



Universidad
Nacional
de Loja

Universidad Nacional de Loja

Facultad Agropecuaria y de Recursos Naturales Renovables

Carrera de Ingeniería Agrícola

Caracterización de las propiedades fisicoquímicas de los suelos y elaboración de un plan de fertilización para el cultivo de papa nativa, en el sector El Calvario del Sistema de Riego Aguarongo – Zañe, Parroquia Chuquiribamba.

**Trabajo de Integración Curricular,
previo a la obtención del título de
Ingeniera Agrícola**

AUTORA:

Jenny Maribel Michay Pinta

DIRECTORA:

Ing. Fernanda Margoth Livisaca Loján Mg. Sc.

Loja – Ecuador

2024

Certificación



unl

Universidad
Nacional
de Loja

Sistema de Información Académico
Administrativo y Financiero - SIAAF

CERTIFICADO DE CULMINACIÓN Y APROBACIÓN DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

Yo, **Livisaca Lojan Fernanda Margoth**, director del Trabajo de Integración Curricular denominado **Caracterización de las propiedades fisicoquímicas de los suelos y elaboración de un plan de fertilización para el cultivo de papa nativa, en el sector El Calvario del Sistema de Riego Aguarongo - Zaña, Parroquia Chuquiribamba.**, perteneciente al estudiante **Jenny Maribel Michay Pinta**, con cédula de identidad N° **1150653580**.

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



Firmado electrónicamente por:
FERNANDA MARGOTH
LIVISACA LOJAN

F)
DIRECTOR DE TRABAJO DE INTEGRACIÓN
CURRICULAR

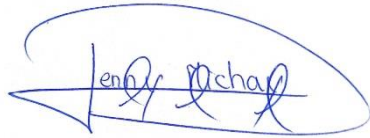


Certificado TIC/TT.: UNL-2024-000411

Autoría

Yo, **Jenny Maribel Michay Pinta**, declaro ser autor 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: 1150653580

Fecha: 27/06/2024

Correo electrónico: jenny.michay@unl.edu.ec

Celular: 0991123659

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

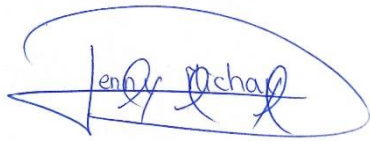
Yo, **Jenny Maribel Michay Pinta**, declaro ser autora del Trabajo de Integración Curricular titulado “**Caracterización de las propiedades fisicoquímicas de los suelos y elaboración de un plan de fertilización para el cultivo de papa nativa, en el sector El Calvario del Sistema de Riego Aguarongo –Zañe, 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, suscribo, en la ciudad de Loja, a los veinte y siete días del mes de junio del año dos mil veinte y cuatro.

Firma:



Autor: Jenny Maribel Michay Pinta

Cédula: 0991123650

Dirección: Chantaco.

Correo electrónico: jenny.michay@unl.edu.ec

Celular: 0991123659

DATOS COPLEMENTARIOS:

Director del Trabajo de Integración Curricular: Ing. Fernanda Margoth Livisaca Loján Mg. Sc.

Dedicatoria

A Dios y la virgen del Cisne

Al creador de todas las cosas y a la Churonita del Cisne por ser mi guía y brindarme la oportunidad cumplir esta meta.

A mis padres

Con profundo amor y respeto al mejor padre Luis Michay y a mi querida madre Carmen Pinta, por ser mi pilar fundamental en todo lo que soy, por sus valiosos consejos y gran apoyo que me brindan a lo largo de mi vida.

A mis hermanos

A mis queridos hermanos Michael, Miguel, Wilson y Marlon Michay Pinta, por ser parte de mi vida a mis abuelas María Pucha y Liduvina Muñoz, a mis primos Lady, José, tías María S. y María M. quienes me motivaron cada día con sus sabios consejos y demás familiares.

A mi novio

De manera especial a Eddison por brindarme su apoyo y motivación incondicional en mis momentos débiles, por ser los brazos que me brindan seguridad, permitiéndome compartir gratos momentos llenos de alegrías y experiencias.

A mis amigos

A mis amigos y compañeros de aula, Jhoselyn y Franklin por sus valiosas opiniones y sugerencias.

Gracias a todas las personas que de alguna u otra manera formaron parte de mi vida para poder cumplir esta meta.

Jenny Maribel Michay Pinta

Agradecimiento

De manera especial agradezco a la Universidad Nacional de Loja, la Facultad Agropecuaria y de los Recursos Naturales Renovables, la Carrera de Ingeniería Agrícola y a todos los docentes, por brindarme los conocimientos necesarios durante los años de formación y a su vez permitirme formar profesionalmente adquiriendo nuevos conocimientos para poder realizarme como profesional.

Le expreso mis sinceros agradecimientos a la Ingeniera Fernanda Margoth Livisaca Mg. Sc. directora del Trabajo de Integración Curricular, quien de manera desinteresada realizó la respectiva revisión de este trabajo final, por su tiempo y paciencia, por guiarme en cada paso. De igual manera quiero agradecer al Ingeniero Miguel Ángel Villamagua Mg. Sc. por la ayuda brindada, sus conocimientos y predisposición para realizar las actividades de esta investigación.

También me siento muy agradecida con los usuarios del Sistema de Riego Aguarongo Zañe, sector el Calvario, quienes formaron parte de esta investigación, por las facilidades prestadas para la realización y ejecución de este trabajo.

Jenny Maribel Michay Pinta

Índice de contenidos

Portada	i
Certificación	ii
Autoría	iii
Carta de autorización	iv
Dedicatoria	v
Agradecimiento	vi
Índice de contenidos	vii
Índice de tablas:	x
Índice de figuras	xii
Índice de anexos	xii
1. Título	1
2. Resumen	2
Abstract	3
3. Introducción	4
4. Marco Teórico	7
4.1. El suelo	7
4.2. Propiedades físicas del suelo	7
4.2.1. Textura.....	7
4.2.2. Estructura.....	8
4.2.3. Consistencia del suelo	8
4.2.4. Color del suelo.....	9
4.2.5. Densidad aparente	9
4.2.6. Porosidad	9
4.2.7. Contenido de humedad del suelo (CHS).	10
4.2.8. Curvas de retención de humedad.....	10
4.2.9. Puntos importantes de la curva de retención de humedad del suelo	11
4.2.10. Evaluación de las condiciones físicas del suelo	13
4.3. Propiedades químicas del suelo.....	14
4.3.1. Materia Orgánica	14
4.3.2. pH	15

4.3.3. Capacidad de intercambio catiónico (CIC)	15
4.3.4. Capacidad de Intercambio Catiónico Efectiva (CICE)	16
4.3.5. Bases intercambiables	16
4.3.6. Acidez intercambiable	17
4.3.7. Relación entre cationes intercambiables	17
4.4. Fertilidad del suelo	18
4.4.1. Fertilidad actual del suelo.....	18
4.4.2. Fertilidad potencial del suelo.....	18
4.4.3. Disponibilidad de los nutrientes	19
4.5. Nutrición del cultivo de papa	19
4.5.1. Eficiencia de nutrientes en el suelo	21
4.5.2. Fertilización en el cultivo de papas	21
4.5.3. Curva de adsorción de nutrientes de la papa	21
4.6. Trabajos relacionados a la caracterización física y química en suelos del Ecuador.	22
5. Metodología.....	24
5.1. Descripción del área de estudio	24
5.2. Materiales	25
5.3. Metodología para el primer objetivo	25
5.4. Metodología para el segundo objetivo	27
6. Resultados	28
6.1. Características físicas y químicas de los suelos del sector El Calvario del Sistema de Riego Aguarongo - Zañe.	28
6.1.1. Suelo del sector Sapul pendiente 0-8% Módulo 3.....	28
6.1.2. Suelo del sector San Antonio pendiente 8-25% Módulo 3.....	32
6.1.3. Suelo del sector El Calvario pendiente >25% Módulo 3.	36
6.2. Plan de fertilización para el cultivo de papa nativa en el Sector El Calvario.....	40
6.2.1. Fertilización del suelo para sector Sapul pendiente 0-8% Módulo 3.	40
6.2.2. Fertilización del suelo para el sector San Antonio pendiente 8-25% Módulo 3.	43
6.2.3. Fertilización del suelo para el sector El Calvario pendiente >25% Módulo 3.	46
7. Discusión.....	49
7.1. Caracterización física y química de los suelos del sector El Calvario del Sistema de Riego Aguarongo – Zañe.....	49

7.2. Elaboración de un plan de fertilización para el cultivo de papa nativa en el Sector El Calvario.	53
8. Conclusiones.....	56
9. Recomendaciones.....	57
10. Bibliografía.....	58
11. Anexos.....	64

Índice de tablas:

Tabla 1. Relación de cationes	18
Tabla 2. Requerimientos de macro y micronutrientes en el cultivo de papa.	21
Tabla 3. Características morfológicas P1 Sapul pendiente 0-8% Módulo 3.....	28
Tabla 4. Resultados de los análisis físicos del sector Sapul pendiente 0-8% Módulo 3.....	29
Tabla 5. Retención de humedad en el rango de pF 0,0 a pF 4,2 de los dos primeros horizontes del sector Sapul pendiente 0-8% Módulo 3.	30
Tabla 6. Capacidad de aireación, agua aprovechable, volumen físicamente inerte y zona del diagrama triangular, de los dos primeros horizontes del sector Sapul pendiente 0-8% Módulo 3.	30
Tabla 7. Características químicas del sector Sapul pendiente 0-8% Módulo 3.	31
Tabla 8. Fertilidad actual del sector Sapul pendiente 0-8% Módulo 3.	31
Tabla 9. Características morfológicas P2 San Antonio pendiente 8-25% Módulo 3.....	32
Tabla 10. Resultados de los análisis físicos del sector San Antonio pendiente 8-25% Módulo 3.....	33
Tabla 11. Retención de humedad en el rango de pF 0,0 a pF 4,2 de los dos primeros horizontes del sector San Antonio pendiente 8-25% Módulo 3.	34
Tabla 12. Capacidad de aireación, agua aprovechable, volumen físicamente inerte y zona del diagrama triangular, de los dos primeros horizontes del sector San Antonio pendiente 8-25% Módulo 3.....	34
Tabla 13. Características químicas del sector San Antonio pendiente 8-25% Módulo 3.	35
Tabla 14. Fertilidad actual del sector San Antonio pendiente 8-25% Módulo 3.	35
Tabla 15. Características morfológicas P3 El Calvario pendiente >25% Módulo 3.	36
Tabla 16. Resultados de los análisis físicos del sector El Calvario pendiente >25% Módulo 3.....	37
Tabla 17. Retención de humedad en el rango de pF 0,0 a pF 4,2 de los dos primeros horizontes del sector El Calvario pendiente >25% Módulo 3.	38
Tabla 18. Capacidad de aireación, agua aprovechable, volumen físicamente inerte y zona del diagrama triangular, de los dos primeros horizontes del sector El Calvario pendiente >25% Módulo 3.....	38
Tabla 19. Características químicas del sector El Calvario pendiente >25% Módulo 3.	39
Tabla 20. Fertilidad actual del sector El Calvario pendiente >25% Módulo 3.....	39
Tabla 21. Infiltración básica de los tres perfiles, en el Sector El Calvario del Sistema de Riego Aguarongo – Zañe, Módulo 3.	40

Tabla 22. CICE del suelo para el sector Sapul pendiente 0-8% Módulo 3.....	40
Tabla 23. Enmienda y relación de cationes del suelo para el sector Sapul pendiente 0-8% Módulo 3.....	41
Tabla 24. Resumen de los fertilizantes aplicados a partir de la relación de cationes para el sector Sapul pendiente 0-8% Módulo 3.....	41
Tabla 25. Plan de fraccionamiento para la aplicación de los fertilizantes en el sector Sapul pendiente 0-8% Módulo 3.....	41
Tabla 26. Fertilizantes recomendados para el cultivo de papa nativa en el sector Sapul pendiente 0-8% Módulo 3.....	42
Tabla 27. Fertilizantes recomendados en las diferentes etapas fenológicas para el cultivo de papa en el sector Sapul pendiente 0-8% Módulo 3.....	42
Tabla 28. CICE del suelo para el sector San Antonio pendiente 8-25% Módulo 3.....	43
Tabla 29. Enmienda y relación de cationes del suelo para el sector San Antonio pendiente 8-25% Módulo 3.....	43
Tabla 30. Resumen de los fertilizantes aplicados a partir de la relación de cationes para el sector San Antonio pendiente 8-25% Módulo 3.....	44
Tabla 31. Plan de fraccionamiento para la aplicación de los fertilizantes en el sector San Antonio pendiente 8-25% Módulo 3.....	44
Tabla 32. Fertilizantes recomendados para el cultivo de papa nativa en el sector San Antonio pendiente 8-25% Módulo 3.....	45
Tabla 33. Fertilizantes recomendados en las diferentes etapas fenológicas para el cultivo de papa en el sector San Antonio pendiente 8-25% Módulo 3.....	45
Tabla 34. CICE del suelo para el sector El Calvario pendiente >25% Módulo 3.....	46
Tabla 35. Enmienda y relación de cationes del suelo para el sector El Calvario pendiente >25% Módulo 3.....	46
Tabla 36. Resumen de los fertilizantes aplicados a partir de la relación de cationes para el sector El Calvario pendiente >25% Módulo 3.....	47
Tabla 37. Plan de fraccionamiento para la aplicación de los fertilizantes en el sector El Calvario pendiente >25% Módulo 3.....	47
Tabla 38. Fertilizantes recomendados para el cultivo de papa nativa en el sector El Calvario pendiente >25% Módulo 3.....	48
Tabla 39. Fertilizantes recomendados en las diferentes etapas fenológicas para el cultivo de papa en el sector El Calvario pendiente >25% Módulo 3.....	48

Índice de figuras:

Figura 1. Curvas de contenido de humedad.....	11
Figura 2. Absorción de micro y macronutrientes en la papa.	22
Figura 3. Ubicación geográfica de la Parroquia Chuquiribamba.....	24
Figura 4. Perfil 1 sector Sapul pendiente 0-8% Módulo 3.....	29
Figura 5. Perfil 2 sector San Antonio pendiente 8-25% Módulo 3.....	32
Figura 6. Perfil 3 sector El Calvario pendiente >25% Módulo 3.	36

Índice de anexos:

Anexo 1. Triángulo textural del suelo	64
Anexo 2. Diagrama triangular para la evaluación de las condiciones físicas del suelo.	64
Anexo 3. Selección y levantamiento topográfico general de las zonas de estudio.....	65
Anexo 4. Mapa de pendiente de la zona de estudio.....	68
Anexo 5. Mapa geológico de la zona de estudio	69
Anexo 6. Análisis del material parental.....	70
Anexo 7. Descripción de los perfiles del suelo en la zona de estudio.	72
Anexo 8. Toma de muestras para enviar al laboratorio	72
Anexo 9. Pruebas de infiltración	73
Anexo 10. Representación gráfica de la curva del pF del primer y segundo horizonte	73
Anexo 11. Tríptico de los resultados presentado en el día de campo.....	75
Anexo 12. Difusión de los resultados	77
Anexo 13. Aplicación de enmiendas de Cal Dolomix.....	77
Anexo 14. Fichas de descripción de los perfiles del sector el Calvario.	78
Anexo 15. Certificado de traducción del resumen.....	105

1. Título

Caracterización de las propiedades fisicoquímicas de los suelos y elaboración de un plan de fertilización para el cultivo de papa nativa, en el sector El Calvario del Sistema de Riego Aguarongo - Zañe, Parroquia Chuquiribamba.

2. Resumen

La investigación se desarrolló en el módulo tres del Sistema de Riego Aguarongo-Zañe en el sector Sapul con pendientes 0-8%, San Antonio 8-25% y El Calvario >25%. En esta zona la precipitación anual varía entre 800 a 1 300 mm. Los cultivos predominantes son pastos con el 34,52% (27,74 ha), maíz 32,64% (26,23 ha), cebolla blanca 18,25% (14,67 ha), cultivos hortícolas 6,70% (5,38 ha), hierbas aromáticas 5,01% (4,03 ha) y papa 2,88% (2,31 ha). Los rendimientos de papa son bajos debido a que los productores aplican fertilizantes sin criterio técnico para restituir la fertilidad de los suelos. Estos suelos son ácidos y presentan contenidos medios de nutrientes como N, P, K, Zn y B. Además, se aplican láminas de riego excesivas, lo que provoca pérdida de nutrientes por lixiviación, erosión del suelo y filtraciones que causan deslizamientos de tierra. El objetivo principal de la investigación fue contribuir al incremento del rendimiento de la papa nativa a través de la caracterización de las propiedades fisicoquímicas y elaboración del plan de fertilización. Se tomaron muestras de las tres unidades de suelo, se determinaron las propiedades hidrofísicas (porosidad, capacidad de campo, punto marchitez permanente), físicas (capacidad de aireación, agua aprovechable, volumen de poros físicamente inerte), químicas (materia orgánica, pH, capacidad de intercambio catiónico, acidez y bases cambiables); y, fertilidad (macro y micro nutrientes). Los resultados obtenidos muestran la porosidad alta para el primer horizonte en suelos con pendientes 0-8% y 8-25%, la CC y PMP medio; para pendientes >25% la porosidad, CC y PMP alto; para el segundo horizonte con pendientes 0-8% y 8-25% la porosidad, CC y PMP está en medio; pendiente >25% la porosidad, CC y PMP se encuentra en alto. La fertilidad física para el primer horizonte en pendientes 0-8% y 8-25% es pobre, y >25 es muy pobre para el desarrollo de las raíces. En el segundo horizonte en las pendientes 0-8% y 8-25% son muy pobres y >25% media. La MO es media, pH de medianamente ácido a muy ácido, la CIC es medio para las tres pendientes. Los contenidos de nutrientes de N, S, B y Zn, Cu se encuentran en el rango medio. Para la corrección de acidez en las pendientes de 0-8% y 8-25% se aplicó una dosis 2 500 kg ha⁻¹, pendiente >25% 3 897 kg ha⁻¹ de Cal Dolomix (MgO 10% CaO 36% SO₄ 26%); y, los nutrientes N de 123 a 143; P de 73 a 91; K de 301 a 355; Ca de 24 a 29; Mg de 50 a 59 y S de 33 a 38 kg ha⁻¹ en las tres pendientes.

Palabras claves: Condiciones hidrofísicas, físicas, químicas, fertilidad, papa nativa, curva de absorción, plan de fertilización.

Abstract

The research was carried developed in module three of the Aguarongo-Zañe Irrigation System in the Sapul sector with slopes 0-8%, San Antonio 8-25% and El Calvario >25%. In this area annual precipitation varies between 800 and 1,300 mm. The predominant crops are pasture with 34.52% (27.74 ha), corn 32.64% (26.23 ha), white onion 18.25% (14.67 ha), vegetable crops 6.70% (5.38 ha), aromatic herbs 5.01% (4.03 ha) and potato 2.88% (2.31 ha). Potato yields are low because producers apply fertilizers without technical criteria to restore soil fertility. These soils are acidic and have medium contents of nutrients such as N, P, K, Zn and B. In addition, excessive irrigation sheets are applied, which causes nutrient loss through leaching, soil erosion, and seepage that causes landslides. The main objective of the research was to contribute to the increase of native potato yield through the characterization of physicochemical properties and the elaboration of a fertilization plan. Samples were taken from the three soil units and hydrophysical (porosity, field capacity, permanent wilting point), physical (aeration capacity, usable water, physically inert pore volume), chemical (organic matter, pH, cation exchange capacity, acidity and exchangeable bases) and fertility (macro and micro nutrients) properties were determined. The results obtained show the high porosity for the first horizon at slopes 0-8% and 8-25%, CC and PMP medium; for slopes >25% porosity, CC and PMP high; for the second horizon with slopes 0-8% and 8-25% porosity, CC and PMP is in medium; slope >25% porosity, CC and PMP is in high. Physical fertility for the first horizon on slopes 0-8% and 8-25% is poor, and >25% is very poor for root development. In the second horizon on slopes 0-8% and 8-25% are very poor and >25% average. MO is medium, pH from medium acid to very acid, CEC is medium for the three slopes. The nutrient contents of N, S, B and Zn, Cu are in the medium range. For acidity correction on slopes 0-8% and 8-25% a dose of 2 500 kg ha⁻¹, slope >25% 3 897 kg ha⁻¹ of Cal Dolomix (MgO 10% CaO 36% SO₄ 26%) was applied; and, nutrients N from 123 to 143; P from 73 to 91; K from 301 to 355; Ca from 24 to 29; Mg from 50 to 59 and S from 33 to 38 kg ha⁻¹ in the three slopes.

Key words: hydrophysical, physical, chemical conditions, fertility, native potato, absorption curve, fertilization plan.

3. Introducción

El suelo es un sistema complejo que consta de minerales, y materia orgánica por acción del clima se determinan sus propiedades físicas, químicas y biológicas, que permiten el crecimiento de las plantas (Gárate & Bonilla, 2008). Para diagnosticar su fertilidad se consideran algunos indicadores químicos, pero la abundancia y riqueza de organismos del suelo y propiedades físicas como la resistencia a la penetración, aireación, retención de humedad y volumen del suelo, son necesarios para el crecimiento de raíces y entrega de agua y nutrimentos, condiciones que pueden afectarse por la labranza (Amésquita, 2001).

A nivel mundial la papa (*Solanum tuberosum*), es uno de los alimentos más producidos, se ubica en el cuarto lugar después del arroz, maíz y trigo (FAOSTAT, 2021 citado por Cuesta et al., 2022). La Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO, 2019), informó que actualmente se cultivan en 17 millones de hectáreas en todo el mundo y la producción mundial de papa representa 370 millones de t y más de 1,500 millones de personas se alimentan de este tubérculo.

En Ecuador, el cultivo de papa es una de las principales actividades agrícolas de la sierra, además este tubérculo se encuentra dentro de las cinco producciones más importantes en la dieta diaria de la población (MAG, 2017). En el año 2022 Ecuador produjo 251 433,39 t con un rendimiento medio nacional de 14,026 t ha⁻¹, con una superficie cosechada de 17 926 hectáreas (FAOSTAT, 2024).

Para el 2020 Imbabura produjo 22,16 t ha⁻¹, Pichincha 15,68 t ha⁻¹, Cotopaxi 15,56 t ha⁻¹. provincia de Azuay 8,6 t ha⁻¹, Bolívar 4,5 t ha⁻¹, Cañar 2,42 t ha⁻¹, y por último la provincia de Loja 2,83 t ha⁻¹ (INEC, 2020; citado por López A., 2021, p. 6).

El sistema de riego Aguarongo-Zañe se encuentra ubicado en la parte superior de la subcuenca del río Trapichillo (Catamayo), en la parroquia de Chuquiribamba la misma pertenece a la Sierra Media Alta de la Región Sur del Ecuador, con una altitud que fluctúa desde los 2 500 a 2 800 m s.n.m, cubriendo una superficie de 98,30 ha de las cuales el 81,7 % (80,35 ha) tienen riego y el 19,65 % no cuenta con riego (Chamba, 2021, p. 88).

La zona de estudio, está representados por los cultivos más predominante como pastos 34,52 % del total los que representan (27,74 ha), seguido por el maíz con 32,64 % (26,23 ha),

cebolla blanca 18,25 % (14,67 ha), cultivos hortícolas 6,70 % (5,38 ha), hierbas aromáticas 5,01 % (4,03 ha) y finalmente áreas dedicadas a la producción de papa 2,88 % (2,31 ha) (Pauta, 2019). El cultivo de papa presenta bajos rendimientos que están por debajo de la producción en escala nacional y se deben en gran medida a la mala implementación de los fertilizantes, deficiencia en capacitaciones proporcionadas por parte de las instituciones competentes a los agricultores, mismo que no garantizan la generación de ingresos a los productores de la zona evitando la comercialización local y el desarrollo rural de la parroquia (Pauta, 2019).

Así mismo la aplicación de láminas de riego sin ningún criterio técnico, afectan negativamente al desarrollo adecuado de los cultivos de papa nativa a largo o corto plazo provocando pérdida de nutrientes en los suelos, por la lixiviación de los mismos, también la falta de aireación en las raíces limitando el crecimiento de las plantas y la erosión del suelo en dónde las partículas son arrastradas por el agua dando como resultado la pérdida de la capa fértil y el deterioro de los suelo, a más de generar conflictos en la correcta distribución causada principalmente por la disminución del agua en las redes de distribución, lo que no permite cubrir con toda la superficie regable del Sistema, y produciéndose filtraciones en el suelo que provocan deslizamientos, hundimientos y remociones en masa de tierra (Valarezo, 2017).

Los barrios El Calvario - La Variante tiene suelos físicamente pobres con baja aireación provocada por el pisoteo del ganado y las malas técnicas de labranza, cultivos a favor de la pendiente. Además son suelos ácidos y muy ácidos debido a que aplican abono orgánico sin tratarlo como la (gallinza) y el contenido medio de nutrientes: N, P, K, Zn y B que no contribuyen a los rendimientos de la producción de cultivos agrícolas (Villamagua, 2022).

En este contexto, se pretende dar respuesta al problema disminución de la producción de papa nativa ¿Cuáles son las propiedades fisicoquímicas del suelo para el cultivo de papa nativa, en el sector El Calvario del Sistema de Riego Aguarongo –Zañe, 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 plan de fertilización de los suelos del sector El Calvario del Sistema de riego Aguarongo-Zaño.

Objetivos específicos

- Caracterizar física y químicamente los suelos del sector El Calvario del Sistema de Riego Aguarongo – Zaña.
- Elaborar un plan de fertilización para el cultivo de papa nativa en el Sector El Calvario.

4. Marco Teórico

4.1. El suelo

El suelo es una capa de material que cubre la superficie terrestre y sirve como medio natural para el crecimiento y desarrollo de las plantas, compuesto por una mezcla de minerales, materia orgánica, agua, aire y microorganismos (FAO, 2022).

4.2. Propiedades físicas del suelo

El suelo representa un sistema complicado que incluye minerales y materia orgánica, en el cual se definen las propiedades físicas, químicas y biológicas, que posibilitan el crecimiento de las plantas debido a la influencia de las condiciones climáticas, citado por (Gárate & Bonilla-Mangas, 2008; citado en Volverás et al., 2020).

Por otra parte Salazar (2019), sostiene que las propiedades físicas del suelo varían de acuerdo con las condiciones actuales del suelo, mismas que permiten comprender la interacción en el desarrollo de la planta, la disponibilidad de agua, crecimiento adecuado de sus raíces, la presencia de oxígeno, movimiento del agua en el suelo, sus diferentes perfiles, en conjunto de las acciones que desarrolle el hombre en el suelo (p. 14).

4.2.1. *Textura*

Navarro & Navarro (2013), mencionan que la determinación de la textura se basa en indicar, la porción que ocupa en él cada elemento de arena gruesa, arena fina, limo y arcilla, y está formada por partículas de diversas formas, tamaños y composición química, las mismas que se las separa en dos grandes grupos, la fracción denominada tierra fina (pasa por un tamiz de 2,0 mm) y la fracción gruesa.

La composición del suelo se refleja en su textura, la cual puede ser evaluada mediante el tacto, en el laboratorio con ayuda de los tamices o a través del método de Bouyoucos para determinar las proporciones del suelo, también se puede emplear el triángulo textural de la USDA, en donde se identifican las combinaciones del suelo existente, se lo puede observar en el Anexo 1 (Salazar, 2019, p. 15).

4.2.2. *Estructura*

La composición de los suelos incluye una abundancia de elementos con variada composición mineralógica, así como también de distintos tamaños y formas, conformando la estructura del suelo (Easton y Bock, 2016; citado en Villalaz, 2007).

Además, Ortega (2021), expone un criterio para la clasificar las estructuras, en descripciones de campo, se debe considerar los siguientes aspectos.

- a) Tipo y subtipo de estructura, según la forma general y la ordenación de los agregados.
- b) La clase de estructura, según el tamaño de los agregados.
- c) El grado de estructura, determinado por la distinción y durabilidad de los agregados.

Bloque son partículas dispuestas alrededor de un punto y limitado por superficies lisas o redondas; esferoidal son agregados redondeados, las partículas se encuentran alrededor de un punto, limitadas por superficies convexas o irregulares que no se acomodan a los agregados laterales; Prismática, con las partículas arregladas alrededor de una línea vertical y limitadas por superficies verticales lisas y laminar que son agregados en láminas, con partículas dispuestas alrededor de un plano horizontal (Easton y Bock, 2016; citado en Villalaz, 2007).

4.2.3. *Consistencia del suelo*

Además la FAO (2023), indica que la consistencia del suelo se refiere a la propiedad que determina la resistencia del suelo a la deformación o ruptura provocada por fuerzas externas, esta característica del suelo lo definen el contenido de humedad, materia orgánica y tipos de arcilla clasificando la consistencia en dura, muy dura y suave. Se mide mediante tres niveles de humedad; aire-seco, húmedo y mojado. Esta propiedad está vinculada con la labranza del suelo, sus efectos como la compactación, el encostramiento y reducción de espacios vacíos para el correcto desarrollo radicular.

Los niveles de consistencia reflejan la proporción en la que se hallan las fuerzas de cohesión (atracción entre partículas o moléculas de la misma sustancia) y de adhesión (atracción entre sustancias o partículas heterogéneas) en el suelo (Jaramillo, 2002).

4.2.4. *Color del suelo*

El color del suelo depende de sus elementos constituyentes y cambia según la cantidad de humedad, la presencia de materia orgánica y el grado de oxidación de los minerales presentes. Se puede evaluar como una indicación indirecta de varias propiedades del suelo, y se utiliza para distinguir los horizontes en un perfil del suelo, identificando el origen del material parental, presencia de materia orgánica, estado de drenaje y la presencia de sales y carbonato (FAO, 2023).

Además Carvajal (1997), señala que el color está vinculado directamente con la temperatura, la interacción de elementos y circulación del agua en el suelo, el contenido de materia orgánica, la cantidad de organismos y la evolución del suelo. A través de la observación visual es posible reconocer los diferentes procesos y fenómenos que han tenido lugar en el suelo a lo largo del tiempo (p. 11).

4.2.5. *Densidad aparente*

Es la relación entre la masa de los sólidos del suelo y el volumen total de una muestra de suelo no disturbada (Ecuación 1).

$$D. a. = \frac{\text{peso de los sólidos de la muestra o peso seco } (a)}{\text{Volúmen de los sólidos de la muestra } (b) + \text{volúmen poroso } (c) \text{ de la muestra}} \quad (1)$$

Sus valores varían entre 1,0 g/cm³ en suelos bien estructurados y 1,8 g/cm³ en suelos compactados. Un incremento en la densidad aparente resulta de la reducción del espacio poroso debido a la compactación, mismo que se origina principalmente por la acción de diferentes fuerzas o presiones sobre el suelo. Esto puede deberse a prácticas como el uso intensivo de maquinaria agrícola bajo condiciones de suelos muy húmedos, excesivo pastoreo de animales en suelos tanto muy húmedos como muy secos (Nawaz et al., 2015).

