. I. (2005). EVALUACIÓN DE PARÁMETROS DE CALIDAD PARA LA DETERMINACIÓN DE CARBONO ORGÁNICO EN SUELOS. *Revista Colombiana de Química*, 34(2), 201-209.

Giner, M. (2019). *El agua en el suelo: Fuerzas de retención*. chrome-  
extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://riunet.upv.es/bitstream/handle/  
10251/121154/Pach%C3%A9s%20-%20El%20agua%20en%20el%20suelo.%20Fuerzas%20de%20retenci%C3%B3n.pdf?seque  
nce=1

Gobierno Autónomo Descentralizado de Chuquiribamba. (2015, marzo 5). *PDOT Chuquiribamba Loja by Nilder A. Calderón S. - Issuu*.  
[https://issuu.com/nacalderon/docs/loja\\_pdot\\_chuquiribamba](https://issuu.com/nacalderon/docs/loja_pdot_chuquiribamba)

Gómez, L., & Mantilla, J. (2014). *Evaluación de tres métodos para determinar requerimiento de cal y correlación con curvas de incubación, en suelos ácidos de Honduras*.

chrome-

extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://bdigital.zamorano.edu/server/api/core/bitstreams/ed4e0007-1a1e-4276-829b-69d543e55e81/content

González, M., & García, D. (2013). *EN LA REGION DE AYSEN*. <https://bibliotecadigital.ciren.cl/server/api/core/bitstreams/74012e1c-eb83-4add-857e-afcc4994d94c/content>

Guerrero, J. M. (2019). Determinación de la capacidad de intercambio catiónico por el método del formaldehído. *Universidad Nacional Agraria La Molina*. <http://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/20.500.12996/4116>

Hernández, J., & Martínez, J. (2013). *Rendimiento de papa con fuentes de fertilización mineral en un Andosol del Estado de México\** *Potato yield with mineral fertilizer on Andosol soils in the State of Mexico*. 4(6). <https://www.scielo.org.mx/pdf/remexca/v4n6/v4n6a5.pdf>

Hernández, L. (2022). *Plan de fertilización del área agrícola,.pdf*.

Herrera, J. E., & Scott, G. J. (1993). Factores limitantes a la producción y uso de la papa: Resultados de la encuesta a los programas nacionales de america latina. *Revista Latinoamericana de la Papa*, 5(1), Article 1. <https://doi.org/10.37066/ralap.v5i1.63>

Ierna, A., Pandino, G., Lombardo, S., & Mauromicale, G. (2011). *ABSORCIÓN DE MACRONUTRIENTES POR PLANTAS DE PAPA (Solanum tuberosum L.) EN LA PRODUCCIÓN DE TUBÉRCULO-SEMILLA*. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0378377411002319>

INIA. (2015). *Semana de la Ciencia y Tecnología Jornada de Puertas Abiertas*. chrome-

extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/http://inia.uy/Documentos/P%C3%BAblcos/INIA%20Tacuaremb%C3%B3/2015/El%20Suelo%2020%20de%20mayo.pdf

Inostroza, J. (2022). *FERTILIZACIÓN DEL CULTIVO DE LA PAPA*. chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://biblioteca.inia.cl/bitstream/handle/20.500.14001/7275/NR36479.pdf?sequence=9&isAllowed=y

Inostroza, J., Méndez, P., Espinoza, N., Acuña, I., Navarro, P., Cisternas, E., & Larraín, P. (2017). *Manual del cultivo de la papa en Chile. Boletín INIA N° 10. Instituto de Investigaciones* [INIA].  
<https://biblioteca.inia.cl/bitstream/handle/20.500.14001/6706/Bolet%C3%ADn%20INIA%20N%C2%B0%20375?sequence=1&isAllowed=y>

Kopecky. (1914). "Die physikalische eigenschaften des Bodens". ntern. Mitteil, fur Bodenkunde.  
[https://www.researchgate.net/publication/361969010\\_Variacion\\_de\\_la\\_Densidad\\_Aparente\\_para\\_diferentes\\_contenidos\\_de\\_agua\\_en\\_suelos\\_cubanos\\_Variation\\_of\\_Bulk\\_Density\\_for\\_different\\_water\\_contents\\_in\\_Cuban\\_soils/link/62cee6fb0c0767331a88da98/download?\\_tp=eyJjb250ZXh0Ijp7ImZpcnN0UGFnZSI6InB1YmxpY2F0aW9uIiwicGFnZSI6InB1YmxpY2F0aW9uIn19](https://www.researchgate.net/publication/361969010_Variacion_de_la_Densidad_Aparente_para_diferentes_contenidos_de_agua_en_suelos_cubanos_Variation_of_Bulk_Density_for_different_water_contents_in_Cuban_soils/link/62cee6fb0c0767331a88da98/download?_tp=eyJjb250ZXh0Ijp7ImZpcnN0UGFnZSI6InB1YmxpY2F0aW9uIiwicGFnZSI6InB1YmxpY2F0aW9uIn19)

Kwenda, S., Motlolometsi, T. V., Birch, P. R. J., & Moleleki, L. N. (2016). RNA-seq Profiling Reveals Defense Responses in a Tolerant Potato Cultivar to Stem Infection by *Pectobacterium carotovorum* ssp. *Brasiliense*. *Frontiers in Plant Science*, 7.  
<https://doi.org/10.3389/fpls.2016.01905>

LabFerrer. (2016, octubre 25). *Introducción al Potencial Hídrico del suelo. Parte I - BLOG BIOFÍSICA AMBIENTAL*. <https://blog.biofisicaambiental.com/introduccion-al-potencial-hidrico-del-suelo-parte-i/>

Lal. (2004). Impactos del secuestro de carbono en el suelo a nivel mundialCambio climático y seguridad alimentaria. *science*, 304.  
[https://www.academia.edu/1950572/Soil\\_carbon\\_sequestration\\_impacts\\_on\\_global\\_climate\\_change\\_and\\_food\\_security](https://www.academia.edu/1950572/Soil_carbon_sequestration_impacts_on_global_climate_change_and_food_security)

Lanfranco, J., Pellegrini, A., & Cattani, V. (2014). *Contenidos de edafología. Génesis, evolución y propiedades físico-químicas del suelo*. Universidad Nacional de La Plata.

Loaiza, A. A. A., & Paute, Á. R. C. (2015). *DETERMINACIÓN DEL RENDIMIENTO HÍDRICO EN CUATRO ECOSISTEMAS DE LA REGIÓN SUR DEL ECUADOR* [Universidad Nacional de Loja]. [chrome-](https://chrome-)

extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://dspace.unl.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/11298/1/Tesis%20Ayora\_Carpio%202015.pdf

López, M., & Estrada, H. (2015, mayo). *Propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo*. 8(1), 1-11.

López, R., & Sánchez, M. Z. (2018). 12. *Manejo del Agua de Riego en el Cultivo de Papa*. chrome-

extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://biblioteca.inia.cl/bitstream/handle/20.500.14001/6856/NR42007.pdf?sequence=18&isAllowed=y

Luna, C. (2006). *Aumento de la Productividad de Caña de Azúcar por Unidad de Área Cultivada*. <https://www.siiiba.conadesuca.gob.mx/siica/Consulta/verDoc.aspx?num=218>

Medina, L. (2016). Centro de Investigación y Desarrollo Tecnológico en Electroquímica, S.C. *Mundo Nano. Revista Interdisciplinaria en Nanociencia y Nanotecnología*, 9(16), 148. <https://doi.org/10.22201/ceiich.24485691e.2016.16.56909>

Mendoza, C., Sifuentes, E., & Ramírez, C. (2015). *CURVAS DE DEMANDA NUTRIMENTAL DEL CULTIVO DE PAPA (Solanum tuberosum L.) DE LA VARIEDAD FIANNA*. 16. chrome-

extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://riiit.com.mx/apps/site/files/curvas\_de\_demanda\_nutritional\_del\_cultivo\_de\_papa\_solanum\_tuberosum\_l.\_de\_la\_variedad\_fianna..pdf

Moposita, D. A. M. (2021). *TESIS DE GRADO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO AGROFORESTAL OTORGADO POR LA UNIVERSIDAD ESTATAL DE BOLIVAR A TRAVES DE LA FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS, RECURSOS NATURALES Y MEDIO AMBIENTE, ESCUELA DE INGENIERIA AGROFORESTAL*. UNIVERSIDAD ESTATAL DE BOLIVAR FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS, RECURSOS NATURALES Y DEL AMBIENTE ESCUELA DE INGENIERIA AGROFORESTAL.

Morales, J. L., Hernández, J., & Rebollar, S. (2013). Rendimiento de papa con fuentes de fertilización mineral en un Andosol del Estado de México. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 4(6), 881-893.

Moreno, L., Castaño, S., Jiménez, E., & Román, A. (2008). *DISEÑO, EJECUCIÓN Y PUESTA A PUNTO DE PROCEDIMIENTOS DE LABORATORIO Y MÉTODOS DE CAMPO PARA LA CARACTERIZACIÓN DEL COMPORTAMIENTO HIDRÁULICO DE LA ZONA NO SATURADA*. chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://info.igme.es/SidPDF/130000/302/130302\_0000001.pdf

Mosquero, F. (2017). "VARIABILIDAD ESPACIAL DE PROPIEDADES FÍSICAS Y QUÍMICAS EN UN SUELO AGRÍCOLA EN EL VALLE DEL MANTARO" [UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA]. <https://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12996/2923/P33-M6-T.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Navarro, G., & Navarro, S. (2003). *Química Agrícola Segunda Edición*. 1-438.

Olivia, D. (2009). *Determinación de la acidez intercambiable (Al+3+H+) a partir del pH para la estimación de la capacidad de intercambio catiónico (CIC) en suelos de la cuenca del Pacífico en El Salvador, Honduras y Nicaragua* [ZAMORANO CARRERA DE CIENCIA Y PRODUCCIÓN AGROPECUARIA]. <https://bdigital.zamorano.edu/server/api/core/bitstreams/3f679f2b-7df3-42d4-93ba-cfd0a3619e7d/content>

Olortino, G. P. (2016). *ESTUDIO FÍSICOQUÍMICO DEL SUELO DEL SISTEMA DE ANDENERÍA DEL CENTRO POBLADO CACRA, PROVINCIA DE YAUYOS, LIMA*. [PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ]. [https://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/20.500.12404/7010/RUIZ\\_OLOR\\_TINO\\_GEAN\\_PIERRE\\_ESTUDIO\\_FISICO\\_QUIMICO\\_SUELO\\_YAUYOS.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/20.500.12404/7010/RUIZ_OLOR_TINO_GEAN_PIERRE_ESTUDIO_FISICO_QUIMICO_SUELO_YAUYOS.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. (2009). *Guía y Claves para la Descripción de Perfiles de Suelos*. <https://www.fao.org/3/a0541s/a0541s.pdf>

Pauta, A. (2019). *ANÁLISIS DE LOS SISTEMAS PRODUCTIVOS AGRARIOS BAJO RIEGO, CANAL AGUARONGO DE LA PARROQUIA CHUQUIRIBAMBA, DEL CANTÓN Y PROVINCIA DE*

LOJA. [Universidad Nacional de Loja]. chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://dspace.unl.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/22611/1/Angel%20Balbino%20Pauta%20Cuenca.pdf

Perez, C. (2020). *ESTIMULACIÓN ELÉCTRICA PARA EL INCREMENTO EN LA GERMINACIÓN Y CRECIMIENTO DE Cucumis sativus EN UN ANTROSOL EMPLEANDO ELECTRODOS MODIFICADOS CON ÓXIDOS DE METALES DE TRANSICIÓN* [Posgrado interinstitucional ciencia y tecnología]. <http://www.mundonano.unam.mx/ojs/index.php/nano/article/view/56909>

Porras, P. (2005). *Problemática general del sistema productivo de papa con énfasis en fisiología y manejo de suelos*. 103.

Porta, J., Acevedo, M., & Roquero, C. (2008). *Edafología para la agricultura y el medio ambiente*. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/libro?codigo=122479>

Porta, J., Lopez, M., & Poch, C. (2014). *Edafología: Uso y protección de suelos* (3.<sup>a</sup> ed.). Ediciones Mundi-Prensa. <https://books.google.com.ec/books?id=7x1fAwAAQBAJ&printsec=copyright#v=onepage&q&f=false>

Pumisacho, M., & Sherwood, S. (2002). *El cultivo de la papa en Ecuador*. <https://cipotato.org/wp-content/uploads/Documentacion%20PDF/Pumisacho%20y%20Sherwood%20Cultivo%20de%20Papa%20en%20Ecuador.pdf>

Ramírez, P. (2023). *Evaluación de la calidad del suelo bajo diferentes tipos de usos, mediante parámetros físicos y químicos en la parroquia 12 de diciembre, cantón Pindal, provincia de Loja*. [Universidad Nacional de Loja]. chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://dspace.unl.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/27307/1/PaolaGabriela\_Ram%c3%adrezVera.pdf

Raphel, S. (2023). *Dolomita (Mineral): Descripción general* | Temas ScienceDirect. <https://www.sciencedirect.com/topics/earth-and-planetary-sciences/dolomite-mineral>

RELASE. (2016). *Informe de gestión correspondiente al año 2015*. Recuperado de RELASE. website: [http://www.agrocalidad.gob.ec/wpcontent/uploads/pdf/laboratorios/suelosfoliaresaguas/INFORME%20DE%20LA%20RED%20NACIONAL%20DE%20LABORATORIOS%20DE%20SUELOS%20\(RELASE\)%20INFORME%20GESTI%C3%93N%202015.pdf](http://www.agrocalidad.gob.ec/wpcontent/uploads/pdf/laboratorios/suelosfoliaresaguas/INFORME%20DE%20LA%20RED%20NACIONAL%20DE%20LABORATORIOS%20DE%20SUELOS%20(RELASE)%20INFORME%20GESTI%C3%93N%202015.pdf)

Rodríguez, R., & Lotero, J. (1968). *Características físicas y químicas de los suelos*. 10-18.

