



Universidad
Nacional
de Loja

Universidad Nacional de Loja

Facultad Agropecuaria y de Recursos Naturales Renovables

Carrera de Ingeniería Agrícola

Evaluación biológica de la fertilidad del suelo para la producción de papa en el barrio Simón Bolívar, perteneciente a la parroquia Chuquiribamba del cantón Loja.

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

AUTOR:

Franklin Antonio Gomez Maza

DIRECTOR:

Ing. Miguel Ángel Villamagua Mg.Sc.

Loja – Ecuador

2024



UNL

Universidad
Nacional
de Loja

Sistema de Información Académico
Administrativo y Financiero - SIAAF

CERTIFICADO DE CULMINACIÓN Y APROBACIÓN DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

Yo, **Villamagua Miguel Angel**, director del Trabajo de Integración Curricular denominado **Evaluación Biológica de la fertilidad del suelo para la producción de papa en el barrio Simón Bolívar, perteneciente a la parroquia Chuquiribamba del cantón Loja.**, perteneciente al estudiante **Franklín Antonio Gomez Maza**, con cédula de identidad N° **1150429536**.

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



VERIFICADO POR:
MIGUEL ANGEL
VILLAMAGUA

F)
**DIRECTOR DE TRABAJO DE INTEGRACIÓN
CURRICULAR**

Autoría

Yo, **Franklin Antonio Gomez Maza**, 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: 1150429536

Fecha: 11 de junio del 2024

Correo electrónico: franklin.gomez@unl.edu.ec

Teléfono o celular: 0986077417

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

Yo, **Franklin Antonio Gomez Maza**, declaro ser autor del Trabajo de Integración Curricular denominado: **Evaluación biológica de la fertilidad del suelo para la producción de papa en el barrio Simón Bolívar, perteneciente a la parroquia Chuquiribamba del cantón Loja**, como requisito para optar el título de **Ingeniero Agrícola** autorizo al sistema Bibliotecario de la Universidad Nacional de Loja para que con fines académicos muestre la producción intelectual de la Universidad, a través de la visibilidad de su contenido de la siguiente manera en el Repositorio Institucional.

Los usuarios pueden consultar el contenido de este trabajo en el Repositorio Institucional, en las redes de información del país y del exterior con las cuales tenga convenio la Universidad. La Universidad Nacional de Loja, no se responsabiliza por el plagio o copia del Trabajo de Integración Curricular que realice un tercero.

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

Firma:



Autor: Franklin Antonio Gomez Maza

Cédula: 1150429536

Dirección: Carigan

Correo electrónico: franklin.gomez@unl.edu.ec

Celular: 0986077417

DATOS COPLEMENTARIOS:

Director del trabajo de integración curricular: Ing. Miguel Ángel Villamagua, Mg.Sc.

Dedicatoria

Primeramente, a dios por ser mi guía, brindarme las fuerzas necesarias para poder seguir en mis estudios.

A mi abuelito José Manuel Maza, el cual me motivo para que estudie.

A mi madre Mercedes Maza, por ser un pilar fundamental para poder logran mis metas. Gracias por tu apoyo, has estado ayudándome en las buenas y las malas.

A mi padre Víctor Gomez, muchas gracias por estar siempre brindándome un apoyo cuando más lo necesite y por enseñarme a ser un hombre de trabajo.

Hermanos les agradezco infinitamente por su colaboración en las distintas actividades que realizaba y por su apoyo.

Gracias a mi primo Marco Maza siempre creyó en mí y por toda la ayuda que me pudiste brindar.

Gracias Belén Apolo, Jenny por todos sus consejos y la ayuda prestada en el transcurso de nuestros estudios.

Familiares y compañeros de aula, gracias por extenderme su mano amiga en tiempos difíciles y por ser autores de grandes experiencias y anécdotas a lo largo de mi vida.

Franklin Antonio Gomez Maza.

Agradecimiento

Agradezco a la Universidad Nacional de Loja, a la Facultad Agropecuaria de Recursos Naturales Renovables y de manera grata a la carrera de Ingeniería Agrícola, y docentes, por haberme aportado su conocimiento y ayudarme en mi formación profesional.

Mi agradecimiento al Ing. M. Sc. Miguel Ángel Villamagua e Ing. Fernanda Livisaca quienes con sus grandes conocimientos, experiencia profesional y calidez humana han revisado y aportado con valiosas sugerencias para el correcto desarrollo de la presente tesis.

A Gladys Benítez por el apoyo brindado en todos los años en nuestra formación académica.

Franklin Antonio Gomez Maza.

Índice de contenidos

Portada.....	i
Certificación	ii
Autoría.....	iii
Carta de autorización	iv
Dedicatoria.....	v
Agradecimiento	vi
Índice de contenidos.....	xi
Índice de figuras.....	xi
Índice de anexos	xii
1. Título.....	1
2. Resumen.....	2
2.1. Abstract.....	3
3. Introducción	4
4. Marco Teórico	6
4.1. Suelo.....	6
4.2. Fertilidad del suelo.....	6
Nitrógeno	6
Fosforo	7
Potasio.....	7
Calcio	7
Magnesio.....	8
Azufre	8
Zinc	9
Cobre.....	9
Hierro	10
Manganeso	10
Boro.....	11
Molibdeno.....	11

4.3. Evaluación de la fertilidad del suelo	12
4.3.1. Evaluación química del suelo	12
Métodos directos para el análisis químico de la fertilidad de los suelos.	12
4.3.2. Evaluación biológica del suelo	13
4.4. Trabajos relacionados	14
4.5. Papa.....	16
Producción de papa en Ecuador.....	16
5. Metodología	20
5.1. Descripción del área de estudio	20
5.2. Materiales.....	21
5.3. Metodología para el primer objetivo.....	21
Instalación del ensayo	21
Preparación de las soluciones nutritivas.	23
Preparación de las muestras de suelo.....	25
Preparación de los recipientes.....	25
Instalación del experimento	25
Siembra y raleo de la planta indicadora	26
Reposición de la solución nutritiva.....	26
Registro del crecimiento y peso seco de la planta.	26
5.4. Metodología para el segundo objetivo.....	28
6. Resultados	29
6.1. Comparación de la fertilidad del suelo por el método de Olsen modificado y la técnica del elemento faltante.	29
Biomasa seca de la planta indicadora de tomate.....	29
6.2. Propuesta de un plan de fertilización para el cultivo de papa con los resultados de Olsen modificado y los de la técnica del elemento faltante en el sector seleccionado.	34
6.2.1. Plan de fertilización pendiente 0-8 %.	34

6.2.2. Plan de fertilización pendiente 8-25 %	36
6.2.3. Plan de fertilización pendiente >25 %	38
7. Discusión	40
7.1. Comparación de la fertilidad del suelo por el método de Olsen modificado y la técnica del elemento faltante.	40
7.2. Propuesta de un plan de fertilización para el cultivo de papa con los resultados de Olsen modificado y los de la técnica del elemento faltante en el sector seleccionado.	43
8. Conclusiones	45
9. Recomendaciones	47
10. Bibliografía	48
11. Anexos....	55

Índice de tablas

Tabla 1. Requerimiento del cultivo de papa.	19
Tabla 2. Relaciones entre cationes intercambiables adecuados para la papa.....	19
Tabla 3. Descripción de factores y niveles de estudio dentro del diseño factorial.	23
Tabla 4. Tipos de sales y las cantidades para preparar las soluciones madres 1N de los macro elementos.	24
Tabla 5. Concentración de la solución madre y cantidades de sales para la preparación de un litro de la solución madre de micronutrientes.....	24
Tabla 6. Volumen de las soluciones madre que se necesitan para preparar 1 l de solución nutritiva.	25
Tabla 7. Interpretación de valores de altura y biomasa (%) de la planta indicadora.	27
Tabla 8. Requerimiento (kg/ ha) para el cultivo de la papa.	33
Tabla 9. Cálculo de la CICE pendiente 0-8 %.	34
Tabla 10. Enmienda y relación de cationes pendiente 0-8 %.	34
Tabla 11. Resumen del encalado pendiente 0-8 %.	35
Tabla 12. Etapas de fertilización pendiente 0-8 %.....	35
Tabla 13. Cálculo de la CICE pendiente 8-25 %.	36
Tabla 14. Enmienda y relación de cationes pendiente 8-25 %.	36
Tabla 15. Resumen del encalado pendiente 8-25 %.	37
Tabla 16. Etapas de fertilización pendiente 8-25 %.....	37
Tabla 17. Cálculo de la CICE pendiente >25 %.	38
Tabla 18. Enmienda y relación de cationes pendiente > 25 %.	38
Tabla 19. Resumen del encalado pendiente >25 %.	39
Tabla 20. Etapas de fertilización pendiente > 25 %.....	39

Índice de figuras

Figura 1. Curva de absorción de la papa.....	18
Figura 2. Ubicación del sistema de riego Aguarongo-Zañe.	20
Figura 3. Instalación del ensayo evaluación biológica.	26
Figura 4. Biomasa seca de la planta indicadora.....	29
Figura 5. Correspondencia entre la evaluación biológica y los análisis químicos.	33

Índice de anexos

Anexo 1. Selección de parcelas	55
Anexo 2. Levantamiento topográfico	55
Anexo 3. Materiales utilizados en la evaluación biológica	56
Anexo 4. Emplazamiento de las parcelas	57
Anexo 5. Toma de muestras a 25 cm de profundidad	60
Anexo 6. Secado de las muestras de suelo	60
Anexo 7. Preparación de las soluciones nutritivas e instalación del ensayo de evaluación biológica.....	61
Anexo 8. Tabla de reposición (ml) de las diferentes soluciones nutritivas.	62
Anexo 9. Medición de altura de la planta indicadora de tomate.	63
Anexo 10. Análisis de suelo	64
Anexo 11. Medición de la altura de la planta indicadora.	67
Anexo 12. Fertilizantes utilizados y su concentración	68
Anexo 13. Biomasa de la planta indicadora.	69
Anexo 14. Porcentaje de biomasa seca de la planta indicadora en el suelo.	70
Anexo 15. Tríptico para el día de campo.....	71
Anexo 16. Día de campo	73
Anexo 17. Mapa de pendientes.....	74
Anexo 18. Certificado de la traducción.	75

1. Título

Evaluación biológica de la fertilidad del suelo para la producción de papa en el barrio Simón Bolívar, perteneciente a la parroquia Chuquiribamba del cantón Loja.

2. Resumen

La investigación se realizó en el sector Simón Bolívar en el Sistema de Riego Aguarongo - Zañe perteneciente a la parroquia Chuquiribamba. La pendiente de los suelos esta entre de 0-8 %, 8-25 % y >25 %. En estos suelos se implanta el cultivo de la papa, con rendimientos de 2,8 t ha⁻¹. Los productores para restituir la fertilidad en sus cultivos aplican fertilizantes sin criterio técnico y materia orgánica sin compostar (gallinaza). Para determinar la disponibilidad de nutrientes la Red de Laboratorios de Suelos del Ecuador utiliza oficialmente la solución extractora de Olsen Modificada. Varias investigaciones de la Universidad Nacional de Loja concluyen que no existe correlación entre los nutrientes disponibles determinados por la solución referida y la técnica del elemento faltante adaptada por Valarezo en 1985. En la evaluación biológica, el N, P, Zn y S resultaron ser los elementos deficientes en las tres unidades de suelo; el N, P, K, Mg, S, Zn, Cu, Fe y B no presentaron correspondencia entre el peso de la biomasa seca de la evaluación del elemento faltante frente a la concentración de los nutrientes disponibles del análisis químico en las tres unidades de suelo. El plan de fertilización para las pendientes de 0-8%, 8-25% y >25%, propone una dosis de 1603,3 kg ha⁻¹; 2493,9 kg ha⁻¹; 3354,4 kg ha⁻¹ de Calpac (36% CO₃; 10% MgO; 26% SO₄) respectivamente para incrementar el pH del suelo y neutralizar el Al⁺³. Y una aplicación de nutrientes para el cultivo de la papa: N:175; P:70; K:284; Ca:113; Mg:113; S:123; Zn:6; B:2; kg ha⁻¹.

Palabras clave: fertilidad, técnica del elemento faltante, papa, planta indicadora.

2.1. Abstract

The research was conducted in the Simón Bolívar sector in the Aguarongo - Zañe Irrigation System belonging to the Chuquiribamba parish. The slope of the soil is between 0-8%, 8-25% and >25%. Potato cultivation is established on these soils, with yields of 2.8 t ha⁻¹. Producers apply fertilizers without technical criteria and uncomposted organic matter (chicken droppings) to restore their crops' fertility. To determine the availability of nutrients, the Ecuadorian Soil Laboratory Network officially uses the Modified Olsen extractor solution. Several investigations from the National University of Loja conclude that there is no correlation between the available nutrients determined by the solution above and the missing element technique adapted by Valarezo in 1985. In the biological evaluation, N, P, Zn, and S turned out to be the deficient elements in the three soil units; N, P, K, Mg, S, Zn, Cu, Fe, and B did not present a correspondence between the weight of the dry biomass from the evaluation of the missing element versus the concentration of available nutrients from the chemical analysis in the three units of floor. The fertilization plan for slopes of 0-8%, 8-25% and >25%, proposes a dose of 1603.3 kg ha⁻¹; 2493.9 kg ha⁻¹; 3354.4 kg ha⁻¹ of Calpac (36% CO₃; 10% MgO; 26% SO₄) respectively to increase soil pH and neutralize Al⁺³. And an application of nutrients for potato cultivation: N:175; Q:70; K:284; Ca:113; Mg:113; S:123; Zn:6; B:2; kg ha⁻¹.

Keywords: fertility, missing element technique, potato, indicator plant.

3. Introducción

La parroquia Chuquiribamba es un lugar próspero en cuanto a su producción agrícola, forma parte de la despensa Sur del Ecuador por su variedad de productos de ciclo corto y frutales, abasteciendo las demandas a nivel local y regional.

Chuquiribamba se caracteriza por ser una parroquia abastecedora de plantas aromáticas (1 t ha^{-1}), pastos ($0,3 \text{ t ha}^{-1}$), maíz (1 t ha^{-1}), papa (3 t ha^{-1}), hortalizas ($6 - 12 \text{ t ha}^{-1}$), Estos bajos rendimientos se deben a que los suelos se caracterizan por ser ácidos y bajos en nutrientes N, P, K, Mg, Zn. Los productores para restituir la fertilidad de los nutrientes, aplican fertilizantes sin criterio técnico y aplicación de materia orgánica sin compostar (gallinaza). Además, los suelos están compactados debido al pisoteo del ganado y por el uso de maquinaria agrícola en las etapas de preparación para la siembra.

Para elaborar un plan de fertilización acorde a los requerimientos nutricionales del cultivo y la disponibilidad de nutrientes en el suelo es necesario realizar un análisis de fertilidad, los mismos que presentan un problema debido a que no existe una correlación entre los nutrientes disponibles determinados por la solución extractora de Olsen Modificado y la determinación de los nutrientes mediante la técnica del elemento faltante. Existen varias investigaciones realizadas por la UNL que reportan lo mencionado, Loaiza, (2013), Castillo, (2014), Zhunaula, (2016), Aguirre, (2017), Zambrano, (2019), Tandazo, (2019) y Rogel, (2021).

La finalidad de la investigación es encontrar la correspondencia entre los contenidos extraídos por la solución referida y la evaluación biológica utilizado como planta indicadora el tomate de mesa bajo condiciones de invernadero. Estos resultados serán la base para desarrollar un plan de fertilización para el cultivo de las papas nativas.

Esta información beneficiará a los 107 usuarios del sistema de riego Aguarongo-Zañe, a fin de optimizar el uso de los fertilizantes, consecuentemente se incrementará el rendimiento del cultivo de la papa y mejorará la economía del productor.

En este contexto, se pretende dar respuesta al problema disminución de la producción del barrio Simón Bolívar, mediante la aplicación de enmiendas agrícolas y fertilización, mediante el cumplimiento de los siguientes objetivos:

Objetivo general

Desarrollar un plan de fertilización con base a los resultados del método de Olsen modificado y la técnica del elemento faltante para identificar y corregir deficiencias nutricionales, optimizar el rendimiento y promover la sostenibilidad del cultivo de papa en el barrio Simón Bolívar.

Objetivos específicos

Comparar la fertilidad del suelo por el método de Olsen modificado y la técnica del elemento faltante.

Proponer un plan de fertilización para el cultivo de papa con los resultados de Olsen Modificado y los de la técnica del elemento faltante en el sector seleccionado.

4. Marco Teórico

4.1. Suelo

El suelo es la unidad básica para el desarrollo de la agricultura, está constituido por minerales, aire, agua, materia orgánica, macro y micro organismos los cuales cumplen funciones vitales para tener un buen suelo. De igual manera en el suelo están presentes los macro y micronutrientes los cuales adsorbe la planta para cumplir con su proceso biológico (IDEAM, 2017).

Las plantas necesitan los nutrientes que aporta el suelo en caso de no disponer el suelo, se deberá realizar la fertilización correspondiente. Los elementos más importantes para el desarrollo de las plantas son los macronutrientes (nitrógeno, fósforo, potasio, calcio, magnesio y azufre) y de los micronutrientes (hierro, manganeso, boro, zinc, cobre y molibdeno) los cuales se aplican en pequeñas cantidades (Infoagro, 2017).

4.2. Fertilidad del suelo

Los elementos disponibles en el suelo son de gran importancia para el desarrollo vegetativo del cultivo, cada uno cumple con funciones específicas en la planta:

Nitrógeno

(Celaya-Michel, Hernán & Castellanos-Villegas, Alejandro E., 2011) menciona “El nitrógeno es, después del agua, el nutriente más limitante para la productividad de las plantas. El nitrógeno se encuentra en la atmósfera como gas, en un reservorio no disponible para las plantas, por lo que, para poder utilizarlo, las plantas requieren establecer simbiosis con algunas especies de bacterias. La fijación biológica de nitrógeno con microorganismos de vida libre y simbiótica con algunas plantas, representa una importante entrada de nitrógeno al suelo, lo cual cobra especial importancia en ecosistemas limitados por nitrógeno”(p. 5).