4.2.6. *Porosidad*

El espacio poroso del suelo hace referencia al porcentaje del volumen del suelo que no está ocupado por partículas sólidas, en lo que se puede distinguir macro y micro poros dónde el agua, nutrientes, aire y gases tienen la capacidad de circular o retenerse (FAO, 2023) ; Los macro poros no retienen el agua contra la fuerza de gravedad, son responsables del drenaje, la aireación y forma del espacio dónde se desarrollan las raíces y los micro poros se encargan de retener el agua y parte de la cual es disponible para la planta.

Para determinar la porosidad del suelo, es necesario comprender que el suelo se compone de tres fases que son la sólida, líquida y gaseosa. La fase líquida se refiere al agua presente en el suelo o a la solución del suelo; la fase gaseosa corresponde al aire del suelo y la fase líquida y gaseosa ocupan los poros del suelo, es decir el volumen no ocupado por la fase sólida (Bazán et al., 2022).

4.2.7. *Contenido de humedad del suelo (CHS).*

Mejia (2021), compara la estructura del suelo con una esponja, enfatizando su capacidad para absorber y retener el agua. Por otro lado, la cantidad de agua que contiene un suelo es una de las características más específicas que depende de su textura, contenido de materia orgánica, la composición de sus fracciones minerales y orgánica, así como la disposición del medio físico edáfico, esta cantidad puede variar según las condiciones naturales (como la lluvia) o artificiales (a través del riego) de ella, así como el consumo ocasionado por la evapotranspiración (Jaramillo, 2002).

El contenido de agua en el suelo se refiere a la cantidad de agua (ya sea en términos de masa o volumen) presente en cada posición de un suelo en un momento determinado (Lanfranco et al., 2014). En los suelos minerales, el contenido de humedad en términos de masa (w) puede variar entre 5% a 40% mientras que para los suelos orgánicos puede sobrepasar el 100%.

4.2.8. *Curvas de retención de humedad*

Las curvas de retención de humedad (CRH) en el suelo representan la relación entre el contenido de humedad y el potencial matricial, y también reflejan la capacidad del suelo para retener agua en función de la succión, esta relación está influenciada por los factores asociados a la porosidad del suelo (Bejar et al., 2020; como se cita en Teepe et al., 2003).

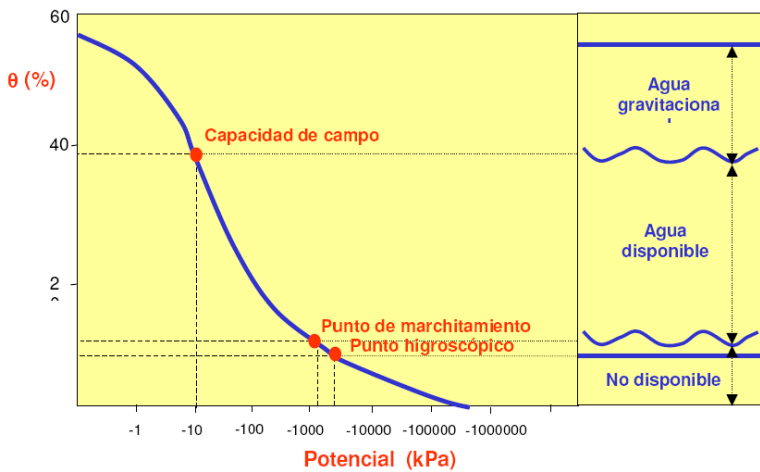


Figura 1. Curvas de contenido de humedad

Fuente: Valarezo, 2017.

Factores que afectan a la retención de agua

Los factores que inciden en la retención de agua son la textura del suelo, el tipo de arcilla, la presencia de materia orgánica y la estructura del suelo (España & Seva, 2020, p. 22).

La textura del suelo influye directamente en la capacidad del suelo para retener agua, en la que queda retenida en forma de película sobre la superficie de las partículas y en los pequeños poros existentes entre ellas; el tipo de arcilla ejerce influencia tanto de manera directa como indirecta en la retención del agua, mismo que atribuible a su capacidad de expansión y absorción interna del agua; la materia orgánica tiene un efecto de manera directa ya que puede retener un peso de agua mayor al suyo, mientras que el indirecto se debe a sus efectos sobre la estructura del suelo y la estructura juega un papel crucial en la retención del agua, de manera que los suelos que presentan una estructura bien desarrollada contienen un gran volumen de macro y los micro poros, los que contribuyen a la capacidad de retención de agua y la adecuada aireación.

4.2.9. Puntos importantes de la curva de retención de humedad del suelo

Pérez (2021), menciona que las plantas tienen la capacidad de absorber agua entre la capacidad de campo y punto de marchitez permanente, dos puntos en las curvas de retención de humedad que marcan lo que sería el agua aprovechable para el cultivo.

- **Hidrofísicas:** porosidad, capacidad de campo y punto de marchitez permanente.

Saturación

Según Datta et al. (2017) citado por Valarezo et al. (2020), la saturación es la situación en la que todos los poros del suelo están ocupados por agua. El contenido de humedad en este punto varía de 30 % en suelos arenosos hasta el 60% en suelos arcillosos. En el estado saturado, el potencial matricial depende menos de la textura del suelo y se acerca a cero, indicando que hay una restricción mínima para el movimiento del agua y que las raíces de las plantas puedan extraerla del suelo con un esfuerzo mínimo.

El punto en el cual la curva de retención de agua del suelo intersecta el eje de las abscisas indica una tensión de 1 cm ($pF = 0,0$), el mismo que refleja el contenido de agua del suelo en el estado de saturación o porosidad total (Porta et al., 2008 citado por Valarezo et al., 2020).

Capacidad de campo (CC)

Se entiende como capacidad de campo al máximo contenido de agua que puede retener el suelo a una tensión o potencial mátrico del agua ($pF=2,00$ y $pF=2,52$), en condiciones de libre drenaje, y se lo alcanza entre 24 y 72 horas después de haberse concluido el riego, de acuerdo al tipo de suelo (Pérez, 2014).

Punto de marchitez permanente (PMP)

El punto de marchitez permanente es el contenido de agua en el cual las plantas se marchitan de una manera irreversible a un estado energético de ($pF=4,20$), es decir que no existe la posibilidad de recuperar la planta después de haber sido sometida durante la noche a condiciones de un ambiente saturado de humedad (Pérez, 2014).

- **Físicas:** agua aprovechable, capacidad de aireación y volumen de poros físicamente inerte

Agua aprovechable (AA)

España & Seva (2020), manifiesta que el agua útil o aprovechable para las plantas es la humedad comprendida entre la capacidad de campo y punto de marchitez permanente, este valor es mayor en los suelos arcillosos que los arenosos (p. 14).

Capacidad de aireación (CA)

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 ($pF = 2,0$ o $2,52$), se conoce como la capacidad de aireación del suelo: $CA (\% \theta_v) = \text{Saturación } (\% \theta_v) - CC (\% \theta_v)$ (Bitelli, 2017 citado por Valarezo et al., 2020).

En términos generales, si la porosidad de aireación se sitúa en el rango de 10 % al 15% del volumen del suelo, se considera adecuada para el crecimiento de las raíces de las plantas, desde la perspectiva del drenaje, esta porosidad se corresponde con el espacio poroso drenable, también conocida como la porosidad efectiva, y engloba los poros del suelo que tienen un diámetro equivalente superior a 30 micras (Chavarría & Pessoa, 2012 citado por Valarezo et al., 2020).

Volumen inútil de poros

También llamado volumen de poros físicamente inerte, se refiere al nivel del agua contenido volumétricamente en el Punto de Marchitez permanente (PMP), incluye los poros con un tamaño inferior a 0,2 micras, los cuales no suministran ni aire ni agua a las raíces (Loaiza, 2008, p. 25).

4.2.10. *Evaluación de las condiciones físicas del suelo*

La distribución de los volúmenes de las tres fases del suelo (líquida, sólida y gaseosa) bajo condiciones de capacidad de campo se emplea para estimar el estado físico del suelo en relación con el crecimiento de las plantas.

Para el análisis del suelo se realiza mediante el uso del diagrama triangular Anexo 2, para analizar las condiciones físicas del suelo. En el lado derecho del triángulo se representan los valores porcentuales del agua aprovechable, con un diámetro equivalente de poros de 0,2 a 30 micras, considerando como capacidad de campo el contenido de agua retenida a $pF 2$.

En el lado izquierdo, se muestran los valores porcentuales del volumen físicamente inerte el mismo que representa la suma del volumen de sólidos más el volumen inútil de poros. Esta categoría abarca los poros de tamaño inferior a 0,2 micras, los cuales no contribuyen ni con el aire ni agua para el beneficio de las raíces y en la parte inferior se logran visualizar los valores de capacidad de aireación.

El diagrama triangular está dividido en cinco zonas distintas. La zona I, corresponde a una situación muy pobre de las condiciones físicas del suelo para las plantas; mientras que la zona V se la considera muy buena, ya que hay disponibilidad de agua y de aire. Las zonas II, III y IV corresponden a las condiciones pobre, medio y buena en su orden (Valarezo, 2017).

Infiltración

La infiltración es el procedimiento mediante el cual el riego o el agua proveniente de la lluvia, ingresa al suelo a través de la superficie, moviéndose hacia las capas inferiores, en dirección tanto vertical como horizontal (Crespo, 2017).

Por otra parte, la infiltración “es el proceso mediante el cual el agua de riego o lluvia entra en el suelo. La tasa de infiltración, en el contexto de la ciencia del suelo, indica que tan rápido el suelo puede absorber la precipitación o la irrigación, expresándose en unidades como cm/h o cm/min, si la tasa de precipitación excede la tasa de infiltración, el suelo se satura y puede generar escorrentía” (Rivera et al., 2018).

4.3. Propiedades químicas del suelo.

4.3.1. *Materia Orgánica*

Según lo expresado por López (2020), señala que la materia orgánica del suelo constituye la porción residual después de que los microorganismos han utilizado lo que pudieron aprovechar de ella.

Nuestra atmósfera contiene dióxido de carbono, en el cual las plantas, mediante la fotosíntesis, absorben, lo fijan y lo transforman en tejidos. Al llegar al final de su ciclo de vida, estos tejidos se marchitan y caen al suelo, donde los microorganismos utilizan el carbono como fuente de energía y materia para construir sus propias células.

La materia orgánica del suelo constituye el depósito más importante de carbono orgánico en el planeta y está compuesta por moléculas similares a las que conforman los seres vivos, aunque no han sido transformadas a su forma elemental. Por esta razón, en el suelo encontramos residuos provenientes de plantas, animales y microorganismos.

4.3.2. *pH*

La determinación del pH del suelo implica la evaluación de su nivel de acidez o alcalinidad, lo cual influye significativamente en la disponibilidad de nutrientes. El pH del suelo se clasifica en una escala que va desde 0 hasta 14, siendo 7 el punto neutral. Valores inferiores a 7 señalan acidez, mientras que valores superiores a 7 indican alcalinidad (Marjan, 2016).

Los suelos pueden mostrar una reacción ácida o alcalina, o en algunos casos neutra. La medida de la reacción química del suelo se expresa mediante su valor de pH, que varía de 0 a 14. Un pH de 7 indica una reacción neutra en el suelo. Valores por debajo de 7 indican acidez, mientras que valores por encima de 7 señalan alcalinidad. Cuanto más alejada esté la medida del punto neutro pH 7, mayor será la acidez o la alcalinidad del suelo (FAO, 2020).

El pH influye en las características de las propiedades físicas y químicas, dentro de los pH ácidos hay una intensa alteración de los minerales que son resultado de una estructura inestable. Por otro lado, en los suelos alcalinos, las arcillas tienden a dispersarse, ocasionando la destrucción de la estructura, mientras que, en las propiedades químicas y la fertilidad en las plantas, la asimilación de nutrientes se puede bloquear en determinadas condiciones de pH y por ende no son asimilables para la misma (Montalvan, 2014).

4.3.3. *Capacidad de intercambio catiónico (CIC)*

“La Capacidad de Intercambio Catiónico, se refiere a la capacidad que tienen las arcillas de absorber y desadsorber cationes que se encuentran disponibles en la solución del suelo”. Es importante señalar que las arcillas pueden retener cationes en su superficie externa, como es el caso de la caolinita, cuya organización estructural y la unión de puentes de hidrógeno no permiten su dilatación o expansión y la captura de cationes entre sus capas, por lo que presenta una capacidad de intercambio catiónico baja (Núñez, 2000, p. 90).

Por otra parte, Bueno & Fernández (2019), menciona que la Capacidad de Intercambio Catiónico (CIC), representa una propiedad química esencial del suelo para su fertilidad, siendo en gran medida la responsable de la producción a nivel mundial de los alimentos, aunque su importancia puede pasar por desapercibida en muchos lugares. Esta funciona como una especie de bóveda en donde los suelos resguardan los nutrientes indispensables para el desarrollo de las plantas como el K, Mg, Ca y N, estos nutrientes encuentran en la CIC un espacio propicio para

almacenar y disolverse en el agua del suelo, formando lo que se conoce la solución del suelo, esta solución facilita la adsorción de nutrientes por parte de las plantas.

4.3.4. *Capacidad de Intercambio Catiónico Efectiva (CICE)*

Donald (1999), señala que la Capacidad de Intercambio Catiónico Efectiva, toma en cuenta la suma de bases y el aluminio extraíble con base en determinaciones hecha con una solución de bases no reguladas, como el cloruro de potasio (KCl), 1 molar, que mide los hidrógenos presentes en una disolución acuosa, debido a los desplazamientos de hidronios (H³⁰), que hace la sal neutra, sobre la superficie de los coloides o arcillas (p. 77). Para fertilidad, con base en la capacidad de intercambio efectiva (CICE), se tiene que la saturación de bases y la saturación de aluminio es igual a:

$$C.I.C.Efectiva = \sum de Ca, Mg, K y Al$$
$$Saturación de bases (\%) = \frac{(\sum Ca, Mg, K) \times 100}{CICE}$$
$$Saturación de aluminio (\%) = \frac{(Al) \times 100}{CICE}$$

4.3.5. *Bases intercambiables*

La evaluación del suelo en agricultura es fundamental, ya que posibilita la valoración del estado nutricional del suelo en un instante específico. Dado que el suelo es un sistema dinámico que experimenta cambios a lo largo del tiempo, este análisis resulta esencial para determinar si el suelo se encuentra en condiciones favorables o desfavorables. Estos cambios pueden estar influenciados por diversos factores como el tipo de cultivo, la ubicación geográfica, el historial de manejo, el tipo de suelo, la topografía y otros aspectos relevantes (Frez, 2021).

En términos de plantas y cultivos, hay cuatro bases de intercambio de suelos: Calcio (Ca⁺²), Magnesio (Mg⁺²), Potasio (K⁺) y Sodio (Na⁺). De estas cuatro bases, tres son nutrientes esenciales para los cultivos (Ca, Mg y K), categorizados como macronutrientes, ya que las plantas necesitan cantidades significativas de ellos para su crecimiento óptimo. Entre estos tres, el Potasio (K) es el más requerido en mayor cantidad, seguido por el Calcio (Ca) y posteriormente el Magnesio (Mg) (Frez, 2021).

En líneas generales, se ha establecido que la proporción de bases de intercambio en el complejo del suelo, considerando su potencial eléctrico, sigue la secuencia: $\text{Ca} > \text{Mg} > \text{K} > \text{Na}$. Esto significa que el Calcio (Ca) es el catión más predominante, constituyendo un 75%, seguido por el Magnesio (Mg) con alrededor de un 15%, luego el Potasio (K) con un 7% y finalmente el Sodio (Na) con un 3%. En términos generales, las cantidades de K y Na en el suelo son menores que las de Ca y Mg, siendo sus valores similares entre sí, aunque con una mayor dominancia de K (Frez, 2021). Para alcanzar niveles óptimos de bases, se pueden realizar ajustes mediante el uso de enmiendas como la aplicación de cal o la adición de compuestos ricos en calcio, como el Carbonato de Calcio, dolomitas (Carbonato doble de Calcio y Magnesio), Sulfato de Calcio (yeso), y fertilizantes o mezclas que contengan Potasio, Calcio y Magnesio, tales como Superfosfato triple, Muriato de potasio, Nitrato de potasio, kieserita entre otros.

4.3.6. *Acidez intercambiable*

La generación de acidez en el suelo proviene de la presencia de iones Al^{+3} e iones de hidrógeno (H^+). La disminución en el nivel de pH influye en las propiedades químicas y biológicas del suelo, obstaculiza el desarrollo de las plantas y reduce la disponibilidad de nutrientes como el calcio (Ca), el magnesio (Mg), fósforo (P) y el potasio (K). Como consecuencia, se promueve la acumulación de elementos perjudiciales para las plantas, como el Al^{+3} y el manganeso (Berts, 1998 ; como se cita en Calva & Espinosa, 2017, p. 3).

4.3.7. *Relación entre cationes intercambiables*

La composición de las bases intercambiables (Ca, Mg y K) es un factor determinante en el nivel de fertilidad del suelo, especialmente en el caso de los dos primeros. Los suelos fértiles se caracterizan por tener concentraciones elevadas de Ca y Mg, mientras que los suelos altamente ácidos suelen carecer de estos elementos. La fertilidad del suelo mejora con mayores niveles de Ca y Mg. Se clasifica la fertilidad del suelo según la suma de bases, considerando un suelo con una suma de bases inferior a 5 $\text{cmol}(+)/\text{l}$ como de baja fertilidad, de 5-12 $\text{cmol}(+)/\text{l}$ como de fertilidad media, y más de 12 $\text{cmol}(+)/\text{l}$ como de alta fertilidad (Molina, s/f).

En la interpretación, se examinan también las relaciones entre los cationes Ca, Mg y K para identificar posibles desequilibrios. Esto se logra calculando los cocientes resultantes de la división

de los contenidos en cmol(+)/l de estos elementos. Por lo general, se observa un antagonismo principal en la relación entre Ca y/o Mg con respecto a K (Molina, 2002).

Tabla 1. Relación de cationes

Relación cationes	entre	Rangos óptimos cmol.kg-1	Nivel crítico	Recomendación
Ca Mg-1		2,0 a 5,0	Si < 2,0	Agregar calcio
			Si >5,0	Agregar magnesio
Mg K-1		2,5 a 15,0	Si < 2,5	Agregar magnesio
			Si >15,0	Agregar potasio
(Ca + Mg) K-1		10,0 a 40	Si < 10,0	Agregar calcio y magnesio
			Si >40,0	Agregar potasio

Fuente: Hernández, 2021.

4.4. Fertilidad del suelo

IAEA (2018), menciona que la fertilidad del suelo es la capacidad que tiene el suelo para el desarrollo de las plantas y maximizar la productividad de los cultivos, este puede ser mejorado mediante la aplicación de fertilizantes, tanto orgánico como inorgánicos, que enriquecen el suelo, el empleo de técnicas nucleares ofrece información valiosa para optimizar la fertilidad del suelo y aumentar la producción agrícola, al mismo tiempo minimizando el impacto ambiental.

4.4.1. *Fertilidad actual del suelo*

Es la que tiene un suelo en un momento determinado, que se manifiesta frente a la capacidad para absorber los nutrientes por la planta (Navarro & Navarro, 2013, p. 45).

4.4.2. *Fertilidad potencial del suelo*

Es la capacidad que tiene el suelo para conservar la fertilidad natural, para su evaluación se utilizan parámetros que no se utilizan comúnmente, como la naturaleza de las partículas gruesas del suelo capaces de proporcionar nutrientes para la planta conforme se va alterando,

incrementando así la fertilidad, esta solo va a depender del suelo (Navarro & Navarro, 2013, p. 45).

Casanova (2005), señala que la fertilidad se refiere al potencial que un suelo tiene para suplir los elementos nutritivos en las formas, cantidades y proporciones requeridas para favorecer a un adecuado crecimiento y rendimiento de las plantas, Esta disponibilidad de elementos nutritivos por el sistema radical puede ser inmediata, constituyendo la fertilidad actual, y se manifiesta mediante la presencia de nutrimentos en forma soluble para facilitar la absorción de las raíces.

4.4.3. *Disponibilidad de los nutrientes*

Solo una pequeña fracción de cada nutriente presente en el suelo está disponible para la planta, ya que la mayoría está fuertemente ligada a la fracción mineral y la materia orgánica, volviéndose inaccesible hasta que los procesos de descomposición los afectan, estos ocurren en periodos de tiempo muy extensos, liberando los nutrientes. Las plantas absorben elementos del suelo de forma iónica, por ejemplo, el calcio, el magnesio y el potasio se absorben como iones Ca^{++} , Mg^{++} y K^{+} .

El nitrógeno está presente en forma de NH_4^{+} o NO_3^{-} , el fósforo principalmente como HPO_4^{-} y el azufre en forma de SO_4^{-} . Estos nutrientes son absorbidos por las plantas de acuerdo con sus necesidades totales a lo largo de su ciclo de crecimiento (Thompson & Troeh, 2021).

4.5. **Nutrición del cultivo de papa**

Pumisacho y Sherwood (2002, citado en Valverde & Alvarado, 2009), va a depender de la variedad, fertilidad del suelo, condiciones climáticas, rendimiento y manejo del cultivo. El cultivo de papa para su desarrollo necesita de nutrientes primarios como (N, P, K) y nutrientes secundarios de (Ca, Mg y S) y finalmente están los micronutrientes (Zn, Mg y B).

- **Nitrógeno (N)**, es un constituyente de proteínas, ácidos nucleicos, su deficiencia se refleja en la palidez gradual o clorosis de las hojas maduras que se tornan amarillentas y se desprenden. La clorosis se extiende de las hojas maduras a las jóvenes, cuando hay deficiencia de N se producen nervaduras y peciolo de color rojo o púrpuras, la abundancia

del N ocasiona que se proliferen los tallos y se reducen los frutos (Bidwell, 1993; citado en Valverde & Alvarado, 2009).

- **Fósforo (P)**, importante como parte estructural de varios compuestos como los ácidos nucleicos y fosfolípidos, desempeña una función en el metabolismo energético, la deficiencia afecta al metabolismo y crecimiento, los síntomas son la caída de hojas maduras en los tallos y flores. En el cultivo de papa interviene en la síntesis de hidratos de carbono y favorece a la maduración de los tubérculos, constituye un elemento crítico durante el periodo inicial de desarrollo de la planta y tuberización. La deficiencia del P impide que los tubérculos lleguen a su madurez fisiológica o presenten manchas rojizas en su interior (Bidwell, 1993; citado en Valverde & Alvarado, 2009).
- **Potasio (K)**, es un elemento para el metabolismo de las plantas, relacionado con el mantenimiento del balance iónico de las células. En el cultivo de papa el K desempeña un papel fundamental en la traslocación de azúcares y almidón hacia los tubérculos mejorando las cualidades culinarias, incide en la producción y tamaño de los tubérculos, los síntomas de deficiencia se observan en las hojas superiores pequeñas, arrugadas y de color verde intenso, necrosis en el ápice, márgenes y clorosis intervenal de hojas viejas (Bidwell, 1993; citado en Valverde & Alvarado, 2009).
- **Calcio (Ca)**, es importante en la síntesis de pectina de la lámina media de la pared celular, involucrado en el metabolismo o formación de núcleos y las mitocondrias, la deficiencia de Ca en el cultivo de papa se manifiesta con los tubérculos pequeños y deformes (Bidwell, 1993; citado en Valverde & Alvarado, 2009).
- **Magnesio (Mg)**, ayuda en las reacciones de metabolismo energético (Transferencia de fosfato, síntesis de ácidos nucleicos), así como en la síntesis constituye del núcleo, cloroplasto y ribosoma. Los síntomas se presentan en una clorosis entre las nervaduras foliares o aparecer en pigmentos brillantes de color rojo, naranja, amarillo o púrpura, debido a que el Mg es muy soluble y rápido de transporte por toda la planta, los síntomas de deficiencia aparecen en hojas maduras (Bidwell, 1993; citado en Valverde & Alvarado, 2009).
- **Azufre (S)**, forma parte de ciertos aminoácidos, proteínas y compuestos de actividad biológica, cuando hay deficiencia se visualiza una clorosis que inicia en las hojas jóvenes,

el S es considerado como un elemento general limitante en la producción de papa, debido a su pérdida por lixiviación y extracción por el cultivo (Bidwell, 1993; citado en Valverde & Alvarado, 2009).

4.5.1. *Eficiencia de nutrientes en el suelo*

La eficiencia en el uso de fertilizantes o nutrientes describe como las plantas o los sistemas de producción aprovechan los nutrientes, estos índices pueden ser analizados considerando el periodo de evaluación, ya sea corto, mediano o largo plazo. La eficiencia se puede evaluar a través de los rendimientos de los cultivos, la recuperación en la planta y la extracción de nutrientes por parte de la planta (Stewart, 2007).

4.5.2. *Fertilización en el cultivo de papas*

Tabla 2. Requerimientos de macro y micronutrientes en el cultivo de papa.

Autores	N	P	K	S	Ca	Interpretación
(Valverde et al., 1998)	150-200	131-175	83-125	20-30		Alto
	100-150	87-130	50-83	10-20		Medio
	50-100	43-87	25-50	0-10		Bueno
(Muñoz & Cruz, 1984)	200	130	124			Alto
	150	65	83			Medio
	50	35	33			Bueno
(Molinos, 2022)	220-280	110-174	207-290		32-42	Muy alto
	150-220	65-110	149-207		21-32	Alto
	90-150	35-87	100-149		14-21	Medio
(Valverde & Alvarado, 2009)	150-200	131-175	83-125	40-60		Alto
	100-150	87-131	50-83	20-40		Medio
	60-100	44-87	33-50	0-20		Bueno

Nitrógeno (N); Fosforo (P); Potasio (K); Azufre (S); Calcio (Ca).

4.5.3. *Curva de adsorción de nutrientes de la papa*

Según ARGENPAPA (2016), la absorción de los nutrientes en el cultivo de papa varía de acuerdo a la fase de desarrollo de la planta.

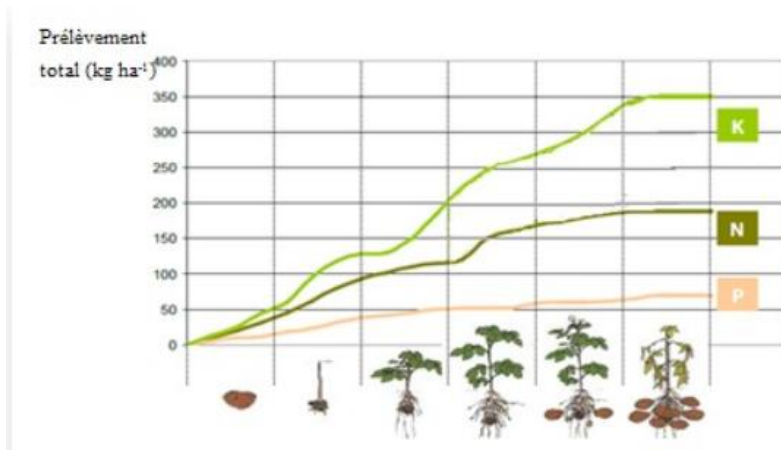


Figura 2. Absorción de micro y macronutrientes en la papa.

Es de vital importancia lograr un equilibrio correcto entre los macros y micro nutrientes para obtener los mejores resultados del cultivo de papa.

4.6. Trabajos relacionados a la caracterización física y química en suelos del Ecuador.

Valarezo y Villamagua (2003), demostraron la incorporación de 30, 40 y 50% de arena silíceo del suelo arcilloso, en donde la capacidad de aireación se incrementó, las condiciones físicas pasaron del rango pobre a muy bueno, y elevando significativamente el rendimiento de los cultivos bajo invernadero (tomate 45%, cebolla de bulbo 17%, pepino 59%).

Soto (2022), realizó la evaluación de las propiedades físicas de los suelos del sistema de riego Aguarongo-Zañe de la parroquia Chuquiribamba, para el crecimiento de las plantas en función del uso del suelo, para el uso del pasto y maíz en la primera capa se ubicó en la categoría de muy pobre a medio; en el segundo horizonte las condiciones físicas se encontraron de muy pobre a pobre.

Villamagua et al. (2008), realizaron un estudio sobre el efecto del carbón vegetal en las propiedades físicas-químicas del suelo en el cultivo de tomate de mesa *solanum lycopersicum* bajo invernadero, en donde probaron diferentes sustratos: S1 (6% abono bocashi, S2 (8% abono bocashi + 10 t/ha de carbón vegetal) y S3 (10% abono bocashi + 20 t/ha carbón vegetal), los resultados demostraron que las características físicas de los suelos en la aireación del 10% correspondiente a bajo en el suelo inicial, a alto al 16% en los tratamientos S0 y S1; y muy alto 35% y 31% en el S2 y S3, debido a la presencia del carbón vegetal, las condiciones químicas del suelo variaron ya que el Nitrógeno pasó de muy bajo (13 ug/ml) en el suelo original a medio en todos los tratamientos

(56 a 69 ug/ml); mientras que en el fósforo, de bajo (19 ug/ml) subió a alto (518-694 ug/ml); y el potasio, de bajo (67 ug/ml) pasó a muy alto para todos los cuatro tratamientos.

Villamagua & Livisaca (2023), en los estudios del Control de la Acidez para el sector Simón Bolívar de la Parroquia Chuquiribamba en la que implantaron el cultivo de papa (única), aplicaron Cal Dolomix (CaO 36%, MgO 10% y SO₄ %), en una dosis de 2 500 kg ha⁻¹ aumentando el pH de 4,8 a 5,1 en el periodo del cultivo y el rendimiento en un 48%, este bajo incremento probablemente se debió a la poca lámina de agua de riego que aplicaron.

Molinos (2022), en un programa de fertilización para el cultivo de papa menciona que se recomienda fertilizar en base a los análisis del suelo, en la cual propone que para un rendimiento muy alto con baja fertilidad del suelo N: 200 a 280 P:110 a 174 K: 207 a 290 Ca: 32 a 42 kg ha⁻¹; Para un rendimiento alto con la fertilidad media del suelo N: 150 a 220 P:65 a 110 K: 149 a 207 Ca: 21 a 32 kg ha⁻¹; Y, para un rendimiento medio con la fertilidad alta del suelo N: 90 a 150 P:35 a 87 K: 100 a 149 Ca: 14 a 21 kg ha⁻¹.

5. Metodología

5.1. Descripción del área de estudio

Ubicación política, geográfica y características climáticas del Sistema de Riego Aguarongo Zañe.

El Sistema de Riego Aguarongo-Zañe, se encuentra la Parroquia Chuquiribamba, ubicado en la parte superior de la subcuenca del río Trapichillo (Catamayo) perteneciente a la sierra media alta de la Región Sur del Ecuador a una altitud de 2620 a 2871 m s.n.m. en las coordenadas planas desde 682 378 E; 9 572 989 N hasta 684 520 E; 9 578 694 N, se sitúa en la proyección Universal Transversa de Mercator, DATUM WGS84 – Zona 17 Sur (Pauta, 2019).