Romera, E., & Santos, M. (2013). *INFILTRACIÓN Y HUMEDAD DEL SUELO*. [https://ocw.ehu.es/pluginfile.php/47724/mod\\_resource/content/1/Material\\_Docente/Tema\\_4.pdf](https://ocw.ehu.es/pluginfile.php/47724/mod_resource/content/1/Material_Docente/Tema_4.pdf)

Romero, M., Cid, G., González, F., & López, T. (2020). *Curvas tensión humedad y función conductividad hidráulica en suelos Pardos*. 10(2). chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/<https://www.redalyc.org/journal/5862/586263256004/586263256004.pdf>

Rucks, L., Garcia, F., Kaplán, A., Ponce de León, J., & Hill, M. (2004a). *Propiedades físicas del suelo*. chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/<https://bibliofagro.pbworks.com/f/propiedades+fisicas+del+suelo.pdf>

Rucks, L., Garcia, F., Kaplán, A., Ponce de León, J., & Hill, M. (2004b). *Propiedades Físicas del Suelo* (pp. 1-68). <https://bibliofagro.pbworks.com/f/propiedades+fisicas+del+suelo.pdf>

Sadzawka, A., & Campillo, R. (2006). *ENCALADO DE LOS SUELOS. CARACTERIZACIÓN Y MANEJO DE ENMIENDAS CALCÁREAS*. chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/<https://biblioteca.inia.cl/bitstream/handle/20.500.14001/8532/NR33854.pdf?sequence=11&isAllowed=y>

Sifuentes, E., Ojeda, W., Mendoza, C., Macías, J., Rúelas, J. del R., & Inzunza, M. A. (2013). *Nutrición del cultivo de papa (Solanum tuberosum L.) considerando variabilidad*

climática en el «Valle del Fuerte», Sinaloa, México. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 4(4), 585-597.

SIPA. (2023). *Cifras Agroproductivas*.  
<http://sipa.agricultura.gob.ec/index.php/cifras-agroproductivas>

Soto, M. (2018). *Bases de cambio en el suelo*. chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://m.riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/105101/Soriano%20-%20Bases%20de%20cambio%20en%20el%20suelo.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Soto, R. (2022a). *EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS DE LOS SUELOS EN EL SISTEMA DE RIEGO AGUARONGO-ZAÑE DE LA PARROQUIA CHUQUIRIBAMBA* Allaguazo..pdf.  
<https://dspace.unl.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/24670/1/Ruben%20Dario%20Soto%20Collaguazo..pdf>

Soto, R. (2022b). *Ruben Dario Soto CoEVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS DE LOS SUELOS EN EL SISTEMA DE RIEGO AGUARONGO-ZAÑE DE LA PARROQUIA CHUQUIRIBAMBA* Allaguazo..pdf.  
<https://dspace.unl.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/24670/1/Ruben%20Dario%20Soto%20Collaguazo..pdf>

Úbeda, J., & Delgado, Y. (2018). La infiltración del agua en los suelos y componentes artificiales y materia orgánica que se utilizan en ellos para la agricultura. *Rev. iberoam. bioecon. cambio clim.*, 4(7), 889-896. <https://doi.org/10.5377/ribcc.v4i7.6299>

Valarezo, C., Iñiguez, M., Valarezo, L., & Guaya, P. (1998). *Condiciones físicas de los suelos de la región sur del Ecuador—Loja*.

Valarezo, L., Valarezo, C., & Mancino, M. (2020). *Producción Agropecuaria Sostenible en Suelos Arcillosos del Piso Templado Andino del Sur del Ecuador*.pdf. chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://unl.edu.ec/sites/default/files/archivo/2021-01/Produccio%CC%81n%20Agropecuaria%20Sostenible%20en%20Suelos%20Arcillosos%20del%20Piso%20Templado%20Andino%20del%20Sur%20del%20Ecuador.pdf

Vargas, C. (2012). "CARACTERIZACIÓN FÍSICO-QUÍMICA DE SUELOS EN PLANTACIONES DE *Pinus radiata* EN ACOSA, PARROQUIA LASSO, CANTÓN LATACUNGA, PROVINCIA DE COTOPAXI". ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE RECURSOS NATURALES ESCUELA DE INGENIERÍA FORESTAL.

Vásquez, A., Vásquez, I., Vásquez, C., & Cañamero, M. (2017). *Fundamentos de la ingeniería de riegos*. UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA. <https://www.fondoeditorialunalm.com/wp-content/uploads/2020/09/ingenieria-deriegos.pdf>

Vega, M. (2014). *EFFECTO DE LA MATERIA ORGANICA Y ENCALADO DEL SUELO EN CEBADA (*Hordeum vulgare* L.) VARIEDAD UNA 96 CULTIVADO EN INVERNADERO* [UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA FACULTAD DE AGRONOMIA]. chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12996/1502/t006823.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Vélez, H. (2014). *Determinación de las curvas de retención de humedad de un suelo mediante diferentes metodologías para su aplicación en el manejo del riego* [Universitat Politècnica de València]. <http://polipapers.upv.es/index.php/IA/article/view/3293>

Villafuerte, O. (2008). *Requerimientos edafoclimáticos de la papa*. Disponible en [http://www.agroancash.gob.pe/public/articulos/aip2008/temas/req\\_edafoclimaticos.htm](http://www.agroancash.gob.pe/public/articulos/aip2008/temas/req_edafoclimaticos.htm).

Villamagua, M. (2022). *UNL incrementa en un 40% el rendimiento agrícola en Chuquiribamba*. <https://www.lahora.com.ec/loja/unl-incrementa-agricola-chuquiribamba/>

Vistoso, E., & Martínez, J. (2020). *Aguadas superficiales para conservación del suelo y almacenamiento de agua en la región de Los Ríos*. <https://biblioteca.inia.cl/handle/20.500.14001/3979>

Wan, W., Tan, J., Wang, Y., Qin, Y., He, H., Wu, H., Zuo, W., & He, D. (2020). Responses of the rhizosphere bacterial community in acidic crop soil to pH: Changes in

diversity, composition, interaction, and function. *The Science of the Total Environment*, 700, 134418. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.134418>

White, P., Wheatley, R., Hammond, J., & Zhang, K. (2007). Minerals, Soils and Roots. En *Potato Biology and Biotechnology: Advances and Perspectives* (pp. 739-752). <https://doi.org/10.1016/B978-044451018-1/50076-2>

White, R. (2006). *Principles and Practice of Soil Science. The Soil as a Natural Resource*. (cuarta). <https://www.pdfdrive.com/principles-andpractice-of-soil-science-the-soil-as-a-natural-resource-d34478756.html>

Wieczorek, P. (1979). *Fertilización de la Papa (Solanum tuberosum L.) en Colombia*. Curso Internacional sobre Producción de Semilla de Papa.

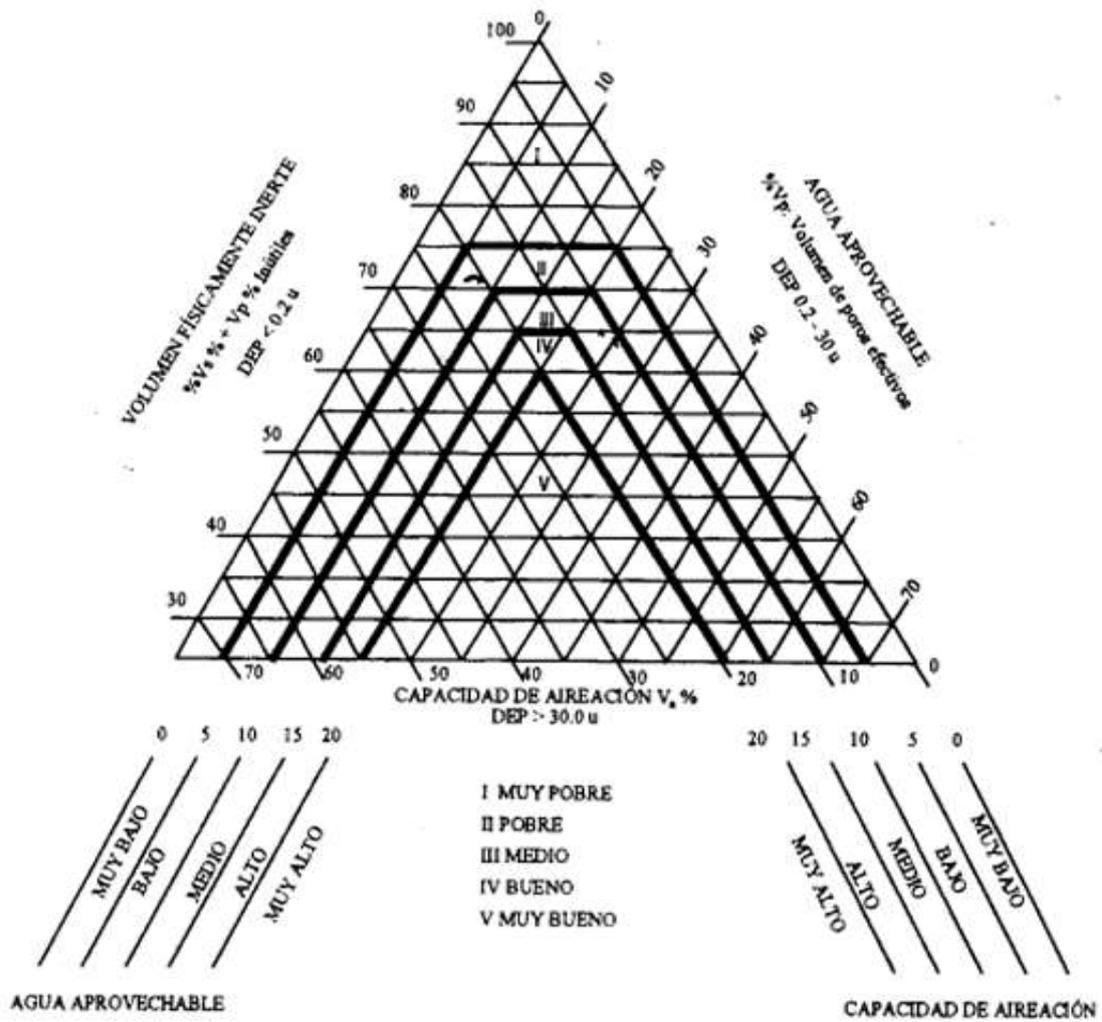
Zambrano, P. (2019). *EVALUACIÓN QUÍMICA Y BIOLÓGICA DE LA FERTILIDAD DEL SUELO EN LOS SISTEMAS AGROFORESTALES CON CAFÉ DE LOS SECTORES CONSAPAMBA Y PUEBLO NUEVO DE LOS CANTONES ESPÍNDOLA Y LOJA* [Universidad Nacional de Loja]. <chrome-extension://efaidnbnmnnibpcajpcglclefindmkaj/https://dspace.unl.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/22576/1/PAOLA%20LOURDES%20ZAMBRANO%20SARANGO.pdf>

Zapata, R. (2016). *Medida de la acidez en los suelos*. <https://repositorio.unal.edu.co/bitstream/handle/unal/3280/9583367125.5.pdf?sequence=7>

Zaragoza. (2010). *PRODUCTOS DE SEPHU PARA MEJORAR EL ABONADO, LA PROTECCIÓN DEL CULTIVO, EL AUMENTO DE LA PRODUCCIÓN Y CALIDAD DE LA PAPA, MANTENIMIENDO DE LA FERTILIDAD DE LOS SUELOS DE CULTIVO*.