El nitrógeno es el nutriente principal al momento de producción en los cultivos además su manejo es un poco complejo. Actualmente la eficiencia a la aplicación del nitrógeno ronda entre un 50 % a 67 %. En el ciclo del nitrógeno es un proceso donde el nitrógeno que se encuentra en la atmósfera se mueve a la tierra y después se libera nuevamente a la atmósfera teniendo formas orgánicas e inorgánicas (Orchardson, 2020).

Fosforo

(Zoberbac, 2019) “El fósforo, junto al nitrógeno y el potasio, es uno de los nutrientes esenciales que necesitan nuestros campos. Es un actor principal en la fotosíntesis y el transporte de nutrientes a la planta, esto se traduce en que es fundamental para: crear las raíces, potenciar la floración, cuajado de los frutos.

En resumen, sin la cantidad adecuada de él no seremos capaces de tener campos productivos y rentables” (p. 2).

Potasio

El potasio forma parte de macronutrientes necesarios para el desarrollo vegetativo de las plantas. Se necesitan cantidades elevadas de este nutriente, se podría comparar con los requerimientos de nitrógeno. Participa en diferentes procesos como: síntesis de proteínas, fotosíntesis y activación de más 60 enzimas (INTAGRI, 2017).

Calcio

(Metroflor-agro, 2021) menciona: El calcio es uno de los elementos más problemáticos y difíciles de trabajar en la agricultura ya que el éxito en su entrada y asimilación en la planta junto al posicionamiento en el suelo depende de unos parámetros no controlables.

El calcio se encuentra presente en el suelo en muchas formas, principalmente como carbonatos, silicatos, yeso u otros compuestos minerales. La forma orgánica del calcio en el suelo se presenta en la materia orgánica, la cual proviene de los residuos vegetales aportados. Por lo tanto, el contenido en calcio en el suelo depende principalmente del material parental y del proceso de meteorización y lixiviación que ha ocurrido en el suelo a través de los años. Además, el calcio es el único elemento que permite desplazar el sodio de las partículas del suelo (MADRA, 2019).

El calcio es absorbido de forma pasiva (sin gasto de energía) por la planta mediante el flujo de masas, es decir, mediante el flujo de agua a través del tejido vascular. Por lo tanto, en condiciones de exceso de humedad y temperaturas frías o muy calientes (cierre de estomas) se reduce la absorción de calcio (FERTILAB, 2015).

Magnesio

El magnesio (Mg) es un constituyente común de muchos minerales, llegando a comprender el 2% de la corteza terrestre. Las funciones del magnesio son: fotofosforilación, fijación de CO₂ durante el proceso fotosintético, formación de clorofila, síntesis proteica, transporte del floema, foto-oxidación de hojas (especialistasweb, 2021)

La absorción de Mg esta influenciada por la cantidad del elemento disponible en la solución del suelo, el pH del suelo, el porcentaje de saturación de Mg en el total de la capacidad de intercambio catiónico y tipo de suelo. Las pérdidas de Mg en el suelo se pueden dar por la lixiviación, la absorción de los microorganismos, poca retención de cationes del suelo y la precipitación por minerales secundarios; este último muy común en suelos áridos. La mayoría de Mg contenido en el suelo proviene de la descomposición de minerales, los suelos ubicados en climas templados presentan rangos de concentración de 5 a 50 ppm y en suelos de climas áridos oscila entre 120 a 2400 ppm (INTAGRI, 2015).

Azufre

El azufre es uno de los elementos esenciales en plantas superiores, quienes lo obtienen principalmente del suelo, en forma de sulfato, aunque también son capaces de captarlo de la atmósfera, como dióxido de azufre. La planta necesita el mismo porcentaje de fósforo mismo que azufre, 0,3 – 0,5 %, sin embargo se lo considera secundario, mientras que el fósforo es primario por su baja disponibilidad en el suelo (AEFA, 2018).

El azufre es un elemento ubicuo y abundante en la tierra, sin embargo, su disponibilidad no es suficiente para satisfacer el crecimiento de las plantas. Debemos destacar que el azufre es la mejor vía de aportación de sulfatos al suelo, ya que al transformarse en la forma asimilable se convierte en un vehículo transporte para los nutrientes. Los microorganismos que intervienen en el proceso de oxidación del azufre son principalmente del género *Thiobacillus*, siendo *Thiobacillus thiooxidans* la especie más importante (Sierra et al., 2007).

Zinc

El zinc es uno de los micronutrientes esenciales de suma importancia ya que es constituyente de varias enzimas y proteínas, no obstante, este elemento es necesario en pequeñas cantidades. También es crucial para el desarrollo de la planta. La deficiencia de Zn suele ocurrir temprano en el ciclo de crecimiento particularmente cuando los suelos están muy fríos. Esto se debe al lento crecimiento radicular comparado con el crecimiento de la parte aérea de la planta. El sistema radicular creciendo lentamente no puede absorber suficiente Zn para satisfacer las necesidades de tallo y hojas. En algunas ocasiones las plantas parecen controlar estas deficiencias a medida que crecen, pero el daño ya se ha hecho y los rendimientos se reducen significativamente (PRO-MIX, 2017).

Entre los principales síntomas visibles asociados con una deficiencia de zinc en las plantas, se encuentran la disminución en el tamaño del organismo y de sus hojas; inclusive llegan a morir los ápices (puntas) de las hojas y ramas. Si el zinc es deficiente también es común observar la aparición de manchas amarillas o cafés en las hojas. Diversos investigadores han reportado que la concentración de Zinc (Zn) total de los suelos es del orden de 55 ppm, donde el rango típico oscila entre 10 a 300 ppm (INTAGRI, 2016).

Cobre

El Cu desempeña un papel muy importante en procesos como: la fotosíntesis, respiración, desintoxicación de radicales superóxido y lignificación. Cuando hay deficiencia, la actividad de las enzimas se reduce drásticamente. Provocando la acumulación de fenoles y la reducción de la lignificación y de sustancias melanóticas (González, 2023).

Los síntomas típicos de la deficiencia de Cu son clorosis, necrosis, distrofia foliar y muerte descendente. Aparecen generalmente en los tejidos de los brotes, lo que es un indicativo de la pobre distribución de Cu en plantas con deficiencia de este nutriente (Sela, 2019).

Las diferentes características físico-químicas del suelo (textura, permeabilidad, pH, contenido de carbonato libre) influyen en la distribución del cobre en el suelo, y por tanto en la disponibilidad del elemento para la planta. Algunas fuentes de cobre también son utilizadas por sus propiedades como fungicidas para prevenir daños en las plantas. La función principal del cobre es la de participar como coenzima en varios sistemas enzimáticos involucrados en la conversión de aminoácidos (INTAGRI, 2017)

Hierro

Es un micronutriente esencial para el proceso fotosintético, en la síntesis de la clorofila, está involucrado en la transferencia de electrones y la producción de energía (ATP). Es un elemento inmóvil. Síntomas de deficiencia de Fe, es una clorosis en la hoja en la parte de la base, posteriormente una clorosis general, en casos severos se observa un blanqueamiento de la hoja y puede aparecer manchas necróticas (Seipasa, 2021).

El hierro es considerado un microelemento esencial para el desarrollo fisiológico de las plantas, debido a que interviene en la formación del pigmento clorofílico y forma parte estructural del primer aceptor de electrones como es la ferredoxina. Se asimila en forma ferrosa (Fe^{2+}) y en forma orgánica, el contenido de este elemento en los tejidos vegetales varía entre 20 y 250 mg/kg de materia seca. Asimismo, el hierro se encuentra fuertemente involucrado en los procesos respiratorios de la planta y contribuye a la formación de las proteínas (Mata, 2021).

Manganeso

El Mn se considera inmóvil dentro de la planta (floema) y su disponibilidad para los cultivos está influenciada por los factores del suelo que intervienen en el proceso de oxidorreducción, particularmente el pH, el contenido de materia orgánica, el estado hídrico del suelo y la actividad microbiana. Su disponibilidad es más elevada en los suelos ácidos debido a la solubilización de los compuestos que contienen Mn. A medida que aumenta el valor de pH se reduce su disponibilidad, ya que por cada aumento en una unidad de pH la concentración de este nutriente se reduce 100 veces; de esta manera en suelos de alta saturación catiónica puede existir mayor sensibilidad a la deficiencia (Álvarez, 2023).

Está relacionado con el Fe en todos los procesos de clorofila, ATP, ligado en el mismo proceso fotosintético, aparte de la creación de fitohormonas, asimila nitratos, es absorbido como catión Mn. El Mn es esencial en el proceso de respiración, la síntesis de proteínas, el metabolismo de nitrógeno (fase inicial de la reducción de nitratos) y azúcares. En agricultura es absorbido como catión manganeso (Mn^{+2}), aunque en el suelo también puede existir como Mn^{+3} o Mn^{+4} . Es soluble a pH ácidos y en suelos encharcados (Esto es agricultura, 2020)

Boro

El boro es un micronutriente esencial para las plantas vasculares, diatomeas y algunas especies de algas verdes. Es relativamente poco móvil en el interior y los contenidos son superiores en las partes basales respecto a las partes más altas de la planta. El boro es transportado vía xilema y no emigra desde las hojas hasta los nuevos puntos de crecimiento (Infoagro, 2016).

El contenido total de Boro en el suelo va de 7 a 80 ppm, pero menos del 5 % está disponible para las plantas. Su disponibilidad es variable de acuerdo a los diversos sistemas de cultivo y variedad de climas. En zonas de alta precipitación se lixivia fácilmente, pero también puede llegar a convertirse en limitante en suelos con baja humedad, donde se absorbe en forma limitada. El Boro es el micronutriente que presenta la mayor cercanía entre la deficiencia y la toxicidad, por lo que hay que tener particular cuidado de no sobrepasarse en la dosis de aplicación. También se debe tener especial precaución al momento de fertilizar, pues si la banda de fertilizante con Boro queda cerca de la semilla genera toxicidad en la plántula (Guadalquivir, 2020).

Molibdeno

El molibdeno es uno de los micro nutrientes esenciales para las plantas. Las plantas requieren molibdeno para sintetizar y activar la enzima nitrato reductasa. Esta enzima contribuye a convertir el nitrato en nitrito para que luego éste sea convertido en otros compuestos aminados en el metabolismo normal de la planta. También es necesario para convertir el P inorgánico a su forma orgánica en la planta (Larrazabal, 2020).

Los síntomas de deficiencia de molibdeno se presentan como un amarillamiento general y una falta de crecimiento. Su deficiencia promueve la aparición de síntomas de deficiencia de N en leguminosas como soya y alfalfa, pues la actividad de la bacteria *Rhizobium* se ve afectada, por lo que no hay fijación de nitrógeno. El molibdeno es el único micronutriente que es móvil dentro de la planta, de manera que sus síntomas de deficiencia se manifiestan en las hojas intermedias y en las más viejas, pero se propaga hacia el tallo y afecta a las hojas nuevas (*LAT Nitrogen*, 2016).

4.3. Evaluación de la fertilidad del suelo

Para analizar la fertilidad del suelo y el estado de los nutrientes en el mismo hay diversos métodos para realizarlo. El objetivo de un análisis es obtener un valor que ayude a estimar la cantidad de nutrientes necesarias para suplementar la provisión natural del suelo. Manteniendo los niveles de nutrimentos necesarios para sostener la productividad y rentabilidad (MUÑOZ, 2019).

4.3.1. Evaluación química del suelo

Métodos directos para el análisis químico de la fertilidad de los suelos.

Solución extractora Mehlich I: esta solución es llamada también de doble ácido o Carolina del Norte; está constituida por una mezcla de HCl 0.05 M y H₂SO₄ 0.0125 M. El empleo de esta solución como extractora de fósforo, potasio, sodio y micronutrientes del suelo, se basa en la solubilización de esos elementos por el efecto del pH entre 2 y 3, siendo el papel del Cl el de restringir el proceso de re adsorción de los fosfatos recién extraídos. Las ventajas de este método son la facilidad de obtención de extractos, bajo costo de análisis y simplicidad operacional.

Solución extractora Mehlich III: La solución ácida con ion complejante más utilizada para la extracción de P es la mezcla de HCl con NH₄F, actuando el ion fluoruro más eficientemente en la formación de un fuerte complejo con iones Al⁺³, liberando así el fósforo ligado al metal. Los fosfatos de calcio son también extraídos por la precipitación del fluoruro de calcio. Por lo tanto, la solución Mehlich III, tiene su acción basada en la presencia del ion fluoruro y en el pH ácido. Este extractor ha sido adoptado por ser multielemental, después de que el espectrofotómetro ICP se volvió popular en los laboratorios de Estados Unidos. Esta solución está compuesta por ácido acético 0.2 N, nitrato de amonio 0.25 M, fluoruro de amonio 0.015 M, ácido nítrico 0.013 M y EDTA 0.001 M regulada a pH 2.5 (Alfaro & Píril, 2019)

Morgan modificada: desarrollado originalmente en la Universidad de Connecticut a principios de la década de 1930 para su uso en suelos de Nueva Inglaterra. Es un procedimiento de extracción universal lo que significa que se utiliza para determinar todos los nutrientes principales y muchos micronutrientes simultáneamente (Jimenez, 2017).

Solución extractora Olsen Modificada: Solución compuesta por NaHCO_3 0.5N, EDTA 0.01M y 0.5 gr de superfloc 127 para preparar 10 litros de solución. El fósforo extraído con NaHCO_3 generalmente es menor que el extraído con Mehlich I y Bray I. Se ha reportado que la solución extractora de Olsen Modificado tiene una buena correlación con la extracción de fósforo con resina intercambiable. Este último método es apropiado para suelos de origen volcánico, además, representa un método para extracción de macro y micronutrientes (Roldan, 2016).

Solución extractora Bray I: Solución compuesta por fluoruro de amonio 1M y ácido clorhídrico 0.5M. Para suelos ácidos, el fluoruro incrementa la liberación del fósforo y decrece la liberación del aluminio por la formación del complejo de aluminio y fluoruro. Es una solución extractora no recomendable para suelos calcáreos debido a la neutralización de los carbonatos de calcio lo cual disuelve el complejo de fósforo calcio. Una desventaja de esta solución es la interferencia del flúor en la formación del color, para evitar esta interferencia se adiciona bisulfito de sodio (Roldan, 2016)

Solución extractora Bray II

La solución extractora está compuesta de HCl 0,1 N y NH_4F 0,03 N, se agita, se filtra y se cuantifica colorimétricamente el fósforo disponible por reacción con ácido cloromolibdico y cloruro estannoso.

4.3.2. Evaluación biológica del suelo

Una herramienta para diagnosticar la fertilidad de los suelos es mediante análisis de suelos realizados en el laboratorio, estos son acercamientos no muy precisos y no indican la cantidad de micronutrientes que puede disponer la planta para realizar sus funciones vitales. Por eso es de suma importancia evaluar la fertilidad actual de los suelos del barrio Simón Bolívar, mediante el método biológico o del elemento faltante, para posteriormente hacer comparaciones con los análisis del laboratorio (Carbonero, 2013).

Para realizar la evaluación biológica se utilizará el tomate de mesa (Floradade) como planta indicadora, bajo condiciones de invernadero, la misma se utiliza por ser una planta que se desarrolla de forma rápida, lo que permite obtener resultados en corto tiempo, además por sus características, mismas que constan de poca cantidad de reservas nutritivas en la semilla lo

que permite que los resultados sean más reales en relación a excesos y deficiencias de los nutrientes (Tandazo, 2019).

Curiñaupa (2017), señala que la técnica del elemento faltante es un procedimiento para la detección de la carencia de nutrientes en el suelo, el cual incluye el uso de plantas indicadoras bajo condiciones de invernadero o en campo. Esta técnica, se clasifica como un método biológico en el cual se usan plantas para la evaluación del comportamiento de las mismas a la variabilidad nutritiva de los suelos (Enríquez & Salas, 1995), (Briceño & Pacheco, 1984) sostienen que el objetivo principal de esta práctica es el de establecer la capacidad de un suelo de proveer los elementos nutritivos para un adecuado desarrollo. La técnica se fundamenta en el hecho de eliminar de la fórmula nutritiva completa un elemento metódicamente de manera tal que permita el análisis de esta ausencia en la planta indicadora que se usa.

Quisuruco; (2014) añade que al hacer esto, se pueden comparar la respuesta de cada uno de los nutrientes en relación con la fertilización completa e información sobre problemas nutricionales presentes en el suelo a estudiar. Como plantas indicadoras se utilizan tomate y generalmente poáceas como el arroz, el sorgo y pastos, las semillas se seleccionaron en base a la uniformidad, forma y tamaño, así como de su poder germinativo. Las plantas de tomate se comportan como mejores indicadores del estado de la fertilidad de los suelos, pues sus síntomas son más notorios y más fáciles de identificar. El tomate es una planta que responde con relativa prontitud a las deficiencias de N, P, K, Ca, Mg, S, Zn, Cu, B.

4.4. Trabajos relacionados

Loaiza, (2013) menciona: que la correlación entre la biomasa seca y los contenidos de los nutrientes extraídos mediante la solución extractora de Olsen Modificado es muy baja y en algunos casos negativa, con excepción del Cu y K ($r= 0,52$ y $0,53$ respectivamente).

Castillo, (2014), dice: que, en la correlación entre la biomasa seca de la planta indicadora versus los contenidos de los nutrientes extraídos mediante la solución de Olsen Modificada reportados por el laboratorio, fue moderada para el K y Zn ($r = 93 0,45$ y $0,46$, respectivamente), baja para el N, P, Fe, Mn y Cu; y, negativa para el Mg ($-0,48$).

Zhunaula, (2016), realizó la evaluación química y biológica de la fertilidad actual de un suelo, desarrollado sobre andesita en seis unidades productivas del Sistema de riego La Era, Cantón Catamayo. En el cual concluyó que no hay correspondencia entre la biomasa seca y el

análisis químico suelo dando como resultados: alto para el -N y -S, media para los elementos - Cu y -Mg; y bajo para el -K, -Mn, -Zn, -P y -Fe.

Aguirre, (2017) menciona: que la correlación entre la biomasa seca y los elementos disponibles del análisis químico del suelo fue: elevada para el Cu, P y Mg ($r = 0.86, 0.85$ y 0.83 , respectivamente), en una proporción moderada para los elementos de K, Zn y N ($r = 0.78, 0.67$ y 0.54 , respectivamente); baja para el Fe y S ($r = 0.43$ y 0.48 , respectivamente).