El sector del Calvario las zonas de estudio están ubicadas a una altitud de 2 714 a 2 888 m s.n.m. en las coordenadas planas que van desde 683 782 E; 9 575 428 N hasta 683 601 E; 9 576 834 N.

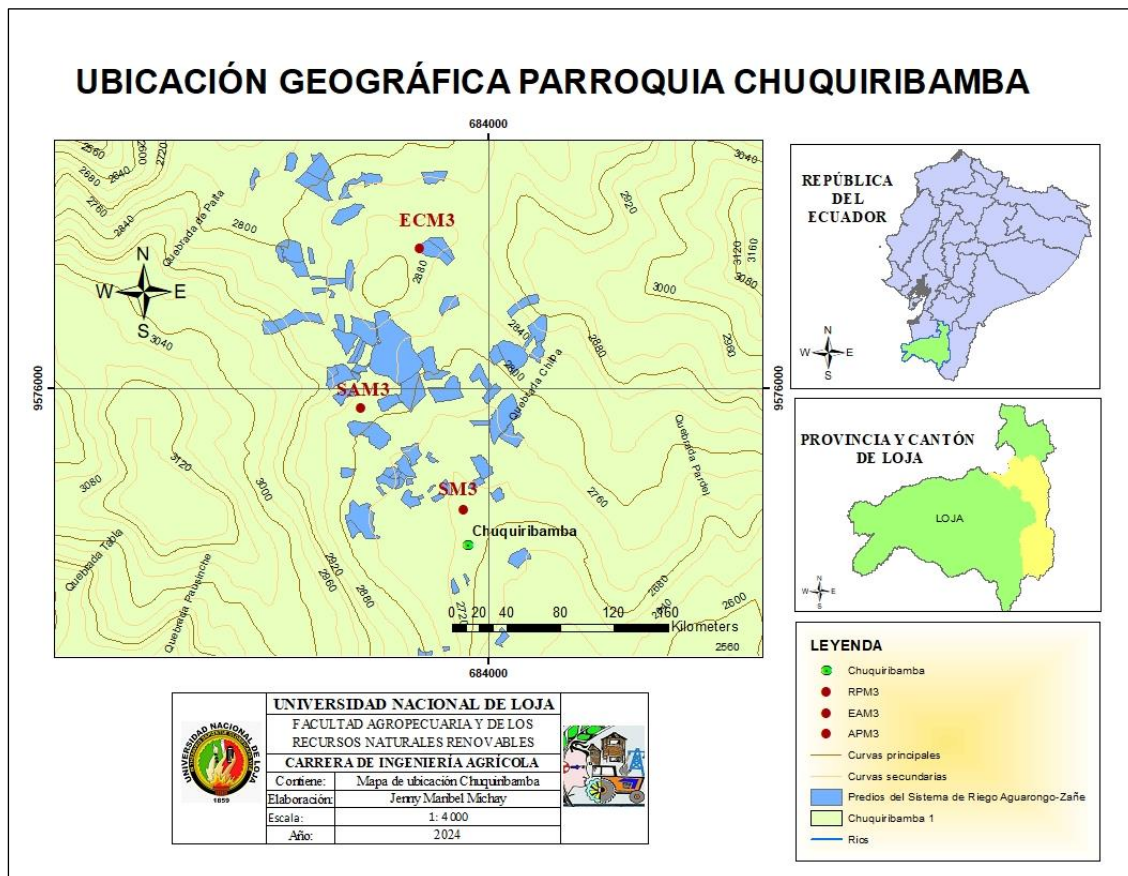


Figura 3. Ubicación geográfica de la Parroquia Chuquiribamba

El Sistema de riego posee un clima ecuatorial mesotérmico semihúmedo con temperaturas que oscilan de 10 a 20 °C; velocidad de viento de 8 km h⁻¹; las precipitaciones están entre 800 mm a 1300 mm, presentando una distribución irregular, existe un periodo de mayor precipitación entre el mes de marzo a abril y el mínimo en el mes de agosto a septiembre de acuerdo a los registros del Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (Chamba, 2021).

5.2. Materiales

Se utilizaron materiales de campo (GPS diferencial, estacas de madera, flexómetro, barreno, combo de goma, cronómetro, balde plástico 20 L, jarra pequeña, machete, lampa, fundas ziploc) de laboratorio (equipo de muestreo para muestras no disturbadas, cilindros kopecky de 100 cm³, balanza de precisión, estufa, crisoles, ollas de presión Richards, cinta y martillo edafológico, tabla Munsell) y de oficina (computadora, libreta, memoria flash, cámara fotográfica, lápiz, borrador, sacapuntas).

5.3. Metodología para el primer objetivo

Caracterización física y químicamente los suelos del sector El Calvario del Sistema de Riego Aguarongo - Zañe.

Selección, levantamiento topográfico y replanteo de las parcelas.

Las parcelas están ubicadas dentro del módulo tres del Calvario en pendientes que van de 0-8% baja (Sapul), 8-25% media (San Antonio) y > 25% alta (El Calvario); con ayuda del GPS diferencial se realizó el levantamiento topográfico detallando los sitios como linderos; caminos; entregas de agua en cada una de las parcelas, con ayuda de las estacas se replantearon puntos para ubicar correctamente las parcelas con una área de 900 m², dividida en tres subparcelas de 300 m², con dimensiones comunes de 12,5 m x 24 m ver en el Anexo 3.

Material Parental

De cada área seleccionada se analizó el material parental, de una de las calicatas representativas se tomó muestras de rocas, las mismas que fueron analizadas y clasificadas en el laboratorio de rocas de la Facultad de la Energía, las Industrias y los Recursos Naturales no Renovables, de la carrera de Minas y lo cual se contrastó con la carta geológica (Instituto Nacional de Investigación Geológico Minero Metalúrgico, 2017) a una escala 1: 500 000.

Descripción de calicatas y toma de muestras

En cada parcela, se excavó un perfil de 1,5 m de largo, por 1,0 m de ancho y 1,2 m de profundidad, en el que se procedió a la descripción detallada de los horizontes del suelo, siguiendo la “Guía y Claves para la descripción de Perfiles de Suelos” de la FAO (2009), la designación de los horizontes y capas del suelo se realizó utilizando la nomenclatura del Sistema de Clasificación de los Suelos USDA (2014) y luego se tomó muestras de suelo de los horizontes genéticos en las fundas ziploc para realizar los respectivos análisis físicos de cada perfil.

Constantes hidrofísicas del suelo

Se recolectaron muestras inalteradas por duplicado, utilizando los cilindros Koppecky de 100 cm³ de volumen en los dos 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), de la Universidad Nacional de Loja. Se utilizó las Ollas Richard para determinar las curvas características de retención de humedad del suelo: porosidad total (pF=0,0), capacidad de campo (pF=2,0 y pF=2,52), punto de marchitez permanente (pF=4,2). Además, se determinó la capacidad de aireación (CA), agua aprovechable (AA) y volumen de poros físicamente inerte (VPFI), propiedades que sirvieron para evaluar la fertilidad física mediante el diagrama triangular Anexo 2.

Propiedades físicas del suelo

La textura se lo realizó mediante el método de Bouyoucos, y el color con ayuda de la tabla de Munsell.

Propiedades químicas

De cada parcela se tomó doce submuestras alteradas a 25 cm de profundidad, de las cuales se tomó 1 kg para enviar al laboratorio del INIAP, en dónde se analizó la materia orgánica por el método de Walkley Black (García & Ballesteros, 2005); pH mediante el método del potenciómetro (Cadre et al., 2023); la Capacidad de Intercambio Catiónico (CIC) con acetato de amonio 1 N pH 7 y generación de OH por el método de formaldehído (Guerrero, 2019); la acidez intercambiable mediante el método de Day extracción con solución 1 N KCl y la titulación con NaOH 0,01 N (Day, 1965). Además, se determinaron las bases intercambiables por Espectrofotometría de

Absorción Atómica, y para la disponibilidad de nutrientes utilizando la solución extractora de Olsen Modificado (Olsen et al., 1954).

Pruebas de Infiltración

En cada subparcela, se midió la velocidad de infiltración a una distancia de 1 a 2 m alrededor del perfil, utilizando el método de doble anillo infiltrómetro (Moreno et al., 2008). Este proceso se realizó durante 4 horas hasta que se alcanzó la infiltración básica. Los datos recopilados en el campo se procesaron en una hoja de Excel. A partir de la gráfica de la curva de infiltración acumulada en una escala doble logarítmica se obtuvieron los valores de K y n de la ecuación de Kostiakov: $I_{cum} = K T^n$. Se calcularon las velocidades de infiltración media e instantánea en cm. min^{-1} para cada uno de los tiempos; así como la velocidad de infiltración básica en cm. min^{-1} mediante la regresión lineal como se puede ver en el Anexo 9.

5.4. Metodología para el segundo objetivo

Elaborar un plan de fertilización para el cultivo de papa nativa en la Sector El Calvario.

El plan de fertilización se basó en las características químicas del suelo, los nutrientes disponibles en el suelo, los requerimientos del cultivo y la curva de absorción de la papa.

La determinación del Potasio (K), Calcio (Ca) y Magnesio (Mg) se evaluaron mediante la relación de cationes y el Nitrógeno (N), Fósforo (P), Azufre (S) y micronutrientes se analizaron por la oferta y demanda, teniendo en cuenta la eficiencia de los fertilizantes, y finalmente se calculó la cantidad de fertilizantes que debe ser aplicada para el cultivo de papa nativa en el Calvario.

6. Resultados

6.1. Características físicas y químicas de los suelos del sector El Calvario del Sistema de Riego Aguarongo - Zañe.

Material Parental

Geológicamente los suelos del sector Sapul ha sido desarrollada sobre depósitos coluviales, con predominio de avalanchas con bloques angulosos de rocas volcánicas y metamórficas; el Calvario se ubica en la Unidad Tesalia que tiene brechas y autobrechas volcánicas basálticas, además, niveles de lavas andesíticas; San Antonio se encuentra en el límite del depósito coluvial y la Unidad Tesalia ver en el Anexo 5. El material parental que se encontró en los suelos con pendiente de 0-8% (Sapul) a 2 714 m s.n.m. fue rocas andesitas y andesitas basálticas, a una pendiente de 8-25% (San Antonio) a 2 690 m s.n.m. rocas dacitas y tobas volcánicas o andesitas y a una pendiente >25% (El Calvario) a 2 888 m s.n.m. se encontraron andesitas basálticas, rocas volcánicas y tobas andesitas basálticas ver Anexo 6.

6.1.1. *Suelo del sector Sapul pendiente 0-8% Módulo 3.*

Tabla 3. Características morfológicas P1 Sapul pendiente 0-8% Módulo 3.

Clasificación Taxonómica:	Inceptic Hapludalfs (USDA, 2014).
Ubicación del perfil	683 782 m E y 9 575 428 m N
Altitud	2 714 m s.n.m.
Fisiografía	Pendiente baja (3,5 %) de relieve tipo terraza.
Material Parental	Depósito coluvial (andesita).
Drenaje interno	Moderado.
Uso actual del suelo	Cultivo de papa y nabo.

Descripción general del perfil

Suelo muy profundo de 120 cm, constituido por los horizontes Ap 25 cm, BE 15 cm, Bt₁ 25 cm, Bt₂ 35 cm y C 20 cm de espesor. Las raíces que varían de finas muchas y finas pocas se extienden hasta los 65 cm de profundidad, estos horizontes no presentan manchas, lo que indica un buen drenaje en el suelo. En los horizontes Ap, BE y Bt₁ existe la presencia de cutanes zonales delgados, fragmentos rocosos del tamaño de grava se extiende por los dos primeros horizontes Figura 4.

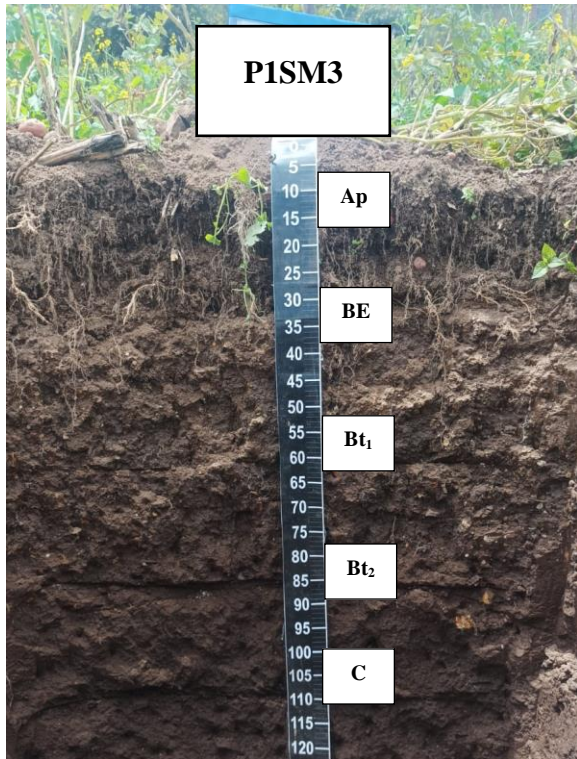


Figura 4. Perfil 1 sector Sapul pendiente 0-8% Módulo 3.

Resultados de las características físicas:

En la Tabla 4 se describen las características físicas de los perfiles del área de estudio, los mismos que presentan texturas franco a franco arcilloso con una densidad de 1,07 y 1,33 g cm⁻³.

Tabla 4. Resultados de los análisis físicos del sector Sapul pendiente 0-8% Módulo 3.

Hor	Prof cm	Ao %	Lo %	Ac %	Textura	Estructura	Cohesión	Color	Da g.cm ⁻³
Ap	00-25	50	32	18	Fo	migajosa bloques subangulares finos	friable	marrón oscuro (10 YR 3/3)	1,07
BE	25-40	35	30	35	Fo Ac	migajosa angulares de finos a medios	friable	marrón oscuro (10 YR 3/3)	1,33
Bt ₁	40-65	34	29	37	FoAc	bloques subangulares de medios a gruesos	friable	marrón oscuro (10 YR 3/3)	

Características hidrofísicas:

La Tabla 5 presenta las características hidrofísicas, el horizonte Ap (00 -25 cm), tiene el volumen total de poros de 57,15 % θ_v correspondiente a alto; la capacidad de campo a pF 2,00 es de 34,60 % θ_v se encuentra en el rango medio; y la retención de agua a pF 4,20 es de 27,39 % θ_v , se encuentra en el rango medio correlacionados directamente con la textura de estos suelos.

Para el horizonte BE (25-40 cm), el volumen total de poros es de 49,40 % θ_v corresponde a un valor medio; la capacidad de campo a pF 2,00 es de 36,75 % θ_v , misma que se encuentra en el rango medio; y la retención de agua a pF 4,20 es de 30,08 % θ_v , que se encuentra dentro del rango medio.

Tabla 5. Retención de humedad en el rango de pF 0,0 a pF 4,2 de los dos primeros horizontes del sector Sapul pendiente 0-8% Módulo 3.

Unidad de suelo	Pendiente %	Profundidad cm	Porosidad total % θ_v pF0	Capacidad de campo % θ_v pF 2,00	Capacidad de campo % θ_v pF 2,52	Punto Marchitez % θ_v pF 4,20
P1 Sapul	3,5	Ap (00 - 25)	57,15	34,60	32,70	27,39
M3		BE (25 - 40)	49,40	36,75	35,80	30,08

Fertilidad física:

La Tabla 6 detalla la fertilidad física de los suelos, para el horizonte Ap (00 - 25 cm) tiene una capacidad de aireación 22,55 % θ_v que se encuentra en el rango alto; el agua aprovechable 7,21 % θ_v se ubica en bajo y el volumen de poros físicamente inertes es 70,24 % θ_v , ubicando en la zona II del diagrama triangular, equivalente a pobre.

Para el horizonte BE (25 - 40 cm), presenta una capacidad de aireación 12,65 % θ_v se encuentra en el rango medio; el agua aprovechable 6,67 % θ_v se ubica en el rango de bajo; el volumen de poros físicamente inerte es 80,68 % θ_v , la condición física para el crecimiento de las plantas corresponde a la zona I del diagrama triangular, equivalente a muy pobre.

Tabla 6. Capacidad de aireación, agua aprovechable, volumen de poros físicamente inerte y clasificación en el triangular, de los dos primeros horizontes del sector Sapul pendiente 0-8% Módulo 3.

Unidad de suelo	Pendiente %	Profundidad cm	CA % θ_v pF2,0	CA % θ_v pF2,5	AA % θ_v pF2,0	AA % θ_v pF2,5	VFI % θ_v	Zona del diagrama pF 2,00	Clase
P1 Sapul M3	3,5	Ap (00 - 25)	22,55	24,45	7,21	5,31	70,24	II	P
		BE (25 - 40)	12,65	13,60	6,67	5,72	80,68	I	MP

Capacidad de Aireación (CA); Agua Aprovechable (AA); Volumen Físicamente Inerte (VFI); Pobre (P); Muy Pobre (MP).

Características químicas:

La Tabla 7 muestra las características químicas, el valor de pH para el primer horizonte es de 5,70 (mediamente ácido), materia orgánica 3,30 % (medio) y un contenido de CIC de 19,77 meq/100g (medio). Para el segundo horizonte valor de pH de 5,40 (medianamente ácido), materia orgánica 3,20 % (medio). La relación de cationes para el Ca $Mg^{-1} = 6,8$; $Mg\ k^{-1} = 2,5$ y $(Ca+Mg)\ k^{-1} = 19,55$ meq/100 ml.

Tabla 7. Características químicas del suelo en el sector Sapul pendiente 0-8% Módulo 3.

Horizonte cm	pH	MO %	CIC	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	K ⁺	Na ⁺	Σ bases	Ca Mg^{-1}	Mg k^{-1}	(Ca+Mg) k^{-1}
									meq/100g		
Ap (00-25)	5,70	3,30	19,77	16,00	2,40	0,99	0,45	18,19	6,80	2,50	19,55
BE (25-40)	5,40	3,20									

Determinación de nutrientes disponibles

Los resultados de los análisis de fertilidad que se muestran en la Tabla 8, indican la presencia de los elementos disponibles como el N, S y B que se encuentran en el rango medio y los elementos P, K, Ca, Mg, Mn, Zn, Fe, Cu en el rango alto

Tabla 8. Fertilidad actual del suelo en el sector Sapul pendiente 0-8% Módulo 3.

Suelo	Fertilidad										
	N ppm	P ppm	K meq/100ml	Ca meq/100ml	Mg meq/100ml	Mn meq/100ml	Zn meq/100ml	Fe ppm	Cu ppm	S ppm	B ppm
P1 Sapul M3	24	243	0,88	15	2,2	27,2	11,9	192	7,8	10	0,91
Interpretación	M	A	A	A	A	A	A	A	A	M	M

6.1.2. Suelo del sector San Antonio pendiente 8-25% Módulo 3.

Tabla 9. Características morfológicas P2 San Antonio pendiente 8-25% Módulo 3.

Clasificación Taxonómica:	Inceptic Hapludalfs (USDA, 2014).
Ubicación del perfil	682 816 m E y 9 577 953 m N
Altitud	2 690 m s.n.m.
Fisiografía	Pendiente baja (8 %) de relieve tipo Vertiente cresta.
Material Parental	Depósito coluvial (rocas dacitas).
Drenaje interno	Bueno.
Uso actual del suelo	Cultivo de cebolla blanca

Descripción general

Suelo muy profundo de 105 cm, constituido por los horizontes Ap 20 cm, Bt₁ 20 cm, Bt₂ 35 cm y Bt₃ 30 cm de espesor, estos horizontes no presentan manchas lo que indica un buen drenaje en el suelo. Las raíces finas y muy finas se extienden hasta los 45 cm de profundidad. En los horizontes Bt₁, Bt₂ y Bt₃ existe la presencia de cutanes zonales y continuos de espesor delgados y espesos Figura 5.



Figura 5. Perfil 2 sector San Antonio pendiente 8-25% Módulo 3.

Resultados de las características físicas:

La Tabla 10 se describen las características físicas de los perfiles del área de estudio, las mismas que varían de franco a franco arcillosos con una densidad de 0,99 y 1,20 g cm⁻³.

Tabla 10. Resultados de los análisis físicos del sector San Antonio pendiente 8-25% Módulo 3.

Hor	Prof cm	Ao %	Lo %	Ac %	Textura	Estructura	Cohesión	Color	Densidad g.cm ⁻³
Ap	00-20	50	36	14	Fo	bloques subangulares finos a medios	friable	marrón amarillento (10 YR 5/6)	0,99
Bt ₁	20-40	15	43	42	Fo Lo	bloques subangulares a prismáticos finos a gruesos	firme	marrón oscuro (10 YR 3/3)	1,20
Bt ₂	40-75	34	30	36	Fo Ac	bloques subangulares a prismáticos finos a gruesos	firme	marrón amarillento oscuro (10 YR 3/4)	

Características hidrofísicas:

La Tabla 11, se detallan los resultados de las características hidrofísicas, el horizonte Ap (00-20 cm), tiene el volumen total de poros de 56,50 %θ_v correspondiente a alto; la capacidad de campo a pF 2,00 es de 33,00 %θ_v se encuentra en el rango medio; y la retención de agua a pF 4,20 es de 31,90 %θ_v, se encuentra en el rango medio correlacionados directamente con la textura de estos suelos.

Para el horizonte Bt₁ (20-40 cm), el volumen total de poros es de 52,00 %θ_v corresponde a un valor medio; la capacidad de campo a pF 2,00 es de 35,48 %θ_v, se encuentra en el rango medio; y la retención de agua a pF 4,20 es de 29,30 %θ_v, que se encuentra dentro del rango medio.

Tabla 11. Retención de humedad en el rango de pF 0,0 a pF 4,2 de los dos primeros horizontes del sector San Antonio pendiente 8-25% Módulo 3.

Unidad de suelo	Pendiente %	Profundidad cm	Porosidad total % θ_v pF0	Capacidad de campo % θ_v pF 2,00	Capacidad de campo % θ_v pF 2,52	Punto Marchitez % θ_v pF 4,20
P2 San Antonio M3	8	Ap (00 – 20)	56,50	33,00	31,90	31,90
		Bt ₁ (20 -40)	52,00	35,48	34,02	29,30

Fertilidad física:

La Tabla 12 presenta los valores de la fertilidad física del suelo, para el horizonte Ap (00-20 cm), tiene una capacidad de aireación 23,50 % θ_v que se encuentra en el rango muy alto; el agua aprovechable 8,83 % θ_v se ubicándose en el rango de bajo; y el volumen de poros físicamente inertes es 67,67 % θ_v , ubicada en la zona II del diagrama triangular, equivalente a pobre.

Para el horizonte Bt₁ (20-40 cm), presenta una capacidad de aireación 16,52 % θ_v se encuentra en el rango alto; el agua aprovechable 6,18 % θ_v se ubica en el rango bajo; el volumen de poros físicamente inertes de 77,30 % θ_v , y la condición física para el crecimiento de las plantas corresponde a la zona I del diagrama triangular, equivalente a muy pobre.

Tabla 12. Capacidad de aireación, agua aprovechable, volumen de poros físicamente inerte y clasificación en el diagrama triangular, de los dos primeros horizontes del sector San Antonio pendiente 8-25% Módulo 3.

Unidad de suelo	Pendiente %	Profundidad cm	CA % θ_v pF2,00	CA % θ_v pF2,52	AA % θ_v pF2,00	AA % θ_v pF2,52	VFI % θ_v	Zona del diagrama pF 2,00	Clase
P2 San Antonio M3	7	Ap (00 – 20)	23,50	24,60	8,83	7,73	67,67	II	P
		Bt ₁ (20 -40)	16,52	17,98	6,18	4,72	77,30	I	MP

Capacidad de Aireación (CA); Agua Aprovechable (AA); Volumen Físicamente Inerte (VFI); Pobre (P); Muy Pobre (MP).

Características químicas

La Tabla 13 presenta las características químicas, el valor de pH para el primer horizonte es de 5,70 (medianamente ácido), materia orgánica 4,9 % (medio) y con un contenido de CIC de 19,84 meq/100g (medio). Para el segundo horizonte el valor de pH es de 4,50 (muy ácido), la materia orgánica 2,79 % (bajo). La relación de cationes para el $\text{Ca Mg}^{-1} = 6,20$; $\text{Mg k}^{-1} = 4,36$ y $(\text{Ca}+\text{Mg}) \text{k}^{-1} = 31,64$ meq/100 g.

Tabla 13. Características químicas del suelo en el sector San Antonio pendiente 8-25% Módulo 3.

Horizonte cm	pH	MO %	CIC	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	K ⁺	Na ⁺	Σ bases meq/100g	Ca Mg ⁻¹	Mg k ⁻¹	(Ca+Mg) k ⁻¹
Ap (00-20)	5,70	4,90	19,84	16,00	2,50	0,58	0,46	18,05	6,20	4,36	31,64
Bt ₁ (20-40)	4,50	2,80									

Determinación de nutrientes disponibles

Los resultados de los análisis de fertilidad que se muestran en la Tabla 14, indican la presencia de los elementos disponibles como el N, Zn, Cu, S y B que se encuentra en el rango medio y los elementos P, K, Ca, Mg, Mn, Fe en el rango alto.

Tabla 14. Fertilidad actual del suelo en el sector San Antonio pendiente 8-25% Módulo 3.

Suelo	Fertilidad										
	N	P	K	Ca	Mg	Mn	Zn	Fe	Cu	S	B
	ppm		meq/100ml					ppm			
P2 San Antonio M3	29	148	0,55	15	2,4	20,8	3,9	172	1,6	12	0,63
Interpretación	M	A	A	A	A	A	M	A	M	M	M

6.1.3. *Suelo del sector El Calvario pendiente >25% Módulo 3.*

Tabla 15. Características morfológicas P3 El Calvario pendiente >25% Módulo 3.

Clasificación Taxonómica:	Inceptic Hapludalfs (USDA, 2014).
Ubicación del perfil	683 601 m E y 9 576 834 m N
Altitud	2 888 m s.n.m.
Fisiografía	Pendiente media (27 %) de relieve tipo Loma.
Material Parental	Depósito coluvial (tobas andesitas basálticas).
Drenaje interno	Bueno.
Uso actual del suelo	Barbecho

Descripción general

Suelo muy profundo de 120 cm, constituido por los horizontes Ap de 20 cm, AB de 15 cm, Bt de 15 cm, C1 de 20 cm y C2 de 45 cm de espesor, las raíces que varían de finas y muy finas se observan hasta los 65 cm de profundidad, Figura 6.

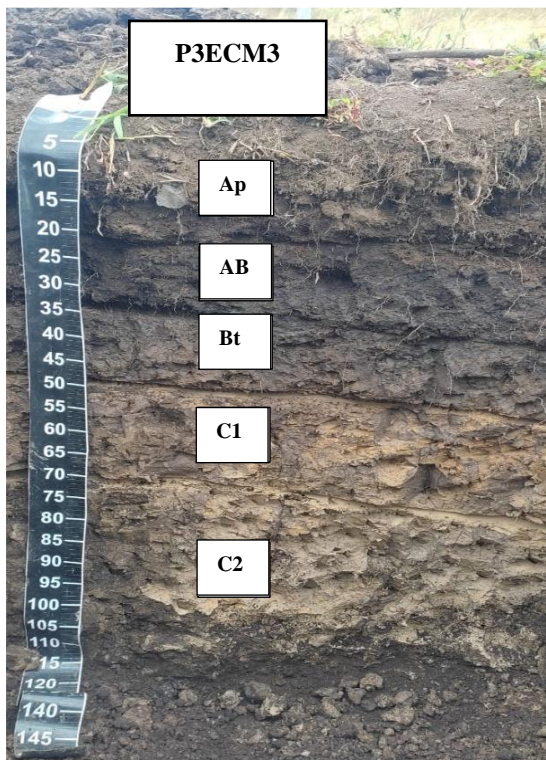


Figura 6. Perfil 3 sector El Calvario pendiente >25% Módulo 3.

Resultados de las características físicas:

La Tabla 16 se describen las características físicas de los perfiles del área de estudio, los mismos que presentan texturas de franco arcillo arenoso, franco arcilloso con una densidad de 0,93 y 0,73 g. cm⁻³.

Tabla 16. Resultados de los análisis físicos del sector El Calvario pendiente >25% Módulo 3.

Hor	Prof cm	Ao %	Lo %	Ac %	Textura	Estructura	Cohesión	Color	Da g.cm ⁻³
Ap	00-20	48	16	36	Fo Ac Ao	migajosa bloques subangulares finos a medios	friable	marrón oscuro (10 YR 3/3)	0,93
AB	20-35	23	38	40	Fo Ac	bloques subangulares y granular de finos a medios	friable	marrón oscuro (10 YR 3/3)	0,73
Bt	35-50	13	26	61	Ac	bloques subangulares y prismáticos medios	friable	marrón oscuro (10 YR 3/3)	

Características hidrofísicas:

La Tabla 17 muestra las características hidrofísicas para el horizonte Ap (00-20 cm), tiene el volumen total de poros de 62,60 %θ_v correspondiente a alto; la capacidad de campo a pF 2,00 es de 46,00 %θ_v se encuentra en el rango alto, y la retención de agua a pF 4,20 es de 37,97 %θ_v, se encuentra sobre el rango ideal y que están correlacionadas directamente con la textura de estos suelos.

Para el horizonte AB (20-35 cm), el volumen total de poros es de 64,70 %θ_v corresponde a un valor alto; la capacidad de campo a pF 2,00 es de 49,70 %θ_v, se encuentra en el rango alto; y la retención de agua a pF 4,20 es de 30,47 %θ_v, que se encuentra dentro del rango alto.

Tabla 17. Retención de humedad en el rango de pF 0,0 a pF 4,2 de los dos primeros horizontes del sector El Calvario pendiente >25% Módulo 3.

Unidad de suelo	Pendiente %	Profundidad cm	Porosidad total % θ_v pF0	Capacidad de campo % θ_v pF 2,00	Capacidad de campo % θ_v pF 2,52	Punto Marchitez % θ_v pF 4,20
P3 El Calvario M3	27	Ap (00 – 20)	62,60	46,00	49,30	37,97
		AB (20 -35)	64,70	49,70	47,70	30,47

Condiciones físicas:

La Tabla 18 se detallan las condiciones físicas, el horizonte Ap (00-20 cm), tiene la capacidad de aireación 16,60 % θ_v que se encuentra en el rango alto; el agua aprovechable 8,03 % θ_v se ubica bajo y el volumen de poros físicamente inertes es 75,37 % θ_v , ubicada en la zona I del diagrama triangular, equivalente a muy pobre.