## **11. Anexos**

**Anexo 1.**Diagrama triangular para evaluación de las condiciones físicas del suelo.



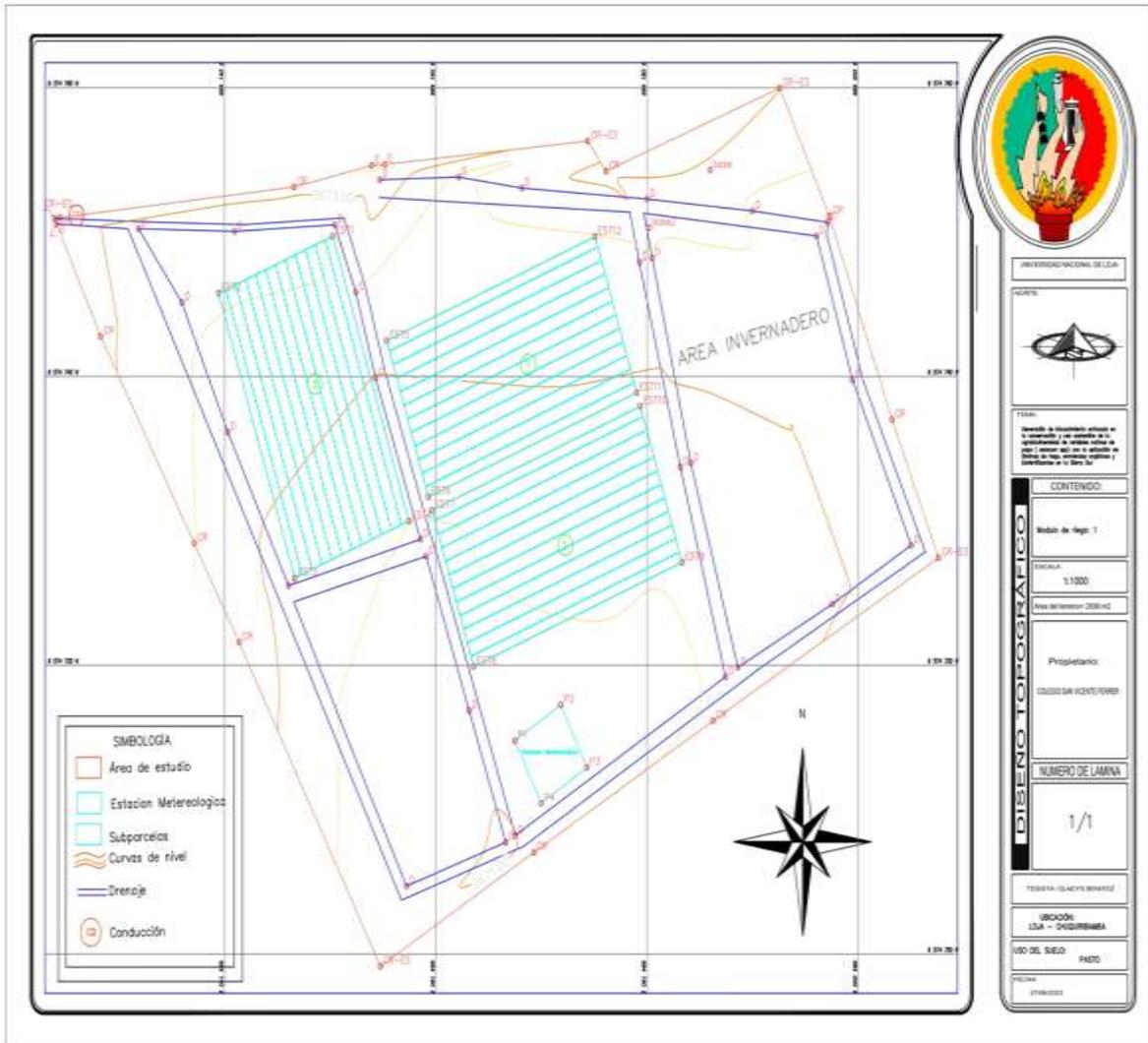
Fuente: Valarezo et al.1998

*Anexo 2. Levantamiento topográfico y replanteo.*



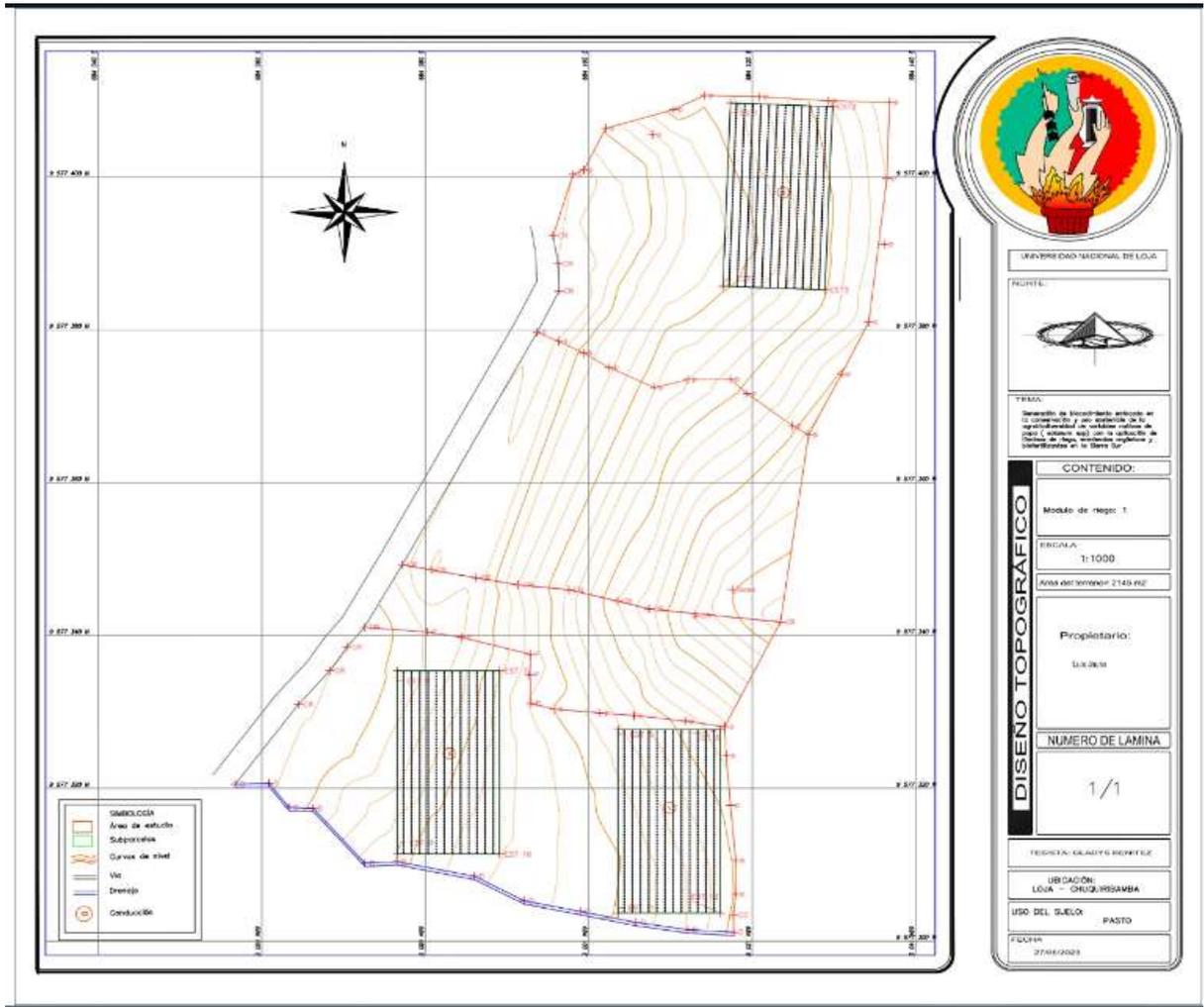
*Anexo 3. Diseño de la distribución de las parcelas del sector Simón Bolívar.*

**Sector San Vicente (pendiente 0 – 8 %) Módulo 1.**



**Sector Simón Bolívar (pendiente 8 – 25 %) Módulo 1.**

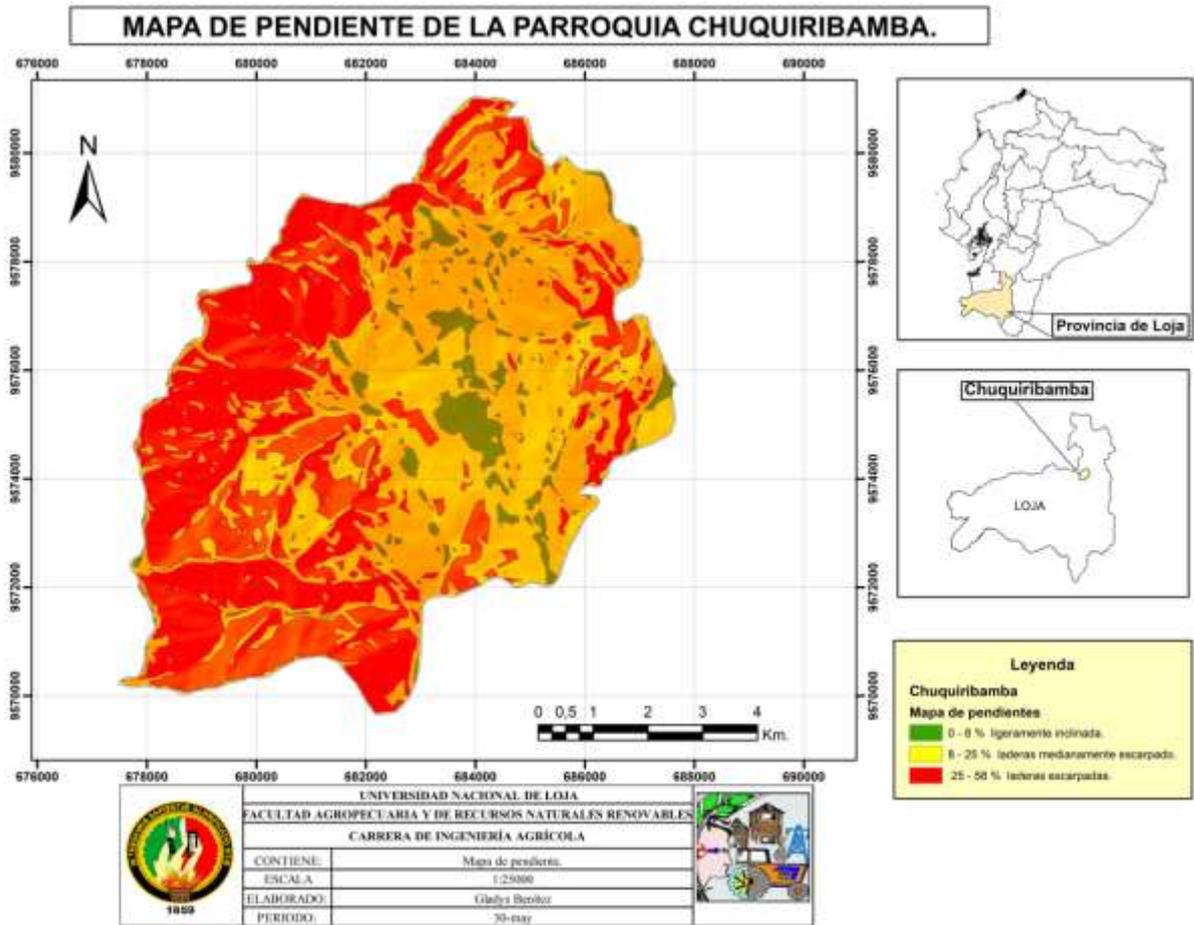




Anexo 4. Descripción de los perfiles del suelo de la zona de estudio.



Anexo 5. Mapa de pendientes de la zona de estudio.



**Anexo 6.** Análisis del material parental en la zona de estudio.

En la pendiente de 0 - 8 % en el sector San Vicente, con cobertura de pasto se encuentra andesita basáltica y basalto alterados con óxidos de Fe y presencia de sulfuros como piritita (composición).



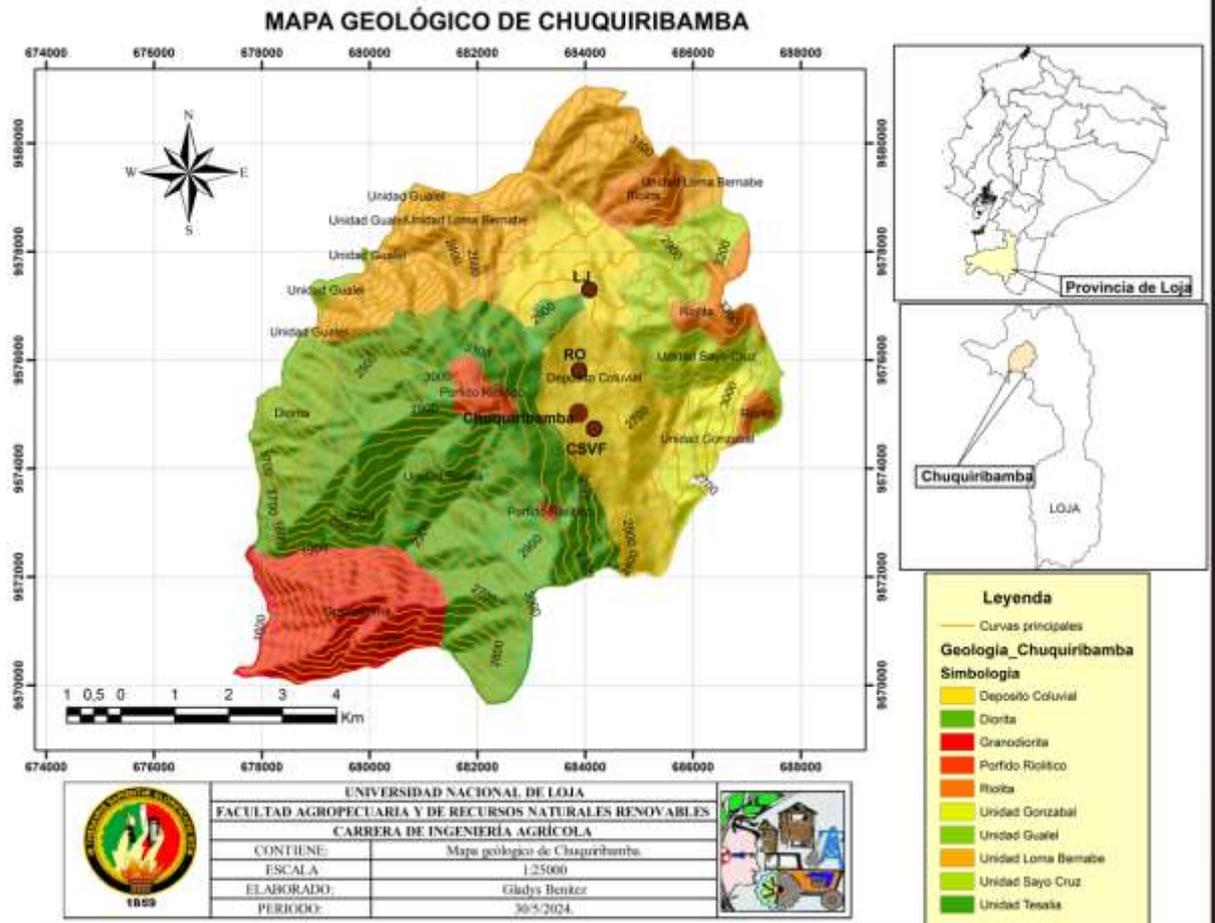
En la pendiente de 8 - 25 % en el sector Simón Bolívar con cobertura de maíz y hortalizas corresponde a basalto, toba basáltica y toba andesítica con materiales como la plagioclasa, biotita, hornblenda y minerales de óxido de hierro.



En la pendiente de 25- 52 % en el sector Plazuela con cobertura de pasto posee un material parental de toba basáltica con materiales como el cuarzo, plagioclasa, feldespatos alterados por óxido de Fe (limolita).



*Anexo 7. Mapa Geológico de Chuquiribamba.*



**Anexo 8.** Pruebas de infiltración.



**Anexo 9.** Toma de muestras para enviar a laboratorio.



Anexo 10. Resultados de los análisis químicos del suelo.