Zambrano, (2019) realizó la evaluación biológica en el suelo del Sistema agroforestal con café en Consapamba en el cual la evaluación biológica indicó que, en N, S, P, resultaron ser lo elementos más deficientes. El P, Zn, Mn, B, Fe, no presentó correspondencia entre la evaluación biológica con la concentración del nutriente disponible del análisis químico. Además, propone una aplicación de nutrientes para cafetales en producción de: N: 200; P:30; K:100; Mg:20 S:150; Zn:3 B:5; kg ha⁻¹.

Tandazo, (2019) evaluó la fertilidad del suelo proveniente del Cantón Chaguarpamba; desarrollado sobre el SAF de café de Chaguarpamba; empleo como planta indicadora de tomate (*solanum lycopersium*). En esta investigación concluyó que el N, P, S, Zn, B, y Fe no presentó correspondencia en la evaluación biológica con la concentración del nutriente disponible del análisis químico. Así mismo basado en todos estos resultados ha realizado una propuesta de aplicación de nutrientes para los cafetales en crecimiento con las siguientes dosis: N:100; P:60; K:150; Mg:60; S:25; Zn :3; B:5; kg ha⁻¹.

Así mismo realizó la evaluación biológica en el sector Lozumbe obteniendo resultados similares al sector anterior en el cual el N, K, P y S resultaron ser los elementos más deficientes, concluyendo que el N, P, S, Mg, S, y B no presentó correspondencia entre la evaluación biológica con la concentración del nutriente en el análisis químico.

Rogel, (2021), menciona: que en la correspondencia entre la evaluación biológica y el análisis químico el N, P, K, Mg, S, Cu, y B, no presentó correspondencia entre sus interpretaciones, mientras que el Zn, Mn y Fe si presentó similitud entre las interpretaciones de los dos métodos.

4.5. Papa

La papa es un producto andino ha sido cosechado desde épocas milenarias y en la actualidad forma parte de la alimentación diaria de millones de personas. Es el segundo producto andino más consumido después del maíz. Su producción se extiende a través de la cordillera de los Andes. Existen cerca de 5000 cultivares de papa, en Los Andes se cultivan menos de 500 (Arteaga et al., 2022).

Producción de papa en Ecuador

Según Del monte, (2023) en Ecuador, la producción nacional de papa ocupa en promedio una superficie cosechada anual de 25 mil hectáreas y un rendimiento promedio de 35 toneladas por hectárea. El tubérculo se siembra en la región Sierra, siendo el segundo rubro agrícola más importante después del maíz suave.

Carchi, Chimborazo y Tungurahua, son las provincias con mayor superficie cosechada representado el 56.7% de la producción nacional total. Carchi es la provincia de mayor participación con un 46%. La cadena productiva concentra cerca de 80 mil pequeños agricultores, que utilizan 19 variedades de las 500 registradas en el país, de todo tipo de color, tamaño, especie y sabor, todas con excelentes nutrientes (Pumisacho & Sherwood, 2002).

El cultivo de papa en el Ecuador ha sido por milenios un cultivo de alta prioridad. Hoy en día los agricultores siembran anualmente cerca de 66 000 hectáreas de este cultivo. Es uno de los pilares de la alimentación humana y en la economía de los agricultores. Hay más de 4000 variedades comestibles de papa, que se encuentran principalmente en los Andes de América del Sur (Inostroza, 2018).

La papa es el tercer cultivo alimenticio más importante del mundo después del arroz y el trigo en términos de consumo humano. La papa es un cultivo crítico en términos de seguridad alimentaria ante el crecimiento de la población y el aumento de las tasas de hambre. Por ejemplo, China, el mayor consumidor de papas del mundo, espera que el 50% del aumento de la producción de alimentos que necesitará para satisfacer la demanda en los próximos 20 años provenga de las papas (Valverde et al., 1998)

La producción de papa se distribuye a lo largo de la Región Interandina. La provincia con mayor índice de producción fue Carchi con 187.684 t en una superficie de 7.263 hectáreas

de papa cosechada (Promedio: 25,84 T /ha), seguidamente por la provincia de Chimborazo con una producción de 44.753 Tm de papa en una superficie cosechada de 3.410 hectáreas (Promedio: 13.12 t /ha), en tercer lugar se halla la provincia de Tungurahua con 3.382 hectáreas de papa cosechadas y 53.068 t de papa producida (Promedio: 15.68 t /ha), Cotopaxi en el año 2020 produjo 47.585 t de papa en una superficie sembrada de 3.059 hectáreas (Promedio: 15.56 t /ha).

La provincia de Azuay obtuvo 1.625 hectáreas de papa cosechadas y 13.962 t de producción de papa (Promedio: 8.59 t /ha), Bolívar cosechó 1.659 hectáreas de papa y produjo 7.479 t de papa (Promedio: 4.5 t /ha), Cañar logró producir 3.176 t de papa en 1.309 hectáreas (Promedio: 2.42 t /ha), Pichincha consiguió 26.343 t de papa en 1.821 hectáreas de papa cosechada (Promedio: 15.68 t /ha), Imbabura cosechó 1.032 hectáreas de papa y obtuvo 22.877 t de papa (Promedio: 22.16 t /ha). Loja cosechó 414 t de papa en una superficie de 146 hectáreas (Promedio: 2.83 t /ha) (Monteros, 2021).

La papa es un cultivo que requiere el aporte de nutrientes durante todo su ciclo vegetativo con el fin de alcanzar una mayor productividad, dicho así, la aplicación foliar es considerada una nutrición complementaria a la fertilización edáfica, en todo tipo de cultivo especialmente en papa; en la provincia de Chimborazo, se realizó una investigación donde se aplicó distintas dosis en el cultivo de papa del producto denominado “Merit Rojo” (metalosato de potasio) con las siguientes concentraciones: 9,59% (P/P) de Potasio (K₂O) y 10,40% (P/P) de Fósforo (P) y 0,075% (P/P) de Boro (B), en donde los resultados mencionan que, su aplicación es clave a los 40 días ya que de esta forma se asegura el rendimiento en cuanto al llenado de los tubérculos (López, 2021).

Investigaciones realizadas en el país de Colombia en el cultivo de papa, fueron positivas logrando alcanzar rendimientos cercanos a las 30 t /ha cultivada, agregando calcio y boro en proporciones de 18:1 kilogramos por hectárea. Estos resultados alcanzaron el límite de concentración de estos elementos, debido a que en el estudio se expresa que una aplicación de mayores equivalencias tiene efectos negativos en cuanto al rendimiento y al sistema económico, por lo tanto, se recomienda dicha dosis con el fin de obtener frutos con buenas características organolépticas (Restrepo, 2023).

Curva de absorción de la papa

El cultivo de papa, la absorción de nutrientes depende de la etapa fenológica del cultivo, es máxima durante el aumento de volumen de los tubérculos. La cantidad de nutrientes eliminados por un cultivo de papa está estrechamente relacionada con el rendimiento. Por lo general, el doble de rendimiento dará como resultado el doble de eliminación de nutrientes. Los nutrientes deben aplicarse con la mayor precisión posible a la zona de absorción, un poco antes o en el momento en que el cultivo lo necesite. No asegurarse de que cada planta obtenga el equilibrio adecuado de nutrientes puede estropear la calidad del cultivo y reducir su rendimiento. El mayor requerimiento de potasio, es durante la etapa de aumento de volumen de los tubérculos. La floración de las plantas de papa es un indicio del inicio de la etapa morfológica (Harris, 2020).

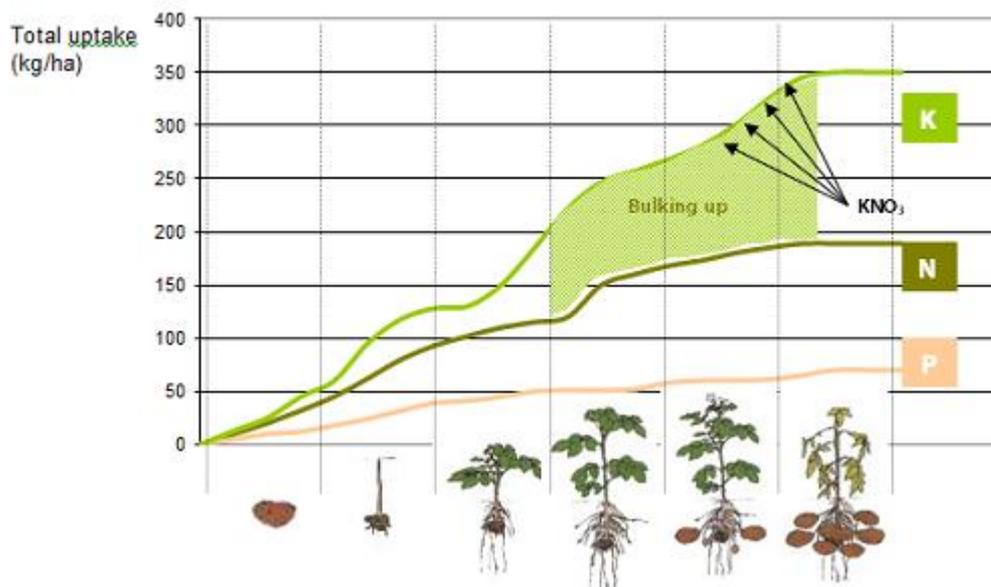


Figura 1. Curva de absorción de la papa.

Requerimientos nutricionales de la papa

En función del resultado de los análisis del suelo se determinan la cantidad de macro y micro nutrientes que requiere el cultivo. Para determinar la cantidad de nutrientes tenemos los requerimientos que se muestran en la Tabla 1.

Tabla 1. Requerimiento del cultivo de papa.

Autores	N	P₂O₅	K₂O	S	Ca O	Mg	Zn	Cu	Fe	Mn	B
(Bertch, 2003)	220	20	240	-	60	20	-	-	-	-	-
(NOVATEC, 2014)	132	40	146	-	-	33	1,1		6,6		2,2
(Valverde et al., 1998)	140	39	190	40	-	-	-	-	-	-	-
(Boluslawski, 1981)	140	26	200	-	60	25	-	-	-	-	-
(Gruner , 1963)	108	43	175	-	-	-	-	-	-	-	-
(Jacob y Uexkull, 1964)	120	45	200	-	-	-	-	-	-	-	-
(Beumeka, 1979)	150	60	350	-	90	30	-	-	-	-	-
(Dahnke y Nelson, 1976)	224	67	336	-	-	-	-	-	-	-	-
(Kupers, 1972)	120	55	221	-	-	-	-	-	-	-	-
(Tisdale y Nelson, 1975)	168	90	296	-	1	13					

Relación de cationes intercambiables

De acuerdo a los resultados de los análisis químicos, se calcula la relación de cationes intercambiables Ca Mg⁻¹, Mg K⁻¹, (Ca+Mg) K⁻¹ con esta información se evalúa: balance de cationes y se toman decisiones para poder adicionar los fertilizantes y lograr un equilibrio (Hernandez, 2022).

Tabla 2. Relaciones entre cationes intercambiables adecuados para la papa.

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

Fuente: (Hernandez, 2022).

5. Metodología

5.1. Descripción del área de estudio

La investigación se desarrolló en el barrio Simón Bolívar perteneciente a la parroquia Chuquiribamba que se encuentra ubicada a 41 km del cantón Loja. La ubicación geográfica en coordenadas planas corresponde a $3^{\circ} 20' 40''$; $79^{\circ} 22' 33''$ a una altitud de 2657 m s.n.m.

Ubicación Sistema de Riego Aguarongo-Zañe

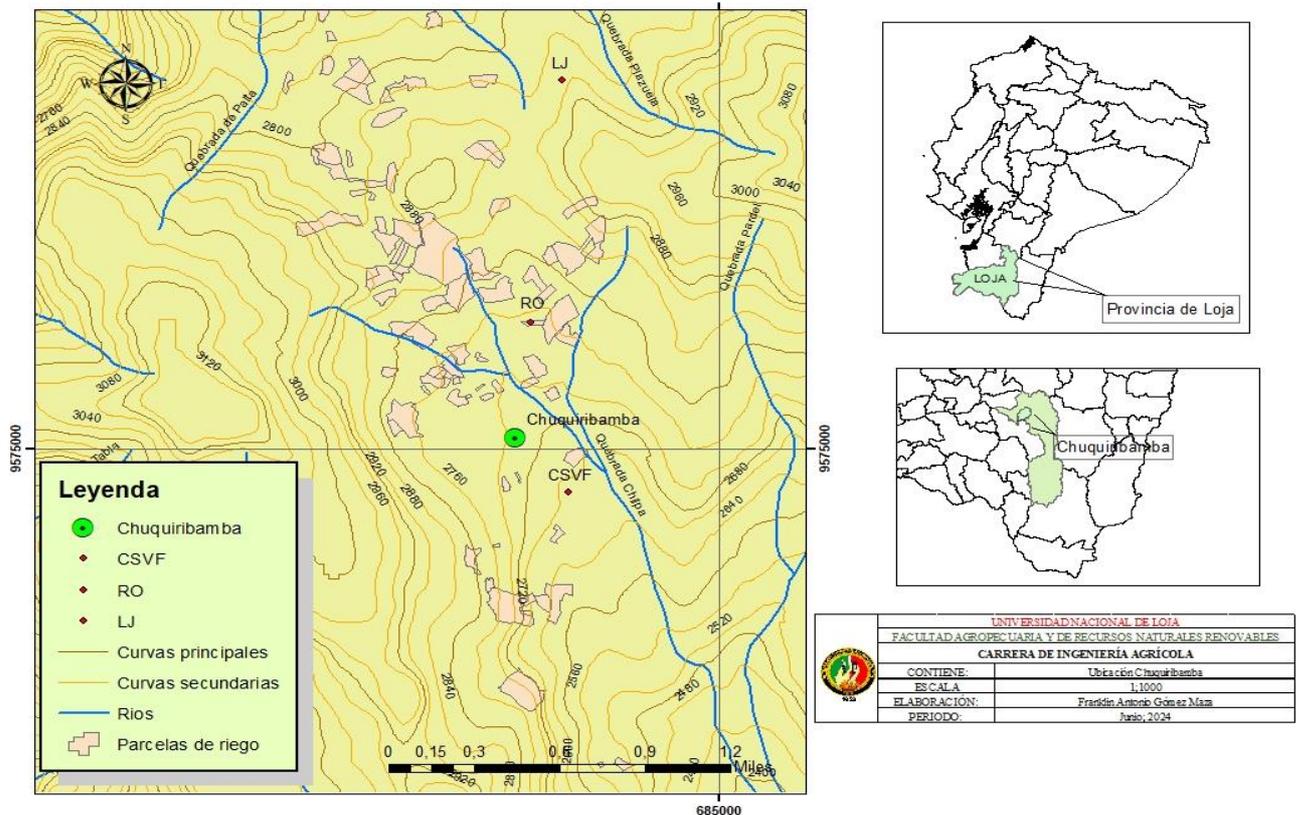


Figura 2. Ubicación del sistema de riego Aguarongo-Zañe.

El área de riego del sistema Aguarongo-Zañe, se ubica en los alrededores de la cabecera parroquial de Chuquiribamba; forma parte de la cuenca hidrográfica Catamayo - Chira, en la subcuenca del Río Catamayo y micro cuencas Aguarongo-Zañe y Chuquiribamba-Chantaco (Pauta, 2019). Es una zona productora de hortalizas, hierbas aromáticas, maíz blanco y papa, los cuales tras su cosecha son transportados a mercados locales.

El clima de la parroquia Chuquiribamba se lo clasifica como templado – frío, con una temperatura media anual de $12,0^{\circ}\text{C}$. El rango de precipitación en la parroquia, fluctúa entre 800 mm a 1300 mm siendo el periodo en la que más se acentúa, los 4 primeros meses del año

y el menos húmedo entre julio y septiembre. La época invernal comprende de febrero a abril, la humedad relativa promedio anual es de 75%. Según la clasificación de Holdridge, Chuquiribamba pertenece a la zona de vida Bosque seco montano bajo (bs-MB) (PDOT, 2021).

El Sistema de Riego Aguarongo, caracterizado por una fisiografía de ladera, con formaciones que van plano ondulado a colinado, presentan suelos franco arcillosos debido a su origen de lavas andesíticas y basalto.

Enfoque de investigación

El presente trabajo es diseñado la metodología del enfoque cuantitativo, puesto que este se adapta a las características y necesidades de la investigación.

Alcance

El presente proyecto es de carácter descriptivo por lo que contempla la recolección de datos (biomasa seca) de la planta indicadora, que permita conocer los microelementos del suelo y determinar su fertilidad, para la producción de papa en la parroquia Chuquiribamba, cantón Loja.

5.2. Materiales

324 tarrinas de plástico de 750 ml, 324 vasos de 250 ml, semillas de tomate riñón (Floradade), fundas de papel y plástico, recipiente de plástico de 50 l, barreno, baldes, tela nylon, muestras de suelo, probeta de 500 y 100 ml, pipeta de 5 y 10 ml, GPS, cámara fotográfica, balanza de precisión y estufa.

5.3. Metodología para el primer objetivo

Comparación de la fertilidad del suelo por el método de Olsen modificado y la técnica del elemento faltante

Instalación del ensayo

El ensayo para el método del elemento faltante se instaló en el invernadero de la UNL, en las coordenadas planas 4°01 '57"S 79°12' 08"W a una altitud de 2192 m s.n.m. Método experimental

Se utilizó un diseño completamente al azar con arreglo bifactorial, con 12 tratamientos, con tres repeticiones. El cual contenía las siguientes especificaciones: número total de plantas 324 por los tres predios seleccionados, cada sector se subdivide en tres unidades experimentales y cada parcela consta de 108 plantas, las muestras son extraídas a una profundidad de 25 cm. Los tratamientos son las soluciones nutritivas (SC, -N, -P, -K, -Mg, -S, -Fe, -Mn, -Zn, -B, -Cu y Testigo).

Se utilizaron plántulas de tomate de riñón (*Solanum lycopersicum*) para la evaluación biológica. Se limpio y adecuo el sitio del ensayo. Se preparo las muestras de suelo, las soluciones nutritivas a utilizar en el ensayo. Finalmente se procedió a colocar las soluciones nutritivas en los recipientes (600 ml). Reposición de soluciones nutritivas. Toma de datos de las plantas.