Para el horizonte AB (20-35 cm), presenta una capacidad de aireación 15,00 % θ_v se encuentra en el rango alto; el agua aprovechable 19,23 % θ_v se ubica en el rango alto; el volumen de poros físicamente inertes es 65,77 % θ_v , la condición física para el crecimiento de las plantas corresponde a la zona III del diagrama triangular, equivalente a medio.

Tabla 18. Capacidad de aireación, agua aprovechable, volumen de poros físicamente inerte y clasificación en el diagrama triangular, de los dos primeros horizontes del sector El Calvario pendiente >25% Módulo 3.

Unidad de suelo	Pendiente %	Profundidad cm	CA % θ_v pF2,00	CA % θ_v pF2,52	AA % θ_v pF2,00	AA % θ_v pF2,52	VFI % θ_v	Zona del diagrama pF 2,00	Clase
P3 El Calvario M3	27	Ap (00 – 20)	16,60	13,30	8,03	11,33	75,37	I	MP
		AB (20 -35)	15,00	17,00	19,23	17,23	65,77	III	M

Capacidad de Aireación (CA); Agua Aprovechable (AA); Volumen Físicamente Inerte (VFI); Muy Pobre (MP); Medio (M).

Características químicas

La Tabla 19 describe las características químicas, el valor de pH para el primer horizonte es de 4,50 (muy ácido), materia orgánica 3,6 % (medio) y un contenido de CIC de 16,72 meq/100g (medio). Para el segundo horizonte el valor de pH es de 4,30 (muy ácido), materia orgánica 3,5 % (medio). La relación de cationes para el Ca Mg⁻¹ = 5,40; Mg k⁻¹ = 3,79 y (Ca+Mg) k⁻¹ = 24,48 meq/100 g.

Tabla 19. Características químicas del suelo en el sector El Calvario pendiente >25% Módulo 3.

Horizonte cm	pH	MO %	CIC	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	K ⁺	Na ⁺	Σ bases meq/100g	Ca Mg ⁻¹	Mg k ⁻¹	(Ca+Mg) k ⁻¹
Ap (00-20)	4,50	3,60	16,72	2,40	0,48	13	16,24	20,49	5,40	3,79	24,48
AB (20-35)	4,30	3,50									

Determinación de nutrientes disponibles

Los resultados de los análisis de fertilidad que se muestran en la Tabla 20, indican la presencia de los elementos disponibles como el N, Zn, Cu, S y B que se encuentra en el rango medio y los elementos P, K, Ca, Mg, Mn, Fe en el rango alto.

Tabla 20. Fertilidad actual del suelo en el sector El Calvario pendiente >25% Módulo 3.

Suelo	Fertilidad										
	N ppm	P ppm	K meq/100ml	Ca	Mg	Mn	Zn	Fe ppm	Cu	S	B
P3 El Calvario M3	24	30	0,58	12	2,2	26,5	3,1	226	2,6	12	0,77
Interpretación	M	A	A	A	A	A	M	A	M	M	M

Infiltración

Los valores promedios de la infiltración básica del agua en el suelo en los tres perfiles en el Calvario del Sistema de Riego Aguarongo -Zañe oscilan entre 12,00 cm.h⁻¹ y 14,00 cm.h⁻¹ clasificándolos como moderadamente rápida y rápida Tabla 21.

Tabla 21. Infiltración básica de los tres perfiles, en el Sector El Calvario del Sistema de Riego Aguarongo – Zañe, Módulo 3.

Unidad de suelo	Uso de suelo	Pendiente %	Velocidad de infiltración Básica cm. h ⁻¹	Equivalencia
P1 Sapul M3	Cultivo de papa + nabo	3,5	12,00	Moderadamente rápida
P2 San Antonio M3	Cultivo de cebolla en hoja	8	12,6	Moderadamente rápida
P3 El Calvario M3	Barbecho	27	14,7	Rápida

6.2. Plan de fertilización para el cultivo de papa nativa en el Sector El Calvario.

Para dar respuesta a los bajos rendimientos de producción del cultivo de papa en el suelo del sector del Calvario Módulo 3 del Sistema de Riego Aguarongo Zañe de la Parroquia Chuquiribamba, se elaboró el siguiente plan de fertilización.

6.2.1. Fertilización del suelo para sector Sapul pendiente 0-8% Módulo 3.

La Tabla 22 presenta los valores de las bases intercambiables, antes y después ya que para incrementar el pH se utilizó 2 500 kg ha⁻¹ de Cal Dolomix como enmienda dando un valor final de CICE 21,36 cmol.kg⁻¹.

Tabla 22. CICE del suelo para el sector Sapul pendiente 0-8% Módulo 3.

B. Intercambiables	Inicio cmol.Kg ⁻¹	Adición cmol.Kg ⁻¹	Total
Ca ⁺⁺	16,00	1,20	17,20
Mg ⁺⁺	2,40	0,67	3,07
K ⁺	0,99	0,10	1,09
Na ⁺	0,45	-	-
Al ⁺⁺⁺ + H ⁺	0,11	-	-
Al ⁺⁺⁺	-	-	-
CICE 1 (cmol.Kg⁻¹)	19,84	CICE 2 (cmol.Kg⁻¹)	21,36

CICE: Capacidad de Intercambio de Cationes Efectivo

La Tabla 23 presenta la saturación de bases y la relación de cationes para el rango óptimo del cultivo de papa.

Tabla 23. Enmienda y relación de cationes del suelo para el sector Sapul pendiente 0-8% Módulo 3.

SB %	Enmienda			Relación de cationes				
	Antes	Esperado	R. óptimo		Antes	Agregar	Esperado	R. óptimo
Ca	80,65	80,54	60-70	Ca Mg ⁻¹	6,67	Mg	5,61	2-5
Mg	12,10	14,36	10-20	Mg k ⁻¹	2,42	Mg	2,81	2,5-15
K	4,99	5,10	2-5	(Ca+Mg) ₁ K ⁻	18,59		18,59	10-40

La Tabla 24 muestra los resultados de los fertilizantes aplicados a partir de la relación de cationes.

Tabla 24. Resumen de los fertilizantes aplicados a partir de la relación de cationes para el sector Sapul pendiente 0-8% Módulo 3.

Fertilizante	Kg. ha ⁻¹	Kg. m ⁻²	Área surco	# surco	Kg. surco ⁻¹	Kg. parcela ⁻¹	Kg. ensayo ⁻¹	Sacos (45kg)
Cal Dolomix	2500,00	0,25	12,60	11,00	3,15	34,65	103,95	2,3
	kg/ha	g/planta		# plantas		Total (kg)		
Sulpomag	595,63	23,83		1733		41,28		
Kieserita	428,00	17,12		1733		29,66		

La Tabla 25 muestra el plan de fertilización diseñado, con el fin de aplicarlo edáficamente para suplir las necesidades del suelo, empezando en el mes de mayo a octubre, que es donde empiezan con las labores para la siembra del cultivo de papa.

Tabla 25. Plan de fraccionamiento para la aplicación de los fertilizantes en el sector Sapul pendiente 0-8% Módulo 3.

Etapa fenológica		Inicio	Desarrollo vegetativo	Inicio de tuberización	Tuberización	Total (kg. ha ⁻¹)
Elem	Días	0	40	60	70	
	N	12,30	36,90	36,90	36,90	123,00
	P	29,20	21,90	21,90	-	73,00
	K	46,33	90,55	92,91	72,04	301,84

La Tabla 26 muestra el contenido en gramos por planta que se hizo en base a los requerimientos del cultivo de papa, basándose en la relación de cationes más adecuada y requerimientos para el cultivo de papa.

Tabla 26. Fertilizantes recomendados para el cultivo de papa nativa en el sector Sapul pendiente 0-8% Módulo 3.

Fertilizante	Kg ha ⁻¹	g planta ⁻¹	Fuente	Fórmula
N	123,00	4,90	Rafos 12-24-12%, Nitrato de K 13-44%	N P2O5 K2O; N K2O
P	73,00	2,90	Rafos 12-24-12%, Fosfato Monopotásico 52-34%	N P2O5 K2O; P2O5 K2O
K	301,80	12,10	Rafos 12-24-12%, Muriato de K 60%, Nitrato de K 13-44%	N P2O5 K2O; K2O; K2O
Ca	24,70	1,00	Cal Dolomix 10-36-26%	MgO CaO SO4
Mg	50,70	2,00	Cal Dolomix 10-36-26%	MgO CaO SO4
S	33,00	1,30	Cal Dolomix 10-36-26%	MgO CaO SO4

La Tabla 27, presenta los fertilizantes que se van aplicar al cultivo de papa por sus diferentes etapas fenológicas.

Tabla 27. Fertilizantes recomendados en las diferentes etapas fenológicas para el cultivo de papa en el sector Sapul pendiente 0-8% Módulo 3.

Días	Fertilizante	kg parcelas ⁻¹	Plantas	kg ha ⁻¹	g planta ⁻¹
0	YaraMila™ Rafos™	3,60	1733	51,30	2,10
	YaraMila™ Complex™	3,60	1733	51,30	2,10
	Fosfato Monopotásico	6,50	1733	94,10	3,80
	Muriato de Potasio	1,00	1733	13,80	0,60
40	YaraRega™ Azutek™	9,80	1733	141,90	5,70
	Abotek	8,50	1733	123,00	4,90
	Fosfato Monopotásico	5,30	1733	76,10	3,00
	Muriato de Potasio	2,20	1733	31,70	1,30
60	YaraRega™ Azutek™	9,80	1733	141,90	5,70
	Abotek	8,50	1733	123,00	4,90
	Fosfato Monopotásico	5,30	1733	76,10	3,00
	Muriato de Potasio	2,50	1733	36,40	1,50
70	Nitrato de potasio	13,10	1733	189,20	7,60

6.2.2. Fertilización del suelo para el sector San Antonio pendiente 8-25% Módulo 3.

La Tabla 28 muestra los valores de las bases intercambiables, antes y después ya que para incrementar el pH se utilizó 2 500 kg ha⁻¹ de Cal Dolomix como enmienda dando un valor final de CICE 21,36 cmol.kg⁻¹.

Tabla 28. CICE del suelo para el sector San Antonio pendiente 8-25% Módulo 3.

B. Intercambiables	Inicio cmol.Kg ⁻¹	Adición cmol.Kg ⁻¹	Total
Ca ⁺⁺	16,00	1,30	17,30
Mg ⁺⁺	2,50	0,91	3,41
K ⁺	0,58	0,10	0,68
Na ⁺	0,46	-	-
Al ⁺⁺⁺ + H ⁺	0,10	-	-
Al ⁺⁺⁺	-	-	-
CICE 1 (cmol.Kg⁻¹)	19,54	CICE 2 (cmol.Kg⁻¹)	21,38

CICE: Capacidad de Intercambio de Cationes Efectivo.

La Tabla 29 se puede se puede observar la saturación de bases y la relación de cationes para el rango óptimo del cultivo de papa.

Tabla 29. Enmienda y relación de cationes del suelo para el sector San Antonio pendiente 8-25% Módulo 3.

SB %	Enmienda			Relación de cationes				
	Antes	Esperado	R. óptimo	Antes	Agregar	Esperado	R. óptimo	
Ca	81,88	80,90	60-70	Ca Mg ⁻¹	6,40	Mg	5,00	2-5
Mg	12,79	15,92	10-20	Mg k ⁻¹	4,31		5,00	2,5-15
K	2,97	3,18	2-5	(Ca+Mg) K ⁻¹	31,90		30,45	10-40

La Tabla 30 se muestran los resultados de los fertilizantes aplicados a partir de la relación de cationes.

Tabla 30. Resumen de los fertilizantes aplicados a partir de la relación de cationes para el sector San Antonio pendiente 8-25% Módulo 3.

Fertilizante	Kg. ha ⁻¹	Kg. m ⁻²	Área surco	# surco	Kg. surco ⁻¹	Kg. parcela ⁻¹	Kg. ensayo ⁻¹	Sacos (45kg)
Cal Dolomix	2500,00	0,25	14,40	12,00	3,60	43,20	129,60	2,9
	kg/ha	g/planta		# plantas			Total (kg)	
Sulpomag	551,10	22,04		2160			47,62	
Kieserita	396,00	15,84		2160			34,21	

La Tabla 31 muestra el plan de fertilización diseñado para los 70 días, con el fin de aplicarlo edáficamente para suplir las necesidades del suelo, empezando en el mes de mayo a octubre, que es donde empiezan con las labores para la siembra del cultivo de papa.

Tabla 31. Plan de fraccionamiento para la aplicación de los fertilizantes en el sector San Antonio pendiente 8-25% Módulo 3.

Etapa fenológica		Inicio	Desarrollo vegetativo	Inicio de tuberización	Tuberización	Total (kg. ha ⁻¹)
Elem	Días	0	40	60	70	
	N	13,00	39,00	39,00	39,00	130,00
	P	29,20	21,90	21,90	-	73,00
	K	47,90	95,30	97,80	76,5	317,56

La Tabla 32 muestra el contenido en gramos por planta que se hizo en base a los requerimientos del cultivo de papa, basándose en la relación de cationes más y los requerimientos para el cultivo de papa.

Tabla 32. Fertilizantes recomendados para el cultivo de papa nativa en el sector San Antonio pendiente 8-25% Módulo 3.

Fertilizante	Kg ha ⁻¹	g planta ⁻¹	Fuente	Fórmula
N	130,00	5,20	Rafos 12-24-12%, Nitrato de K 13-44%	N P2O5 K2O; N K2O
P	73,00	2,90	Rafos 12-24-12%, Fosfato Monopotásico 52-34%	N P2O5 K2O; P2O5 K2O
K	317,50	12,70	Rafos 12-24-12%, Muriato de K 60%, Nitrato de K 13-44%	N P2O5 K2O; K2O; K2O
Ca	26,00	1,00	Cal Dolomix 10-36-26%	MgO CaO SO4
Mg	53,36	2,10	Cal Dolomix 10-36-26%	MgO CaO SO4
S	36,00	1,40	Cal Dolomix 10-36-26%	MgO CaO SO4

La Tabla 33, se pueden observar los fertilizantes que se van aplicar al cultivo de papa por sus etapas fenológicas.

Tabla 33. Fertilizantes recomendados en las diferentes etapas fenológicas para el cultivo de papa en el sector San Antonio pendiente 8-25% Módulo 3.

Días	Fertilizante	kg parcelas ⁻¹	Plantas	kg ha ⁻¹	g planta ⁻¹
0	YaraMila™ Rafos™	4,70	2160	54,20	2,20
	YaraMila™ Complex™	4,70	2160	54,20	2,20
	Fosfato Monopotásico	8,00	2160	92,10	3,70
	Muriato de Potasio	1,40	2160	16,60	0,70
40	YaraRega™ Azutek™	13,00	2160	150,00	6,00
	Abotek	11,20	2160	130,00	5,20
	Fosfato Monopotásico	6,50	2160	74,90	3,00
	Muriato de Potasio	3,10	2160	35,80	1,40
60	YaraRega™ Azutek™	13,00	2160	150,00	6,00
	Abotek	11,20	2160	130,00	5,20
	Fosfato Monopotásico	6,50	2160	74,90	3,00
	Muriato de Potasio	3,50	2160	40,90	1,60
70	Nitrato de potasio	17,30	2160	200,0	8,00

6.2.3. Fertilización del suelo para el sector El Calvario pendiente >25% Módulo 3.

La Tabla 34 muestra los valores de las bases intercambiables, antes y después que se realizará la enmienda al suelo debido a que el pH es de 4,5 muy ácido, es decir no se encuentra en el rango ideal para el cultivo de papa, en este caso se utilizó la relación de 1 cmol.kg⁻¹ de aluminio para 0,5 cmol.kg⁻¹ de calcio para neutralizar el aluminio intercambiable, el valor inicial de la CICE es de 20,87 cmol.kg⁻¹ y para mejorar la relación de cationes se aplicó 3 897 kg ha⁻¹ de Cal Dolomix dando el valor final de CICE de 20,30 cmol.kg⁻¹.

Tabla 34. CICE del suelo para el sector El Calvario pendiente >25% Módulo 3.

B. Intercambiables	Inicio cmol.Kg ⁻¹	Adición cmol.Kg ⁻¹	Total
Ca ⁺⁺	13,00	2,16	15,16
Mg ⁺⁺	2,50	1,24	3,74
K ⁺	0,58	0,35	0,93
Na ⁺	0,48	-	0,48
Al ⁺⁺⁺ + H ⁺	5,71	-	-
Al ⁺⁺⁺	4,31	-	-
CICE 1 (cmol.Kg⁻¹)	20,87	CICE 2 (cmol.Kg⁻¹)	20,30

CICE: Capacidad de Intercambio de Cationes Efectivo

La Tabla 35 presenta la saturación de bases y la relación de cationes para el rango óptimo del cultivo de papa.

Tabla 35. Enmienda y relación de cationes del suelo para el sector El Calvario pendiente >25% Módulo 3.

SB %	Enmienda			Relación de cationes				
	Antes	Esperado	R. óptimo	Antes	Agregar	Esperado	R. óptimo	
Ca	62,29	74,65	60-70	Ca Mg ⁻¹	5,20	Mg	4,06	2-5
Mg	11,98	18,40	10-20	Mg k ⁻¹	4,31		4,02	2,5-15
K	2,78	4,58	2-5	(Ca+Mg) K ⁻¹	26,72		20,31	10-40

La Tabla 36 muestra los resultados de los fertilizantes aplicados a partir de la relación de cationes.

Tabla 36. Resumen de los fertilizantes aplicados a partir de la relación de cationes para el sector El Calvario pendiente >25% Módulo 3.

Fertilizante	Kg. ha ⁻¹	Kg. m ⁻²	Área surco	# surco	Kg. surco ⁻¹	Kg. parcela ⁻¹	Kg. ensayo ⁻¹	Sacos (45kg)
Cal Dolomix	3 897	0,39	14,40	12,00	5,60	67,30	202,00	4,5
	kg/ha	g/planta		# plantas			Total (kg)	
Sulpomag	517,70	20,70		2160			44,73	
Kieserita	372,00	14,90		2160			32,14	

La Tabla 37 muestra el plan de fertilización, con el fin de aplicarlo edáficamente para suplir las necesidades del suelo, empezando en el mes de mayo a octubre, que es donde empiezan con las labores para la siembra del cultivo de papa.

Tabla 37. Plan de fraccionamiento para la aplicación de los fertilizantes en el sector El Calvario pendiente >25% Módulo 3.

Etapa fenológica		Inicio	Desarrollo vegetativo	Inicio de tuberización	Tuberización	Total (kg. ha ⁻¹)
Elem	Días	0	40	60	70	
N		14,30	42,90	42,90	42,90	143,00
P		36,40	27,30	27,30	-	91,00
K		55,60	106,5	109,20	83,6	354,92

La Tabla 38 muestra el contenido en gramos por planta que se hizo en base a los requerimientos del cultivo de papa, basándose en la relación de cationes más adecuada y los requerimientos para papa.

Tabla 38. Fertilizantes recomendados para el cultivo de papa nativa en el sector El Calvario pendiente >25% Módulo 3.

Fertilizante	Kg ha ⁻¹	g planta ⁻¹	Fuente	Fórmula
N	143,00	5,70	Rafos 12-24-12%, Nitrato de K 13-44%	N P2O5 K2O; N K2O
P	91,00	3,60	Rafos 12-24-12%, Fosfato Monopotásico 52-34%	N P2O5 K2O; P2O5 K2O
K	354,90	14,20	Rafos 12-24-12%, Muriato de K 60%, Nitrato de K 13-44%	N P2O5 K2O; K2O; K2O
Ca	29,10	1,20	Cal Dolomix 10-36-26%	MgO CaO SO4
Mg	59,60	2,4	Cal Dolomix 10-36-26%	MgO CaO SO4
S	38,00	1,50	Cal Dolomix 10-36-26%	MgO CaO SO4

La Tabla 39, presenta los fertilizantes que se van aplicar al cultivo de papa en sus diferentes etapas fenológicas.

Tabla 39. Fertilizantes recomendados en las diferentes etapas fenológicas para el cultivo de papa en el sector El Calvario pendiente >25% Módulo 3.

Días	Fertilizante	kg parcelas ⁻¹	Plantas	kg ha ⁻¹	g planta ⁻¹
0	YaraMila™ Rafos™	5,10	2160	59,60	2,40
	YaraMila™ Complex™	5,10	2160	59,60	2,40
	Fosfato Monopotásico	10,40	2160	120,20	4,80
	Muriato de Potasio	1,20	2160	13,40	0,50
40	YaraRega™ Azutek™	14,30	2160	165,00	6,60
	Abotek	12,40	2160	143,00	5,70
	Fosfato Monopotásico	8,30	2160	96,50	3,90
	Muriato de Potasio	3,00	2160	34,70	1,40
60	YaraRega™ Azutek™	14,30	2160	165,00	6,60
	Abotek	12,40	2160	143,00	5,70
	Fosfato Monopotásico	8,30	2160	96,50	3,90
	Muriato de Potasio	3,50	2160	40,10	1,60
70	Nitrato de potasio	19,70	2160	227,60	9,10

7. Discusión

7.1. Caracterización física y química de los suelos del sector El Calvario del Sistema de Riego Aguarongo – Zañe.

Los suelos de El Calvario, se han formado geológicamente sobre depósitos coluviales, y la Unidad Tesalia, los suelos con pendientes de 0-8% el material parental encontrados fueron andesitas y andesitas basálticas con minerales de plagioclasa, hornblenda, piroxeno, olivino, biotita y cuarzo; suelos con pendiente de 8-25% son rocas dacitas y tobas volcánicas o andesitas alteradas con minerales de cuarzo, feldespato, plagioclasa y biotita; y, suelos con pendiente >25% andesitas basálticas, rocas volcánicas y tobas andesitas basálticas con minerales de plagioclasa, hornblenda y piroxeno. Este material parental encontrado fue similar al encontrado en el estudio de Soto (2022), el que corresponde a una pendiente de 8 a 25% andesita, andesitas basálticas y tobas dacitas, toba andesítica y a una pendiente de 25 a 58% encontró dacita, toba dacita y andesita,

Las densidades aparentes en el primer horizonte con pendientes 0-8%, 8-25% y >25% van de 1,07; 0,99; y 0,93 g.cm⁻³ respectivamente, las texturas para los suelos de estas pendientes están de francas y franco arcillo arenoso. Para el segundo horizonte en las pendientes 0-8%, 8-25% y >25% van de 1,33; 1,20; y, 0,73 g.cm⁻³ en su orden, valores que se encuentran relacionados directamente con las texturas franco arcillosa y arcillo limosa y el contenido de materia orgánica (3,3; 4,9 y 3,6%), valores que coinciden con lo reportado por Valarezo et al. (1998), en el que menciona que los suelos de textura franca tienen una densidad aparente de 0,89 a 1,59 g.cm⁻³, para textura franco arcillo arenoso una densidad de 1,05 a 1,64 g.cm⁻³, para suelos franco arcillosos 1,05 a 1,64 g.cm⁻³ y para una textura arcillo limoso una densidad de 1,12 a 1,37 g.cm⁻³, valores que son corroborados en el estudio que realizó Soto (2022), en la que señala que los valores de densidad aparente, del área de estudio se encuentran dentro de los rangos de 1,08 a 1,34 g.cm⁻³ para suelos francos y de 1,31 g.cm⁻³ para las texturas franco arcillo arenoso. Por otra parte, según Pritchett (1990 referenciado por Castillo, 2005), menciona que los rangos ideales de densidad aparente para suelos franco oscilan de 1,3 a 1,4 g.cm⁻³, para arcillas entre 1,0 a 1,2 g.cm⁻³ y para suelos orgánicos de 0,7 a 1,0 g.cm⁻³, estos valores están relacionados con la granulación del suelo, la cual tiende a aumentar los espacios porosos disminuyendo la densidad aparente, a medida que los suelos se compactan disminuye la porosidad aumentando la densidad aparente, y a su vez la

presencia de materia orgánica facilita la granulación de la estructura del suelo incrementando la porosidad y reduciendo la densidad aparente.

Los colores del suelo en húmedo para los tres primeros horizontes en pendiente de 0-8% es de marrón oscuro, pendiente 8-25% marrón amarillento, marrón oscuro y marrón amarillento oscuro y pendiente >25% negro y gris oscuro. A su vez el color no solo depende de las características físicas, químicas y biológicas del suelo (Velázquez et al., 2006 citado por Domínguez J et al., 2011, p. 93), sino también de las principales componentes del suelo como la materia orgánica, textura, composición mineralógica y la morfología (Jaramillo, 2002, p. 119).

La porosidad a pF 0,0 para el primer y segundo horizonte en pendientes de 0-8%, 8-25% y >25%, van de 49,40 a 64,70 % θ_v de medios a altos. La capacidad de campo a pF 2,0 para el primer y segundo horizonte en pendientes 0-8%, 8-25% y pendiente >25% se encuentran en 33 a 49 % θ_v de medios a altos para las texturas francas y franco arcillo arenoso. El punto de marchitez permanente a pF 4,20 para el primer y segundo horizonte en pendientes 0-8% y 8-25%, >25% se encuentran en 24 a 37 % θ_v de medios a altos debido a que en la zona de estudio al momento de preparar el suelo utilizan el arado o herramientas manuales evitando compactar los suelos, esto se puede corroborar con las constantes que ha caracterizado Soto (2022), en las que encuentra valores similares en los ocho perfiles estudiados en el sector de la Dolorosa, la porosidad de 32 a 62 % θ_v , valores CC de 23 a 44 % θ_v y PMP valores de 13 a 27 % θ_v .

Condiciones físicas de los suelos

La capacidad de aireación para el primer horizonte en los suelos con pendientes 0-8% y 8-25% se encuentran el rango de muy alto y pendiente >25% alto. En el segundo horizonte pendientes 0-8% medio, 8-25% y para los suelos con pendiente >25% es alto, valores que están directamente relacionados por el contenido de materia orgánica existente en la zona, en el segundo horizontes existe una CA media debido al incremento del contenido de arcilla, producto de la lixiviación que se produce en horizonte superior, datos similares se encontraron en el estudio que realizó Soto (2022), en la parroquia Chuquiribamba, en la cual menciona que la capacidad de aireación en el primer horizonte es aceptable para el uso de maíz debido a que antes de iniciar a preparar el suelo se lo remueve, mientras que para el segundo horizonte sufre de compactación debido a la labranza aspecto se ve influenciado por la compactación generada de los animales al momento de arar, la presencia de seres vivos o formas naturales, lo que afecta la estructura del

suelo. Según Doran & Parkin (1994; véase también en Fernández P et al., 2006, p. 162), recalcan que la capacidad de aireación del suelo para sostener el desarrollo de los vegetales se debe a las propiedades físicas (porosidad, capacidad de almacenamiento de agua, textura, estructura), y químicas. Por otra parte Silva et al., (2003; citado por Fernández P et al., 2006, p. 162), indican que el sobrepastoreo causa la degradación de las tierras, deteriorando las propiedades físicas como la densidad aparente, textura y porosidad.

En cuanto el agua aprovechable en los perfiles del suelo a pF 2,0 para el primer y segundo horizonte del suelo con pendientes 0-8%, 8-25% y >25% se encuentra en el rango de bajo, valores relacionados directamente con la textura del suelo debido a que tiene suelos francos y tiene mayor contenido de arena, la cual provoca que arcilla baje al segundo horizonte, a excepción del segundo horizonte pendiente >25% se encuentra en alto, debido a que el AA está en función del tipo de textura del suelo, los cuales van de franco arcillo arenoso a franco arcilloso, posiblemente con el predominio de arcillas del grupo de las esmectitas, las cuales tienen una elevada retención del agua, (Soto, 2022, p. 59). En otro estudio similar se menciona que el agua aprovechable en seis perfiles del Sector San Vicente de la parroquia Chuquiribamba, se encuentran en el rango de alto a muy alto, debido a que el agua está en función de la textura del suelo que va de Fo a FoAc y de la estructura del suelo mismo que es subangular (Aguirre, 2017, p. 60).

El volumen de poros físicamente inertes en la zona radicular del primer horizonte con pendientes de 0-8%, y 8-25% son pobres y pendiente >25% se ubican en la zona muy pobre. Para el segundo horizonte en pendientes 0-8% y 8-25% son muy pobres y pendiente >25% se ubican en la zona media, mismas que coinciden con Soto (2022) en el Sistema de Riego Aguarongo – Zañe, dónde concluye que las condiciones físicas del suelo para el desarrollo de las plantas están relacionados con el tipo suelo, ubicando el primer horizonte en el rango de pendientes de 8-25% y 25% a 58% de pobres a medios y en el segundo horizonte están en un rango de muy pobre a pobre.

Características químicas

Los valores de materia orgánica para el primer horizonte (MO=3,3; 4,9 y 3,6) y segundo horizonte (MO=3,2; 2,7 y 3,5) en las tres zonas de estudio se encuentran en el rango de medio según los análisis emitidos por el INIAP. A su vez Molina (2002), menciona que valores entre 2 a 5 % son considerados medios en materia orgánica, misma que mejora las propiedades físicas y microbiológicas del suelo favoreciendo al desarrollo y crecimiento de las plantas (p. 5).

El pH en el primer horizonte con pendientes 0-8% y 8-25% es medianamente ácido (5,7) y pendiente >25% muy ácido (4,5). En el segundo horizonte con pendiente 0-8% es medianamente ácido (5,4); pendiente 8-25% muy ácido (4,5); y pendiente >25% es muy ácido (4,3%), valores que están relacionados probablemente con la altitud debido a que en la parte más alta va a existir mayor precipitación, o al momento de aplicar riego sin ningún criterio técnico, va a provocar que el agua se va a infiltrar más rápido debido a la textura FoAcAo perdiendo con facilidad los nutrientes, también pH menores a 5,6 no están en el rango ideal para el cultivo de papa, ya que según Méndez & Romero (2019), mencionan que la papa se desarrolla en pH que van de 5,6 a 6,8 para texturas FoLo y FoAc (p. 41). 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).

Los valores de CIC en los suelos con pendiente de 0-8%, es de 19,77 meq/100 g, pendiente 8-25%, de 19,84 meq/100 g con textura franca respectivamente y para pendiente >25% es de 16,72 meq/100 g con textura franco arcillo arenoso, estos valores coinciden con el estudio de Castellanos et al., (2000 citado por Cabezas, 2016), donde menciona que para suelo francos la CIC debe estar de 5 a 15 meq/100 g y para suelos franco arcillo va de 15 a 30 meq/100 g (p. 12).