	<b>ESTACION EXPERIMENTAL TROPICAL "PICHILINGUE"</b> LABORATORIO DE SUELOS, TEJIDOS VEGETALES Y AGUAS Km. 5 Carretera Quevedo - El Empalme; Apartado 24 Quevedo - Ecuador Teléf: 052 783044 suelon.etp@iniap.gob.ec
---	---

**REPORTE DE ANALISIS DE SUELOS**

<b>DATOS DEL PROPIETARIO</b> Nombre : BENITEZ SOTO-GLADYS ESPERANZA Dirección : LOJA / LOJA Ciudad : LOJA Teléfono : 0996320452 Fax : gladys.benitez@uml.edu.ec	<b>DATOS DE LA PROPIEDAD</b> Nombre : Gladys Esperanza Provincia : Loja Cantón : Loja Parroquia : Chuquiribamba Ubicación : Chuquiribamba	<b>PARA USO DEL LABORATORIO</b> Cultivo Actual : Barbecho de maíz N° de Reporte : 111511 Fecha de Muestreo : 10/12/2023 Fecha de Ingreso : 14/12/2023 Fecha de Salida : 23/2/2024
--	--	--

N° Muestr.	mg/100ml			dS/m	(%)		Ca	Mg	Ca+Mg	mg/100ml	mg/100g	ppm	Textura (%)			Clase Textural
	Al+H	Al	Na		C.E.	M.O.							Mg	K	Σ Bases	
111505	0,11	0			2,2	B	4,6	7,14	40,48	17,53	21,25		34	32	34	Franco-Arcilloso
111506	5,29	T	4,21	T	11,2	A	10,0	6,50	71,50	19,79	17,33		50	42	8	Franco-Arenoso
111507	5,31	T	4,41	T	3,6	M	4,8	3,79	22,18	25,48	22,90		34	60	6	Franco-Limoso



La información contenida en este informe  
 constituye un servicio de apoyo técnico  
 brindado al cliente.

INTERPRETACION					
Al+H, Al y Na		C.E.		M.O. y Cl	
B	= Bajo	NS	= No Salino	S	= Salino
M	= Medio	LS	= Lig Salino	MS	= Muy Salino
T	= Tóxico			M	= Medio
				A	= Alto

ABREVIATURAS
C.E. = Conductividad Eléctrica
M.O. = Materia Orgánica
RAS = Relación de Adsorción de Sodio

METODOLOGIA USADA
C.E. = Conductímetro
M.O. = Tratamiento de Walkley Black
Al+H = Titulación con NaOH

  
 RESPONSABLE DPTO. SUELOS Y AGUAS

  
 RESPONSABLE LABORATORIO



**ESTACION EXPERIMENTAL TROPICAL "PICHILINGUE"**  
**LABORATORIO DE SUELOS, TEJIDOS VEGETALES Y AGUAS**  
 Km. 5 Carretera Quevedo - El Empalme; Apartado 24  
 Quevedo - Ecuador; Telef: 052 783044 suelos.etp@iniap.gob.ec

**REPORTE DE ANALISIS DE SUELOS**

DATOS DEL PROPIETARIO		DATOS DE LA PROPIEDAD		PARA USO DEL LABORATORIO	
Nombre	: BENITEZ SOTO GLADYS ESPERANZA	Nombre	: Gladys Esperanza	Cultivo Actual	: Barbecho de maiz
Dirección	: LOJA / LOJA	Provincia	: Loja	N° Reporte	: 11511
Ciudad	: LOJA	Cantón	: Loja	Fecha de Muestreo	: 10/12/2023
Teléfono	: 0996320452	Parroquia	: Chuquiribamba	Fecha de Ingreso	: 14/12/2023
Fax	: gladys.benitez@iniap.gob.ec	Ubicación	: Chuquiribamba	Fecha de Salida	: 23/2/2024

N° Muestr. Laborat.	Datos del Lote		pH	ppm		mg/100ml					ppm				
	Identificación	Area		NH <sub>4</sub>	P	K	Ca	Mg	S	Zn	Cu	Fe	Mn	B	
111505	MICPP1H1		5,7	29 M	60 A	0,42 A	14 A	3,0 A	15 M	5,1 M	19,4 A	222 A	21,1 A	0,16 B	
111506	MILJP1H1		4,5	22 M	33 A	0,20 M	13 A	1,3 M	11 M	1,0 B	2,9 M	226 A	14,6 M	0,57 M	
111507	MIROP2H1		4,5	32 M	34 A	0,87 A	16 A	3,3 A	15 M	4,4 M	2,8 M	192 A	26,9 A	1,31 A	



Los datos son válidos en el momento de la impresión.  
 Para mayor información consulte los resultados en los resultados.

INTERPRETACION				METODOLOGIA USADA		EXTRACTANTES	
pH				pH		Gitan Modificado	
M/Ac = Muy Acido	L/Ac = Liger. Acido	L/N = Liger. Alcalino	RC = Requiere Cal	N/Ac = Suelo agua (1:2,5)	N,P,K,Ca,Mg,Cu,Fe,Mn,Zn		Fertico de Calcio Modificado R,S
Az = Acido	PN = Prac. Neutr	M/Ac = Media Alcalino	B = Bajo	N/P/B = Colorimetria	K,Cu,Mg,Cu,Fe,Mn,Zn		
M/Ac = Media Acido	N = Neutr	A = Alcalino	M = Medio	S = Turbidimetria			
				A = Alto		Absorción atómica	

*[Signature]*  
 RESPONSABLE DPTO. SUELOS Y AGUAS

*[Signature]*  
 RESPONSABLE LABORATORIO

**ESTACION EXPERIMENTAL TROPICAL "PICHILINGUE"**  
**LABORATORIO DE SUELOS, TEJIDOS VEGETALES Y AGUAS**  
 Km 5 Carretera Quevedo - El Empalme  
 Mocache - Ecuador Teléfono: 2783044 Ext. 201

Nombre del Propietario:	BENITEZ SOTO GLADYS ESPERANZA	Tel:	0996320452	Reporte N°:	11704
Nombre de la Propiedad:	Chuquiribamba	Cultivo:	Loja	Fecha de muestreo:	10/12/2023
Localización:	Parroquia	Cantón	Loja	Fecha de ingreso:	07/02/2024
			Provincia	Fecha salida resultados:	26/02/2024

Número de Laboratorio	Identificación de las Muestras	meq/100ml				
		K	Ca	Mg	Na	Suma
111505	MICPP1H1	0.49	15.23	3.20	1.31	17.65
111506	MILJP1H1	0.28	13.12	1.60	1.33	14.49
111507	MIROP2H1	1.12	16.42	3.40	0.96	20.29

Observaciones: \_\_\_\_\_

*[Signature]*  
 Dr. Manuel Carrillo Zenteno  
 RESPONSABLE DPTO.

*[Signature]*  
 LABORATORISTA



**Anexo 11.** Ficha de descripción de los perfiles de suelos del sector Simón Bolívar en los predios seleccionados en función a la pendiente del terreno.

## FICHA DE DESCRIPCION DE PERFILES DE SUELOS

**Código** M1CP1 **Fecha:** 19/10/2023 **Autor:** Fernanda Livisaca, Gabriela Abad, Rubén Soto, Gladys Benitez **Sitio:** Colegio San Vicente Ferrer

**Altitud** (msnm.): 2679,6 **Coordenadas:** 684160,233 E 9574739,687 N

**Paisaje:** pie de monte; **Tipo de relieve:** terraza. **Forma del Terreno:** pendiente baja.

**Pendiente:** 2%

**Uso Actual o cobertura vegetal:** Hortalizas

**Condiciones de Humedad:** húmedo, **Pedregosidad superficial:** 0%; Tamaño: 0 cm

**Afloramientos rocosos:** 2 % **Tipo:** Pedregón, **Material parental:** Deposito coluvial: Predominio de avalanchas con bloques angulosos de rocas volcánicas y metamórficas andesitas.

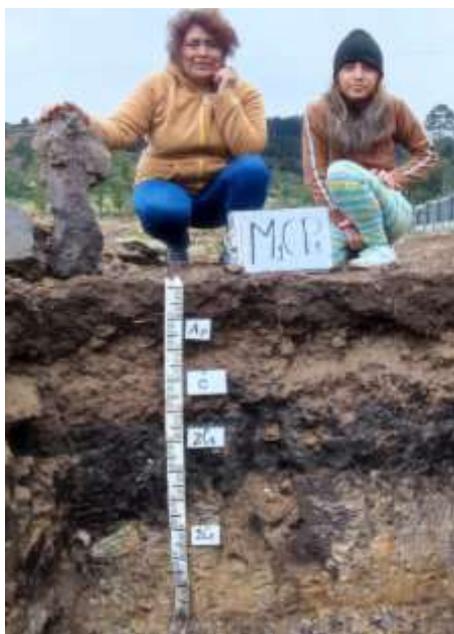
**Presencia de Sales o Alcalis:** libre

**Drenaje:** Pobre.

**Grietas:** Ancho/distancia/profundidad: 7 cm. 8cm, 0,5 cm.

**Erosión:** Ligero

**Profundidad Efectiva:** 25 cm



## DESCRIPCION GENERAL DEL PERFIL

Suelo muy profundo formado 4 horizontes, el superior Ap de 12 cm de espesor, con raíces finas, medias, comunes y pocas, un horizonte C de 22 cm de espesor con fragmentos rocosos son pocas, gravas y de forma redondas con raíces finas y comunes, un horizonte 2Ct de 52 cm de espesor, un horizonte 2C1 que se extiende hasta más profundo. El suelo está bien drenado internas raíces finas y pocas, se observan hasta 25 cm de profundidad.

#### **Descripción individual de los horizontes o capas M1CP1:**

Ap 00 – 12 cm Marrón amarillento oscuro (10YR 3/4) en húmedo, marrón (10YR 4/3) en seco; franco arcillo limoso al tacto; estructura migajosa a bloques subangulares, fina y media, de grado débil; ligeramente adherente, ligeramente plástico, suelto y friable en húmedo; poros pocos y micro; raíces comunes- pocas, medios y finas; límite brusco y plano: cutanes de espesor delgados y discontinuos.

C1 12-22 cm Marrón amarillento oscuro (10YR 4/4) en húmedo; franco arcilloso al tacto; estructura bloques granulares y migajosa, fina a muy fina, de grado débil a moderado; adherente, plástico, extremadamente firme en húmedo; poros gruesos y muchos; raíces comunes, finas y medias; límite brusco y interrumpido, cuenta con fragmentos rocosos muy pocos, grava y de forma redondeada, cutanes de espesor delgados y discontinuos.

C2 22 - 52 cm Marrón grisáceo oscuro (10YR 4/2) 15%, amarillo parduzco (10 YR 6/8)85% en húmedo; arcilloso arenoso al tacto; sin estructura; adherente, plástico y 10% suelto y 90% muy firme en húmedo; poros pocos de finos a micro; raíces muy pocas, finas y gruesas; límite brusco y plano.

2C1 52 - 110 cm Gris claro (7.5 YR 7/1) 20%, amarillo (10YR 7/8) 80 % en húmedo; arcilloso areno limoso al tacto; estructura masiva; ligeramente adherente, ligeramente plástico, firme en húmedo; poros pocos y micro; limite neto y plano, cuenta con fragmentos rocosos muy pocos, piedra y de forma redondeada.

**Código M1CP2 Fecha:** 19/10/2023 **Autor:** Fernanda Livisaca, Gabriela Abad, Rubén Soto, Gladys Benitez **Sitio:** Colegio San Vicente Ferrer

**Altitud (msnm.):** 2674,8 **Coordenadas** 684164,253 E 9574771,556 N

**Paisaje:** Pie de monte, **Tipo de relieve:** terraza, **Forma del Terreno:** Pendiente baja,

**Pendiente:** 2%

**Uso Actual o cobertura vegetal:** Hortalizas

**Condiciones de Humedad:** húmedo, **Pedregosidad superficial:** 0%; Tamaño: 0cm

**Afloramientos rocosos:** 0 % Tipo :0 **Material parental:** Deposito coluvial: Predominio de avalanchas con bloques angulosos de rocas volcánicas y metamórficas andesitas.

Presencia de Sales o Alcalis: libre

**Drenaje:** pobre;

**Grietas:** Ancho/distancia/profundidad: 7 cm. 8cm, 0,5 cm.

**Erosión:** Ligero.

**Profundidad Efectiva:** 30 cm



#### DESCRIPCION GENERAL DEL PERFIL

Un suelo formado por 4 horizontes: Ap/BC/C1/C2. El sistema radicular llega hasta los 30 cm, presenta cutanes en el horizonte BC, una estructura blocosa, fragmentos rocosos en los horizontes BC/C1/C2. Alto contenido de arcilla en todos los horizontes.

#### Descripción individual de los horizontes o capas M1CP1:

Ap 00 – 12 cm Marrón amarillento oscuro (10YR 3/4) en húmedo; franco arcillo limoso al tacto; estructura migajosa a bloques subangulares, fina y media, débilmente desarrollada; ligeramente adherente, ligeramente plástico, suelto y friable en húmedo; poros pocos y micro; raíces comunes, pocas, medias, finas; límite brusco y plano.

BC 12-22 cm Marrón amarillento oscuro (10YR 4/4) en húmedo; franco arcilloso al tacto; estructura bloques granulares y migajosa, fina a muy fina, débilmente a moderadamente desarrollada; adherente, plástico, extremadamente firme en húmedo; poros gruesos, muchos; raíces comunes, finas y medias; límite brusco e interrumpido, fragmentos rocosos muy pocos, grava y de forma redondeada, cutanes de espesor delgados y discontinuos, límite neto y plano.

C1 22 - 52 cm Marrón grisáceo oscuro (10YR 4/2) 15%, amarillo parduzco (10 YR 6/8)85% en húmedo; arcilloso arenoso al tacto; sin estructura; adherente, plástico, muy firme en húmedo; poros pocos de finos a micro; raíces muy pocas, finas y gruesas; límite neto y plano.

C2 52 - 110 cm Gris claro (7.5 YR 7/1) 20%, amarillo (10YR 7/8) 80 % en húmedo; arcilloso limoso al tacto; estructura masiva; adherente, plástico, firme en húmedo; poros pocos y micro; fragmentos rocosos muy pocos, piedra y de forma redondeada; límite neto y plano.

## **FICHA DE DESCRIPCION DE PERFILES DE SUELOS**

**Código** M1CP3 **Fecha:** 29/10/2023 **Autor:** Fernanda Livisaca, Gabriela Abad, Rubén Soto, Gladys Benitez **Sitio:** Colegio San Vicente Ferrer.