Variable evaluada: Peso de materia seca (g).

Tabla 3. Descripción de factores y niveles de estudio dentro del diseño factorial.

FACTOR	NIVELES
A. Soluciones nutritivas	Solución nutritiva completa (SC)
	Solución nutritiva menos (-N)
	Solución nutritiva menos (-P)
	Solución nutritiva menos (-K)
	Solución nutritiva menos (-Mg)
	Solución nutritiva menos (-S)
	Solución nutritiva menos (-Zn)
	Solución nutritiva menos (-Cu)
	Solución nutritiva menos (-Mn)
	Solución nutritiva menos (-B)
Solución nutritiva menos (-Fe)	
B. Pendiente de suelo	Testigo
	(<8)
	(8-25)
	(>25)

Preparación de las soluciones nutritivas.

Las soluciones se prepararon a partir de las soluciones nutritivas madres, que fueron diluidas a concentración 1 N. A continuación, se indican los tipos de sales y las cantidades utilizadas en gramos.

Tabla 4. Tipos de sales y las cantidades para preparar las soluciones madres 1N de los macro elementos.

Sales utilizadas	Peso molecular (g)	Cantidad de 1l Sol 1N (g/l)
Ca (NO ₃) ₂ * 4 H ₂ O	236	118
KNO ₃	101	101
KH ₂ PO ₄	136	136
NaH ₂ PO ₄	120	120
K ₂ SO ₄	174	87
MgSO ₄ *7 H ₂ O	246	123
MgCl ₂ *6 H ₂ O	202	101
CaCl ₂ *6 H ₂ O	218	109
NaCl	58	58

En la Tabla 4, se indican los tipos de sales y las cantidades para la preparación de un litro de las soluciones madres de los microelementos.

Tabla 5. Concentración de la solución madre y cantidades de sales para la preparación de un litro de la solución madre de micronutrientes.

Sales	g l ⁻¹	ppm solución madre	ml l ⁻¹	ppm solución nutritiva
MnCl ₂ *4 H ₂ O	1,8	500	1	0,5
H ₃ BO ₃	2,8	500	1	0,5
ZnSO ₄ *7 H ₂ O	0,2	50	1	0,05
CuSO ₄ *5 H ₂ O	0,1	40	1	0,04
(NH ₄) ₆ Mo ₇ O ₂₄ *4 H ₂ O	0,04	20	1	0,02
NaFe-EDTA	32,7	5000	1	5,0

En la Tabla 5, se presentan los volúmenes de soluciones madre en ml para preparar 1 l de soluciones nutritiva. Las soluciones nutritivas para cada tratamiento fueron preparadas en 6 l de agua destilada.

Tabla 6. Volumen de las soluciones madre que se necesitan para preparar 1 l de solución nutritiva.

Solución Stock	Concentración de sales meq/l, en las distintas soluciones nutritivas.					
	SC	-N	-P	-K	-Mg	-S
Ca(NO ₃) ₂ .4H ₂ O	6	-	6	6	6	6
KNO ₃	2	-	2	-	2	2
KH ₂ PO ₄	2	2	-	-	2	2
NaH ₂ PO ₄	-	-	-	2	-	-
K ₂ SO ₄	-	2	2	-	1	-
MgSO ₄ .7H ₂ O	1,5	1,5	1,5	1,5	-	-
MgCl ₂ .6H ₂ O	-	-	-	-	-	1,5
CaCl ₂ .6H ₂ O	-	6	-	-	-	-
NaCl	1	1	1	1	1	1
Total	12,5	12,5	12,5	10,5	12	12,5

Preparación de las muestras de suelo

Las muestras recolectadas se secaron a la sombra, en un ambiente libre de contaminación.

Preparación de los recipientes

En los vasos plásticos de 250 ml, se recortó la base y se sustituyó por media nylon sujetado con cinta y liga delgada, con la finalidad de soportar los 200 g de suelo y para que las raíces de las plantas puedan atravesar hacia la solución nutritiva. En las tapas de las tarrinas (750 ml), se hizo un recorte en forma circular del tamaño del diámetro de los vasos que contienen el suelo, el fondo del vaso debe estar en contacto con la solución nutritiva de la tarrina.

Instalación del experimento

Una vez realizada las diferentes soluciones nutritivas para cada tratamiento se procede a etiquetar las tarrinas y el vaso con sus respectivas repeticiones, siendo cada tarrina la unidad básica. En las tarrinas se añadió 600 ml de solución nutritiva como: solución nutritiva completa,

que contiene cinco macros (N, P, K, Mg, S) y cinco micro elementos (Fe, Mn, Zn, B, Cu), (-N, -P, -K, -Mg, -S, -Fe, -Mn, -Zn, -B, -Cu) y el testigo (agua destilada), luego se colocó el vaso con 200 g de suelo, se llevó todos los materiales al invernadero y se colocó las tarrinas siguiendo el diseño experimental. Luego se coloca la tapa perforada y se introduce el vaso, hay que asegurar que el vaso esté en contacto con la solución nutritiva a una profundidad de 1 cm.



Figura 3. Instalación del ensayo evaluación biológica.

Siembra y raleo de la planta indicadora

En cada vaso se sembraron tres semillas de tomate (variedad Floradade) previamente se deja un tiempo de 24 horas para que la solución nutritiva por efecto de capilaridad asciende y humedezca todo el suelo, esto sucederá siempre y cuando el nivel del agua de la tarrina esté en contacto con el vaso, la siembra se realizó al siguiente día ya que el suelo esté húmedo, el raleo se lo realizará luego de 14 días de la siembra, se deja una planta por vaso.

Reposición de la solución nutritiva

Se realizará con la finalidad de mantener constante 600 ml de las soluciones nutritivas en las tarrinas esté siempre en contacto con la solución nutritiva para que pueda crecer

Registro del crecimiento y peso seco de la planta.

Después de la germinación a los 15, 30, 45 y 60 días se registró la altura de la planta por cada tratamiento, luego de la última medición se cortó a nivel del cuello y se llevó a la estufa a 60°C durante cinco días para determinar la biomasa seca.

Se recolecto información secundaria de Benítez (2024) sobre nutrientes disponibles en el suelo. En la evaluación biológico se realizaron mediciones de altura y peso de materia seca

de la planta indicadora, los cuales son necesarios para hacer la correlación química y biológica. Estableciendo la disponibilidad de los nutrientes en el suelo.

En el método del elemento faltante uno de los indicadores es el peso de la biomasa en seco (%) y con su valor se determina su interpretación en base a la tabla 7.

Tabla 7. Interpretación de valores de altura y biomasa (%) de la planta indicadora.

Valor	Significado	
> 75 %	Alto	(A)
50 - 75 %	Medio	(M)
25 - 50 %	Bajo	(B)
<25 %	Muy bajo	(MB)

Fuente: (Valarezo, 2016)

Se determinará la cantidad de nutrientes en la biomasa del cultivo se desarrollará las siguientes actividades.

- Se midió la cantidad de agua consumida (l) en el ciclo del cultivo en cada uno de los tratamientos, con el registro diario de solución nutritiva a cada unidad experimental.
- Transformar el requerimiento del cultivo de tomate expresado de los macro nutrientes en meq/L a ppm.
- Se consideró las sales minerales utilizadas en las investigaciones, la cantidad de meq/L de las sales para preparar las soluciones nutritivas o *stock*, el equivalente químico y la concentración de cada sal.
- Mediante relaciones se calculó la cantidad de nutrientes o requerimiento del cultivo de tomate para el periodo de 60 días, para cada una de las 11 soluciones nutritivas. Teniendo en cuenta que para macronutrientes se calculaba en meq mientras que para micronutrientes se tomaba en cuenta mg/L.
- Se suma el aporte de nutrientes de cada una de las sales para definir el contenido total de nutrientes de la solución completa por ejemplo del N.
- En función del volumen de la solución nutritiva consumida en cada tratamiento se determinó la concentración de nutrientes contenidos en cada uno (mg).

- Para el cálculo correspondiente se utilizó el volumen de agua consumida (l) y la cantidad de nutrientes de cada sal (mg/L), mediante una regla de tres simple se determinó la concentración de cada elemento en mg de cada compuesto.
- Después con la regla de tres obtendremos el porcentaje de nutrientes y se realizara la comparación según los rangos.

5.4. Metodología para el segundo objetivo

Propuesta de un plan de fertilización para el cultivo de papa con los resultados de Olsen Modificado y los de la técnica del elemento faltante en el sector seleccionado.

Para establecer el plan de fertilización, se determinó la CIC, el % saturación de bases del Ca, Mg y K, luego se determinó la relación de cationes Ca/Mg Mg/K y (Ca+Mg/K) y se realizó interacciones hasta obtener la relación óptima para el cultivo de papa. Para determinar del Ca, Mg y K es por relación de cationes; la demanda de N, P, S y micronutrientes es a través de oferta y demanda, con lo cual se estableció el plan de fertilización del cultivo.

La distribución de nutrientes se realizó en función de la etapa fenológica del cultivo, para lo cual se debe utilizar la curva de absorción del cultivo de papa. Luego este contenido se transforma en equivalentes químicos; se determina el equilibrio entre aniones y cationes; si existe diferencia se iguala a través del factor de conversión, y, finalmente se transforma a kg/ha y g/planta para ser aplicada al cultivo.

6. Resultados

6.1. Comparación de la fertilidad del suelo por el método de Olsen modificado y la técnica del elemento faltante.

Biomasa seca de la planta indicadora de tomate

Biomasa seca:

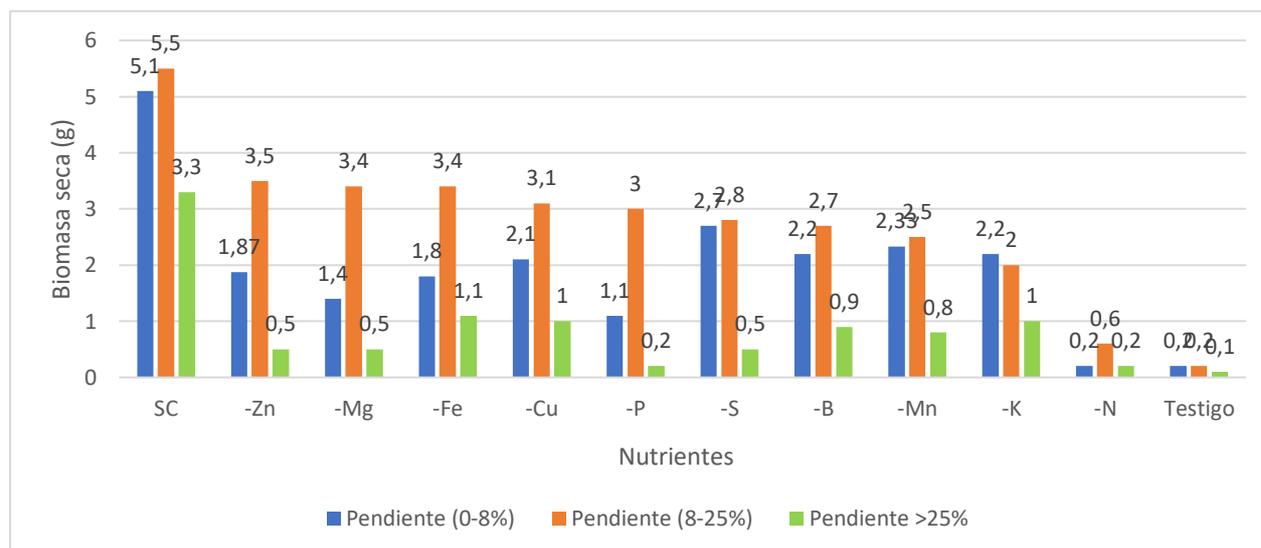


Figura 4. Biomasa seca de la planta indicadora.

Solución nutritiva completa (SC). Los valores promedios de biomasa seca son 5,1, 5,5 3,3 g para suelo con pendiente del 0-8%, 8-25% y <25 % respectivamente, con una diferencia de 15 %. Esta solución nutritiva, contiene macro y micronutrientes para el desarrollo de las plantas, razón por la que alcanzaron mayor contenido de biomasa, con respecto a las carentes de un elemento (Figura 4).

Solución – N. Los promedios de biomasa seca de la planta son 0,2; 0,6 y 0,2 g para el suelo con pendiente del 0-8%; 8-25% y >25 % respectivamente (Figura 4), todas las plantas de este tratamiento presentaron un menor contenido de biomasa seca en relación a la solución completa, cuya proporción entre la (SC) y la solución sin N, para el suelo con pendiente del 0-8% es de 25,5:1; para el suelo con pendiente 8-25% es de 9,2:1; para el suelo con pendiente > 25% es de 16,5:1, equivalente a una diferencia porcentual de 4; 11 y 6 %, respectivamente (Anexo 14), que corresponde al rango muy bajo en el análisis biológico, mientras que en los análisis químicos determinaron un rango medio, es decir que no corresponden entre ambos (Figura 5).

Solución –P. Los valores promedio de biomasa seca de la planta son 1,1; 3 y 0,2 g para el suelo con pendiente del 0-8%; 8-25% y >25 %, respectivamente (Figura 4), todas las plantas presentan un menor contenido de biomasa seca en relación a la solución completa cuya proporción entre la (SC) y la solución sin P, para el suelo con pendiente del 0-8% es de 4,6:1; para el suelo con pendiente 8-25% es de 1,8:1; para el suelo con pendiente >25% es de 16,5:1, equivalente a una diferencia porcentual de 21; 54 y 6 %, respectivamente (Anexo 14), que corresponde al rango bajo en el análisis biológico, mientras que en los análisis químicos se encuentra en un rango alto, es decir que no corresponden entre ambos (Figura 5).

Solución –K. Los valores promedio de biomasa seca de la planta son 2,2; 2 y 1 g para el suelo con pendiente del 0-8%; 8-25% y >25 %, respectivamente (Figura 4), todas las plantas presentan un menor contenido de biomasa en relación a la solución completa cuya proporción entre la (SC) y la solución sin K, para el suelo con pendiente del 0-8% es de 2,3:1; para el suelo con pendiente 8-25% es de 2,8:1; para el suelo con pendiente >25% es de 16,5:1, equivalente a una diferencia porcentual de 43; 36 y 30 %, respectivamente (Anexo 14), que corresponde al rango bajo en el análisis biológico, mientras que en los análisis químicos se encuentra en un rango alto, es decir que no corresponden entre ambos (Figura 5).

Solución -Mg. Los valores promedio de biomasa seca de la planta son 1,4; 3,4 y 0,5 g para el suelo con pendiente del 0-8%; 8-25% y >25 %, respectivamente (Figura 4), todas las plantas presentan un menor contenido de biomasa seca en relación a la solución completa cuya proporción entre la (SC) y la solución sin Mg, para el suelo con pendiente del 0-8 es de 3,6:1; para el suelo con pendiente 8-25% es de 1,6:1; para el suelo con pendiente >25% es de 6,6:1, equivalente a una diferencia porcentual de 27, 62 y 15 %, respectivamente (Anexo 14), que corresponde al rango bajo en el análisis biológico, mientras que en los análisis químicos determinaron un rango alto (Figura 5).

Solución – S. Los valores promedio de biomasa seca de la planta son 2,7; 2,8 y 0,5 g para el suelo con pendiente del 0-8%; 8-25% y >25 %, respectivamente (Figura 4), todas las plantas presentan un bajo contenido de biomasa seca en relación a la solución completa cuya proporción entre la (SC) y la solución sin S, para el suelo con pendiente del 0-8% es de 1,8:1; para el suelo con pendiente 8-25% es de 1,9:1; para el suelo con pendiente >25% es de 6,6:1, equivalente a una diferencia porcentual de 53, 54 y 15 %, respectivamente (Anexo 14), que

corresponde al rango bajo en el análisis biológico, mientras que en los análisis químicos se encuentra en un rango medio (Figura 5).

Solución – Zn. Los valores promedio de biomasa seca de la planta son 1,8; 3,5 y 0,5 g para el suelo con pendiente del 0-8%; 8-25% y >25 %, respectivamente (Figura 4), todas las plantas presentan un menor contenido de biomasa seca en relación a la solución completa cuya proporción entre la (SC) y la solución menos Zn, para el suelo con pendiente del 0-8% es de 1,8:1; para el suelo con pendiente 8-25% es de 1,9:1; para el suelo con pendiente >25% es de 6,6:1, equivalente a una diferencia porcentual de 35, 63 y 15 %, respectivamente (Anexo 14), que corresponde al rango medio en el análisis biológico, igual que los análisis químicos (Figura 5).

Solución – Cu. Los valores promedio de biomasa seca de la planta son 2,1; 3,1 y 1 g para el suelo con pendiente del 0-8%; 8-25% y >25 %, respectivamente (Figura 4), todas las plantas presentan un menor contenido de biomasa seca en relación a la solución completa cuya proporción entre la (SC) y la solución sin Cu, para el suelo con pendiente del 0-8% es de 2,4:1; para el suelo con pendiente 8-25% es de 17,9:1; para el suelo con pendiente (>25%) es de 3,3:1, equivalente a una diferencia porcentual de 41, 56 y 30 %, respectivamente (Anexo 14), que corresponde al rango bajo en el análisis biológico, mientras que en los análisis químicos se encuentra en un rango alto (Figura 5).

Solución – Mn. Los valores promedio de biomasa seca de la planta son 2,3; 2,5 y 0,8 g para el suelo con pendiente del 0-8%; 8-25% y >25 %, respectivamente (Figura 4), todas las plantas presentan menor contenido de biomasa seca en relación a la solución completa cuya proporción entre la (SC) y la solución sin Mn, para el suelo con pendiente del 0-8% es de 2,2:1; para el suelo con pendiente 8-25% es de 2,2:1; para el suelo con pendiente >25% es de 4,1:1, equivalente a una diferencia porcentual de 45, 45 y 24 %, respectivamente (Anexo 14), que corresponde al rango medio en el análisis biológico, igual que los análisis químicos (Figura 5).