Infiltración

La velocidad de infiltración básica en los suelos con pendiente de 0-8% es de 12,00 cm. h⁻¹, pendiente 8-25% de 12,6 cm. h⁻¹ considerada como moderadamente rápida y pendiente >25% 14,7 cm. h⁻¹ consideradas como rápida, estos resultados dependen de la textura, estructura y pendiente, es decir existe un mayor contenido de humedad en suelos planos debido a la característica que le permite retener mayor cantidad, sin embargo los suelos con textura franco arenoso tienden a infiltrar de manera más rápida, siempre y cuando no sea suelo compactado lo que impide la capacidad de almacenamiento del agua. Soto (2022), encontró valores de 2,77 cm. h⁻¹ calificada como media para el uso de maíz y 0,82 cm. h⁻¹ equivalente a moderadamente lenta para el uso de pasto en el sector de la Dolorosa (p. 63). Aguinsaca (2020), menciona en su estudio que el valor promedio de la infiltración básica es de 6,7 cm. h⁻¹ perteneciente a la categoría de infiltración baja (p. 71). Por otra parte, los valores de velocidad de infiltración dependen de factores como el tipo

de suelo, grado de humedad, presencia de sustancias coloidales la que aumenta el tamaño dificultando la infiltración del agua y la acción humana y los animales que compactan el suelo formando una capa dura (Cadena, 2017, p. 54).

7.2. Elaboración de un plan de fertilización para el cultivo de papa nativa en el Sector El Calvario.

Relación de cationes

Según León (1998, citado por Macas, 2018), la mayoría de relación de cationes Ca, Mg y K en los suelos depende de las proporciones en que estos iones intercambiables se encuentren, es indispensable mantener una proporción adecuada entre cationes para asegurar una buena nutrición en las plantas. Se ha observado que existe una flexibilidad en la relación catiónica, pero mientras más amplia está (desbalance), se generan síntomas de deficiencia afectando el rendimiento del cultivo, debido a que el exceso de un catión inhibe la absorción de otro (Plaster, 1997 citado por Bernal et al., 2015, p. 6). Para mejorar la relación de cationes en el suelo pendiente 0-8% se aumentó 1,24 meq/100g de Ca, 0,67 meq/100g de Mg y 0,10 meq/100g de K, en la pendiente 8-25% se aumentó 1,62 meq/100g de Ca, 1,03 meq/100g de Mg y 0,10 meq/100g de K y finalmente en la pendiente >25% se aumentó 2,16 meq/100g de Ca, 1,24 meq/100g de Mg y 0,35 meq/100g de K, esto concuerda con la Tabla 1 en el estudio de (Hernández L, 2021).

Plan de fertilización

Según Valverde et al., (1998), menciona que para realizar una adecuada fertilización se debe saber los requerimientos del cultivo en relación al rendimiento deseado, análisis físico y químico para conocer la fertilidad del suelo y se debe conocer la eficiencia de los fertilizantes.

El plan de fertilización se planificó para cuatro etapas fenológicas, para el inicio, desarrollo vegetativo, inicio de tuberización y la tuberización que comprenden de 0 - 40 - 60 - 70 días respectivamente, esto está en función de las curvas de absorción de la papa, para completar los nutrientes del suelo que están deficientes en la planta, mejorando las características físicas químicas y biológicas del suelo, incrementando los rendimientos y a su vez reponiendo los nutrientes que fueron removidos por los cultivos anteriores (Valverde et al., 1998). Mediante la aplicación foliar se evita la lixiviación, precipitación de fertilizantes insolubles, en antagonismo

entre determinados nutrientes y reacciones de fijación/absorción como el caso de P y K (Ronen, 2016).

El cultivo de papa demanda grandes cantidades de nutrientes en un tiempo corto debido a su rápido desarrollo, sin embargo, sus raíces son pequeñas y por ende tienen una baja eficiencia para absorber los elementos nutritivos que requiere (Munoz et al., 2006). Estas características sugieren que entre más fraccionamiento de la dosis de N la eficiencia de absorción aumenta, está en relación de la condición del suelo, el clima y riego (Zebarth & Rossen , 2007). De igual manera Monómeros (1998; citado por Muñoz, 2013) menciona que el mejor resultado se observa con la aplicación de la mitad de la dosis de los fertilizantes al momento de la siembra y la otra mitad a los 40 días, o el 75 % en la siembra y 25 % a los 60 días (p. 17). (Añez y Espinoza 2006 citado por Olivas, 2013), encontraron en un trabajo de investigación, que los rendimientos de tubérculos de papa en $\text{kg}\cdot\text{m}^2$ fueron superiores con los tratamientos que suministraron N-K fraccionado.

El plan de fertilización propone una aplicación de nutrientes de 123 a 143 kg ha^{-1} de N; 73 a 91 kg ha^{-1} de P; 301 a 354 kg ha^{-1} de K; 24 a 29 kg ha^{-1} de Ca; 50 a 59 kg ha^{-1} de Mg y 33 a 38 kg ha^{-1} de S en las tres unidades de suelo.

Los elementos como el N, P y K poseen un evidente efecto sobre la producción y una respuesta positiva a la aplicación simultanea de estos (Pérez et al., 2008), para alcanzar un buen desarrollo radicular y aéreo en la etapa de establecimiento. El cultivo de papa demanda una elevada disponibilidad de P en el suelo, en la época de mayor crecimiento necesita N y para el desarrollo y calidad de los tubérculos requiere K por su activa participación en el transporte de fotosintatos de las hojas (Alvarado et al., 2009, p. 46). Los factores de demanda de nutrientes del suelo varían y no existe uniformidad entre los distintos estudios y autores evaluados, por lo que se establece un factor de demanda medio de 3 kg de N, 0,50 kg de P y 0,5 kg de K por cada t de papa a producir (Méndez P. & Romero S., 2019, p. 45). Por lo tanto, si un productor estima una producción de 60 t ha^{-1} , la demanda de N sería 180 kg ha^{-1} , P la demanda sería 48 kg ha^{-1} y finalmente la demanda de K sería de 300 kg ha^{-1} . Por otra parte, (Reussi et al., 2020), mencionan que la dosis de N es de 50 a 200 kg ha^{-1} , P de 25 a 200 kg ha^{-1} , S de 10 a 20 kg ha^{-1} , Ca de 40 a 80 kg ha^{-1} , Zn 150 a 500 g ha^{-1} y B de 150 a 200 g ha^{-1} . Para un rendimiento de 40 t ha^{-1} de papa, se extraen del suelo 150 kg de N, 60 Kg de P_2O_5 , 350 Kg de K_2O , 90 kg de CaO y 30 kg de MgO por hectárea (Villamil et al.,

2005, p. 22). Por otra parte Bertsch (2003), menciona que para producir 20 t ha⁻¹ de papa se estima 220, 20, 240, 60 y 20 kg ha⁻¹ de N, P, K, Ca y Mg.

El potasio es extraído en mayor cantidad por la papa, con 175 a 396 kg ha⁻¹ de K₂O, luego le sigue el nitrógeno con 108 a 288 kg ha⁻¹ de N y finalmente está el fósforo con 43 a 128 kg ha⁻¹ de P₂O₅ (Inostroza et al., 2017, p. 32).

8. Conclusiones

- En el primer horizonte de los suelos con pendientes 0-8% y 8-25% se encuentra la porosidad alto, CC y PMP medio, pendiente >25% la porosidad, CC y PMP se encuentra en alto, en el segundo horizonte pendientes 0-8% y 8-25% la porosidad, CC y PMP en medio y pendiente >25% la porosidad, CC y PMP se encuentra en alto.
- La fertilidad física del suelo para el primer horizonte en pendientes 0-8% y 8-25% son pobres, y pendiente >25% se encuentra en la zona muy pobres para el desarrollo de las raíces. En el segundo horizonte en pendientes 0-8% y 8-25% muy pobres y pendiente >25% en la zona media.
- La MO está en el rango de medio, pH de medianamente ácido a muy ácido, la CIC está en un rango de medio, porcentajes altos de saturación de bases en las tres unidades de suelo y deficiencia de N y S.
- La velocidad de infiltración en suelos con pendiente 0-8% es de 12,00 cm.h⁻¹, pendiente 8-25% de 12,6 cm. h⁻¹ considerada como moderadamente rápida y pendiente >25% 14,7 cm. h⁻¹ considerada como rápida.
- Para incrementar el pH del suelo en las pendientes 0-8% y 8-25%, se utilizó 2 500 kg ha⁻¹ de Cal Dolomix como enmienda y una propuesta de aplicación de nutrientes de: N: 123-130; P: 73; K:301-317 kg ha⁻¹.
- Para incrementar el pH del suelo y neutralizar el Al⁺⁺⁺ en la pendiente >25% se aplicó una relación de: por cada 1 meq de Al, 0,5 meq de Ca, dando una dosis de Cal Dolomix de 3 897 kg ha⁻¹ y una propuesta de aplicación de nutrientes de: N: 143; P: 91; K:355 kg ha⁻¹.

9. Recomendaciones

- Los resultados de la investigación realizada en el Calvario sean socializados con los directores de cada módulo para que adquieran conocimientos y sean impartidos por los mismo con el fin de que la información llegue a todos los usuarios del sistema de riego Aguarongo - Zañe.
- Debido a que la papa es un cultivo fundamental en Ecuador se recomienda realizar estudios detallados sobre las curvas de absorción de nutrientes de la papa, para la sierra sur, misma que nos va a permitir optimizar el manejo de los fertilizantes mejorando la producción y rendimientos.

10. Bibliografía

- Aguinsaca Medina, D. E. (2020). Diseño, instalación y evaluación de un sistema de riego por goteo y micro aspersión en el predio “La Dolorosa” de la parroquia Chuquiribamba, cantón y provincia de Loja [bachelorThesis, Loja]. <https://dspace.unl.edu.ec/handle/123456789/23303>
- Aguirre Vásquez, V. S. (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”. [bachelorThesis, Loja]. <https://dspace.unl.edu.ec/handle/123456789/19302>
- Alvarado A., Iturriaga I., Smyth J., Ureña J., & Portuguez E. (2009). EFECTO DE LA FERTILIZACIÓN CON FÓSFORO SOBRE EL RENDIMIENTO Y LA ABSORCIÓN DE NUTRIMENTOS DE LA PAPA EN UN ANDISOL DE JUAN VIÑAS, COSTA RICA. 33(1), 45–61.
- Amésquita E. (2001). Fertilidad de Suelos Diagnóstico y control.
- Bazán, R., Estrada, J., Morales, C., & Villachica, H. (2022). Manual DE Practicas DE Edafologia 2022—Versión digital—Primera versión digital Enero, 2022 “Este—Studocu. <https://www.studocu.com/pe/document/universidad-nacional-agraria-la-molina/edafologia/manual-de-practicas-de-edafologia-2022-version-digital/35752648>
- Bejar, S. J., Cantú Silva, I., Yáñez Díaz, M. I., Luna Robles, E. O., Bejar Pulido, S. J., Cantú Silva, I., Yáñez Díaz, M. I., & Luna Robles, E. O. (2020). Curvas de retención de humedad y modelos de pedotransferencia en un Andosol bajo distintos usos de suelo. *Revista mexicana de ciencias forestales*, 11(59), 31–50. <https://doi.org/10.29298/rmcf.v11i59.666>
- Bernal, G., Vega, C., Calvache, M., Cevallos, G., Ayala, A., Parra, J., Guerra, M., Morales, R., & Sánchez, J. (2015). DESBALANCE CATIONICO DE Ca,Mg,K, EN PALMA ACEITERA EN ECUADOR.
- Bertsch, F. (2003). Absorción de nutrimentos por los cultivos. <https://agris.fao.org/search/en/providers/123819/records/64735c7ce17b74d222520b4d>
- Bueno-Buelvas, R., & Fernández-Lizarazo, J. C. (2019). La capacidad de intercambio catiónico del suelo: Una bóveda de nutrición clave en la producción de alimentos. *Ámbito Investigativo*, 4(1), 7–12.
- Cabezas, R. (2016). EFECTO DE FUENTES DE ENCALADO EN LAS PROPIEDADES QUÍMICAS DE SUELOS ECUATORIANOS DE DIFERENTE MATERIAL PARENTAL. Repositorio Digital UCE. <https://www.dspace.uce.edu.ec/www.dspace.uce.edu.ec>
- Cadena V. (2017). Hablemos de riego (1a ed.).
- 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. *INNOTEC*, 25 ene-jun, Article 25 ene-jun. <https://doi.org/10.26461/25.01>
- Calva, C., & Espinosa, J. (2017). Efecto de la aplicación de cuatro materiales de encalado en control de la acidez de un suelo de Loreto, Orellana. *Siembra*, 4(1), 001–011.

- Carvajal, R. R. (1997). PROPIEDADES FÍSICAS QUÍMICAS y BIOLÓGICAS DE LOS SUELOS. <http://bibliotecadigital.agronet.gov.co/bitstream/11348/6636/1/083.pdf>
- Casanova-Ollivo, E. F. (2005). Introducción a la ciencia del suelo (2da ed.). CDCH UCV.
- Castillo, C. (2005). Selección y calibración de indicadores locales y técnicos para evaluar la degradación de los suelos laderas, en la microcuenca Cuscamá El Tuma—La Dalia Matagalpa. <https://repositorio.una.edu.ni/1094/1/tnp35c352.pdf>
- 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>
- Crespo, C. (2017). Infiltración del agua en el suelo. Importancia y métodos para medirla. PortalFruticola.com. <https://www.portalfruticola.com/noticias/2017/09/04/infiltracion-del-agua-en-el-suelo-importancia-y-metodos-para-medirla/>
- Cuesta-X, Monteros-C, Racines-Montero, & Rivadeneira. (2022). Catálogo de variedades de papa del Ecuador (Segunda edición). chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/<https://repositorio.iniap.gob.ec/bitstream/41000/5850/1/CATALOGO%20PAPA%202022.pdf>
- Day. (1965). Método del hidrómetro para análisis del tamaño de partículas.
- Domínguez J, Román A, & Prieto F. (2011). Evaluación de color en suelos del Cerro de Denganthza, municipio de Francisco I. Madero, Hidalgo. 21(4), 92–100.
- Donald-C, K. (1999). Fertilidad de Suelos. EUNED.
- España, B. P., & Seva, N. P. (2020). Riego de gravedad y a presión. 4ta ed.
- FAO. (2020). Propiedades Químicas Del Suelo. https://www.fao.org/fishery/static/FAO_Training/FAO_Training/General/x6706s/x6706s04.htm
- FAO. (2022). Definiciones | Portal de Suelos de la FAO | Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. <https://www.fao.org/soils-portal/about/definiciones/es/>
- FAO. (2023). Propiedades Físicas | Portal de Suelos de la FAO | Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. <https://www.fao.org/soils-portal/soil-survey/propiedades-del-suelo/propiedades-fisicas/es/>
- FAOSTAT. (2024). <https://www.fao.org/faostat/es/#data/QCL>
- Fernández P, Buyolo T, & Cabezas J. (2006). Efectos del pastoreo en clima mediterráneo árido sobre propiedades físicas del suelo. 13, 161–169.
- Frez. (2021). Importancia de las bases de intercambio de suelos. CNAgro. <https://cnagro.cl/sin-categoria/importancia-de-las-bases-de-intercambio-de-suelos/>
- Gárate, A., & Bonilla, I. (2008a). Nutrición mineral y producción vegetal. Fundamentos de fisiología vegetal, 2000, ISBN 84-486-0258-7, págs. 113-130, 113–130. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=4677169>

- Gárate, A., & Bonilla, I. (2008b). Nutrición mineral y producción vegetal. Fundamentos de fisiología vegetal, 2008, ISBN 978-84-481-5168-3, págs. 143-164, 143–164. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=4677323>
- 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.
- Guerrero Lázaro, 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 L. (2021). Plan de fertilización del área agrícola, unidad de experimentación y validación en el plantel. Universidad Nacional Agraria.
- IAEA. (2018). Mejora de la fertilidad del suelo [Text]. Organismo Internacional de Energía Atómica; IAEA. <https://www.iaea.org/es/temas/mejora-de-la-fertilidad-del-suelo>
- Inostroza J., Méndez P., Espinoza N., Acuña I., Navarro P., Cisternas E., & Larraín P. (2017). Manual del cultivo de la papa en Chile. INIA (Instituto de Investigaciones Agropecuarias).
- Jaramillo, D. F. (2002). Introducción a la ciencia del suelo. <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/70085>
- Loaiza E. (2008). Respuesta de cuatro sustratos y tres métodos de aplicación hormonal para propagación clonal de café robusta (*Coffea canephora pierre*) Localidad de Sansahuari-Sucumbíos [Universidad Nacional de Loja]. <chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://dspace.unl.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/5863/1/Paladines%20Feij%C3%B3%20Manuel.pdf>
- López A. (2021). “EVALUACIÓN DE LA APLICACIÓN FOLIAR DE MF KABOR EN TRES FRECUENCIAS Y DOS DOSIS EN EL RENDIMIENTO DE UN CULTIVAR DE PAPA (*Solanum tuberosum*) EN EL CANTÓN MOCHA” [Universidad Técnica de Ambato]. <chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/33480/1/Tesis-285%20%20Ingenier%c3%ada%20Agron%c3%b3mica%20-%20L%c3%b3pez%20Yumiguano%20%20Alberto%20Dami%c3%a1n.pdf>
- López, P. (2020). Indagan la composición de la materia orgánica del suelo. Gaceta UNAM. <https://www.gaceta.unam.mx/indagan-la-composicion-de-la-materia-organica-del-suelo/>
- Macas, J. (2018). Manejo de las Mejores Prácticas Agrícolas en la Nutrición Balanceada de Calcio, Magnesio y Potasio en el Cultivo de Palma Africana (*Elaeis guineensis* Jacq.). Sacha, EC: INIAP, Estación Experimental Central de la Amazonía, 2018/AGLATAM. <http://repositorio.iniap.gob.ec/handle/41000/5461>
- MAG. (2017). Ministerio de Agricultura y Ganadería. <https://www.agricultura.gob.ec/category/rdc-2017/>
- Marjan, K. (2016). pH del Suelo. Home & Garden Information Center | Clemson University, South Carolina. <https://hgic.clemson.edu/factsheet/cambiando-el-ph-del-suelo/>

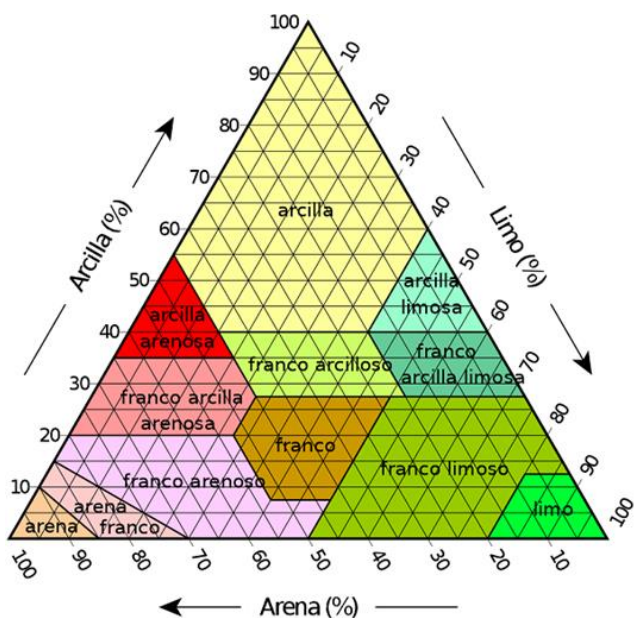
- Mejia, M. (2021). Entendiendo su suelo—Hidrosmart. HIDROSMART. <https://hidrosmart.com.mx/module/psblog/module-psblog-blog?id=19>
- Méndez P. & Romero S. (2019). Antecedentes sobre Fertilización del cultivo de Papa.
- Molina, E. (2002). Analisis de suelos y su interpretación. [http://www.infoagro.go.cr/Inforegiones/RegionCentralOriental/Documents/Suelos/SUELO S-AMINOGROWanalisisinterpretacion.pdf](http://www.infoagro.go.cr/Inforegiones/RegionCentralOriental/Documents/Suelos/SUELO-S-AMINOGROWanalisisinterpretacion.pdf)
- Molinos, S. (2022). Fertilización del Cultivo de Papa. Molinos & Cía. <https://www.molinosycia.com/fertilizacion-del-cultivo-de-papa/>
- Montalvan, C. (2014). Reaccion del suelo. <https://www.slideshare.net/cristhianersonmontalvancoronel/reaccion-del-suelo-43067052>
- Moreno L, Castaño S, Jimenez E, & Losa A. (2008). Desarrollo de una metodología aplicada, para la caracterización física de la zona no saturada como almacén y transmisor de agua y contaminantes hacia las aguas subterráneas.
- Munoz A., Mylavarapu R., Hutchinson C., & Portier K. (2006). Root distribution under seepage-irrigated potatoes in Northeast Florida. 463–472.
- Muñoz F & Cruz L. (1984). Manual del Cultivo de papa. INIAP (Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias).
- Muñoz M. (2013). Asistencia técnica y promoción del portafolio de abonar S. A. S., para la protección de cultivos en el municipio de Tuquerres—Nariño. Universidad de Nariño.
- Navarro, G., & Navarro, S. (2013). Química agrícola: Química del suelo y de los nutrientes esenciales para las plantas (Tercera edición). Ediciones Mundi Prensa. <https://www.mundiprensa.com/catalogo/9788484766568/quimica-agricola--quimica-del-suelo-y-de-los-nutrientes-esenciales-para-las-plantas>
- Navarro-García, G., & Navarro-García, S. (2013). Química agrícola: Química del suelo y de los nutrientes esenciales para las plantas (3ra ed.). Ediciones Mundi-Prensa.
- Nawaz, S., Sánchez, P., Schmitt, S., Snaidero, N., Mitkovski, M., Velte, C., Brückner, B. R., Alexopoulos, I., Czopka, T., Jung, S. Y., Rhee, J. S., Janshoff, A., Witke, W., Schaap, I. A. T., Lyons, D. A., & Simons, M. (2015). Actin Filament Turnover Drives Leading Edge Growth during Myelin Sheath Formation in the Central Nervous System. *Developmental Cell*, 34(2), 139–151. <https://doi.org/10.1016/j.devcel.2015.05.013>
- Núñez, J. (2000). Fundamentos de Edafología. EUNED.
- Olivas, T. (2013). Fraccionamiento del fertilizante y la absorción de nutrientes en el cultivo de papa. SlideShare. <https://es.slideshare.net/slideshow/fraccionamiento-del-fertilizante-y-la-absorcion-de-nutrientes-en-el-cultivo-de-papa/28911344>
- Olsen SR, Cole CV, Watanable FS, & Dean LA. (1954). Estimation of available phosphorus in soils by extraction with sodium bicarbonate. USDA.
- Ortega, S. (2021). Monografía-Propiedades Físicas Suelo-Edafología | PDF | Suelo | Importar. Scribd. <https://es.scribd.com/document/512874755/MONOGRAFIA-PROPIEDADES-FISICAS-SUELO-EDAFOLOGIA>

- Pauta, Á. B. (2019). Análisis de los sistemas productivos agrarios bajo riego, canal aguaronco de la parroquia Chuquiribamba, del cantón y provincia de Loja. [bachelorThesis, Loja]. <https://dspace.unl.edu.ec/handle/123456789/22611>
- Pérez, A. (2021). Tipos de proyectos y sus principales características. OBS Business School. <https://www.obsbusiness.school/blog/tipos-de-proyectos-y-sus-principales-caracteristica>
- Pérez, L. C., Rodríguez, L. E., & Gómez, M. I. (2008). Efecto del fraccionamiento de la fertilización con N, P, K y mg y la aplicación de los micronutrientes B, mn y zn en el rendimiento y calidad de papa criolla (*Solanum phureja*) variedad Criolla Colombia. *Agronomía Colombiana*, 26(3), 477–486.
- Pérez, M. R. (2014). Ingeniería del Agua (18a ed.). <https://eos.com/es/blog/punto-de-marchitez-permanente/>
- Reussi N., Gilletto C., Zamuner S., Cassino N., Diovisalvi N., & Garcia F. (2020). Claves para el manejo de nutrientes en el cultivo de papa.
- Rivera, J. S. Ú., Dallatorre, Y. D., & Zaldívar-Cruz, E. A. P. D. J. M. (2018). La infiltración del agua en los suelos y componentes artificiales y materia orgánica que se utilizan en ellos para la agricultura. *Revista Iberoamericana de Bioeconomía y Cambio Climático*, 4(7), 889–896.
- Ronen E. (2016). Fertilización Foliar, otra exitosa forma de nutrir a las plantas.
- Salazar, L. F. S. (2019). DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS.
- Soto, R. (2022). Evaluación de las propiedades físicas de los suelos en el sistema de riego aguaronco-zañe de la parroquia Chuquiribamba [bachelorThesis, Loja]. <https://dspace.unl.edu.ec/handle/123456789/24670>
- Stewart, W. M. (2007). Consideraciones en el uso eficientes de nutrientes. 10.
- Thompson, L. M., & Troeh, F. R. (2021). Los suelos y su fertilidad (4ta ed.). Reverte.
- Valarezo L. (2017). Evaluación física de los suelos de la zona de riego “La Dolorosa” (Proyecto de vinculación con la sociedad).
- Valarezo L, Valarezo C, & Mancino M. (2020). Producción Agropecuaria sostenible en suelos arcillosos del piso temperado andino del Sur del Ecuador. EDILOJA Cía. Ltda.
- Valverde, F., & Alvarado Ochoa, S. P. (2009). Manejo del suelo y la fertilización en el cultivo de papa: Experiencias del DMSA. <http://repositorio.iniap.gob.ec/handle/41000/2496>
- Valverde, F. & Alvarado S. (2009). Manejo del Suelo y la fertilización del cultivo de papa. INIAP (Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias). <chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://repositorio.iniap.gob.ec/bitstream/41000/2496/1/iniapsc343m.pdf>
- Valverde, F., Córdova, J. J., & Parra, R. (1998). Fertilización del cultivo de papa. <http://repositorio.iniap.gob.ec/handle/41000/3260>
- Villalaz, C. C. (2007). Mecánica de suelos y cimentaciones (5ta Ed.). Editorial Limusa.
- Villamagua. (2022). UNL incrementa en un 40% el rendimiento agrícola en Chuquiribamba. <https://www.lahora.com.ec/loja/unl-incrementa-agricola-chuquiribamba/>

- Villamagua M & Livisaca F. (2023). Encalamiento para el cultivo de papa Sector Simón Bolívar [Comunicación personal].
- Villamagua, M., Loaiza, E., & Naula, P. (2008). EFECTO DEL CARBON VEGETAL EN LAS PROPIEDADES FISICAS Y QUIMICAS DEL SUELO EN EL CULTIVO DE TOMATE DE MESA (SOLANUM LYCOPERSICUM) BAJO INVERNADERO. <https://dspace.unl.edu.ec/handle/123456789/362>
- Villamil H., Castro H., Valbuena I., Cabezas M., & Porras P. (2005). "I Taller Nacional sobre suelos, fisiología y nutrición vegetal en el cultivo de papa' (Bogotá). chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcgclefindmkaj/https://repository.agrosavia.co/bitstream/handle/20.500.12324/17441/41887_44470.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Zebarth B. & Rossen C. (2007). Research perspective on nitrogen BMP development for potato. 3–18.

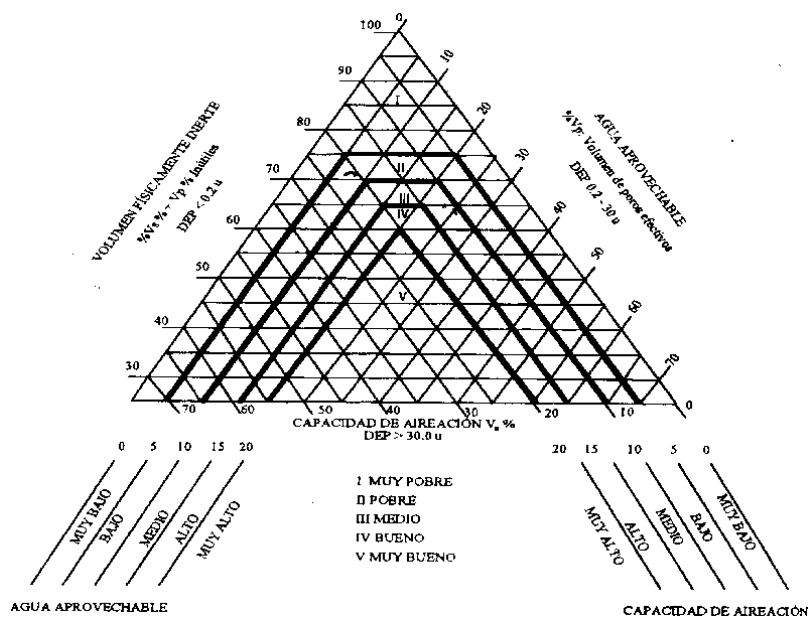
11. Anexos

Anexo 1. Triángulo textural del suelo



Fuente: (USDA, 1999).

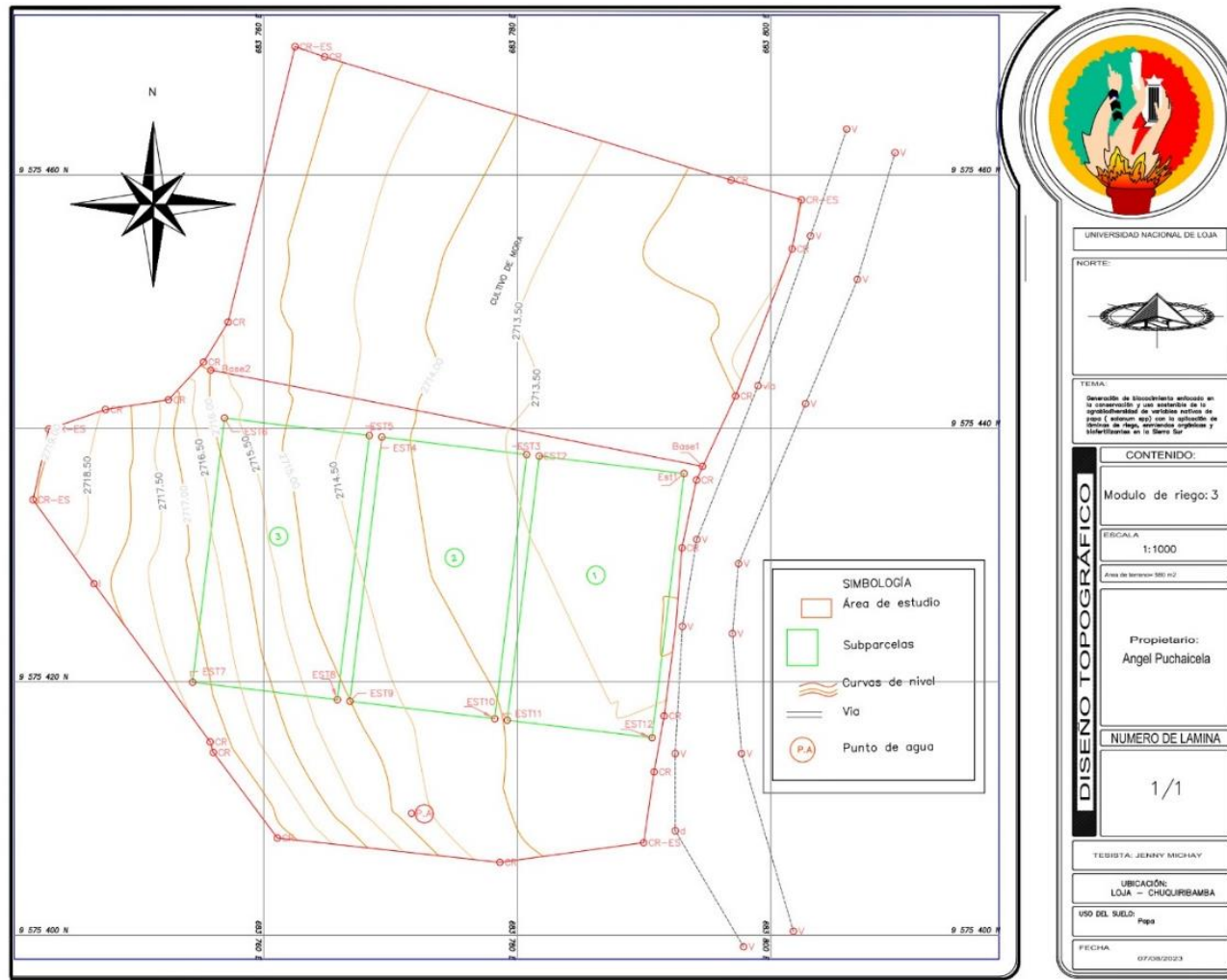
Anexo 2. Diagrama triangular para la evaluación de las condiciones físicas del suelo.