**Altitud** (msnm.): 2674,8 **Coordenadas** 683982,7 E 9575797,9 N

**Paisaje:** pie de monte; **Tipo de relieve:** terraza; **Forma del Terreno:** Pendiente baja,

**Pendiente:** 2%

**Uso Actual o cobertura vegetal:** Hortalizas

**Condiciones de Humedad:** húmedo, **Pedregosidad superficial:** 0%; Tamaño: 0 cm

**Afloramientos rocosos:** 0 % Tipo:0 **Material parental:** Deposito coluvial: Predominio de avalanchas con bloques angulosos de rocas volcánicas y metamórficas andesitas.

Presencia de Sales o Alcalis: libre

**Drenaje:** muy pobre.

**Grietas:** Ancho/distancia/profundidad: 7 cm. 8cm, 0,5 cm.

**Erosión:** Ligero.

**Profundidad Efectiva:** 30 cm



#### DESCRIPCION GENERAL DEL PERFIL

Suelo muy profundo formado 4 horizontes, el superior Ap de 12 cm de espesor, con raíces finas, medias, comunes y abundantes cuenta con fragmentos rocosos son pocas, gravas y de forma redonda, un horizonte Bw1 de 30 cm de espesor con fragmentos rocosos son pocas, gravas y de forma angular con raíces finas y comunes, un horizonte Bw2 de 40 cm de espesor, un horizonte 2A1 que se extiende hasta más profundo, un horizonte 2C con un espesor de 70 cm. El suelo no está bien drenado internas raíces finas y pocas, se observan hasta 30 cm de profundidad. Las raíces son pocas y comunes en el horizonte Bw.

Ap.00 – 20 cm      Marrón amarillento oscuro (10YR 3/4) en húmedo, textura franco limoso, estructura con grado débil, tipo migajosa a bloques granulares de tamaño finas a medias, cuya consistencia es ligeramente adherente y plástico, además de presentar una cohesión fiable. Conjuntamente se evidencia presencia de raíces comunes de tamaño muy finas a fina. Dentro del limite horizontal se presenta un ancho neto y topografía ondulada.

Bw1. 20 – 35 cm      Marrón oscuro (10 YR 3/3) en color húmedo, textura franca arcillo limoso, estructura con grado moderado, tipo de bloque subangular de tamaño fino a muy finos, cuya consistencia es adherente y plástica, además de presentar una cohesión muy fiable.

Conjuntamente se evidencia poca presencia de raíces finas. Dentro del límite horizontal se presenta un ancho neto y topografía plana.

Bw2 35 – 65 cm Marrón amarillento oscuro (10 YR 3/4) en húmedo, textura arcillosa, estructura con grado moderado, tipo prismáticos de tamaño medios y pequeños, cuya consistencia es adherente y plástico además de presentar una cohesión fiable. Conjuntamente se evidencia presencia de raíces pocas y de tamaño muy finos. Dentro del límite horizontal se presenta un ancho gradual y topografía plana.

2 A1.65 – 100 cm Negro (10YR 2/1) en húmedo, textura arcillo limoso, estructura con grado moderado, tipo de bloque subangular - prismática de tamaño gruesa y medianas, además de presentar una cohesión ligeramente adherente y muy plástico, además de presentar una cohesión firme. Conjuntamente se evidencia presencia de raíces abundantes de tamaño medianas. Dentro del límite horizontal se presenta un ancho gradual y topografía plana.

2C.100 – 120 cm Negro (10 YR 2/1) en húmedo, textura arcillosa, sin estructura, cuya consistencia es muy adherente y muy plástico además de presentar una cohesión fiable. Conjuntamente se evidencia presencia de raíces abundantes y de tamaño finos. Dentro del límite horizontal se presenta un ancho neto y topografía plana.

## **FICHA DE DESCRIPCION DE PERFILES DE SUELOS**

**Código** M1LJP1 **Fecha:** 04/11/2023 **Autor:** Fernanda Livisaca, Gabriela Abad, Rubén Soto, Gladys Benitez **Sitio:** Luis Jaura

**Altitud (msnm.):** 2866,5 **Coordenadas** 684114 E 957477319 N

**Paisaje:** Colina, **Tipo de relieve:** loma, **Forma del Terreno:** Pendiente media,

**Pendiente:** 28%

**Uso Actual o cobertura vegetal:** Pasto

**Condiciones de Humedad:** húmedo, **Pedregosidad superficial:** 1%; Tamaño: 60 cm

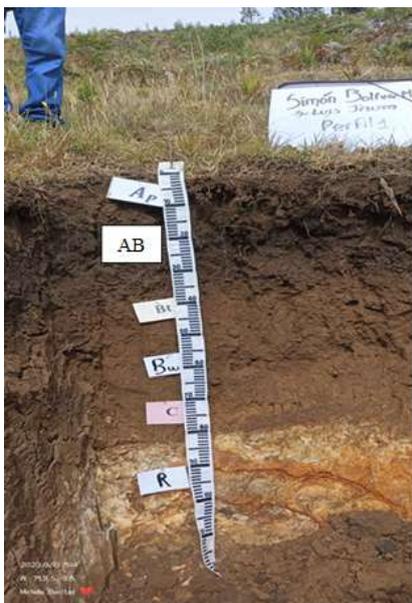
**Afloramientos rocosos:** 0 % **Tipo :**0 **Material parental:** Deposito coluvial: Predominio de avalanchas con bloques angulosos de rocas volcánicas y metamórficas andesitas.

**Presencia de Sales o Alcalis:** libre

**Drenaje:** Bueno;

**Erosión:** Ligero.

**Profundidad Efectiva: 60 cm**



### **DESCRIPCION GENERAL DEL PERFIL**

Suelo conformado por los siguientes horizontes: Ap/AB/Bt/Bw/C/R, presenta cutanes en los horizontes AB/Bt, fragmentos rocosos de tipo grava en los horizontes Ap/AB/Bw/C. El sistema radicular llega 60 cm. Finalmente presenta un horizonte R con un material parental en estado de meteorización.

### **Descripción individual de los horizontes o capas M1LJP1:**

Ap 00 – 15 cm Marrón oscuro (10YR 3/3) en húmedo; marrón muy oscuro (7.5YR 2.5/3) en seco; franco arcillo limoso al tacto; bloques subangulares, fina y media, fuertemente desarrollada; adherente, plástico, friable en húmedo; poros frecuentes, muy finos; raíces muy pocas, comunes; fragmentos rocosos muy pocos de tipo grava, ligeramente meteorizada, límite brusco y plano.

AB 15-30 cm Marrón grisáceo muy oscuro (10YR 3/2) en húmedo; marrón oscuro (7.5YR 3/3) en seco; franco arcilloso al tacto; bloques subangulares, fina a media, moderadamente desarrollada; adherente, plástico, friable en húmedo; poros gruesos, muchos; raíces comunes, finas y medias; fragmentos rocosos muy pocos, grava y de forma redondeada, moderadamente meteorizadas; cutanes de espesor delgados y discontinuos, límite Brusco y plano.

Bt 30 - 50 cm Marrón oscuro (10YR 3/2) en húmedo, amarillo parduzco (7.5YR 3/3) en seco; arcilloso limoso al tacto; bloques subangulares, finos, moderadamente desarrollado; adherente, plástico, muy firme en húmedo; cutanes zonales, espesos; poros muchos, finos; raíces muy pocas, finas; límite neto y plano.

Bw 50 - 70 cm Marrón amarillento oscuro (10YR 4/4) en húmedo; franco arcillo limoso al tacto; bloques subangulares, plástico, firme en húmedo; poros pocos y micro; fragmentos rocosos frecuentes finos a medianos, graba de forma angulares y subangulares, fuertemente meteorizada; raíces pocas, muy finas limite neto y plano.

C 70 - 80 cm Marrón amarillento oscuro (10YR 4/6) en húmedo; franco arcillo limoso al tacto; sin estructura; ligeramente adherente, ligeramente plástico, firme en húmedo; poros, pocos finos; fragmentos rocosos frecuentes finos a medianos, graba de forma angulares y subangulares, fuertemente meteorizada; límite brusco y plano.

R 80 - 120 cm Marrón amarillento oscuro (10YR 4/6); sin estructura masiva; fragmentos rocosos ligeramente meteorizados; limite neto y plano.

### **FICHA DE DESCRIPCION DE PERFILES DE SUELOS**

**Código** M1LJP2 **Fecha:** 04/11/2023 **Autor:** Fernanda Livisaca, Gabriela Abad, Rubén Soto, Gladys Benitez **Sitio:** Luis Jaura

**Altitud (msnm.):** 2891,9 **Coordenadas** 684079 E 9577323 N

**Paisaje:** montaña, **Tipo de relieve:** loma, **Forma del Terreno:** Pendiente alta,

**Pendiente:** 35%

**Uso Actual o cobertura vegetal:** Pasto

**Condiciones de Humedad:** húmedo, **Pedregosidad superficial:** 0%; **Tamaño:** 0 cm

**Afloramientos rocosos:** 10 % **Tipo:** pedregón **Material parental:** Deposito coluvial: Predominio de avalanchas con bloques angulosos de rocas volcánicas y metamórficas andesitas.

**Presencia de Sales o Alcalis:** libre

**Drenaje:** Bueno;

**Grietas:** ancho 5 cm/ distancia 10 cm/ profundidad 25 cm.

**Erosión:** Ligero.

**Profundidad Efectiva:** 80 cm



### **DESCRIPCION GENERAL DEL PERFIL**

Un suelo formado de un coluvión reciente presenta los siguientes horizontes: Ap/Bw/2A1/C.

El sistema radicular llega hasta los 80 cm, textura arcillo limosa en el horizonte 2A1, fragmentos rocosos en los horizontes 2A1 y C

#### **Descripción individual de los horizontes o capas M1LJP2:**

Ap 00 – 10 cm Marrón (10YR 4/3) en húmedo; franco arcillo limoso al tacto; bloques subangulares, fina, moderadamente desarrollada; ligeramente adherente, ligeramente plástico en húmedo, duros en seco; poros pocos, muy finos; raíces muchas, finas; límite brusco y plano.

Bw 10-45 cm Marrón grisáceo muy oscuro (10YR 3/4) en húmedo; franco arcillo limoso al tacto; prismática a bloques subangulares, media, moderadamente desarrollada; ligeramente adherente, ligeramente plástico en húmedo; firme en seco; poros pocos, micros; raíces comunes, muy finas; manchas pocas, indistintas, neta; límite Brusco y plano.

2A1 45 - 70 cm Amarillo parduzco (10YR 6/8) 90%, blanco (10YR 8/1) 10% en húmedo; arcilloso limoso al tacto; prismática a bloques subangulares, medios, fuertemente desarrollado; muy adherente, muy plástico en húmedo, muy firme en seco; poros muchos, micros a finos; raíces pocas, finas; fragmento rocoso pocos, graba, planos: límite neto y plano.

C 70 - 110 cm Amarillo parduzco (10YR 6/8) 90%, gris claro (10YR 7/1) 10%; franco arcillo limoso al tacto; bloques subangulares, plástico en húmedo, firme en seco; poros pocos y micro; fragmentos rocosos pocos, planos, pedregón; raíces, muy pocas, finas; límite neto y plano.

### **FICHA DE DESCRIPCION DE PERFILES DE SUELOS**

**Código** M1LJP3 **Fecha:** 04/11/2023 **Autor:** Fernanda Livisaca, Gabriela Abad, Rubén Soto, Gladys Benitez **Sitio:** Luis Jaura

**Altitud (msnm.):** 2869,2 **Coordenadas** 684112.5 E 9577397 N

**Paisaje:** montaña, **Tipo de relieve:** loma, **Forma del Terreno:** Pendiente alta,

**Pendiente:** 25%

**Uso Actual o cobertura vegetal:** Pasto

**Condiciones de Humedad:** húmedo, **Pedregosidad superficial:** 0%; **Tamaño:** 0 cm

**Afloramientos rocosos:** 0 % **Tipo:** 0 **Material parental:** Deposito coluvial: Predominio de avalanchas con bloques angulosos de rocas volcánicas y metamórficas andesitas.

**Presencia de Sales o Alcalis:** libre

**Drenaje:** moderado;

**Grietas:** ancho 1-5 cm/ distancia 15 cm/ profundidad 1 cm.

**Erosión:** eólica, hídrica.

**Profundidad Efectiva:** 70 cm



### **DESCRIPCION GENERAL DEL PERFIL**

Suelo formado por 4 horizontes: AB/Bw /2A2/2Bt1, las raíces llegan hasta 1 m de profundidad, color Negro en los horizontes 2A2/2Bt1, manchas de color en los 2 primeros horizontes A1/Bw, fragmentos rocosos en el horizonte 2Bt1.

### **Descripción individual de los horizontes o capas M1LJP3:**

A1 00 – 10 cm Marrón oscuro (10YR 3/3) en húmedo; franco arcillo al tacto; migajosa a granular, muy fina a fina, moderadamente desarrollada; ligeramente adherente, ligeramente

plástico, friable en húmedo, duro en seco; poros frecuentes, finos; raíces abundantes, finas a muy finas; manchas de color indefinidas, pequeñas, difuso; límite brusco y plano.

Bw 10-35 cm Marrón amarillento oscuro (10YR 4/4) en húmedo; franco arcillo limoso al tacto; bloques subangulares, gruesa, moderadamente desarrollada; ligeramente adherente, ligeramente plástico, friable en húmedo, muy duro en seco; poros frecuentes, muy finos; raíces comunes, muy finas a medios; manchas pocas, indistintas, pequeñas; límite gradual y plano.

2 A2 35 - 80 cm Negro (10YR 2/1) en húmedo; arcilloso limoso al tacto; bloques subangulares, medios, fuertemente desarrollado; adherente, plástico, muy friable, en húmedo, ligeramente duro en seco; poros pocos, micros a finos; raíces comunes, finas; límite gradual y plano.

2Bt1 80 - 120 cm Negro (10YR 2/1) en húmedo, franco arcillo al tacto; bloques subangulares, ligeramente adherente, ligeramente plástico, friable en húmedo, duro en seco; poros pocos y micro a medios; fragmentos rocosos pocos, planos, pedregón; raíces, pocas, finas; límite neto y plano.