Solución – B. Los valores promedio de biomasa seca de la planta 2,2; 2,7 y 0,9 g para el suelo con pendiente del 0-8%; 8-25% y >25 %, respectivamente (Figura 4), todas las plantas presentan menor contenido de biomasa seca en relación a la solución completa cuya proporción entre la (SC) y la solución sin B, para el suelo con pendiente del 0-8% es de 2,3:1; para el suelo con pendiente 8-25% es de 2:1; para el suelo con pendiente >25% es de 3,6:1, equivalente a una diferencia porcentual de 43, 49 y 27 %, respectivamente (Anexo 14), que corresponde al

rango medio en el análisis biológico, mientras que en los análisis químicos se encuentra en un rango bajo (Figura 5).

Solución – Fe. Los valores promedio de biomasa seca de la planta son 1,8; 3,4 y 1,1 g para el suelo con pendiente del 0-8%; 8-25% y >25 %, respectivamente (Figura 4), todas las plantas presentan menor contenido de biomasa seca en relación a la solución completa cuya proporción entre la (SC) y la solución sin Fe, para el suelo con pendiente del 0-8% es de 2,8:1; para el suelo con pendiente 8-25% es 1,6:1; para el suelo con pendiente >25% es de 3:1, equivalente a una diferencia porcentual de 35, 61 y 33 %, respectivamente (Anexo 14), que corresponde al rango medio en el análisis biológico, mientras que en los análisis químicos se encuentra en un rango alto (Figura 5).

Testigo. Los valores promedio de biomasa seca de la planta son 0,2; 0,2 y 0,1 g, para el suelo con pendiente del 0-8%; 8-25% y >25 %, respectivamente (Figura 4), todas las plantas presentaron un contenido de biomasa seca muy bajo en relación con la solución completa cuya proporción entre la (SC) y el testigo, para el suelo con pendiente del 0-8% es de 25,5:1; para el suelo con pendiente 8-25% es de 27,5:1; para el suelo con pendiente >25% es de 33:1, equivalente a una diferencia porcentual de 4, 3 y 3 %, respectivamente, que corresponde al rango bajo en el análisis biológico.

Correspondencia entre la evaluación biológica y los análisis químicos

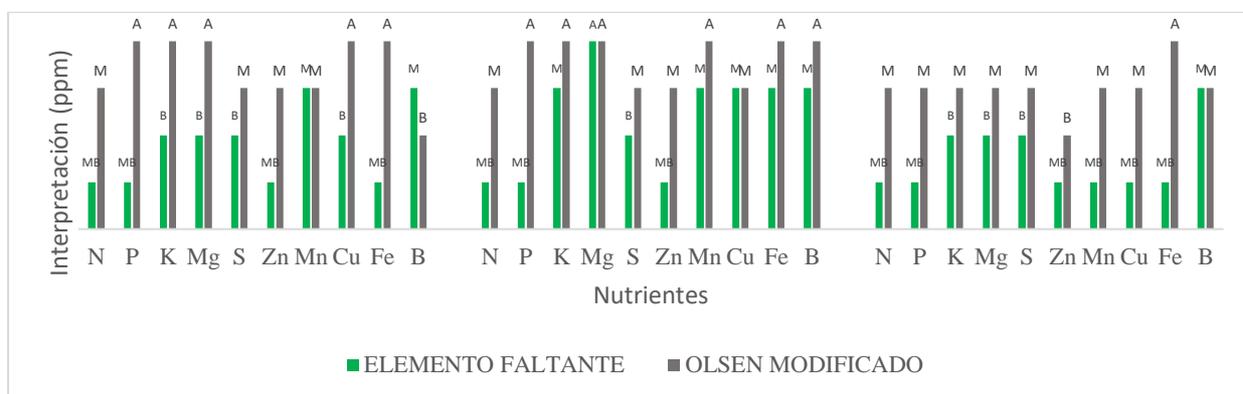


Figura 5. Correspondencia entre la evaluación biológica y los análisis químicos.

Para la correcta interpretación de los resultados obtenidos en la evaluación biológica, se ha utilizado el cuadro de interpretación de valores de porcentaje para la biomasa de la planta indicadora (Tabla 7), con la finalidad de determinar la cantidad de nutrientes en la biomasa del cultivo, además, se sustentó la información al realizar una regla de 3 simple, utilizando el peso de la solución completa como el 100 % del valor total.

El N, P, K, Mg, S, Zn, Cu, Fe y B no presento correspondencia entre el peso de la biomasa seca de la evaluación biológica con la concentración del nutriente disponible del análisis químico en las tres unidades de suelo.

Tabla 8. Requerimiento (kg/ ha) para el cultivo de la papa.

Elemento	Pendiente 0-8%		Pendiente 8-25%		Pendiente >25%	
	Análisis químico	Evaluación biológica	Análisis químico	Evaluación biológica	Análisis químico	Evaluación biológica
N	125	175	125	175	125	175
P	73	70	73	70	73	70
K	244	284	244	284	244	284
Mg	41	113	41	113	41	113
S	33	123	33	123	33	123
Zn	5	6	5	6	5	6
Cu	2	2	2	2	2	2
Mn	3	3	3	3	3	3
B	1	2	1	2	1	2
Fe	1	2	1	2	1	2

6.2. Propuesta de un plan de fertilización para el cultivo de papa con los resultados de Olsen modificado y los de la técnica del elemento faltante en el sector seleccionado.

Los nutrimentos pueden proporcionarse aplicando diferentes fertilizantes, para este caso se calculó en base a los fertilizantes disponibles en el mercado y que sean accesibles para los agricultores los costos.

6.2.1. Plan de fertilización pendiente 0-8 %.

Tabla 9. Cálculo de la CICE pendiente 0-8 %.

Bases intercambiables	cmol kg ⁻¹	Enmiendas	cmol kg ⁻¹
Ca ⁺⁺	15,2	0,7	16,0
Mg ⁺⁺	3,2	0,3	3,6
K ⁺	0,5	0,1	0,6
Na	1,3		1,3
Al ⁺³ + H ⁺	0,1		
Al ⁺³	0,1		
CICE 1	20,3	CICE 2	21,5

El pH del suelo pendiente (0-8%) es de 5,7; se encuentra en el rango óptimo de pH recomendado de 5,6 a 6,5; (Yara, 2018), para el cultivo de la papa, no es necesario encalar sin embargo es importante poner en equilibrio la relación de cationes.

Tabla 10. Enmienda y relación de cationes pendiente 0-8 %.

	Enmienda			Relación de cationes			
	Antes	Esperado	Rango Optimo	Antes	Esperado	Rango Optimo	
% SB Ca	74,9	74,3	(60 - 70) %	Ca/Mg	4,7	4,4	2,0 - 5,0
% SB Mg	15,7	16,7	(12 - 25) %	Mg/ K	6,5	5,9	2,5 - 15
% SB K	2,4	2,8	(5 - 10) %	Ca+Mg/K	37,6	32,0	10 - 40.

Al realizar la relación de cationes, tenemos deficiencia de K, para este caso se adiciono 0,12 cmol kg⁻¹ de K, con este valor se aproxima la relación de cationes a los rangos óptimos,

con el sulpomag y K Cl se pretende complementar este elemento, se plantea aplicar antes de la siembra de la papa, para después aplicar riego para que pueda hacer efecto.

Tabla 11. Resumen del encalado pendiente 0-8 %.

Resumen	Kg/ha	m ²	kg/área total	kg/surco	Sacos 45 Kg
DOLOMIX	1603,3	378,0	61	2,0	1,3
	kg/ha	g/planta	N° plantas	Total	
SULPOMAG	303,9	12,2	1716	20,9	
KCl	150,5	6,0	1716	10,3	

Tabla 12. Etapas de fertilización pendiente 0-8 %.

	Fertilizantes	g/planta	kg/ha
Etapa: INICIAL	Yaramila Complex (12-11-18)	2,5	62,5
	Yaramila Rafos (12-24-12)	2,5	62,5
	Fosfato mono potásico	3,3	81,3
	Muriato de potasio	0,3	8,0
	Fertilizantes	g/planta	kg/ha
Etapa: FLORACIÓN Y TUBERIZACIÓN	Yara Abotek (15-4-23)	14,4	359,3
	Yararega Azutek (13-4-25)	16,6	414,6
	Fosfato mono potásico	5,8	143,9
	Muriato de potasio	2,2	54,6
	Fertilizantes	g/planta	kg/ha
Etapa: FINAL	Nitrato de potasio	12,4	309,6

Los contenidos en kg ha⁻¹ de fertilizantes, se calcularon en base a los requerimientos del cultivo de papa basada en la técnica del elemento faltante, la relación de cationes del cultivo. Se debe señalar que la densidad de siembra de la papa en este sector es de 0,4 m entre planta y 1,0 m entre hilera.

La aplicación de los fertilizantes se debe realizar en las diferentes etapas fenológicas del cultivo de la papa, el encalado del suelo se lo hace previo a la siembra para que el Al⁺³ pueda ser neutralizado con el S de la calpac Dolomix.

6.2.2. Plan de fertilización pendiente 8-25 %

Tabla 13. Cálculo de la CICE pendiente 8-25 %.

Bases intercambiables	cmol kg⁻¹	Enmiendas	cmol kg⁻¹
Ca ⁺⁺	16,4	2,2	18,6
Mg ⁺⁺	3,4	0,9	4,4
K ⁺	1,1	0,1	1,2
Na	0,9		0,9
Al ⁺³ + H ⁺	5,3		
Al ⁺³	4,4		
CICE 1	26,3	CICE 2	25,1

El pH del suelo en la pendiente 8-25 % es de 4,5; se encuentra en el rango ácido por debajo del óptimo para el cultivo de papa; se realizara el encalado del suelo hasta llegar a los valores óptimos de 5,6 a 6,5; (Yara, 2018).

Tabla 14. Enmienda y relación de cationes pendiente 8-25 %.

	Enmienda			Relación de cationes cmol kg⁻¹			
	Antes	Esperado	Rango Optimo	Antes	Esperado	Rango Optimo	
% SB Ca	62,4	74,2	(60 - 70) %	Ca/Mg	4,8	4,3	2,0 - 5,0
% SB Mg	12,9	17,4	(12 - 25) %	Mg/ K	3,0	3,7	2,5 - 15
% SB K	4,3	4,7	(5 - 10) %	Ca+Mg/K	17,7	19,6	10 - 40.

Al realizar la relación de cationes, mediante la aplicación de calpac dolomix se puede subir los cationes hasta los rangos óptimos para el cultivo de la papa; se lo plantea aplicar antes de la siembra de la papa, de preferencia al inicio de la época lluviosa del sector de estudio.

Tabla 15. Resumen del encalado pendiente 8-25 %.

Resumen	Kg/Ha	m2	kg/área total	kg/surco	Sacos (45 kg)
DOLOMIX	4156,5	378,0	157	5,2	3,5
	kg/ha	g/planta	N° plantas	Total	
SULPOMAG	268,0	10,7	1716	18,4	

Tabla 16. Etapas de fertilización pendiente 8-25 %.

	Fertilizantes	g/planta	kg/ha
Etapas: INICIAL	Yaramila Complex (12-11-18)	3,0	75,0
	Yaramila Rafos (12-24-12)	3,0	75,0
	Fosfato mono potásico	2,9	72,9
	Muriato de potasio	0,5	13,3
	Fertilizantes	g/planta	kg/ha
Etapas: FLORACIÓN Y TUBERIZACIÓN.	Yara Abotek (15-4-23)	16,7	418,0
	Yararega Azutek (13-4-25)	19,3	482,3
	Fosfato mono potásico	5,4	134,2
	Muriato de potasio	1,9	47,7
	Fertilizantes	g/planta	kg/ha
Etapas: FINAL	Nitrato de potasio	5,1	126,7

Los contenidos en kg ha⁻¹ de fertilizantes, se plantearon en base a los requerimientos del cultivo de papa referida en la técnica del elemento faltante, la relación de cationes del cultivo. Se debe señalar que la densidad de siembra de la papa en este sector es de 0,4 m entre planta y 1,0 m entre hilera.

La aplicación de los fertilizantes se debe realizar en las diferentes etapas fenológicas del cultivo de la papa, el encalado del suelo se lo hace previo a la siembra para que el Al⁺³ pueda ser neutralizado con el S de la calpac Dolomix.

6.2.3. Plan de fertilización pendiente >25 %

Tabla 17. Cálculo de la CICE pendiente >25 %.

Bases Intercambiables	cmol kg ⁻¹	Enmiendas	cmol kg ⁻¹
Ca ⁺⁺	13,1	2,1	15,2
Mg ⁺⁺	1,6	1,1	2,7
K ⁺	0,3	0,2	0,5
Na	1,3		1,3
Al ⁺³ + H ⁺	5,3		
Al ⁺³	4,2		
CICE 1	20,5	CICE 2	19,8

El pH del suelo pendiente (>25%) es de 4,5; se encuentra en el rango ácido por debajo del óptimo para el cultivo de papa; se realizara el encalado del suelo hasta llegar al óptimo de 5,6 a 6,5; (Yara, 2018).

Tabla 18. Enmienda y relación de cationes pendiente > 25 %.

	Enmienda			Relación de cationes cmol kg ⁻¹			
	Antes	Esperado	Rango Optimo	Antes	Esperado	Rango Optimo	
% SB Ca	63,9	76,9	(60 - 70) %	Ca/Mg	8,2	5,6	2,0 - 5,0
% SB Mg	7,8	13,7	(12 - 25) %	Mg/ K	5,7	5,4	2,5 - 15
% SB K	1,4	2,5	(5 - 10) %	Ca+Mg/K	52,5	35,5	10 - 40.

Al realizar la relación de cationes, tenemos deficiencia de K, para este caso se adiciono 0,23 cmol kg⁻¹ de K, con este valor se aproxima la relación de cationes a los rangos óptimos, con el sulpomag y K Cl se pretende complementar este elemento, se lo plantea aplicar antes de la siembra de la papa, de preferencia al inicio de la época lluviosa del sector de estudio.

Tabla 19. Resumen del encalado pendiente >25 %.

Resumen	Kg/ha	m ²	kg/área total	kg/surco	Sacos (45 kg)
DOLOMIX	3354,4	475,2	159	4,83	3,54
	kg/ha	g/planta	N° plantas	Total	
SULPOMAG	679,7	27,2	2160	59	
KCI	112,2	4,4	2160	9,7	

Tabla 20. Etapas de fertilización pendiente > 25 %.

	Fertilizantes	g/planta	kg/ha
Etapas: INICIAL	Yaramila Complex (12-11-18)	3,0	75,0
	Yaramila Rafos (12-24-12)	3,0	75,0
	Fosfato mono potásico	2,9	72,9
	Muriato de potasio	0,5	13,3
	Fertilizantes	g/planta	kg/ha
Etapas: FLORACION Y TUBERIZACIÓN.	Yara Abotek (15-4-23)	21,0	526,2
	Yararega Azutek (13-4-25)	24,3	607,1
	Fosfato mono potásico	6,8	168,9
	Muriato de potasio	2,4	60,0
	Fertilizantes	g/planta	kg/ha
Etapas: FINAL	Nitrato de potasio	18,1	451,3

Los contenidos en kg ha⁻¹ de fertilizantes, se plantearon en base a los requerimientos del cultivo de papa basada en la técnica del elemento faltante, la relación de cationes del cultivo. Se debe señalar que la densidad de siembra de la papa en este sector es de 0,4 m entre planta y 1,0 m entre hilera.

La aplicación de los fertilizantes se debe realizar en las diferentes etapas fenológicas del cultivo de la papa, el encalado del suelo se lo hace previo a la siembra para que el Al⁺³ pueda ser neutralizado con el S de la calpac Dolomix.

7. Discusión

7.1. Comparación de la fertilidad del suelo por el método de Olsen modificado y la técnica del elemento faltante.

Correspondencia entre la evaluación biológica y el análisis químico.

En el Anexo 13, se evidencia la Tabla de biomasa de la planta indicadora de tomate, en donde la SC registra los mayores valores en g correlacionado con lo que mencionan Tandazo, (2019); Zambrano, (2019) en estudios realizados en sistemas agroforestales con café en la provincia de Loja y Alemán, (2013); Loaiza, (2013); Castillo, (2014); Zhunaula, (2016) y Rogel, (2021), con distintos cultivos utilizando la evaluación biológica con la técnica del elemento faltante. Dando como resultado mayor contenido de biomasa en la pendiente (8-25 %) respecto a la de >25%. Esta diferencia probablemente se debe a que los suelos de la pendiente > 25 % son muy ácidos, además las altas precipitaciones provocan lixiviación y arrastre de los nutrientes Ca, Mg y K. Al ser los suelos muy ácidos se reduce la disponibilidad de los macro nutrientes y aumenta el contenido de Fe, Cu y Mn lo que genera toxicidad en el suelo.

Las soluciones Cu, -Mn, y -Fe presentaron correspondencia entre el peso de la biomasa en la evaluación biológica y la concentración del nutriente disponible del análisis químico a partir de la extracción con la solución de Olsen Modificada, concordando por lo expuesto por Tandazo, (2019) ante la correlación de -Zn, -Mn y -Fe. Al respecto, Zambrano, (2019) en -Mg y -Fe. (Aguirre, 2017) en -Mn y -Mg. Aucatoma, (2017), menciona que el extractante de Olsen Modificada, cuantifica el nutriente disponible en suelos de pH neutro a alcalino.

Así mismo, Lima (2023), en su estudio menciona que los nutrientes que no presentaron correspondencia entre la evaluación biológica y el análisis químico fueron el P, N, K, Cu, y B. Las soluciones -Mg, -S, -Zn, -Mn, y -Fe presentaron correspondencia.

INTAGRI S.C, (2014) menciona que los suelos ácidos presentan un desafío para la agricultura, ya que pueden afectar negativamente el crecimiento de las plantas al limitar la disponibilidad de nutrientes esenciales. En la gestión de suelos ácidos, es fundamental ajustar el pH del suelo para mejorar su fertilidad y productividad (Aguirre, 2017). Los suelos del sector Simón Bolívar son de tipo ácido, generando que macro y micro nutrientes no estén disponibles para el cultivo de papa.