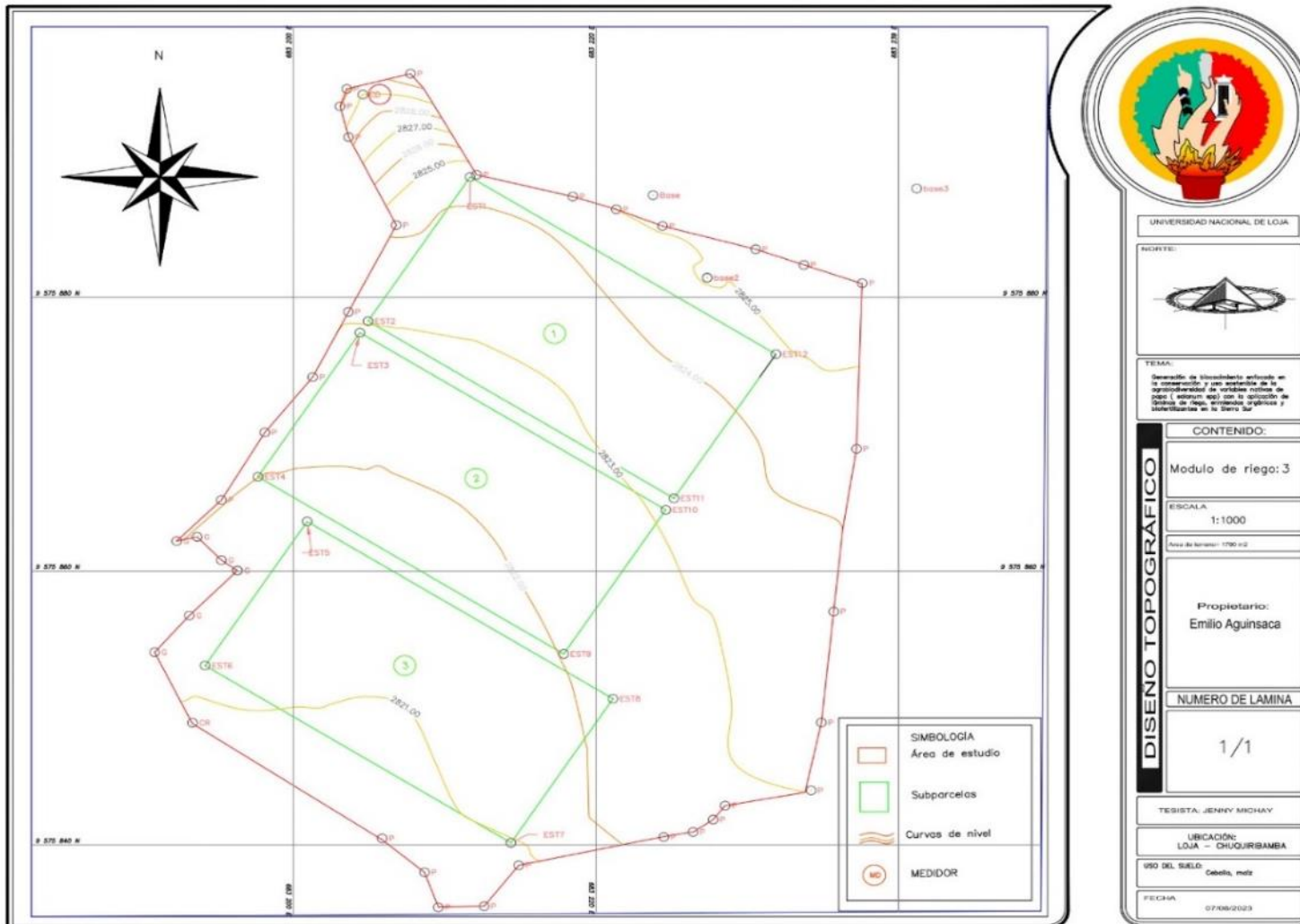
Fuente: Valarezo et al. 1998.

Anexo 3. Selección y levantamiento topográfico general de las zonas de estudio

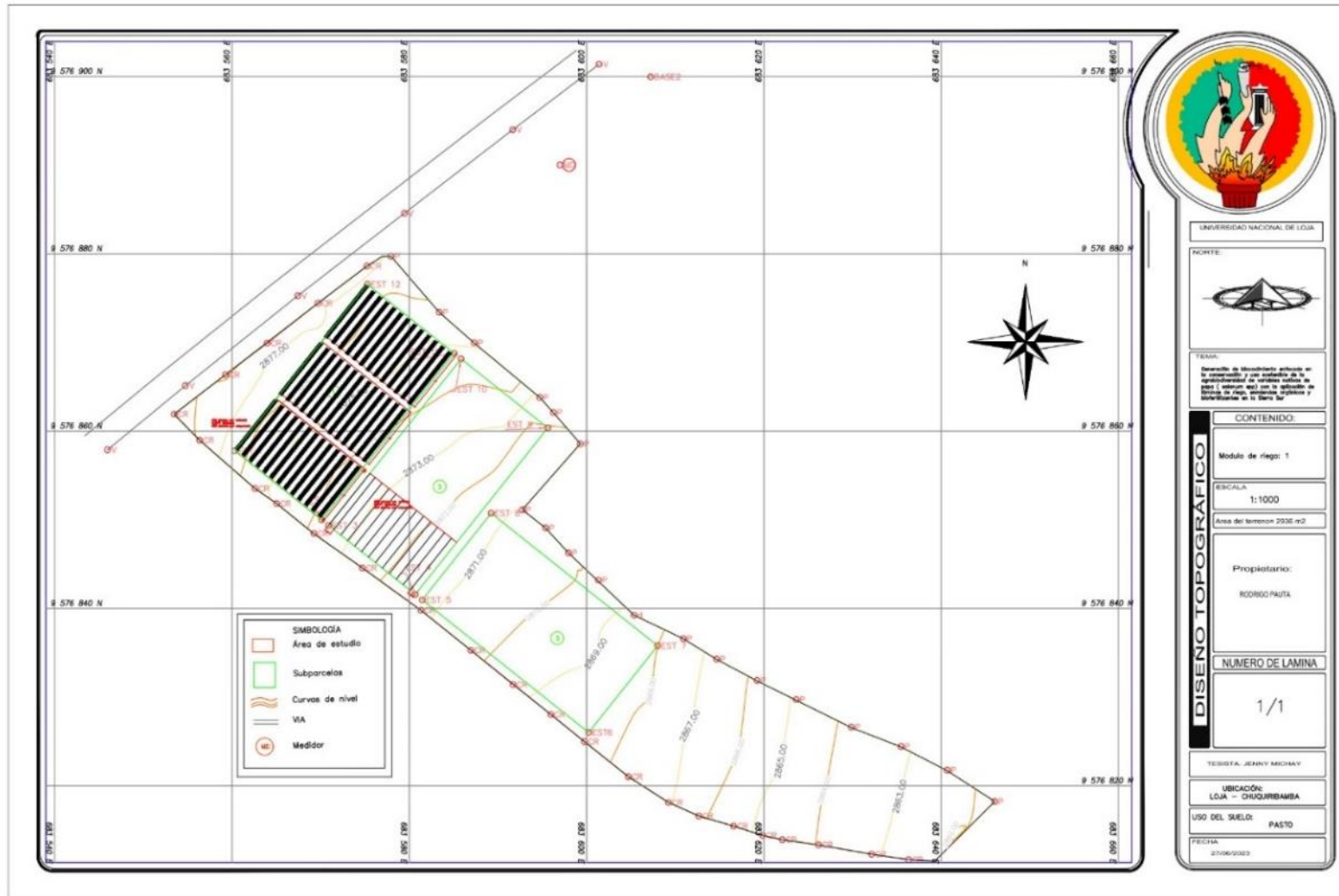
Propietario Sr. Ángel Puchaicela, Sapul pendiente 0 - 8% Módulo 3.



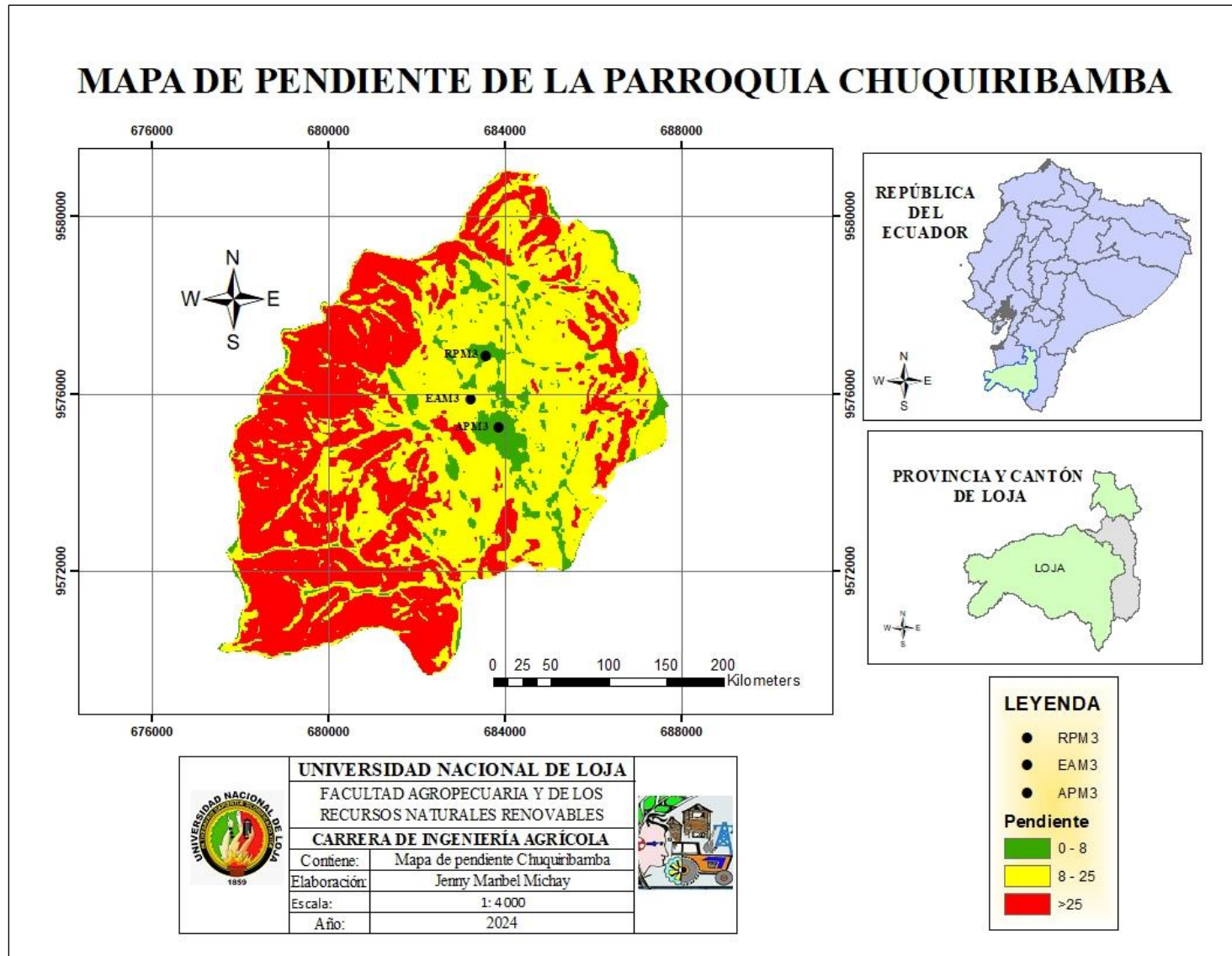
Propietario Sr. Emilio Aguinsaca, San Antonio pendiente 8 - 25% Módulo 3.



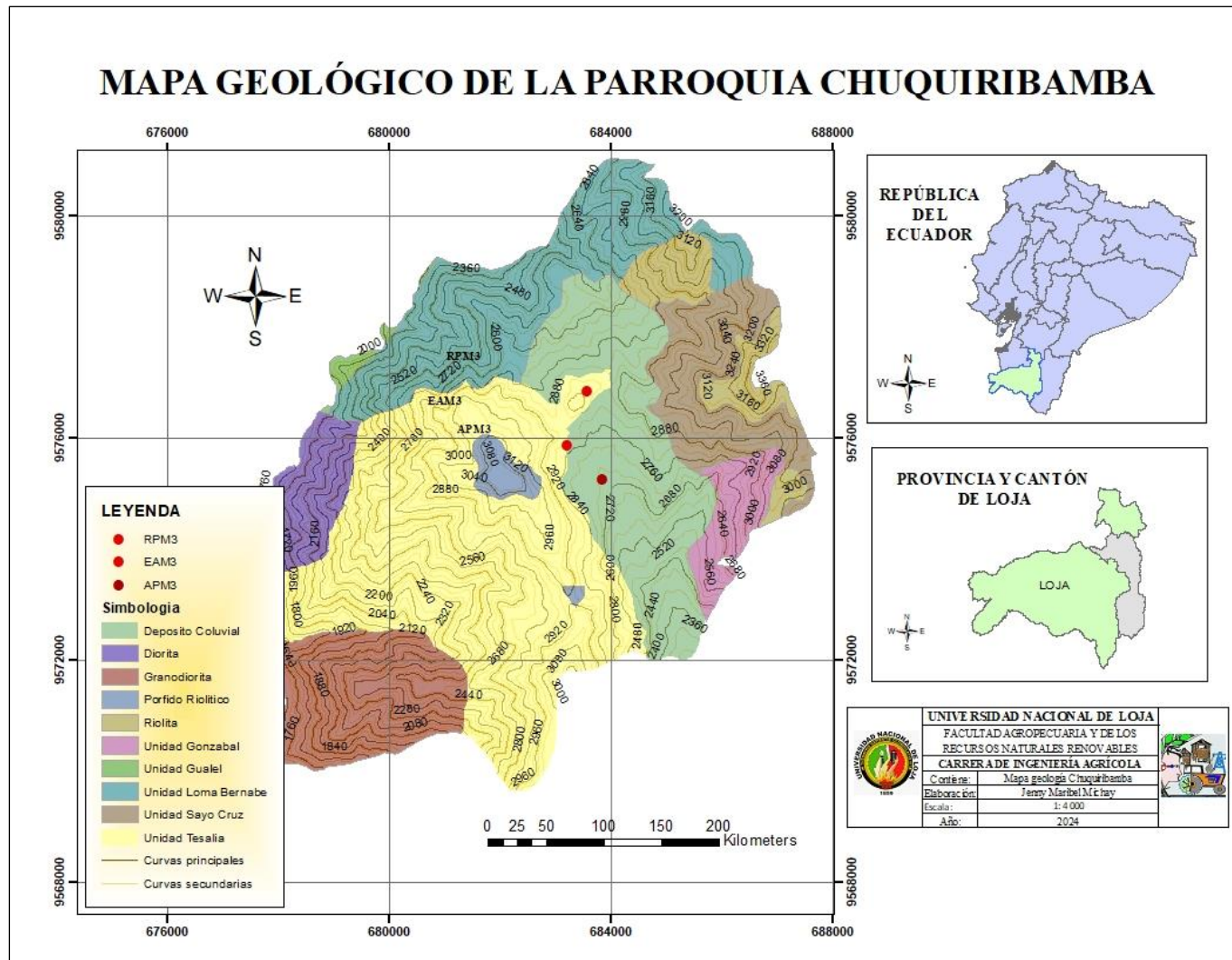
Propietario Sr. Rodrigo Pauta, El Calvario pendiente >25% Módulo 3.



Anexo 4. Mapa de pendiente de la zona de estudio

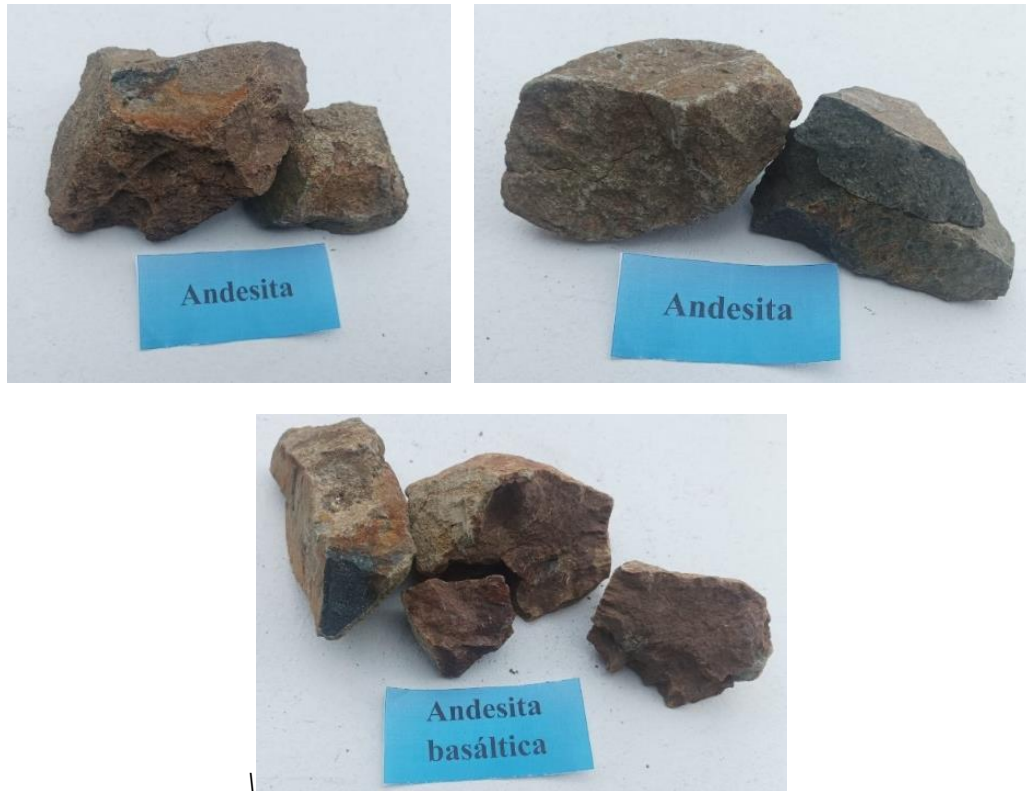


Anexo 5. Mapa geológico de la zona de estudio



Anexo 6. Análisis del material parental

En la pendiente de 0 a 8 % en los perfiles de Sapul con cobertura de cultivo de papa y nabo se encontraron andesitas y andesita basáltica que poseen minerales ferromagnéticos típicos del basalto como el olivino, también contienen feldespatos con composición química típicas de las andesitas.



En la pendiente de 8 a 25% en los perfiles de San Antonio con cobertura de cultivo de barbecho y cebolla en hoja, se encontraron tobas volcánicas, rocas dacitas y tobas volcánicas o andesitas alteradas, la roca dacita es una roca ígnea extrusiva y también sub volcánica de composición química félsica o ácida, compuesta por cuarzo, plagioclasa.





En la pendiente >25 % en los perfiles de El Calvario con cobertura de barbecho de maíz, andesita basáltica, tobas andesitas y tobas andesitas basálticas con minerales de plagioclasa, hornblenda y piroxeno.



Anexo 7. Descripción de los perfiles del suelo en la zona de estudio.



Anexo 8. Toma de muestras para enviar al laboratorio

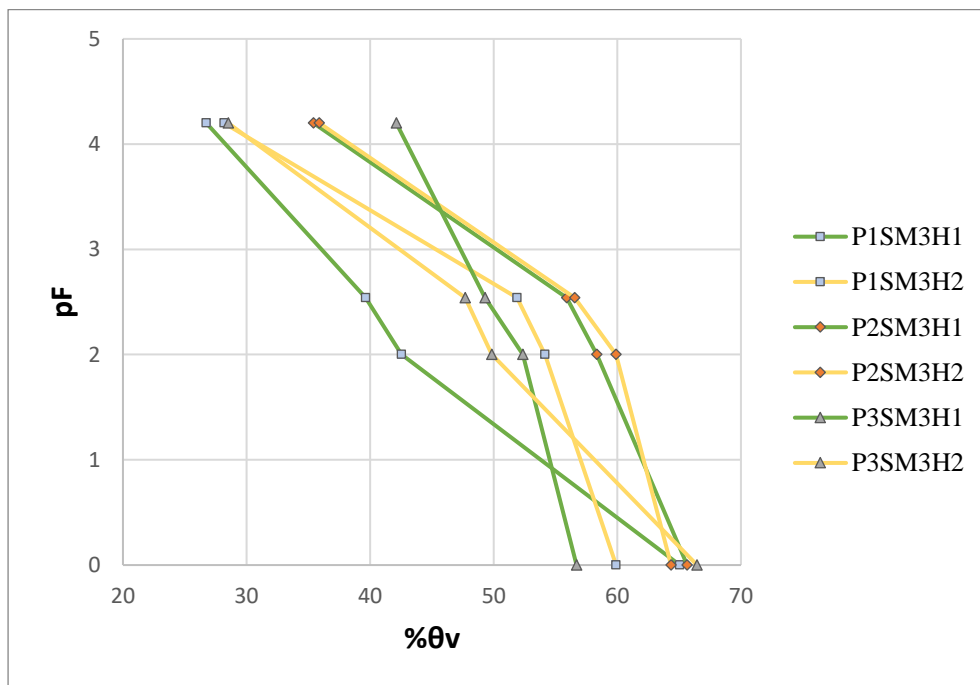


Anexo 9. Pruebas de infiltración

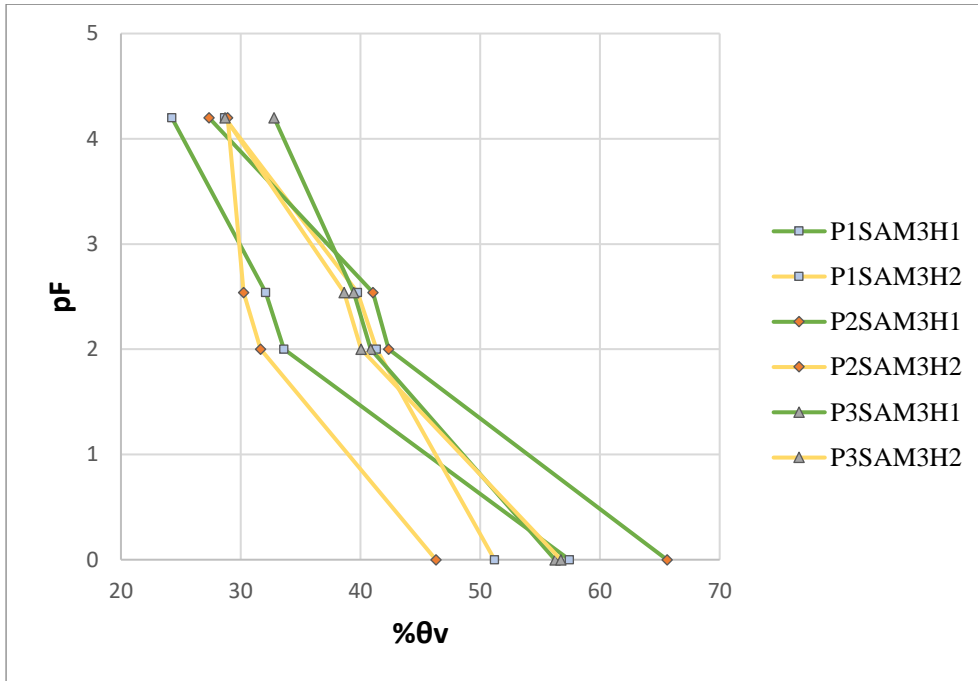


Anexo 10. Representación gráfica de la curva del pF del primer y segundo horizonte

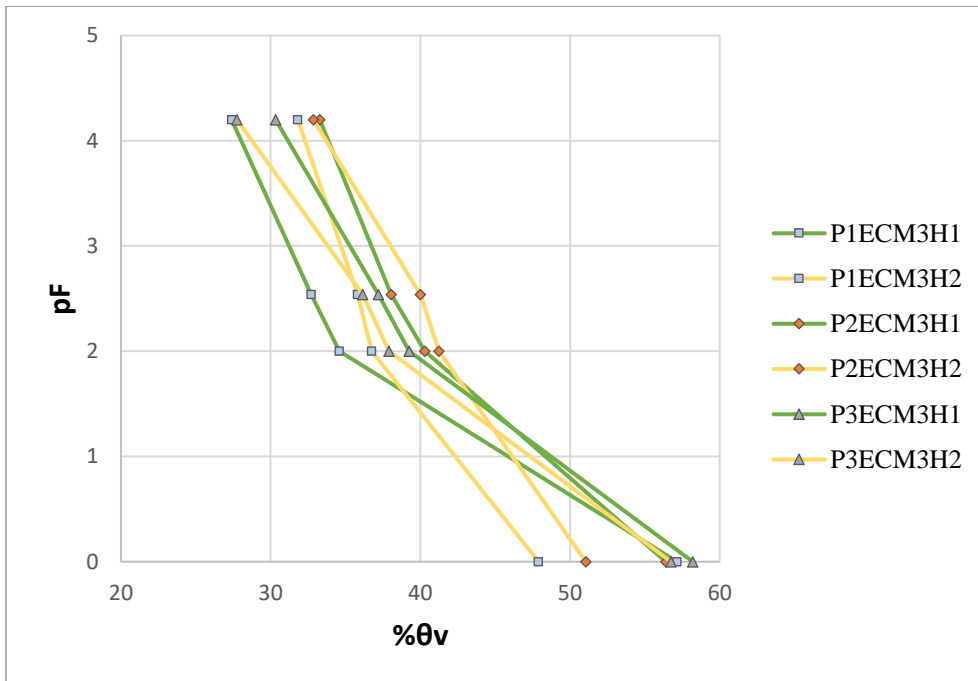
Curva del pF del suelo del primer y segundo horizonte del sector Sapul (0-8%) M3.



Curva del pF del suelo del primer y segundo horizonte del sector San Antonio (8-25%) M3.



Curva del pF del suelo del primer y segundo horizonte del sector El Calvario (>25%) M3.



1. INTRODUCCIÓN

Las propiedades fisicoquímicas del suelo determinan la capacidad para sustentar el crecimiento de las plantas en el suelo, la disponibilidad de los nutrientes mismo que nos ayuda a maximizar los rendimientos para el cultivo de papa nativa en el sector del Calvario.

El sistema de riego Aguarongo perteneciente a la parroquia Chuquiribamba presenta bajos niveles de producción del cultivo de papa debido a:

- Suelos ácidos
- Baja capacidad de intercambio catiónico
- Bajo contenido de N y B
- Medio en K, Ca, Mg, Zn, S.
- Baja capacidad de aireación producto del sobrepastoreo y labranza.

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo General

- Contribuir al incremento del rendimiento de la papa nativa a través de la caracterización y plan de fertilización del sector El Calvario del Sistema de riego Aguarongo - Zaña.

2.2. Objetivo Específico

- Caracterizar física y químicamente los suelos del sector El Calvario del Sistema de Riego Aguarongo - Zaña.
- Elaborar un plan de fertilización para el cultivo de papa nativa en el Sector El Calvario.

3. METODOLOGÍA

3.1. Descripción del área de estudio

El sistema de riego Aguarongo-Zaña, pertenece a la parroquia de Chuquiribamba; cantón Loja ubicado en la parte superior de la subcuenca del río Trapichillo (Catamayo).

3.2. Caracterización física y química de los suelos del sector El Calvario del Sistema de Riego Aguarongo - Zaña.

Para evaluar las propiedades físicas, se seleccionó las parcelas, realizó un levantamiento topográfico, analizó el material parental en los sitios seleccionados, realizó una calicata de 1,2 m x 1,5 m x 1,2 m de profundidad, en la que se describió detalladamente el perfil del suelo, en los dos primeros horizontes, se recolectaron muestras inalteradas por duplicado, utilizando los cilindros Koppecky para analizar las constantes hidrofísicas.



Para evaluar las propiedades químicas, en la parte central de cada parcela se tomaron muestras de fertilidad (00 – 25 cm) alterada de 1kg para enviarlos al INIAP, en donde se analizó pH, MO, N, P, K, Ca, Mg, S, Fe, Cu, Mn, Zn, suma de bases, Acidez intercambiables (Al, Al + H), bases cambiables y relación de cationes.



3.3. Elaboración de un plan de fertilización para el cultivo de papa nativa en el Sector de El Calvario.

Se realizó un plan de fertilización en función de los resultados de los nutrientes disponibles en el suelo de acuerdo a la caracterización química, los requerimientos del cultivo y la curva de absorción de la papa.

El K, Ca y Mg se lo realizó mediante la relación de cationes y el N, P, S y micronutrientes por la oferta y demanda, teniendo en cuenta la eficiencia de los fertilizantes, finalmente se calculó la cantidad de fertilizantes que debe ser aplicada para el cultivo de papa nativa en la parroquia Chuquiribamba.