#### **FICHA DE DESCRIPCION DE PERFILES DE SUELOS**

**Código** M1ROP1 **Fecha:** 29/10/2023 **Autor:** Fernanda Livisaca, Gabriela Abad, Rubén Soto, Gladys Benitez **Sitio:** Simón Bolívar (Rosa Orosco)

**Altitud (msnm.):** 2751,5 **Coordenadas:** 683981 E 9575798 N

**Paisaje:** montaña, **Tipo de relieve:** vertiente, **Forma del Terreno:** ondulación,

**Pendiente:** 22%

**Uso Actual o cobertura vegetal:** maíz, frejol.

**Condiciones de Humedad:** húmedo, **Pedregosidad superficial:** 0%; **Tamaño:** 0 cm

**Afloramientos rocosos:** 0 % **Tipo:** 0 **Material parental:** Deposito coluvial: Predominio de avalanchas con bloques angulosos de rocas volcánicas y metamórficas andesitas.

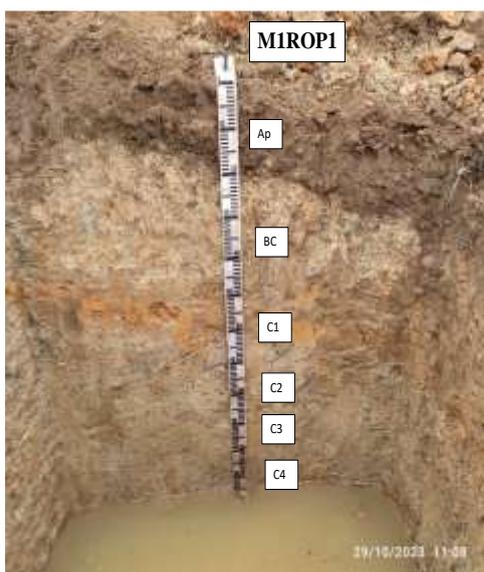
**Profundidad freática:** 1.40 cm

**Presencia de Sales o Alcalis:** libre

**Drenaje:** bueno;

**Erosión:** ligero.

**Profundidad Efectiva:** 45 cm



### **DESCRIPCION GENERAL DEL PERFIL**

Suelo Joven formado por los siguientes horizontes: Ap/B/C/C1/C2/C3/C4, presenta gran contenido de arcilla en todos los horizontes, con machas definidas y destacadas, el sistema radicular llega hasta los 45 cm. En el horizonte Ap presenta contenido de carbón.

#### **Descripción individual de los horizontes o capas MIROPI:**

Ap 00 – 18 cm Marrón (10YR 5/3) en húmedo; franco al tacto; estructura granular, subangular, media, moderadamente desarrollada; ligeramente adherente, ligeramente plástico, friable en húmedo; poros muchos, finos; raíces pocas, muy finas a finas; manchas de color definidas, pequeñas, definidas, pocas; restos de actividades humanas, carbón; límite brusco y plano.

BC 18-50 cm Marrón muy pálido (10YR 7/4) en húmedo; franco arcillo al tacto; bloques subangulares, medios, débilmente desarrollada; adherente, plástico, firme en húmedo; poros frecuentes, finos; raíces muy pocas, finos; manchas de color amarillo rojizo (7.5YR 7/8), definidas, finos, muchas, neto; limiten neto y plano.

C1 50 - 60 cm Marrón muy pálido (10YR 7/3) 55%, gris claro (10YR 7/2) 45%, en húmedo; arcilloso al tacto; masivo sin estructura; adherente, plástico, firme, en húmedo; poros muchos, finos; límite neto y plano.

C2 60 - 75 cm Gris claro (7.5YR 7/1) en húmedo, franco arcillo al tacto; sin estructura, masivo; adherente, plástico, firme en húmedo; poros, pocos, finos a medios; manchas de color marrón (7.5YR 4/4), destacadas, finos, muchas, neto; limiten neto y plano.

C3 75 - 120 cm Gris claro (10YR 7/2) en húmedo, franco arcillo arenoso al tacto; masivo, sin estructura; adherente, plástico, firme en húmedo; poros frecuentes, finos a medios; manchas de color amarillo rojizo (5YR 6/8), destacadas, finos, muchas, neto; limite neto y ondulado.

C4 120 - 140 cm Marrón fuerte (7.5YR 5/6) 90%, gris (7.5YR 6/1) 10%, en húmedo, franco arenoso al tacto; sin estructura, masivo; adherente, plástico, firme en húmedo; poros frecuentes, finos a medios; limite neto y plano

### **FICHA DE DESCRIPCION DE PERFILES DE SUELOS**

**Código** MIROP2 **Fecha:** 28/10/2023 **Autor:** Fernanda Livisaca, Gabriela Abad, Rubén Soto, Gladys Benitez **Sitio:** Simón Bolívar (Rosa Orosco)

**Altitud (msnm.):** 2869,2 **Coordenadas** 683946 E 9575781 N

**Paisaje:** montaña, **Tipo de relieve:** vertiente, **Forma del Terreno:** ondulación,

**Pendiente:** 10-12%

**Uso Actual o cobertura vegetal:** maíz, hortalizas.

**Condiciones de Humedad:** húmedo, **Pedregosidad superficial:** 0%; **Tamaño:** 0 cm

**Afloramientos rocosos:** 0 % **Tipo:** 0 **Material parental:** Deposito coluvial: Predominio de avalanchas con bloques angulosos de rocas volcánicas y metamórficas andesitas.

**Presencia de Sales o Alcalis:** libre

**Drenaje:** bueno;

**Erosión:** eólica, hídrica.

**Profundidad Efectiva:** 60 cm



### **DESCRIPCION GENERAL DEL PERFIL**

Suelo joven formado de 2 extractos bien diferentes:

El primer estrato formado una sección de un horizonte Ap/Bw/B/C/C1, el horizonte B/C esta mezclado de estrato arcilloso y con un bolsón de arena.

El segundo estrato de color oscuro Ac, con una estructura blocosa angular y presencia de restos de carbón.

El sistema radicular llega hasta los 60 cm

#### **Descripción individual de los horizontes o capas MIROP2:**

Ap 00 – 15 cm Marrón (10YR 4/3) en húmedo; franco arcillo al tacto; migajosa , fina, moderadamente desarrollada; adherente, plástico, friable en húmedo; poros muchos, finos; raíces comunes, finas a medias; manchas de color indefinidas, pequeñas, difuso; fragmentos rocosos, pocos, grava, angulares; resto de actividades humanas, teja, límite brusco y plano.

Bw 15-35 cm Marrón (10YR 4/3) en húmedo; franco arcillo al tacto; bloques subangulares, fina, moderadamente desarrollada; adherente, plástico, firme en húmedo; poros muchos, finos; raíces pocas, medios; restos de actividades, carbón; limite neto y plano.

B/C 35 - 55 cm Marrón muy pálido (10YR 7/3) en húmedo; manchas de color amarillo rojizo (5YR 7/8), pocas; finos, indistintos, neto; arenoso franco al tacto; bloques subangulares, fino, moderadamente desarrollado; adherente, plástico, friable, en húmedo; poros muchos, finos; raíces pocas, medios; límite neto y plano.

C1 55 - 85 cm Amarillo rojizo (7.5YR 6/8) en húmedo, franco arcillo al tacto; sin estructura, masivo; adherente, plástico, firme en húmedo; poros muchos y finos; raíces, pocas, medias; limite neto y ondulado.

2A1 85 - 110 cm Marrón oscuro (10YR 4/2) en húmedo, arcillo al tacto; bloques subangulares, medios; adherente, plástico, firme en húmedo; poros comunes, finos; restos de actividades humanas, carbón; limite neto y interrumpido.

2C2 110 - 125 cm Gris parduzco claro (10YR 6/2) en húmedo, arcillo al tacto; sin estructura, masivo; adherente, plástico, firme en húmedo; poros pocos y finos; limite neto y plano.

#### **FICHA DE DESCRIPCION DE PERFILES DE SUELOS**

**Código MIROP3 Fecha:** 28/10/2023 **Autor:** Fernanda Livisaca, Gabriela Abad, Rubén Soto, Gladys Benitez **Sitio:** Simón Bolívar (Rosa Orosco)

**Altitud (msnm.):** 2761,2 **Coordenadas:** 683889 E 9575807 N

**Paisaje:** montaña, **Tipo de relieve:** vertiente, **Forma del Terreno:** ondulación,

**Pendiente:** 2%

**Uso Actual o cobertura vegetal:** maíz.

**Condiciones de Humedad:** húmedo, **Pedregosidad superficial:** 0%; **Tamaño:** 0 cm

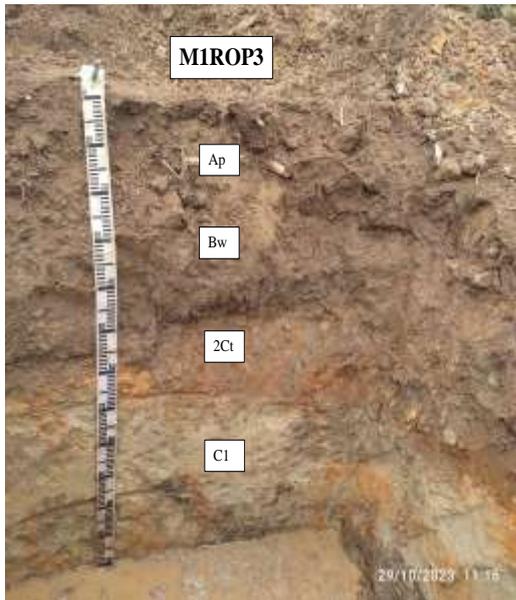
**Afloramientos rocosos:** 0 % **Tipo:** 0 **Material parental:** Deposito coluvial: Predominio de avalanchas con bloques angulosos de rocas volcánicas y metamórficas andesitas.

**Presencia de Sales o Álcalis:** libre

**Drenaje:** bueno;

**Erosión:** ligero.

**Profundidad Efectiva:** 50 cm



### **DESCRIPCION GENERAL DEL PERFIL**

Suelo Joven conformado por los siguientes horizontes: Ap/Bw/2Ct/C1, presenta fragmentos rocosos en todo el perfil del tipo graba y pedregón; el sistema radicular llega hasta los 50 cm, restos de actividades humanas fundas, tejas en el horizonte Ap. Manchas de color marrón rojizo en el horizonte Bw.

### **Descripción individual de los horizontes o capas MIROP3:**

Ap 00 – 25 cm Marrón oscuro (10YR 3/3) en húmedo; francos arcillosos al tacto; estructura granular, migajosa, fina a media, débilmente desarrollada; adherente, plástico, friable en húmedo; poros pocos, finos; raíces comunes y pocas, medias y finas; restos de actividades humanas, fundas, tejas; fragmentos rocosos pocas, grabas, redondas; límite brusco y plano.

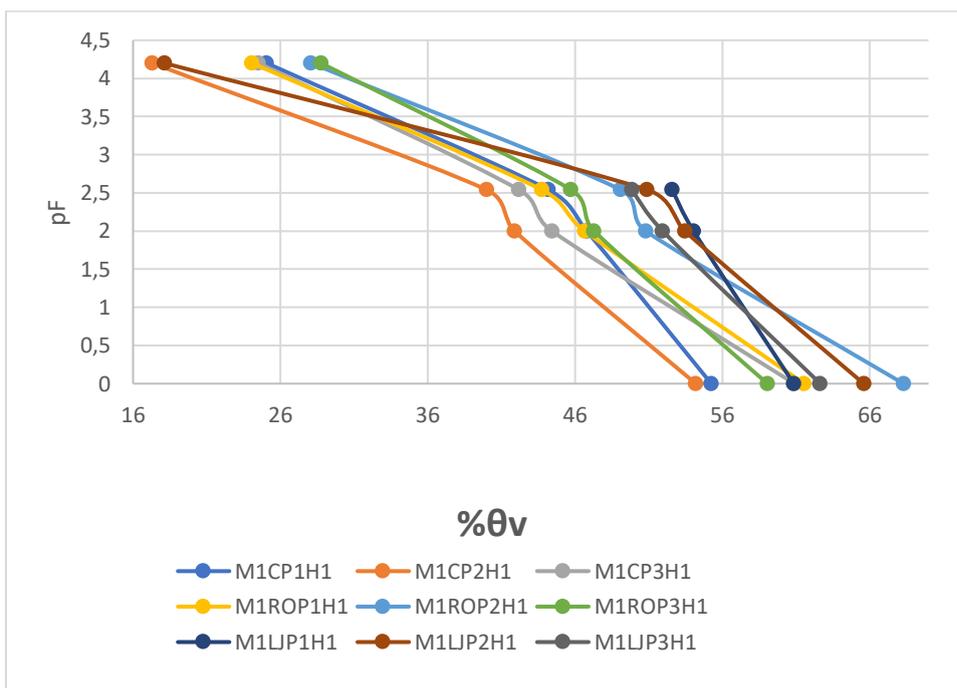
Bw 25-40 cm Marrón amarillento oscuro (10YR 3/4) en húmedo; franco arcillo al tacto; prismática, gruesa, fuertemente desarrollada; adherente, plástico, muy friable en húmedo; poros pocos, finos; raíces pocas y comunes, finas a medias; manchas de color marrón rojizo

(2.5YR 5/4), indistintas, pequeñas, frecuentes, neto; fragmentos rocosos pocas, grabas, angular; limiten brusco y ondulado.