Solución – N. En la evaluación biológica el N se encuentra en el rango muy bajo. Según Navarro & Navarro, (2013) manifiesta que en el caso del N, P y K su baja disponibilidad en el suelo está en función de las bajas temperaturas que hacen disminuir el contenido de nitrógeno en el suelo, por lo tanto no se encuentra disponible para el cultivo. La baja disponibilidad de este elemento se debe a las altas precipitaciones ocasionan lixiviación del nutriente, donde las raíces de las plantas no lo pueden tomar, en el suelo de la pendiente >25 % el contenido de N es menor respecto a la pendiente 0-8 %, sin embargo, en la pendiente >25 % presenta un mayor contenido de materia orgánica (11,2 %), la cual no se encuentra mineralizada por las bajas temperaturas y uso de suelo (pajonal). La solución de Olsen modificado extrae todas las formas de nitrógeno en el suelo por lo que el resultado es superior al de la evaluación biológica. Además, el pH bajo (4,5) genera que los nutrientes no estén disponibles en el suelo inhabilitando el crecimiento de la planta.

Solución – P. En la evaluación biológica el P se encuentra en un rango muy bajo. Los bajos contenidos de fósforo en el suelo son ocasionados por: extracción de cultivos, lixiviación, erosión y volatilización (Zoberbac, 2019). Los resultados reportados por la técnica del elemento faltante muestran que el contenido de fósforo en la pendiente 0-8 % es superior respecto a la pendiente >25 %, probablemente debido a las altas precipitaciones en estas zonas laderas provoca la lixiviación de este elemento y el contenido de Al^{+3} fija al fosforo formando fosfatos de aluminio.

Solución - K. En la evaluación biológica el K se encuentra en el rango bajo. Navarro & Navarro, (2013) menciona cuanto mayor sea el grado de saturación del calcio, mayor será la adsorción al coloide del potasio de la disolución del suelo. En el suelo de la pendiente >25 % se tiene mayor saturación del calcio esto genera que el contenido de K sea bajo, además en estas zonas de ladera es probable que las altas precipitaciones ocasionen la pérdida por lixiviación. Con la solución de Olsen modificado el K se encuentra en un rango alto por tanto no existe correlación entre el análisis químico y la evaluación biológica. (Alfaro et al., 2019) recomienda la solución de Mehlich 1 como una buena opción para suelos ácidos y contenidos bajos de materia orgánica, pero no aconsejable para suelos de origen calcáreo, lo que limitaría su eficiencia.

Solución - Mg. Sela, (2020), menciona que dentro de los factores que afectan la disponibilidad y absorción afecta: bajo pH del suelo, bajas temperaturas, suelos con condiciones secas y altos niveles de elementos competitivos, tales como el potasio y el calcio.

En el suelo de pendiente 0-8 % el contenido de Mg es mayor respecto al suelo de pendiente >25 %, esto es debido al pH del suelo de 4,5 en cual se encuentra en un rango ácido generando que la solubilidad del Mg disminuya, sumado a esto el exceso de calcio hace que este elemento se encuentre poco disponible. La altitud influye en que este nutriente se encuentre disponible

Solución – S. Sierra et al., (2007) menciona que el azufre al ser aplicado al suelo está sujeto a oxidación microbológica, a través de la cual se transforma a sulfato en condiciones aeróbicas, provocando un incremento del pH. En el área de pendiente 0-8 % el contenido de S es mayor respecto al suelo de pendiente >25 %, el alto contenido de la materia orgánica es un indicador que no existe una mineralización de la MO, las altas precipitaciones también generan pérdida por lixiviación. Esto evidencia que el S se encuentre en mayor contenido en suelos que tengan un pH no ácido.

Solución – Zn. La absorción de zinc tiene lugar, predominante, como catión divalente Zn^{++} a niveles bajos de pH; como catión monovalente, $Zn OH^+$, lo hace a pH elevados; cantidades elevadas de otros cationes, como el Ca^{++} , inhibe su absorción. Según Aguirre, (2017), menciona los niveles de zinc para este sector son bajos. En el suelo con pendiente 0-8 % el contenido de Zn es mayor respecto al suelo con pendiente >25 %, el alto contenido de materia orgánica genera que este elemento no esté a disponible, además en pH menor a 7 la concentración de Zn baja.

Solución - Cu. Sela, (2020) indica que la disponibilidad de cobre en el suelo aumenta en un pH menor de 7,0 y disminuye a valores más altos del mismo, esto debido a la fijación de los minerales de arcilla. En el suelo de pendiente >25 % respecto al suelo de pendiente 0-8 %, el Cu es alto debido al pH de 4,5 que presenta la zona de estudio. Cuanto menor sea el pH del suelo va a aumentar el contenido de Cu.

Solución – Mn. Las reacciones del manganeso en el suelo son complejas. Los dos factores principales que afectan la disponibilidad de manganeso son el pH y las condiciones de reducción oxidación (Álvarez, 2023). La materia orgánica del suelo, la actividad microbiana, la temperatura del suelo y las variaciones estacionales afectan la disponibilidad de manganeso para las plantas (Sela, 2020). En la pendiente 0-8% el contenido de Mn es menor respecto a la pendiente >25 %, probablemente debido a condiciones climáticas, sumado a esto el pH ácido y la gran cantidad de materia orgánica no mineralizada del suelo.

Solución – B. Agusti, (2010), manifiesta que, la absorción de boro se produce, mayoritariamente, como ácido bórico, para ello necesita suelos ligeramente ácidos; a $pH > 8$

la presencia de ácido bórico es escasa ya que acepta OH⁻ en lugar de ceder. En el suelo con pendiente 0-8 % se encuentra mayor contenido de B en el suelo respecto al de pendiente >25 %, esto se debe a que en la pendiente 0-8 % tiene un pH medianamente ácido, también la materia orgánica aporta los nutrientes al suelo mediante la mineralización, lo que no ocurre en el suelo con pendiente >25 %.

Solución – Fe. Mata, (2021) indica que el hierro es necesario para la clorofila, fotosíntesis, respiración, etc. La falta de este elemento provoca desequilibrios muy graves en la planta, llegando en algunos casos a la pérdida del cultivo. En el suelo con la pendiente 0-8 % el crecimiento de las raíces fue mayor respecto al suelo con pendiente >25 %, la acidez más el alto contenido de hierro causa un crecimiento lento y nulo. El alto contenido de Fe genera toxicidad, causando que las plantas no puedan desarrollarse adecuadamente.

Testigo. Tandazo, (2019) menciona que los valores promedio de biomasa seca se encontraron entre 0,5 y 0,6 g, todas las plantas presentaron un contenido de biomasa seca muy bajo en relación con la solución completa cuya proporción entre la (SC), que corresponde al rango bajo en el análisis biológico. Las plantas testigo en las tres unidades de suelo el contenido de biomasa fue bajo.

7.2. Propuesta de un plan de fertilización para el cultivo de papa con los resultados de Olsen modificado y los de la técnica del elemento faltante en el sector seleccionado.

El plan de fertilización fue elaborado tomando en cuenta las etapas fenológicas del cultivo, utilizando las curvas de absorción del cultivo (Bertsch, 2003) para ser aplicada según la planta lo necesite, alcanzando una mayor producción y mejorando la calidad de los tubérculos en papa (Arteaga et al., 2022) y disminuir pérdidas por fijación, lixiviación o volatilización de fertilizantes. Monsalve et al., (2020), concuerda que el efecto que tiene la aplicación fraccionada de fertilizantes sobre el cultivo y el suelo genera un impacto positivo en el rendimiento. Los suelos del sector Simón Bolívar son deficientes en Mg y K concordando con lo expuesto por Aguirre, (2017), quien en su estudio expone que los nutrientes deficientes fueron el N, P, K y Mg.

En la pendiente 0-8 %, el porcentaje de saturación de bases el % Ca 74,9; % Mg 15,7; % K 2,4, y la relación de cationes Ca Mg⁻¹: 4,7; Mg K⁻¹: 6,5; (Ca+Mg) K⁻¹: 37,6; cmol kg⁻¹ no está acorde a los rangos adecuados para el cultivo de papa, en la Tabla 2, por lo tanto, se realizó una enmienda aplicando cal dolomix (36 % CO₃; 10 % MgO; 26 % SO₄), 1603,3 kg ha⁻¹,

sulpomag 303,9 kg ha⁻¹ y cloruro de potasio 150,54 kg ha⁻¹. Proporcionando 0,75 meq de Ca, 0,39 meq de Mg y 0,12 meq de K mediante esta aplicación se mejora la saturación de bases y obteniendo una relación de cationes Ca Mg⁻¹: 4,4; Mg K⁻¹: 5,9; (Ca+Mg) K⁻¹: 32; cmol kg⁻¹ los cuales están dentro de los rangos.

En la pendiente 8-25 %, el porcentaje de saturación de bases el % Ca 62,4; % Mg 12,9; % K 4,3, y la relación de cationes Ca Mg⁻¹: 4,8; Mg K⁻¹: 3; (Ca+Mg) K⁻¹: 17,7; cmol kg⁻¹ no está acorde a los rangos mencionados por Hernández, (2022) para el cultivo de papa, en la Tabla 2, por lo tanto se realizó una enmienda aplicando cal dolomix (36% CO₃; 10% MgO; 26% SO₄), 2493,9 kg ha⁻¹ y sulpomag 268 kg ha⁻¹. Proporcionando 1,3 meq de Ca, 0,62 meq de Mg y 0,05 meq de K mediante esta aplicación se mejora la saturación de bases y obteniendo una relación de cationes Ca Mg⁻¹: 4,4; Mg K⁻¹: 3,4; (Ca+Mg) K⁻¹: 18; cmol kg⁻¹ los cuales están dentro de los rangos.

En la pendiente >25 %, el porcentaje de saturación de bases el %Ca 63,9; %Mg 7,8; % K 1,4, y la relación de cationes Ca Mg⁻¹: 8,2; Mg K⁻¹: 5,7; (Ca+Mg) K⁻¹: 52,57; cmol kg⁻¹ no está acorde a los rangos óptimos para el cultivo de papa, expuestos en la Tabla 2, por lo tanto, se realizó una enmienda aplicando cal dolomix (36% CO₃; 10% MgO; 26% SO₄), 3354,4 kg ha⁻¹, sulpomag 679,7 kg ha⁻¹ y cloruro de potasio 112,2 kg ha⁻¹. Proporcionando 2,1 meq de Ca, 1,12 meq de Mg y 0,23 meq de K mediante esta aplicación se mejora la saturación de bases y obteniendo una relación de cationes Ca Mg⁻¹: 5,6; Mg K⁻¹: 5,4; (Ca+Mg) K⁻¹: 35,5; cmol kg⁻¹ los cuales están dentro de los rangos. (Catalán, 2016) menciona que para incrementar el pH del suelo es necesario hacer una aplicación de roca caliza, lo que mejora el suelo generando que los nutrientes se encuentren a disposición de las plantas.

8. Conclusiones

En la evaluación del elemento faltante, el P, N, Zn y S resultaron ser los elementos más deficientes en las tres unidades de suelo.

El N, P, K, Mg, S, Zn, Cu, Fe y B no presento correspondencia entre el peso de la biomasa seca de la evaluación biológica con la concentración del nutriente disponible del análisis químico en las tres unidades de suelo.

Para incrementar el pH del suelo y neutralizar el Al^{+3} , se propuso aplicar 1603,3 kg ha^{-1} ; 2493,9 kg ha^{-1} y, 3354,4 kg ha^{-1} de cal dolomix. En las pendientes del suelo 0-8%, 8-25% y >25% respectivamente.

Propuesta de aplicación de nutrientes para el cultivo de la papa: N:175; P:70; K:284; Ca: 113; Mg: 113; S:123; Zn: 6; B: 2; kg ha^{-1} .

9. Recomendaciones

Principalmente se recomienda dar seguimiento con la investigación preliminar y aplicar el plan de fertilización en base al análisis químico y otro al EF para obtener mejores resultados y así deducir cual es más seguro y favorable para el sector agrícola.

Utilizar recipientes de color oscuro (vasos – tarrinas) para que no haya proliferación de algas afecten a la solución nutritiva.

Desarrollar el ensayo en un ambiente controlado que no se contamine de plagas.

Para evaluar la fertilidad del suelo con el método del EF, se debe utilizar otras soluciones extractoras en función de las características físicas del suelo, tomando en cuenta que cada solución extractora ha sido planteada para un tipo de suelo determinado.

En suelos ácidos no utilizar la solución de Olsen Modificado este método es apropiado para la extracción del elemento P y funciona con mayor precisión en suelos de origen calcáreos con pH neutro a alcalino.

10. Bibliografía

- AEFA. (2018). *El azufre como fertilizante – AEFA – Asociación Española de Fabricantes de Agronutrientes*. <https://aefa-agronutrientes.org/el-azufre-como-fertilizante>
- Aguirre, V. (2017). *EVALUACIÓN QUÍMICA Y BIOLÓGICA DE LA FERTILIDAD DE UN SUELO DESARROLLADO SOBRE ANDESITA EN EL SECTOR SAN VICENTE DE LA PARROQUIA CHUQUIRIBAMBA, CANTÓN LOJA*. <https://dspace.unl.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/19302/1/VALERIA%20STEFANIA%20AGUIRRE%20VASQUEZ.pdf>
- Agusti, M. (2010). *Fruticultura*. Ediciones Mundi-Prensa.
- Alemán, M. (2013). *EVALUACION BIOLOGICA DE LA FERTILIDAD DEL SUELO DE LA QUINTA EXPERIMENTAL PUNZARA UTILIZANDO DOS ESPECIES DE PASTOS RAY GRASS (Lolium perenne) Y TREBOL BLANCO (Trifolium(1)).pdf*.
- Alfaro, M., Monzon, C., & Piril, V. (2019). *Evaluación de metodologías de extracción, para el análisis químico de suelos de los departamentos de Zacapa y Chiquimula en el Laboratorio de Suelos y Plantas de ICTA*.
- Alfaro, M., & Piril, V. (2019). *Evaluación de metodologías de extracción, para el análisis químico de suelos de los departamentos de Zacapa y Chiquimula en el Laboratorio de Suelos y Plantas de ICTA*.
- Álvarez, J. (2023). *Manganeso: Deficiencia en plantas cultivadas y su corrección*.
- Arteaga, G. A., Ortiz Calle, R. S., Cartagena Ayala, Y. E., Arteaga Chamorro, G. A., Ortiz Calle, R. S., & Cartagena Ayala, Y. E. (2022). Dinámica de la absorción de nutrimentos en el cultivo de papa (*Solanum tuberosum*) variedad Superchola, para la producción de semilla prebásica. *Siembra*, 9(2). <https://doi.org/10.29166/siembra.v9i2.3481>
- Aucatoma, I. (2017). *ELABORACIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE UN MATERIAL DE REFERENCIA INTERNO DE SUELOS PARA LOS MACRO ELEMENTOS P, K, Ca y*

Mg EXTRAÍDOS CON OLSEN MODIFICADO PARA ANÁLISIS EN SUELOS CAÑEROS DEL ORDEN INCEPTISOL, ENTISOL Y VERTISOL DE LA CUENCA BAJA DEL RÍO GUAYAS. <https://www.dspace.espol.edu.ec/retrieve/05ff2147-dadf-41c6-9597-d92a03355c64/D-CD102872.pdf>

Bertsch, F. (2003). *ABSORCIÓN DE NUTRIMENTOS POR LOS CULTIVOS: INFORMACIÓN DISPONIBLE Y USOS DE LOS ESTUDIOS DE ABSORCIÓN.*

Carbonero, P. (2013). *Química del suelo y los fertilizantes.*

Castillo, F. (2014). *CORRESPONDENCIA ENTRE LA EVALUACIÓN QUÍMICA Y BIOLÓGICA DE LA FERTILIDAD ACTUAL DE SUELOS DE ORIGEN VOLCÁNICO EN DOS UNIDADES PRODUCTIVAS DE LAS PROVINCIAS DE LOS RÍOS Y ESMERALDAS.*

Catalan, G. (2016, noviembre 8). [Es]El pH del suelo en la agricultura[:fr]Le pH du sol[:]. *Agropal.* <https://agropal.com/es/el-ph-del-suelo/>

Celaya-Michel, Hernán & Castellanos-Villegas, Alejandro E. (2011, marzo 11). *Mineralización de nitrógeno en el suelo de zonas áridas y semiáridas.* https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0187-57792011000300343

Curiñaupa, E. (2017). *USO DE LA TÉCNICA DEL ELEMENTO FALTANTE EN LA EVALUACIÓN DEL ESTADO NUTRICIONAL DE SUELOS AGRÍCOLAS DE KIMBIRI, CUSCO.*

Del monte, S. (2023, enero 17). Producción de papa en Ecuador y su importancia. *Del Monte AG.* <https://delmonteag.com.ec/produccion-de-papa-en-ecuador-y-su-importancia/>

especialistasweb. (2021, diciembre 1). Magnesio, el macronutriente olvidado. *DFGRUPO.* <https://www.dfgrupo.com/magnesio-el-macronutriente-olvidado/>

- Esto es agricultura. (2020, marzo 10). *El Manganeso En El Suelo Agrícola*.
<https://estoesagricultura.com/el-manganeso-en-el-suelo-agricola/>
- FERTILAB. (2015). *Importancia del calcio en la agricultura*.
- Gonzalez, L. (2023, agosto 8). El cobre: Importancia y funciones en la planta. *Metroflor*.
<https://www.metroflorcolombia.com/el-cobre-importancia-y-funciones-en-la-planta/>
- Guadalquivir, L. L. y S. A. (2020, abril 13). ¿Es el Boro un arma de Doble Filo? *Labiser*.
<https://labiser.es/boro-para-plantas/>
- Harris, W. (2020, agosto 27). *Requerimientos Nutricionales de la Papa – Potato News*.
<https://es.potatoes.news/potato-nutritional-requirements/Daily-News>
- Hernandez, L. (2022). *Plan de fertilización del área agrícola,.pdf*.
- IDEAM. (2017). *Suelo—IDEAM*. <http://www.ideam.gov.co/web/siac/suelo>
- Infoagro. (2016, diciembre 14). El boro en el suelo. *Revista InfoAgro México*.
<https://mexico.infoagro.com/el-boro-en-el-suelo/>
- Infoagro. (2017, julio 12). Nutrientes presentes en el suelo. *Revista InfoAgro México*.
<https://mexico.infoagro.com/nutrientes-presentes-en-el-suelo/>
- Inostroza, J. (2018). *Fertilizacion papa.pdf*.
- INTAGRI. (2015). *El Magnesio en el Suelo y su Efecto en las Raíces | Intagri S.C*.
<https://www.intagri.com/articulos/suelos/el-magnesio-en-el-suelo-y-su-efecto-en-las-raices>
- INTAGRI. (2016). *Nutrición de Cultivos con Zinc | Intagri S.C*.
<https://www.intagri.com/articulos/nutricion-vegetal/nutricion-cultivos-zinc>
- INTAGRI. (2017a). *El Cobre en la Nutrición Vegetal | Intagri S.C*.
<https://www.intagri.com/articulos/nutricion-vegetal/el-cobre-en-la-nutricion-vegetal>