Resultados emitidos por parte del INIAP

DATOS DEL PROPIETARIO		DATOS DE LA PROPIEDAD		PARA USO DEL LABORATORIO	
Nombre	BENITEZ AGUILO GUSTAVO ESPERANZA	Nombre	Agua Pastizales	Cultivo Actual	Papa
Dirección	LOJA - LOJA	Provincia	Loja	N° Reporte	11511
Ciudad	LOJA	Cantón	Loja	Fecha de Muestreo	10/12/2023
Teléfono	099628432	Parroquia	Chuquiribamba	Fecha de Informe	14/12/2023
País	Ecuador	Educación	Chuquiribamba	Fecha de Validación	17/12/2024

N° Muestra	Detalle del Lote	Año	pH	mg/100g							%						
				NH4	P	K	Ca	Mg	S	Zn	Cu	Fe	Mn	B			
111900	MO001	2023	5,7	30	245	4	688	15	2,2	18	90	11,9	7,8	192	27,2	0,91	38
111901	MO002	2023	5,7	30	148	4	635	15	2,4	12	90	1,9	1,6	172	20,8	0,63	38
111902	MO003	2023	4,5	30	39	4	638	12	2,2	12	90	1,1	1,6	148	28,5	0,77	38

INTERPRETACION		METODOLOGIA USADA		EXTRACTANTES	
pH	5,7	Metodo	1:2 Agua:1:1	Metodo	1:2 Agua:1:1
N	30	Metodo	1:2 Agua:1:1	Metodo	1:2 Agua:1:1
P	245	Metodo	1:2 Agua:1:1	Metodo	1:2 Agua:1:1
K	688	Metodo	1:2 Agua:1:1	Metodo	1:2 Agua:1:1
Ca	15	Metodo	1:2 Agua:1:1	Metodo	1:2 Agua:1:1
Mg	2,2	Metodo	1:2 Agua:1:1	Metodo	1:2 Agua:1:1
S	18	Metodo	1:2 Agua:1:1	Metodo	1:2 Agua:1:1
Zn	11,9	Metodo	1:2 Agua:1:1	Metodo	1:2 Agua:1:1
Cu	7,8	Metodo	1:2 Agua:1:1	Metodo	1:2 Agua:1:1
Fe	192	Metodo	1:2 Agua:1:1	Metodo	1:2 Agua:1:1
Mn	27,2	Metodo	1:2 Agua:1:1	Metodo	1:2 Agua:1:1
B	0,91	Metodo	1:2 Agua:1:1	Metodo	1:2 Agua:1:1

RESPONSABLE OJO SUELOS Y AGUAS

RESPONSABLE LABORATORIO

4. RESULTADOS

4.1. Caracterización física y química de los suelos del Sector El Calvario del sistema de riego Aguarongo – Zaña.

Unidad de suelo	pH	Inter	MO %	Inter	CIC meq/100g	Textura
P1SM3	5,7	MeAc	4,5	M	14,04	Fo
P2SAM3	5,7	MeAc	3,5	M	14,17	Fo
P3ECM3	4,5	MAc	4,6	M	18,26	FoAcAo

4.2. Elaboración de un plan de fertilización para el cultivo de papa nativa en el Sector El Calvario.

Condiciones óptimas para el cultivo de papa



Clima: Templado frío
Altitud: 1,500 a 2, 500 m. s.n.m.
pH óptimo: 5,5 a 6
Temperatura: 12 a 18 °C

Se debe aplicar Cal Dolomix para incrementar el pH del suelo.

Unidad de suelo	Kg/ha	Kg/m ²	área surco	# surc pare	Cal kg/surc	Cal Kg/ parc	Kg/ ensayo	Sacos Total
P1SM3	2500	0,25	12,6	11	3,15	34,65	103,95	2,3
P2SAM3	2500	0,25	14,4	12	3,60	43,20	129,60	2,9
P3ECM3	3897	0,39	14,4	12	5,61	67,34	202	4,5

Para satisfacer los requerimientos del cultivo de papa se debe aplicar los siguientes fertilizantes de acuerdo a la zona de estudio.

Fertilizante \ kg/ensayo	S	SA	EC
N	8,5	11,2	12,3
F	5,1	6,3	7,9
K	20,9	27,4	30,6
Ca	1,71	2,3	2,5
Mg	3,51	4,6	5,2
S	2,29	3,1	3,3

5. CONCLUSIONES

Los suelos del sector Sapul y San Antonio tienen textura franca y El Calvario tiene textura franca arcillo arenoso.

La materia orgánica (M.O.) se encontró en el rango de medio para todos los sitios.

El pH del suelo se caracterizó desde muy ácido a medianamente ácido, la capacidad de intercambio catiónico (C.I.C) se encontró en el rango de medio para todos los suelos.



unl

Universidad Nacional de Loja



UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA

FACULTAD AGROPECUARIA Y DE LOS RECURSOS NATURALES RENOVABLES

Carrera de Ingeniería Agrícola

POYECTO DE INTEGRACION CURRICULAR

Caracterización de las propiedades físico-químicas del suelo y elaboración del plan de fertilización para el cultivo de papa nativa, en el sector El Calvario, Parroquia Chuquiribamba.



Jenny Maribel Michay Pinta

AUTORA

Ing. Fernanda Margoth Livisaca Loján
Mg. Sc.

DIRECTORA

Loja - Ecuador

Anexo 12. Difusión de los resultados



Anexo 13. Aplicación de enmiendas de Cal Dolomix



Anexo 14. Fichas de descripción de los perfiles del sector el Calvario.

UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA

FACULTAD AGROPECUARIA Y DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES

“Caracterización física y química de los suelos del sector El Calvario del Sistema de Riego Aguarongo – Zañe”

FICHA DE DESCRIPCIÓN DE PERFILES DE SUELOS

SR. ÁNGEL PUCHAICELA

Código: P1SapulM3 **Fecha:** 04/11/2023 **Autor:** Fernanda Livisaca, Miguel Villamagua y Jenny Michay **Sitio:** El Calvario

Altitud: (m s.n.m.): 2714,9 **Coordenadas:** 683 782 E 9 575 428 N

Paisaje: Pie de monte

Tipo de relieve: Terraza

Forma del Terreno: Pendiente baja.

Pendiente: 3,5 %

Uso Actual o cobertura vegetal: Cultivo de papa, nabo.

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

Afloramientos rocosos: No **Tipo:** No **Material parental:** Depósito coluvial (Andesita).

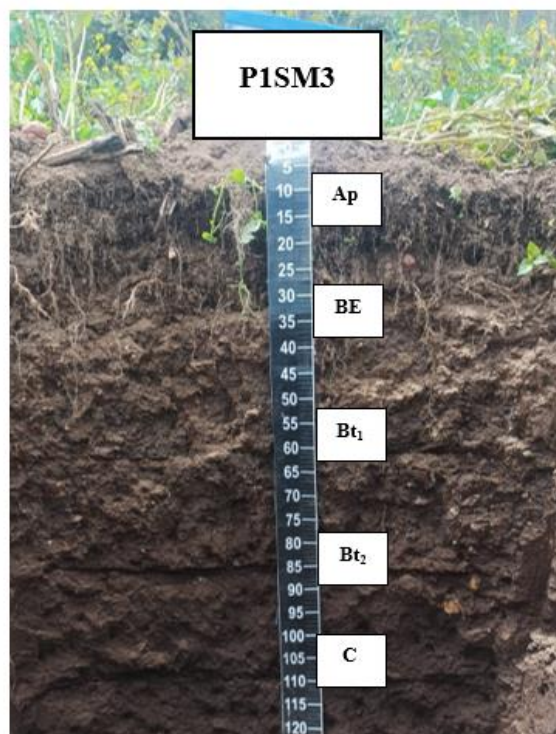
Profundidad de la capa freática: profundidad 0 cm **Fluctuación:** 0 cm

Presencia de Sales o Alcalis: Libre

Drenaje: Moderado **Grietas:** No **Erosión:** Ligero

Clasificación taxonómica preliminar USDA (2014):

Orden: Alfisols; **Suborden:** Udalfs; **Gran grupo:** Hapludalfs; **Sub grupo:** Inceptic Hapludalfs.



DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PERFIL

Suelo muy profundo de 120 cm, constituido por un horizonte Ap de 25 cm de espesor, marrón oscuro en húmedo, franco al tacto, estructura migajosa, bloques subangulares finos, moderadamente desarrollados; un horizonte BE de 15 cm de espesor, marrón oscuro en húmedo, franco arcilloso al tacto, con bloques angulares de finos a medios, fuertemente desarrollados; un horizonte Bt₁ de 25 cm de espesor, marrón oscuro en húmedo, arcilloso al tacto, con bloques subangulares de medios a gruesos, fuertemente desarrollados; un horizonte Bt₂ con 35 cm de espesor, marrón oscuro, franco arcillo limoso al tacto, bloques subangulares medios, débilmente desarrollados y un horizonte C de 20 cm de espesor, marrón oscuro en húmedo, arcillo limoso al tacto. Las raíces muy finas muchas y finas pocas se extienden hasta los 65 cm de profundidad por lo que se asume que corresponde a la profundidad efectiva actual, todos los horizontes no presentan manchas demostrando un buen drenaje del suelo. En los horizontes Ap, BE y Bt₁ existe la presencia de cutanes zonales delgados, fragmentos rocosos del tamaño de grava se extiende por los dos primeros horizontes.

Descripción individual de los horizontes o capas P1SapulM3:

Ap 00 – 25 cm (10YR 3/3) marrón oscuro en húmedo, franco al tacto; estructura migajosa a bloques subangulares finos, moderadamente desarrollados; adherente, plástico, friable en húmedo; poros, muchos, finos, raíces abundantes muy finas; con presencia de fragmentos rocosos de gravas redondeadas pocas, con un grado de meteorización moderado; límite ondulado y neto.

BE 25 – 40 cm (10YR 3/3) marrón oscuro en húmedo, franco arcilloso al tacto; estructura bloques angulares finos a medios, fuertemente desarrollados; adherente, plástico, friable en húmedo; poros, muchos, finos y muy finos, raíces muy comunes finas; con presencia de fragmentos rocosos de gravas angulares pocas, con un grado de meteorización fuerte; límite plano y neto.

Bt₁ 40 – 65 cm (10YR 3/3) marrón oscuro en húmedo, arcilloso al tacto; estructura bloques subangulares medios a gruesos, fuertemente desarrollado; muy adherente, muy plástico, friable en húmedo; poros, muchos, finos y muy finos, raíces muy pocas, finas; sin presencia de fragmentos rocosos; límite plano y neto.

Bt₂ 65 – 100 cm (7,5YR 3/2) marrón oscuro, franco arcillo limoso al tacto; estructura bloques subangulares medios, débilmente desarrollados; adherente, plástico, muy friable en húmedo; poros, muchos, finos y muy finos, sin raíces; ni presencia de fragmentos rocosos; límite plano y neto.

C 100 – 120 cm (7,5YR 3/2) marrón oscuro en húmedo, arcillo limoso al tacto; sin estructura; muy friable en húmedo; poros, muchos, finos y muy finos, sin raíces; ni presencia de fragmentos rocosos.

UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA

FACULTAD AGROPECUARIA Y DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES

“Caracterización física y químicamente los suelos del sector El Calvario del Sistema de Riego Aguarongo – Zañe”

FICHA DE DESCRIPCION DE PERFILES DE SUELOS

SR. ÁNGEL PUCHAICELA

Código: P2SapulM3 **Fecha:** 04/11/2023 **Autor:** Fernanda Livisaca, Miguel Villamagua y Jenny Michay **Sitio:** El Calvario

Altitud: (m s.n.m.): 2720,9 **Coordenadas:** 683 774 E 9 575 432 N

Paisaje: Pie de monte

Tipo de relieve: Terraza

Forma del Terreno: Pendiente baja.

Pendiente: 3 %

Uso Actual o cobertura vegetal: Cultivo de papa, nabo.

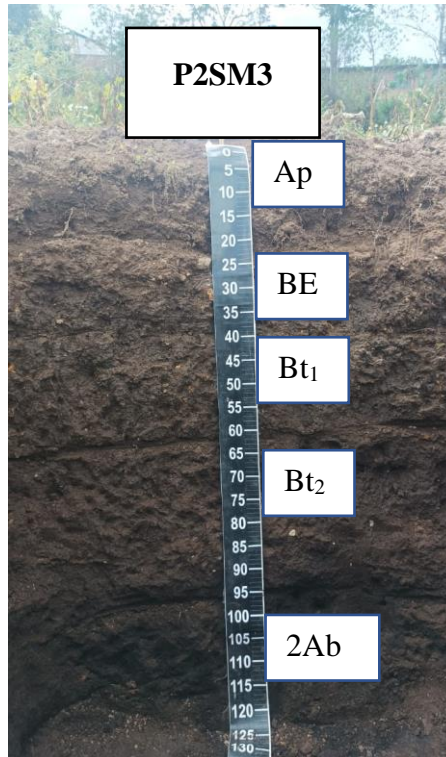
Condiciones de Humedad: húmedo. **Pedregosidad superficial:** 0 %; **Tamaño:** 0 cm

Afloramientos rocosos: No **Tipo:** No **Material parental:** Depósito coluvial (Andesita).

Profundidad de la capa freática: profundidad 0 cm **Fluctuación:** 0 cm

Presencia de Sales o Alcalis: Libre

Drenaje: Moderado **Grietas:** No **Erosión:** Ligero



DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PERFIL

Suelo muy profundo de 120 cm, constituido por un horizonte Ap de 20 cm de espesor, marrón grisáceo en húmedo, franco arcilloso al tacto, estructura migajosa a bloques subangulares finos moderadamente desarrollados; un horizonte BE de 20 cm de espesor, marrón en húmedo, franco arcilloso al tacto, bloques angulares que van de finos a medios, fuertemente desarrollados ; un horizonte Bt₁ de 20 cm de espesor, marrón oscuro en húmedo, arcilloso al tacto, con bloques subangulares de medios a gruesos débilmente desarrollados; un horizonte Bt₂ con 35 cm de espesor, marrón grisáceo muy oscuro en húmedo, franco arcillo limoso al tacto, bloques subangulares medios, débilmente desarrollados y un horizonte 2Ab de 25 cm de espesor, negro en húmedo, arcillo limoso al tacto. Las raíces medias a finas se observan hasta los 40 cm de profundidad por lo que se asume que corresponde a la profundidad efectiva actual. En los horizontes Ap, BE y Bt₁ existe la presencia de cutanes zonales delgados, fragmentos rocosos del tamaño de grava se extiende por los dos primeros horizontes.

Descripción individual de los horizontes o capas P2SapulM3:

Ap 00 – 20 cm (10YR 4/2) marrón grisáceo en húmedo, franco arcilloso al tacto; estructura migajosa a bloques subangulares finos, moderadamente desarrollados; adherente, plástico, friable en húmedo; poros, muchos, finos, raíces abundantes muy finas; con presencia de fragmentos rocosos de gravas redondeadas pocas, con un grado de meteorización moderado; límite ondulado y neto.

BE 20 – 40 cm (10YR 4/3) marrón en húmedo, franco arcilloso al tacto; estructura bloques angulares finos a medios, fuertemente desarrollados; adherente, plástico, friable en húmedo; poros, muchos, finos y muy finos, raíces muy comunes finas; con presencia de fragmentos rocosos de gravas angulares pocas, con un grado de meteorización fuerte; límite plano y neto.

Bt₁ 40 – 60 cm (10YR 3/3) marrón oscuro en húmedo, arcilloso al tacto; estructura bloques subangulares medios a gruesos, débilmente desarrollados; muy adherente, muy plástico, friable en húmedo; poros, muchos y frecuentes, finos y muy finos, raíces muy pocas, finas; sin presencia de fragmentos rocosos; límite plano y neto.

Bt₂ 60 – 95 cm (10YR 3/2) marrón grisáceo muy oscuro en húmedo, franco arcillo limoso al tacto; estructura bloques subangulares medios, débilmente desarrollados; adherente, plástico, muy friable en húmedo; poros, muchos, finos y muy finos, sin raíces; presencia de fragmentos rocosos piedra y grava angulares, pocos a muy pocos; límite plano y neto.

2Ab 95 – 120 cm (10YR 2/1) negro en húmedo, arcillo limoso al tacto; estructura bloques angulares y subangulares, finos a medios; muy friable en húmedo; poros, muchos, frecuentes, finos y medianos, sin raíces; sin presencia de fragmentos rocosos, límite plano y neto.

Condiciones hidrofísicas:

Retención de humedad en el rango de pF 0,0 a pF 4,2 de los dos primeros horizontes en el perfil P2 Sapul M3.

Unidad de suelo	Pendiente %	Profundidad cm	Da g.cm ⁻³	Porosidad total % θ_v pF0	Capacidad de campo % θ_v pF 2,00	Capacidad de campo % θ_v pF 2,52	Punto Marchitez % θ_v pF 4,20
P2 Sapul M3	3	Ap (00 – 20)	1,11	55,10	40,30	38,05	33,29
		BE (20 -40)	1,33	51,10	41,25	40,00	32,85

Condiciones físicas:

Capacidad de aireación, agua aprovechable, volumen físicamente inerte y zona del diagrama triangular, de los dos primeros horizontes del perfil P2 Sapul M3 del sector del Calvario Chuquiribamba

Unidad de suelo	Pendiente %	Profundidad cm	CA % θ_v pF2,00	CA % θ_v pF2,52	AA % θ_v pF2,00	AA % θ_v pF2,52	VFI % θ_v	Zona del diagrama pF 2,00	Clasificación
P2 Sapul M3	3	Ap (00 – 20)	14,80	17,05	7,01	4,76	78,19	I	MP
		BE (20 -40)	9,85	11,10	8,40	7,15	81,75	I	MP

UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA

FACULTAD AGROPECUARIA Y DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES

“Caracterización física y química de los suelos del sector El Calvario del Sistema de Riego Aguarongo – Zañe”

FICHA DE DESCRIPCIÓN DE PERFILES DE SUELOS

SR. ÁNGEL PUCHAICELA

Código: P3SapulM3 **Fecha:** 04/11/2023 **Autor:** Fernanda Livisaca, Miguel Villamagua y Jenny Michay **Sitio:** El Calvario

Altitud: (m s.n.m.): 2712,2 **Coordenadas:** 683 764 E 9 575 431 N

Paisaje: Pie de monte

Tipo de relieve: Terraza

Forma del Terreno: Pendiente baja.

Pendiente: 12 %

Uso Actual o cobertura vegetal: Cultivo de papa, nabo.

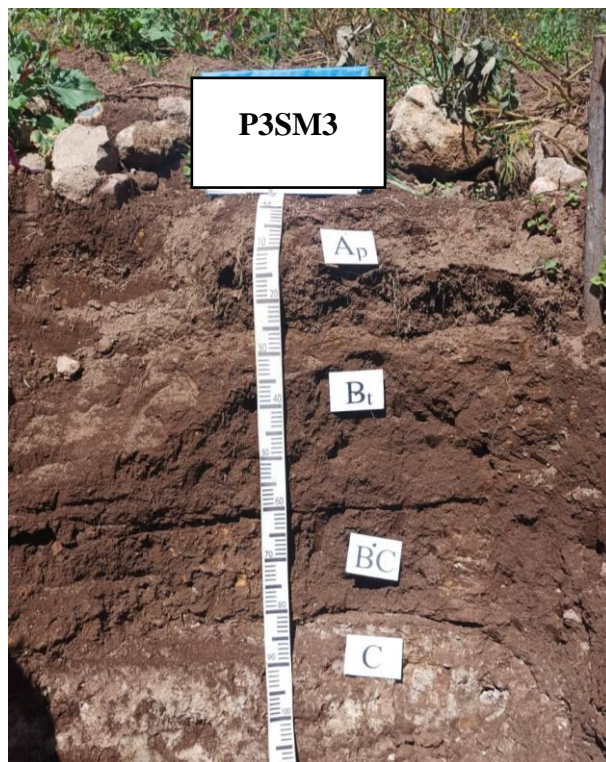
Condiciones de Humedad: húmedo. **Pedregosidad superficial:** 0 %; **Tamaño:** 0 cm

Afloramientos rocosos: No **Tipo:** No **Material parental:** Depósito coluvial (Andesita basáltica).

Profundidad de la capa freática: profundidad 0 cm **Fluctuación:** 0 cm

Presencia de Sales o Alcalis: Libre

Drenaje: Moderado **Grietas:** No **Erosión:** Ligero.



DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PERFIL

Suelo muy profundo de 120 cm, constituido por un horizonte Ap de 25 cm de espesor, marrón oscuro en húmedo, franco arcilloso al tacto, estructura migajosa a bloques subangulares finos, moderadamente desarrollados; un horizonte Bt de 35 cm de espesor, marón amarillento oscuro en húmedo, franco arcilloso al tacto, bloques subangulares de finos a gruesos, moderadamente desarrollados; un horizonte BC de 25 cm de espesor, marón amarillento oscuro en húmedo, franco arcillo limoso al tacto, bloques subangulares medios, moderadamente desarrollados; un horizonte C con 35 cm de espesor, gris claro en húmedo, franco limoso al tacto, sin estructura. Las raíces medias a finas se observan hasta los 60 cm de profundidad por lo que se

asume que corresponde a la profundidad efectiva actual, En el horizonte BE existe la presencia de cutanes zonales delgados, fragmentos rocosos del tamaño de grava se extiende por el horizonte Ap, Bt y BC.

Descripción individual de los horizontes o capas P3SapulM3:

Ap 00 – 25 cm (10YR 3/3) marrón oscuro en húmedo, franco arcilloso al tacto; estructura migajosa a bloques subangulares finos, moderadamente desarrollados; adherente, plástico, friable en húmedo; poros, muchos, finos, raíces abundantes muy finas; con presencia de fragmentos rocosos de gravas triangulares pocas, con un grado de meteorización fuerte; límite ondulado y neto.

Bt 25 – 60 cm (10YR 3/4) marrón amarillento oscuro en húmedo, franco arcilloso al tacto; estructura bloques subangulares finos a gruesos, moderadamente desarrollados; adherente, plástico, friable en húmedo; poros, muchos, finos y muy finos, raíces pocas finas; con presencia de fragmentos rocosos de gravas angulares pocas, con un grado de meteorización débil; límite plano y neto.

BC 60 – 85 cm (10YR 3/4) marrón amarillento oscuro en húmedo, franco arcillo limoso al tacto; estructura bloques subangulares medios, moderadamente desarrollados; muy adherente, muy plástico, friable en húmedo; poros, muchos, finos y muy finos, raíces muy pocas muy finas; con presencia de fragmentos rocosos de gravas redondeadas a triangulares pocas, con un grado de meteorización moderado; límite plano y neto.

C 85 – 120 cm (10YR 7/2) gris claro en húmedo, franco limoso al tacto; sin estructura; muy friable en húmedo; poros, muy pocos, medianos, sin raíces; con presencia de fragmentos rocosos de piedras y gravas angulares muy pocas, con un grado de meteorización ligero.

Retención de humedad en el rango de pF 0,0 a pF 4,2 de los dos primeros horizontes en el perfil P3 Sapul M3.

Unidad de suelo	Pendiente %	Profundidad cm	Da g.cm ³	Porosidad total % θ_v pF0	Capacidad de campo % θ_v pF 2,00	Capacidad de campo % θ_v pF 2,52	Punto Marchitez % θ_v pF 4,20
P3		Ap (00 – 25)	1,05	56,20	39,25	37,20	30,33
Sapul M3	12	Bt (25 -60)	1,08	53,00	37,90	36,15	29,06

Condiciones físicas:

Capacidad de aireación, agua aprovechable, volumen físicamente inerte y zona del diagrama triangular, de los dos primeros horizontes del perfil P3 Sapul M3.

Unidad de suelo	Pendiente %	Profundidad cm	CA % θ_v pF2,0	CA % θ_v pF2,5	AA % θ_v pF2,0	AA % θ_v pF2,5	VFI % θ_v	Zona del diagrama pF 2,00	Clas e
			0	2	0	2			

UIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA

FACULTAD AGROPECUARIA Y DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES

“Caracterización física y químicamente los suelos del sector El Calvario del Sistema de Riego Aguarongo – Zañe”

FICHA DE DESCRIPCION DE PERFILES DE SUELOS

SR. EMILIO AGUINSACA

Código: P1SanAntonioM3 **Fecha:** 04-08-2023 **Autor:** Ing. Fernanda Livisaca, Ing. Ruben Dario Soto y Jenny Michay **Sitio:** Emilio Aguinsaca El Calvario.

Altitud: (m s.n.m.) 2802 **Coordenadas** 0682816 E 9 577 953 N

Paisaje: pie de monte

Tipo de relieve: vertiente cresta

Forma del Terreno: pendiente media.

Pendiente: 7 %

Uso Actual o cobertura vegetal: En descanso-Barbecho de haba.

Condiciones de Humedad: seco, húmedo. **Pedregosidad superficial:** 0,1 %; **Tamaño:** > 2cm

Afloramientos rocosos: No **Tipo:** No **Material parental:** Tobas volcánicas

Profundidad de la capa freática: 0 cm **Fluctuación:** 0 cm

Presencia de Sales o Alcalis: Libre

Drenaje: bueno **Grietas:** 20 x 0,5 cm de distancia **Erosión:** hídrica laminar



DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PERFIL.

Suelo muy profundo de 150 cm, constituido por un horizonte Ap de 25 cm de espesor, marrón amarillento oscuro en húmedo, franco arcilloso al tacto, estructura de bloques subangulares, finos, medios y gruesos, moderadamente desarrollados; un horizonte AE de 15 cm de espesor, marrón oscuro en húmedo, franco arcilloso al tacto, bloques subangulares, finos, medios y gruesos, moderadamente desarrollados; un horizonte Bt₁ de 30 cm de espesor, marrón amarillento oscuro en húmedo, arcilloso al tacto, bloques subangulares gruesos, fuertemente desarrollados; un horizonte Bt₂ 30 cm de espesor, marrón muy oscuro en húmedo, arcilloso al tacto, estructura prismáticas gruesos moderadamente desarrollados; un horizonte Bw 25 cm de espesor, marrón amarillento oscuro en húmedo, franco arcilloso al tacto, bloques subangulares fino y medio, débilmente desarrollados; un horizonte C 25 cm de espesor, marrón amarillento oscuro en húmedo, franco arcilloso al tacto. Todos los horizontes no presentan manchas demostrando un buen drenaje del suelo. Las raíces finas y muy finas se observan hasta los 70 cm de profundidad por lo que se asume que corresponde a la profundidad efectiva actual. Todos los horizontes no

presentan manchas demostrando un buen drenaje del suelo. En los horizontes Bt₁ y Bt₂ existe la presencia de cutanes zonales delgados, los fragmentos rocosos del tamaño grava se extienden por todo el perfil.

Descripción individual de los horizontes o capas P1SanAntonioM3:

Ap 00 – 25 cm (10YR 4/4) marrón amarillento oscuro en húmedo, (10YR 6/6) amarillo parduzco en seco; franco arcilloso al tacto; estructura bloques subangulares, finos, medios y gruesos, moderadamente desarrollados; adherente, plástico, friable en húmedo, duro en seco; poros, abundantes, finos, medios y continuos; raíces pocas, finas, medias y gruesas; fragmentos rocosos de tamaño grava, muy pocas y angulares, ligeramente meteorizada; límite neto y ondulado.

AE 25-40 cm (10 YR 3/3) marrón oscuro en húmedo, (10YR 3/4) marrón amarillento oscuro en seco; franco arcilloso al tacto; estructura bloques subangulares, finos, medios y gruesos, moderadamente desarrollados, adherente, plástico, friable en húmedo; ligeramente duro en seco; poros, muchos muy finos, pocos finos; raíces muy pocas, muy finas y medias; fragmentos rocosos de tamaño grava, muy pocas y angulares; límite neto y ondulado.

Bt₁ 40-70 cm (10YR 3/6) marrón amarillento oscuro en húmedo, (10YR 3/6) marrón amarillento oscuro en seco; arcilloso al tacto; estructura bloques subangulares gruesos, fuertemente desarrollados, adherente, plástico, firme en húmedo; muy duro en seco; con cutanes zonales delgados; poros, frecuentes, muy finos; raíces pocas, muy finas y medias; fragmentos rocosos de tamaño grava, frecuentes y angulares, fuertemente meteorizadas; límite brusco y ondulado.

Bt₂ 70 - 100 cm (10YR 2/2) marrón muy oscuro en húmedo, (10YR 3/3) marrón oscuro en seco; arcilloso al tacto; estructura prismática, gruesos, moderadamente desarrollados, adherente, plástico, muy firme; con cutanes zonales delgados; poros, frecuentes, muy finos y finos; fragmentos rocosos de tamaño grava, pocas y angulares, fuertemente meteorizadas; límite gradual y plano.

Bw 100 - 125 cm (10YR 4/6) marrón amarillento oscuro en húmedo, (10YR 4/6) marrón amarillento oscuro en seco; franco arcilloso al tacto; estructura bloques subangulares, fino y medio, débil desarrollados, adherente, plástico, firme en húmedo, muy duro en seco; poros, muchos, muy

finos y finos; fragmentos rocosos de tamaño grava, muy pocas y angulares, fuertemente meteorizadas; límite neto y ondulado.

C 125 - 150 cm (10YR 4/6) marrón amarillento oscuro en húmedo, (10YR 6/6) amarillo parduzco en seco; franco arcilloso al tacto; masivo, sin estructura; adherente, plástico, muy firme en húmedo; duro en seco; fragmentos rocosos de tamaño grava, muy pocas y angulares, fuertemente meteorizadas; límite neto y ondulado.

Condiciones hidrofísicas:

Retención de humedad en el rango de pF 0,0 a pF 4,2 de los dos primeros horizontes en el perfil P1 San Antonio M3.

Unidad de suelo	Pendiente %	Profundidad cm	Da g.cm ⁻³	Porosidad total % θ_v pF0	Capacidad de campo % θ_v pF 2,00	Capacidad de campo % θ_v pF 2,52	Punto Marchitez % θ_v pF 4,20
P1 San Antonio M3	7	Ap (00 – 25)	1,1	56,20	34,80	33,20	25,04
		AE (25 -40)	1,3	53,10	40,50	38,90	28,66

Condiciones físicas:

Capacidad de aireación, agua aprovechable, volumen físicamente inerte y zona del diagrama triangular, de los dos primeros horizontes del perfil P1 San Antonio M3.

Unidad de suelo	Pendiente %	Profundidad cm	CA % θ_v pF2,00	CA % θ_v pF2,52	AA % θ_v pF2,00	AA % θ_v pF2,52	VFI % θ_v	Zona del diagrama pF 2,00	Clase
P1 San Antonio M3	7	Ap (00 – 25)	21,40	23,00	9,76	8,16	68,84	II	P
		AE (25 -40)	12,60	14,20	11,84	10,24	75,56	I	MP

UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA

FACULTAD AGROPECUARIA Y DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES

“Caracterización física y químicamente los suelos del sector El Calvario del Sistema de Riego Aguarongo – Zañe”

FICHA DE DESCRIPCION DE PERFILES DE SUELOS

SR. EMILIO AGUINSACA

Código: P2SanAntonioM3. **Fecha:** 04-08-2023 **Autor:** Ing. Fernanda Livisaca, Ing. Ruben Dario Soto y Jenny Michay. **Sitio:** Emilio Aguinsaca El Calvario.