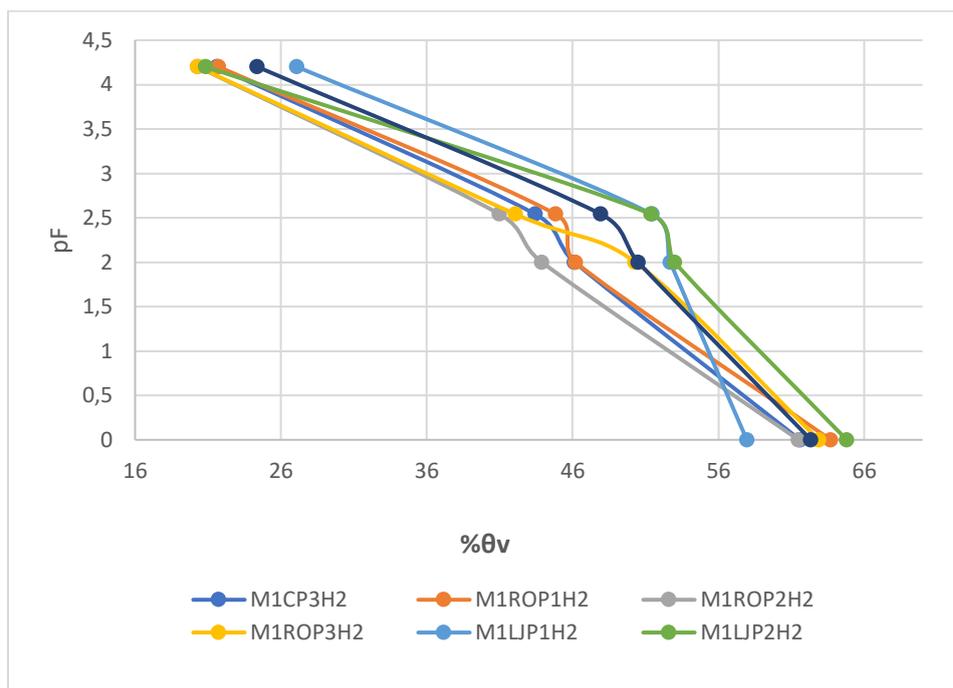
2Ct 40 - 80 cm Negro (10YR 2/1), en húmedo; arcilloso al tacto; masivo sin estructura; adherente, plástico, muy friable, en húmedo; poros pocos, finos; raíces comunes, muy finas; fragmentos rocosos pocas, pedregón, angular; límite neto y plano.

C1 80 - 110 cm Amarillo pardusco (10YR 6/8) 90%, gris oscuro (10YR 4/1) 10%, en húmedo, arcillo limoso al tacto; sin estructura, masivo; adherente, plástico, muy friable en húmedo; poros, pocos, finos; fragmentos rocosos, pocos, pedregón, angular; limiten neto y plano.

**Anexo 12.** Curvas de retención de humedad del primer horizonte de los nueve perfiles, del sector Simón Bolívar del Sistema Riego Aguarongo – Zañe.



**Anexo 13.** Curvas de retención de humedad del segundo horizonte de los nueve perfiles del sector Simón Bolívar del Sistema de Riego Aguarongo – Zañe.



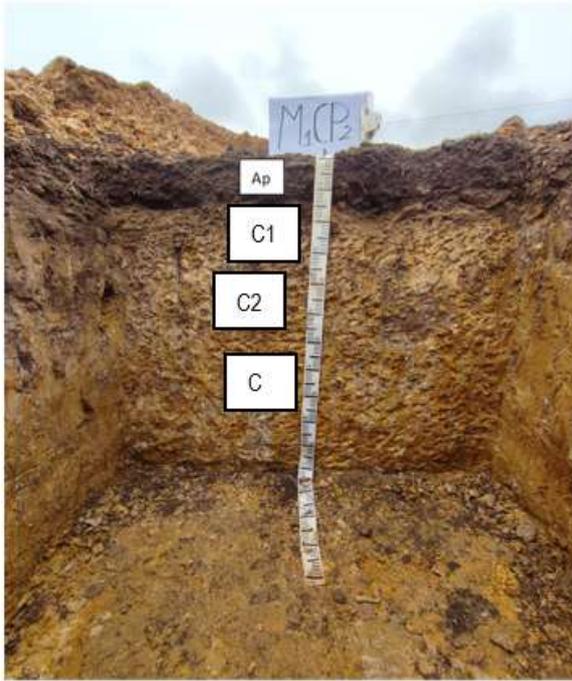
*Anexo 14. Descripción de las condiciones físicas del sector Simón Bolívar.*

**Perfil M1P2CSVF (Uso: barbecho, pendiente del terreno: 2 %)**

<b>Clasificación Taxonómica</b>	<b>..... (USDA, 2014)</b>
<b>Ubicación del perfil</b>	684166 E y 9 574730 N 17 M
<b>Altitud</b>	2 678 m s.n.m.
<b>Fisiografía</b>	Pendiente 2 % de pie de monte, tipo terraza
<b>Material Parental</b>	Basalto
<b>Drenaje interno</b>	Moderado

**Descripción general del perfil:**

Suelo formado por 4 horizontes, el superior Ap de 12 cm de espesor, con estructuras migajosa a bloques subangulares, finas y medias de grado débil, un horizonte BC de 22 cm de espesor con raíces finas y muy pocas, un horizonte C1 de 52 cm de espesor con raíces gruesas, muy finas y muy pocas. Finalmente, C2 de 110 cm de espesor con fragmentos rocosos muy pocos, piedra y de forma redonda. Alto contenido de arcilla en todos los horizontes.



**Figura 13.** Perfil de la unidad M1P2CSVF

**Condiciones físicas:**

En la capa de 00 – 12 cm (horizonte Ap) la densidad aparente es de  $1,2 \text{ cm}^{-3}$ , el volumen de poros es relativamente alto (54,2 %  $\theta_v$ ). La retención de agua a pF 4,20 es de 17,3 %  $\theta_v$ , indica que más de la mitad de la porosidad total del suelo corresponde a microporos que retienen agua que no aprovechada por las plantas.

La distribución de volúmenes de las fases del suelo para la retención de agua a pF 2,00 indica que la capacidad de aireación (12,30 %  $\theta_v$ ) se encuentra en el rango medio, el agua aprovechable (24,59 %  $\theta_v$ ) es muy alto, y el volumen del suelo físicamente inerte es 63,11 %  $\theta_v$ , valor considerado como alto, la condición física para el crecimiento de las plantas corresponde a la zona II del diagrama triangular, equivalente a pobre.

**Perfil M1P3CSVF (Uso: Barbecho, pendiente del terreno: 2 %)**

<b>Clasificación Taxonómica</b>	..... (USDA, 2014)
<b>Ubicación del perfil</b>	683982 E y 9 575797 N 17 M
<b>Altitud</b>	2 674 m s.n.m.
<b>Fisiografía</b>	Pendiente 2 % de pie de monte, tipo terraza
<b>Material Parental</b>	Basalto
<b>Drenaje interno</b>	Moderado

**Descripción general del perfil:**

Suelo profundo formado 4 horizontes subsuperficiales Ap Bw, Bw2, 2A1: el horizonte Ap posee 20 cm de espesor, franco limoso, marrón amarillento oscuro, con raíces finas, medias, comunes y abundantes; un horizonte Bw con un espesor de 35 cm, franco arcilloso limoso

marrón oscuro, las raíces son finas y pocas; un horizonte Bw2 con un espesor de 65 cm, arcilloso, marrón amarillento oscuro; un horizonte 2A1 con un espesor de 100 cm de espesor, arcilloso limoso, negro, estructura con grado moderado, tipo de bloque subangular - prismática de tamaño gruesa y medianas y finalmente un horizonte 2C de espesor 120 cm, arcilloso limoso y negro.



**Figura 14.** Perfil de la unidad de suelo M1P3CSVF

### **Condiciones físicas**

En la capa de 00 – 20 cm (horizonte Ap) la densidad aparente es de  $1,0 \text{ g. cm}^{-3}$ , el volumen total de poros es relativamente alta (60,9 %  $\theta_v$ ). La retención de agua a pF 4,20 es de 24,5 %  $\theta_v$ , valor que indica que más de la mitad de la porosidad total del suelo corresponde a microporos que retienen el agua que no es aprovechable por las plantas.

La distribución de volúmenes de las fases del suelo para la retención de agua a pF 2,00 indica que la capacidad de aireación (16,47 %  $\theta_v$ ) se encuentra en el rango alto, el agua aprovechable (19,91 %  $\theta_v$ ) se ubica en el rango medio, y el volumen del suelo físicamente inerte es 63,63 %  $\theta_v$ , valor considerado como alto, la condición física para el crecimiento de las plantas corresponde a la zona IV del diagrama triangular, equivalente a bueno.

La condición física de la capa 20 – 35 cm (horizonte Bw) la densidad aparente es de  $1,00 \text{ g. cm}^{-3}$ , el volumen total de poros (61,6 %  $\theta_v$ ) valor considerado como alto. La retención de agua a pF 4,20 es de (21,6 %  $\theta_v$ ), valor que evidencia que es menos de la mitad de la porosidad total del suelo que está constituida por microporos.

La distribución de los volúmenes de las fases del suelo para la retención de agua a pF 2,00 muestra que la capacidad de aireación (15,45 %  $\theta_v$ ) se localiza en un rango alto el agua

aprovechable (24,55 %  $\theta_v$ ) se ubica en un rango muy alto, y el volumen físicamente inerte es considerado como muy alto (60,00 %  $\theta_v$ ), la condición física para el crecimiento de las plantas corresponde a la zona IV del diagrama triangular, equivalente a bueno. Para la retención de agua a pF 2.52 la capacidad de aireación (18,15 %  $\theta_v$ ) se encuentra en un rango alto y el agua aprovechable (18,15 %  $\theta_v$ ) en el rango alto.

**Perfil M1P2LJ (Uso: Pasto, pendiente del terreno: 35 %)**

Clasificación Taxonómica	..... (USDA, 2014)
Ubicación del perfil	684079 E y 9 577323 N 17 M
Altitud	2 851 m s.n.m.
Fisiografía	Pendiente 35 % de montaña tipo loma.
Material Parental	Toba basáltica
Drenaje interno	Bueno

**Descripción general del perfil:**

Suelo formado por los siguientes horizontes: Ap, Bw, 2A1, C: el horizonte Ap de 10 cm de espesor, franco arcilloso limoso, marrón, raíces muchas, finas: un horizonte Bw de 45 cm de espesor, franco arcilloso limoso, marrón grisáceo muy oscuro, raíces comunes y muy finas: un horizonte 2A1 de 70 cm de espesor, arcilloso limoso, amarillo parduzco 90 %, blanco 10 %, finalmente presenta un horizonte C de 110 cm de espesor, franco arcilloso limoso, amarillo parduzco 90 %, gris claro 10 %, raíces muy pocas y finas.



**Figura 15.** Perfil 2 de la unidad de suelo M1P2LJ

**Condiciones Físicas:**

En la capa de 00 – 10 cm (horizonte Ap) la densidad aparente es de  $0,9 \text{ g. cm}^{-3}$ , el volumen total de poros es relativamente alto (65,6%  $\theta_v$ ). La retención de agua a pF 4,20 es de 18,1 %

$\theta_v$ , valor que indica que menos de la mitad de la porosidad total del suelo corresponde a microporos que retienen agua que no es aprovechable por las plantas.

La distribución de volúmenes de las fases del suelo para la retención de agua a pF<sub>2,00</sub> indica que la capacidad de aireación (12,15 % $\theta_v$ ) se encuentra en el rango medio, el agua aprovechable (35,32% $\theta_v$ ) se ubica en el rango muy alto, y el volumen del suelo físicamente inerte es 52,53 % $\theta_v$ , valor considerado como alto, la condición física para el crecimiento de las plantas corresponde a la zona III del diagrama triangular, equivalente a medio.

La condición física de la capa 10 - 40 cm (horizonte Bw) la densidad aparente es de 0,8 g.cm<sup>-3</sup>, el volumen total de poros (64,8 % $\theta_v$ ), valor considerado como alto. La retención de agua a pF 4,20 es de 20,9 % $\theta_v$ , valor que evidencia que es más de la mitad de la porosidad total del suelo que está constituida por microporos.

La distribución de volúmenes de las fases del suelo para la retención de agua a pF<sub>2,00</sub> indica que la capacidad de aireación (11,80 % $\theta_v$ ) se encuentra en el rango medio, el agua aprovechable (32,15 % $\theta_v$ ) se ubica en el rango muy alto, y el volumen del suelo físicamente inerte es 56,05 % $\theta_v$ , valor considerado como alto, la condición física para el crecimiento de las plantas corresponde a la zona II del diagrama triangular, equivalente a pobre.

**Perfil M1P3LJ (Uso: Pasto, pendiente del terreno: 25 %)**

<b>Clasificación Taxonómica</b>	<b>..... (USDA, 2014)</b>
<b>Ubicación del perfil</b>	6 84112 E y 9 577397N 17 M
<b>Altitud</b>	2 869 m s.n.m.
<b>Fisiografía</b>	Pendiente 25 % de montaña tipo loma.
<b>Material Parental</b>	Toba basáltica
<b>Drenaje interno</b>	Bueno

**Descripción general del perfil:**

Suelo formado por los siguientes horizontes: AB, Bw, 2A2 y 2Bt1: el horizonte AB de 10 cm de espesor, franco arcilloso, marrón oscuro, raíces abundantes, finas a muy finas: un horizonte Bw de 35 cm de espesor, franco arcilloso, marrón amarillento oscuro, raíces comunes, muy finas a medias: un horizonte 2A2 de 80 cm de espesor, franco arcilloso, negro, raíces finas y comunes. Finalmente presenta un horizonte 2Bt1 de 120 cm de espesor, arcilloso, negro, raíces pocas y finas.



**Figura 16.** Perfil de la unidad de suelo M1P3LJ

#### **Condiciones Físicas:**

En la capa de 00 – 10 cm (horizonte AB) la densidad aparente es de  $0,8 \text{ g. cm}^{-3}$ , el volumen total de poros es relativamente alto ( $62,7\% \theta_v$ ). La retención de agua a pF 4,20 es de  $21,3 \%$   $\theta_v$ , valor que indica que más de la mitad de la porosidad total del suelo corresponde a microporos que retienen agua que no es aprovechable por las plantas.

La distribución de volúmenes de las fases del suelo para la retención de agua a pF2,00 indica que la capacidad de aireación ( $10,70 \%$   $\theta_v$ ) se encuentra en el rango medio, el agua aprovechable ( $30,64\%$   $\theta_v$ ) se ubica en el rango muy alto, y el volumen del suelo físicamente inerte es  $58,66 \%$   $\theta_v$ , valor considerado como alto, la condición física para el crecimiento de las plantas corresponde a la zona III del diagrama triangular, equivalente a medio.