- INTAGRI. (2017b). *Fijación de Potasio en el Suelo* / Intagri S.C.
<https://www.intagri.com/articulos/suelos/fijacion-de-potasio-en-el-suelo>
- Jimenez, C. (2017, enero 23). *Interpreting Your Soil Test Results* [Text]. Center for Agriculture, Food, and the Environment. <https://ag.umass.edu/soil-plant-nutrient-testing-laboratory/fact-sheets/interpreting-your-soil-test-results>
- Larrazabal, M. (2020, octubre 23). *¿Cuáles son las funciones del Molibdeno en la nutrición de los cultivos?* Sembralia. <https://sembralia.com/blogs/blog/cuales-son-las-funciones-del-molibdeno-en-la-nutricion-de-los-cultivos>
- LAT Nitrogen. (2016). <https://www.lat-nitrogen.com>
- Lima, K. (2023). *Evaluación química y biológica de la fertilidad del suelo en los sistemas agroforestales con café en el sector Guanga perteneciente al Cantón Olmedo*. https://dspace.unl.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/28130/1/KarinaMercedes_LimaYupanqui.pdf
- Loaiza, G. (2013). *EVALUACIÓN BIOLÓGICA DE LA FERTILIDAD DE UN SUELO DESARROLLADO SOBRE GRANODIORITA, TRATADO CON CARBÓN VEGETAL, CAL Y NUTRIENTES EN EL SUR DE LA AMAZONÍA ECUATORIANA*. <https://dspace.unl.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/11367/1/TESIS.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*. <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>

- MADRA. (2019, julio 19). *Calcio: Su importancia en los cultivos y suelos*. Máster Universitario Oficial en Agroecología, Desarrollo Rural y Agroturismo. <https://agroecologia.umh.es/2019/07/19/calcio-importancia-los-cultivos-suelos/>
- Mata, G. E. (2021). *IMPORTANCIA DEL HIERRO (Fe) EN LA AGRICULTURA*.
- Metroflor-agro. (2021). *Calcio: Su importancia en los cultivos y suelos*. <https://agroecologia.umh.es/2019/07/19/calcio-importancia-los-cultivos-suelos/>
- Monsalve, O. I., Espitia, E. M., & Bolaños-Benavides, M. M. (2020). Split fertilization as a strategy to reduce the amount of fertilizer applied in potato crops from Colombia. Case of study. *Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas*, 14(2), Article 2. <https://doi.org/10.17584/rcch.2020v14i2.10523>
- Monteros, A. (2021). *Producción del cultivo de papa en el Ecuador*. <https://repositorio.iniap.gob.ec/bitstream/41000/5746/1/iniapsc407.pdf>
- MUÑOZ, J. (2019). *Fertilidad del suelo*.
- Navarro, G., & Navarro, S. (2013). *Química agrícola: Química del suelo y de los nutrientes esenciales para las plantas: Autor(es) GINES NAVARRO GARCIA, SIMÓN NAVARRO GARCÍA : Mundiprensa.com: Libros: ISBN 9788484766568*. <https://www.mundiprensa.com/catalogo/9788484766568/quimica-agricola--quimica-del-suelo-y-de-los-nutrientes-esenciales-para-las-plantas>
- NOVATEC. (2014). *Programa de fertilización en papa*. https://www.compo-expert.com/sites/default/files/2020-10/Programa_Papas.pdf
- Orchardson, E. (2020, diciembre 4). El nitrógeno en la agricultura. *CIMMYT*. <https://www.cimmyt.org/es/noticias/el-nitrogeno-en-la-agricultura/>

- PRO-MIX. (2017). *La función del zinc en el cultivo de plantas.*
<https://www.pthorticulture.com/es/centro-de-formacion/la-funcion-del-zinc-en-el-cultivo-de-plantas/>
- Pumisacho, M., & Sherwood, S. (2002). *El cultivo de la papa en Ecuador.*
- Quisuruco, E. (2014). *Aplicación de la técnica del elemento faltante y presente en la cuantificación de la dosis óptima de N, P, K en cebolla.*
- Restrepo, A. (2023, junio 29). *La importancia de la papa en Colombia.*
<https://blog.croper.com/la-importancia-de-la-papa-en-colombia/>
- Rogel, S. L. (2021). *EVALUACIÓN BIOLÓGICA DE FERTILIDAD DEL SUELO EN EL SECTOR CUCANAMÁ ALTO PERTENECIENTE A LA PARROQUIA VILCABAMBA.*
- Roldan, J.-A. (2016). (PDF) *TRABAJO DE GRADUACIÓN DETERMINACIÓN DEL NIVEL ... · trabajo de graduación determinación del nivel crítico de fósforo y potasio de los suelos de la franja transversal con la.* dokumen.tips.
<https://dokumen.tips/documents/trabajo-de-graduacin-determinacin-del-nivel-trabajo-de-graduacin-determinacin.html>
- Seipasa. (2021). *Hierro en las plantas y corrección de la clorosis férrica.* Seipasa.
<https://www.seipasa.com/es/blog/hierro-en-las-plantas-y-correccion-de-la-clorosis-ferrica/>
- Sela, G. (2019, octubre 5). *El cobre en las plantas | Cropaia.*
<https://cropaia.com/es/blog/cobre-en-las-plantas/>
- Sela, G. (2020). *FERTILIZACIÓN Y RIEGO.*
- Sierra, C., Lancellotti M, A., & Vidal P, I. (2007). Azufre Elemental como Corrector del pH y la Fertilidad de Alfumos Suelos de la III y IV Región de Chile. *Agricultura Técnica*, 67(2), 173-181. <https://doi.org/10.4067/S0365-28072007000200007>

Tandazo, K. F. T. (2019). *EVALUACIÓN QUÍMICA Y BIOLÓGICA DE LA FERTILIDAD DEL SUELO EN LOS SISTEMAS AGROFORESTALES CON CAFÉ DE LOS SECTORES CHAGUARPAMBA Y LOZUMBE.*

Valverde, F., Córdova, J., & Parra, R. (1998). *Fertilización del cultivo de la papa.* INIAP.
https://cipotato.org/wp-content/uploads/Documentacion%20PDF/Manual_fertilizacion_bajo.pdf

Yara. (2018, febrero 7). *Principios agronómicos en el cultivo de la papa | Yara Ecuador.* Yara
None. <https://www.yara.com.ec/nutricion-vegetal/papa/principios-agronomicos-en-el-cultivo-de-la-papa/>

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

Zhunaula, W. (2016). *Evaluación química y biológica de la fertilidad actual de un suelo, desarrollado sobre andesita en el sistema de riego La Era, canton Catamayo.*

Zoberbac. (2019, agosto 3). *Todo lo que hay que saber del fósforo en los cultivos agrícolas.*
<https://zoberbac.com/todo-lo-que-hay-que-saber-del-fosforo-en-los-cultivos-agricolas/>

11. Anexos

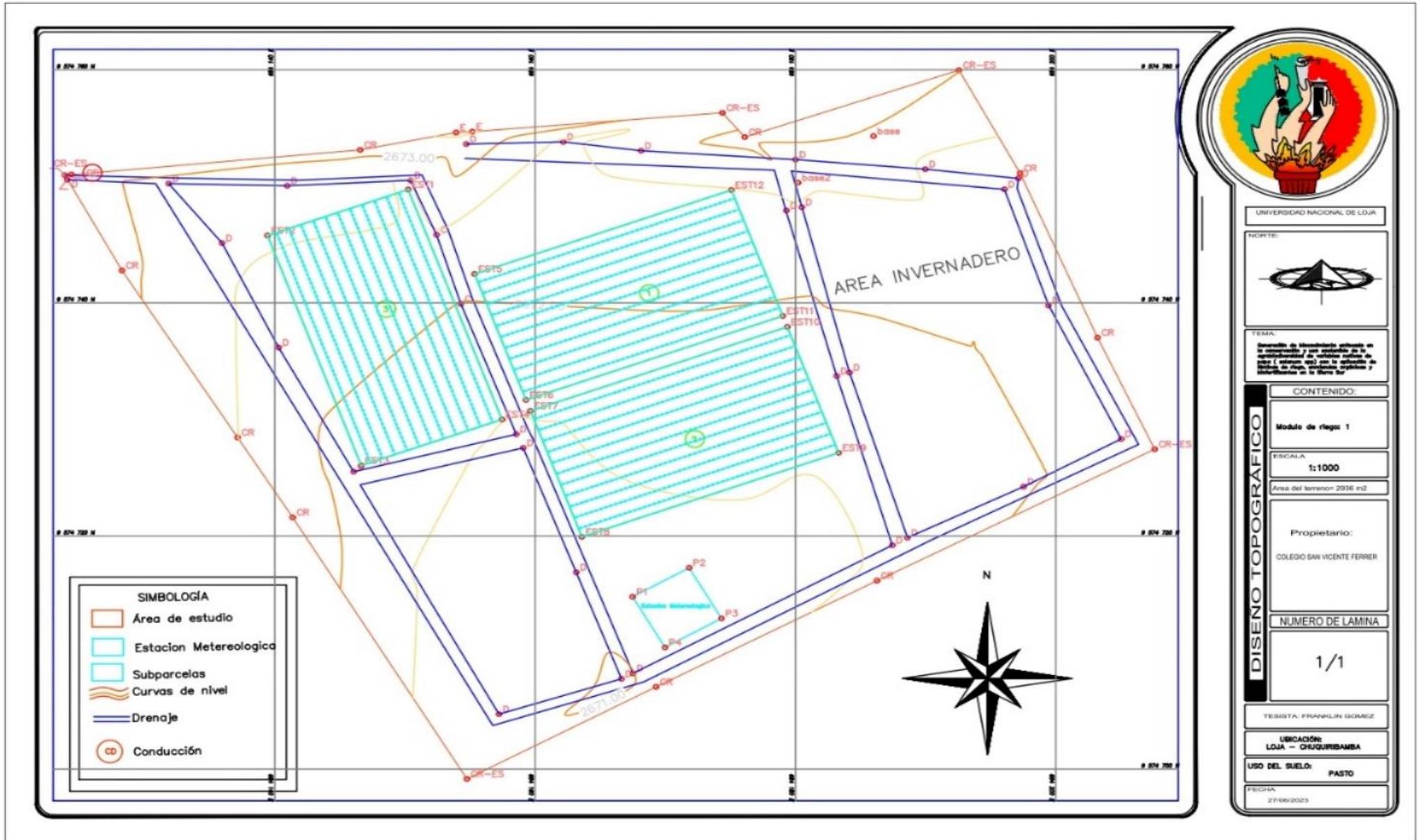
Anexo 1. Selección de parcelas

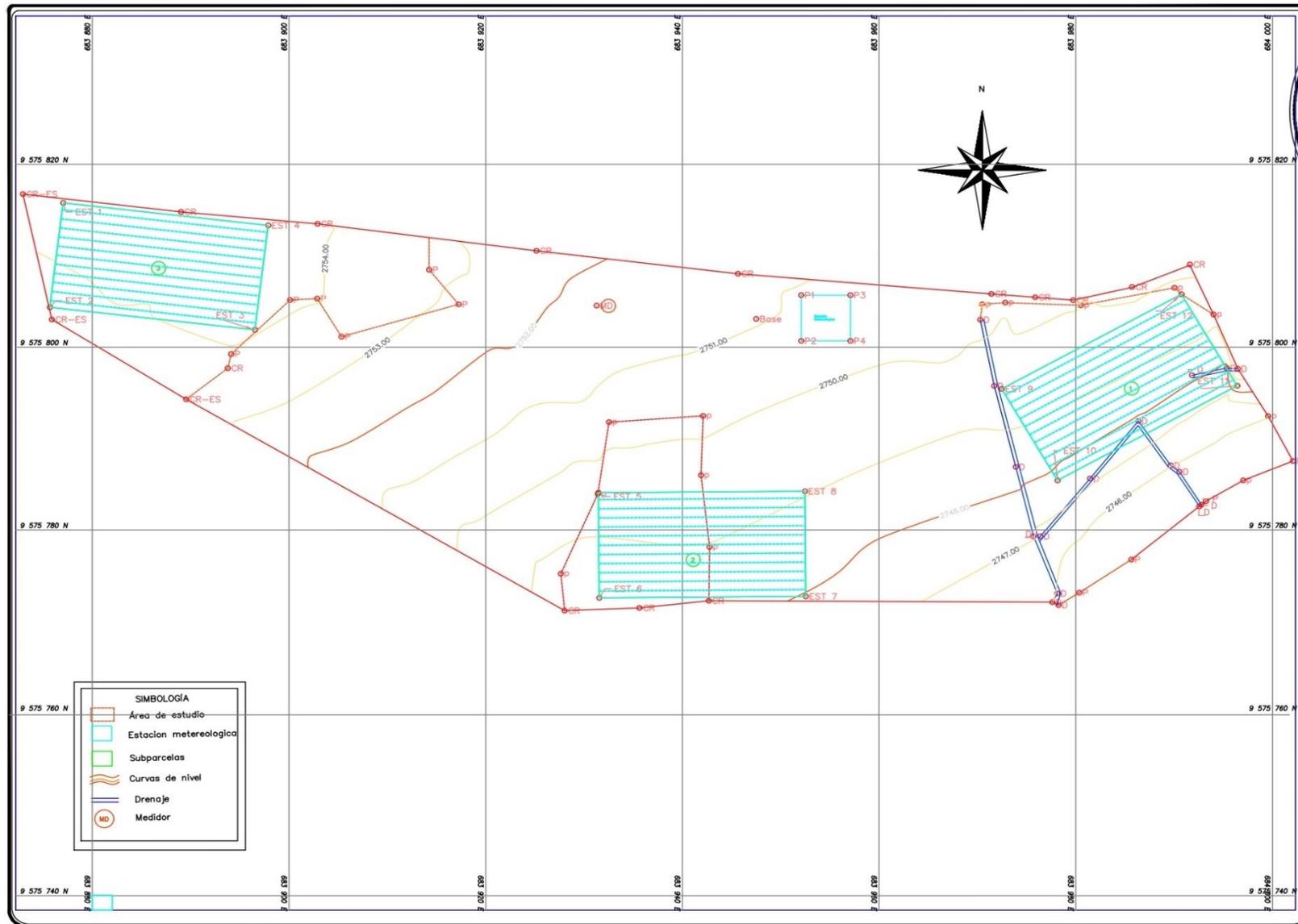


Anexo 2. Levantamiento topográfico



Anexo 4. Emplazamiento de las parcelas





UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA

NORTE:



TEMA:

Generación de bioacelerante enfocado en la conservación y uso sostenible de la agrobiodiversidad de variedades nativas de papa (Solanum sp.) con la aplicación de técnicas de riego, sembrados orgánicos y biofertilizantes en la Sierra Sur

CONTENIDO:

Modulo de riego: 1

ESCALA

1: 1000

Area de terreno: 227.83 m²

Propietario:
Rosa Orosco

NUMERO DE LAMINA

1/1

TESISTA: FRANKLIN GOMEZ

UBICACIÓN:
LOJA - CHUQUIRIBAMBA

USO DEL SUELO: Maíz

FECHA: 01/06/2023

DISEÑO TOPOGRAFICO

Anexo 5. Toma de muestras a 25 cm de profundidad



Anexo 6. Secado de las muestras de suelo



Anexo 7. Preparación de las soluciones nutritivas e instalación del ensayo de evaluación biológica.



Anexo 8. Tabla de reposición (ml) de las diferentes soluciones nutritivas.

Solución	Repetición	Día de siembra	4/12/2023	11/12/2023	18/12/2023	23/12/2023
SC	1	23/11/2023	130	221	105	104
SC	2	23/11/2023	120	204	103	104
SC	3	23/11/2023	150	224	104	101
-N	1	23/11/2023	130	200	100	103
-N	2	23/11/2023	110	211	103	101
-N	3	23/11/2023	200	224	100	104
-P	1	23/11/2023	150	217	103	104
-P	2	23/11/2023	150	213	102	104
-P	3	23/11/2023	160	218	103	103
-K	1	23/11/2023	150	217	101	100
-K	2	23/11/2023	200	213	104	104
-K	3	23/11/2023	180	214	102	104
-Mg	1	23/11/2023	130	219	101	101
-Mg	2	23/11/2023	150	218	101	103
-Mg	3	23/11/2023	170	229	104	102
-S	1	23/11/2023	205	222	102	100
-S	2	23/11/2023	210	203	100	102
-S	3	23/11/2023	210	204	104	105
-Zn	1	23/11/2023	180	205	102	101
-Zn	2	23/11/2023	210	202	101	103
-Zn	3	23/11/2023	200	205	101	101
-Mn	1	23/11/2023	200	226	100	102
-Mn	2	23/11/2023	200	218	102	103
-Mn	3	23/11/2023	200	225	102	104
-Cu	1	23/11/2023	180	201	103	101
-Cu	2	23/11/2023	180	224	103	101
-Cu	3	23/11/2023	180	207	103	105
-Fe	1	23/11/2023	200	201	101	104
-Fe	2	23/11/2023	200	213	100	101
-Fe	3	23/11/2023	200	200	100	101
-B	1	23/11/2023	200	215	100	101
-B	2	23/11/2023	200	226	101	102
-B	3	23/11/2023	200	201	105	101
Testigo	1	23/11/2023	200	201	102	104
Testigo	2	23/11/2023	200	204	102	100
Testigo	3	23/11/2023	200	206	102	101

Anexo 9. Medición de altura de la planta indicadora de tomate.