Altitud: (m s.n.m.) 2690,2 **Coordenadas** 0682 816 E 9 577 953 N

Paisaje: pie de monte

Tipo de relieve: vertiente cresta

Forma del Terreno: pendiente media.

Pendiente: 8 %

Uso Actual o cobertura vegetal: Cultivo de cebolla blanca

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

Afloramientos rocosos: No **Tipo:** No **Material parental:** Rocas dacitas

Profundidad de la capa freática: 0 cm **Fluctuación:** 0 cm

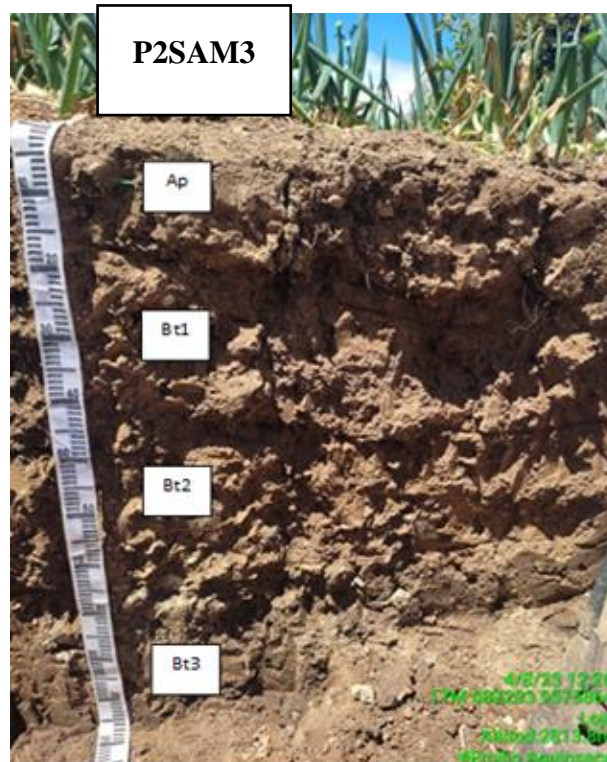
Presencia de Sales o Alcalis: Libre

Drenaje: Bueno **Grietas:** 40 cm de profundidad, 40 cm de distancia y 1 cm de ancho.

Erosión: Ligero

Clasificación taxonómica preliminar USDA (2014):

Orden: Alfisols; **Suborden:** Udalfs; **Gran grupo:** Hapludalfs; **Sub grupo:** Inceptic Hapludalfs.



DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PERFIL.

Suelo muy profundo de 105 cm, constituido por un horizonte Ap de 20 cm de espesor, marrón oscuro en húmedo, franco arcilloso al tacto, estructura de bloques subangulares, que van de finos a medios, moderadamente desarrollados; un horizonte Bt₁ de 20 cm de espesor, marrón oscuro en húmedo, arcilloso al tacto, estructura de bloques angulares a prismáticas, finos y gruesos, fuertemente desarrollados; un horizonte Bt₂ de 35 cm de espesor, marrón amarillento oscuro en húmedo, arcilloso al tacto, bloques subangulares a prismáticos, de finos a medios, moderadamente desarrollados; un horizonte Bt₃ 30 cm de espesor, marrón muy oscuro en húmedo, arcilloso al tacto, bloques subangulares medios a gruesos, fuertemente desarrollados. Todos los horizontes no presentan manchas demostrando un buen drenaje del suelo. Las raíces finas y muy finas se extienden hasta los 45 cm de profundidad por lo que se asume que corresponde a la profundidad efectiva actual. En los horizontes Bt₁, Bt₂ y Bt₃ existe la presencia de cutanes zonales y continuos de espesor delgados y espesos.

Descripción individual de los horizontes o capas P2SanAntonioM3:

Ap 00 – 20 cm (10YR 3/3) marrón oscuro en húmedo, (10YR 5/6) marrón amarillento en seco; franco arcilloso al tacto; estructura bloques subangulares, finos, medios, moderadamente desarrollados; adherente, plástico, friable en húmedo, ligeramente duro en seco; poros, muchos, finos y gruesos; raíces pocas, finas; fragmentos rocosos de tamaño grava, muy pocas y angulares, fuertemente meteorizadas; límite neto y ondulado.

Bt₁ 20-40 cm (10 YR 3/3) marrón oscuro en húmedo, (10YR 3/6) marrón amarillento oscuro en seco; arcilloso al tacto; estructura bloques subangulares a prismáticos, finos y gruesos, fuertemente desarrollados, adherente, plástico, firme en húmedo; muy duro en seco; con cutanes zonales delgados; poros, muchos muy finos y finos; raíces muy pocas, muy finas y finas; fragmentos rocosos de tamaño grava, muy pocas y angulares, moderadamente meteorizadas; límite neto y ondulado.

Bt₂ 40-75 cm (10YR 3/4) marrón amarillento oscuro en húmedo, (10YR 3/3) marrón oscuro en seco; arcilloso al tacto; estructura bloques subangulares a prismática, fina a media, moderadamente desarrollados, adherente, plástico, firme en húmedo; duro en seco; con cutanes zonales delgados; poros, frecuentes, muy finos; raíces pocas, muy finas y medias; fragmentos rocosos de tamaño grava, pocas y angulares, ligeramente meteorizadas; límite neto y ondulado.

Bt₃ 75 - 105 cm (10YR 2/2) marrón muy oscuro en húmedo, (10YR 2/1) negro en seco; arcilloso al tacto; estructura subangular, media y gruesa, fuertemente desarrollados, muy adherente, muy plástico, muy firme; con cutanes continuos espesos; poros, frecuentes, muy finos; fragmentos rocosos de tamaño grava, muy pocas y angulares, ligeramente meteorizadas; límite neto y plano.

UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA

FACULTAD AGROPECUARIA Y DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES

“Caracterización física y químicamente los suelos del sector El Calvario del Sistema de Riego Aguarongo – Zañe”

FICHA DE DESCRIPCION DE PERFILES DE SUELOS

SR. EMILIO AGUINSACA

Código: P3SanAntonioM3 **Fecha:** 04-08-2023 **Autor:** Ing. Fernanda Livisaca, Ing. Ruben Dario Soto y Jenny Michay **Sitio:** Emilio Aguinsaca El Calvario.

Altitud: (m s.n.m.) 2690,2 **Coordenadas** 0682816 E 9577953 N

Paisaje: pie de monte

Tipo de relieve: vertiente cresta

Forma del Terreno: pendiente media.

Pendiente: 7 %

Uso Actual o cobertura vegetal: Cultivo de cebolla

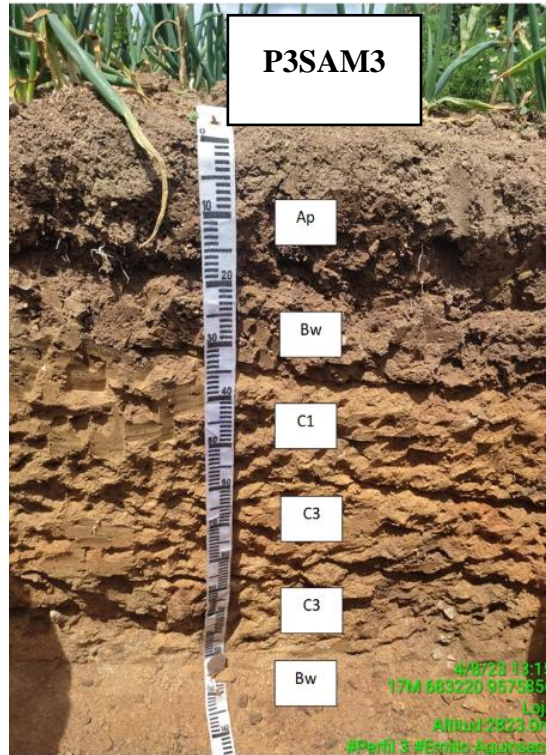
Condiciones de Humedad: seco, húmedo. **Pedregosidad superficial:** 0,0 %; **Tamaño:** 0 cm

Afloramientos rocosos: No **Tipo:** No **Material parental:** Tobas volcánicas o andesíticas alteradas

Profundidad de la capa freática: 0 cm **Fluctuación:** 0 cm

Presencia de Sales o Alcalis: Libre

Drenaje: Bueno **Grietas:** 30 cm de profundidad, 40 cm de distancia y 1 cm de ancho. **Erosión:** Ligero



DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PERFIL.

Suelo muy profundo de 120 cm, constituido por un horizonte Ap de 20 cm de espesor, marrón oscuro en húmedo, franco arcilloso al tacto, estructura con bloques subangulares, de medios a gruesos, moderadamente desarrollados; un horizonte Bw de 15 cm de espesor, marrón oscuro en húmedo, franco arcilloso al tacto, bloques subangulares y prismáticos; un horizonte C1 de 25 cm de espesor, marrón amarillento en húmedo, franco arcillo arenoso al tacto; un horizonte C2 de 25 cm de espesor, marrón amarillento en húmedo, franco arcillo arenoso al tacto; un horizonte C3 de 35 cm de espesor, marrón amarillento en húmedo, franco arenoso al tacto. Todos los horizontes no presentan manchas demostrando un buen drenaje del suelo. Las raíces finas y muy finas se observan hasta los 30 cm de profundidad lo que se asume que corresponde a la profundidad efectiva actual. Presencia de grietas hasta los 30 cm de profundidad y fragmentos rocosos en todo el perfil.

Descripción individual de los horizontes o capas P3SanAntonioM3:

Ap 00 – 20 cm (10YR 3/3) marrón oscuro en húmedo, (10YR 6/3) marrón paliduzco en seco; franco arcilloso al tacto; estructura bloques subangulares, medios gruesos, moderadamente desarrollados; adherente, plástico, firme en húmedo, ligeramente duro en seco; poros, muchos,

finos y gruesos; raíces pocas y comunes, finas y medias; fragmentos rocosos de tamaño grava, muy pocas y angulares; límite neto y plano.

Bw 20-35 cm (10 YR 3/3) marrón oscuro en húmedo; franco arcilloso al tacto; estructura bloques subangulares y prismáticos, finos y gruesos, moderadamente desarrollados, muy adherente, muy plástico, firme en húmedo; poros, muchos, finos; raíces muy pocas, muy finas; fragmentos rocosos de tamaño grava, muy pocas y angulares, ligeramente meteorizadas; límite neto y plano.

C1 35-60 cm (10YR 5/6) marrón amarillento en húmedo; franco arcillo arenoso al tacto; sin estructura, adherente, plástico, friable en húmedo; poros, muchos, finos; fragmentos rocosos de tamaño grava, pocas y angulares, ligeramente meteorizadas; límite neto y plano.

C2 60 - 85 cm (10YR 5/8) marrón amarillento en húmedo; franco arcillo arenoso al tacto; sin estructura, adherente, plástico, friable en húmedo; poros, muchos, finos; fragmentos rocosos de tamaño grava, muy pocas y angulares, moderadamente meteorizadas; límite neto y plano.

C3 85 - 120 cm (10YR 5/8) en húmedo 50% marrón amarillento y (10YR 6/8) 50% amarillo parduzco, franco arenoso al tacto; sin estructura, no adherente, no plástico, muy friable en húmedo; poros, muchos, finos; fragmentos rocosos de tamaño grava, pocas y angulares, fuertemente meteorizadas; límite neto y plano.

Condiciones hidrofísicas:

Retención de humedad en el rango de pF 0,0 a pF 4,2 de los dos primeros horizontes en el perfil P3 San Antonio M3.

Unidad de suelo	Pendiente %	Profundidad cm	Da g.cm ⁻³	Porosidad total % θ_v pF0	Capacidad de campo % θ_v pF 2,00	Capacidad de campo % θ_v pF 2,52	Punto Marchitez % θ_v pF 4,20
P3 San Antonio M3	7	Ap (00 – 20)	1,1	56,25	40,85	39,45	32,79
		Bw (20 -35)	1,1	56,75	40,05	38,65	29,25

Condiciones físicas:

Capacidad de aireación, agua aprovechable, volumen físicamente inerte y zona del diagrama triangular, de los dos primeros horizontes del perfil P3 San Antonio M3.

Unidad de suelo	Pendiente %	Profundidad cm	CA % θ_v pF2,0	CA % θ_v pF2,5	AA % θ_v pF2,0	AA % θ_v pF2,5	VFI % θ_v	Zona del diagrama pF 2,00	Clasificación
P3 San Antonio M3	7	Ap (00 – 20)	15,40	16,80	8,06	6,66	76,54	I	MP
		Bw (20 -35)	16,70	18,10	10,80	9,40	72,50	II	P

UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA

FACULTAD AGROPECUARIA Y DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES

“Caracterización física y químicamente los suelos del sector El Calvario del Sistema de Riego Aguarongo – Zañe”

FICHA DE DESCRIPCION DE PERFILES DE SUELOS

SR. RODRIGO PAUTA

Código: P1ElCalvarioM3 **Fecha:** 05/07/2023 **Autor:** Fernanda Livisaca, Miguel Villamagua y Jenny Michay **Sitio:** Rodrigo Pauta El Calvario

Altitud: (m s.n.m.): 2893 **Coordenadas:** 683576 E 9576862 N

Paisaje: Colina

Tipo de relieve: Loma

Forma del Terreno: Pendiente media.

Pendiente: 22 %

Uso Actual o cobertura vegetal: Barbecho

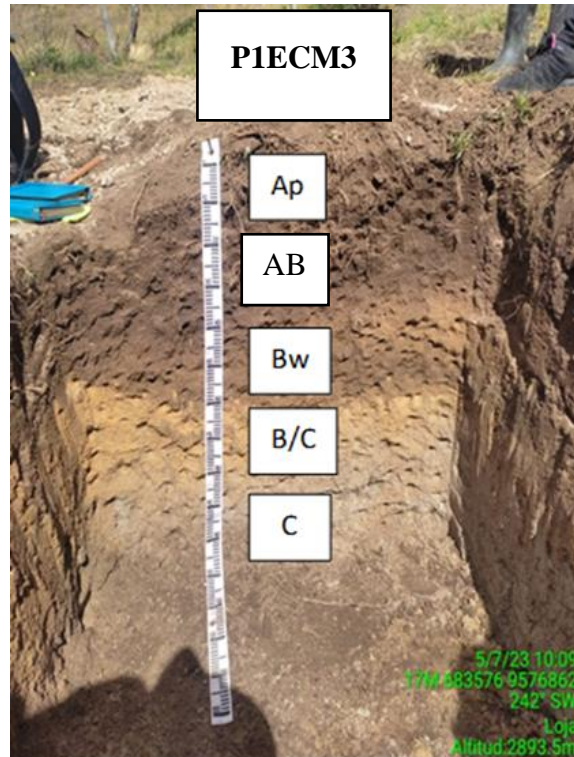
Condiciones de Humedad: húmedo. **Pedregosidad superficial:** 0 %; **Tamaño:** 0 cm

Afloramientos rocosos: No **Tipo:** No **Material parental:** Andesita basáltica

Profundidad de la capa freática: 0 cm **Fluctuación:** 0 cm

Presencia de Sales o Alcalis: Libre

Drenaje: Bueno **Grietas:** No **Erosión:** Ligero



DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PERFIL.

Suelo muy profundo de 120 cm, constituido por un horizonte Ap de 25 cm de espesor, marrón grisáceo muy oscuro en húmedo, franco arcilloso al tacto, estructura migajosa y granular fina, débilmente desarrolladas; un horizonte AB de 15 cm de espesor, marrón muy oscuro en húmedo, franco al tacto, bloques subangulares y granular que van de finas a medias, moderadamente desarrollados; un horizonte Bw de 20 cm de espesor, marrón rojizo oscuro en húmedo, franco limoso al tacto; un horizonte B/C de 20 cm de espesor, amarillento en húmedo, franco limoso al tacto, un horizonte C de 30 cm de espesor, marrón rojizo en húmedo, limoso al tacto. Las raíces finas y muy finas se observan en todo el perfil.

Descripción individual de los horizontes o capas P1E1CalvarioM3:

Ap 00 – 25 cm (10 YR 3/2) marrón grisáceo muy oscuro en húmedo; franco arcilloso al tacto; estructura migajosa y granular, fina, débilmente desarrollada; ligeramente adherente, ligeramente plástico, friable en húmedo; poros muchos y micros; raíces abundantes, finas y medias, límite neto y ondulado.

AB 25-40 cm (7.5YR 2.5/2) marrón muy oscuro en húmedo; franco al tacto; estructura bloques subangulares y granular, fina a media, moderadamente desarrollados; ligeramente

adherente, ligeramente plástico, friable en húmedo; poros, frecuentes, finos y muy finos; raíces pocas y muy finas; límite neto y ondulado.

Bw 40-60 cm (2.5YR 3/3) marrón rojizo oscuro en húmedo; franco limoso al tacto; estructura bloques subangulares, fina a media, moderadamente desarrollados; ligeramente adherente, ligeramente plástico, suelto en húmedo; poros, frecuentes, micro y muy finos; raíces pocas y finas; límite neto y ondulado.

B/C 60 - 80 cm (10 YR 7/6) amarillento en húmedo; franco limoso al tacto; estructura prismática, media y gruesa, débilmente desarrollada; ligeramente adherente, ligeramente plástico y friable en húmedo; poros frecuentes, finos; raíces pocas y finas; límite neto y plano.

C 80-110 cm (2.5 YR 5/3) marrón rojizo en húmedo; limoso; sin estructura; ligeramente adherente, ligeramente plástico, friable en húmedo; poros frecuentes y finos; raíces muy pocas y finos fragmentos rocosos de tamaño grava, muy pocas y redondas; límite neto y plano.

Condiciones hidrofísicas:

Retención de humedad en el rango de pF 0,0 a pF 4,2 de los dos primeros horizontes en el perfil P1 El Calvario M3.

Unidad de suelo	Pendiente %	Profundidad cm	Da g.cm ⁻³	Porosidad total % θ_v pF0	Capacidad de campo % θ_v pF 2,00	Capacidad de campo % θ_v pF 2,52	Punto Marchitez % θ_v pF 4,20
P1 El Calvario M3	22	Ap (00 – 25)	0,8	64,80	42,55	39,65	24,88
		AB (25 -40)	0,8	61,50	51,80	49,50	26,30

Condiciones físicas:

Capacidad de aireación, agua aprovechable, volumen físicamente inerte y zona del diagrama triangular, de los dos primeros horizontes del perfil P1 El Calvario M3.

Unidad de suelo	Pendiente %	Profundidad cm	CA % θ_v pF2,00	CA % θ_v pF2,52	AA % θ_v pF2,00	AA % θ_v pF2,52	VFI % θ_v	Zona del diagrama pF 2,00	Clasificación
P1 El Calvario M3	22	Ap (00 – 25)	22,25	25,15	17,67	14,77	60,08	IV	B
		AB (25 -40)	9,70	12,00	25,50	23,20	64,80	II	P

UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA

FACULTAD AGROPECUARIA Y DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES

“Caracterización física y químicamente los suelos del sector El Calvario del Sistema de Riego
Aguarongo – Zañe”

FICHA DE DESCRIPCION DE PERFILES DE SUELOS

SR. RODRIGO PAUTA

Código: P2ElCalvarioM3 **Fecha:** 05/07/2023 **Autor:** Fernanda Livisaca, Miguel Villamagua y
Jenny Michay **Sitio:** Rodrigo Pauta El Calvario

Altitud: (m s.n.m.): 2883 **Coordenadas:** 683585 E 9576850 N

Paisaje: Colina

Tipo de relieve: Loma

Forma del Terreno: Pendiente media.

Pendiente: 24 %

Uso Actual o cobertura vegetal: Barbecho

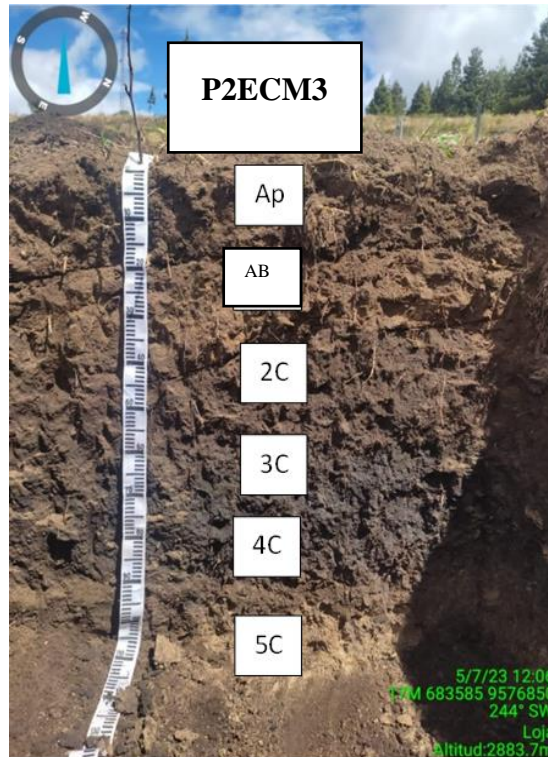
Condiciones de Humedad: húmedo. **Pedregosidad superficial:** 0 %; **Tamaño:** 0 cm

Afloramientos rocosos: No **Tipo:** No **Material parental:** Rocas volcánicas

Profundidad de la capa freática: 0 cm **Fluctuación:** 0 cm

Presencia de Sales o Alcalis: Libre

Drenaje: Bueno **Grietas:** No **Erosión:** Ligero



DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PERFIL.

Suelo muy profundo de 120 cm, constituido por un horizonte Ap de 18 cm de espesor, gris oscuro en húmedo, franco limoso al tacto, estructura de bloques subangulares que van de medios a finos; un horizonte AB de 12 cm de espesor, marrón grisáceo muy oscuro en húmedo, arcilloso limoso al tacto, bloques subangulares, moderadamente desarrollados; un horizonte 2C de 20 cm de espesor, gris oscuro en húmedo, arcilloso limoso al tacto; un horizonte 3 C de 30 cm de espesor, marrón grisáceo en húmedo, arcillo arenoso al tacto, un horizonte 4 C de 25 cm de espesor, gris oscuro en húmedo, franco arenoso al tacto, un horizonte 5C de 15 cm de espesor, gris en húmedo, franco arenoso al tacto. Las raíces finas y muy finas se observan hasta los 40 cm de profundidad por lo que se asume que corresponde a la profundidad efectiva actual (Figura x).

Descripción individual de los horizontes o capas P2EICalvarioM3:

Ap 00 – 18 cm (10 YR 4/1) gris oscuro en húmedo; franco limoso al tacto; estructura bloques subangulares finos y medios, moderadamente desarrollados; adherente, plástico, friable en húmedo; poros muchos y micros; raíces comunes, muy finas, finas y medias; presencia de fragmentos rocosos de tamaño grava y angulares, límite neto y plano.

AB 18-30 cm (2.5Y 3/2) marrón grisáceo muy oscuro en húmedo; franco limoso al tacto; estructura bloques subangulares y media, moderadamente desarrollados; adherente, plástico, friable en húmedo; poros, frecuentes, finos y muy finos; presencia de fragmentos rocosos de tamaño grava, frecuentes y angulares; raíces pocas muy finas; límite neto y plano.

2C 30 - 50 cm (5 YR 4/1) gris oscuro en húmedo; franco arcilloso limoso al tacto; sin estructura; adherente, plástico y friable en húmedo; poros muchos, finos y muy finos; raíces pocas y muy finas; límite neto y plano.

3C 50-80 cm (2.5 Y 5/2) marrón grisáceo en húmedo; arcillo arenoso; estructura bloques subangulares, débilmente desarrollada; adherente, plástico, friable en húmedo; poros frecuentes y muy finos; límite neto y plano.

4C 80-105 cm (7.5 YR 4/1) gris oscuro en húmedo; franco arenoso al tacto; estructura granular, medios, débilmente desarrollada; no adherente, no plástico, muy friable en húmedo; poros muchos y gruesos; fragmentos rocosos de tamaño de grava frecuentes y angulares; límite brusco y plano.

5C 105-120 cm (2.5Y 5/1) gris en húmedo; franco arenoso al tacto; estructura bloques subangulares, media y gruesa, débilmente desarrollada, ligeramente adherente, ligeramente plástico, friable en húmedo; poros frecuentes y finos; límite brusco y plano.

Condiciones hidrofísicas:

Retención de humedad en el rango de pF 0,0 a pF 4,2 de los dos primeros horizontes en el perfil P2 El Calvario M3.

Unidad de suelo	Pendiente %	Profundidad cm	Da g.cm ⁻³	Porosidad total % θ_v pF0	Capacidad de campo % θ_v pF 2,00	Capacidad de campo % θ_v pF 2,52	Punto Marchitez % θ_v pF 4,20
P2 El Calvario M3	24	Ap (00 – 18)	0,8	65,65	58,35	55,90	35,41
		AB (18 - 30)	0,9	64,35	59,90	56,55	35,89

Condiciones físicas:

Capacidad de aireación, agua aprovechable, volumen físicamente inerte y zona del diagrama triangular, de los dos primeros horizontes del perfil P2 El Calvario.

Unidad de suelo	Pendiente %	Profundidad cm	CA % θ_v pF2,0	CA % θ_v pF2,5	AA % θ_v pF2,0	AA % θ_v pF2,5	VFI % θ_v	Zona del diagrama pF 2,00	Clasificación
P2 El Calvario M3	24	Ap (00 – 18) AB (18 - 30)	7,30 4,45	9,75 7,80	22,94 24,01	20,49 20,66	69,76 71,54	II I	P MP

UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA

FACULTAD AGROPECUARIA Y DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES

“Caracterización física y química de los suelos del sector El Calvario del Sistema de Riego Aguarongo – Zañe”

FICHA DE DESCRIPCIÓN DE PERFILES DE SUELOS

SR. RODRIGO PAUTA

Código: P3ElCalvarioM3 **Fecha:** 05/07/2023 **Autor:** Fernanda Livisaca, Miguel Villamagua y Jenny Michay **Sitio:** Rodrigo Pauta El Calvario

Altitud: (m s.n.m.): 2888 **Coordenadas:** 683601 E 9576834 N

Paisaje: Colina

Tipo de relieve: Loma

Forma del Terreno: Pendiente media.

Pendiente: 27 %

Uso Actual o cobertura vegetal: Barbecho

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

Afloramientos rocosos: No **Tipo:** No **Material parental:** Tobas andesitas basálticas

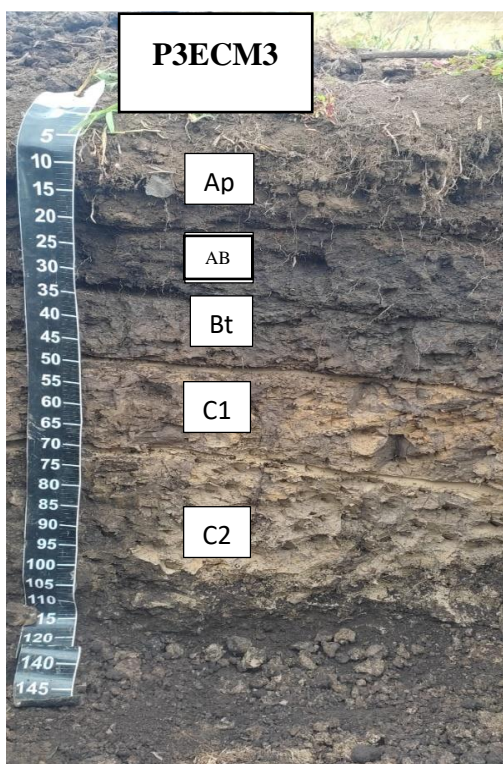
Profundidad de la capa freática: 0 cm **Fluctuación:** 0 cm

Presencia de Sales o Alcalis: Libre

Drenaje: Bueno **Grietas:** No **Erosión:** Ligero

Clasificación taxonómica preliminar USDA (2014):

Orden: Alfisols; **Suborden:** Udalfs; **Gran grupo:** Hapludalfs; **Sub grupo:** Inceptic Hapludalfs.



DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PERFIL.

Suelo muy profundo de 120 cm, constituido por un horizonte Ap de 20 cm de espesor, negro en húmedo, franco limo arenoso al tacto, estructura de bloques subangulares que van de finos a medios migaja, moderadamente desarrollados; un horizonte AB de 15 cm de espesor, negro en húmedo, franco limoso al tacto, bloques subangulares y granular que van de finos a medios, moderadamente desarrollados; un horizonte Bt de 15 cm de espesor, gris oscuro en húmedo, franco arcilloso al tacto, bloques subangulares y prismáticos medios, moderadamente desarrollados; un horizonte C1 de 20 cm de espesor, marrón en húmedo, arcillo al tacto y un horizonte C2 de 45 cm de espesor, gris en húmedo, arcillo limoso al tacto. Las raíces finas y muy finas se observan hasta los 65 cm de profundidad, por lo que se asume que corresponde a la profundidad efectiva.

Descripción individual de los horizontes o capas P3ElCalvarioM3:

Ap 00 – 20 cm (7.5 YR 2.5/1) negro en húmedo; franco limo arenoso al tacto; estructura bloques subangulares finos y medios, migajosa media, moderadamente desarrollados; ligeramente adherente, ligeramente plástico, friable en húmedo; poros muchos y micros; raíces abundantes finas y medias; límite neto y plano. (actividades antrópicas, plásticos,

AB 20-35 cm (10YR 2/1) negro en húmedo; franco limoso al tacto; estructura bloques subangulares y granular fina a media, moderadamente desarrollados; adherente, plástico, friable en húmedo; poros muchos y micros; sin presencia de fragmentos rocosos; raíces comunes y finas; límite neto y plano.

Bt 35 - 50 cm (7.5 YR 4/1) gris oscuro en húmedo; franco arcilloso al tacto; estructura bloques subangulares y prismática media, desarrollados; adherente, plástico y firme en húmedo; poros frecuentes y micros; raíces pocas y finas; cutanes, discontinuos y espesos; límite neto y plano.

C1 50-70 cm (7.5 YR 4/2) marrón en húmedo; franco arcilloso al tacto; estructura masiva; adherente, plástico, firme en húmedo; poros frecuentes y micros; raíces muy pocas y muy finas; límite neto y plano.

C2 70-115 cm (7.5 YR 6/1) gris en húmedo; arcilloso limoso al tacto; estructura masiva; adherente, plástico, firme en húmedo; poros frecuentes y muy finos; raíces muy pocas y muy finas; límite neto y plano.

Anexo 15. Certificado de traducción del resumen

Lic. Andrea Sthefanía Carrión Mgs

0984079037

andrea.s.carrion@unl.edu.ec

Loja-Ecuador

Loja, 12 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: **Jenny Maribel Michay Pinta** con cédula de ciudadanía **No. 1150653580**, cuyo tema de investigación se titula: **“Caracterización de las propiedades fisicoquímicas de los suelos y elaboración de un plan de fertilización para el cultivo de papa nativa, en el sector El Calvario 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: 2024.06.12
10:38:54 -06'00'

Andrea Sthefanía Carrión Fernández. Mgs.

English Professor