La condición física de la capa 10 - 35 cm (horizonte Bw) la densidad aparente es de  $0,9 \text{ g.cm}^{-3}$ , el volumen total de poros ( $62,4 \%$   $\theta_v$ ), valor considerado como alto. La retención de agua a pF 4,20 es de  $24,4 \%$   $\theta_v$ , valor que evidencia que es más de la mitad de la porosidad total del suelo que está constituida por microporos.

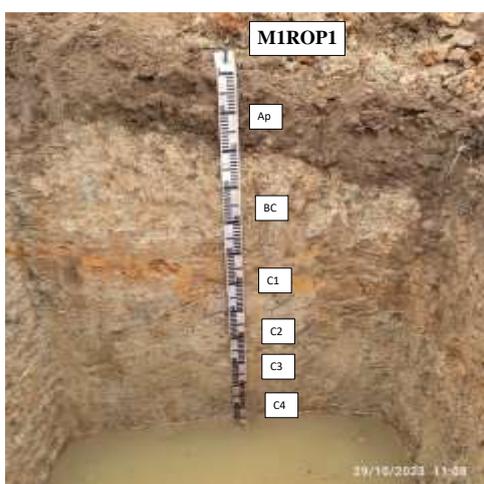
La distribución de volúmenes de las fases del suelo para la retención de agua a pF2,00 indica que la capacidad de aireación ( $11,85 \%$   $\theta_v$ ) se encuentra en el rango medio, el agua aprovechable ( $26,11 \%$   $\theta_v$ ) se ubica en el rango muy alto, y el volumen del suelo físicamente inerte es  $62,04 \%$   $\theta_v$ , valor considerado como alto, la condición física para el crecimiento de las plantas corresponde a la zona III del diagrama triangular, equivalente a medio.

#### **Perfil M1P1RO (Uso: Maíz, pendiente del terreno: 15 %)**

<b>Clasificación Taxonómica</b>	..... (USDA, 2014)
<b>Ubicación del perfil</b>	683981 E y 9 5775798 N 17 M
<b>Altitud</b>	2 751 m s.n.m.
<b>Fisiografía</b>	Pendiente 22 % de colina tipo loma.
<b>Material Parental</b>	Toba basáltica
<b>Drenaje interno</b>	Bueno

### Descripción general del perfil:

Suelo formado por los siguientes horizontes: Ap, BC, C1, C2, C3, C4: el horizonte Ap de 18 cm de espesor, franco, marrón: un horizonte BC de 50 cm de espesor, franco arcilloso, marrón muy pálido, raíces muy pocas y finas: un horizonte C1 de 60 cm de espesor, arcilloso, marrón muy pálido 55 %, gris claro 45 %: un horizonte C2 de 75 cm de espesor, arcilloso, gris claro: un horizonte C3 de 120 cm de espesor, franco arcillo arenoso, gris claro. Finalmente presenta un horizonte C4 de 140 cm de espesor, franco arenoso, marrón fuerte 90 %, gris 10 %, con poros frecuentes de diámetro finos y medios.



**Figura 17.** Perfil 3 de la unidad de suelo M1P1RO

### Condiciones Físicas:

En la capa de 00 – 18 cm (horizonte Ap) la densidad aparente es de  $1,0 \text{ g. cm}^{-3}$ , el volumen total de poros es relativamente alto (61,6%  $\theta_v$ ). La retención de agua a pF 4,20 es de 23,6 %  $\theta_v$ , valor que indica que más de la mitad de la porosidad total del suelo corresponde a microporos que retienen agua que no es aprovechable por las plantas.

La distribución de volúmenes de las fases del suelo para la retención de agua a pF2,00 indica que la capacidad de aireación (18,35 % $\theta_v$ ) se encuentra en el rango alto, el agua aprovechable (19,61 % $\theta_v$ ) se ubica en el rango alto, y el volumen del suelo físicamente inerte es 62,04 % $\theta_v$ , valor considerado como alto, la condición física para el crecimiento de las plantas corresponde a la zona IV del diagrama triangular, equivalente a bueno.

La condición física de la capa 18 - 50 cm (horizonte BC) la densidad aparente es de 0,9 g.cm<sup>-3</sup>, el volumen total de poros (63,7 %θ<sub>v</sub>), valor considerado como alto. La retención de agua a pF 4,20 es de 21,7 %θ<sub>v</sub>, valor que evidencia que es más de la mitad de la porosidad total del suelo que está constituida por microporos.

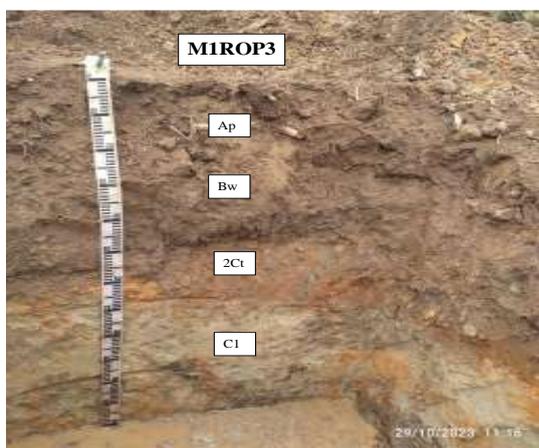
La distribución de volúmenes de las fases del suelo para la retención de agua a pF2,00 indica que la capacidad de aireación (17,50 %θ<sub>v</sub>) se encuentra en el rango alto, el agua aprovechable (24,47 %θ<sub>v</sub>) se ubica en el rango muy alto, y el volumen del suelo físicamente inerte es 58,03 %θ<sub>v</sub>, valor considerado como alto, la condición física para el crecimiento de las plantas corresponde a la zona IV del diagrama triangular, equivalente a bueno.

**Perfil M1P3RO (Uso: Maíz, pendiente del terreno: 2 %)**

<b>Clasificación Taxonómica</b>	..... (USDA, 2014)
<b>Ubicación del perfil</b>	683889 E y 9 5775807 N 17 M
<b>Altitud</b>	2 761 m s.n.m.
<b>Fisiografía</b>	Pendiente 2 % de montaña tipo loma.
<b>Material Parental</b>	Toba basáltica
<b>Drenaje interno</b>	Bueno

**Descripción general del perfil:**

Suelo formado por 4 horizontes, el horizonte Ap de 25 cm de espesor, franco arcilloso, marrón oscuro, restos de actividades humanas fundas y tejas: un horizonte Bw de 40 cm de espesor, franco arcilloso, marrón amarillento oscuro: un horizonte 2Ct de 80 cm de espesor, arcilloso limoso, negro, raíces comunes y muy finas. Finalmente, C1 de 110 cm de espesor, franco arcilloso, amarillo pardusco 90 %, gris oscuro 10 %, poros pocos y de diámetro finos.



**Figura 18.** Perfil 3 de la unidad de suelo M1P3RO

**Condiciones Físicas:**

En la capa de 00 – 25cm (horizonte Ap) la densidad aparente es de 1,0 g. cm<sup>-3</sup>, el volumen total de poros es relativamente alto (59,1% θ<sub>v</sub>). La retención de agua a pF 4,20 es de 28,8 %

$\theta_v$ , valor que indica que más de la mitad de la porosidad total del suelo corresponde a microporos que retienen agua que no es aprovechable por las plantas.

La distribución de volúmenes de las fases del suelo para la retención de agua a pF<sub>2,00</sub> indica que la capacidad de aireación (11,77 % $\theta_v$ ) se encuentra en el rango medio, el agua aprovechable (18,5 % $\theta_v$ ) se ubica en el rango alto, y el volumen del suelo físicamente inerte es 69,699 % $\theta_v$ , valor considerado como alto, la condición física para el crecimiento de las plantas corresponde a la zona III del diagrama triangular, equivalente a medio.

La condición física de la capa 25 - 40 cm (horizonte Bw) la densidad aparente es de 1,0 g.cm<sup>-3</sup>, el volumen total de poros (62,9 % $\theta_v$ ), valor considerado como alto. La retención de agua a pF 4,20 es de 20,3 % $\theta_v$ , valor que evidencia que es más de la mitad de la porosidad total del suelo que está constituida por microporos.

La distribución de volúmenes de las fases del suelo para la retención de agua a pF<sub>2,00</sub> indica que la capacidad de aireación (12,60 % $\theta_v$ ) se encuentra en el rango medio, el agua aprovechable (29,99 % $\theta_v$ ) se ubica en el rango muy alto, y el volumen del suelo físicamente inerte es 57,41 % $\theta_v$ , valor considerado como alto, la condición física para el crecimiento de las plantas corresponde a la zona III del diagrama triangular, equivalente a medio.

*Anexo 15. Infiltración básica de los nueve perfiles, en el Sector Simón Bolívar del Sistema de Aguarongo.*

CODIGO	Uso del suelo	Pendiente	Velocidad de infiltración Básica cm/h	Equivalencia
M1P1LJ	Pasto	28%	1,15	Mod. Lenta
M1P2LJ	Pasto	35%	0,92	Muy lenta
M1P3LJ	Pasto	25%	3,15	Media
M1P1RO	Maiz	15%	1,05	Mod. Lenta
M1P2RO	Maiz	12%	5,70	Media
M1P3RO	Maiz	2%	3,70	Media
M1P1CSVF	Barbecho	2%	3,39	Media
M1P2CSVF	Barbecho	2%	1,11	Mod. Lenta
M1P3CSVF	Barbecho	2%	2,25	Media

*Anexo 16. Tríptico divulgativo entregado a los asistentes en el día de campo.*

## 4.RESULTADOS

### 4.1 Caracterización física y química de las propiedades de los suelos del sector Simón Bolívar del Sistema de Riego Aguarongo-Zañe.

Unidad de suelo	pH	MO	CIC	Textura
	1:2.5(Agua)	%	meq/100g	
P1CSVF	5,7	2,2	21,25	FoAc
P2RO	4,5	3,6	22,90	FoAc
P1LJ	4,5	11,2	17,33	FoAo

### 4.2 Elaboración de un plan de fertilización para el cultivo de papa nativa en la Sector Simón Bolívar.

#### PLAN DE FERTILIZACIÓN



Aplicar (Cao 36%, MgO 10% y SO<sub>4</sub> 26%) para aumentar el pH en el suelo.

Cultivo	pH óptimo
Papa	5,5 – 6,5

Unidad de suelo	kg.ha-1	m <sup>2</sup> /área	área surco	# Surcos	Cal kg/surco	Cal total (kg)	Sacos/Parcela
P1CSVF	1603	378	12,6	33	2,02	60,60	1,35
P2RO	2493	378	12,6	33	3,14	103,7	2,30
P1LJ	3354	475	14,4	36	4,83	173,89	3,86

Para satisfacer los requerimientos del cultivo de papa se aplicará para el sector de estudio y se utilizarán los fertilizantes indicados.

Fertilizante	g.planta <sup>-1</sup>		
	CSVF	RO	LJ
N	5,04	5,08	6,08
P	2,92	2,60	3,16
K	9,76	9,76	9,88
Ca	0,8	0,8	0,8
Mg	1,64	1,64	1,64
S	1,36	0,96	1,48

## 5. CONCLUSIONES

- ✓ Los suelos del Módulo 1 del Sistema de Riego Aguarongo-Zañe se caracterizan por presentar
  - Bajos capacidad de aireación (5,25%) con textura franco arcilloso.
  - Alto contenido de aluminio (4,41%) y suelos ácidos (4,5%).
  - CIC; rango bajo y medios.
  - El sector presenta suelos deficientes en nutrientes de N, P, K, B y Zn).
- ✓ El plan de fertilización se elaboró con enmiendas de (Cao 36%, MgO 10% y SO<sub>4</sub> 26%) con dosis de 1603 a 3354 kg ha<sup>-1</sup>, y nutrientes N:127 a 152 kg ha<sup>-1</sup>, P: 64 a 79 kg ha<sup>-1</sup>, K: 244 a 247 kg ha<sup>-1</sup>, Ca: 20 kg ha<sup>-1</sup>, Mg:41 kg ha<sup>-1</sup> y S 18 a 37 kg ha<sup>-1</sup> de las tres unidades de suelo.



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA**  
**FACULTAD AGROPECUARIA Y DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES**  
**CARRERA DE INGENIERÍA AGRÍCOLA**

Caracterización de las propiedades físico-químicas del suelo y elaboración de un plan de fertilización para el cultivo de papa nativa, en el sector Simón Bolívar del Sistema de Riego Aguarongo –Zañe, Parroquia Chuquiribamba.



**AUTORA:**  
 Gladys Esperanza Benitez Soto  
**DIRECTOR:**  
 Ing. M.Sc. Miguel Villamagua  
 LOJA-ECUADOR



*Anexo 17. Aplicación y Difusión de los resultados.*



*Anexo 18. Certificado del resumen.*

Loja, 6 de junio del 2024

La suscrita, Andrea Sthefanía Carrión Fernández, Mgs, **DOCENTE EDUCACIÓN SUPERIOR**  
(registro de la SENESCYT número: 1008-12-1124463), **ÁREA DE INGLÉS-UNIVERSIDAD**  
**NACIONAL DE LOJA**, a petición de la parte interesada y en forma legal.

**CERTIFICA:**

Que la traducción del resumen del documento adjunto, solicitado por la señorita: **Gladys Esperanza Benítez Soto** con cédula de ciudadanía No. **1105167447**, cuyo tema de investigación se titula: **“Caracterización de las propiedades físico-químicas del suelo y elaboración de un plan de fertilización para el cultivo de papa nativa, en el sector Simón Bolívar del Sistema de Riego Aguarongo – Zañe, Parroquia Chuquiribamba.”** ha sido realizado y aprobado por mi persona, Andrea Sthefanía Carrión Fernández, Mgs. en Pedagogía.

El apartado del Abstract es una traducción textual del Resumen aprobado en español.

Particular que comunico en honor a la verdad para los fines académicos pertinentes, facultando al portador del presente documento, hacer el uso legal pertinente.

ANDREA  
STHEFANIA  
CARRION  
FERNANDEZ

Firmado digitalmente  
por ANDREA STHEFANIA  
CARRION FERNANDEZ  
Fecha: 2024.06.06  
17:10:27 -06'00'

**Andrea Sthefanía Carrión Fernández. Mgs.**

**English Professor**