Anexo 10. Análisis de suelo

	ESTACION EXPERIMENTAL TROPICAL "PICHILINGUE" LABORATORIO DE SUELOS, TEJIDOS VEGETALES Y AGUAS Km. 5 Carretera Quevedo - El Empalme; Apartado 24 Quevedo - Ecuador Teléf: 052 783044 suelos.eetp@iniap.gob.ec									
REPORTE DE ANALISIS DE SUELOS										
DATOS DEL PROPIETARIO Nombre : BENITEZ SOTO GLADYS ESPERANZA Dirección : LOJA / LOJA Ciudad : LOJA Teléfono : 0996320452 Fax : gladys.benitez@unl.edu.ec	DATOS DE LA PROPIEDAD Nombre : Gladys Esperanza Provincia : Loja Cantón : Loja Parroquia : Chuquiribamba Ubicación : Chuquiribamba	PARA USO DEL LABORATORIO Cultivo Actual : Barbecho de maíz N° Reporte : 11511 Fecha de Muestreo : 10/12/2023 Fecha de Ingreso : 14/12/2023 Fecha de Salida : 23/2/2024								
N° Muest.	Datos del Lote Identificación Area	pH	ppm NH ₄ P	meq/100ml K Ca Mg	S	Zn	Cu	Fe	Mn	B
111505	MICPIHI	5,7 MeAc	29 M 60 A	0,42 A 14 A 3,0 A	15 M	5,1 M	19,4 A	222 A	21,1 A	0,16 B
111506	MILJPHI	4,5 MAc RC	22 M 33 A	0,20 M 13 A 1,3 M	11 M	1,0 B	2,9 M	226 A	14,6 M	0,57 M
111507	MIROP2HI	4,5 MAc RC	32 M 34 A	0,87 A 16 A 3,3 A	15 M	4,4 M	2,8 M	192 A	26,9 A	1,11 A



La muestra será guardada en el laboratorio por tres meses. Tiempo en el que se aceptarán reclamos en los resultados

INTERPRETACION pH MAz = Muy Acido LAc = Liger. Acido LAI = Lige. Alcalino RC = Requiere Cal B = Bajo Ac = Acido PN = Prac. Neutro MeAl = Media Alcalino M = Medio MeAc = Media Acido N = Neutro Al = Alcalino A = Alto	METODOLOGIA USADA pH = Suelo: agua (1:2,5) N,P,B = Colorimetría S = Turbidimetría K,Ca,Mg,Cu,Fe,Mn,Zn = Absorción atómica
	EXTRACTANTES Obten Modificado N,P,K,Ca,Mg,Cu,Fe,Mn,Zn Fosfato de Calcio Monobásico BS


 RESPONSABLE DPTO. SUELOS Y AGUAS


 RESPONSABLE LABORATORIO



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

REPORTE DE ANALISIS DE SUELOS

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

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



El usuario será responsable de la recolección de las muestras. Tiempo en el que se aceptarán reclamos en los resultados

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

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

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

+
RESPONSABLE DPTO. SUELOS Y AGUA

RESPONSABLE LABORATORIO



ESTACION EXPERIMENTAL TROPICAL "PICHILINGUE"
LABORATORIO DE SUELOS, TEJIDOS VEGETALES Y AGUAS

Km 5 Carretera Quevedo - El Empalme
Mocache - Ecuador Teléfono: 2783044 Ext. 201

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

Número de Laboratorio	Identificación de las Muestras	meq/100ml				
		K	Ca	Mg	Na	Suma
111505	MICPP1H1	0.49	15.23	3.20	1.31	17.65
111506	MILJP1H1	0.28	13.12	1.60	1.33	14.49
111507	M1ROP2H1	1.12	16.42	3.40	0.96	20.29

Observaciones:

Dr. Manuel Carrillo Zenteno
RESPONSABLE DPTO.

LABORATORISTA



Anexo 11. Medición de la altura de la planta indicadora.

Solución	30	45	50	60
SC	7,5	23	25	52
SC	6	16	28	36
SC	4	25	36	52
-N	5	5	6	11
-N	5	8	9	10
-N	4	5	7	11
-P	6	6	10	16
-P	5	15	25	30
-P	4	7	11	15
-K	5	11	15	20
-K	4	10	15	20
-K	6	15	24	28
-Mg	6	21	23	26
-Mg	6	19	26	30
-Mg	6	14	29	38
-S	6	25	39	45
-S	7	21	32	35
-S	4	5	11	15
-Zn	5	7	14	17
-Zn	5	18	30	32
-Zn	6	14	12	14
-Mn	6	19	30	39
-Mn	6	19	30	36
-Mn	6	12	22	30
-Cu	4	17	23	29
-Cu	5	21	35	38
-Cu	4	20	23	36
-Fe	6	20	28	38
-Fe	7	23	25	35
-Fe	5	20	29	42
-B	6	20	11	15
-B	5	20	34	44
-B	4	5	34	35
Testigo	4	5	8	9
Testigo	3	5	7	8
Testigo	6	6	8	8

Anexo 12. Fertilizantes utilizados y su concentración

Fertilizantes	N	P2O5	K2O
Yaramila Complex (12-11-18)	12	11	18
Yaramila Rafos (12-24-12)	12	24	12
Yara Abotek (15-4-23)	15	4	23
Yararega Azutek (13-4-25)	13	4	25
Fosfato mono potásico		34	52
Nitrato de potasio	13		44
Muriato de potasio			60

Anexo 13. Biomasa de la planta indicadora.

Solución	Pendiente	Biomasa seca			Media
		P1	P2	P3	
SC	(0-8)	5,11	4,98	5,15	5,08
SC	(8-25)	3,9	6,9	5,7	5,52
SC	(>25)	3,4	3,5	3,1	3,36
-N	(0-8)	0,4	0,2	0,1	0,24
-N	(8-25)	0,2	1,3	0,4	0,62
-N	(>25)	0,1	0,3	0,1	0,16
-P	(0-8)	1,1	1,4	0,8	1,09
-P	(8-25)	0,6	6,4	2,1	3,05
-P	(>25)	0,2	0,4	0,1	0,22
-K	(0-8)	2,1	3,2	1,4	2,24
-K	(8-25)	1,0	4,4	0,6	1,99
-K	(>25)	1,2	1,8	0,1	1,02
-Mg	(0-8)	1,5	2,6	0,1	1,40
-Mg	(8-25)	2,4	6,3	1,6	3,44
-Mg	(>25)	1,1	0,2	0,1	0,46
-S	(0-8)	2,1	3,9	2,1	2,71
-S	(8-25)	2,0	4,4	2,1	2,83
-S	(>25)	0,4	1,0	0,1	0,51
-Zn	(0-8)	2,1	3,1	0,4	1,87
-Zn	(8-25)	1,0	5,8	3,8	3,53
-Zn	(>25)	0,6	0,7	0,1	0,46
-Mn	(0-8)	2,7	2,2	2,1	2,36
-Mn	(8-25)	1,7	4,7	1,1	2,50
-Mn	(>25)	0,8	1,6	0,1	0,86
-Cu	(0-8)	1,3	3,0	2,1	2,12
-Cu	(8-25)	1,9	4,2	3,3	3,13
-Cu	(>25)	0,1	2,7	0,1	0,97
-Fe	(0-8)	1,2	2,5	1,7	1,81
-Fe	(8-25)	3,1	4,8	2,2	3,36
-Fe	(>25)	0,4	2,7	0,1	1,06
-B	(0-8)	2,8	3,2	0,6	2,20
-B	(8-25)	2,1	3,8	2,4	2,73
-B	(>25)	1,5	1,1	0,1	0,89
Testigo	(0-8)	0,3	0,2	0,1	0,20
Testigo	(8-25)	0,1	0,9	0,3	0,41
Testigo	(>25)	0,1	0,1	0,1	0,07

Anexo 14. Porcentaje de biomasa seca de la planta indicadora en el suelo.

Solución	Pendiente (0-8%)		Pendiente (8-25%)		Pendiente >25%	
	%	Interpretación	%	Interpretación	%	Interpretación
SC	100	Alto	100	Alto	10	Alto
-N	7,9	Muy bajo	18,9	Muy bajo	2,3	Muy bajo
-P	21,4	Muy bajo	92,2	Muy bajo	3,8	Muy bajo
-K	40,3	Bajo	63,1	Medio	26,1	Medio
-Mg	30,1	Bajo	91,3	Alto	25,4	Medio
-S	41,0	Bajo	63,3	Medio	9,1	Muy bajo
-Zn	40,7	Bajo	83,1	Alto	13,3	Muy bajo
-Mn	53,1	Medio	67,1	Medio	18,9	Muy bajo
-Cu	25,4	Bajo	60,2	Medio	2,3	Muy bajo
-Fe	23,1	Muy bajo	68,4	Medio	9,5	Muy bajo
-B	55,4	Medio	54,1	Medio	33,7	Medio

1. INTRODUCCIÓN

El objetivo de la presente investigación fue evaluar biológicamente la disponibilidad de los nutrientes con la finalidad de generar un plan de fertilización para la producción de papa en el barrio Simón Bolívar perteneciente al sistema de riego Aguarongo-Zañe ubicado en la parroquia Chuquiribamba.

Los análisis químicos que realizan los laboratorios de suelos del país, para evaluar la disponibilidad de los nutrientes, no siempre reflejan con veracidad la cantidad de los elementos aprovechables, por el siguiente motivo se planteó evaluar la fertilidad de los suelos del barrio Simón Bolívar, mediante la técnica del elemento faltante desarrollado por [Covvel](#) (1980) y adaptado por [Valarezo](#) (1985) utilizando como planta indicadora la planta de tomate de riñón.

Ante esto la UNL ha desarrollado varias investigaciones:

[Aguirre](#) (2017), en el sector San Vicente de la parroquia Chuquiribamba, concluyó que para las seis unidades de suelo en la evaluación biológica se evidencio que el N y P son bajos, mientras que en el análisis químico la determinación del valor es alto.

[Zhunaula](#) (2016), en seis unidades productivas del Sistema de riego L a Era, Cantón Catamayo, concluyó que para la mayoría de las unidades productivas en la evaluación biológica se evidencio que el N, P y K son bajos mientras en el análisis químico es alto.

[Castillo y Villavicencio](#) (2015), en suelos de cultivo en callejones de [Giricida senium](#), concluye que el N, P, K y Mn son bajos, mientras que en los análisis químicos es alto.

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivos específicos

Comparar la fertilidad del suelo por el método de Olsen modificado y la técnica del elemento faltante.

Proponer un plan de fertilización para el cultivo de papa con los resultados de Olsen Modificado y los de la técnica del elemento faltante en el sector seleccionado.

3. METODOLOGÍA

3.1 Ubicación del ensayo

El ensayo para la evaluación biológica se instaló en la quinta experimental La Argelia, en las coordenadas planas 4°01'57"S 79°12'08"W a una altitud de 2192 m s.n.m. con las muestras de suelo tomadas del barrio Simón Bolívar.

3.2 Materiales

324 tarrinas de plástico de 750 ml, 324 vasos de 250 ml, semillas de tomate riñón ([Floradada](#)), fundas de papel y plástico, recipiente de plástico de 50 l, barreno, baldes, tela nylon, muestras de suelo, probeta de 500 y 100 ml, pipeta de 5 y 10 ml, GPS, cámara fotográfica, balanza de precisión y estufa.

3.3 Metodología

Evaluación biológica

De cada unidad experimental del barrio Simón Bolívar se tomó muestra del suelo con barreno a una profundidad de 25 cm. Para realizar la técnica del elemento faltante.

Instalación y seguimiento del ensayo

1.Preparación de soluciones madres y nutritivas

Tipos de sales y las cantidades expresadas en gramos para preparar las soluciones madre 1N de los macros y micro elementos.

Sales	(g/l)	Sales	g/l
$\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$	118	$\text{MnCl}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$	1,81
KNO_3	101	H_3BO_3	2,86
KH_2PO_4	136	$\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	0,22
NaH_2PO_4	120	$\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$	0,16
K_2SO_4	87	$(\text{NH}_4)_6\text{MOT}_24 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$	0,04
$\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	123	NaFe EDTA	32,75
$\text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$	101		
$\text{CaCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$	109		
NaCl	58		

Volumenes de las soluciones madre que se necesita para 1L en diferentes soluciones nutritivas.

Soluciones madre	Volumen de la solución madre que se debe adicionar										
	N	P	K	Ca	Mg	S	Zn	Cu	Mn	B	Fe
Ca(NO3)2·4H2O	118										
KNO3	101										
KH2PO4		136									
NaH2PO4		120									
K2SO4			87								
MgSO4·7H2O			123								
MgCl2·6H2O			101								
CaCl2·6H2O			109								
NaCl			58								
MnCl2·4H2O							1,81				
H3BO3								2,86			
ZnSO4·7H2O									0,22		
CuSO4·5H2O										0,16	
(NH4)6MOT24·4H2O											0,04
NaFe EDTA											32,75

2. Colocación de las soluciones nutritivas en los recipientes (600 ml)

3. Siembra de tomate riñón (Siembra 23 de noviembre)

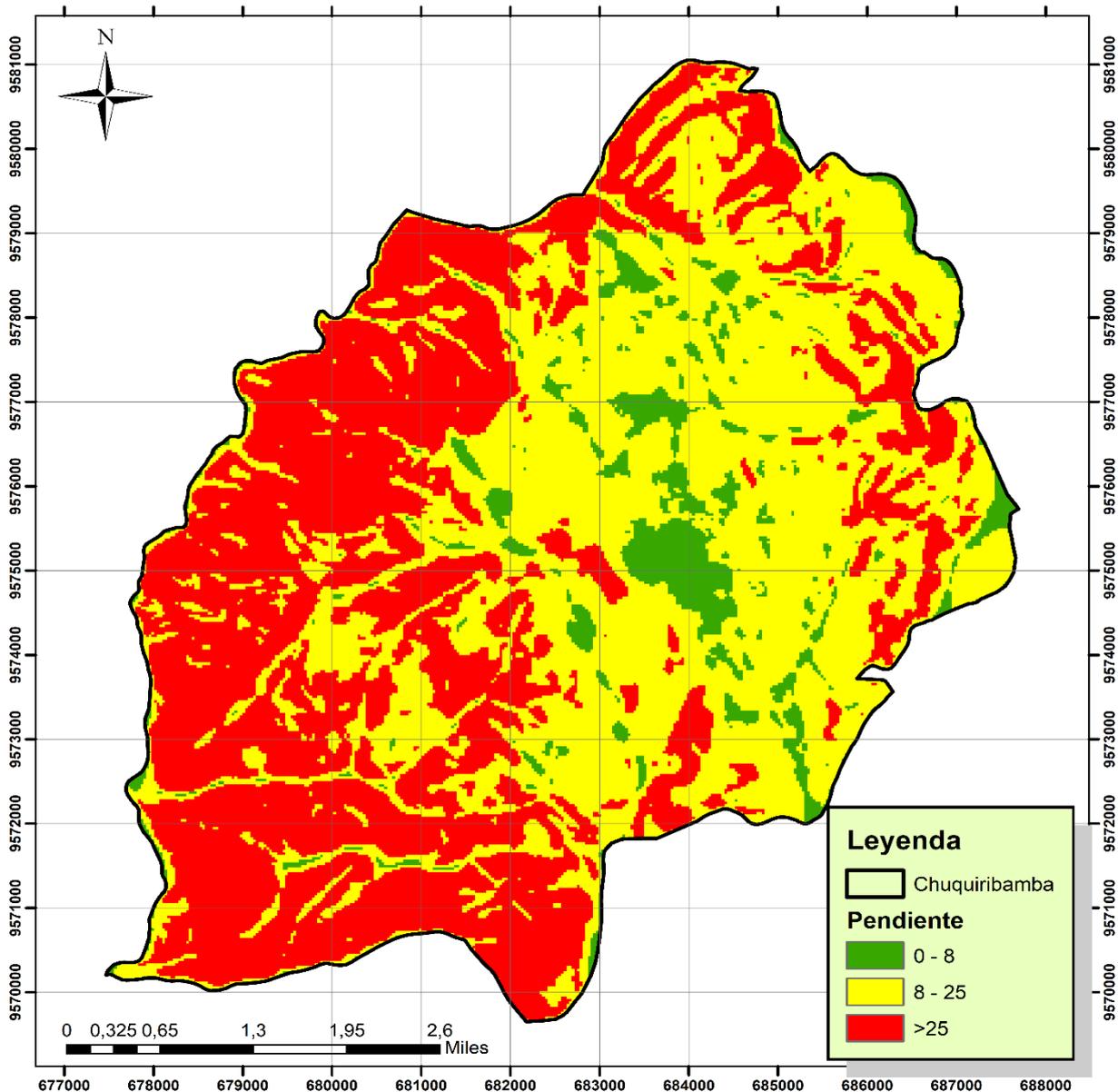
4. Reposición de soluciones nutritivas de las 324 plantas.

5. Medición de la altura a los 15, 30, 45, 60 días.

Anexo 16. Dia de campo



Mapa de pendientes



UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA	
FACULTAD AGROPECUARIA Y DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES	
CARRERA DE INGENIERÍA AGRÍCOLA	
CONTIENE:	Mapa de pendientes
ESCALA:	1:60000
ELABORACIÓN:	Franklin Antonio Gómez Maza
PERIODO:	Junio; 2024

Anexo 18. Certificado de la traducción.

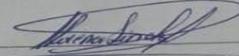
Loja, 10 de junio de 2024

Lorena Patricia Sinche Salinas con número de cédula 1104990450, Magister en Enseñanza del idioma inglés como Lengua Extranjera, con registro de la SENESCYT número 1021-2021-2363754.

CERTIFICO:

Haber realizado la traducción textual correspondiente al resumen del trabajo de titulación: **"Evaluación biológica de la fertilidad del suelo para la producción de papa en el barrio Simón Bolívar, perteneciente a la parroquia Chuquiribamba del cantón Loja"** de autoría de **Franklin Antonio Gomez Maza**, con número de Cédula **1150429536**.

Es todo lo que puedo certificar en honor a la verdad, facultando al portador el presente documento para el trámite correspondiente.


Mgtr. Lorena Patricia Sinche Salinas
Cédula: 1104990450
E-mail: lory.sinche@gmail.com

Lorena Patricia Sinche Salinas
MAGISTER EN ENSEÑANZA DE INGLÉS
COMO LENGUA EXTRANJERA
10 JUN 2024
C.I. 1104990450
Reg. Senescyt: 1021 - 2021 - 2363754